

# ТЕХНОЛОГИИ

## В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ

### БУДЬ ЛИДЕРОМ!

#### ПОСТРОЙ ПРОИЗВОДСТВО ПО МЕЖДУНАРОДНЫМ СТАНДАРТАМ

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД НАНЕСЕНИЯ ПАЙЛЬНОЙ ПАСТЫ  
ДЛЯ ЕДИНИЧНЫХ ПАРТИЙ И ДЛЯ СЕРИЙНОГО ВЫПУСКА

СБОРКА ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ ЛЮБОЙ СЛОЖНОСТИ



ЛИНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА  
В КОМПЛЕКСЕ С ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ НАНЕСЕНИЕМ ПАЙЛЬНОЙ ПАСТЫ  
ДЛЯ МНОГОМЕНКЛАТУРНОГО МЕЛКО- И СРЕДНЕСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

#### КОМПЛЕКСНОЕ ОСНАЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА



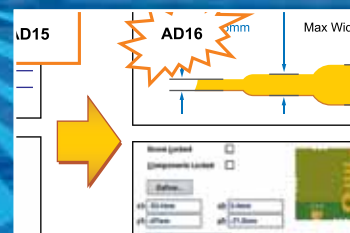
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ПОД ЗАДАЧИ ЗАКАЗЧИКОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО  
СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЛИНИЙ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТРЕБУЕМЫХ ЗАДАЧ



ПОСТАВКА И ОБСЛУЖИВАНИЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ  
С ТРЕБОВАНИЯМИ К КЛИМАТУ И ЧИСТОТЕ



Altium Designer 16.0:  
обзор новых возможностей



Фотолитография в технологии  
изготовления плат  
силовых модулей  
специального назначения



Селективный метод нанесения  
влагозащитных покрытий.  
Прецизионное нанесение  
защитных покрытий  
для ответственной электроники



Тестеры Pilot4D V8 для ремонта.  
Опыт зарубежных  
специалистов



## Видеть сегодня производство будущего невозможно, **НО ПУТЬ К НЕМУ — НЕОБХОДИМО**

Чем сложнее производство, тем сложнее учесть все факторы, от которых завтра будут зависеть его эффективность, рентабельность, конкурентоспособность его продукции. Опираясь на свой опыт и сотрудничество с ведущими мировыми поставщиками оборудования и технологий, мы содействуем комплексному развитию предприятий электронной и радиоэлектронной промышленности. Наш подход основан на пяти слагаемых: исследование, планирование, проектирование, оснащение, сопровождение. Эта формула технологического роста позволяет предприятиям найти оптимальный путь к успеху.



будущее  
создается

[www.ostec-group.ru](http://www.ostec-group.ru)  
(495) 788 44 44  
[info@ostec-group.ru](mailto:info@ostec-group.ru)





Новое решение от Universal Instruments — платформа FUZION XC

## НАИБОЛЕЕ ГИБКАЯ SMD МОНТАЖНАЯ ПЛАТФОРМА В ИНДУСТРИИ

- Два типа монтажных голов (Fuzion 30 и Fuzion 7) перекрывают весь спектр SMD и нестандартных компонентов
- Работа с печатными платами до 1300 × 610 мм
- Монтаж чип-компонентов 01005 с минимальным уровнем дефектов
- Максимальный размер компонента до 150(Д) × 150(Ш) × 30(В) мм
- Самая большая емкость по питателям в своем классе
- Новые эргономичные питатели ION со временем перезарядки 15 с
- Новые удобные функции пакета ПО NPI – выход годных плат из серии начинается с самой первой
- Уникальные патентованные технологии из США
- Специальные цены для российских заказчиков



115191, г.Москва, ул. 3-я Рощинская, д.5  
Тел.: +7(495)545-42-92, факс: (495)952-50-99  
www.clever.ru e-mail: info@clever.ru

## Директор

Павел Правосудов pavel@fsmedia.ru

## Главный редактор

Сергей Веретенников svr@fsmedia.ru

## Координатор проекта

Ольга Дорожкина (Зайцева)  
olga\_z@fsmedia.ru

## Выпускающий редактор

Марина Короткова marina.korotkova@fsmedia.ru

## Технический консультант

Аркадий Медведев medvedevam@bk.ru

## Дизайн и верстка

Ольга Ворченко, Дмитрий Никаноров

## Редактор

Наталья Новикова Natalia.Novikova@fsmedia.ru

## Отдел рекламы

Ирина Миленина irina@fsmedia.ru

## Отдел подписки

Наталья Виноградова podpiska@fsmedia.ru

## Москва

105120, Нижняя Сыромятническая ул.,  
д. 10, стр. 4, оф. 218  
Тел./факс: (495) 987-3720

## Санкт-Петербург

197101, Петроградская наб., д. 34, лит. Б  
Тел./факс (812) 438-1538  
E-mail: technology@fsmedia.ru  
web: www.tech-e.ru

## Республика Беларусь

«ПремьерЭлектрик»  
г. Минск, ул. Маяковского, д. 115, 7-й этаж  
Тел./факс: (10\*37517) 297-3350, 297-3362  
E-mail: murom@premier-electric.com

Журнал «Технологии в электронной промышленности» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-34311 от 26 ноября 2008 года.

## Учредитель

ЗАО «Медиа Группа Файнстрит»,  
191023, Санкт-Петербург,  
Апраксин пер., 9А, пом. 2-Н

## Издатель, редакция

ООО «Медиа КиТ»  
197101, г. Санкт-Петербург,  
Петроградская наб., 34Б

## Подписные индексы

Каталог агентства «Роспечать» – 36085  
Каталог «Вся пресса» – 36085

Подписано в печать 04.03.16  
Тираж 4000 экз.  
Свободная цена

Отпечатано в типографии ООО «Акцент Групп»  
194044, Россия, Санкт-Петербург,  
Б. Сампсониевский пр., д. 60 лит. И.  
Редакция не несет ответственности  
за информацию, приведенную в рекламных  
материалах. Полное или частичное  
воспроизведение материалов допускается  
с разрешения ООО «Медиа КиТ».

Журнал включен в Российский индекс  
научного цитирования (РИНЦ).  
На сайте Научной электронной библиотеки  
eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru) доступны полные  
тексты статей. Статьи из номеров журнала  
текущего года предоставляются на платной основе.

# В номере:

## Рынок

### Александр Кожев

Большие перспективы самого маленького высокопроизводительного компьютера .....6

## Печатные платы

### Александр Фень

Altium Designer 16.0:  
обзор новых возможностей .....11

### Татьяна Колесникова

Проектирование принципиальных схем и печатных плат  
в программной среде Mentor Graphics PADS 9.5.  
Создание областей металлизации. ....18

### Дуглас Брукс (Douglas G. Brooks), Ph. D.

#### Перевод: Николай Павлов

Опыты с температурой переходных отверстий. ....28

### Юлия Боброва, Михаил Андроник,

#### Василий Щербаков, Игорь Китаев

Фотолитография в технологии изготовления  
плат силовых модулей специального назначения. ....31

### Валентин Терешкин, Лилия Григорьева,

#### Дмитрий Колесниченко, Полина Осокина

Циклическая вольтамперометрия —  
эффективный метод контроля добавок  
в электролите гальваномеднения .....36

## Технология сборки

### Перевод: Ольга Очур

Увеличение надежности пайки  
в условиях повышения температур .....41

### Игорь Хавторин

Паяльное оборудование «Магистр» .....46

### Дмитрий Колесов

АЛЬФА-100 —  
отечественная паяльная система высшего уровня .....52

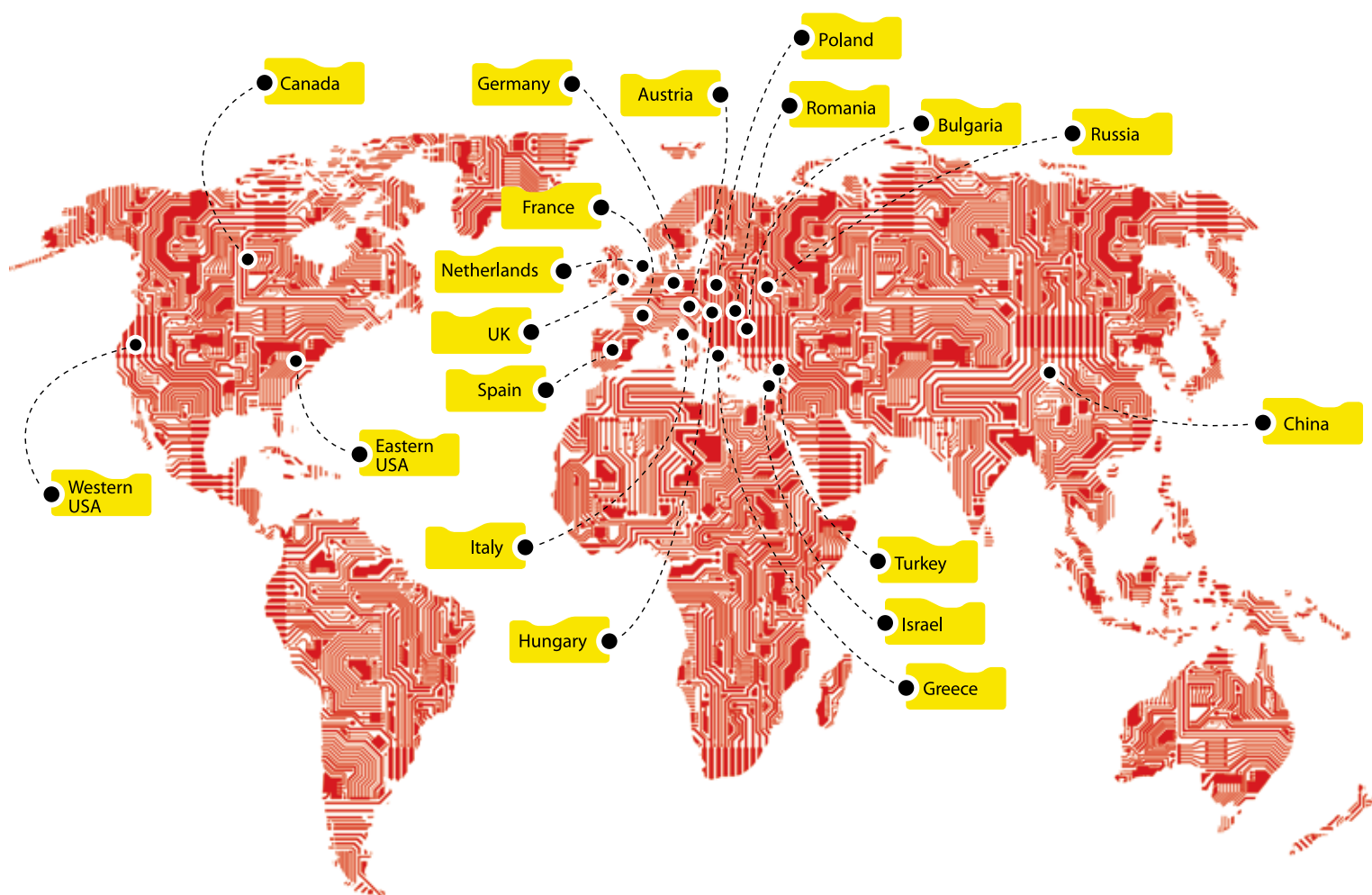
### Мануэль Шварценбольц (Manuel Schawarzenbolz).

#### Перевод: Олег Полухин, Игорь Щербаков

Селективный метод нанесения влагозащитных покрытий.  
Прецизионное нанесение защитных покрытий  
для ответственной электроники. Часть I. ....56

# FINELINE

## EXCELLENCE IN PCB



**Изготовление печатных плат любой сложности.  
Многослойные, гибко-жесткие, комбинированные,  
высокочастотные, алюминиевые...**

Москва: +7 (495) 666-44-04

Санкт-Петербург: +7 (812) 493-78-20, 493-78-21

Воронеж: +7 (473) 200-29-63, 200-29-62

[www.fineline-global.com](http://www.fineline-global.com)

## Director

Pavel Pravosudov pavel@fsmedia.ru

## Editor-in-chief

Sergey Veretennikov svr@fsmedia.ru

## Project manager

Olga Dorozhkina (Zaytseva)  
olga\_z@fsmedia.ru

## Managing editor

Marina Korotkova marina.korotkova@fsmedia.ru

## Editorial staff

Arkadiy Medvedev medvedevam@bk.ru

## Editorial

Natalia Novikova Natalia.Novikova@fsmedia.ru

## Design and layout

Olga Vorchenko  
Dmitry Nikanorov

## Advertising department

Irina Milenina irina@fsmedia.ru

## Subscription department

Natalia Vinogradova podpiska@fsmedia.ru

## Editorial office

10, b. 4, of. 218,  
Nijnaya Syromyatnicheskaya str.,  
Moscow,  
105120, Russia  
Tel. +7 (495) 987-3720

b. 34 "B", Petrogradskaya Emb.,  
St. Petersburg,  
197101, Russia  
Tel./fax +7 (812) 438-1538  
E-mail: technology@fsmedia.ru  
www.tech-e.ru

## Representative office in Belarus

Minsk, Premier Electric  
Tel. (10+37517) 297-3350, 297-3362  
E-mail: murom@premier-electric.com

## Subscription index

### for Technologies in Electronic Industry

Rospetchat Agency catalogue  
subscription index 36085

All press catalogue

subscription index 36085

# В номере:

## На правах рекламы

### Александра Новикова

Рентгенофлуоресцентные анализаторы  
толщины покрытий и химического состава  
материалов Oxford Instruments.  
Опыт применения и новые возможности. ....62

## Тестирование

### Игорь Рыков, Вадим Кусков

Тестеры Pilot4D V8 для ремонта.  
Опыт зарубежных специалистов .....64

## Испытания

### Василий Рыбалко

Достижение заявленных точностей  
систем пространственного позиционирования. ....70

## Обработка проводов и кабелей

### Сергей Тихонов

Современные технологии и материалы  
для защиты жгутовых сборок .....74

### Роман Лыско

Маркировка — ключевое звено в системе прослеживаемости  
и управления процессом обработки проводов и сборки жгутов. ....80

## Новые технологии

### Йингтао Тянь (Yingtao Tian), Ксаобанг Шан (Xiaobang Shang),

### Микаэль Ланкастер (Michael J. Lancaster).

### Перевод: Вячеслав Хриченко, Юлия Боброва

Изготовление многослойных структур из SU8  
для терагерцевого волновода со сверхнизкими потерями .....84

## Микроэлектроника

### Юлия Борисова

Особенности сборки изделий электроники  
по технологии 3D-интеграции .....90

## Антистатика

### Никита Сапелкин

Ионизация воздуха:  
нейтрализация статического заряда на диэлектриках .....94



## ПОСТАВЛЯЕМАЯ ПРОДУКЦИЯ

- Контрольно-измерительное оборудование
- Технологическое оборудование
- Паяльное оборудование
- Промышленная мебель
- Расходные материалы
- Электронные компоненты



МОСКВА  
тел.: +7 (495) 662 96 25  
msk@protechnology.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
тел.: +7 (812) 643 23 55  
spb@protechnology.ru

НОВОСИБИРСК  
тел.: +7 (383) 325 31 55  
nsk@protechnology.ru

КАЗАНЬ  
тел.: +7 (843) 203 95 25  
kzn@protechnology.ru

# Большие перспективы самого маленького высокопроизводительного компьютера

**Сформированный в конце 1980-х коллектив отечественной высокотехнологичной компании «Сетевые технологии», занимающейся изготовлением коммутационного оборудования и средств радиоподвижной связи для силовых структур, в настоящее время намерен завоевать мировой рынок потребительской электроники, представив самый маленький высокопроизводительный компьютер.**

Новинку уже оценил Президент России Владимир Путин, а компания Intel демонстрирует ее на своих стендах. Подробнее об истории успеха российской компании читайте в нашем репортаже.

## Из 80-х

ЗАО «Сетевые технологии» — разработчик отечественного «карманного» компьютера — начинало свою деятельность в конце 1980-х годов. И именно создание российского компьютера, получившего название «Ириша», было стартом развития предприятия. Затем, в начале 90-х, появились такие направления, как разработка и производство коммутационного оборудования и средств радиоподвижной связи, ставшие основными для компании.

На протяжении многих лет фирма сотрудничала с различными производствами, например организовав совместное пред-

приятие в Белоруссии, а потом и собственное мелкосерийное сборочное производство в Черногловке, которым ЗАО «Сетевые технологии» владеет и сегодня.

Основными этапами развития компании являются:

- 1988 год — создание первого компьютера под названием «Ириша»;
- 1991 год — развитие направления по разработке и производству коммутационного оборудования;
- 1993 год — начало разработки и производства средств радиоподвижной связи для силовых структур Российской Федерации (третье направление);
- 1994 год — организация собственного опытного и мелкосерийного производства в г. Ногинск-9;
- 2000 год — открытие подразделения в Тайване (Communication Technology Ltd.);
- 2002 год — создание первого в России IP-коммутатора и IP-шлюза;

- 2004 год — разработка российского стандарта цифровой транкинговой связи «Цитран»;
- 2012 год — разработка самого маленького в мире персонального компьютера Raydget SlimBox.

## Самый маленький в мире

В 2012 году компания «Сетевые технологии» вернулась к проекту по разработке отечественного персонального компьютера. Опыт, приобретенный в процессе создания ранних моделей, не получивших развития из-за недостаточной конкурентоспособности по сравнению с зарубежными аналогами, позволил, однако, отладить производство платы, схемотехнику и разводку. Кроме того, учитывались и пожелания пользователей, предлагавших внедрение новых решений и расширение функционала. В результате к настоящему моменту уже существует целая линейка высокопроизводительных компьютеров, способных уместиться в кармане.

15 декабря 2015 года генеральный директор российской промышленной корпорации «Ростех» Сергей Чемезов представил Президенту России новейшие разработки предприятия Госкорпорации, уже готовые к промышленному производству. В числе передовых решений глава государства смог оценить мини-компьютер Raydget, спроекти-



Рис. 1. Производственная линия поверхностного монтажа ЗАО «Сетевые технологии»





**Рис. 2.** Печатная плата самого маленького высокопроизводительного компьютера на выходе линии по сборке SMD-монтажа



**Рис. 3.** Печатная плата компьютера Raydget, прошедшая проверку после монтажа компонентов и установленная в корпус устройства

роvanный для гражданского рынка компанией «Сетевые технологии» и Объединенной приборостроительной корпорацией, входящей в структуру Ростеха.

Следует подчеркнуть, что компьютер является полностью российским продуктом, весь цикл его сборки осуществляется отечественными компаниями, вплоть до окончательной сборки и прогона изделий с контролем основных параметров на базе завода «Луч» (входит в концерн «Созвездие» Объединенной приборостроительной корпорации) в городе Осташкове.

Миниатюрный системный блок Raydget размером с ладонь и весом всего около 200 г обладает мощностью и возможностями современных стационарных ПК и предназначен для использования в качестве офисного или домашнего компьютера. Данные параметры позволяют российской разработке претендовать на звание самого миниатюрного и легкого устройства среди известных аналогов.

Raydget основан на российских схемотехнических решениях и оснащен мощным процессором. В частности, линейка PowerBox V собрана на базе 64-битных многоядерных процессоров 5-го поколения Intel Core. В топовой

версии представлен Intel Core i7. В нем использован мультичип-пакет (MCP), объединяющий процессор, контроллер PCN и интегрированную HD-графику и обладающий малым энергопотреблением.

В системном блоке предусмотрены разъемы для USB и интернет-кабелей, гнезда для микрофона и аудиовидеовыходы. Потребительская линейка представлена тремя модификациями — SlimBox, CoolBox и PowerBox, которые различаются по размеру и мощности.

### Производство

Развитие компании, в том числе направления по разработке компьютеров, потребовало создания производственной линии SMD-монтажа в Подмоскowie.

— При выборе поставщика важным критерием была его компетентность и хорошее соотношение цены и качества поставляемого оборудования. По этим критериям в результате тщательного анализа рынка была выбрана компания «ЛионТех», — рассказывает начальник опытного производства ЗАО «Сетевые технологии» Сергей Мещеряков.

По его словам, развитие производства высокотехнологичных изделий потребовало на-

личия монтажного оборудования печатных узлов для современных гаджетов.

— Компания «ЛионТех» поставила нам дополнительное оборудование, в частности, это современный робот и принтер. Сейчас линия имеет законченный цикл с приличной производительностью, которая обеспечит нам в том числе и массовое производство, — отмечает Сергей Мещеряков.

Рассказывая о производстве мини-компьютеров, он продемонстрировал весь цикл, с момента монтажа компонентов на плату до выхода готовой продукции, подключив к соответствующим разъемам которой клавиатуру, монитор и другую компьютерную периферию, можно работать над сложными задачами.

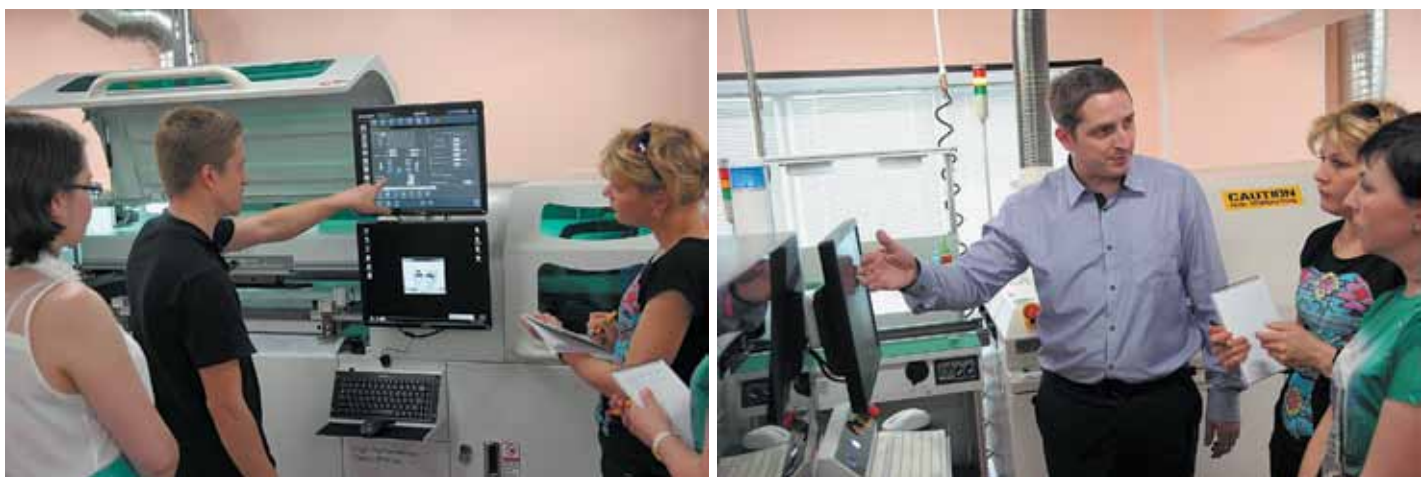
— Жизнь конечного продукта начинается здесь, — поясняет Сергей, — плата загружается в оборудование, далее выполняется трафаретная печать, наносится паста. Затем последовательно на двух автоматах установки компонентов происходит монтаж элементов на плату. После этих операций и проведения внешнего осмотра и контроля модуль, пройдя печь оплавления и пайку, выходит практически готовым изделием. Завершается цикл пайкой разъемов и дип-разъемов — и, собственно, компьютер готов.



**Рис. 4.** Автомат установки SMD-компонентов Mirae MX200L и прецизионный автомат установки SMD-компонентов MX100P. Поставщик ООО «ЛионТех»



**Рис. 5.** Автоматический скоростной прецизионный принтер для нанесения пасты на печатные платы SJ InnoTech HP-520. Поставщик ООО «ЛионТех»



**Рис. 6.** Летом 2015 года специалисты ЗАО «Сетевые технологии» прошли обучение по оптимизации производства на базе АУ «Технопарк-Мордовия», ГУП Республики Мордовия «НИИИС имени А. Н. Лодыгина». Мастер-класс организован ООО «ЛионТех»

### Рынок гаджетов

Компания «Сетевые технологии» намерена расширять специализацию и развивать компетенции в других областях, выводя на рынок новые интересные разработки. При этом азиатский рынок, основной поставщик электроники, активно реагирует на новые гаджеты, созданные в России. Как отмечают в компании, продукция «Сетевых технологий», в том числе транки, IP-АТС, Raydget и различные компьютерные платы, всегда вызывает интерес со стороны фирм Китая, Тайваня и других стран. При этом компьютер Raydget, признан-

ный одним из самых маленьких в мире, экспонируется на стендах Intel.

— Свою продукцию компания адаптирует и для гражданского рынка, на котором сегодня очень высокая конкуренция и особенно важен показатель цены и качества. Поэтому сейчас мы расширяем производство, разрабатываем и готовим к выпуску смартфон — вот, к примеру, его плата, — делится планами технический директор ЗАО «Сетевые технологии» Михаил Михальченко. — Она довольно-таки сложная, микросхемы имеют шаг 0,3 мм. Это потребовало не только обновления оборудования, но и усовершенствования технологического процесса.

Поэтому весной 2015 года сотрудники компании стали участниками мастер-класса по оптимизации производства, который состоялся в Саранске. Обучение было организовано компанией «ЛионТех» и проходило на базе новой лаборатории прототипирования печатных плат и монтажа радиоэлектронных компонентов опытного производства ГУП Республики Мордовия «НИИИС имени А. Н. Лодыгина».

Как видно, планов на будущее у компании много. В перспективе рассматривается расширение производственных мощностей.

— Мы в большей степени работаем на закрытый рынок, силовые структуры. Используем современные технологии и доводим их до необходимого уровня. Радиосвязь, коммутационное оборудование — все, что в мире появляется нового, мы стараемся воплотить в нашей технике. Причем «железо», математика — все наше, кроме комплектации. Когда Зеленоград будет выпускать такие же микросхемы, мы станем их использовать, — подчеркивает Михаил Михальченко.

Татьяна Новожилова, начальник отдела поверхностного монтажа:

— Задача отдела поверхностного монтажа — производство модулей для различных устройств связи, предназначенных для нужд ОПК и силовых ведомств. Полтора года назад мы начали осваивать новое оборудование, поставленное компанией «ЛионТех», на котором сегодня налажен серийный выпуск модулей различной сложности. Оборудование современное и высокотехнологичное, при его установке сотрудники нашего отдела прошли обучение работе на линии. К тому же компанией «ЛионТех» был организован мастер-класс в Саранске, где освещались вопросы, касающиеся работ по SMD-монтажу сложных плат, а также нюансов написания программы для одного из модулей и проведения инспекции сложных элементов по нашей плате. Курс обучения работе на принтере позволил нам приступить к самостоятельному монтажу сложных плат.

*Материал подготовил  
Александр КОЖЕВ*

## Курс «Работа с САПР Altium Designer. Проектирование и конструирование электронной аппаратуры» в Москве

Учебно-консультационный центр НПП «Родник» с 21 по 25 марта 2016 года приглашает специалистов принять участие в проведении курса «Работа с САПР Altium Designer. Проектирование и конструирование электронной аппаратуры». Ведущим преподавателем выступит технический эксперт НПП «Родник» Егор Павлович Чириков.

Занятия рассчитаны как на разработчиков и конструкторов печатных плат, начинающих осваивать Altium Designer, так и пользователей, имеющих опыт работы с данной системой. В процессе обучения слушатели изучат все стадии проектирования электронных устройств в САПР Altium Designer, ознакомятся с особенностями ведения библиотечных баз на крупных предприятиях, а также смогут создать проект печатной платы с нуля. Особое внимание уделяется во-

просам, вызывающим наибольшие трудности при самостоятельном изучении: оформлению конструкторской документации в соответствии с ЕСКД, импорту проектов и библиотек из старых версий систем OrCAD и P-CAD 200x и т. д.

Слушатели курса получают ответы на вопросы, касающиеся не только работы с программой Altium Designer, но и смежных направлений в области автоматизированного проектирования. По завершении обучения выдается Свидетельство НПП «Родник», предоставляющее право на бесплатные двухгодичные консультации по данной тематике.

Более подробно ознакомиться с программой занятий и подать заявку на участие в курсе можно на сайте [www.rodnik.ru](http://www.rodnik.ru).



**LionTech**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



*Создание производства под ключ!*



Звонок по России бесплатный:

**8 800 555 6889**

Технологическое оборудование и расходные материалы  
для производства электроники

8 (812) 309-27-37

8 (495) 646-14-76

[www.liontech.ru](http://www.liontech.ru)

### III Всероссийская научно-техническая конференция «Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости»



Научно-техническая конференция «Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости «ТехноЭМС-2016» состоится в Москве 18–20 апреля 2016 года в МИЭМ НИУ ВШЭ (Таллинская ул., 34). На конференции предполагается заслушать и обсудить доклады ведущих специалистов предприятий, организаций, вузов в области ЭМС, представителей Ростехрегулирования и других федеральных органов исполнительной власти.

Организаторы конференции:

- Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.
- ТК 30 «Электромагнитная совместимость».
- Московский институт электроники и математики НИУ «Высшая школа экономики».
- АО «НПФ «Диполь».
- АО «НИЦ «САМТЭС».
- TESEQ.

К обсуждению предлагаются следующие вопросы:

- Требования новых нормативно-правовых актов, национальных стандартов к ЭМС технических средств и проблемы их реализации.
- Применение современных методов исследований ЭМС, конструирования и моделирования аппаратуры. Развитие методов прогнозирования и оценки ЭМС технических устройств.

- Организационные, методические, системотехнические и технологические мероприятия обеспечения ЭМС объектов атомной энергетики, подвижных и стационарных морских объектов, бортовой авиационной аппаратуры, наземной и бортовой аппаратуры космической техники, автомобильной электроники.
- Развитие испытательной базы для оценки показателей ЭМС в натуральных и лабораторных условиях.
- Метрологическое обеспечение испытаний в области ЭМС, применение современных мобильных измерительных комплексов, проведение межлабораторных сличений, калибровка и аттестация средств испытаний.
- Устойчивость технических объектов к электростатическим явлениям и современные способы защиты электронных устройств от электростатических разрядов.
- Развитие способов молниезащиты технических объектов.
- Устойчивость технических средств к искажениям питающей сети и снижению качества электрической энергии.

Участие в конференции платное.  
Формы участия в конференции: пленарный и секционный доклады, стендовый доклад, слушатель.

Дополнительная информация о конференции доступна по адресу:  
[www.technoemc.ru](http://www.technoemc.ru)

## • ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ •

- Прецизионные многослойные гибкие и гибко-жесткие печатные платы, класс точности ...5 и выше
- Проектирование
- Изготовление
- Поверхностный монтаж
- Гарантированное качество

**КРЭТ**



АО «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
РЯЗАНСКИЙ ПРИБОРНЫЙ ЗАВОД»

390000, Рязань, ул. Семинарская, 32  
тел.: (4912) 29-83-78  
тел./факс: (4912) 98-38-91  
e-mail: pcb@grpz.ryazan.ru  
[www.grpz.ru](http://www.grpz.ru)

# Altium Designer 16.0: обзор новых возможностей

Компания Altium Limited выпустила очередное обновление своего ведущего программного обеспечения для проектирования печатных плат Altium Designer 16.0. О его выходе на российский рынок было объявлено на форуме «Altium: навстречу российскому пользователю», который состоялся в Москве 17 ноября 2015 года. В статье рассмотрены ключевые нововведения и изменения, которые появились в этой версии.

Александр Фень

alexander.fen@altium.com

Версия Altium Designer 16.0 представляет собой полномасштабное обновление программной платформы и объединяет как абсолютно новые инструменты, так и многочисленные усовершенствования, разработанные с учетом пожеланий пользователей. Наряду с развитием программных

инструментов проектирования была проведена работа по оптимизации программного обеспечения для повышения стабильности его функционирования, благодаря чему конструкторы могут создавать передовые электронные устройства еще быстрее и в более комфортных условиях.

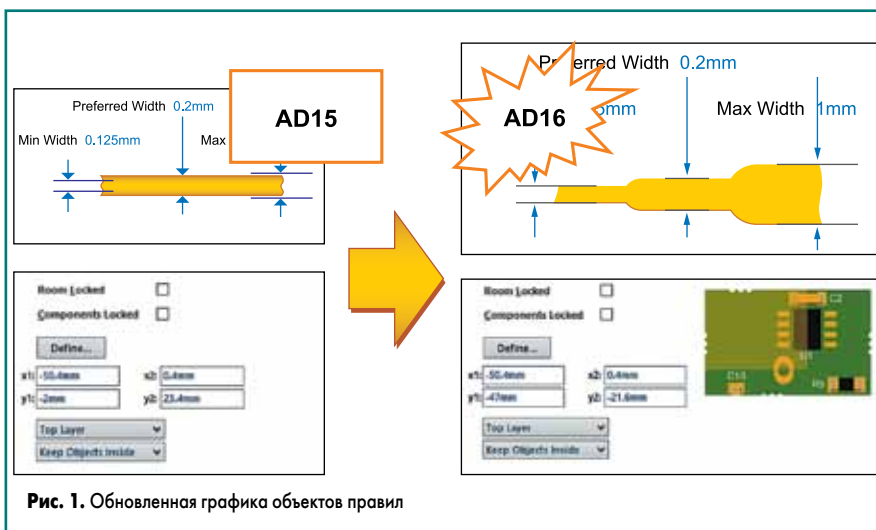


Рис. 1. Обновленная графика объектов правил

## Формирование и управление правилами проектирования

Правила проектирования — это основа процесса проектирования печатной платы и, как следствие, качества готовой продукции.

Редактор правил проектирования всегда был сильной стороной Altium Designer, однако в новой версии выполнен целый ряд усовершенствований по формированию и отслеживанию выполнения правил проектирования.

### Редактор правил и ограничений проектирования

В Altium Designer 16.0 редактор правил и ограничений PCB Rules and Constraints Editor, который доступен в документе печатной платы (\*.PcbDoc) по выбору пункта меню **Design > Rules**, претерпел полномасштабное обновление:

1. Изменена, а в некоторых случаях и введена поясняющая графика объектов раздела ограничений (Constraints), к которым применяются ограничения и создаются правила (рис. 1).
2. Изменен интерфейс ввода правил и ограничений на основе выпадающих списков, позволяющих легко и быстро выбирать любые параметры и объекты проекта. Выпадающие списки адаптивно настроены в зависимости от работы с конкретным правилом (рис. 2). Одновременно сохранена возможность ручного ввода сложных запросов (Custom Query) в более сложных случаях на основе редакторов Query Helper и Query Builder.
3. Добавлена новая функция для проверки запросов (Test Queries), с помощью которой можно оценить область действия сформированного запроса. Функция проверки запроса включается кнопкой **Test Queries**, после чего открывается диалоговое окно отчета о результатах выполнения запроса Test Queries Result (рис. 3), в котором отображается количество объектов, удовлетворяющих

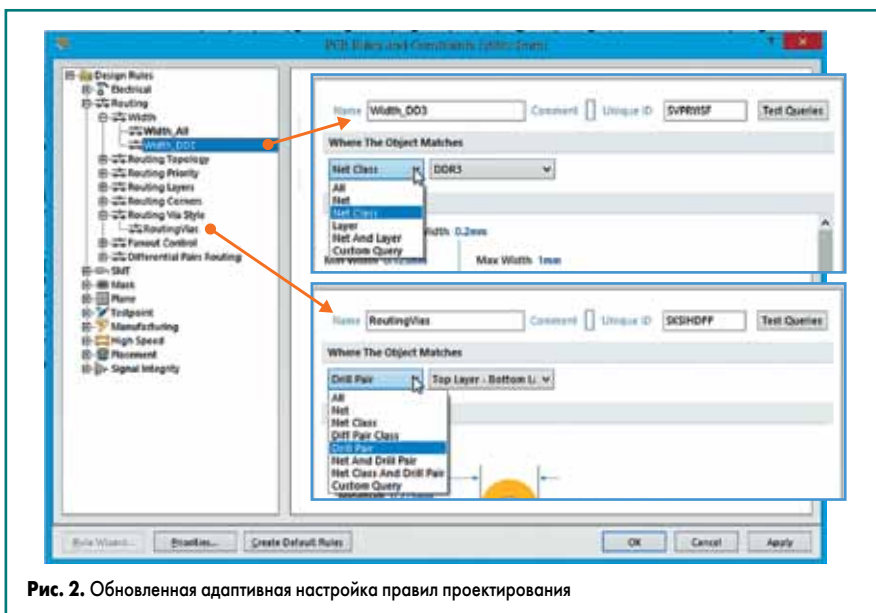


Рис. 2. Обновленная адаптивная настройка правил проектирования

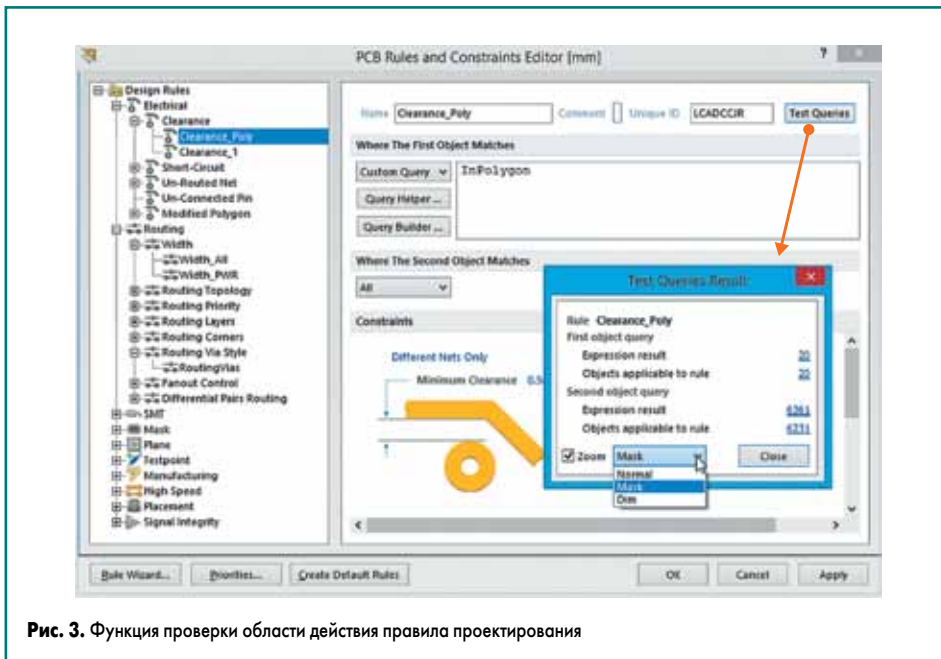


Рис. 3. Функция проверки области действия правила проектирования

условиям фильтра или запроса с учетом специфики правила и, таким образом, попадающих в область его действия. Это позволяет проверить полученный в результате фильтрации набор объектов в соответствии с необходимой областью действия правила. Для интерактивной и наглядной навигации отфильтрованных объектов в рабочем окне редактора печатной платы используется система выделения из вариантов «Нормальный» (Normal), «Маскирование» (Mask), «Затенение» (Dim) на основе выпадающего списка и функции масштабирования (Zoom).

**Улучшена система отслеживания нарушений правил**

В ранних версиях Altium Designer после выполнения пакетной проверки правил проектирования (DRC batch), при наличии нарушений, активировалась панель (Message), в новой версии усилен акцент работы проверки нарушений (DRC violation) на панели PCB Rules and Violations. Теперь она автоматически активируется по завершении пакетной проверки (DRC batch). В нижнем разделе панели PCB Rules and Violations при наличии нарушений и выборе нарушения система графически выделяет объект, участвующий в данном нарушении, и открывает окно **Violations Details**, где значительно расширены диалоги описания нарушений (рис. 4).

**Правило Matched Lengths**

В предыдущей версии существовал целый набор областей действия правила выравнивания длины (Matched Lengths) для высокоскоростных цепей, критичных к длине проводника (раздел правил High Speed). В новой версии Altium Designer работу с настройкой указанного правила значительно упростили. Теперь доступно два варианта (рис. 5):

- Group Matched Lengths — выравнивание длин в заданной группе;
- Within Differential Pairs — выравнивание длин внутри дифференциальной пары.

**Визуализация электрических зазоров**

Добавлена возможность динамического отображения зазоров (Display of Clearance Boundaries) во время трассировки, что позволяет своевременно определять стратегию прокладки проводника в случае плотной топологии (рис. 6). Для применения данной функции необходимо включить Display of Clearance Boundaries в настройках **DXP > Preferences > PCB Editor > Interactive Routing** в разделе Interactive Routing Options, дополнительная опция Reduce Clearance Display Area позволяет отображать только малую область вокруг области курсора (рис. 6) и тем самым снизить нагрузку на вычислительные ресурсы видеокарты. Оперативное включение/выключение Display of Clearance Boundaries в процессе трассировки доступно с помощью горячих клавиш **CTRL+W**.

**Правило Clearance (Same Net)**

Значительно усовершенствована работа правила зазора Clearance. Теперь в случае одной цепи Same Net правило отслеживает нарушения между различными объектами топологии (контактная площадка, область металлизации, печатная дорожка, переходное отверстие), принадлежащими к одной цепи, только в критичных случаях, где действительно наблюдаются нарушения либо по требованиям производства, либо по электрическим требованиям.

**Развитие технологии проектирования для высокоскоростных интерфейсов**

Начиная с версии Altium Designer 15.0 введены дополнительные объекты: маршруты сигналов (xSignals), которые объединяют элементарные цепи и позволяют проектировать трассы высокоскоростных сигналов с учетом общей длины маршрута.

С каждой новой версией совершенствуются инструменты для проектирования высокоскоростных маршрутов и их трассировки. В версии Altium Designer 16.0 сделан следующий ряд улучшений.

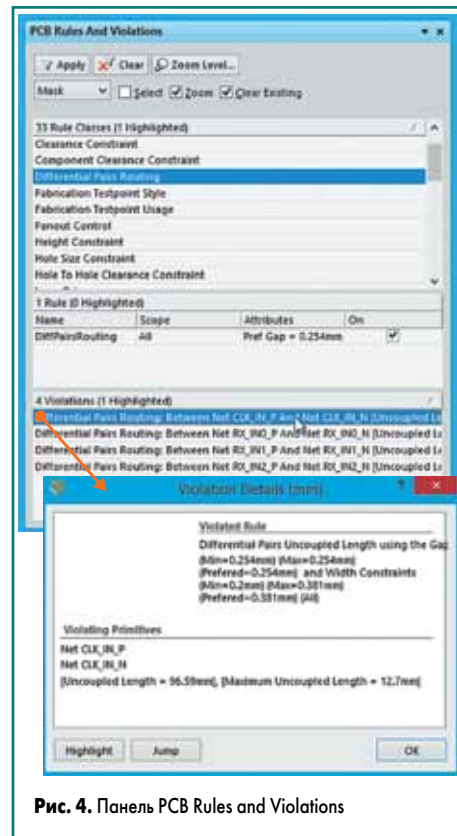


Рис. 4. Панель PCB Rules and Violations

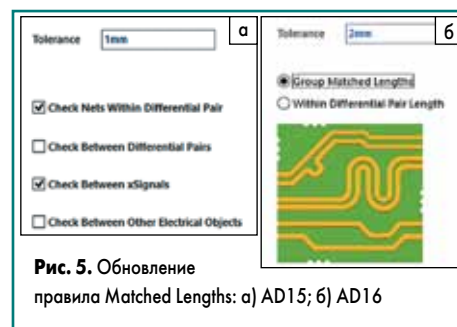


Рис. 5. Обновление правила Matched Lengths: а) AD15; б) AD16



Рис. 6. Применение функции Display of Clearance Boundaries

**Мастер маршрутов xSignals**

В мастер маршрутов xSignals (xSignals Wizard), который запускается командой меню **Design > xSignals > Run xSignals Wizard**, появившейся в предыдущей версии, введен новый режим (on-board DDR3/DDR4) для создания многочисленных маршрутов xSignals-интерфейсов памяти стандарта DDR3/DDR4. Формирование маршрутов для интерфейса памяти выполняется в четыре этапа:



Рис. 7. Диалоговые окна xSignal Wizard: а) назначение правил; б) формирование классов

- Первый этап — выбор режима работы мастера и введение пользователем числовых значений для последующего формирования правил, соответствующих по длине цепей (Matched Length Groups), отдельно для групп цепей «Адреса/Команд/Управления» (Address/Cmd/Ctrl) и для цепей «Шины данных» (Data Byte-Lanes), правил для группы, соответствующих по длине «Тактовых» (Clock) цепей внутри дифференциальных пар (Diff Pair Matched Lengths) (рис. 7а).
- На втором этапе пользователь указывает компонент источника сигнала и компоненты потребления сигнала.
- На третьем этапе задается тип будущей топологии цепей — Т-образная или Fly-Vu, для последней требуется указать последовательность пути прохождения будущей топологии. Мастер сам подбирает цепи шины адреса, цепи команд и управления. Пользователь может определять синтаксис наименования цепей и назначать цепи команд и управления. После выбора цепей для создания списка маршрутов xSignals выполняется команда Analyze Syntax and Create xSignals Classes. Мастер маршрутов xSignals на основе синтаксиса и анализа соединения компонентов сформирует перечень классов маршрутов xSignals (xSignals Classes), как показано на рис. 7б. Количество создаваемых классов совпадает с количеством модулей памяти.
- На четвертом этапе определяются маршруты для шин данных аналогично предыдущему шагу. Количество создаваемых классов совпадает с количеством шин данных, соединенных с модулями памяти.

По итогам работы мастера создаются классы цепей xSignals и правила выравнивания цепей. Приемы применения маршрутов xSignals в проектировании описаны в [1].

### Учет длины выводов Pin/Pkg Length

В расчете длины (Signal Length) сигнальной цепи теперь учитывается конструктивная длина вывода корпуса (Pin/Pkg Length), что особенно актуально для интерфейсов, работающих на частотах более 500 МГц, где собственная длина вы-

вода или проводка внутри корпуса, соединяющего вывод с кристаллом, оказывает ощутимое влияние на время прохождения сигналов [2]. Эта вносимая задержка, обусловленная аппаратными особенностями микросхемы, называется Pin-Package Delay. Производители микросхем предоставляют информацию о вносимых задержках, указывая время в пикосекундах или длину. В Altium Designer используется способ учета с указанием длины, поскольку в этом случае вносимую задержку легко прибавить к полной длине проводника или маршруту xSignal во время проектирования (рис. 8). Информация о значении параметра Pin/Pkg Length доступна в любом режиме работы с цепями в панели PCB. Информацию о влиянии конструктивных особенностей микросхемы на время прохождения сигнала необходимо учитывать на этапе назначения входов/выходов (I/O) (рис. 2а)

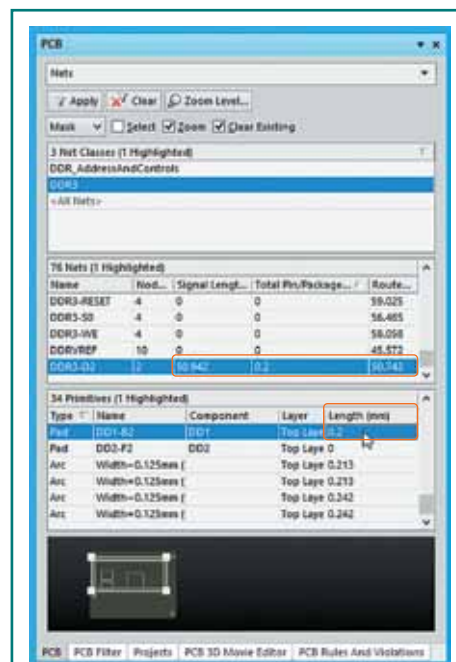


Рис. 8. Влияние параметра Pin/Pkg Length на сигнальную длину Signal Length в режиме Nets панели PCB

или после синтезирования прошивки FPGA. Значение Pin/Pkg Length вносится в свойства вывода (Pin Properties) в символе компонента в раздел (PCB Options) на этапе формирования библиотеки или на этапе проектирования схемы электрической, после передачи проекта в файл печатной платы значение длины передается в свойства контактной площадки (Pad) в раздел (Properties).

### Улучшение трассировки дифференциальных пар

Значительно переработан механизм трассировки дифференциальных пар, теперь отвод трасс от начала маршрута и подключение к контактным площадкам при окончании маршрута стало корректнее, исправлены нарушения Uncoupled-Length-Violations, улучшена работа интерактивной трассировки пар и подстройка длины с применением инструмента Diff Pair Length.

### Диалог Interactive Length Tuning

Обновлен алгоритм работы с правилами подстройки длины цепи в диалоговом окне Interactive Length Tuning, здесь пере-

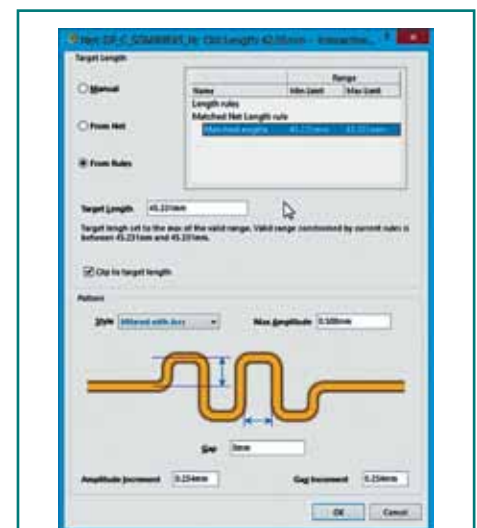


Рис. 9. Окно Interactive Length Tuning

числен весь список правил, относящийся к корректируемой цепи, где оперативно можно изменять активное правило для выравнивания — оно подсвечивается цветом и одновременно в заголовке окна прописывается его значение (рис. 9). По умолчанию из всех правил работает то, где длина наибольшая, если же для разных правил длины равны, то процедура выполняется согласно приоритету правил.

### Размещение компонентов

Размещение компонентов на печатной плате является многоитерационным процессом, так как сводится к перебору возможных вариантов размещения соединяемых элементов и нахождению оптимального. Критерием оптимальности является минимальная сумма длин всех размещаемых на плате печатных проводников (либо более сложные целевые функции). Для повышения производительности решения задачи размещения компонентов к существующим инструментам компоновки в версии 16.0 добавлены новые механизмы.

### Интерактивная система размещения

Интерактивная система размещения компонентов на печатной плате активна по умолчанию и содержит три режима, переключение между которыми производится циклически с помощью горячей клавиши **R** во время размещения компонента на печатной плате. Строка состояния у основания рабочей области указывает текущий режим размещения:

- **Ignore Obstacles** — игнорирование препятствий. Ручной режим размещения. По сути, этот режим являлся основным в предыдущих версиях Altium Designer. В нем применяется контроль зазоров между компонентами, используется для идентификации проводящий рисунок контактных площадок и рисунок шелкографии или же 3D-модели корпусов компонентов, только после размещения с помощью системы DRC.
- **Push Obstacles** — расталкивание препятствий. Размещаемый компонент отодвигает или расталкивает другие, чтобы освободить себе место между уже размещенными. Компоненты, объединенные в группы (Unions), могут быть отодвинуты, и их расположение в группе может измениться, но группы не разрушаются. Зафиксированные компоненты не могут быть перемещены. В этом режиме границы компонента идентифицируются прямоугольником, который объединяет все примитивы в компоненте.
- **Avoid Obstacles** (огибание препятствий) — размещаемый компонент, который будет огибать ранее установленные компоненты с учетом их контура и настроенных правил зазоров размещения. В этом режиме границы идентификации компонента аналогичны режиму Push Obstacles.

### Динамическое выравнивание

При размещении компонента доступны функции выравнивания размещаемого компонента относительно ранее расставленных с помощью индикаторов (зеленых нитей), которые информируют о выравнивании устанавливаемого компонента по габаритному контуру либо по центрам контактных площадок:



Рис. 11. Параметр Tolerance Hole:

а) свойства контактной площадки; б) генерируемая таблица отверстий

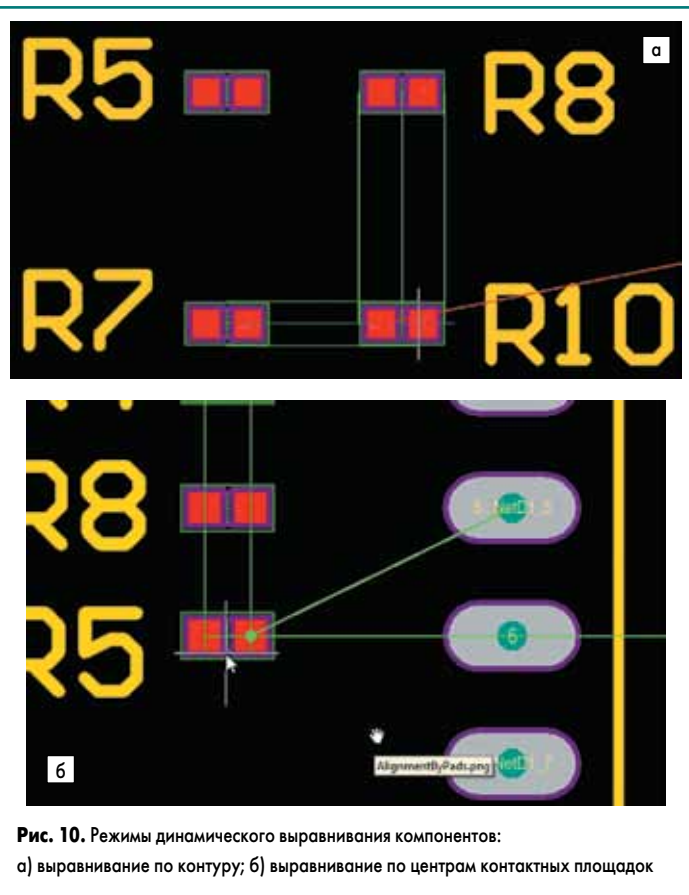


Рис. 10. Режимы динамического выравнивания компонентов:

а) выравнивание по контуру; б) выравнивание по центрам контактных площадок

- Нажатие и удержание клавиши **Ctrl** во время размещения компонента позволяет просмотреть возможные варианты выравнивания относительно границ соседних компонентов (рис. 10а).
- Нажатие и удержание клавиши **Shift** во время размещения компонента позволяет просмотреть возможные варианты выравнивания по контактным площадкам соседних компонентов (рис. 10б).

### Дополнительные возможности

#### Допуски на отверстия сверлений

Знание допусков для отверстий при изготовлении печатной платы позволяет устранить некоторые неопределенности и упростить производство с соблюдением требуемого качества. В Altium Designer 16.0 теперь доступно вводить значения производственных допусков сверления в диалоговых окнах контактных площадок Pads (рис. 11а) и переходных отверстиях Vias. Значения допусков на сверление доступны в генерируемой таблице отверстий (**PCB > Place > Drill Table**) с возможностью группировки отверстий по параметру Tolerance (рис. 11б).

#### Цветовая маркировка цепей

В Altium Designer 16.0 изменен инструмент выделения цепей на электрической схеме, которая обеспечивает удобство ее чтения и анализа.

Инструмент Net Color теперь расположен в панели инструментов Wiring и в меню команд **View > Set Net Colors**, а область его действия распространяется на все листы проекта, где размещается указываемая цепь. Введена возможность передачи цветовой маркировки цепи в редактор печатных плат из схемы электрической, что также способствует ускорению выработки стратегии трассировки ключевых цепей и интерфейсов.

Для передачи информации о цвете цепей в редактор печатных плат требуется установить значение to Find Differences в настройке объекта Changed Net Colors в разделе Comparator в диалоговом окне **Project Options**, доступном по меню команд **Project > Project Options**.

#### Генерация 3D-моделей компонентов

Добавлен механизм автогенерации 3D-модели корпуса компонента в формате STEP с помощью встроенного мастера создания



посадочных мест IPC-совместимых (IPC Compliant Footprint Wizard) с возможностями визуального предпросмотра и сохранения файла отдельно от файла библиотеки посадочных мест.

### Заключение

В данном материале отражены наиболее значимые обновления. Нужно также отметить наличие большого количества обновлений с генерацией производственных файлов и конструкторской документацией, механизмы работы с многовариантными проектами и многочисленные исправления проблем, отражающихся на скорости и стабильности функционирования программного обеспечения. Из вышесказанного следует, что разработчики САПР Altium Designer не только развивают инструментарий программы, но и заботятся о качестве ее функционирования.

### Литература

1. [www.wiki.altium.com/display/RUPROD/Altium+Designer+15.0](http://www.wiki.altium.com/display/RUPROD/Altium+Designer+15.0)
2. [www.techdocs.altium.com/display/ADOH/\(Pin-Package+Delay+Support\)\\_AD](http://www.techdocs.altium.com/display/ADOH/(Pin-Package+Delay+Support)_AD)



**Саифон**  
технолоджис

Производство печатных плат	<a href="http://www.saifontech.ru">www.saifontech.ru</a>
Гарантированные сроки поставки	<a href="mailto:info@saifontech.ru">info@saifontech.ru</a>
Гибкие условия оплаты	125438 Москва, 2-й Лихачевский пер., 1/11
Онлайн-калькулятор стоимости	+7 (499) 703-23-58

## Курс «Работа с САПР Altium Designer. Моделирование электрических схем и анализ целостности сигналов»

Учебно-консультационный центр НПП «Родник» с 14 по 18 марта 2016 года приглашает специалистов принять участие в проведении курса «Работа с САПР Altium Designer. Моделирование электрических схем и анализ целостности сигналов».

Занятия рассчитаны как на разработчиков и конструкторов печатных плат, начинающих осваивать Altium Designer, так и пользователей, имеющих опыт работы с данной системой. В процессе обучения слушатели изучат основные приемы моделирования электрических схем и анализ целостности сигналов

в высокоскоростных цепях в программе Altium Designer. Также их ждет знакомство с инструментами по работе со сложными платами и новыми функциями последней версии программы.

По завершении обучения выдается Свидетельство НПП «Родник», предоставляющее право на бесплатные двухгодичные консультации по данной тематике.

Более подробно ознакомиться с программой занятий и подать заявку на участие в курсе можно на сайте [www.rodnik.ru](http://www.rodnik.ru).

## Инструмент для расчета гидродинамических процессов Mentor Graphics

Компания Mentor Graphics выпустила обновленную версию инструмента для расчета гидродинамических процессов FloEFD, в которой улучшены функции управления ячейкой, блок расчета процессов установления, изменен интерфейс EDA и интерфейс Abaqus Finite Element Analysis (FEA).

Инструмент FloEFD автоматически заполняет пустоты заданного размера, чтобы быстро создать водонепроницаемые модели. Также новой является функция создания многоуровневых равномерных ячеек вокруг тела или поверхности модели. Она проста и выполняется одним кликом. Инструмент визуализации ячеек упрощает формирование нужных конфигураций.

Особенности новой версии FloEFD:

- Улучшенный блок расчета процессов установления позволяет быстрее и точнее просчитывать гидродинамические процессы.
- Мощный интерфейс EDA позволяет создавать печатные платы автоматически. Есть функция импорта геометрических данных, в том числе информации о линиях металлизации и переходных отверстиях. Поддерживаемые

форматы разработки печатных плат: Mentor Graphics Xpedition (CC или CCE), IDF и OCB++.

- Показатель преломления зависит от длины волны и температуры. Благодаря этому повышается точность анализа светового сигнала и излучения при использовании материалов со сложными спектральными характеристиками.
- Способность визуализации световых лучей применяется для точного моделирования излучения, необходимого для анализа тепловых эффектов в системе.
- Возможность анализа с различных точек зрения (по давлению, тепловым эффектам и т. п.).
- Менеджер управления отображает все проекты, запущенные в текущий момент или поставленные в очередь.

Инструмент FloEFD выпускается как отдельный компонент либо как встроенный инструмент CAD для платформ MCAD, таких как Creo, CATIA V5, Siemens NX.

[www.elcomdesign.ru](http://www.elcomdesign.ru)

## Портативный монитор вибрации Типа HE 400 от Hauber Elektronik

Компания Hauber Elektronik (Германия) представляет надежное устройство Типа HE 400, которое выдерживает промышленные условия и прежде всего соответствует стандарту DIN ISO 10816.

Прибор позволяет мгновенно приступить к работе. Закрепив датчик при помощи магнита или шпильки на точке измерения машины и включив устройство, сразу же можно наблюдать значение скорости вибрации на дисплее. Чтобы оценить состояние оборудования, достаточно сравнить полученное значение со стандартом DIN ISO.

Техническое обслуживание и ремонт планируются согласно расписанию, высокий дисбаланс обнаруживается немедленно, что позволяет принять меры для предотвращения выхода оборудования из строя. Новый портативный прибор является простым в использовании, эффективен, прочен, экономичен, поставляется в легком удобном алюминиевом кейсе. Для пользования измерителем не требуется длительного обучения.

Применение: мониторинг уровня вибрации электрических машин.

Предусмотрено практическое использование с промышленными вентиляторами, насосами, центрифугами, сепараторами, генераторами, турбинами и другим механическим оборудованием.

[www.pribor.ru](http://www.pribor.ru)



## Теплопроводящий материал Sarcon PG80A от Fujipoly

Компания Fujipoly представляет теплопроводящий материал Sarcon PG80A.

Материал в виде прокладки для заполнения зазора между электронным компонентом и радиатором обладает удельной теплопроводностью 13 Вт/м·К и тепловым сопротивлением 0,5 К·см<sup>2</sup>/Вт у листа толщиной 0,5 мм при усилии сжатия, равном

14,5 PSI (100 кПа). Материал способен работать при температурах -40...+150 °С, его класс горючести по стандарту UL94: V-0.

Производитель рекомендует применять Sarcon PG80A при больших вариациях высоты компонента и требуемом сжатии материала в пределах от 30 до 90%. Предлагается четыре варианта тол-

щины листов материала (0,5; 1; 1,5 и 2 мм) при габаритных размерах листа вплоть до 300×200 мм. Sarcon PG80A также поставляется на заказ в виде вырубных элементов практически любой формы под конкретную задачу.

[www.elinform.ru](http://www.elinform.ru)

# РСВ-EXPO



**ПЕЧАТНЫЕ  
ПЛАТЫ  
И МОНТАЖ**

Место проведения: Москва,  
Краснопресненская наб., 14,  
м. Выставочная,  
ЦВК «Экспоцентр»,  
Павильон Форум

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
**ВЫСТАВКА**  
**13-15 апреля 2016**

- ТЕХНОЛОГИИ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
- ПРОИЗВОДСТВО ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
- ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬ
- МОНТАЖ КОМПОНЕНТОВ
- СБОРКА РЗА, КОРПУСА И КОНСТРУКТИВЫ
- ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
- РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВСЕХ ВИДОВ ПРОИЗВОДСТВА
- КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

Организаторы  
выставки:



**FarEXPO**  
PROFESSIONAL SOLUTIONS & SERVICES PROVIDER



Санкт-Петербург, пр. Ю. Гагарина, 8.  
Тел. +7 (812) 777 0407  
[www.farexpo.ru/pcb-expo](http://www.farexpo.ru/pcb-expo); [radel2@farexpo.ru](mailto:radel2@farexpo.ru)



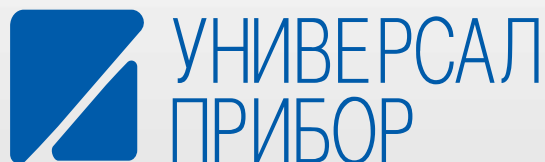
**CHIP EXPO**  
Москва, 121351, Ярцевская ул., дом 4.  
Тел. +7 (495) 221 5015  
[www.chipexpo.ru](http://www.chipexpo.ru); [info@chipexpo.ru](mailto:info@chipexpo.ru)



– Не «напрягайтесь»  
при выборе.

Обращайтесь к нам  
[www.pribor.ru](http://www.pribor.ru)

Все для производства  
электроники



Санкт-Петербург: (812) 334 55 66

Москва: (495) 775 84 37

E-mail: [pribor@pribor.ru](mailto:pribor@pribor.ru)

# Проектирование принципиальных схем и печатных плат

## в программной среде Mentor Graphics PADS 9.5. Создание областей металлизации

Для большинства разрабатываемых многослойных печатных плат характерно наличие внутренних полностью или частично металлизированных слоев, используемых, как правило, для подводки питания, и отдельных областей металлизации на сигнальных слоях, в основном применяемых для экранирования. В статье рассмотрены возможности редактора PADS Layout системы Mentor Graphics PADS 9.5 по работе с областями металлизации.

Татьяна Колесникова

beluikluk@gmail.com

### Введение

Области металлизации — это поверхности печатной платы, заполненные металлом, обычно связанные с цепью питания или «земли». В одной топологии печатной платы может быть несколько областей металлизации, которые создаются после размещения компонентов на плате и трассировки. Контактные площадки и сквозные отверстия, ассоциированные с цепью области металлизации, подключаются автоматически к этой области с помощью тепловых контактов. Неассоциированные площадки и отверстия автоматически изолируются от области металлизации при помощи зазоров.

Существует два вида областей металлизации: негативные и позитивные. Негативные обрабатываются таким образом, что изображение фотопечати отображает отсутствие меди при производстве.

Изображение фотопечати позитивных областей металлизации показывает реальные области меди. На сигнальных слоях необходимо использовать позитивные области металлизации. На плате области металлизации могут располагаться как на внутренних, так и на внешних слоях. Слой платы может быть или выделенным слоем области металлизации, ассоциированным с одной цепью, или трассированным сигнальным слоем, содержащим несколько областей металлизации, отделенных друг от друга зазором.

### Создание негативной области металлизации

Негативная область создается автоматически путем определения для выбранного слоя соответствующего обозначения (CAM Plane) в окне настроек слоев (**Layers Setup**) и назначения цепи и заполняет полностью слой платы. При определении такой области не применяется заливка и штриховка — она может содержать только одну цепь и не имеет настроек, на ней запрещена трассировка.

Рассмотрим создание негативной области металлизации на конкретном примере. Для этого в PADS Layout при помощи команды основного меню File/Open откроем проект печатной платы — файл *Lesson19A.pcb* (рис. 1), который поставляется вместе с системой Mentor Graphics PADS 9.5 и находится по умолчанию на диске компьютера по адресу C:\PADS\_ES\_Evaluation\Lesson19. В основном меню программы PADS Layout выберем пункт Setup/Layer Definition, в результате чего будет открыто окно настроек слоев платы (рис. 2). Здесь указывается общее количество слоев в проекте печатной платы, задается тип каждого слоя, его название.

Рассмотрим окно **Layers Setup** более подробно. В его верхней части расположен список слоев, в котором при помощи левой кнопки мыши необходимо выбрать слой, где будет создана негативная область металлизации. В нашем случае это слой Gnd Plane Layer 3. Изменить/назначить имя выбранному слою можно с клавиатуры в поле Name. Посредством установки

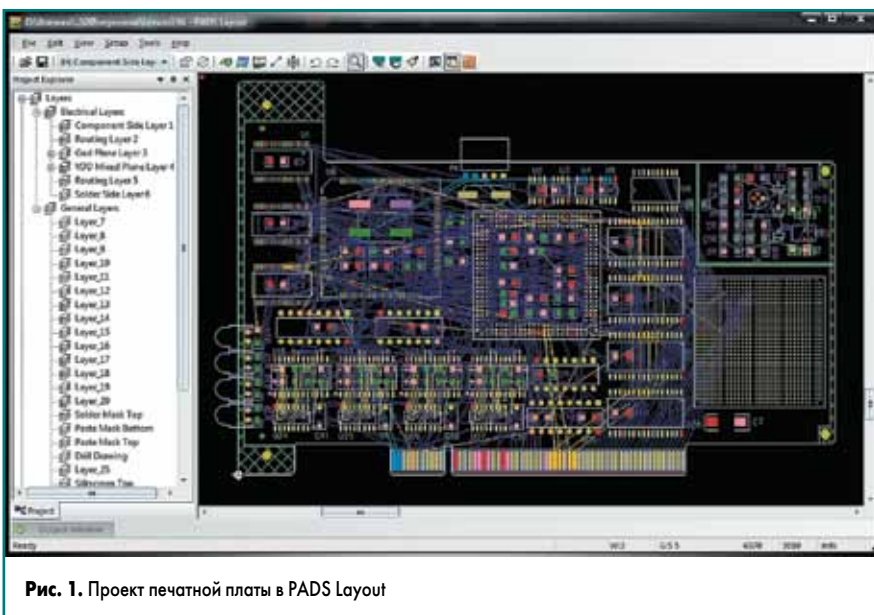


Рис. 1. Проект печатной платы в PADS Layout

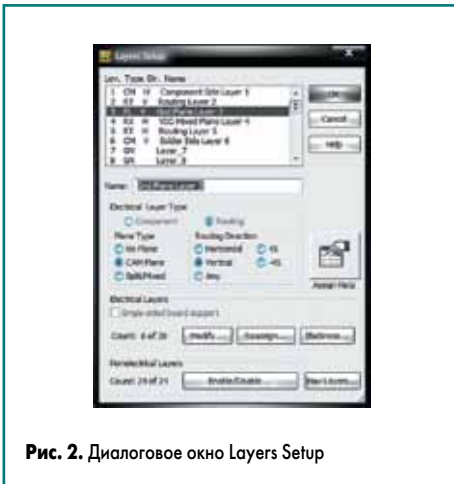


Рис. 2. Диалоговое окно Layers Setup

переключателя в нужную позицию в поле Plane Type задается тип области металлизации:

- No Plane — нет металлизации;
- SAM Plane — негативная область металлизации;
- Split/Mixed — смешанная область металлизации.

В нашем случае установим переключатель в позицию SAM Plane.

В поле Electrical Layers («Электрические слои») расположены кнопки, при помощи которых открываются диалоговые окна настроек следующих параметров:

- Modify — установка количества электрических слоев (рис. 3а);
- Reassign — перемещения данных на другой слой (рис. 3б);
- Thickness — настройка толщины электрических слоев (рис. 3в).

Необходимо отметить, что электрические — это слои, являющиеся частью физической печатной платы, на которых может выполняться размещение компонентов и/или трассировка, создаваться области металлизации. Электрические слои могут быть следующих типов:

- CM — слой компонентов — только наружные слои платы могут иметь тип CM;
- RT — слой трассировки;
- PL — слой областей металлизации;
- CP — слой компонентов и областей металлизации;
- CX — слой компонентов и смешанных областей металлизации;
- RX — слой трасс и смешанных областей металлизации.

Тип электрического слоя отображается в списке слоев окна Layers Setup в поле Type.

В поле Nonelectrical Layers («Неэлектрические слои») расположены кнопки, при помощи которых открываются диалоговые окна настроек следующих параметров:

- Enable/Disable — разрешения и запрета использования слоев (рис. 4а);
- Max Layers — установка максимального количества слоев (рис. 4б). По умолчанию в проекте печатной платы используется до 30 слоев. При помощи кнопки Max Layers можно установить до 250 слоев.

Неэлектрические слои не имеют физического представления на плате и применяются для размещения на них пояснительных надписей и графической информации, необходимой для

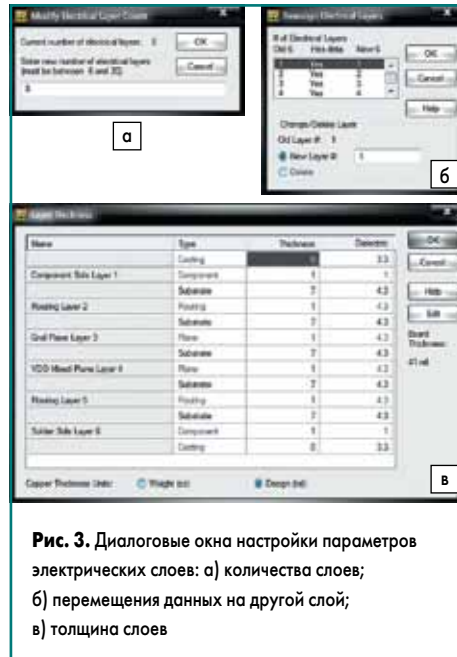


Рис. 3. Диалоговые окна настройки параметров электрических слоев: а) количества слоев; б) перемещения данных на другой слой; в) толщина слоев

печати чертежей или последующего нанесения на печатную плату способом шелкографии.

Для того чтобы назначить цепи область SAM Plane выбранного слоя, нажмите в окне Layers Setup кнопку Assign Nets, в открывшемся окне Plane Layer Nets (рис. 5) в поле All Nets («Все цепи проекта») выберите левой кнопкой мыши название цепи и переместите его при помощи кнопки Add>> в поле Assigned Nets («Назначенные цепи»). Отметим, что в поле Assigned Nets по умолчанию уже назначена цепь GND. Отменить назначение цепи можно кнопкой <<Remove, предварительно выделив левой кнопкой мыши нужную цепь в поле Assigned Nets. Для вступления в силу внесенных изменений нажмите кнопку OK в окне Plane Layer Nets, а затем кнопку OK в окне Layers Setup — оба окна будут закрыты.

Просмотрим созданную область, для чего в основном меню PADS Layout выберем команду File/CAM, в результате будет открыто окно Define CAM Documents (рис. 6), в котором в поле CAM Documents левой кнопкой мыши выберем слой Gnd Plane Layer 3. Нажатием кнопки Preview откроем окно предварительного просмотра CAM Preview (рис. 7). Используйте кнопки поля Zoom для приближения/отдаления изображения слоя. Для закрытия окна CAM Preview предназначена кнопка Close.

Сохранение проделанной работы выполняется при помощи команды основного меню PADS Layout — File/Save.

### Создание позитивной области металлизации

Создание позитивной области металлизации начинается с разработки контура области в выбранном печатном слое. В редакторе PADS Layout выбор слоя выполняется из выпадающего списка в меню Layer на стандартной панели инструментов Standard Toolbar. Контур области металлизации может быть определен вручную при помощи мыши. Для этого необходимо командой основного меню редакто-



Рис. 4. Диалоговые окна настройки параметров неэлектрических слоев: а) разрешения и запрета использования слоев; б) максимального количества слоев

ра View/Toolbars/Drafting Toolbar или кнопкой Drafting Toolbar на панели инструментов Standard Toolbar открыть панель инструментов Drafting Toolbar (рис. 8) и выбрать на ней кнопку Copper Pour. При этом для рисования области металлизации можно использовать команды контекстного меню (рис. 9):

- Polygon — добавить многоугольник;
- Rectangle — добавить прямоугольник;
- Circle — добавить окружность;
- Add Arc — добавить дугу (данный инструмент используется совместно с инструментом Polygon);
- Orthogonal — рисование ортогональных линий (под углом 90°);
- Diagonal — рисование косых линий (под углом 45°);
- Any Angle — рисование линий под любым углом;
- Snap to Objects — использовать привязку к объектам.

Контекстное меню открывается при помощи щелчка правой кнопкой мыши в рабочей области проекта.

После создания контура необходимо назначить цепь области металлизации и выполнить ее заливку. Термальные площадки создаются автоматически на контактах той же цепи, что и заливка.

Заливку созданного контура можно выполнить тремя способами:

- при помощи Pour Manager (диспетчера заливок);
- командой контекстного меню Flood (при этом необходимо выделить контур заливки);
- кнопкой Flood панели инструментов Drafting Toolbar (при этом необходимо выделить контур заливки).

Для выделения отдельных объектов в рабочей области проекта можно использовать фильтры. Данный способ особенно удобен при выделении объектов в тесной области

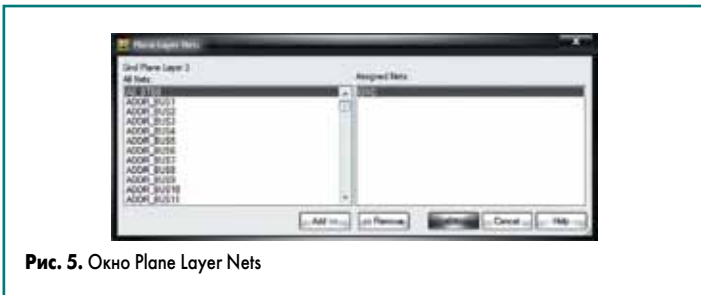


Рис. 5. Окно Plane Layer Nets

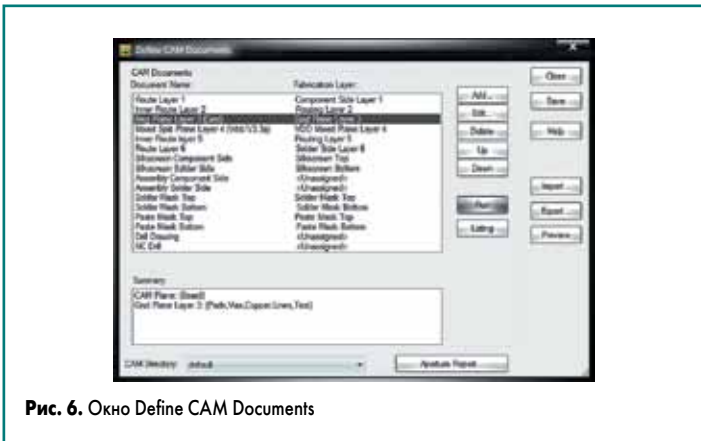


Рис. 6. Окно Define CAM Documents

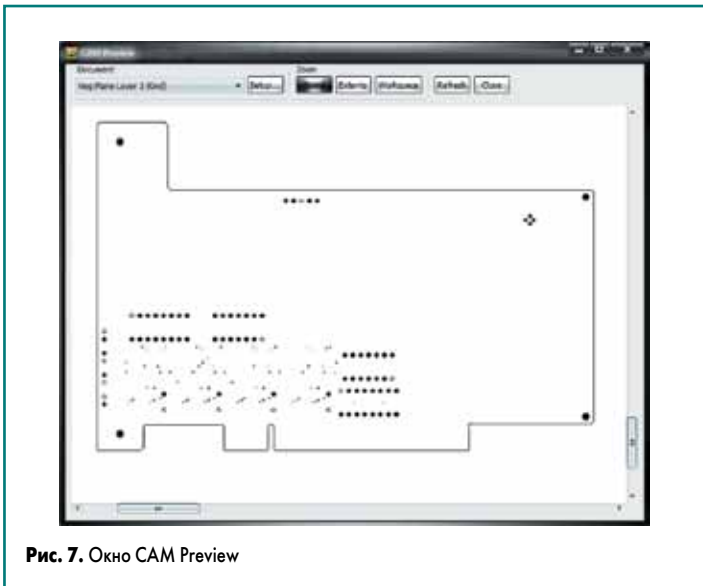


Рис. 7. Окно CAM Preview

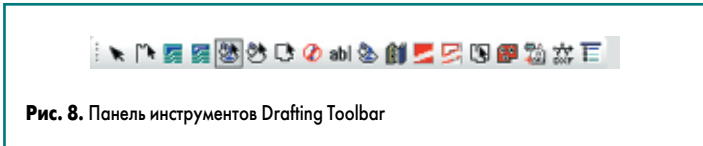


Рис. 8. Панель инструментов Drafting Toolbar

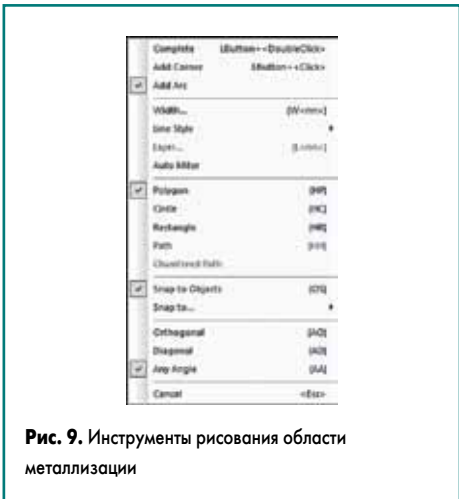


Рис. 9. Инструменты рисования области металлизации

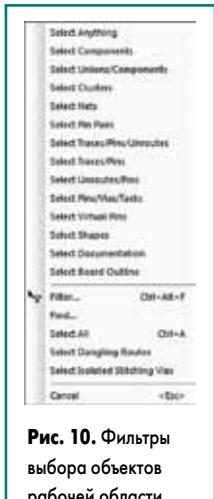


Рис. 10. Фильтры выбора объектов рабочей области проекта

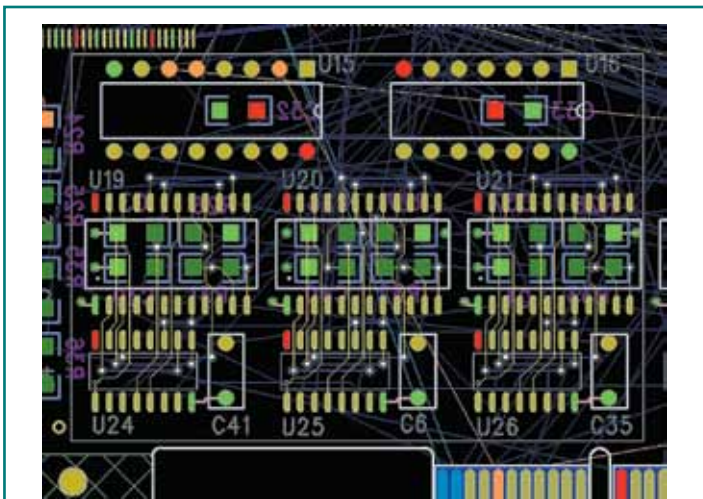


Рис. 12. Контур позитивной области металлизации

проекта, где перекрываются цепи, текст, области металлизации, контактные площадки. Выбор необходимого фильтра производится из контекстного меню (рис. 10). Для выделения контура области металлизации или области запрета предназначен фильтр Select Shapes. Для выделения всех объектов рабочего проекта за исключением контура платы предусмотрен фильтр Select Anything.

Открыть окно диспетчера заливок (рис. 11) можно командой Tools/Pour Manager основного меню редактора PADS Layout. На вкладке Flood («Заливка») посредством уста-



Рис. 11. Вкладка Flood окна Pour Manager

новки переключателя в нужную позицию в поле Flood Mode задается режим заливки:

- Flood All — заливаются все области металлизации в проекте;
- Fast Flood — заливаются только вновь созданные области металлизации.

После выбора режима заливки необходимо нажать на кнопку **Start**. Используйте кнопку **Close** для того, чтобы закрыть окно **Pour Manager**. Если установлен флажок в поле **Confirm Flood Operations**, то после нажатия кнопки **Start** появляется диалоговое окно подтверждения выполнения заливки.

Процесс создания позитивной области металлизации можно разбить на восемь этапов, на которых необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. На стандартной панели инструментов Standard Toolbar редактора PADS Layout выберите слой, на котором предполагается разместить область металлизации.

2. При помощи команды меню View/Toolbars/Drafting Toolbar или нажатием кнопки **Drafting Toolbar** на панели инструментов Standard Toolbar откройте панель инструментов Drafting Toolbar.
3. Нажмите на панели инструментов Drafting Toolbar кнопку **Copper Pour**.
4. Переместите курсор в рабочую область проекта и при помощи правой кнопки мыши откройте контекстное меню, в котором, установив флажок в необходимую позицию, определите инструмент для рисования контура области металлизации.
5. Переместите курсор мыши в рабочую область проекта, щелкните левой кнопкой мыши в начальной точке контура и протяните курсор к месту конечной точки контура, после чего щелкните в данной точке левой кнопкой мыши. При выборе инструмента рисования Polygon определите контур, последовательно прокладывая при помощи мыши его фрагменты до тех пор, пока контур не будет



Рис. 13. Окно Add Drafting

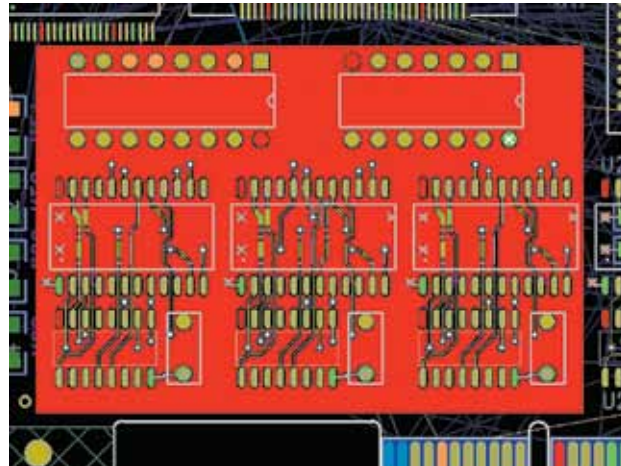


Рис. 14. Позитивная область металлизации в проекте печатной платы

- замкнут, выполняя при этом щелчки левой кнопкой мыши в точках излома контура.
- После того как контур создан (рис. 12), автоматически будет открыто окно **Add Drafting** (рис. 13), в котором области металлизации необходимо назначить цепь. Для этого в поле Net assignment из выпадающего списка при помощи левой кнопки мыши выберите название нужной цепи. Для закрытия окна **Add Drafting** нажмите кнопку **OK**.
  - Выполните заливку созданного контура (рис. 14).
  - Сохранение проделанной работы выполняется при помощи команды основного меню File/Save редактора PADS Layout.

Созданную область металлизации можно перемещать в проекте платы. Для этого выделите ее контур при помощи левой кнопки мыши, а правой кнопкой вызовите контекстное меню и выберите в нем команду Move («Переместить»). После чего контур области металлизации будет прикреплен к курсору мыши, при помощи которого необходимо поместить его в нужное место платы — щелкнуть в этом месте левой кнопкой. Следует отметить, что после перемещения контура области металлизации его заливку необходимо выполнить повторно.

Заливка выполняется заново, если объекты внутри области металлизации перемещаются. При этом уже имеющуюся заливку предварительно нужно удалить, иначе новые термальные площадки не будут созданы. Удаление заливки можно выполнить при помощи клавиатурной команды «р». Нажмите последовательно клавиши с буквами «р» и «о», в результате чего откроется окно **Modeless Command** (рис. 15), в поле Command которого будет прописана введенная с клавиатуры команда. Отправить эту команду на выполнение можно нажатием клавиши **Enter** на клавиатуре.

#### Создание выреза в области металлизации

После того как область металлизации создана (рис. 16а), при необходимости на ней можно сделать вырез. Для этого в редакторе PADS Layout используется команда Copper Cut Out панели инструментов Drafting Toolbar. Вырез должен находиться внутри области металлизации, не касаться и не пересекаться с ее краями и иметь замкнутую форму. Рисование выреза выполняется по аналогии с рисованием контура области металлизации. После создания контура выреза необходимо

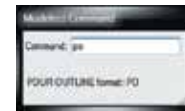


Рис. 15. Окно Modeless Command

заново выполнить заливку области металлизации. Результат создания выреза — это незаполненная область внутри области металлизации (рис. 16б).

#### Создание зон запрета размещения

При проектировании печатных плат может потребоваться разработка зон запрета размещения, которые можно задавать для областей металлизации, а также компонентов и цепей платы. Области запрета создаются в такой топологии платы, где есть ограничения по высоте компонентов или где есть области, в которых размещение компонентов вообще запрещено. Для того чтобы создать зону запрета размещения, необходимо на панели инструментов Drafting Toolbar нажать кнопку **Keepout**. Контур зоны запрета формируется так же, как и контур области металлизации. При этом в окне **Add Drafting** в поле Keepout Restrictions

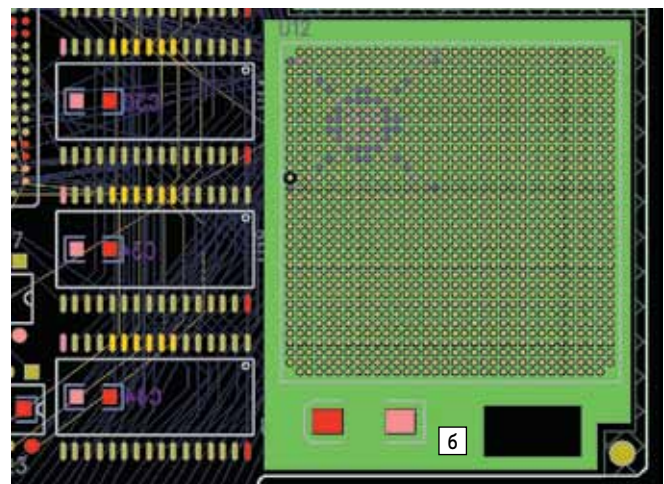
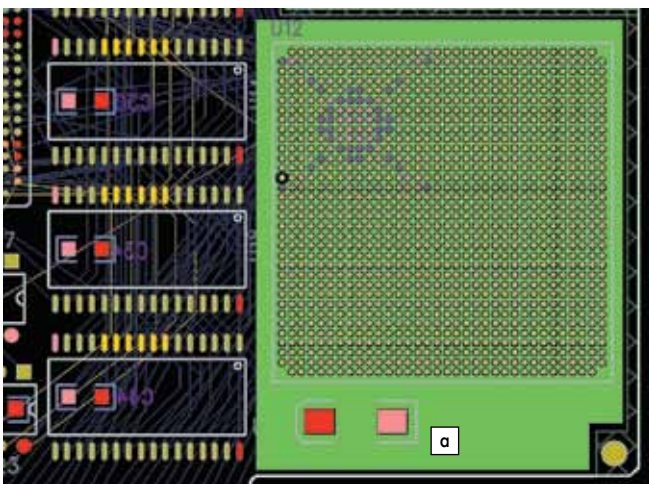
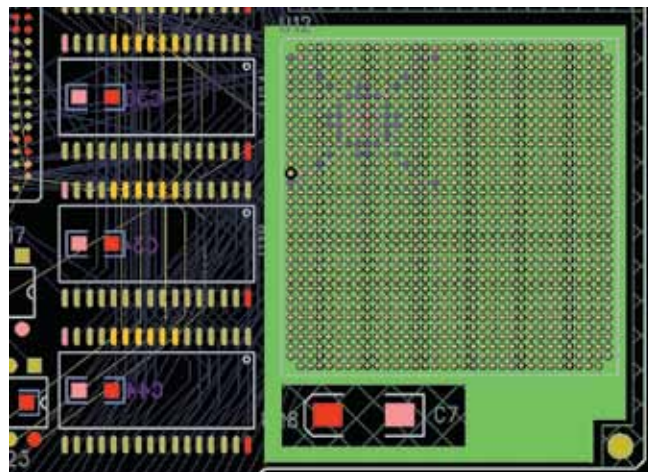


Рис. 16. Область металлизации: до (а) и после создания на ней выреза (б)



**Рис. 17.** Выбор элементов платы в окне Add Drafting для запрета их размещения в области Keerout



**Рис. 18.** Создание позитивной области металлизации в области платы, где находится зона запрета размещения областей металлизации

посредством установки флажков в чекбоксах указываются элементы печатной платы, чье размещение должно быть запрещено в создаваемой области (рис. 17). Если в месте предполагаемого размещения области металлизации уже существует область Keerout, в настройках которой определен запрет на размещение областей металлизации, область металлизации будет создана с вычетом области запрета (рис. 18).

### Настройка параметров термальных и антиплощадок

Настройка параметров термальных площадок выполняется в окне **Options** в поле **Thermals** (рис. 19). Для того чтобы открыть данный диалог, нужно в основном меню редактора PADS Layout выбрать команду **Tools/Options**, а затем в списке, расположенном в левой части открывшегося окна, выбрать пункт **Routing/Thermals**.

В верхней части поля **Thermals** находится таблица, в которой для **Drilled Thermals** (сквозных отверстий) и **SMT Thermals** (планарных контактных площадок) выполняется настройка следующих параметров термального подключения:

- Spoke width — ширина подводов;
- Spoke minimum — минимальное количество подводов в отверстии/площадке;



**Рис. 19.** Окно Options. Настройка параметров термальных площадок

- Round pad — выбор расположения подводов термальной площадки круглой формы: Diagonal (по диагонали), Orthogonal (ортогонально), Flood over (залить поверх), No Connect (нет подключения);
- Square pad — выбор расположения подводов термальной площадки квадратной формы: Diagonal (по диагонали), Orthogonal (ортогонально), Flood over (залить поверх), No Connect (нет подключения);
- Rectangle pad — выбор расположения подводов термальной площадки прямоугольной формы: Diagonal (по диагонали), Orthogonal (ортогонально), Flood over (залить поверх), No Connect (нет подключения);
- Oval pad — выбор расположения подводов термальной площадки овальной формы: Diagonal (по диагонали), Orthogonal (ортогонально), Flood over (залить поверх), No Connect (нет подключения).

В нижней части поля **Thermals** расположены четыре чекбокса:

- Routed pad thermals — разрешение/запрет использования тепловых площадок для контактов, соединенных с трассой;
- Show general plane indicators — настройка визуального отображения соединения с областями металлизации для тепловых площадок;
- Remove isolated copper — разрешение/запрет удаления островков областей металлизации;
- Remove violating thermal spokes — разрешение/запрет удаления подводов термальных площадок, нарушающих правила зазоров.

Для того чтобы внесенные в поле **Thermals** изменения вступили в силу, нажмите кнопку **Apply** в нижней части окна **Options**. Закрыть окно можно, нажав кнопку **OK**.

При использовании в проекте платы областей металлизации есть возможность настройки параметров отдельных тепловых и антиплощадок. Для этого необходимо выделить левой кнопкой мыши контактную площадку или посадочное место, которому она принадлежит, правой кнопкой мыши вызвать контекстное меню и выбрать в нем команду **Properties**. Необходимо отметить, что для выделения контактных площадок удобно использовать

фильтр **Select Pins/Vias/Tacks**, а для выделения посадочных мест — фильтр **Select Components**. После выделения контактная площадка/посадочное место отображается в области металлизации белым цветом. Если было выбрано посадочное место, то в результате выполнения команды **Properties** откроется окно **Component Properties** (рис. 20a), если выбрана отдельная контактная площадка — окно **Pin Properties** (рис. 20б). Далее в открывшемся окне следует нажать кнопку **Pad Stack**, в результате откроется окно **Pad Stacks Properties** (рис. 21), в котором из выпадающего списка в меню **Pad style** можно выбрать стиль площадки:

- Pad — обычная площадка;
- Thermal — термальная площадка;
- Antipad — антиплощадка.

Набор слоев выбранного в поле **Pin: Plated** вывода посадочного места отображается в поле **Sh.: Sz.: Layer**.

В поле **Parameters** можно задать необходимые параметры для термальных площадок (рис. 22a):

- Oblong/Rectangle (форма площадки — в нашем случае овальная/прямоугольная);
- Pad size relative to drill size (размер площадки соответствует размеру сверла);
- Flood over (залить поверх);
- Inner Diam (внутренний диаметр) — для площадок круглой формы, Inner Size (размер внутренней стороны квадрата) — для квадратных площадок, Inner Width (внутренняя ширина контактной площадки) — для площадок прямоугольной/овальной формы;
- Outer Diam (наружный диаметр) — для площадок круглой формы, Outer Size (размер внешней стороны квадрата) — для квадратных площадок, Outer Width (внешняя ширина контактной площадки) — для площадок прямоугольной/овальной формы;
- Spokes (количество подводов);
- Spoke Angle (угол наклона подводов);
- Spoke Width (ширина подводов);
- Negative (негатив), а также для антиплощадок (рис. 22б);
- Oblong/Rectangle (форма антиплощадки — в нашем случае овальная/прямоугольная);



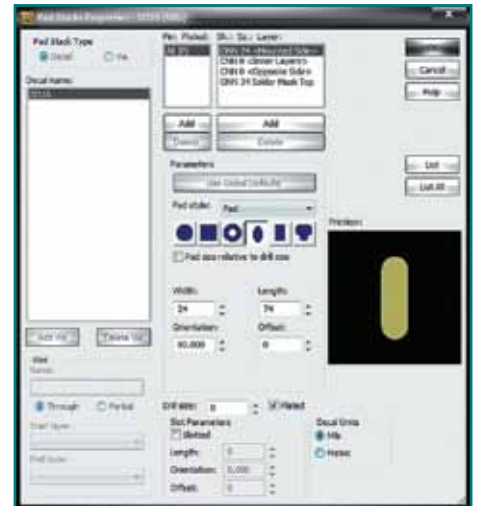
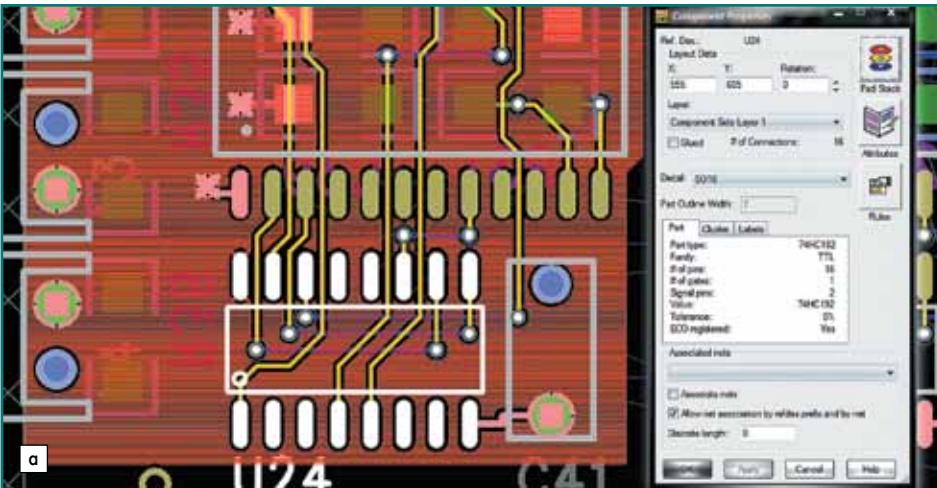


Рис. 21. Диалоговое окно Pad Stacks Properties

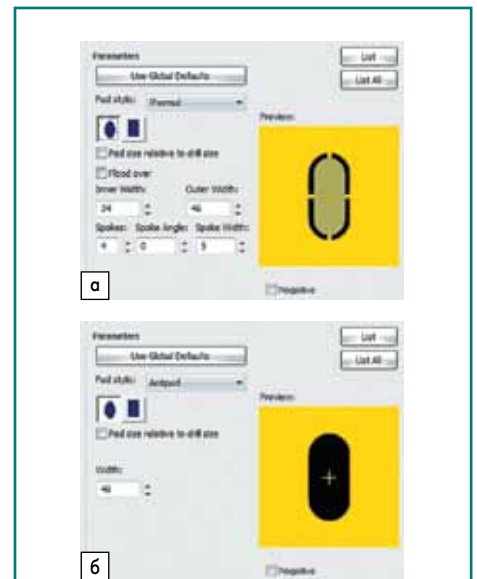
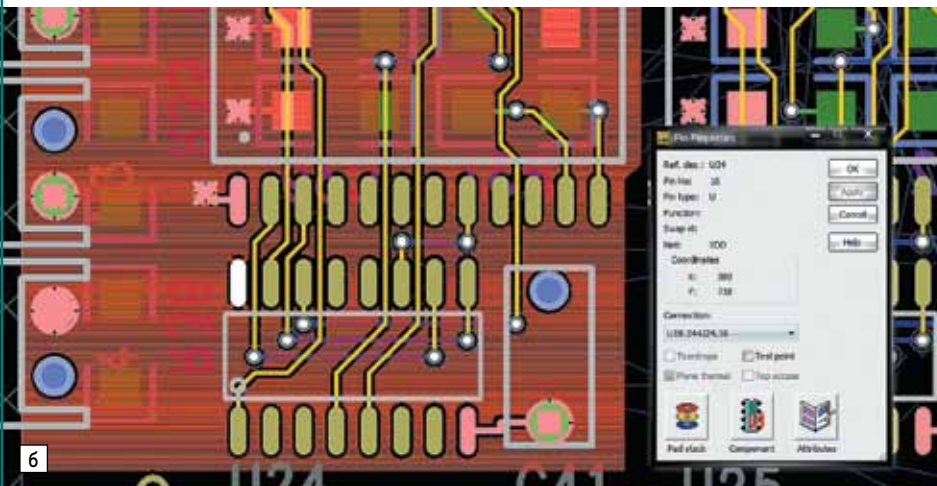


Рис. 22. Настройка параметров: а) термальных площадок; б) антиплощадок

Рис. 20. Результат выполнения команды Properties: а) окно Component Properties (выделено посадочное место); б) окно Pin Properties (выделена контактная площадка)

- Pad size relative to drill size (размер антиплощадки соответствует размеру сверла);
- Diameter (диаметр) — для антиплощадок круглой формы, Size (размер стороны квадрата) — для квадратных антиплощадок, Width (ширина) — для прямоугольных/овальных антиплощадок;
- Negative (негатив).  
Созданную площадку/антиплощадку можно увидеть в окне предварительного просмотра **Preview**.

**Настройка опций штриховки областей металлизации**

Отметим, что настройка опций штриховки доступна только для позитивных областей металлизации. Выполнить ее можно в окне **Options**, для чего необходимо в списке, который расположен в левой части окна, выбрать пункт **Drafting/Hatch and Flood**, в результате чего в правой части окна будет открыто одноименное поле (рис. 23). Напомним, что окно **Options** открывается при помощи команды **Tools/Options** основного меню редактора PADS Layout. Контур области металлизации можно заполнить менее чем на сто процентов, используя настройки следующих параметров штриховки:

- Direction (направление линий): Orthogonal (штриховка линиями под углом 90°), Diagonal (штриховка линиями под углом 45°). Поскольку области запрета также заполняются штриховкой, их можно перепутать

с областями металлизации, если настройки штриховки одинаковые. В таких проектах рекомендуется использовать для областей металлизации обратное направление штриховки. Данный параметр задают установкой флажка в чекбоксе **Reverse for keepout** (направление штриховки зон запрета противоположное направлению штриховки областей металлизации);

- View (отображение): Normal (нормальное), No hatch (не отображать штриховку), See through (штриховка наносится таким образом, что все элементы платы хорошо видны). Параметры No hatch и See through используют в том случае, если штриховка областей металлизации затрудняет просмотр проекта платы.

При этом доступна настройка следующих параметров для заполнения контура областей металлизации:

- Min. hatch area (минимальная область штриховки);
- Smoothing radius (радиус сглаживания);
- Display mode (режим отображения): Pour outline (заливка контура), Hatch outline (штриховка контура).

На рис. 24а представлен фрагмент проекта печатной платы, в котором создана позитивная область металлизации, заполненная штриховыми линиями под углом 45°. При этом в настройках проекта были заданы следующие параметры штриховки:

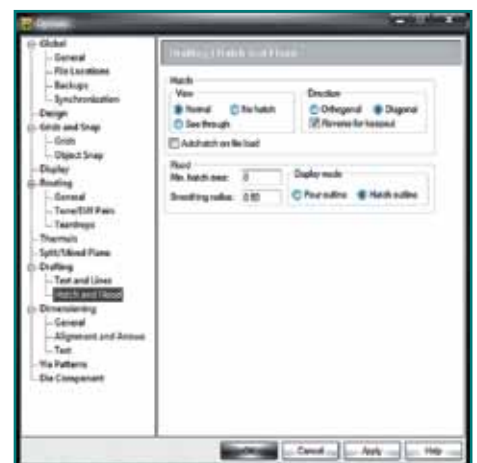
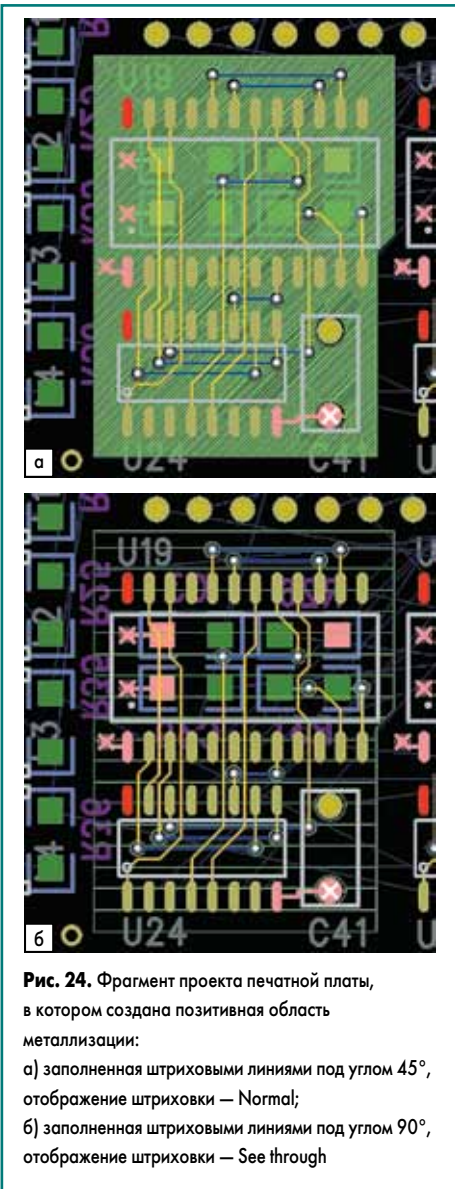


Рис. 23. Окно Options. Настройка опций штриховки областей металлизации

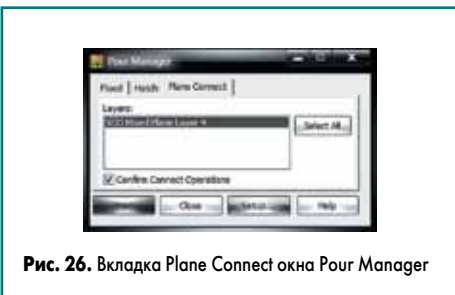
- Direction (направление линий): Diagonal (штриховка линиями под углом 45°);
- View (отображение): Normal (нормальное);
- Min. hatch area (минимальная область штриховки) — 0;



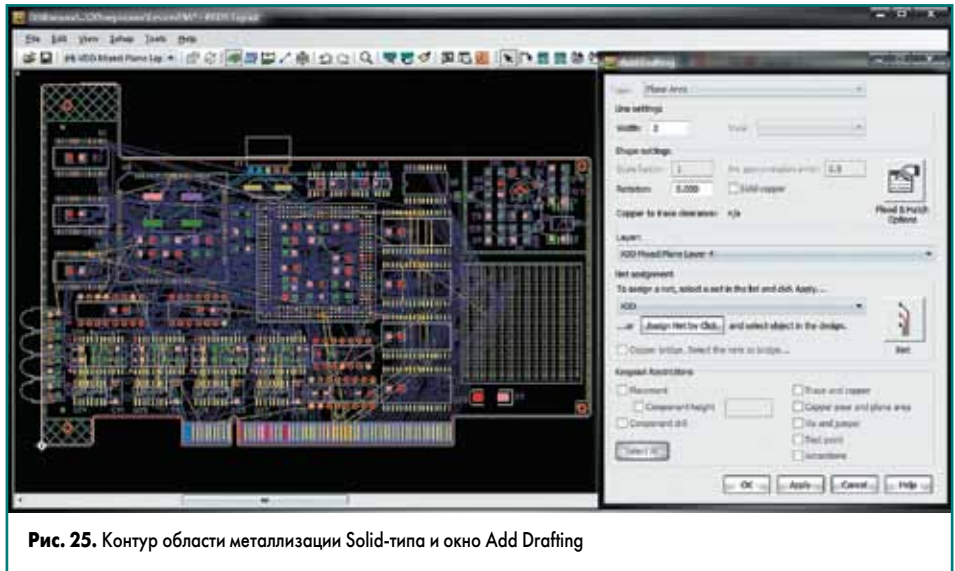
**Рис. 24.** Фрагмент проекта печатной платы, в котором создана позитивная область металлизации:

- а) заполненная штриховыми линиями под углом 45°, отображение штриховки — Normal;
- б) заполненная штриховыми линиями под углом 90°, отображение штриховки — See through

- Smoothing radius (радиус сглаживания) — 0,5;
  - Display mode (режим отображения): Hatch outline (штриховка контура).
- На рис. 24б представлен фрагмент проекта печатной платы, в котором создана позитивная область металлизации, заполненная штриховыми линиями под углом 90°. При этом в настройках проекта были заданы следующие параметры штриховки:
- Direction (направление линий): Orthogonal (штриховка линиями под углом 90°);
  - View (отображение): See through (штриховка наносится таким образом, что все элементы платы хорошо видны);
  - Min. hatch area (минимальная область штриховки) — 0;



**Рис. 26.** Вкладка Plane Connect окна Pour Manager



**Рис. 25.** Контур области металлизации Solid-типа и окно Add Drafting

- Smoothing radius (радиус сглаживания) — 0,5;
  - Display mode (режим отображения): Hatch outline (штриховка контура).
- В том случае если в проекте платы были произведены изменения в трассировке или объекты внутри области металлизации были перемещены — заливку необходимо произвести заново.

**Создание смешанной области металлизации**

Смешанные области металлизации положительные, их можно размещать как на внешних, так и на внутренних слоях платы, для их заливки можно использовать штриховку.

Смешанные области создаются только на тех слоях платы, тип которых определен как Split/Mixed. Они могут быть двух типов:

- Solid — сплошные области металлизации;
- Split — разделенные на несколько изолированных областей металлизации с подключением их к разным электрическим цепям.

**Создание области металлизации Solid-типа**

Рассмотрим создание области Solid-типа на конкретном примере. Для этого в PADS Layout снова откроем исходный файл

Lesson19A.pcb и выберем в качестве активного слой (H) VDD Mixed Plane Layer 4. Выбор слоя выполняется из выпадающего списка в меню Layer на стандартной панели инструментов Standard Toolbar.

Используя фильтр Select Board Outline, выделите любую сторону платы, при помощи правой кнопки мыши вызовите контекстное меню и выберите в нем команду Select Shape. После этого правой кнопкой снова откройте контекстное меню и выберите в нем пункт Create Plane Area («Создать область металлизации»). В результате чего внутри контура платы будет сформирован контур области металлизации, повторяющий форму платы. Также автоматически будет открыто окно Add Drafting, в котором области металлизации необходимо назначить цепь. Для этого в поле Net assignment из выпадающего списка при помощи левой кнопки мыши выбирают название нужной цепи (рис. 25). В нашем случае выберем цепь VDD. Для закрытия окна Add Drafting нажмите кнопку OK.

Заливку созданного контура можно выполнить при помощи Pour Manager, окно которого открывается командой Tools/Pour Manager основного меню редактора PADS Layout. На вкладке Plane Connect (рис. 26) в поле Layers при помощи левой кнопки мыши выберите слой платы, на котором расположен



**Рис. 27.** Проект печатной платы, в котором создана позитивная область металлизации Solid типа

контур области металлизации, предназначенный для заливки, и нажмите кнопку **Start**. Для того чтобы закрыть окно **Pour Manager**, необходимо нажать кнопку **Close**. Если установлен флажок в поле **Confirm Connect Operations**, то после нажатия кнопки **Start** появляется диалоговое окно подтверждения создания заливки. В результате выполненных действий контур области металлизации будет полностью залит (рис. 27).

### Создание области металлизации Split-типа

Рассмотрим на конкретном примере создание области Split-типа, которая разделена на две области металлизации с разными напряжениями. При этом область металлизации, которой будет назначена цепь VDD +3,3 В, разместим внутри основной области металлизации, к которой подключим цепь VDD +5 В. Создание контура внутренней области смешанной области металлизации Split-типа выполняется по аналогии с разработкой контура позитивной области металлизации.

Для выполнения этой задачи в PADS Layout откроем файл *Lesson19B.pcb*, который поставляется вместе с системой Mentor Graphics PADS 9.5 и находится по умолчанию на диске компьютера по адресу C:\PADS\_ES\Evaluation\Lesson19. Контур внутренней области металлизации в проекте *Lesson19B.pcb* уже создан и нам остается подключить к нему цепь VDD +3,3 В и выполнить его заливку. Для этого из выпадающего списка в меню **Layer** на стандартной панели инструментов **Standard Toolbar** выберем в качестве активного слой (H) **VDD Mixed Plane Layer 4**. На панели **Project Explorer**, которая находится по умолчанию в левой части проекта, откроем меню **Nets** и выберем в нем пункт **VDDQ3.3V**. В результате в рабочей области проекта будут подсвечены белым цветом контактные площадки, принадлежащие цепи VDD +3,3 В, а область размещения цепи в проекте будет автоматически приближена (рис. 28). При этом контур области металлизации проложен так, что все контактные площадки, принадлежащие цепи VDD +3,3 В, находятся внутри него.

Щелкните левой кнопкой мыши в области проекта, чтобы отменить выделение цепи. При помощи правой кнопки мыши вызовите контекстное меню и выберите в нем фильтр **Select Shape**, затем левой кнопкой мыши выделите контур области металлизации. Откройте контекстное меню и выберите в нем пункт **Flood**, в результате чего будет выполнена заливка контура внутренней области смешанной области металлизации Split-типа (рис. 29).

Теперь необходимо создать основную область металлизации. Для этого, используя фильтр **Select Board Outline**, выделите любую сторону платы, при помощи правой кнопки мыши вызовите контекстное меню и выберите в нем команду **Select Shape**. После этого правой кнопкой снова откройте контекстное меню и выберите в нем пункт **Create Plane Area** («Создать область металлизации»). В результате внутри контура платы появится контур области металлизации, повторяющий форму

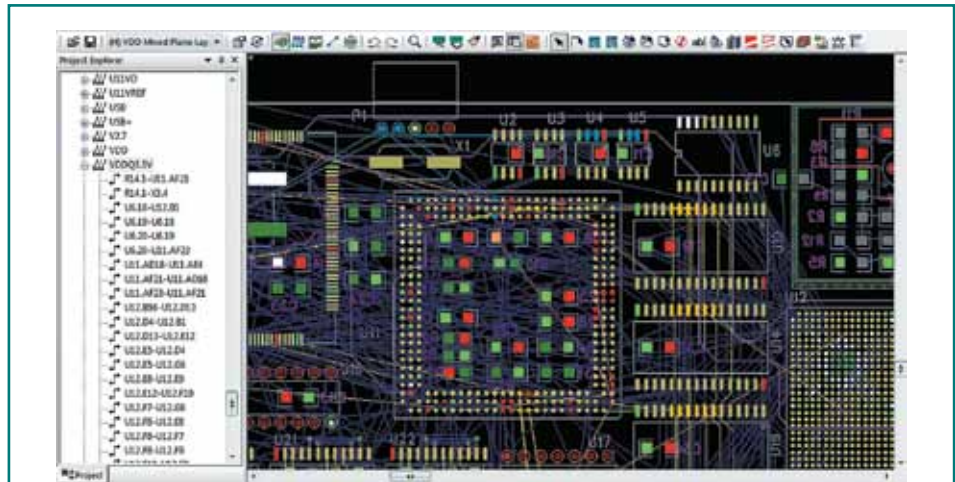


Рис. 28. Выбор цепи в проекте печатной платы и контур внутренней области смешанной области металлизации Split-типа

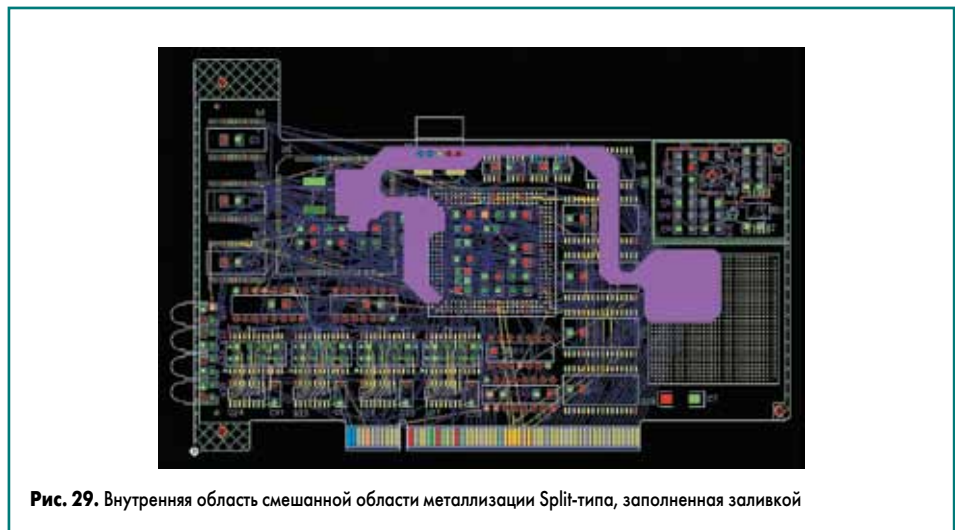


Рис. 29. Внутренняя область смешанной области металлизации Split-типа, заполненная заливкой

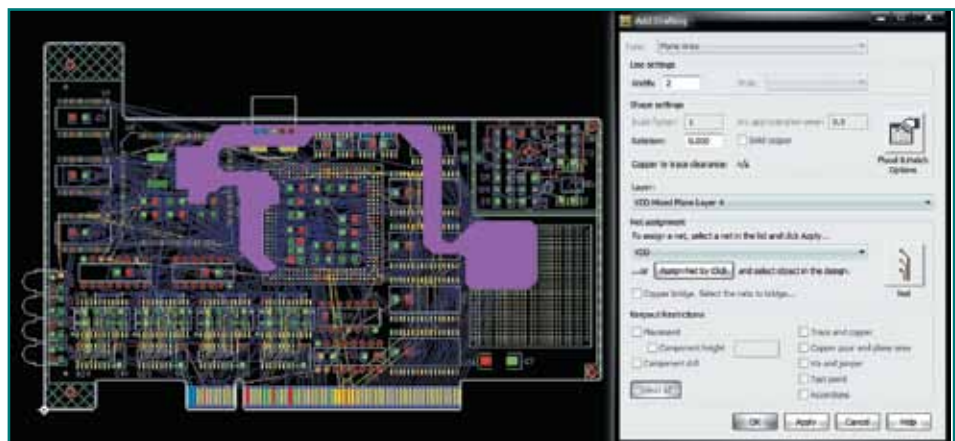


Рис. 30. Контур внешней области смешанной области металлизации Split-типа и окно Add Drafting

платы. Также автоматически будет открыто окно **Add Drafting**, в котором области металлизации необходимо назначить цепь, для чего в поле **Net assignment** из выпадающего списка при помощи левой кнопки мыши выбирают название нужной цепи. В нашем случае требуется цепь VDD (рис. 30). Для закрытия окна **Add Drafting** нажмите кнопку **OK**.

Заливка созданного контура производится при помощи команды контекстного меню **Flood**, открыть которое можно правой кнопкой мыши. В результате выполненных дей-

ствий контур основной области смешанной области металлизации Split-типа будет заполнен заливкой (рис. 31). При двукратном увеличении хорошо видно, что внутренняя область отделена от основной зазором (рис. 32), а заливка областей выполнена разной штриховкой.

В PADS Layout не установлено ограничение на количество областей, которые можно создать в смешанной области металлизации. При необходимости их число может достигать нескольких десятков перепесекающихся по-



Рис. 31. Смешанная область металлизации Split-типа, разделенная на две области с разными напряжениями

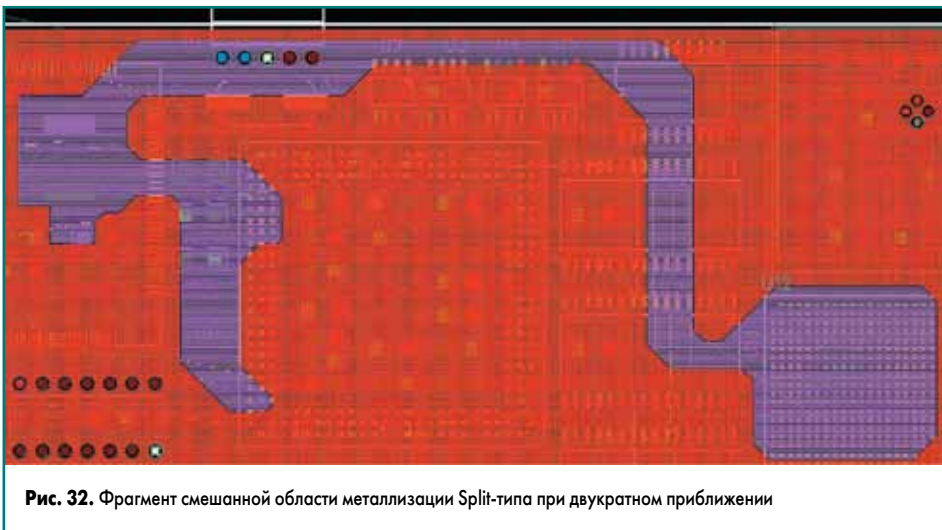


Рис. 32. Фрагмент смешанной области металлизации Split-типа при двукратном приближении

зитивных областей, которым назначены цепи питания разного напряжения. Сохранение проделанной работы выполняется при помощи команды основного меню File/Save редактора PADS Layout.

На металлизированных областях можно проводить трассировку. При этом между областью металлизации и проведенными внутри нее трассами создаются зазоры.

**Настройка параметров смешанной области металлизации**

Настройка параметров смешанной области металлизации выполняется в окне Options в поле Split/Mixed Plane (рис. 33). Для того чтобы открыть данный диалог, необходимо

в основном меню редактора PADS Layout выбрать команду Tools/Options, а затем в списке, который расположен в левой части открывшегося окна, выбрать пункт Routing/Split/Mixed Plane.

Рассмотрим этот диалог более подробно. В его верхней левой части расположено поле Save to PCB file, где, установив переключатель в одну из позиций, можно задать следующие настройки (они будут выполняться при сохранении проекта печатной платы):

- Plane polygon outlines — сохранение только контуров областей смешанной области металлизации;
- All plane data — сохранение всех заливок, зазоров и тепловых площадок.

В верхней правой части расположено поле Mixed plane display, в котором путем установки переключателя в одну из позиций можно задать способ отображения смешанной области металлизации:

- Plane polygon outlines — отображение только контуров областей смешанной области металлизации;
- Plane thermal indicators — отображение контуров областей смешанной области металлизации и подсветка тепловых площадок;
- Generated plane data — отображение всех сгенерированных данных смешанной области металлизации.

В полях Smoothing radius и Auto separate gap путем ввода с клавиатуры можно задать

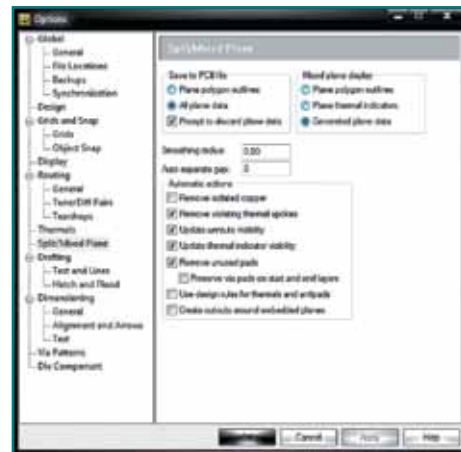


Рис. 33. Настройка параметров смешанных слоев металлизации в окне Options

значения радиуса сглаживания (0 — без скругления углов, 5 — максимальное скругление) и зазор между областями металлизации соответственно.

Поле Automatic actions содержит список чекбоксов, при помощи которых (посредством установки/снятия в них флажков) задают следующие установки (данные настройки будут впоследствии выполняться автоматически):

- Remove isolated copper — разрешение/запрет удаления островков областей металлизации;
- Remove violating thermal spokes — разрешение/запрет удаления подводов тепловых площадок, нарушающих правила зазоров;
- Update unroute visibility — после заливки смешанной области металлизации обновлять отображение связей;
- Update thermal indicator visibility — после заливки смешанной области металлизации обновлять отображение тепловых площадок;
- Remove unused pads — разрешение/запрет удаления неиспользуемых контактных площадок;
- Preserve via pads on start and end layers — оставить контактные площадки и переходные отверстия на верхнем и нижнем слое платы;
- Use design rules for thermals and antipads — использовать правила проекта для тепловых и антиплощадок;
- Create cutouts around embedded planes — создавать зазоры вокруг подключенных контактных площадок.

**Литература**

1. PADS ES Suite Evaluation Guide. Mentor Graphics Corporation, 2012.
2. Колесникова Т. Маршрут проектирования Mentor Graphics Expedition Enterprise 7.9.4 — создание областей металлизации // Технологии в электронной промышленности. 2014. № 1.
3. Колесникова Т. Проектирование принципиальных схем и печатных плат в программной среде Mentor Graphics PADS 9.5. Часть 3. Разработка стеков контактных площадок и переходных отверстий, проектирование контура печатной платы // Технологии в электронной промышленности. 2015. № 1.

ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ  
опытное и серийное производство,  
проектирование, монтаж

КОНТРАКТНАЯ РАЗРАБОТКА  
И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

ООО «Вектор-Технологии»  
114044, Санкт-Петербург  
Пулковский ул., д. 30  
www.vectech.spb.ru  
E-mail: vector@vectech.spb.ru  
(812) 525-28-07



# Видеть сегодня энергетические объекты будущего невозможно, **но технологии производства электроники для них — необходимо**

Возможности приборов и автоматических устройств, что будут использоваться в энергетике завтра, зависят от технологий их производства, которые необходимо внедрять сегодня. У нас уже есть решения для такого развития, разработанные в сотрудничестве с мировыми поставщиками новейшего оборудования и технологий. Эти решения позволяют найти оптимальный путь к успеху производства электрических и электротехнических приборов.



# Опыты с температурой переходных отверстий

**В статье приводятся результаты экспериментального подтверждения предположения, что температуру в переходных отверстиях определяет не токовая нагрузка и что температура связана с формой подводящих дорожек (проводников).**

**Дуглас Брукс  
(Douglas G. Brooks),  
Ph. D.**

**Перевод:  
Николай Павлов**

## Что, если не ток, влияет на температуру переходных отверстий?

В работе, опубликованной в октябре 2015 года Иоганом Адамом (Johannes Adam) и Дугласом Бруксом (Douglas G. Brooks), с помощью методов моделирования дана оценка температуры в переходном отверстии. Была подвергнута сомнению достаточно известная аксиома о том, что температура переходного отверстия зависит от протекающего через него тока. Как оказалось, температура зависит от трассы (проводника) подключения переходного отверстия. Объясняется это тем, что теплопроводность у проводника и переходного отверстия одинакова и, соответственно, все тепло, передаваемое проводником, концентрируется в «узком месте» — переходном отверстии. Таким образом, для соединения нагруженных широких проводников (с высокой токовой нагрузкой) достаточно переходных отверстий малых размеров для соединения с другим широким проводником.

Данная статья является экспериментальным подтверждением предложенной модели.

## Тестовая печатная плата

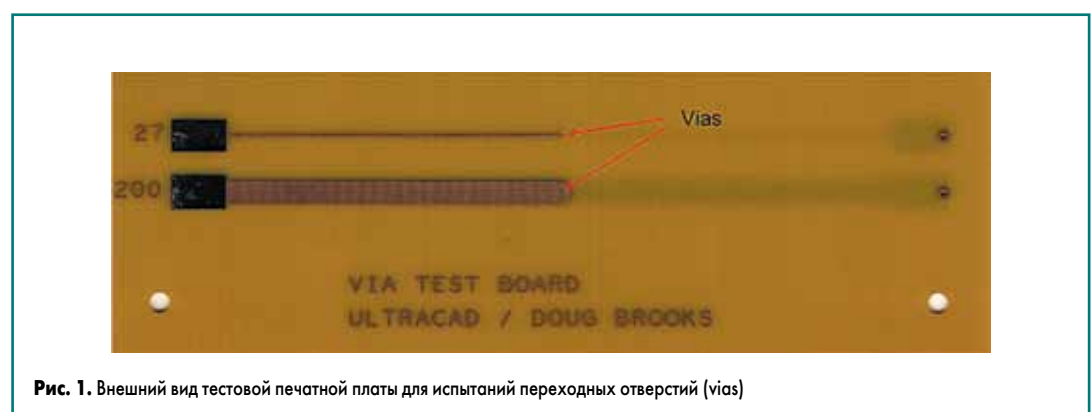
Внешний вид тестовой печатной платы приведен на рис. 1. Был использован стеклотекстолит FR-4 толщиной 1,5 мм (60 мил). Выполненная печатная плата включала как медную фольгу толщиной 18 мкм (0,5 унций), так и электролитически осаж-

денную медь толщиной 45 мкм (1 унция). Были вытравлены два проводника шириной 0,7 мм (27 мил) и 5 мм (200 мил). Каждый проводник имеет длину примерно 150 мм (6"), половина которой расположена на верхнем и нижнем слое соответственно. В каждом проводнике выполнено по одному переходному отверстию диаметром 0,254 мм (10 мил), полностью металлизированному и обеспечивающему надежную электрическую связь между слоями. На всех проводниках отверстия одинаковы. Печатная плата установлена на расстоянии 63,5 мм (2,5") над поверхностью стола и зафиксирована 4 винтами по углам. После тестирования плата была разрезана и сделан микрошлиф с целью определения фактических размеров для учета в модели.

Переходное отверстие диаметром 0,254 мм (10 мил) имеет примерно ту же площадь медной поверхности, что и проводник шириной 0,7 мм (27 мил). Именно поэтому для проведения эксперимента был изготовлен проводник такой ширины.

## Моделирование

Достаточно трудно смоделировать поведение описанного отверстия на печатной плате заданного размера из-за малой толщины стенок. При моделировании мы будем строить сетку из маленьких кубиков. Каждый отдельный куб считаем однородным. Таким образом, требуется решить набор уравнений для границ каждого куба. Размеры куба должны быть меньше минимальных размеров модели



**Рис. 1.** Внешний вид тестовой печатной платы для испытаний переходных отверстий (vias)

(то есть, по сути, меньше толщины стенки переходного отверстия). Чем меньше размер отдельного куба, тем больше кубов в модели в целом. Размеры матрицы определяются количеством кубов. Загрузка и время расчетов на ПК определяются размерами полученной матрицы. Моделирование структуры, представленной на рис. 1, займет очень много времени на современном персональном компьютере средней мощности, поэтому следует упростить модель. Это делается за счет уменьшения двух размеров (толщина проводников и их ширина не должны изменяться ни при каких условиях):

- сокращается длина проводника с 150 мм (6") до 89 мм (3,5");
- уменьшается общая ширина печатной платы.

На практике эти допуски должны привести к уменьшению охлаждения нагреваемых проводников. Это, в свою очередь, должно предположительно привести к повышению нагрева по сравнению с реальными образцами, особенно при увеличении токовой нагрузки.

Важным параметром в любой тепловой модели является коэффициент теплопроводности диэлектрика. Для получения достоверных данных образец был отослан для анализа в исследовательскую лабораторию канадской фирмы C-Therm. Результаты проведенных там исследований показали, что стеклотекстолит имеет следующий коэффициент теплопроводности (Вт/м·К):

- по поверхности 0,679;
- в объеме 0,512.

### Результаты моделирования

В таблице 1 представлены результаты моделирования, которые совпадают с итогами работы, опубликованными в октябре 2015 года. Для узкого проводника, соизмеримого с размерами переходного отверстия, переходное отверстие охлаждается лучше трассы, поскольку передача тепла от переходного отверстия в тело диэлектрика эффективнее, чем у проводника. Для более широкого проводника при большем значении тока тепло, выделяющееся в переходном отверстии, передается кондуктивно от переходного отверстия к проводнику, нагревая его больше, хотя и незначительно.

На рис. 2 и 3 представлено температурное моделирование проводников шириной 5 мм при токе 8,55 А и проводника шириной 0,7 мм при токе 6,65 А соответственно. Обратите внимание, что у переходного отверстия на 0,7-мм проводнике нагрев немного меньше. Наибольший нагрев у 5-мм проводника в районе переходного отверстия, но он всего лишь на 7,4% выше общего нагрева проводника.

Таблица 1. Результаты моделирования температуры переходных отверстий

Ширина проводника, мм (мил)	Ток, А	Температура проводника, °С	Температура переходного отверстия, °С	Соотношение температуры отверстия и температуры проводника
0,7 (27)	4,75	72,8	70,1	96,3
0,7 (27)	6,65	114,2	108,2	94,7
5 (200)	4,75	30,8	31,8	103,2
5 (200)	8,55	44,8	48,1	107,4

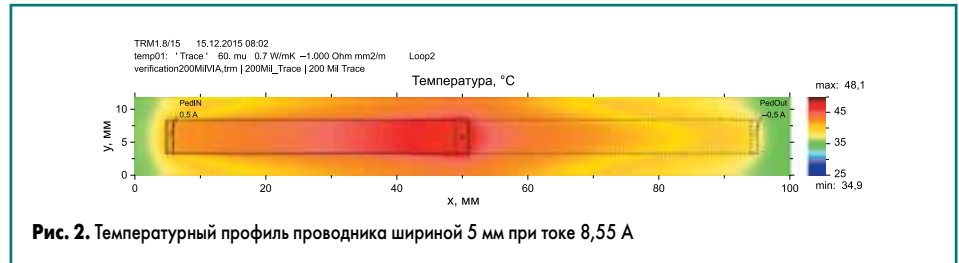


Рис. 2. Температурный профиль проводника шириной 5 мм при токе 8,55 А

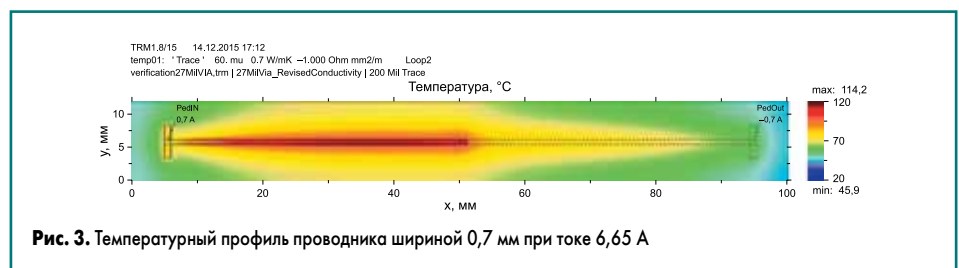


Рис. 3. Температурный профиль проводника шириной 0,7 мм при токе 6,65 А

### Экспериментальная часть

Эксперимент проводился на следующем оборудовании:

- генератор постоянного тока Dr. Meter DC Power Supply HY3010E;
- измеритель температуры Omega Instruments модели OM-EL-USB-TC-LCD с термопарой типа К;
- портативный осциллограф Pico Technologies модели 2204A;
- цифровой амперметр TekPower модели TP9605BT (для проверки реальной токовой нагрузки).

Процедура проверки довольно проста: постоянный ток подается на проводник, вторым измерителем контролируется значение тока, при этом с помощью термопары с наконечником диаметром около 0,25 мм (30 гейдж) измеряется температура в течение 1 с. Термопара откалибрована по кубику льда и кипящей воде. Для того чтобы убедиться, что температура самих проводников не влияет на показания термопары, было проведено несколько тестов.

На каждый проводник ток подавался до стабилизации температуры (порядка 6 мин), затем температура измерялась и фиксировалась. После проведения всех измерений тестовая плата вновь подвергалась измерением всех геометрических размеров на установке

контроля для микроэлектронных изделий Prototron Circuits.

### Результаты эксперимента

По анализу результатов измерений, приведенных в таблице 2, можно сделать два важных вывода:

1. Проводник 0,7 мм при подаче тока 6,6 А нагревается до температуры +109 °С, при этом большее значение тока 8,55 А, подаваемого на более широкий проводник, приводит к значительно меньшему нагреву, только до +44,5 °С. Таким образом, именно форма проводника влияет на температуру переходного отверстия.
2. Данные моделирования почти совпадают с результатами натурного эксперимента. Это еще раз подтверждает тот факт, что моделирование позволяет спрогнозировать температуру сложной системы.

### Заключение

Результаты данной работы подтвердили высказанные ранее предположения, что температуру в переходных отверстиях определяет не токовая нагрузка, температура связана с формой подводящих дорожек (проводников). Если разводка сделана грамотно, то для обеспечения надежного перехода сигналов между слоями требуется меньшее количество переходных отверстий, нежели считалось ранее. Это предоставляет разработчикам дополнительные возможности при разводке электрических схем.

### Литература

1. [www.pcdandf.com/pcdesign/index.php/magazine/10604-thermal-modeling-1602](http://www.pcdandf.com/pcdesign/index.php/magazine/10604-thermal-modeling-1602)

Таблица 2. Результаты измерения температуры переходных отверстий

Ширина проводника, мм (мил)	Ток, А	Температура проводника, °С	Температура переходного отверстия, °С	Соотношение температуры отверстия и температуры проводника
0,7 (27)	4,75	66	64,5	97,7
0,7 (27)	6,65	114	109	95,6
5 (200)	4,75	30,5	31,5	103,3
5 (200)	8,55	40,5	44,5	109,9

## IV Международная конференция «Новейшие технологии контроля»

6–7 апреля 2016 года подразделение компании «Остек-СМТ», которое занимается технологиями контроля, проведет IV Международную конференцию «Новейшие технологии контроля» — НТК. Это ежегодное мероприятие нового масштаба, посвященное главным достижениям и тенденциям в данной сфере.

Все более жесткие требования, предъявляемые к качеству в приборостроении, машиностроении, на металлообрабатывающих производствах, еще более сложные задачи исследований в геологии и материаловедении бросают вызов традиционным методам контроля.

Отвечая современным тенденциям, ежегодная конференция «Остек-СМТ» вышла на новый уровень, предлагая к обсуждению не только вопросы рентгенокопии и компьютерной томографии, но и новые технологии, в том числе:

- Лазерное 3D-сканирование.
- Портативные беспроводные КИМ.
- Оптические автоматические системы для измерения геометрии валов.
- Многие другие.

Концепция конференции 2016 года позволит расширить круг участвующих в ней специалистов и экспертов, охватывая все больше областей науки и производства.

### Первый день

6 апреля в выставочном центре «ИнфоПространство» в Москве состоятся пленарная часть и заседания тематических секций, в рамках которых прозвучат доклады о новых задачах в области контроля качества, проблемах и результатах исследований по секциям:

- Материаловедение и металлообработка.
- Нефть, газ, геология.
- Электротехника, электроника и микроэлектроника.



### Второй день

Практическая часть конференции пройдет 7 апреля на территории Центра технологий контроля «Остек-СМТ» во Владимире. Новое оборудование, новые знания, новые мастер-классы, новые возможности для исследования собственных образцов ждут участников предстоящего мероприятия.

Конференция НТК вновь станет источником эксклюзивной информации о новейших технологиях контроля и площадкой для обмена опытом между специалистами отечественных предприятий, научными сотрудниками крупнейших вузов страны и представителями ведущих мировых производителей контрольно-измерительного оборудования.

Подробнее о мероприятии можно узнать на сайте [www.ostec-group.ru](http://www.ostec-group.ru).

[www.jtaglive.ru](http://www.jtaglive.ru)

JTAG Live®

Пугают цены  
на системы периферийного  
сканирования?



- Buzz
- BuzzPlus
- AutoBuzz
- Clip
- Script
- Плееры JAM/STAPL/SVF
- JTAG Live Controller

Представительство JTAG Technologies в России  
Телефон: (812) 313-9159, e-mail: [russia@jtag.com](mailto:russia@jtag.com)

Эксклюзивный дистрибьютор: ООО Предприятие Остек  
Телефон: (495) 788-4444, e-mail: [info@ostec-group.ru](mailto:info@ostec-group.ru)



# Фотолитография

## В технологии изготовления плат силовых модулей специального назначения

**В статье представлен обзор технологий формирования медных проводников плат на теплоотводящем керамическом основании. Описан способ послойного нанесения сухого пленочного фоторезиста при создании квазимонолитного толстого слоя фоторезиста с целью получения методами контактной фотолитографии глубокого рельефа для гальванического осаждения меди. Приведены экспериментально подтвержденные результаты моделирования процесса экспонирования толстых слоев пленочного фоторезиста для полуаддитивной технологии производства плат силовых модулей.**

Юлия Боброва

utd-utd@yandex.ru

Михаил Андроник  
Василий Щербаков  
Игорь Китаев

### Введение

Основание из нитрида алюминия (далее — AlN) в совокупности с толстой медной коммутацией (толщиной более 50 мкм) является на момент написания данной статьи наиболее удачным решением, обеспечивающим оптимальный тепловой режим при функционировании силовых модулей. Увеличение площади сечения проводников приводит к снижению их теплового сопротивления, а теплоотводящее основание позволяет распределить и отвести (например, на корпус) тепло от высокоомощных радиоэлектронных элементов. Это препятствует возникновению локального перегрева компонентов силовых плат и способствует повышению стабильности и безотказности работы аппаратуры в целом.

В 1970-е годы General Electric Company (США) запатентовала способ получения керамических подложек с металлизированной поверхностью: медная фольга без адгезионного подслоя напрямую напрессовывалась на керамику. В настоящее время технология получения керамических подложек, металлизированных прямым сращиванием меди с керамическим основанием, носит название DBC-технология (англ. Direct Bonded Copper). Медная фольга окисляется в зоне контакта с керамической подложкой и нагревается при приложении давления до состояния образования эвтектического сплава с подложкой. Сращивание медной фольги с AlN-керамикой, предварительно окисленной по поверхности, происходит по слою оксида  $Al_2O_3$  [1]. Толщина бескислородной медной фольги при этом составляет 0,127–0,508 мм, что при травлении проводников сопровождается боковым подтравом, соизмеримым с толщиной медной фольги.

Получить толстую фольгу на поверхности теплоотводящей керамики позволяют АМВ-технология (англ. Active Metal Braze) и ДИМЕТ-технология

(ДИнамическая МЕТаллизация) [1]. Однако материалы, полученные с помощью этих технологий, предполагают формирование проводниковых структур жидкостным травлением, что также приводит к существенному боковому подтраву и ограничению на получаемый минимальный зазор и геометрию сечения проводника.

В ходе совместной работы кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, АО «Концерн «Вега» и ОАО «МРТИ РАН» для получения плат источников питания с проводниками толщиной 100 мкм применялась полуаддитивная технология, позволяющая избежать недостатков, присущих керамическим теплоотводящим основаниям, металлизированным толстой медью по всей поверхности.

Вместо фольгированного стеклотекстолита (как это принято в технологии печатных плат) используется AlN с медью толщиной 0,5–1,5 мкм, напыленной на адгезионный подслоя хрома. После чего в слое фоторезиста толщиной на 10–20 мкм больше итоговой толщины медных проводниковых структур формируется рельеф с полостями, повторяющими



**Рис. 1.** Опытный образец платы источника тока, где толщина медных структур на AlN-основании составляет  $(100 \pm 5)$  мкм, минимальный зазор — 200 мкм



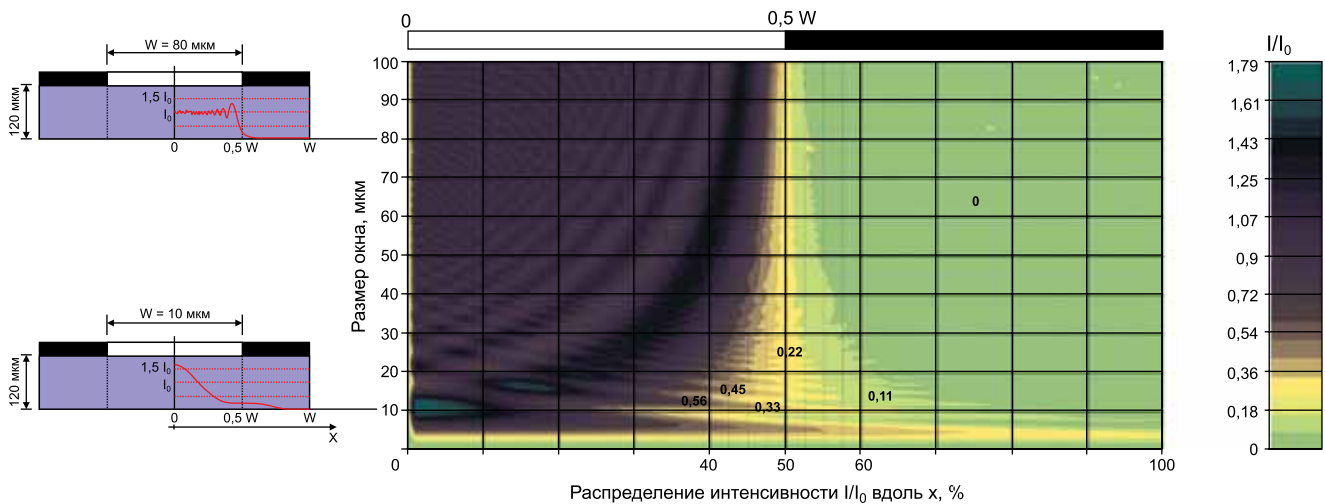


Рис. 7. Контактное экспонирование СПФ. Распределение интенсивности излучения по толщине фоторезиста (120 мкм) вдоль ширины окон различных размеров (w)

### Формирование толстого слоя пленочного фоторезиста

В России фоторезист Ordyl Alpha серии 300 используется производителями печатных плат на протяжении многих лет. В данной серии толщина резиста варьируется от 35 до 75 мкм. Ordyl Alpha 340 и 350 (толщина 40 и 50 мкм соответственно) имеет наибольший спрос, так как применим и для кислого травления, и для гальванических процессов в сернокислых электролитах меди. Для получения более толстого слоя фоторезиста (толщины, кратной начальной) предлагается послойное нанесение фоторезиста.

### Нанесение фоторезиста

Процесс послойного ламинирования не слишком отличается от традиционного ламинирования заготовок одним слоем фоторезиста с той лишь разницей, что перед нанесением каждого следующего слоя с предыдущего снимается защитная пленка. После снятия пленки ламинирование должно осуществляться максимально быстро с целью предотвращения взаимодействия кислорода воздуха с фоторезистом. Защитная пленка с последнего слоя СПФ не снимается. В результате такого нанесения получают дискретные значения толщины пленки фоторезиста.

Эксперименты проводились с фоторезистом Ordyl Alpha 340. При нанесении трех слоев была получена толщина 110–115 мкм (с учетом усадки фоторезиста после термического задубливания). Послойно получаемое покрытие из фоторезиста Ordyl Alpha 340 показало хорошую межслойную адгезию. Созданный толстый слой фоторезиста на протяжении всех технологических операций проявлял свойства сплошного слоя.

### Экспонирование

При рассмотрении факторов, влияющих на получаемый в фоторезисте рельеф, можно выделить наиболее значимые: рассеивание

лучей, явление дифракции и свойства фоторезиста. Доза экспонирования должна быть такой, чтобы обеспечить хорошую адгезию толстого слоя фоторезиста с поверхностью подложки, но не переэкспонировать, получая существенные отклонения размеров (уменьшение зазоров). Переэкспонирование усиливает влияние дифракции, рассеивание лучей и отражение от подложки. Отклонения излучаемого пучка при контактной фотолитографии не превышают  $0,5^\circ$ , что не существенно при экспонировании таких толщин.

Был проведен расчет дифракции вглубь фоторезиста, который показал малое влияние дифракции на засвечивание фоторезиста за границами окна (прозрачной области) в фототаблоне (рис. 7). Для ширины окна 80 мкм подсвечивание составляет 22% от номинальной интенсивности излучения на расстоянии меньше чем 2 мкм за пределами окна в фототаблоне. Для окон меньше 80 мкм данная величина постепенно повышается.

Был промоделирован процесс поглощения излучения по толщине фоторезиста. Данное явление описано законом Бугера — Ламберта — Бера:

$$I = I_0 e^{-\alpha h},$$

где  $h$  — толщина, в которой изменяется интенсивность;  $I_0$  — изначальная интенсивность;  $\alpha$  — показатель поглощения, определяющий расстояние  $h$ , которое проходит луч через фоторезист и при котором интенсивность активного излучения  $I_0$  уменьшается в  $e$  раз.

Было предположено, что для пленочных фоторезистов Ordyl Alpha различных серий показатели поглощения  $\alpha$  не сильно отличаются друг от друга. С помощью данных из технической документации [5] было получено значение  $\alpha = 23,6 \text{ см}^{-1}$ .

Проведен эксперимент по определению минимального времени экспонирования — времени при проявлении, после которого только появляется сцепление фоторезиста с поверхностью подложки. Оно соответствует дозе излучения, попадающего на нижний слой

фоторезиста (место контакта с подложкой). Так как поглощение света зависит от толщины фоторезиста, то для разных толщин разные интенсивности излучения создадут минимальную дозу, необходимую для полимеризации фоторезиста и его последующей адгезии в зоне контакта с подложкой.

В ходе эксперимента экспонирование проводилось на установке экспонирования заготовок печатных плат AZ 210, Mega Electronics. Было получено минимальное время экспонирования, при котором фоторезист после полимеризации остается на подложке: 8, 10, 12 с для 40, 120 и 160 мкм соответственно.

При толщине фоторезиста, равной 40 мкм, пропускается 91% излучения, при 120 мкм — 75%, а при 160 мкм — 68% (таблица).

Таблица. Данные по экспонированию 1, 3 и 4 слоев фоторезиста

Кол-во слоев СПФ	$I/I_0, \%$	Коэффициент увеличения дозы	Ожидаемое минимальное время, с	Экспериментально подтвержденное минимальное время, с
1	91%	1	—	8
3	75%	1,21	9,68	10
4	68%	1,33	10,64	12

Данный эксперимент доказывает малое влияние показателя поглощения на дозу экспонирования. Для формирования защитного рельефа, стойкого к технологическим воздействиям последующих процессов, доза экспонирования должна обеспечить оптимальную сшивку олигомера и поверхности подложки. Такая доза нужна для прохождения реакции с участием фотоинициатора.

Результаты эксперимента указывают на то, что в интервале толщин фоторезиста от 40 до 120 мкм линейная аппроксимация дозы будет правильной. Выявлено, что для получения рельефа в фоторезисте 120 мкм рекомендуемое время экспонирования на установках типа AZ 210 (мощность ламп 2,5–3,5 мВт/см<sup>2</sup>) составляет 30 с.

**Проявление**

Время проявления обычно линейная функция от толщины [3]. Для полного проявления рисунка время погружной обработки в 0,8–1,2%-ном водном растворе  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  составило 11 мин для 120 мкм и 2 мин при 40 мкм.

**Заключение**

В ходе исследования доказана возможность применения послойного нанесения сухого пленочного фоторезиста с целью получения квазимонолитного толстого слоя фоторезиста для получения методами контактной фотолитографии глубокого рельефа для гальва-

нического формирования толстых медных проводников.

Платы силовых модулей на теплоотводящем керамическом основании, изготавливаемые по полуаддитивной технологии, отвечают требованиям микроминиатюризации, поскольку могут быть выполнены согласно нормам проводник/зазор 80/80 мкм, что недостижимо при применении субтрактивной технологии. ■

**Литература**

1. Непочатов Ю. и др. Разработка технологии изготовления металлизированных подложек для изделий силовой электроники // Современная электроника. 2010. № 9.

2. Dry Film Photoresist. Technical Process Guide. Troubleshooting Guide // Cookson Electronics, 2002. [www.inter-conti.cz/pdf/enthone/Photec%20Technical%20Process%20Guide.pdf](http://www.inter-conti.cz/pdf/enthone/Photec%20Technical%20Process%20Guide.pdf)
3. Моро У. Микролитография: В 2-х частях. Ч. 1: Пер. с англ. М.: Мир, 1990.
4. Новые материалы / Под науч. ред. Ю. С. Карабасова. М.: Мисис, 2002.
5. Ordyl dry film Alpha 900. Elga Europe, 2003. [www.cmi.epfl.ch/packaging/files/Laminators/ORDYL.pdf](http://www.cmi.epfl.ch/packaging/files/Laminators/ORDYL.pdf)
6. Боброва Ю., Андроник М., Щербаков В., Китаев И. Фотолитография в технологии изготовления плат силовых модулей специального назначения // Нанотехнологии. 2015. № 9, с. 8–13.

## Altium Limited объявляет о начале сотрудничества с Национальным исследовательским университетом «МИЭТ»

Компания Altium Limited объявила о начале сотрудничества с Национальным исследовательским университетом «МИЭТ» в области подготовки специалистов высоких наукоемких технологий.

Первым этапом сотрудничества стало проведение семинара, посвященного эффективному использованию САПР для проектирования радиоэлектронных узлов и печатных плат. Цель мероприятия — познакомить участников с новыми разработками в области проектирования, в частности с решением Altium Designer 16, а также передовыми технологиями систем управления данными

Altium Vault. Мероприятие, прошедшее в здании МИЭТ в Зеленограде, собрало более 90 профессиональных участников из разных городов России.

В рамках сотрудничества Altium предоставит профильному учебному заведению свои передовые разработки — специализированное программное обеспечение для проектирования электронных устройств Altium Designer. Кроме того, компания намерена оказывать содействие вузу в подготовке методологии изучения своей системы автоматизированного проектирования (САПР).

[www.altium.com](http://www.altium.com)



### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА И РЕМОНТА ПЛАТ

- Цифровые паяльные станции
- Дозаторы паяльной пасты
- Модульный установщик SMD компонентов
- Камерная печь для оплавления по термопрофилю
- Термостолы для подогрева плат
- Видеоустановщик для BGA
- Инфракрасная система пайки BGA
- Вакуумные пинцеты



НТФ «ТЕХНО-АЛЬЯНС ЭЛЕКТРОНИКС»

115516, Москва, ул. Промышленная, д. 11  
 ta@termopro.ru

+7 (495) 231-37-21  
 +7 (499) 782-95-26  
 www.TERMOPRO.ru

### ЕСЛИ БЫ ВСЕ ПЛАТЫ ПАЯЛИ НА TERMOPRO, ТО ОНИ БЫ НЕ ЛОМАЛИСЬ!

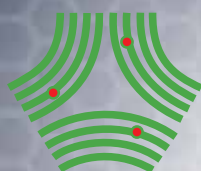


СДЕЛАНО В РОССИИ



# ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ОСНОВАНИЕМ • ОДНОСТОРОННИЕ • ДВУХСТОРОННИЕ • МНОГОСЛОЙНЫЕ (ДО 40 СЛОЕВ) • ГИБКИЕ • ЖЕСТО-ГИБКИЕ • ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ



# НЭК

## НОВОСИБИРСКАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПАНИЯ

### ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА

- Продукция соответствует стандартам качества IPC
- Полная ответственность за работоспособность печатной платы
- 100% электроконтроль
- работаем только с проверенными поставщиками

### ЦЕНА

- Самые конкурентоспособные цены
- Гибкое ценообразование в зависимости от объемов, скорости и сложности
- Товарный кредит и скидки постоянным клиентам

### СКОРОСТЬ

- Оперативное производство в КНР и РФ
- Серийный заказ – от 14 дней
- Срочный заказ – от 3 дней
- Доставка до дверей офиса

#### Москва

Кутузовский пр-т, 36  
Тел.: +7 (499) 249-79-36  
e-mail: mos@nec-nsk.ru

[www.nec-nsk.ru](http://www.nec-nsk.ru)

#### Новосибирск

Ул.Окружная, 29В  
Тел.: +7(383) 274-47-70  
+7 (383) 274-47-80  
e-mail: order@nec-nsk.ru  
pcb@nec-nsk.ru

# Циклическая вольтамперометрия — эффективный метод контроля добавок в электролите гальваномеднения

**Создание конструкций многослойных печатных плат с высокой плотностью межсоединений, в которых использованы сквозные, скрытые или глухие отверстия, делает гальваномеднение ключевым процессом в технологии изготовления ПП. Металлизация плат с высоким соотношением толщины к диаметру (15:1 и выше), заполнение глухих отверстий потребовали специальных приемов в конструкции гальванических ванн, составах электролитов меднения и условиях электролиза.**

**Валентин Терешкин  
Лилия Григорьева  
Дмитрий Колесниченко  
Полина Осокина**

В процессе гальваномеднения фактически формируются конструктивные элементы, проводники в металлизированных отверстиях, определяющие эксплуатационные свойства печатных плат: устойчивость к термоудару, циклическому изменению температур, перепайкам, ремонтпригодность. Вот почему поддержание состава электролита, в частности концентрации добавок, анализу которых посвящена настоящая статья, становится необходимым условием обеспечения качественной металлизации печатных плат.

Для осуществления процесса электролитического меднения печатных плат используются серноокислые электролиты. В статье речь пойдет о серноокислых электролитах в широком диапазоне концентраций: медь серноокислая 60–220 г/л, кислота серная 60–220 г/л, натрий хлористый 40–80 мг/л.

На качество осаждаемого медного покрытия и равномерность его распределения по площади ПП влияют следующие параметры:

- состав электролита;
- плотность тока;
- температура раствора;
- гидродинамические параметры;
- рассеивающая способность электролита.

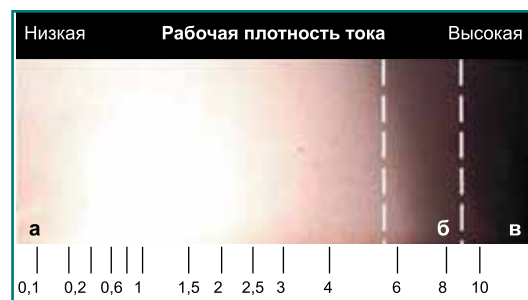
Стандартным анализом на добавки является анализ на ячейке Хулла. Катод в ней расположен под углом к аноду, с целью моделирования процесса электроосаждения металла в различном диапазоне плотностей тока. После электроосаждения на образце можно условно выделить три зоны, отличающиеся по структуре и виду покрытия (рис. 1).

Анализ на ячейке Хулла — это результат интегрального воздействия всех составляющих электролита, позволяющий определить дефекты раствора. Данный метод является косвенным, с его помощью можно получить только примерные визуальные данные о составе и наличии органических добавок в электролите.

Дальнейшее развитие методов электрохимического анализа обеспечило появление цикловольтамперометрического анализа (ЦВА) — количественного метода определения концентрации органических добавок в электролите. ЦВА основан на получении и обработке вольт-амперных зависимостей межфазной границы «поляризующийся электрод — раствор электролита».

Ток, протекающий через ячейку, — это количественная характеристика процесса. На основании закона Фарадея можно оценить массу металла, нанесенного за время катодного цикла при электроосаждении.

Потенциал является качественной характеристикой. Зная потенциал электрода, можно судить



**Рис. 1.** Вид пластинки, полученной при анализе на ячейке Хулла:

- а) блестящая (полублестящая) зона — влияние структурообразующих (блескообразующих) добавок;  
б) зона матовости — влияние подавляющих добавок;  
в) подгар — влияние концентрации меди в электролите (диффузионное ограничение по ионам меди)

о протекании реакций, которые происходят на электроде. Четкое непосредственное воздействие на потенциал затруднительно. В основном изменить или поддерживать его значение можно, только воздействуя на такие факторы, как плотность тока, температура, конфигурация ячейки, материал электрода и состав электролита.

Зависимость силы тока микроэлектрода, погруженного в электролитическую ячейку, от потенциала изучают с помощью вольт-амперометрического анализа.

В режиме линейной развертки потенциала, при длительном времени осаждения металла на исследуемый электрод, возникают проблемы с получением и поддержанием воспроизводимой поверхности электрода, поскольку в приэлектродном слое возникают изменения. Кроме того, могут происходить побочные процессы, в частности окисление на аноде кислорода или восстановление водорода на катоде.

В ЦВА на рабочий электрод накладываются потенциал, изменяющийся во времени по линейному закону в пределах выбранных значений, при которых на электроде не происходит побочных процессов. Регистрируется зависимость тока, протекающего на рабочем электроде, от линейно изменяющегося потенциала. Выходным сигналом является вольт-амперная кривая.

Типичная циклическая вольт-амперная кривая в гальваническом электролите меди представлена на рис. 2.

Потенциостат создает развертку, при которой потенциал достигает наиболее отрицательных значений: на платиновом электроде осаждается медь. Далее развертка меняет свое направление, при более положительных потенциалах на вольтамперограмме появляется пик анодного тока, соответствующий электрохимическому растворению осажденной ранее меди. Площадь под пиком растворения на вольтамперограмме соответствует массе осадка, осажденного в катодном цикле, и пропорциональна средней скорости осаждения металла [1].

Во время работы электролита концентрация добавок меняется в ходе их окисления, восстановления, включения в осадок, потерь с уносом. Изменение их концентрации приво-

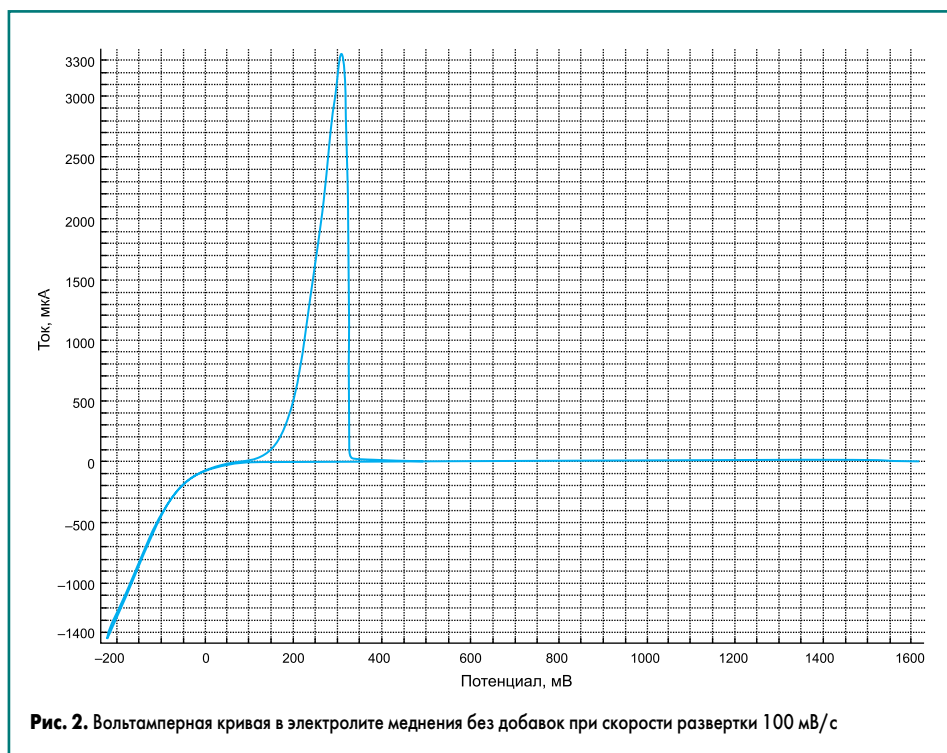


Рис. 2. Вольтамперная кривая в электролите меди без добавок при скорости развертки 100 мВ/с

дит к изменению качества покрытия и свойств осадка. Поэтому важно знать концентрацию добавок в проработавшем электролите.

Основная область применения ЦВА-анализа ЭЛМА — определение органических добавок в гальванических ваннах меди.

По типу действия добавки можно разделить на подавители, блескообразователи и выравниватели.

Подавитель адсорбируется на катоде в течение электролиза, образуя тонкий слой, который становится барьером для диффузии ионов  $\text{Cu}^{2+}$  к поверхности и, таким образом, снижает скорость осаждения меди.

Блескообразователь — обычно серосодержащее соединение. В процессе электролиза оно присоединяется к ионам меди и облегчает перенос заряда к электроду, тем самым повышает скорость осаждения меди [2]. Блескообразователь добавляется в малых концентрациях, обеспечивая максимально приближенную к равновесной кристаллизацию медного покрытия.

Выравниватель адсорбируется поверхностью при высоких плотностях тока. Это понижает скорость электроосаждения, тем самым выравнивая покрытие на микроуровне.

Количественное определение добавки производится аналитическим путем через ее воздействие на осаждение основного компонента гальванической ванны.

Органические добавки влияют на скорость осаждения металла [3]: если добавка ингибирует катодный процесс (подавитель), то площадь пика снижается (рис. 3), если ускоряет (блескообразователь) — площадь пика растет (рис. 4).

Для количественного определения многокомпонентной добавки в электролитах «Платамет 600» предлагается методика ЦВА-анализа.

Анализ производится на отечественном оборудовании. Комплекс оборудования ЭЛМА-ЦВА (рис. 5) включает потенциостат-гальваностат, установку для вращения дискового электрода (позволяет работать в воспроизводимом приэлектродном слое), трехэлектрод-

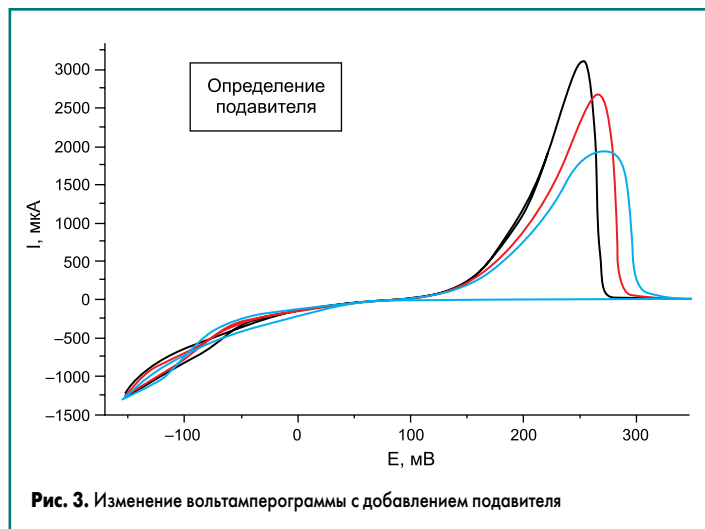


Рис. 3. Изменение вольтамперограммы с добавлением подавителя

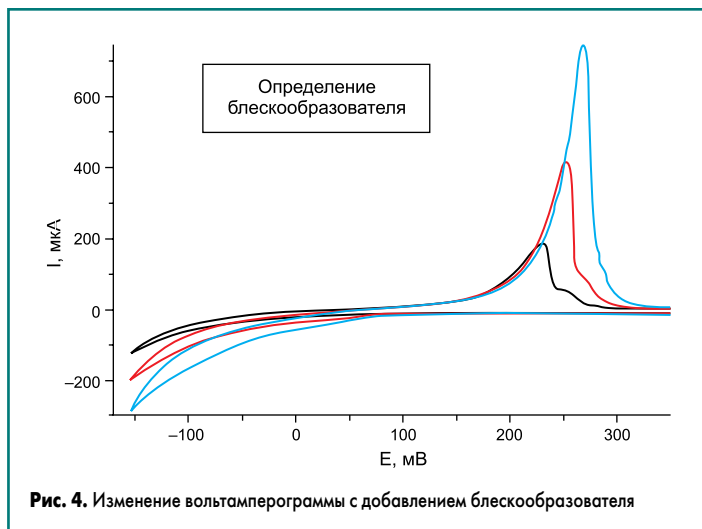


Рис. 4. Изменение вольтамперограммы с добавлением блескообразователя



Рис. 5. Оборудование для ЦВА-анализа

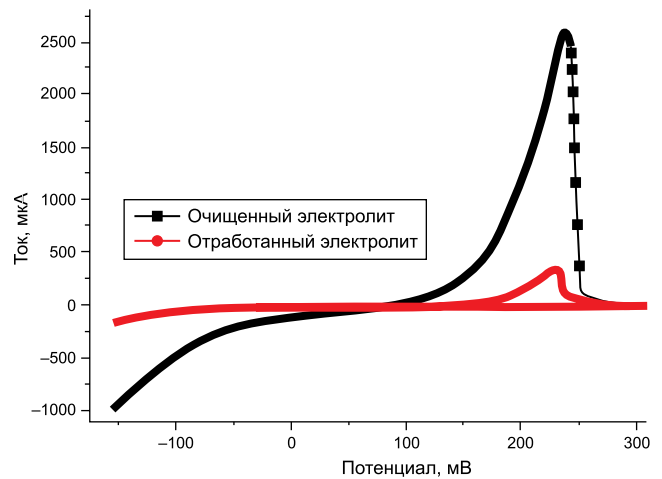


Рис. 8. Поляризационные кривые отработанного электролита и очищенного угольной тканью АУСФ 5 г/л в течение 4 ч

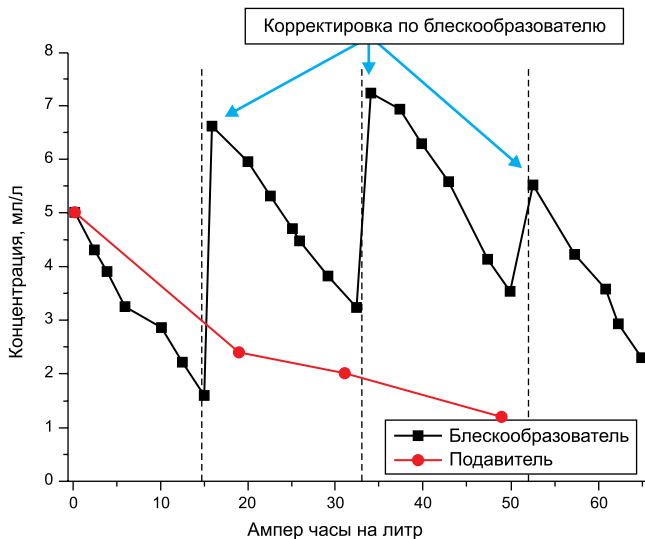


Рис. 6. График расхода добавок в электролите «Платамет 605»

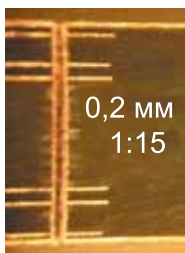


Рис. 7. Микрошлиф металлизированного отверстия МПП

образователь расходуется в несколько раз быстрее, чем подавитель.

Для металлизации прецизионных печатных плат применяется электролит «Платамет 605» (ТУ 2620-105-20809146-2008). Особенность данного электролита заключается в применении отдельных добавок. При приготовлении электролита используется стартовая добавка «Платамет 624 А» (ТУ 2480-132-20809146-2013). А корректировка ванны выполняется по результатам ЦВА-анализа блескообразующей добавкой 624 Б (ТУ 2480-133-20809146-2013) и добавкой-подавителем 624 В (ТУ 2480-134-20809146-2013).

Проведение отдельной корректировки позволило достичь высоких результатов как по пластичности медных осадков, так и по рассеивающей способности электролита. На рис. 7 приведена фотография микрошлифа металлизированного отверстия многослойной печатной платы на линии ЭЛГАМЕТ ГМ-ПОС. Использование данной добавки позволяет металлизировать отверстия с соотношением диаметра к толщине до 1:15.

ную ячейку с тремя электродами в комплекте: платиновым дисковым электродом, электродом сравнения, вспомогательным электродом. Также в комплекте поставки предусмотрено необходимое программное обеспечение.

Применение метода ЦВА позволяет определить расход добавок в процессе гальваномеднения «Платамет 600». На графике, приведенном на рис. 6 хорошо видно, что блеско-

В процессе эксплуатации электролита даже при использовании отдельной корректировки происходит разложение добавки и накопление продуктов разложения в растворе, что приводит к резкому ухудшению качества осадка и неравномерному распределению покрытия. Применяемый способ очистки с помощью активированного угля или угольной ткани АУСФ (ТУ 2160-025-20809146-2008) требует оценки степени очистки. Полноту очистки от загрязнений позволяет определить метод ЦВА.

В ходе анализа (рис. 8) сравнивают вид вольт-амперной кривой и высоту пика растворения рабочего электролита, подвергающегося очистке, со стандартным электролитом без добавок.

Как видно из приведенных кривых, на очищенном электролите площадь пика анодного растворения меди многократно больше аналогичного пика в отработанном электролите.

### Вывод

Таким образом, внедряя данную современную разработку отдельного анализа добавок методом ЦВА в технологический процесс, мы получаем возможность удовлетворять насущные потребности современного производства печатных плат, в том числе прецизионных многослойных печатных плат 5–7-го класса. Контролируя количественное содержание органических добавок в электролите с помощью ЭЛМА-ЦВА, мы не только осаждаем качественное покрытие на печатные платы, но и не позволяем электролиту загрязняться избытком добавки и оптимизируем расход химических материалов.

### Литература

1. Выдра Ф., Штулик К., Юлакова Э. Инверсионная вольтамперометрия. М.: Мир, 1980.
2. Healy J. P., Pletcher D., Goodenough M. J. J. Electroanal. Chem., 1992.
3. Kruglikov S. S., Kudriavtsev N. T., Vorobiova G. F., Antonov A. Y. Electrochim. Acta, 1965.



## Автоматизированная вертикальная установка Элтрахим™ для химической обработки HDI-печатных плат

Вертикальное расположение печатных плат, позволяет исключить «эффект лужи» и получить равномерную обработанную поверхность с двух сторон. Автоматизированный загрузчик обеспечивает обработку заготовок толщиной 0,1–3,5 мм без участия оператора.



### Возможность осуществления следующих операций технологического процесса:

- прецизионного травления (с использованием дополнительно регенератора меди Элтрамед),
- проявления фоторезиста,
- проявления защитной паяльной маски,
- снятия фоторезиста (оборудована дополнительным модулем фильтрации)
- травления металлорезиста,
- подготовки поверхности перед различными операциями техпроцесса изготовления прецизионных печатных плат.

## Инновации и проекты импортозамещения в радиоэлектронной отрасли получают господдержку

Постановления Правительства Российской Федерации от 17 февраля 2016 года № 109 и № 110 утверждают правила предоставления субсидий из федерального бюджета отечественным предприятиям, реализующим комплексные проекты в рамках государственной программы РФ «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы» (далее — Госпрограмма).

В связи с завершением реализации ФЦП ЭКБ подготовлена корректировка Госпрограммы, учитывающая специфику второго этапа развития радиоэлектронной промышленности. В основу проекта новой редакции Госпрограммы заложен принцип проектного подхода, при котором обязательным условием финансирования комплексного проекта со стороны государства является налаживание серийного выпуска продукции. Таким образом, объектом инвестирования государственных средств могут стать только технологические направления, выпускающие продукцию для конечного пользования. При этом производство электронной компонентной базы и материалов для конечной продукции также стимулируется за счет широкой кооперации в рамках реализации комплексных проектов. Накладываемые на головных исполнителей проекта обязательства по обеспечению выпуска и сбыта серийной продукции в объеме, закрепленном договором на предоставление субсидии, стимулируют организации к развитию внутренней и внешней кооперации, выстраиванию технологических цепочек и отбору наиболее конкурентоспособных субподрядчиков для производства необходимых электронных компонентов и материалов.

Таким образом, субсидирование является наилучшим инструментом государственной поддержки для достижения вышеобозначенных целей и задач развития радиоэлектронной промышленности в рамках Госпрограммы.

Субсидия, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации № 109, направлена на возмещение затрат на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по формированию совокупности новых результатов интеллектуальной деятельности в сфере науки и техники, критических и прорывных технологий, освоение и реализация которых способствуют организации серийного выпуска радиоэлектронной аппаратуры, комплексов и систем по соответствующим подпрограммам Госпрограммы.

Субсидия, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации № 110, направлена на компенсацию части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным на создание, расширение и модернизацию технологической и производственной базы в рамках реализации комплексного проекта по подпрограммам Госпрограммы. Ключевой особенностью данного вида поддержки организаций является то, что организация — головной исполнитель обязуется обеспечить серийный выпуск конечной продукции в обозначенных в договоре объемах. Таким образом, развитие инфраструктуры отрасли осуществляется в привязке к реализации государственной политики широкомасштабного импортозамещения.

[www.minpromtorg.gov.ru](http://www.minpromtorg.gov.ru)

**NDT**  
KAZAKHSTAN

27-29 апреля  
2016

Астана  
Выставочный Центр  
"КОРМЕ"

2-ая Казахстанская  
международная выставка  
«НЕРАЗРУШАЮЩИЙ  
КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ  
ДИАГНОСТИКА»

Организаторы:



Тел. : +7 (727) 2583434  
E-mail: [power@itex.kz](mailto:power@itex.kz)



Забронируйте стенд:  
[www.ndtexpo.kz](http://www.ndtexpo.kz)

# Увеличение надежности пайки в условиях повышения температур

**В последнее время производители автомобильной электронной аппаратуры часто сталкиваются с проблемой сохранения термомеханической надежности паяных соединений. В первую очередь из-за того, что увеличивается жесткость условий эксплуатации, ведь в современных транспортных средствах электронные модули управления располагаются буквально под капотом. К тому же наблюдается тенденция уменьшения размеров и веса устройств вкпе с требованиями автопроизводителей увеличить гарантийный срок службы. В статье рассмотрен процесс создания нового сплава для использования его в жестких условиях (повышение температуры, вибрации и т. п.), приведены результаты его проверки на смачиваемость, ползучесть и надежность соединения.**

**Перевод:  
Ольга Очур**

Главная особенность жестких условий эксплуатации состоит в том, что электронные устройства, находящиеся «под капотом» транспортных средств (в двигателях, коробках передач, силовых передачах, шасси), большую часть времени функционируют при повышенных температурах, нередко сопровождающихся высоким уровнем вибрации. У стандартных бессвинцовых сплавов на основе SAC (Sn-Ag-Cu) точка плавления выше, и при высоких рабочих температурах они сравнимы с использовавшимися ранее более прочными оловянно-свинцовыми сплавами, но имеют недостаточное для более жестких условий эксплуатации сопротивление ползучести.

## Свинцовые сплавы

Выбор бессвинцового сплава — вопрос, который уже долгое время обсуждается производителями электроники. Отрасль, выпускающая бытовую электронную технику, после вынужденного перехода на бессвинцовые сплавы накопила немало знаний и опыта. Это поддерживалось и многочисленными исследованиями по материаловедению, а также внесением необходимых улучшений в технологическое оборудование. Подавляющее большинство исследований и разработок по материалам для пайки сфокусировано в основном на совершенствовании характеристик и на получаемых экономических преимуществах.

Данные исследования и разработки, проводившиеся в целях повышения объемов производства и снижения затрат, стали результатом принятия директивы ЕС по ограничению применения опасных веществ RoHS. При выполнении таких исследований по бессвинцовым сплавам в автомобильной электронике было обнаружено, что рабочие температуры эксплуатации данных модулей значительно увеличились. Поэтому проблема повышения надежности сплавов при эксплуатации в жестких условиях, где не могут

использоваться «стандартные» сплавы на основе SAC, приобрела особую актуальность.

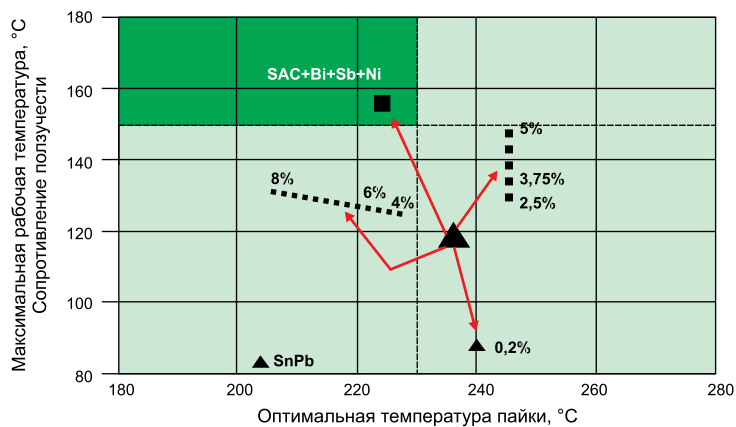
Необходима разработка новых сплавов, удовлетворяющих следующим условиям:

- 1) без содержания свинца;
- 2) экономическая целесообразность для массового производства;
- 3) возможность получения надежных соединений в условиях высоких температур и вибраций, имеющих качество лучше, чем у соединений с использованием сплавов на основе SAC.

Для этих целей в Германии была собрана рабочая группа, состоящая из представителей нескольких компаний-производителей и академических учреждений.

Для того чтобы в дальнейшем использовать эти сплавы в производстве автомобильной электроники, их создание должно отвечать определенным требованиям. Вот почему для нового сплава были сформулированы следующие технические условия, которым он должен удовлетворять:

1. Без содержания свинца: хотя жесткого требования по ограничению использования свинца в автомобильной электронике нет, было решено исключить свинец из сплавов, так как в будущем законодательство может измениться.
2. Рабочая температура +150 °С: это требование исключает применение не только легкоплавких оловянно-свинцовых сплавов, но и стандартных оловянно-серебряных, оловянно-медных и оловянно-серебряно-медных соединений.
3. Выдерживание 1000 циклов повышения и понижения температур (термоциклов) с перепадами от -55 до +150 °С, что говорит о возможности использования сплава в различных электрических компонентах без сбоев.
4. Сравнимая стоимость и токсичность: сплав должен иметь цену, сравнимую с уже существующим оловянно-серебряно-медным сплавом. Уровень токсичности также должен быть приемлемым и удов-



**Рис. 1.** Зависимость значений максимальной рабочей температуры и температуры пайки от добавления элементов в сплав

летворять соответствующим директивам (настоящим и возможным в будущем).

Разработка сплава была начата с анализа следующих стандартных сплавов:

1. Олово-серебро-медь (SAC): показывает лучший предел текучести и используется многими производителями, так как обеспечивает хорошую надежность соединения в различных областях применения. Данный сплав обычно содержит 3–4% серебра, при содержании 3,8% серебра и 0,7% меди образуется эвтектика.

2. Легкоплавкий сплав на основе олово-медь: имеет более дешевое сырье для изготовления, чем сплавы SAC. Обычный оловянно-медный сплав показывает меньший, чем у сплавов SAC, предел текучести, а также меньшую надежность.

Некоторые исследования показывают, что добавление в серебросодержащие сплавы интерметаллического соединения  $Ag_3Sn$  обеспечивает значительное улучшение прочности сплава, особенно в условиях тепловых циклов.

### Кандидаты в элементы для сплава

Разработка и создание сплава происходит в несколько этапов, и первый из них — оценка выбранного сплава и потенциального состава его основы с точки зрения принятых требований и ограничений. К моменту разработки нового сплава в большинстве существующих продуктов использовались сплавы на основе олово-свинец и олово-свинец-серебро. Но они не удовлетворяют двум первым условиям: сплав содержит свинец и рабочая температура меньше +150 °C. Сплав олово-серебро-медь имеет рабочую температуру +120 °C, рассчитанную с помощью метода Коффина — Мэнсона. Вычисления проводились по ожидаемому числу циклов до начала разрушения, в качестве основного металла был взят сплав олово-свинец, при этом максимальная рабочая температура составила +85 °C (такое значение максимальной температуры считается безопасным для этого сплава).

Далее задача состояла в том, чтобы найти способы изменить сплав SAC для применения в сборках печатных плат, при этом должны выполняться перечисленные выше условия.

Характеристики полученных новых сплавов необходимо проверить опытным путем. Основная цель вносимых в сплав изменений — увеличение сопротивления к ползучести, так как при повышенных температурах низкое сопротивление к ползучести ограничивает срок жизни паяного соединения. Для этого использовался известный метод, основанный на упрочнении твердого раствора или закалке сплава. В качестве добавки к базе олово-серебро-медь рассматривались следующие элементы:

1. Индий (In): может снизить кривую ликвидуса сплава, однако его стоимость не удовлетворяет условию (4), поэтому индий был отвергнут.
2. Никель (Ni): обеспечивает дисперсионное упрочнение с помощью образования интерметаллической фазы.
3. Висмут (Bi): обеспечивает упрочнение твердого раствора и снижает точку плавления систем на основе олова.
4. Сурьма (Sb): обеспечивает упрочнение твердого раствора, но увеличивает точку плавления систем на основе олова.

### Создание и оптимизация состава

После того как дополнительные элементы сплава определены, можно начать его создание, оптимизацию состава и проверку. Тестовый образец был сформирован так, чтобы оценить влияние элементов: висмута (Bi), сурьмы (Sb) или никеля (Ni), после добавления разных объемов каждого элемента в систему SAC387 (Sn-Ag3.8-Cu0.7). Результаты исследования вывелись на графике, на котором представлены минимальная температура пайки и максимальная рабочая температура, определение которой производилось с помощью сплава SnPb при температуре +85 °C. На рис. 1 область, выделенная зеленым цветом, представляет необходимые для исследуемого сплава величины температуры пайки и рабочей температуры. Влияние каждого элемента показано в таблице. Очевидно, что «целевая область», показанная на рис. 1, недостижима ни в одном из случаев добавления элемента. Все добавки увеличивают максимум безопасной рабочей

**Таблица.** Влияние температуры пайки и рабочей температуры

	Минимальная температура пайки, °C	Максимальная рабочая температура, °C
SAC387	+235	+115
+ 4Bi	+228	+128
+ 6Bi	+219	+130
+ 8Bi	+212	+132
+ 2,5Sb	+245	+130
+ 3,75Sb	+245	+135
+ 5Sb	+245	+150
+ 0,2Ni	+240	+140

температуры, и наибольший эффект наблюдается при добавлении сурьмы. Но сурьма и никель производят нежелательный эффект, выражающийся в повышении температуры перехода в жидкую фазу, то есть для пайки понадобится более высокая минимальная температура. В качестве противодействия в сплавы на основе олова можно добавить висмут, это уменьшит температуру перехода сплава в твердое состояние, что означает, что стадия смачивания начнется раньше. Данный эффект снижения температуры перехода в твердое состояние после добавления висмута уже применялся в других разработках, например для пайки волной недорогих термочувствительных ламинатов FR-2, используемых для бытовой электроники.

Затем необходимо подобрать оптимальную концентрацию трех добавленных элементов. Конечная композиция — сплав SAC387 с добавлением 3% висмута (Bi), 1,4% сурьмы (Sb) и 0,15% никеля (Ni). Данная комбинация выдерживает рабочие температуры  $\geq 150$  °C и имеет потенциальную минимальную температуру пайки +225 °C. Данный сплав получил название InnoLot.

### Характеристики ползучести

Далее необходимо исследовать характеристики созданного сплава. На рис. 2 и 3 показана скорость ползучести сплава в зависимости от температуры окружающей среды и при максимальной температуре +150 °C. Наблюдается увеличение устойчивости к ползучести сплава InnoLot, что хорошо влияет на надежность паяных соединений в условиях постоянных повышений и спадов температуры и вибраций. В более свежих исследованиях на ползучесть, проведенных в Оксфордском университете с использованием других методов определения твердости этого сплава, были получены такие же результаты.

### Смачиваемость

В дополнение к термомеханическим исследованиям необходимо, чтобы сплав мог использоваться в процессах сборки в крупных производствах с большим выходом годных, то есть необходимо провести контроль паяемости сплава.

Один из ключевых показателей — поведение сплава при смачиваемости по сравнению с основным сплавом SAC387. Добавление

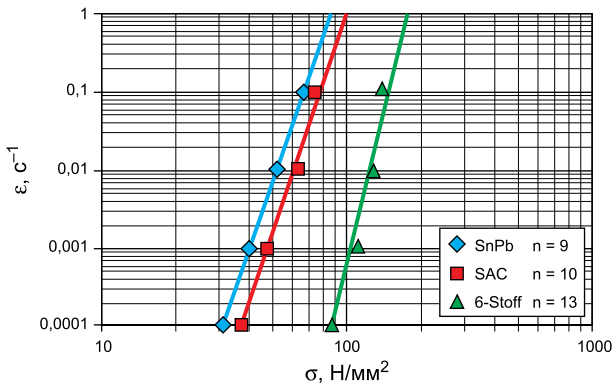


Рис. 2. Зависимость величины скорости ползучести сплавов от максимальной температуры

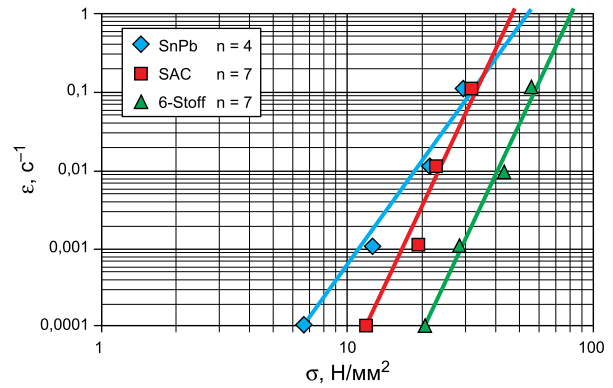


Рис. 3. Зависимость величины скорости ползучести сплавов от температуры окружающей среды

компонентов сплава, улучшающих термо-механические характеристики, но ухудшающих смачиваемость сплава, представляется шагом назад. Исследование поведения при смачиваемости включало различные условия: разные окружающие среды, температуры пайки сплава и финишные покрытия. Для оценки паяемости компонентов и проверки флюса использовался метод баланса смачивания. Если все остальные переменные для проверки оставить постоянными и изменять только характеристики сплава, можно получить относительную оценку влияния сплава на пайку. Проверка смачиваемости была проведена для двух сред (воздух и азот) с тремя значениями температуры пайки (+225, +235 и +260 °C) на тестере для контроля смачиваемости. Проводились измерения каждого контакта

при максимальной силе смачиваемости ( $F_{\text{max}}$ ) и времени до получения нулевой величины силы смачиваемости ( $T_{\text{zero}}$ ). Значение  $F_{\text{max}}$  соответствует варианту D, а  $T_{\text{zero}}$  соответствует варианту C (рис. 4). Основное требование смачиваемости для нового сплава — соответствие стандартному сплаву SAC. При проверке на смачиваемость использовалось несколько компонентов и финишных покрытий ПП, одним из ключевых показателей была возможность применения сплава с финишным покрытием медной основы органическим защитным слоем для обеспечения паяемости (Organic Solderability Preservative, OSP), это может быть проверено после проведения термического старения.

Результаты для поверхности, покрытой OSP, показаны на рис. 5. Необходимо отме-

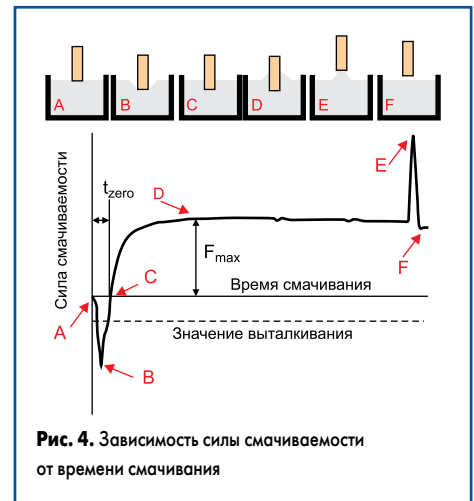


Рис. 4. Зависимость силы смачиваемости от времени смачивания

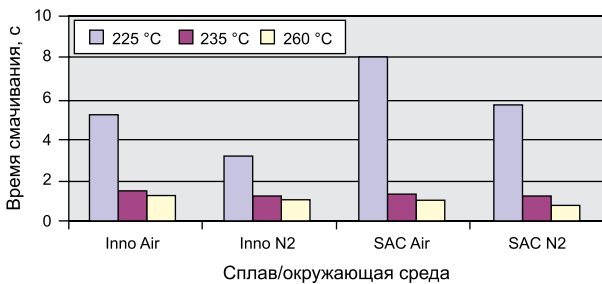


Рис. 5. Время смачивания в зависимости от используемых окружающих сред при температурах пайки, равных +225, +235 и +260 °C

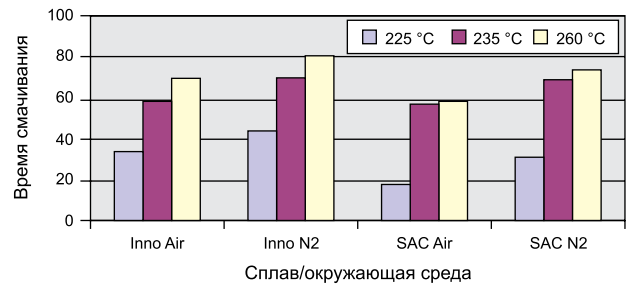


Рис. 6. Максимальная сила смачиваемости в зависимости от используемых окружающих сред при температурах пайки, равных +225, +235 и +260 °C

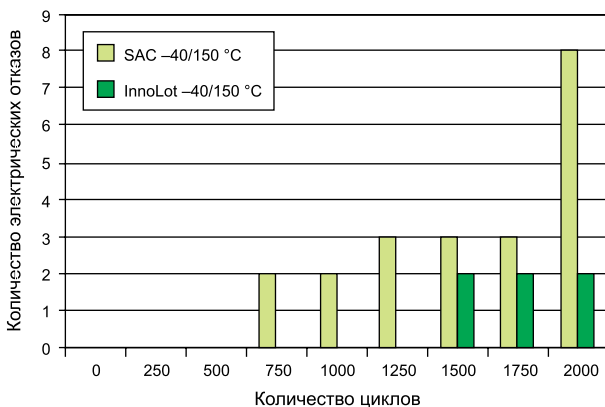


Рис. 7. Количество электрических отказов в зависимости от количества циклов

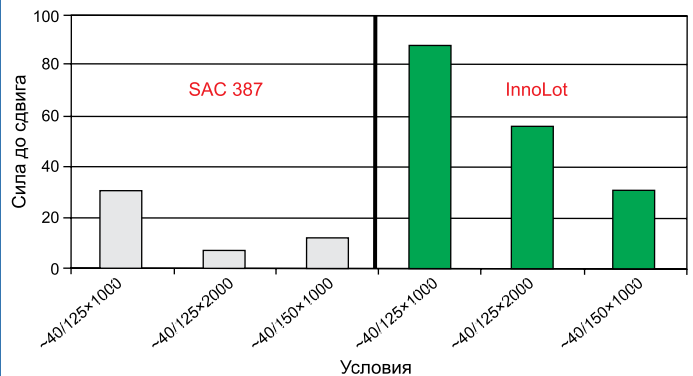
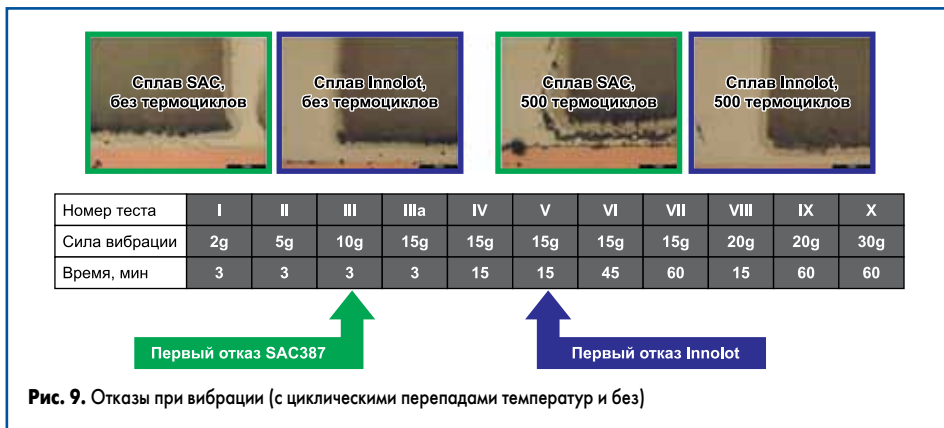


Рис. 8. Зависимость величины прикладываемой силы до сдвига в зависимости от количества термоциклов и величины перепада температур



Финальная проверка на надежность состояла в тестировании платы при циклических перепадах температур и вибрации. В этих условиях сплав SAC387 показал себя очень плохо. Во время вибрации без перепадов температур сплав SAC387 начал трескаться в месте соединения печатной платы и резистора. Со сплавом InnoLot такого не случилось. После того как к вибрации добавили перепады температур, сплав SAC387 начал разрушаться, а сплав InnoLot остался неповрежденным (рис. 9).

### Объемы производства

тить, что сплав InnoLot имеет большую скорость смачиваемости, чем сплав SAC387, при более низкой температуре пайки. Но при более высоких температурах скорости смачиваемости данных сплавов равны. Такие различия в свойствах могут быть нивелированы введением в сплав висмута (рис. 5).

На рис. 6 показана и сила смачиваемости. При проверке сплава в более низких температурах (+225 °C) сплав InnoLot показывает отчетливое уменьшение значения силы смачиваемости и времени по сравнению с базовым сплавом SAC387. При температуре +235 °C и выше значения практически не отличаются. Примечательно, что сплав лучше выдерживает уменьшение температуры по сравнению со сплавом SAC387 (рис. 7, 8).

### Проверка на надежность

После получения подтверждения того, что свойства и характеристики пайки сплава удовлетворяют критериям разработки, следующим этапом является проверка на механическую надежность. Снова сравним сплав InnoLot

с базовым сплавом SAC387. При тестировании сначала проводилось циклическое повышение и понижение температуры, использовались резисторы серий RC0402-RC2512, их состояние контролировалось с помощью приборов, количество отказов регистрировалось каждые 250 циклов, всего было проведено 2000 циклов. Результаты исследования представлены на рис. 9. Сплав SAC387 показал значительное количество отказов после 750 циклов, тогда как сплав InnoLot не имел отказов даже после 1500 циклов.

Следующим этапом проверки было тестирование на прочность при сдвиге, проводящееся на большой скорости при циклических перепадах температур (термоциклах). Тестирование показало (результаты приведены на рис. 9), что сплав InnoLot имеет такие же свойства после 1000 термоциклов (перепад температуры составляет от -40 до +150 °C), что и сплав SAC387 после 100 термоциклов (перепад температуры от -40 до +125 °C). После 1000 термоциклов с температурами от -40 до +125 °C разница в поведении сплавов стала еще значительнее.

В результате разработки сплава InnoLot консорциумом конечных пользователей, поставщиков и ученых было получено решение, которое может использоваться в электронном оборудовании, эксплуатирующемся в жестких, даже экстремальных условиях — например, при сильных вибрациях или высоких температурах, которые обычные бессвинцовые сплавы на основе SAC не выдерживают.

С момента его получения в 2004 году новый сплав был принят в работу некоторыми производителями транспортных средств, и таким образом перешел из области теоретических исследований в реальное производство. Интерес к сплаву InnoLot со стороны производителей до сих пор высок, поскольку они все чаще сталкиваются с проблемой того, что сплавы на основе SAC не выдерживают эксплуатацию устройств в экстремальных условиях. Конечно, в настоящее время большая часть компаний-изготовителей сфокусировала свое внимание на технологиях поверхностного монтажа, однако новый сплав незаменим в некоторых процессах селективной пайки.

## ООО «Остек-СМТ» и компания Storage Solutions объявляют о специальной акции

ООО «Остек-СМТ» и компания Storage Solutions объявляют об открывшейся возможности посетить ряд европейских производственных предприятий, оснащенных автоматизированными системами складского хранения, а также производство самой компании Storage Solutions, находящееся в Италии, в живописном месте рядом с городом Виченца в 70 км от Венеции.

Крупнейшие мировые производители электроники уже сделали выбор в пользу автоматизированных складов компании Storage Solutions, опираясь на безусловные достоинства их систем: минимальное время подготовки комплектации, наилучшее соотношение количества хранимых компонентов к занимаемой площади, весьма удобное и функциональное программное

обеспечение. К тому же возможности хранения и учета у Storage Solutions не ограничиваются традиционными катушками с лентой, а распространяются на компоненты в любой таре и даже в обрезках.

Данное предложение, а также целый ряд дополнительных выгод действуют при условии заключения до 21 апреля 2016 года контракта на поставку систем складского хранения. Подробности можно узнать у специалистов ООО «Остек-СМТ» по тел.: 8 (495) 788-44-44.

Подробнее с системами автоматизированного складского хранения можно ознакомиться на сайте [www.ostec-smt.ru](http://www.ostec-smt.ru)

## Ассоциация IPC открывает офис в Брюсселе

Международная промышленная ассоциация IPC (Association Connecting Electronics Industries) сообщает об официальном открытии нового офиса в Брюсселе (Бельгия). Офис будет предоставлять всем членам ассоциации в Европе полный набор продуктов и услуг IPC, включая поддержку членов

ассоциации, деятельность по разработке стандартов, возможности обучения и многое другое.

В ближайшие месяцы исполнительный директор Аlesh Шинковец (Aleš Šinkovec) и его сотрудники будут связываться с компаниями — членами ассоциации в Европе, чтобы поделиться новыми инициативами

и возможностями участия в деятельности и мероприятиях европейской направленности.

Офис IPC в Брюсселе расположен по адресу: Boulevard du Souverain 280, 1160 Brussels (Auderghem) Belgium; тел.: +32 (0) 2-740-22-35.

[www.IPC.org](http://www.IPC.org)

# REHM THERMAL SYSTEMS

Эксперт в области термического оборудования для SMD



THERMAL SYSTEMS



**RSS**  
Специальные разработки

**Protecto**  
Защитные покрытия

**RDS**  
Сушка | Отверждение

**Securo**  
Тестирование

**Condensox**  
Пайка в парогазовой фазе

**RFS | RDS**  
Solar - Солнечная энергетика

**VisionX**  
Конвекционная пайка



[www.rehm-group.com](http://www.rehm-group.com)

**БОЛЕЕ 25 ЛЕТ НАШЕГО ОПЫТА ДЛЯ ВАШЕГО ПРОИЗВОДСТВА!**

# ELECTROLUBE

THE SOLUTIONS PEOPLE

Комплексные технологические решения для Вашего производства!

Полиуретановые и эпоксидные смолы

Обеспечение тепловых режимов

Контактные смазки

Отмывочные жидкости

Защитные покрытия

Средства для ремонта и технического обслуживания



**PROTEX**

[www.protehnology.ru](http://www.protehnology.ru)

8-800-555-26-99

[info@protehnology.ru](mailto:info@protehnology.ru)

# Паяльное оборудование «Магистр»

**Мы уже рассказывали читателям о паяльной станции с ИК-нагревом, изготовленной компанией «Магистр». Теперь пришло время познакомиться с остальными представителями семейства паяльного оборудования, которое производит это предприятие. Диапазон выпускаемых изделий широк: от простых приспособлений и ручного инструмента, необходимых ремонтникам и радиомонтажникам, до устройств групповой пайки, позволяющих организовать мелкосерийное производство. Вся эта номенклатура делится на категории и линейки оборудования, которые будут рассмотрены в данной статье.**

**Игорь Хавторин**

8452473727@mail.ru

## Ручной паяльный инструмент

Изделия, относящиеся к категории ручного паяльного инструмента, предполагают последовательную пайку компонентов. В эту категорию входят различные паяльные станции — от самых простых, позволяющих подключить один паяльник, до более функциональных многоканальных моделей, к которым подключается несколько инструментов одновременно, сами паяльные инструменты различной мощности, а также разнообразные паяльные насадки к ним. Сюда же можно отнести «родственные» паяльникам устройства термозачистки. Из ручного паяльного инструмента предлагается несколько линеек оборудования — рассмотрим их подробнее.

Одноканальные паяльные станции «Ц20» построены на базе цифрового ПИД-регулятора, который поддерживает заданную пользователем температуру с точностью  $\pm 2$  °С. ПИД-регулятор — это выполняемая микроконтроллером блока управления программа, которая реализует алгоритм пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования.

Входными параметрами ПИД-алгоритма являются заданная температура и текущая температура инструмента, а результатом расчета — текущее значение мощности нагрева. Вид паяльной станции «Ц20» показан на рис. 1. Управление станцией производится с передней панели: индикатор отображает текущую температуру инструмента, а с помощью кнопок «+» и «-» можно изменить задание. Во время изменения индикатор отображает заданную температуру, а после завершения (через несколько секунд) новое значение сохраняется в памяти станции и индикатор возвращается к отображению текущей температуры инструмента. При включении питания сохраненное значение устанавливается в качестве заданной температуры. Кроме того, паяльная станция позволяет вводить коррекцию для паяльной насадки, суть которой состоит в следующем: поскольку большинство паяльников позволяет использовать различные насадки с разным тепловым сопротивлением, то отображаемая температура может несколько отличаться от температуры в точке пайки. Для устранения этой неточности можно провести измерение реальной температуры на рабочем конце паяльной насадки, сравнить измеренное значение с отображаемым на панели станции, вычислить поправку и ввести ее в станцию в качестве корректировки. Паяльная станция учитывает величину этой коррекции в своих расчетах, и в итоге отображаемая температура не будет отличаться от реальной температуры рабочего конца насадки.

Линейка одноканальных паяльных станций «Ц20» представлена наиболее широко, в нее входят:

- Стандартная паяльная станция «Ц20» с паяльниками на 50 и 90 Вт.
- Паяльная станция «Ц20-МП» с функцией прозвонки, которая позволяет проверять наличие электрического контакта и с помощью которой пользователь может находить в монтаже обрывы и короткие замыкания, определять нужные провода в жгутах, проверять исправность коммутационных изделий, плавких предохранителей и т.д. Прозвонка имеет световую и звуковую индикацию, при необходимости звук может быть отключен.



Рис. 1. Одноканальная паяльная станция «Ц20»





Рис. 2. Внешний вид «УСП-1»

- Паяльная станция «Ц20-микро» работает с паяльником мощностью 18 Вт. Этот паяльник наиболее удобен для монтажа малогабаритных SMD-компонентов, он имеет малые размеры и вес и поставляется с паяльными насадками (жалами) с рабочими диаметрами от 1 до 2,5 мм.
- Паяльная станция «Ц20-И» использует индукционный нагрев паяльной насадки, который обеспечивает быстрый разогрев и более быструю реакцию паяльника на изменения температуры в процессе пайки. Мощность индукционного паяльника 50 Вт, паяльную насадку можно выбрать с рабочим диаметром от 0,8 до 3,5 мм.
- Паяльная станция повышенной мощности «Ц20 150 Вт» работает с паяльником соответствующей мощности. Его насадка имеет диаметр 8 мм, что позволяет выполнять пайку крупных деталей, таких как радиаторы, экранирующие элементы, крепежные и корпусные детали.
- Самая мощная одноканальная паяльная станция «Ц20 300 Вт» управляет паяльником молоткового типа мощностью 300 Вт, жало которого имеет рабочее сечение 10×30 мм и способно прогреть самые крупные и массивные детали.
- На основе паяльной станции «Ц20» выпускается устройство сбора припоя «УСП-1», в котором используется стандартный паяльный инструмент мощностью 50 или 90 Вт с установленным вместо паяльной насадки конусовидным или щелевым наконечником, соединенным с оловоприемником. При помощи небольшого вакуумного насоса в оловоприемнике создается разрежение. Данное устройство предназначено для удаления припоя с печатных плат: насадка расплавляет припой, который через ее внутренний канал засасывается в оловоприемник. Внешний вид «УСП-1» показан на рис. 2.

Таким образом, для своих задач пользователь может выбрать из линейки «Ц20» любой паяльный инструмент мощностью от 18 до 300 Вт, с диаметром насадки от 0,8 до 8 мм (и более). Внешний вид паяльников разной мощности показан на рис. 3. Все паяльные инструменты имеют рабочее напряжение 36 В, их корпуса вместе с паяльной насадкой электрически соединены с корпусом станции и далее с заземлением. Большинство паяльных станций имеет варианты исполнения с питанием от сети переменного тока как



Рис. 3. Внешний вид паяльников различной мощности

напряжением 220 В 50 Гц, так и напряжением 36 В 50 Гц.

Устройства термозачистки предназначены для снятия с монтажных проводов пластиковой изоляции, в том числе фторопластовой. Работа таких устройств основана на проплавлении нагретой проволочной петлей изоляции по окружности провода, с последующим снятием отделенного участка. В отличие от механической зачистки термозачистка не приводит к повреждению (подрезке) проводников многожильного провода, кроме того, на проводах с шелковой обмоткой она позволяет удалять обмоточные нити одновременно с пластиковой изоляцией. Устройства термозачистки выпускаются в двух исполнениях: с одной петлей и с двумя петлями (в виде клещей), пользователь может регулировать степень нагрева петель для наиболее удобной работы. Внешний вид устройства термозачистки с двухпетельным инструментом показан на рис. 4.

Двухканальная паяльная станция «Ц20-ДВ» показана на рис. 5. Она объединяет в одном корпусе стандартную паяльную станцию «Ц20» с паяльником на 50 или 90 Вт и устройством термозачистки проводов. Такое решение экономит место на рабочем столе и требует меньше розеток питающей сети.

Трехканальные паяльные станции «Ц20-ТриК» — это представители новой



Рис. 4. Устройство термозачистки проводов

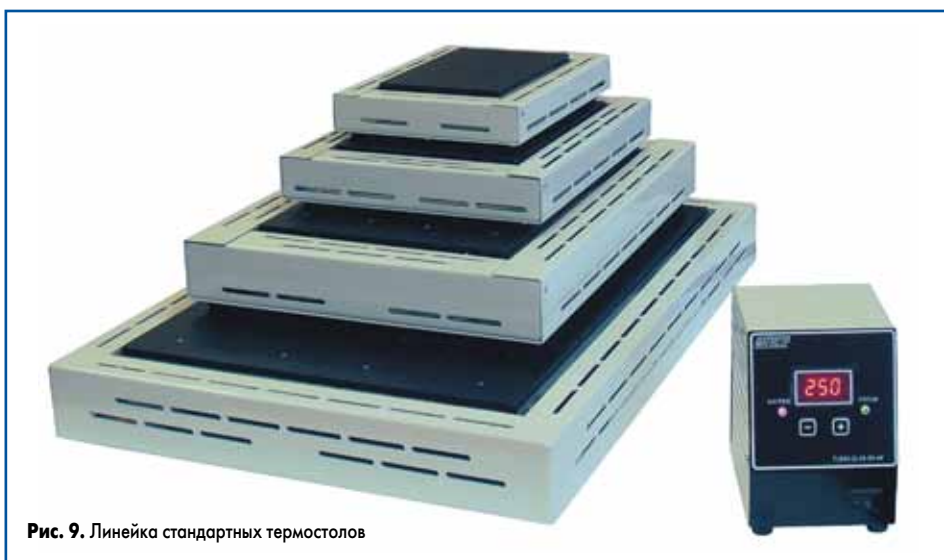
линейки устройств с более широкими возможностями. Они позволяют подключить одновременно до трех инструментов и имеют более развитые средства управления: кроме трех разъемов для подсоединения инструментов, на передней панели станции имеются ЖК-индикатор и пятикнопочная клавиатура. Станция «Ц20-ТриК» имеет три одинаковых разъема для подключения паяльных инструментов, а у «Ц20-ТриКО» (рис. 6) один из разъемов предназначен только для подключения инструментов термозачистки.



Рис. 5. Двухканальная паяльная станция «Ц20-ДВ»


**Рис. 6.** Трехканальная паяльная станция «Ц20-ТриКО»

**Рис. 7.** Паяльная станция «Ц20 А3»

**Рис. 8.** Паяльная ванна

**Рис. 9.** Линейка стандартных термостолов

Эти станции позволяют подключить паяльные инструменты мощностью 18, 50, 90 и 150 Вт и два типа инструментов термозачистки. Станция автоматически определяет тип подключенного инструмента и использует соответствующие настройки регулятора и конкретные заданные пользователем параметры — температуру, коррекцию температуры паяльной насадки, а также дежурную температуру (режим ожидания), которую оператор может выбрать по своему усмотрению. Любой паяльный инструмент может быть быстро переведен в дежурный режим с пониженной температурой, экономящий энергию и сохраняющий паяльную насадку от обгорания, и так же быстро возвращен в рабочий режим, нагрев до которого занимает не более 10 с.

Аналоговые паяльные станции «Ц20 А2-мини» и «Ц20 А3» выпускаются предприятием как недорогие модели на основе аналогового регулятора температуры. Такие станции обеспечивают несколько меньшую точность поддержания температуры ( $\pm 10^\circ\text{C}$ ), но имеют малые габариты и вес, что важно при комплектовании переносного набора инструментов. Станция «Ц20 А3» показана на рис. 7.

Паяльная ванна представляет собой емкость с расплавленным припоем и предназначена для подготовки деталей к пайке. В ней можно облудить выводы штыревых компонентов, зачищенные концы монтажных проводов либо кромки крупных металлических деталей, которые затем будут паяться (к их числу относятся радиаторы, электрические экраны, элементы корпуса и т. п.). Нагревом ванны управляет регулятор температуры «Ц20», который поддерживает заданную пользователем температуру припоя. Внешний вид паяльной ванны показан на рис. 8. Паяльные ванны бывают самых разных размеров и пропорций, с массой припоя в них от сотен граммов до сотен килограммов — все зависит от размеров и формы обрабатываемых объектов. Предприятие выпускает несколько моделей паяльных ванн «Ц20-М» серийно, но чаще всего ванны проектируются и изготавливаются по требованиям заказчика, причем существенного увеличения цены это не вызывает.

Термостол — это плоская нагреваемая поверхность, температуру которой регулятор «Ц20» поддерживает на заданном уровне в диапазоне  $+50\dots+350^\circ\text{C}$ . На термостоле можно выполнять сушку деталей, производить предварительный подогрев керамических деталей перед пайкой, активировать термостойкий клей для SMD-компонентов, нагревать перед пайкой массивные детали, подогревать печатную плату во время пайки, так что термостол — достаточно многофункциональное устройство. Предприятие выпускает целую линейку стандартных термостолов от «Ц20-Т1.0» размерами  $100\times 150$  мм и мощностью 350 Вт до «Ц20-Т12.0» размерами  $400\times 450$  мм и мощностью 4,2 кВт, их внешний вид показан на рис. 9. Кроме стандартных термостолов, на предприятии разработаны и изготавливаются специализированные модели, например сдвоенный вертикальный термостол «Ц20-2Т» (рис. 10), предназначенный



Рис. 10. Сдвоенный вертикальный термостол «Ц20-2Т»



Рис. 11. Термометр «Магистр»

для фиксации и двустороннего нагрева корпусных деталей, а также термостол для пайки в вакууме.

Термометр «Магистр» (рис. 11) предназначен для измерения температуры паяльных насадок. Он внесен в Государственный реестр средств измерений и может измерять температуру от 0 до +500 °С с точностью  $\pm 3$  °С. Покупатель имеет возможность приобрести термометры с первичной поверкой (срок действия 2 года). Паяльную насадку прижимают к измерительной термопаре, закрепленной на передней панели прибора, и через несколько секунд считывают показания. Вместо термопары для паяльных насадок можно подключить выносную хромель-алюмелевую термопару (ТХА), которой удобно измерять температуру припоя в паяльной ванне или температуру поверхности термостола.

### Пайка по термопрофилям

Гораздо большими возможностями по сравнению с ручным паяльным инструментом обладают установки пайки по термопрофилю, построенные на основе цифрового многоканального регулятора «Ц20-ИКМ». Такие установки предназначены для групповой пайки компонентов, поскольку могут нагреть всю плату или несколько плат одновременно. Блок управления «Ц20-ИКМ» представляет собой специализированный микрокомпьютер с цветным ЖК-дисплеем и шестнадцатикнопочной клавиатурой, которые предоставляют пользователю широкие возможности по вводу и изменению данных, а также по управлению пайкой. Кроме этого, предусмотрено под-

ключение блока «Ц20-ИКМ» к ПК. После установления связи между блоком и выполняющей на компьютере специальной программой пользователь получает полноценный компьютерный интерфейс для выполнения всех операций по работе со станцией. В рабочем цикле таких установок температура не поддерживается на одном уровне, а изменяется по предварительно заданному графику — термопрофилю, построенному на основе справочных данных, предоставляемых производителями электронных компонентов и паяльных паст, используемых при пайке, и уточненному по результатам тестовых паяк. После отработки термопрофиля процедура пайки для пользователя сводится к размещению на установке подготовленной платы, запуску процесса и удалению готовой платы после завершения пайки. Во время пайки блок «Ц20-ИКМ» контролирует температуру нагревателей и паяемой платы и управляет мощностью одного или нескольких нагревателей. При построении термопрофиля можно использовать как термодатчик нагревателя, так и термодатчик, закрепляемый на печатной плате. Блок «Ц20-ИКМ» может хранить до 250 термопрофилей, каждый из которых содержит до 16 шагов.

Установки пайки по термопрофилю «Ц20-Т1.1про», «Ц20-Т2.1про», «Ц20-Т4.1про» и «Ц20-Т6.1про» — младшие представители линейки «Ц20-ИКМ». Установка показана на рис. 12 и состоит из стандартного термостола с крышкой (крышка на фото не показана),

выносного термодатчика и блока управления. Модели отличаются друг от друга только размерами термостола. Нагрев паяемых изделий производится контактным способом, для чего платы с нанесенной паяльной пастой и размещенными компонентами укладывают на поверхность термостола, затем выносной термодатчик устанавливают для измерения температуры одной из плат, накрывают термостол крышкой для снижения тепловых потерь и запускают процесс пайки. Способ нагрева накладывает определенные ограничения на применение данных установок — на них можно паять только платы с односторонним размещением SMD-компонентов.

Паяльно-ремонтные станции «Ц20-ИКМ» и «Ц20-ИКМ-А» созданы для монтажных и ремонтных работ, связанных с установкой и заменой элементов в корпусах BGA, TQFP, MLF и им подобных. Станция имеет два инфракрасных излучателя: большой нижний для общего подогрева всей платы с целью исключения температурных деформаций и небольшой верхний для выполнения этапов активации флюса и оплавления припоя. Основное отличие станций — в типе нижнего нагревателя: «Ц20-ИКМ» для нижнего нагрева использует блок керамических ИК-излучателей мощностью 2,4 кВт, а «Ц20-ИКМ-А» — термостол Т6.0 мощностью 2,1 кВт, внешний вид «Ц20-ИКМ-А» показан на рис. 13. Керамические излучатели обеспечивают более высокую, чем термостол, скорость нагрева, зато термостол обеспечивает высокую равномерность температуры по площади нагревателя. В верхнем нагревателе используется керамический ИК-излучатель размером 60×60 мм мощностью 250 Вт или кварцевый излучатель мощностью 400 Вт. Кроме нагревателей, станция содержит блок вентиляторов для охлаждения платы после пайки. Управлять включением/выключением вентиляторов можно как вручную, так и через термопрофиль.

Печь конвекционного оплавления является на текущий момент наиболее функциональным и эффективным оборудованием с точки зрения производства электронных модулей. Печь представляет собой замкнутую камеру, термоизолированную снаружи, а внутри оснащенную двумя нагревателями и вентилятором для равномерной циркуляции воздуха. В камере имеется съемная решетка размером 320×230 мм, предназначенная для размеще-



Рис. 12. Установки пайки по термопрофилю


**Рис. 13.** Паяльно-ремонтная станция «Ц20-ИКМ-А»

**Рис. 14.** Печь конвекционного оплавления

ния плат, непосредственно под ней расположен термодатчик, измеряющий температуру воздуха в камере, термодатчиками также оснащены нагреватели. Верхняя крышка печи поднимается для обеспечения доступа внутрь камеры. Для визуального контроля пайки предусмотрено окно в передней стенке камеры, а сама камера имеет встроенное освещение. Управляет работой печи цифровой регулятор «Ц20-ИКМ», который обеспечивает процесс нагрева в печи по заданному термопрофилю. На рис. 14 показан внешний вид печи. Для выполнения пайки подготовленные платы

размещают на решетке и помещают внутрь камеры. Верхнюю крышку опускают и включают нужный термопрофиль, после чего блок «Ц20-ИКМ» управляет нагревом по выбранному термопрофилю. После завершения процесса пользователь поднимает крышку печи и извлекает спаянные изделия. После нескольких минут остывания печь готова к новому циклу пайки.

Подводя итог, можно сказать, что производитель предлагает широкий ассортимент паяльного оборудования, который постоянно обновляется и расширяется — новые линейки

инструментов постепенно заменяют устаревшие, появляются новые решения. В своей работе предприятие ориентируется на потребности клиента и может модифицировать изделия под нужды конкретного заказчика либо разработать новое устройство по согласованному с клиентом техническому заданию.

#### Литература

1. Хавторин И. Паяльно-ремонтная станция «Магистр Ц20-ИКМ» // Технологии в электронной промышленности. 2013. № 3.

### Научно-технический центр

## МАГИСТР

- Цифровые паяльные станции (одно-, двух- и трех-канальные) со сменными инструментами
- Паяльно-ремонтные инфракрасные центры
- Термостолы горизонтального и вертикального исполнения для подогрева корпусов, плат
- Печь конвекционного оплавления
- Паяльные ванны для пайки и лужения
- Устройства термозачистки проводов
- Устройства микродуговой сварки
- Источники тока для гальванических производств с рабочим током от 1 мА до 15 000 А



410033, г. Саратов, ул. Панфилова, 1  
www.magistr.su; 8452473727@mail.ru

### Группа компаний АО «Кварц»

## ООО «Плата-К» г. Калининград

 40-летний опыт производства вакуумного напылительного оборудования, электронных приборов и печатных плат

**Мелкосерийное и серийное производство печатных плат без посредников**



Идеальное сочетание

- качественных материалов
- современной технологии и оборудования

Позволяет изготавливать

- надёжные
- недорогие печатные платы

В самые удобные для Вас сроки!

Доставка по России (Москва и Санкт-Петербург — 1 день).

конт. тел. 8-4012-564-384, 8-4012-564-367,  
моб. тел. 8-9062-362-492  
факс 8-4012-564-400  
www.ao-kvartz.ru e-mail: pcb-plata.K@yandex.ru

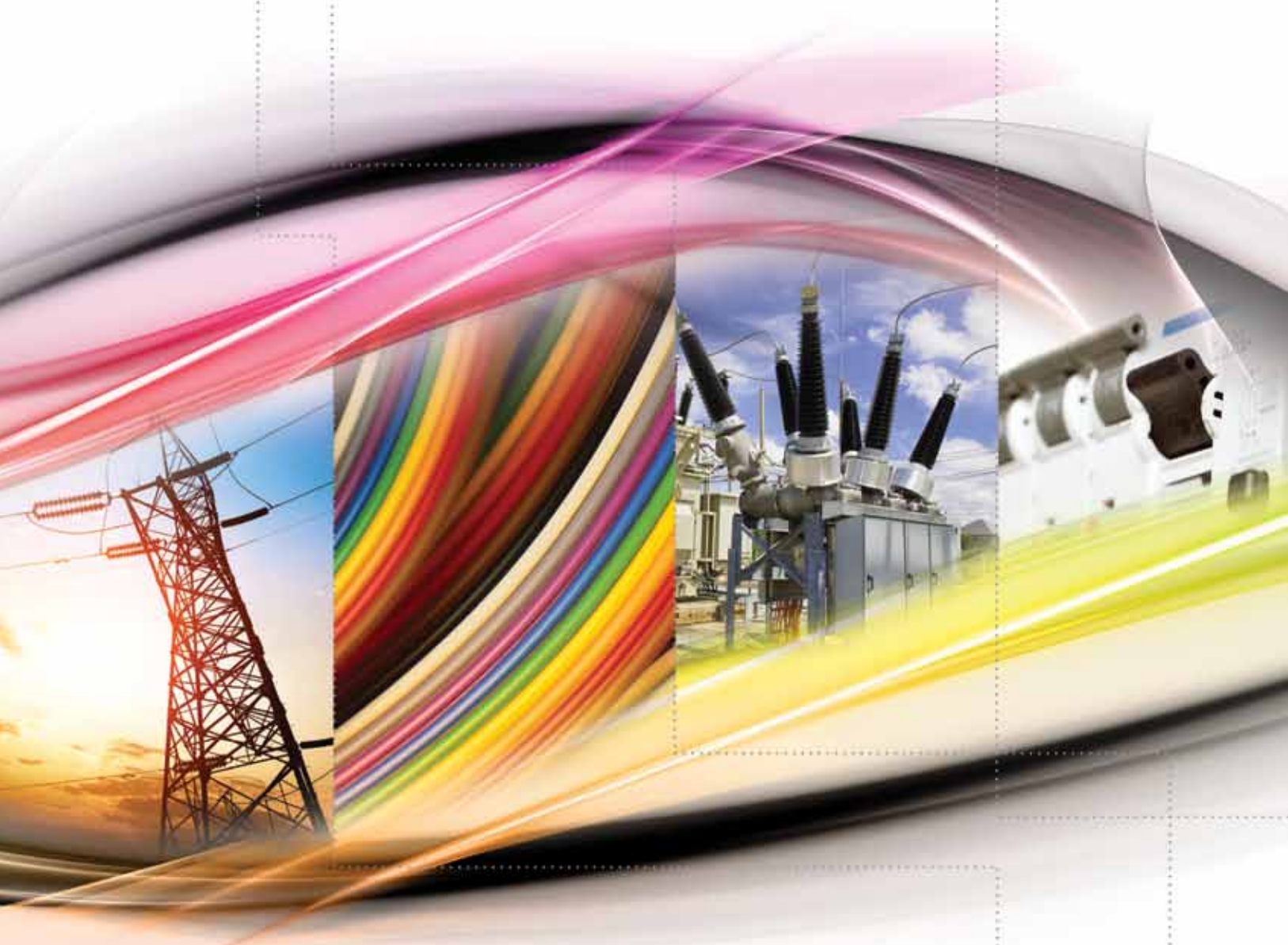


# ЭЛЕКТРО

25-я юбилейная международная выставка  
«Электрооборудование. Светотехника.  
Автоматизация зданий и сооружений»

[www.elektro-expo.ru](http://www.elektro-expo.ru)

6–9  
ИЮНЯ 2016



Реклама 12+

Организатор:

ЭКСПОЦЕНТР  
МОСКВА



# АЛЬФА-100 — отечественная паяльная система высшего уровня

**Компания ТЕРМОПРО — ведущий российский изготовитель оборудования для поверхностного монтажа и ремонта — объявила о начале серийного выпуска новейшей паяльной станции АЛЬФА-100. Новинка превзошла все ожидания, встав в один ряд с моделями ведущих мировых производителей.**

**Дмитрий Колесов**

dak@argus-x.ru

Паяльную станцию АЛЬФА-100 разрабатывали инженеры-термисты, имеющие более чем 20-летний опыт. В их послужном списке всем известные термостолы серии НП, а также ИК-650 — система для пайки BGA с уникальной программой автопрофилирования «Термопро-Центр». Это оборудование пользуется заслуженной популярностью в нашей стране, а теперь и поставляется на экспорт. Не удивительно, что разработчикам удалось не просто сделать отечественный паяльник в плане импортозамещения, а создать высококлассный инструмент, отвечающий самым высоким требованиям современных технологий пайки (рис. 1).

Последний тренд в развитии паяльных систем для ручного монтажа — это динамическое термуправление. Суть подхода в том, что для качественной пайки современных плат, которые могут одновременно содержать как очень легкие миниатюрные контакты, так и контакты с высокой теплоемкостью, уже недостаточно, чтобы паяльник просто поддерживал заданную температуру наконечника. Необходимо управлять динамикой нагрева, иначе легкие контакты будут быстро

перегреться, а тяжелые — паяться слишком медленно. Динамическое термуправление осуществляется с помощью постоянного автоматического подбора мощности паяльника в зависимости от теплоемкости паяемого контакта, которую станция определяет по скорости отклонения температуры от заданной.

Основоположниками динамического управления являются создатели индукционных паяльников METCAL, затем эту технологию использовали в станциях РАСЕ последнего поколения. Сейчас динамический паяльник — это норма, и АЛЬФА-100 не является исключением. При проектировании станции были использованы современные методы математического моделирования термических процессов. Это позволило получить максимальную теплоотдачу и быстродействие системы. Показания платинового термодатчика, кстати не требующего калибровки, считываются 120 раз в секунду и обрабатываются шестнадцатиразрядным АЦП. Система мгновенно реагирует на отклонение температуры наконечника, а также учитывает скорость ее изменения для подбора оптимальной мощности.



Рис. 1. Паяльная станция АЛЬФА-100



Рис. 2. Паяльник АЛЬФА-100

За счет применения современных материалов масса и диаметр нагревателя получились минимальными. При этом по теплоотдаче паяльнику АЛЬФА-100 трудно найти равных. Он уверенно расплавляет массивные контакты за пару секунд. Причина отличной теплоотдачи кроется не только в удачной конструкции нагревателя с плотным боковым прижимом наконечника по всей длине, но и в применении специальных материалов, используемых в космической промышленности. В первую очередь это сверхтермостойкая изоляция обмотки нагревателя, а также теплопроводящие материалы, заполняющие пустоты вокруг обмотки, — все это разработки российских ученых (рис. 2).

Также высокой теплоотдаче способствует 100-ваттная мощность инструмента. До появления динамических паяльных станций столь высокая мощность паяльников не приветствовалась, поскольку существовала реальная вероятность перегрева легких контактов. Динамическое термоуправление станции АЛЬФА-100 полностью решает эту проблему за счет дозирования мощности в зависимости от теплоемкости контакта. На практике инструменту крайне редко требуется мощность выше 50 Вт, и во время работы это видно на специальном индикаторе (рис. 3). Кроме того, в АЛЬФА-100 предусмотрена возможность принудительного ручного ограничения мощности для соответствия требованиям некоторых отраслевых стандартов.

Конечно, для организации идеального динамического термоуправления желательно, чтобы масса наконечника была минимальной, поэтому в наиболее продвинутых системах используются сверхлегкие наконечники, выполненные совместно с нагревателем в виде единого картриджа. Такая конструкция всем хороша, но достаточно дорога, а по замыслу разработчи-

ков паяльник АЛЬФА-100 должен стать доступным для российских предприятий, поэтому он не должен быть слишком дорогим. Вот почему была выбрана разборная конструкция нагреватель-наконечник (рис. 4). Кроме того, посадочный диаметр нагревателя относится к очень распространенному стандарту, что позволяет использовать наконечники ведущих мировых производителей. Это особенно удобно для тех, кто уже работает с импортными паяльными станциями и имеет запас наконечников.

Особого внимания заслуживает эргономика самого паяльника. Рукоятка прекрасно сбалансирована и, что называется, ложится в руку (рис. 5). Применение высококачественных материалов и правильная геометрия ручки исключают ее нагрев выше +40 °С при самых жестких режимах работы. Вес рукоятки с нагревателем всего 45 г. Провод в мягкой термостойкой изоляции защищен от излома специальной пружиной. Наконечник меняется за считанные секунды без отключения инструмента.

Для продления ресурса наконечников и снижения энергопотребления в паяльной системе АЛЬФА-100 предусмотрено автоматическое уменьшение рабочей температуры во время простоя инструмента. Параметры «засыпания», как и время полного отключения системы, можно запрограммировать в режиме настройки с помощью простого и удобного меню (рис. 6). В этом же режиме можно установить допустимый диапазон температур и ввести поправку для компенсации температурных потерь наконечника. При вводе поправки система автоматически корректирует заданную температуру с учетом текущей и работает так, будто термодатчик находится на самом кончике наконечника.

Все настройки системы защищены паролем, что исключает несанкционированную пере-



Рис. 4. Быстросъемная конструкция крепления наконечника



Рис. 5. Рукоятка паяльника прекрасно сбалансирована

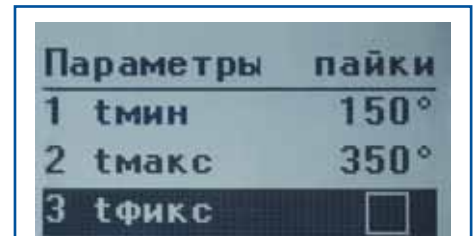


Рис. 6. Фрагмент меню режима настройки

настройку и дает возможность технологам полностью контролировать температурный режим пайки на производстве. Если монтажник использует или должен использовать несколько вариантов заданных температур для

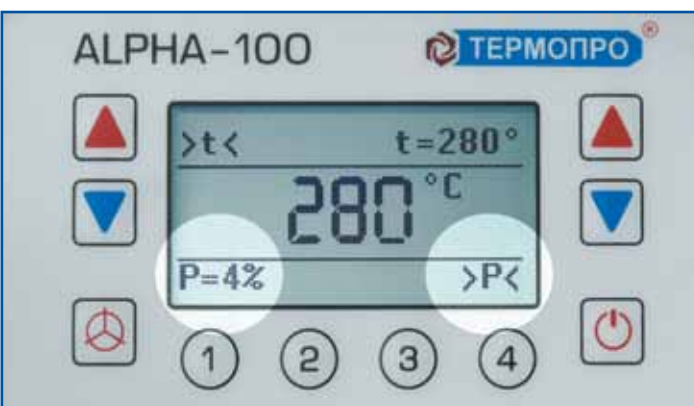


Рис. 3. Индикатор мгновенной мощности (слева) и режима ограничения мощности



Рис. 7. Запись заданной температуры в ячейки памяти для быстрой смены настроек

различных операций, он может указать их в четырех ячейках памяти и менять температуру одним нажатием кнопки (рис. 7). Содержимое ячеек также может быть защищено от перезаписи.

Паяльная система АЛЬФА-100 имеет антистатическое исполнение и полностью соответствует современным требованиям ESD-защиты. Кроме того, в АЛЬФА-100 предусмотрена возможность эквипотенциальной пайки. Для этого монтируемая плата соединяется с блоком станции через специальный разъем (рис. 8), что полностью исключает вероятность появления разницы потенциалов между платой и паяльником, а значит, и возникновения опасного для компонентов электрического разряда.

Перед началом серийного выпуска новая паяльная система прошла серьезные испытания и показала высокую надежность, что позволило производителю дать на АЛЬФА-100 трехлетнюю гарантию. И это вполне оправдано, учитывая высокое качество используемых материалов и компонентов. АЛЬФА-100 является первой моделью в будущем ряду паяльных станций. Уже существует двухканальная версия системы АЛЬФА-102, а также вариант с питанием на 36 В. Планируется выпуск термопинцета, термофена и вакуумного паяльника. У российских предприятий есть перспектива в недалеком будущем получить полноценную линейку отечественных паяльных систем, позволяющую реализовать все технологические задачи, связанные с ручной пайкой и ремонтом электроники.



Рис. 8. Соединение с блоком станции для эквипотенциальной пайки

## Виниловое напольное покрытие ACL для зон с защитой от ЭСР

Компания ACL, Inc. представляет проводящее виниловое напольное покрытие для зон, защищенных от ЭСР (EPA). Однородное распределение углеродного наполнителя и проприетарные полимеры придают проводящему винилу ACL свойства, обеспечивающие неразрывный и стабильный канал до заземления.

Поскольку электрическое сопротивление при-  
дается материалу посредством термоформования,

электрические свойства оказываются нечувствительными к повреждениям, вызванным износом при перемещении мебели.

Проводимость материала, состоящего из одного слоя толщиной 0,090" (2,29 мм), составляет  $10^3$ – $10^6$  Ом на квадрат. Коврики для стульев вырезаны с помощью лазера специально под рабочие столы. Дорожки черного цвета доступны в рулонах по 75' (22,86 м) с шириной 36" или 48" (примерно

91,4 или 122 см соответственно). Дорожки могут использоваться для рабочих мест с большой длиной, а также их можно обрезать под размер с помощью строительного ножа.

Материал содержит добавки, защищающие от ультрафиолета, что обеспечивает устойчивость цвета. Материал полностью пригоден для вторичной переработки.

[www.elinform.ru](http://www.elinform.ru)

**ARGUS X**  
www.argus-x.ru тел. (495) 741-48-19

**BAMBI PT** – новая серия бесшумных компактных безмасляных компрессоров

[www.tech-e.ru](http://www.tech-e.ru)





**LAMSYSYSTEMS**

ОСНАЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ  
И ЛАБОРАТОРИЙ  
С ВЫСОКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ  
К ЧИСТОТЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ



ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ЛАМИНАРНЫЕ БОКСЫ  
ВЫТЯЖНЫЕ ШКАФЫ  
ЧИСТЫЕ ЗОНЫ  
ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

+7 (3513) 255 - 255    [sale@lamsys.ru](mailto:sale@lamsys.ru)  
[www.lamsys.ru](http://www.lamsys.ru)

ОДЕЖДА ДЛЯ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ  
АНТИСТАТИЧЕСКАЯ ОДЕЖДА  
СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ  
РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

+7 (3513) 257 - 257    [mail@lamsystems-lto.ru](mailto:mail@lamsystems-lto.ru)  
[www.lamsystems-lto.ru](http://www.lamsystems-lto.ru)

# Селективный метод нанесения влагозащитных покрытий.

## Прецизионное нанесение защитных покрытий для ответственной электроники. Часть I

**Требования к сроку эксплуатации и безукоризненной работе ответственных узлов электроники постоянно растут, а сфера применения электронных компонентов становится все шире. Для надежной защиты таких устройств был разработан селективный метод нанесения влагозащитных покрытий, благодаря которому современная электроника надежно выполняет свои функции.**

**Мануэль Шварценбольц  
(Manuel Schawarzenbolz)**

**Перевод:  
Олег Полухин,  
Игорь Щербаков**

В настоящее время селективный метод нанесения влагозащитных покрытий, используемый при изготовлении электронных блоков, обретает все большую популярность (рис. 1). Постоянное совершенствование электронных технологий приводит к появлению все более сложных печатных узлов. Условия эксплуатации электроники становятся все многообразнее. Сегодня очевидно, что навигационные системы способны бесперебойно работать как летом при +30 °С, так и зимой при –20 °С. Правильно и точно нанесенное влагозащитное покрытие предохраняет электронные компоненты от влажности, пыли, вибрации и других воздействий окружающей среды. Миниатюризация электронных устройств и требования повышения точности нанесения материала между элементами, которые должны либо иметь, либо оставаться свободными от защитного покрытия, побуждают к поиску правильного метода нанесения.

При проектировании электронного узла не учитывается, каким способом будет нанесен защитный материал и каковы системные ограничения у оборудования для нанесения. Это приводит к тому, что, несмотря на имеющуюся на предприятии автоматическую установку нанесения влагозащитного материала, данный материал будет наноситься вручную. В результате возникают значительные потери времени и увеличиваются материальные затраты.

Для сокращения времени простоя компания Rehm Thermal Systems при содействии компании KC-Produkte создала универсальную установку нанесения влагозащитных покрытий Protecto, позволяющую наносить защитный материал на печатные узлы разной геометрии и применять в процессе все возможные способы нанесения. Установка Protecto доступна как в стандартном исполнении с одним дозатором для решения несложных задач, так и в спе-

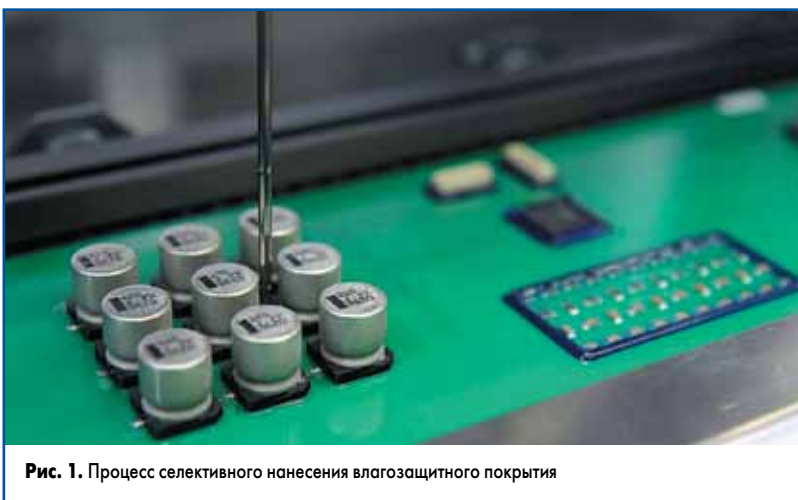
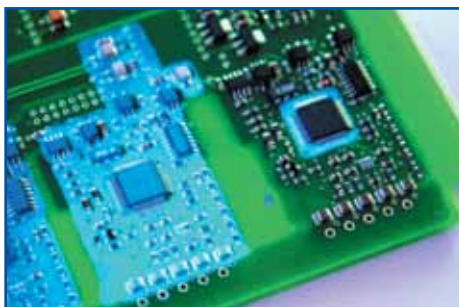


Рис. 1. Процесс селективного нанесения влагозащитного покрытия



Рис. 2. Максимально возможная комплектация с четырьмя дозаторами



**Рис. 3.** Влагозащитное покрытие под ультрафиолетовым светом

циальном, с четырьмя дозаторами, которые могут быть специально подобраны в соответствии с требованиями заказчика и для решения комплексных задач (рис. 2).

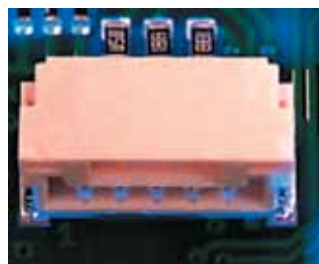
### Подготовительный этап и производственное планирование

Перед непосредственным нанесением конформного материала необходимо уточнить целый ряд условий. Для начала нужно определить, в каких условиях предполагается эксплуатировать будущее изделие — температура окружающей среды, изменения температуры, УФ-излучение, влажность, пыль или вибрация. На основе данных факторов можно определить, какой защитный материал будет соответствовать всем предъявленным требованиям. Затем необходимо точно установить, какая область будет покрыта защитным материалом, а какая останется свободной (рис. 3, 4). Как правило, нельзя наносить покрытие на разъемы, соединения, контрольные контакты, поскольку соприкосновение влагозащитного покрытия с ними может вывести из строя целый печатный узел.

Кроме всего прочего, между участками с покрытием и свободными от покрытия зонами должен быть предусмотрен минимальный зазор, так как определенное количество материала может пересечь намеченную линию. Из-за капиллярного эффекта материал может попасть либо на разъемы, либо под корпус компонента, что станет препятствием для электрического контакта с ответственной частью. В итоге — выход изделия из строя. Поэтому целесообразнее учитывать данный факт уже на этапе проектирования печатной платы.

### Тип влагозащитного материала определяет технологию нанесения

При выборе защитного материала очень важно учесть все нюансы, так как значение имеет не только вязкость материала. С точки зрения защиты окружающей среды есть определенные пункты, на которые также нужно обращать внимание. Например, следует учитывать внутризаводские правила, касающиеся защитных материалов, содержащих растворители. Не менее важную роль играет и оборудование, которым предприятие уже оснащено. Оборудование для сушки влагозащитного покрытия может быть на базе модулей ИК-излучения, конвекции или УФ-излучения.



**Рис. 4.** Попадание влагозащитного материала под корпус

Тип передачи тепла значительно сокращает диапазон выбора влагозащитного покрытия.

Прежде всего, тип влагозащитного покрытия определяется способами нанесения, с которыми может работать установка. Именно по этой причине компания Rehm разработала универсальную установку Protecto, способную гибко подстраиваться под требования практически любой производственной среды. Установка Protecto в базовом исполнении с одним дозатором является оптимальным решением для несложных задач. Однако ее конструкция предусматривает одновременное оснащение машины четырьмя различными дозаторами. С одной стороны, это позволяет наносить покрытие синхронно на четыре печатные платы в режиме «ведущий-ведомый». С другой стороны, наличие четырех дозаторов предполагает одновременное использование до четырех видов защитных материалов, причем без потерь времени на их замену. Благодаря такой гибкости стал возможным выбор дозатора и материала с необходимыми физико-химическими характеристиками индивидуально для каждой программы.

### Разные виды клапанов для гибкого процесса нанесения

Для нанесения влагозащитного покрытия посредством установки Protecto предлагается широкий выбор клапанов и насадок. Здесь действует все тот же принцип: процесс и используемый тип материала определяют оснащение установки. Мембранный клапан подходит при использовании агрессивных материалов. Клапан игольчатого типа отличается высокой прочностью и применяется при наличии небольших «мертвых пространств». Клапан распыления отлично подходит для нанесения покрытия на большие пространства. Поршневой клапан позволяет работать с высоковязкими материалами. Эксцентриковый шнековый клапан обеспечивает однородность нанесения, а клапан завесы может без брызг заполнять большие зоны. Для повышения гибкости можно использовать и каплеуловительный клапан, прежде всего в комбинации с запатентованными насадками StreamCoat. Наружный диаметр 2,4 мм и длина 100 мм делают возможным оптимальное нанесение покрытия между высокими компонентами в условиях плотного монтажа. Диспенсирование, распыление, каплеуловительное нанесение — ключевые слова, которые объединяют сложный и высоко-

## Индивидуальность установки нанесения покрытия

При поиске нужного решения абсолютно все факторы имеют важное значение. Наряду с техническими возможностями оборудования принимаются во внимание такие аспекты, как сервис, консультации, поддержка и компетентность. Компания Rehm разработала установку нанесения влагозащитных покрытий Protecto, отличающуюся исключительной гибкостью применения. Новейшие запатентованные клапаны и насадки обеспечивают непрерывное, автоматическое и при этом повторяемое нанесение защитного материала.



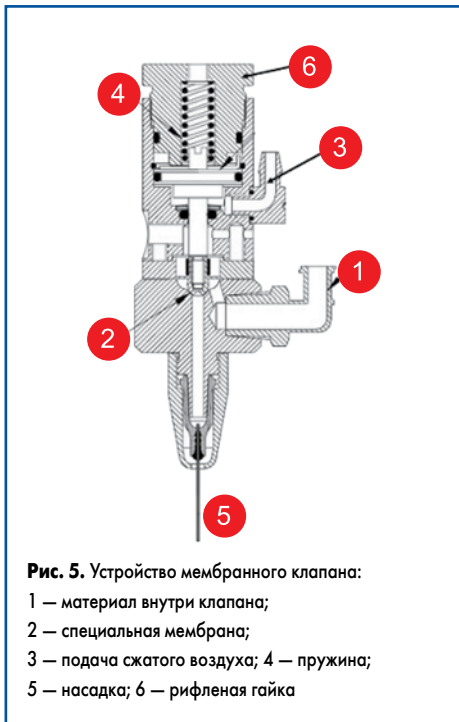
технологичный процесс. Для каждой производственной задачи существует свой способ нанесения, который при правильном подборе материала обеспечивает отличные результаты. В одной установке Protecto можно использовать все известные способы нанесения влагозащитного покрытия, которые будут точно соответствовать требованиям заказчика.

Рассмотрим принцип действия и возможности применения каждого клапана в отдельности.

### Мембранный клапан

Мембранный клапан относится к большой группе пропорциональных двухпозиционных регуляторов давления (рис. 5). Специальная мембрана (2) удерживает материал (1) под давлением внутри клапана. Под действием сжатого воздуха (3) мембрана, равно как и пружина (4), поднимается в крайнее верхнее положение, в результате чего материал, поступая через насадку (5), наносится на печатный узел. После отключения сжатого воздуха пружина возвращает мембрану в исходное положение — подача материала прекращается. Сверху головки дозатора предусмотрена специальная рифленая гайка (6), с помощью которой можно настраивать интенсивность потока материала вручную.

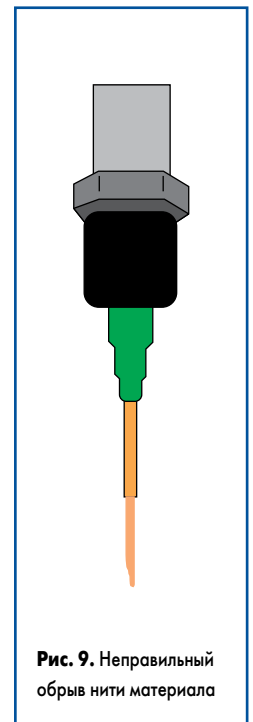
Главное преимущество данного вида клапана — обособление подачи материала от органов управления, в результате чего могут быть использованы агрессивные жидкости. Другими немаловажными плюсами являются прочность и долгий срок его эксплуатации.



**Рис. 5.** Устройство мембранного клапана:  
 1 — материал внутри клапана;  
 2 — специальная мембрана;  
 3 — подача сжатого воздуха; 4 — пружина;  
 5 — насадка; 6 — рифленая гайка



**Рис. 6.** Нанесение влагозащитного материала мембранным клапаном



**Рис. 9.** Неправильный обрыв нити материала

К недостаткам мембранного клапана следует отнести большой объем между мембраной и позицией выхода материала из насадки, так называемое мертвое пространство, и замедленное время реакции. Обусловленное некоторыми факторами стремление к образованию капель, в частности некорректный обрыв нити материала, особенно при использовании высоковязких веществ, может приводить к ошибкам на конечной стадии нанесения.

Мембранные клапаны применяют в основном для нанесения конформного материала на небольшие участки изделия. В процессе нанесения необходимо учитывать правильность установки зазора между насадкой и поверхностью печатного узла. Слишком маленький зазор приведет к тому, что насадка погрузится в только что нанесенный материал и при извлечении образуется его растягивание. Также и слишком большой зазор станет причиной некачественного нанесения. Отличие ожидаемого результата от фактического может сильно проявиться при нанесении материала по дуге. На рис. 6 можно увидеть, что с увеличением расстояния между насадкой и тестовой бумагой нанесение материала на уголках становится менее четким. Оптимальное расстояние, в зависимости от наносимого объема материала и скорости передвижения дозатора, составляет примерно 0,5–5 мм.

Скорость перемещения дозатора также должна соответствовать давлению, с кото-

рым наносится материал. При быстром перемещении дозатора нарушается однородность нанесения материала, что может приводить к «пустотам» (рис. 6). Приемлемой скоростью нанесения считается диапазон 10–100 мм/с. Изменяя давление, можно легко настраивать объем и толщину наносимого материала.

Для данного типа клапана Rehm Thermal Systems предлагает специальные запатентованные насадки, разработанные компанией KC Produkte. С помощью насадок Stream-Coat и опционально подключаемого скрытого воздушного сопла наносится материал как средней, так и высокой вязкости (рис. 7).

Опциональное сопло позволяет значительно увеличить ширину наносимого материала, которая в зависимости от типа материала может составлять от 2 до 20 мм. Таким способом быстро и равномерно покрывают большие зоны печатных узлов.

#### Игольчатый клапан

Игольчатый клапан также относится к группе дозаторов, управляемых посредством давления. В деактивированном состоянии влагозащитный материал (1) удерживается в клапане за счет закрытого седла иглы (2). Поступающий сжатый воздух (3) поднимает посредством поршня (4) напряженную пружину (5) и вместе с ней клапан (6). Материал начинает поступать

на насадку. После отключения сжатого воздуха подача материала прекращается. Сверху головки дозатора предусмотрена специальная рифленая гайка (7), с помощью которой можно настраивать поток материала вручную (рис. 8).

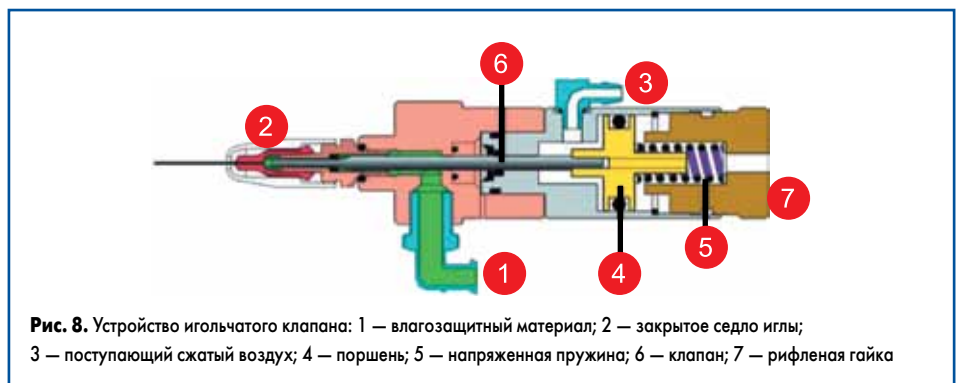
Преимуществами данного клапана являются возможность его использования в небольших «мертвых пространствах» и высокая прочность. К недостаткам относятся медленное время реакции, а иногда и неправильный обрыв нити материала на конечной стадии нанесения (рис. 9).

Причина неправильного обрыва нити материала может быть обусловлена некоторыми системными факторами. Например, закрытие заслонки в игольчатом и мембранном клапане происходит в момент движения материала внутри трубки. Это приводит к тому, что оставшийся материал попадает в насадку и образует каплю.

Данный клапан позволяет наносить материалы высокой и средней вязкости. При использовании игольчатого клапана необходимо учитывать, что материал может наноситься с избытком из-за небольшой ширины линии нанесения и (или) плотного потока. В итоге в процессе отверждения высыхает только верхний слой материала, а нижний остается жидким. Впоследствии это может стать причиной образования трещин, через которые будет



**Рис. 7.** Насадки Stream-Coat

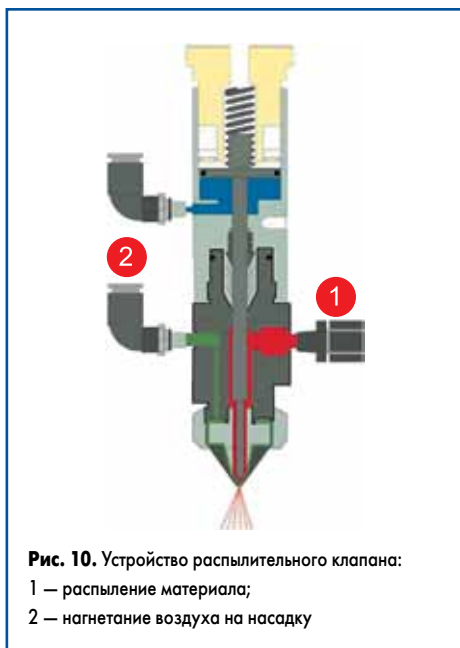


**Рис. 8.** Устройство игольчатого клапана: 1 — влагозащитный материал; 2 — закрытое седло иглы; 3 — поступающий сжатый воздух; 4 — поршень; 5 — напряженная пружина; 6 — клапан; 7 — рифленая гайка

попадать влага. Особенно высок риск образования трещин при резкой смене температуры окружающей среды.

### Распылительный клапан

Распылительный клапан представляет собой усовершенствованную версию игольчатого клапана. Принцип открытия и закрытия отсеков распылительного клапана точно совпадает с предыдущим описанием. Отличительной особенностью является возможность подключения регулируемого потока воздуха. При нагнетании воздуха (2) на насадку начинается распыление материала (1). В зависимости от геометрии насадки пятно распыления может иметь разную форму. Преимущество данного клапана заключается в возможности нанесения покрытия на большую область за очень короткое время. К недостаткам следует отнести тот факт, что при данном способе нанесения мельчайшие брызги создают облако тумана, из-за которого конформный материал попадает на нежелательные участки печатного узла (рис. 10).



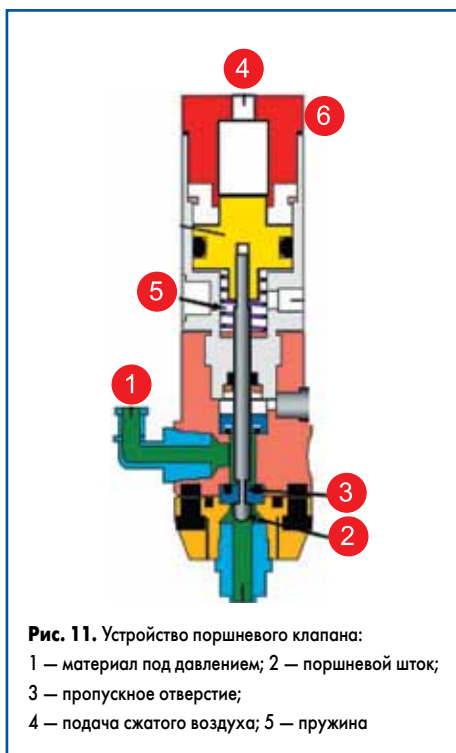
**Рис. 10.** Устройство распылительного клапана:  
1 — распыление материала;  
2 — нагнетание воздуха на насадку

### Поршневой клапан

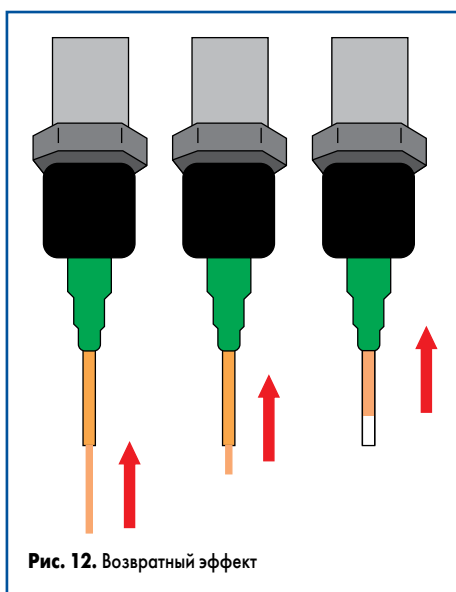
Поршневой клапан применяется для нанесения материалов средней и высокой вязкости, а также для заливочных компаундов. Поршневой шток (2) удерживает материал (1) под давлением и не дает ему просочиться сквозь пропускное отверстие (3). Под действием сжатого воздуха (4) поршневой шток опускается вниз — начинается подача материала. При отключении подачи воздуха поршневой шток с помощью пружины (5) возвращается в верхнее положение, перекрывая поток материала (рис. 11).

Закрытие клапана против потока материала создает условия ограниченного вакуума, благодаря чему материал возвращается в насадку (рис. 12).

Благодаря возвратному эффекту поршневого клапана исключается неправильный обрыв нити материала (рис. 9). С помощью рельефной гайки (6) настраивают ход порш-



**Рис. 11.** Устройство поршневого клапана:  
1 — материал под давлением; 2 — поршневой шток;  
3 — пропускное отверстие;  
4 — подача сжатого воздуха; 5 — пружина



**Рис. 12.** Возвратный эффект

ня и интенсивность возвратного эффекта. Преимуществами данного клапана являются возможность возврата материала в насадку, а также высокая прочность и простота. К недостаткам клапана относится ограничение применения материалов с низкой вязкостью.

### Эксцентриковый шнековый клапан

Эксцентриковый шнековый клапан относится к большой группе систем объемного дозирования. С помощью данного клапана материал наносится равномерно, без пульсаций, вне зависимости от давления или вязкости.

Влагозащитный материал под давлением находится в дозаторе (1). Подача материала осуществляется с помощью винтовой пары, которая состоит из статичного элемента — эластомерного статора (3) и подвижной части — ротора (2). Возможность вращения ротора в обоих направлениях обеспечивает возвратное движение материала и исключает как неправильный обрыв нити, так и некон-



**Рис. 13.** Устройство эксцентрикового шнекового клапана:  
1 — дозатор; 2 — ротор; 3 — эластомерный статор

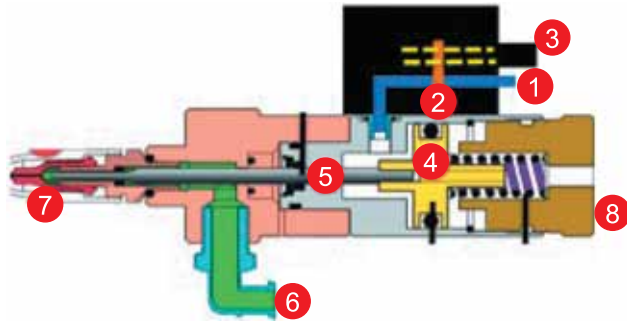
тролируемое падение капель в конце цикла. Данный аппликатор применяется как для низко-, так и для высоковязких материалов (рис. 13).

### Клапан завесы

Принцип работы клапана завесы основан на работе игольчатого клапана. Быстрое открытие и закрытие иглы обеспечивается при помощи электропневматического управления. Давление воздуха (1) в клапане постоянно поддерживается при помощи соленоида (2). При подаче питания на катушку (3) сердечник втягивается, открывая отверстие для подачи воздуха. Давление воздуха поднимает поршень (4) и соединенную с ним иглу (5). Материал (6) начинает свободно поступать через насадку (7). При снятии питания с катушки сердечник перекрывает ход воздуха по каналу. Пружина принудительного подъема возвращает иглу в исходное положение, прекращая подачу материала. С помощью рельефной гайки (8) можно настраивать ход иглы и интенсивность подачи материала (рис. 14).

Посредством насадки со специальной формой образуется завеса, ширину которой можно настраивать, изменяя давление подачи материала. В зависимости от давления ширина завесы может находиться в диапазоне 3–20 мм (рис. 15).

Интуитивное программное обеспечение Protecto с функцией автоматического изменения ширины завесы позволяет точно установить желаемую ширину. В рамках одной программы предусмотрено использование завес с разной шириной. Преимуществом данного клапана является возможность нанесения материала со скоростью до 600 мм/с. Это позволяет наносить конформное покрытие за максимально короткий промежуток времени. Нанесение материала при таком способе происходит без подачи воздуха на насадку, что сокращает риск появления брызг и попадания материала на нежелательные участки (рис. 16).



**Рис. 14.** Устройство клапана завесы: 1 — давление воздуха в клапане; 2 — соленоид; 3 — катушка; 4 — поршень; 5 — игла; 6 — материал; 7 — насадка; 8 — рельефная гайка



**Рис. 15.** Клапан завесы

Однако клапан завесы работает только с низковязкими материалами. При работе с высоковязкими материалами исключается возможность подбора завесы нужной ширины. Из-за большого расхода материала данный способ не подходит для нанесения покрытий в случаях, где предусмотренное расстояние между участками, покрываемыми материалом, и непокрытыми зонами. Недостатком этого способа является также появление тневых зон при нанесении материала на высокие компо-



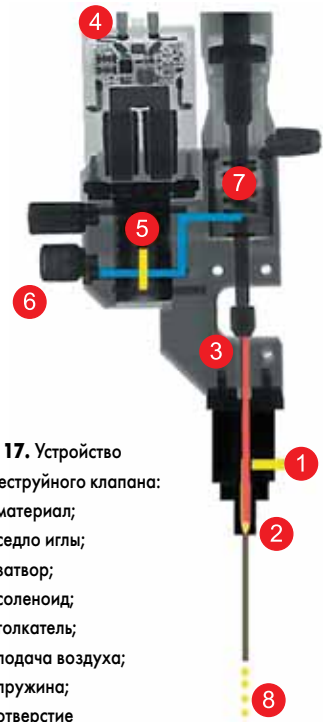
**Рис. 16.** Образец нанесения материала клапаном завесы

ненты. Для заполнения тневых зон необходимо менять направление нанесения или сразу заполнять необходимые участки небольшим количеством материала.

**Каплетруйный клапан**

Конструкция каплетруйного клапана предполагает быстрое точечное нанесение материала. Облегченный вес конструкции клапана позволяет наносить материал с частотой до 120 Гц. Это означает, что машина может наносить до 120 точек в секунду. В выключенном состоянии материал (1) удерживается в седле иглы (2) с помощью затвора (3). При подаче электрического импульса на соленоид (4) толкатель (5) открывает подачу воздуха. Под давлением воздуха (6) затвор поднимается в крайнее верхнее положение. При снятии электрического импульса с соленоида пружины (7) опускают затвор в седло иглы. Материал, скопившийся в игле в открытой фазе, выходит под воздействием импульса из отверстия (8), как видно на рис. 17.

Программное обеспечение позволяет индивидуально настраивать такие параметры, как скорость работы приводов, частота нанесения точек, длительность фазы и давление материала. Изменение частоты нанесения точек определяет количество точек в секунду. В зависимости от частоты нанесения и скорости работы приводов система способна наносить



**Рис. 17.** Устройство каплетруйного клапана:

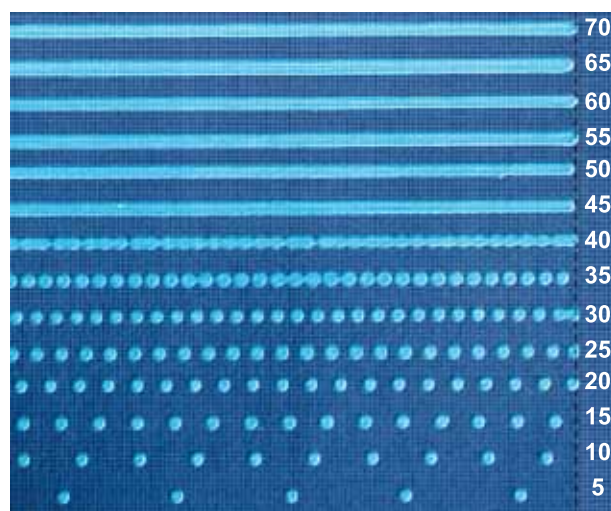
- 1 — материал;
- 2 — седло иглы;
- 3 — затвор;
- 4 — соленоид;
- 5 — толкатель;
- 6 — подача воздуха;
- 7 — пружина;
- 8 — отверстие

материал или отдельными точками, или линиями (рис. 18).

С помощью параметра длительности фазы можно задавать настройки широтно-импульсной модуляции (рис. 19), то есть отношение между активной (с напряжением) и пассивной (без напряжения) фазой длительности периода (частоты).

Данный принцип позволяет легко регулировать размер точки, не прибегая к изменению давления наносимого материала (рис. 20).

При растущей тенденции применять все меньшие по размеру компоненты и использовать плотный монтаж данная технология представляет собой единственную возможность точного и качественного нанесения влагозащитного материала. Из-за отсутствия других альтернатив нанесения — это технология будущего. Скорость нанесения при данном способе достигает 350 мм/с.



**Рис. 18.** Зависимость нанесения материала от частоты

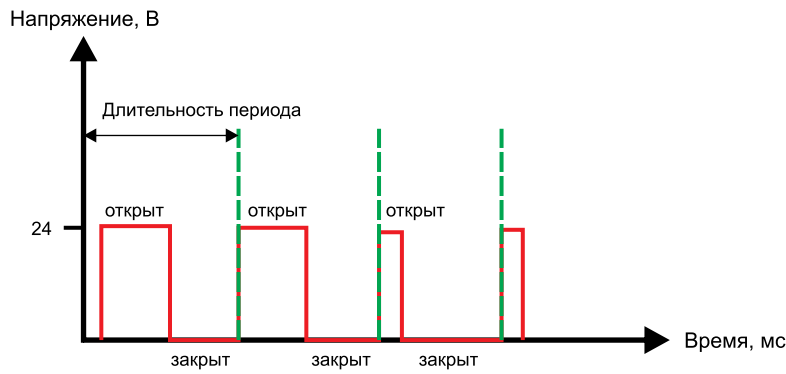


Рис. 19. Принцип широтно-импульсной модуляции

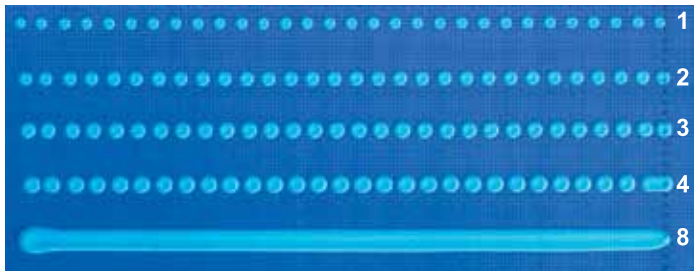


Рис. 20. Зависимость размера точек от длительности фазы



Рис. 21. Ширина нанесения покрытия насадкой Vario Coat

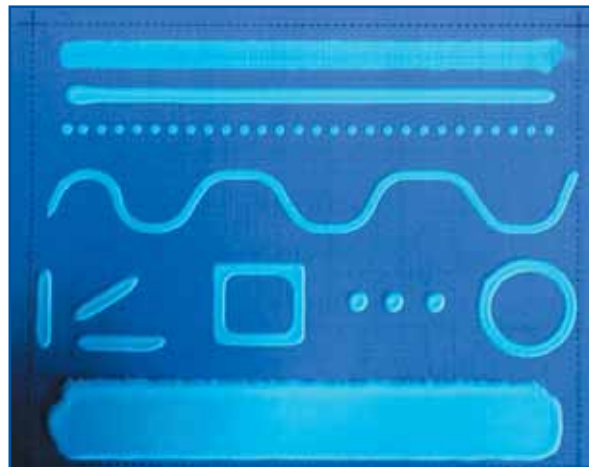


Рис. 22. Возможности насадок Vario Coat

Таблица. Сравнительная таблица клапанов

	Падение капли после нанесения	Мертвое пространство	Склонность попадания материала на нежелательные участки	Прочность	Точность	Ширина линии	Скорость	Цена	Диапазон вязкости
Мембранный клапан	--	--	+	++	0	+++	+	++	+
Игольчатый клапан	-	++	+	++	0	++	+	++	+
Распылительный клапан	-	++	-	+	-	++	+	++	-
Поршневой клапан	++	+	+	++	0	+	+	++	-
Эксцентриковый шнековый клапан	++	--	+	+	0	+	+	-	++
Клапан завесы	+	++	+	+	+	++	++	+	--
Каплевидный клапан	+	++	+	+	+	+++	+	+	++

Примечание: (++) — отлично; (+) — хорошо; (0) — удовлетворительно; (-) — неудовлетворительно; (--) — крайне неудовлетворительно; (\*) — только с применением насадок Stream Coat и Vario Coat.

## О компании Rehm

Компания Rehm является ведущим производителем инновационных системных термических решений и пользуется доверием у клиентов во всем мире. Компания располагает филиалами в Европе, Америке и Азии, а также 26 представительств в разных странах, поэтому имеет возможность не только быстро поставлять оборудование и комплектующие, но и предоставлять отличный сервис на местах — по всему миру и в любое время суток!

Для указанного типа клапана Rehm Thermal Systems предлагает специальные запатентованные насадки Vario Coat, разработанные компанией KC Produkte. С помощью насадок Vario Coat и опционально подключаемого скрытого воздушного сопла возможно нанесение материала под корпус компонентов. Реализуемый показатель — ширина линии 20 мм и более. Для полного нанесения материала на бумагу формата А4 и толщиной 70 мкм достаточно всего 14 с (рис. 21).

В рамках одной программы, используя насадки Vario Coat, не теряя времени на переоснащение, но изменяя настройки, можно наносить материал сразу тремя способами (распылением, каплеустройно и линиями), как показано на рис. 22.

Преимущества данного клапана заключаются в способности селективно наносить материал на компоненты или под них, а также легко программно настраивать ширину линии.

## Выводы

Постоянное усовершенствование электронных технологий приводит к появлению все более сложных узлов. Условия эксплуатации электроники становятся все многообразнее. Факт, что навигационные системы могут бесперебойно работать как летом при +30 °С, так и зимой при -20 °С, сегодня очевиден. Большую роль в достижении таких результатов сыграло появление селективного метода нанесения защитных покрытий. Миниатюризация электронных устройств и требования обеспечения высокой точности нанесения материала между элементами, которые должны быть покрыты или оставаться свободными от защитного материала, создали потребность поиска правильного метода нанесения. Каплевидный клапан с запатентованными насадками VarioCoat позволяет решить эту задачу и делает возможным точное нанесение материала разными способами: распылением, каплеустройно и линиями. В силу разносторонности электронной промышленности существуют задачи, где определяющее значение имеет не точность, а скорость нанесения материала. Клапан завесы делает возможным нанесение материала со скоростью 600 мм/с. Для нанесения тиксотропных материалов как нельзя лучше подходит поршневой клапан с эффектом возврата материала в насадку (таблица).

# Рентгенофлуоресцентные анализаторы толщины покрытий и химического состава материалов Oxford Instruments.

## Опыт применения и новые возможности

**Компания Oxford Instruments, основываясь более чем на 40-летнем опыте разработок и производства рентгенофлуоресцентных анализаторов покрытий, предлагает вашему вниманию расширенную линейку приборов. Измерение толщины покрытия, базирующееся на рентгенофлуоресцентном анализе (РФА), является точным и надежным методом, который обеспечивает простое, быстрое неразрушающее исследование толщины и химического состава покрытий, не требующее подготовки образцов. Таким образом можно выполнить анализ твердых веществ или жидкостей с различным химическим составом в диапазоне элементов от Al13 до U92.**

**Александра Новикова**

nan@synercon.ru

В статье рассказывается об опыте внедрения и эксплуатации РФА-толщиномеров на российских предприятиях, а также предлагается простой и наглядный навигатор по выбору толщиномера для решения технологических задач.

РФА-толщиномеры Oxford Instruments успешно внедрены и эксплуатируются на российских предприятиях машиностроительного, приборостроительного, радиоэлектронного комплекса, а также в научно-исследовательских институтах. Среди пользователей — НИИИС им. Седакова (Нижний Новгород), где успешно используется РФА-толщиномер X-STRATA 980. Применение толщиномера позволяет решить следующие задачи:

- ускорить анализ однослойных толстых покрытий (для капельного метода анализ занимает ~1 мин на 1 мкм толщины);
- провести измерение в нескольких точках покрываемой детали для оценки неравномерности покрытия и рассеивающей способности электролита;
- выполнить измерение детали с нанесенным многослойным покрытием (без потери внешнего вида) — при возникновении вопроса о качестве нанесенного покрытия;
- встроенный цифровой микроскоп позволяет за протоколировать внешний вид гальванического покрытия и качество поверхности деталей;
- применение X-STRATA 980 вместо капельного метода снижает вредность проводимых работ.

Помимо анализа покрытий, X-STRATA 980 помогает проводить экспресс-анализ химического состава металлов и сплавов:

- химический анализ припоев ПОСК и ПОИп занимает от 1 до 2 недель. При использова-

нии X-STRATA 980 время анализа сокращается до нескольких минут и отпадает необходимость в работе с кипящими кислотами;

- при использовании X-STRATA 980 для анализа припоя ПОС ликвидируется выброс паров тяжелых металлов.

В 2015 году компания Oxford Instruments расширила линейку толщиномеров, предлагая широкий выбор измерительных камер и комплектаций приборов. Для всех моделей остается неизменным:

- соотношение цена/качество;
- широкий спектр решаемых задач;
- открытое программное обеспечение;
- не требует стандартов для создания программ пользователем;
- простота использования;
- возможность работы в режиме «24×7»;
- произведено в Германии.

Неразрушающий анализ за несколько секунд позволяет выполнить:

- анализ толщины и химического состава гальванических и химических покрытий на любой подложке;
- измерение толщины покрытия на выводах электронных компонентов;
- измерение толщины проводников и контактных площадок на печатных платах;
- утилизацию электронных компонентов (RoHS);
- анализ ювелирных изделий;
- анализ элементов солнечных батарей;
- входной контроль химического состава различных сплавов;
- анализ электролитов.

Все модели можно объединить в несколько групп.





Рис. 1. Анализаторы MAXXI 5



Рис. 2. Анализаторы MAXXI 6

**Группы анализаторов**

**Eco Series/MAXXI 5**

Анализаторы серии Eco разработаны для ежедневных рутинных анализов и предлагают лучшее соотношение цена/качество в данном классе оборудования.

Анализаторы MAXXI 5 (рис. 1) являются универсальными приборами и позволяют проводить высокоточные измерения в различных областях.

Дополнительно для MAXXI 5:

- Для точных результатов измерения независимо от размера образца: набор коллиматоров с настраиваемыми параметрами трубки.
- Для автоматизации измерений: программно управляемый измерительный стол с перемещением по осям X/Y и с моторизированным перемещением измерительной головки.



Рис. 3. РФА CONTI System

**Анализатор X-STRATA 920**

Анализатор X-STRATA 920 — идеальное решение для анализа контактов, печатных плат в автоматическом режиме благодаря щелевой конструкции измерительной камеры и столику для образцов с программируемым перемещением.

В таблице представлены максимальные размеры образцов, которые могут быть размещены в измерительных камерах.

**Анализатор MAXXI 6**

Анализатор MAXXI 6 (рис. 2) — уникальные анализаторы с большой измерительной камерой щелевой конструкции. Позволяет решать задачи измерения от толщины однослойных покрытий до тончайших структур и химического состава с низким пределом обнаружения.

MAXXI 6 — инновационный настольный рентгенофлуоресцентный анализатор для измерения толщин от нанометровых величин на очень маленьких образцах (например, электронные компоненты). MAXXI 6 имеет низкие пределы обнаружения и позволяет проводить анализ на соответствие директивам RoHS, WEEE, ELV.

Особенности:

- дрейфовый кремниевый детектор (SDD) с высоким разрешением для простой идентификации элементов;

- цифровой пульсирующий процессор HiSpec для достижения максимального рентгеновского потока за минимальное время;
- 8 коллиматоров различного размера позволяют проводить анализ в заданной точке;
- воздушная измерительная камера для анализа элементов от Al13 до U92;
- щелевая конструкция измерительной камеры с внутренним объемом (Ш×Д×В): 500×450×170 мм.

**РФА CONTI System**

Абсолютно новым методом анализа толщины покрытий является РФА CONTI System (рис. 3). Уникальная система дает возможность проводить анализ толщины и химического состава покрытий на потоке. Диапазон измеряемых элементов от Ti22 до U92. Нет ограничения на размеры образцов. CONTI System разрабатывается индивидуально в соответствии с задачами пользователя. Управление осуществляется от внешнего компьютера.

Все представленные модели имеют заключение по НРБ, сертификат соответствия и свидетельство о внесении в Реестр средств измерения РФ.

ООО «СИНЕРКОН» — эксклюзивный дистрибьютор Oxford Instruments Analytical.

[www.synercon.ru](http://www.synercon.ru)

**Таблица.** Максимальные размеры образцов, которые могут быть размещены в измерительных камерах

COMPACT Eco	MAXXI Eco	MAXXI 5
Максимальный размер образца 380×370×100 мм	Большая измерительная камера. Максимальный размер образца 470×500×170 мм	Большая щелевая измерительная камера. Максимальный размер образца 600×500×350 мм
Стационарный или перемещаемый вручную измерительный столик		Стационарный или моторизированный измерительный столик и измерительная головка

# Тестеры Pilot4D V8 для ремонта. Опыт зарубежных специалистов

**В условиях развития современных технологий и увеличения стоимости тестирования на смену внутрисхемным тестерам типа «поле контактов» пришли устройства с подвижными пробниками, ставшие полезным дополнением и к функциональному тестированию.**

**Игорь Рыков  
Вадим Кусков**

info@sovtest.ru

Более того, тестеры с подвижными пробниками (рис. 1) активно используются не только на стадиях разработки и изготовления единичной продукции, но и при крупносерийном многономенклатурном выпуске изделий, поскольку значительно сократилось время создания тестовых программ и увеличилась производительность таких систем.

Лет 10–20 назад вопрос о возможности использования тестера с подвижными пробниками для ремонта электронных модулей прозвучал бы довольно странно, ведь в то время основной технологией автоматического выявления дефектной продукции являлось функциональное тестирование модулей, проводившееся на специализированных стендах. Однако повышенная сложность электронных модулей и прогрессивное развитие технологий тестирования с помощью подвижных пробников в корне изменили концепцию тестирования.

Специалисты современных сервисных центров, занимающиеся ремонтом электроники и имеющие большой опыт использования тестеров с подвижными пробниками, пришли к выводу, что для максимально точной локализации неисправностей смонтированных модулей эти системы должны от-

вечать ряду требований. Дальнейшая информация, представленная в статье, основана исключительно на опыте экспертов мирового уровня.

Итак, каким же требованиям должны соответствовать тестеры с подвижными пробниками для выполнения качественного ремонта современной аппаратуры, включая изделия ответственного назначения (авиакосмического и оборонного применения)?

1. Создание тестовой программы при отсутствии исходных данных из САПР.

При выполнении функционального тестирования достаточно лишь тестовой программы и принципиальной схемы модуля, однако для тестеров с подвижными пробниками этого мало: необходимы данные из САПР, включая список цепей, перечень компонентов, абсолютные координаты электронного модуля и положение тестируемых компонентов. При ремонте электронных модулей нужные данные об образце нередко отсутствуют, а без них создать тестовую программу на системах с подвижными пробниками не удастся.

2. Генерация принципиальной схемы (при отсутствии исходных данных из САПР) для последующего функционального контроля.

Для выполнения качественного ремонта сложных электронных модулей недостаточно только внутрисхемного контроля. Следует задействовать дополнительные инструменты для выполнения различных видов проверок (например, функциональное тестирование). В этом случае требуется вся исходная информация об изделии. При ее отсутствии тестовая система должна иметь возможность воссоздать конструкторскую документацию (принципиальные схемы, перечень компонентов и т. д.).

3. Максимальный доступ к тестовым точкам и/или выводам компонентов.

Тестовая система должна обладать максимально возможным количеством независимо подвижных пробников (оптимально — не менее 8 шт.). Обязательное условие — двусторонний доступ к изделию в формате «4 + 4».

4. Расширенный набор тестовых инструментов. В стандартном режиме тестеры с подвижными пробниками работают как качественный анализатор производственных дефектов и обеспечивают



Рис. 1. Тестер с подвижными пробниками Pilot4D V8

70–80% покрытия тестируемого образца. Поэтому для проведения эффективных ремонтных мероприятий тестеры с подвижными пробниками должны обладать широким набором инструментов, работающих как с подачей питания, так и без него.

5. **Расширенный функциональный контроль.** Во время тестирования с подачей питания на исследуемый образец тестеры с подвижными пробниками должны иметь инструменты для выполнения аналогового, цифрового тестирования, а также периферийного сканирования и внутрисхемного программирования.

6. **Точная локализация неисправностей.** При ремонте смонтированных электронных модулей задача функционального тестирования — удостовериться в работоспособности модуля. Задача подвижных пробников — точно определить дефектную область тестируемого образца, чтобы по результатам проверки наладчик РЭА смог выполнить соответствующие мероприятия по ремонту смонтированного модуля. Поэтому необходима максимально точная локализация неисправностей.

7. **Ремонт модулей с конформным покрытием.** Конформное покрытие электронных модулей затрудняет доступ к тестовым точкам. И хотя процедура снятия такого покрытия с модуля является стандартной, нужно, чтобы тестер с подвижными пробниками мог работать с электронными модулями без предварительного снятия конформного покрытия.

8. **Минимальные временные затраты на генерацию тестовых последовательностей при максимальном тестовом покрытии и производительности системы.**

При тестировании электронных модулей на этапе производства основными критериями считаются производительность, время создания тестовых программ и расходы на тестирование. В ремонте же наиболее значимым показателем является максимальное покрытие дефектов электронного модуля. Система должна обладать возможностью локализации всех вероятных дефектов, а время на подготовку тестовых программ должно быть минимальным.

Среди представленных на российском рынке тестеров с подвижными пробниками система Pilot4D V8 является наиболее эффективной. Данная модель не имеет аналогов, поскольку обеспечивает полноценный двусторонний доступ к исследуемому образцу за счет работы 8 независимых подвижных пробников (максимально возможное количество пробников систем-конкурентов — 6), а широкий

набор тестовых решений выгодно отличает Pilot4D V8 от систем других производителей.

Для того чтобы проверить, в полной ли мере тестер Pilot4D V8 отвечает заявленным требованиям для эффективного ремонта электронных модулей, специалисты компании Seica провели анализ всех функциональных возможностей системы.

### Создание тестовой программы при отсутствии исходных данных из САПР

Технология обратного проектирования, реализованная в тестере Pilot4D V8, позволяет выполнять внутрисхемное тестирование образцов даже при отсутствии данных из САПР. С помощью встроенных цифровых камер высокого разрешения система делает снимки тестируемого образца с двух сторон и передает изображения в программную среду VIVA, где специалист размещает элементы тестируемого образца (компоненты, переходные отверстия, контактные площадки), а потом система автоматически генерирует список цепей платы. Полученная информация позволяет в автоматическом режиме создавать тестовые программы для внутрисхемного контроля смонтированных модулей.

### Генерация принципиальной схемы (при отсутствии исходных данных из САПР) для последующего функционального контроля

Система Pilot4D V8 содержит набор инструментов, позволяющих передавать полученную информацию о тестируемом образце в любую систему автоматического проектирования, а также создавать конструкторскую документацию электронного модуля (чертежи, принципиальные схемы и пр.). По желанию заказчика эти данные можно использовать для клонирования электронных модулей. Полноценный двусторонний доступ и набор тестовых средств помогают точно воссоздать принципиальную электрическую схему модуля, необходимую для выполнения функционального контроля.

### Максимальный доступ к тестовым точкам и/или выводам компонентов

Основная особенность системы Pilot4D V8 — полноценный двусторонний доступ к тестируемому модулю (по 4 пробника с каждой стороны), что обеспечивает максимальное тестовое покрытие образца (покрытие дефектов), особенно если ремонтируемая плата

не содержит специальных тестовых площадок. Прецизионная точность позиционирования пробников позволяет контактировать даже с галтелями компонентов (минимальная область контактирования 50 мкм).

### Расширенный набор тестовых инструментов

Система Pilot4D V8 использует современные аппаратно-программные средства для внутрисхемного и функционального контроля, которые позволяют тестеру эффективно выполнять внутрисхемное, функциональное тестирование, а также периферийное сканирование и внутрисхемное программирование с помощью 8 независимых подвижных пробников.

В зависимости от режима функционирования тестер Pilot4D V8 применяет различные методы и технологии контроля электронных модулей (табл. 1).

В таблице 1 представлены основные тестовые технологии, реализованные в системе Pilot4D V8, которые используются в зависимости от того, в каком режиме работает тестер — с подачей питания или без. Некоторые из них уникальны и применяются только на тестерах производства фирмы Seica:

- Технология PWMON позволяет определить области залипания на сложных (смешанных/цифровых) цепях электронных модулей без использования специализированных библиотек тестирования.
- Графическая среда Quicktest для ускоренной подготовки функциональных тестов без использования языков макропрограммирования.
- Бесконтактные методы тестирования применяются дополнительно к внутрисхемному/функциональному и цифровому тестированию, что позволяет точнее локализовать неисправность электронного модуля. К таким методам относится температурный анализ, который выполняется с помощью специальных пробников (расположены с каждой стороны тестируемого образца), выявляющих температурные аномалии на поверхности компонентов, тем самым локализуя перемежающиеся и скрытые дефекты изделия.

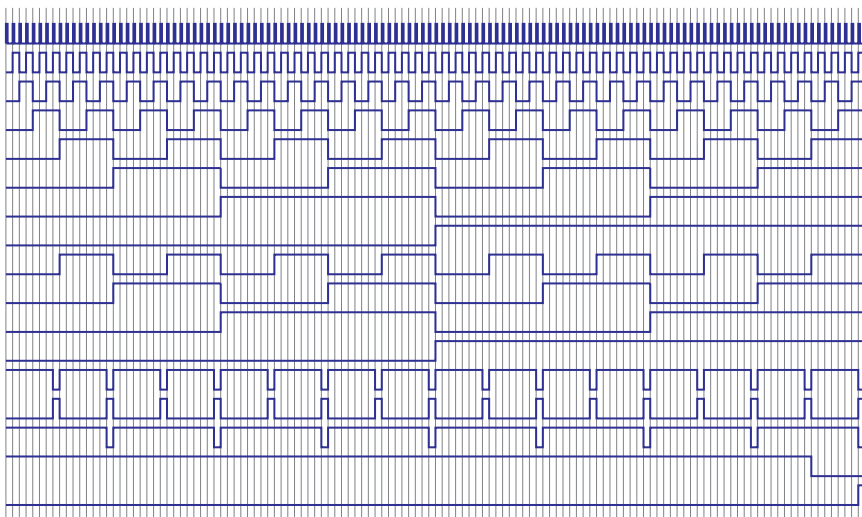
Для снижения риска повреждения компонентов или печатной платы на всех тестерах модели Pilot4D V8 установлены пробники мягкого контактирования (позиционирование на выводах чип-компонентов 01005). Кроме того, в управляющей программе VIVA задается максимальное количество касаний для каждой тестовой точки. При превышении лимита программа автоматически перенаправит пробник на другую точку этой цепи.

### Расширенный функциональный контроль

Для выявления явных и даже скрытых дефектов на ремонтируемом электронном модуле в тестовой системе Pilot4D V8 реализованы следующие технологии и инструменты функционального тестирования:

Таблица 1. Методы и технологии контроля электронных модулей, реализованные в Pilot4D V8

Режим без подачи питания	Режим с подачей питания
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Анализ производственных дефектов (R, L, C, транзисторы, диоды, реле).</li> <li>• Безвекторное тестирование микросхем (технология OPENFIX, AUTIC).</li> <li>• Оптическая инспекция (AOI).</li> <li>• Метод узловых импедансов (технология FNODE).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Внутрисхемное тестирование микросхем.</li> <li>• Внутрисхемное программирование цифровых элементов.</li> <li>• Анализ логики изделия (PWMON).</li> <li>• Температурный анализ.</li> <li>• Силовые пробники (до 3 А).</li> <li>• Периферийное сканирование (FLYSCAN).</li> <li>• LED-сканирование.</li> <li>• Лазерная инспекция.</li> </ul>
Программная среда QUICKTEST	



**Рис. 2.** Диаграмма логических уровней микросхемы

- Интерактивная графическая среда QUICK-TEST позволяет оператору создавать простой функциональный тест без знания специализированных макросов (языков макропрограммирования). Достаточно иметь только принципиальную схему изделия. Программа автоматически задействует необходимые тестовые инструменты и обеспечивает коммутацию с требуемыми цепями/сигналами/компонентами. С помощью QUICKTEST можно изменять параметры частотных сигналов, напряжение, ток, генерировать аналоговые и цифровые сигналы.
- При цифровом внутрисхемном контроле микросхемы проверяются на соответствие таблице истинности. Технология DIGIPLEX в автоматическом режиме проверяет логику компонентов, используя имеющуюся библиотеку (свыше 4000 компонентов) (рис. 2).
- Аппаратно-программный ОВП-модуль позволяет системе реализовать внутрисхемное программирование цифровых устройств без подключения дополнительных проводов к тестируемому образцу.
- Опция FLYSCAN реализует периферийное сканирование плат, содержащих один и более компонентов, поддерживающих JTAG-интерфейс. Применение технологии периферийного сканирования посредством FLYSCAN обеспечивает электрический доступ к выводам компонентов, которые физически недостижимы для подвижных пробников. Таким образом, данный метод расширяет тестовое покрытие и гарантирует точную локализацию неисправностей.

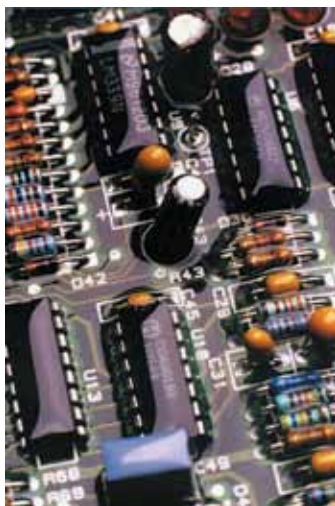
### Точная локализация неисправностей

Поскольку система обладает широким набором инструментов, то применение нескольких методов тестирования для проверки одного электронного модуля повышает возможность определить наиболее точное место нахождения неисправности. Дополнительно используется программный инструмент Diagnostic Expert System (DES), который на основе результатов различных тестов показывает наи-

более вероятное место нахождения дефекта (рис. 3). Данное решение успешно применяется на предприятии Foxconn, которое является ведущим мировым производителем и поставщиком электроники для таких компаний, как Canon, Motorola, Apple и Intel.

### Ремонт модулей с конформным покрытием

Процедура удаления конформного покрытия с электронного модуля перед началом тестирования не всегда осуществима или экономически выгодна, поэтому специалисты компании Seica разработали специальные пробники, выполняющие тестирование образцов с конформным покрытием (рис. 4). С помощью пробников с наконечниками 75 мкм система Pilot4D V8 может работать со следующими видами конформных покрытий: акриловыми 1B73 (толщиной 25 и 50 мкм), полиуретановыми 1A33 (толщиной 25 и 50 мкм), ITW Spraytec Jelt Tropiccoat 7361, CRC Industries KF1280, DCA 200H "Vernis transparent" MIL-I-46058C, HUMISEAL 1B73, CRC Industries DATV2, CRC Industries Electrofuge 200.



**Рис. 4.** Фрагмент изделия с конформным покрытием



**Рис. 3.** Локализация неисправных компонентов с помощью инструмента DES

### Минимальные временные затраты на генерацию тестовых последовательностей при максимальном тестовом покрытии и производительности Pilot4D V8

Обратное проектирование, инструменты автоматической отладки и функциональные возможности программной среды QUICKTEST, реализованные в системе Pilot4D V8, помогли значительно сократить время создания тестовых программ и упростить их.

Высокая производительность системы Pilot4D V8 достигается за счет полноценного двустороннего доступа к тестируемому образцу (8 независимых подвижных пробников) и метода узловых импедансов (сокращение тестов на обнаружение короткого замыкания).

Кроме того, широкий набор тестовых инструментов обеспечивает высокую степень покрытия возможных неисправностей (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, короткое замыкание, обрывы цепей, а также дискретные компоненты одинаково хорошо проверяются как с помощью внутрисхемных тестеров типа «поле контактов», так и с помощью тестеров с подвижными пробниками.

Однако необходимо учитывать, что при высокой плотности монтажа модуля затруднен доступ к тестовым точкам. В этом случае тестеры с подвижными пробниками — единственное решение, предоставляющее практически 100%-ное тестовое покрытие ремонтируемого изделия.

Емкостные датчики тестера с подвижными пробниками позволяют определять обрыв цепей между компонентами одной интегральной схемы, которые может пропустить внутрисхемный тестер типа «поле контактов».

По сравнению с подвижными пробниками внутрисхемный тестер типа «поле контактов» больше подходит для работы с устройствами SSI/MSI (малой и средней степени интеграции — менее 500 компонентов) за счет полного доступа к тестируемому образцу. Однако благодаря технологии PWMON тестеры с подвижными пробниками предпочтительны для контроля устройств с корпусами FPGA (ПЛИС) и ASICs (специализированная интегральная схема), в тех случаях когда использование внутрисхемного тестера типа «поле контактов» при отсутствии библиотеки тестирования не представляется возможным.

**Таблица 2.** Сравнительный анализ возможностей внутрисхемного тестера типа «поле контактов» и тестера с подвижными пробниками при выявлении неисправностей изделий (при условии реализации 100%-го доступа к изделию)

Неисправности	Тестовые технологии	Внутрисхемный тестер типа «поле контактов»	Тестер с подвижными пробниками
Короткое замыкание, обрыв	Резистивный метод и метод узловых импедансов	до 100%	100%
Дискретные компоненты	Внутрисхемное тестирование	100%	100%
Припаянность выводов	Технология OPENFIX	70–100%	100%
Механические повреждения	Оптическая, лазерная инспекция, температурный анализ	не доступны	>80%
Неисправные аналоговые устройства	Функциональный контроль с подачей питания	100%	100%
Залипание (SSI/MSI)	Принудительная установка в 0/1	100%	60–80%
Залипание (VLSI, FPGA)	Принудительная установка в 0/1	отсутствие библиотеки	40–60%
Залипание (JTAG)	Периферийное сканирование	100%	100%
Неисправности аналогового устройства	Тестирование ввода/вывода	Хорошо	Отлично
Неисправности цифрового устройства	Тестирование ввода/вывода, самотестирование	Неудовлетворительно	Отлично

Наконец, функциональный контроль с помощью тестера с подвижными пробниками более эффективен, поскольку в отличие от внутрисхемного тестера типа «поле контактов» не нужно приобретать дорогостоящую двухуровневую тестовую плату «поле контактов».

Проведенный анализ функциональных возможностей системы Pilot4D V8 (SEICA SpA, Италия) показал, что она полностью отвечает требованиям, которые предъявляют сервисные компании к подобному оборудованию. Поэтому тестер Pilot4D V8 является оптимальным решением как для контроля качества выпускаемой продукции, так и для выявления дефектной продукции при ремонте электронных модулей.

Среди зарубежных клиентов фирмы Seica есть и те, кто применяет систему Pilot4D V8 исключительно для ремонта смонтированных модулей (рис. 5). Некоторые из них, в полной мере оценив возможности тестера, используют на своем производстве несколько таких систем (например, Foxconn) или заменили ими действовавшее ранее подобное оборудование других производителей, что еще раз подтверждает эффективность данного решения в области ремонта электроники.

Но насколько эффективен тестер Pilot4D V8 в ремонте? По ряду причин информации о применении данного оборудования в этой сфере недостаточно. Во-первых, большая часть сервисных центров принадлежит оборонным предприятиям или их международным поставщикам, а потому они не имеют права разглашать сведения о своей работе. Во-вторых, количество однотипных плат, которые тестируются за определенный промежуток времени (скажем, за год), невелико, часто лишь несколько единиц, в связи с чем

невозможно получить статистические данные из такого количества образцов. В-третьих, даже если эти данные доступны, их необходимо правильно интерпретировать.

Сколько однотипных плат было протестировано? Являются ли они неисправными или неисправности не обнаружены? Эффективны ли мероприятия по устранению неисправностей? На какой стадии применялся тестер с подвижными пробниками? Какие тестовые методы при этом использовались?

Для того чтобы ответить на эти вопросы и получить достоверные данные, необходимо действовать по следующему сценарию:

- тестирование достаточного количества ПП одного типа (например, несколько сотен) за определенный промежуток времени;
- изначальное подтверждение неисправности ПП при ее установке в РЭА или на стадии функционального тестирования;
- последующее тестирование плат в системе Pilot4D V8 для определения процента подтвержденных неисправных образцов;
- диагностика и ремонт неисправных плат;
- повторная проверка работоспособности отремонтированных плат в составе РЭА или с помощью функционального тестера для подтверждения их исправности. На данном этапе можно получить достоверные данные и сделать заключение о достаточном покрытии возможных неисправностей, а также об эффективности их диагностики с помощью тестера Pilot4D V8.

На самом деле такой подход трудно реализовать, поэтому специалисты компании Seica подготовили отчет об эффективности использования Pilot4D V8 в ремонте на основе других качественных данных.

Так, во время ежегодного дня открытых дверей вниманию посетителей были представлены отзывы клиентов компании Seica. Нужно отметить, что для каждого заказчика уровень удовлетворенности данным оборудованием зависит от различных показателей. Важно то, что применение тестера Pilot4D V8 в ремонте не исключение. Многие клиенты, в полной мере оценив его возможности, дополнительно установили на своем производстве еще несколько единиц Pilot4D V8 (например, в компании Foxconn установлено шесть Pilot4D V8), что, несомненно, является показателем качества и успешной работы системы Pilot4D V8.

**Отзыв компании Airbus Defence & Space**

«Поскольку мы работаем с нестандартными изделиями, в том числе со спутниковыми платами, основными требованиями для нас являются максимальная точность контактирования пробников с тестовыми площадками и высокая повторяемость позиционирования (рис. 6), а также минимизация повреждений изделия в местах контактирования с тестируемым образцом».



**Рис. 6.** Повторяемость позиционирования пробников Pilot4D V8 в сравнении с другими тестерами с подвижными пробниками

**Отзыв сервисного центра Thales Avionics**

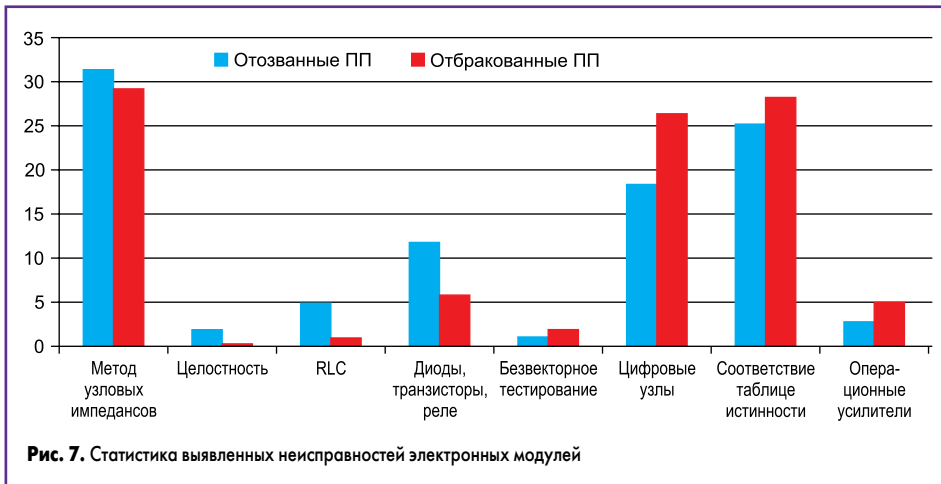
«Для тестирования отозванных плат, предназначенных для авиационной промышленности, в своем центре мы установили систему Pilot4D M4. На графике (рис. 7) приведена статистика выявления неисправностей электронных модулей при их проверке различными методами тестирования: с подачей питания и без. Изначально мы использовали данное оборудование для тестирования и ремонта смонтированных модулей, дефекты которых не были локализованы при функциональном контроле. Так, тестер Pilot4D M4 помог выполнить успешный ремонт 70% всех поступивших плат. Недавно в систему добавлена опция периферийного сканирования FLYSCAN, что позволило значительно улучшить этот результат».

**Отзыв компании Dassault Aviation**

«Специалисты компании решили сравнить систему, которая уже использовалась на нашем производстве (внутрисхемный тестер типа «поле контактов»), с тестером с подвижными пробниками Pilot4D V8, недавно приобретенным с целью сократить расходы



**Рис. 5.** Компании, применяющие тестеры Pilot4D V8 для ремонта электронных модулей



ностей тестера с подвижными пробниками гораздо выше, чем у внутрисхемного тестера типа «поле контактов».

**Отзыв сервисного центра компании Alcatel-Lucent**

«Количество поступающих к нам на ремонт изделий достаточно высокое. Кроме того, электронные модули присылают различные фирмы-производители со всего мира, поэтому зачастую мы просто не располагаем данными САПР для всех образцов. Чтобы произвести ремонт смонтированных модулей, нам необходимо получить эти данные, для чего мы применяем метод обратного проектирования. Раньше мы использовали оборудование, на котором испытания плат проводились вручную: создавалась тестовая программа, электронные модули проверялись, затем проводились ремонтные мероприятия и изделия отправлялись обратно к заказчику без выполнения окончательного функционального тестирования. При таком подходе количество отозванных изделий, отремонтированных вручную в нашем центре или в субподрядных организациях, составляло 30%. После установки тестера Pilot4D V8 количество возвратов снизилось до 10%».

**Отзыв крупного центра по ремонту оборонной авиатехники во Франции**

«Наша организация приобрела систему Pilot4D V8 для ремонта специальных изделий, где обратное проектирование используется при создании не только тестовой программы для контроля печатных плат, но и конструкторской документации и клонировании электронных модулей для пополнения склада запасных частей (рис. 8). С поставленными задачами система справляется на все 100%».

Таким образом, можно с уверенностью говорить об уникальности системы Pilot4D V8. Проведенные исследования ее функциональных возможностей показали, что данная модель является наиболее эффективной не только при разработке и выпуске продукции, но и при ремонте радиоэлектронных изделий.

**Таблица 3.** Сравнительное время тестирования с помощью систем с подвижными пробниками и «поле контактов»

Система	Тестер с подвижными пробниками Pilot4D V8		Внутрисхемный тестер типа «поле контактов»	
	Создание тестовой программы	Выполнение тестирования	Создание тестовой программы	Выполнение тестирования
Время	26 ч	Внутрисхемное тестирование	Около 6 недель	Внутрисхемное тестирование
		9 мин		Программирование Flash и FPGA через JTAG
				4 мин 30 с
				3 мин 15 с

ремонт плат с конформным покрытием и без данных САПР

обратное проектирование

клонирование электронных модулей

**PILOT V84D**

**Рис. 8.** Пример использования тестеров Pilot4D V8 в рамках технологии обратного проектирования

на тестирование. Результаты показали, что система с подвижными пробниками имеет существенные преимущества не только

с точки зрения затраченного времени на создание тестовой программы (табл. 3). Самое важное — покрытие возможных неисправ-

## V Всероссийская научно-техническая конференция ЭМС

18 мая 2016 года ЗАО «ТЕСТПРИБОР» приглашает принять участие в конференции на тему «Электромагнитная совместимость (ЭМС)».

Мероприятие проводится совместно с Международной ассоциацией участников космической деятельности (МАКД) и Ассоциацией «Электропитание».

Для обсуждения будут предложены следующие темы:

- Испытания радиоэлектронного оборудования на ЭМС.
- Защита РЭА от ЭМИ.

- Оборудование для испытаний на ЭМС.
- Нормативно-правовая база испытаний ТС на ЭМС.
- Метрологическое обеспечение испытаний в области ЭМС.
- Аттестация ИО, применяемого при оценке соответствия оборонной продукции.
- Вопросы конструирования радиоэлектронной аппаратуры с учетом требований электромагнитной совместимости.
- СВЧ-компоненты.

В ходе конференции прозвучат доклады инженеров и исследователей из Минобороны РФ, госкор-

пораций «Роскосмос» и «Росатом», фирм — разработчиков РЭА, авиационных предприятий, испытательных центров, изготовителей и разработчиков испытательного и измерительного оборудования.

Конференция пройдет в Москве, на базе гостиничного комплекса «Космос» (ВДНХ).

Для участия в конференции необходимо направить заявку в организационный комитет по e-mail: tp@test-expert.ru.

[www.test-expert.ru](http://www.test-expert.ru)



# ЛЕГИОН

производство печатных плат

194295, Санкт-Петербург,  
Поэтический б-р, д.2  
Тел.: (812) 29-38-29, (812) 292-38-30  
Моб. тел.: 8(911)252-14-55  
Факс: (812) 292-38-29,  
E-mail: legion-pp@litt.ru  
[www.1-legion.ru](http://www.1-legion.ru)

**Полный цикл производства печатных плат в Санкт-Петербурге**  
**ЗАО «ЛЕГИОН» — модернизация цеха по производству ПП!**

- ◆ Разработка
- ◆ Изготовление
- ◆ Покрытие Immersion Gold (золочение)
- ◆ Освоено изготовление ПП на основе Al с применением материала Thermal Clad
- ◆ Монтаж
- ◆ Установка SUC-888 — еще один шаг вперед в технологии скрайбирования групповых заготовок ПП!
- ◆ Не только непрерывное, но прерывистое скрайбирование
- ◆ Скрайбирование по осям X и Y
- ◆ Скрайбирование не только ПП на основе FR-4, но и на основе алюминия и меди
- ◆ Размеры заготовок: от 105×105 до 570×400 мм
- ◆ Точность позиционирования: ±0,05 мм
- ◆ Толщина ПП: 0,3–3,2 мм



Реклама

## ООО «ПЕРЕЛ РАША»

192029, Санкт-Петербург, ул. Бабушкина, 3  
Тел. (812) 325-8828, 325-8827. Факс (812) 325-8830  
<http://www.perel-russia.ru> e-mail: [sales@perel-russia.ru](mailto:sales@perel-russia.ru)

Тест-щупы для тестирования  
печатных плат и электронных модулей



Тест-щупы для тестирования высокочастотных  
и коаксиальных разъемов с полосой до 8 ГГц



Твёрдотельные реле DELCON



Реле предназначены для работы в тяжёлых  
производственных условиях.  
Встроенная защита от ёмкостных наводок позволяет  
прокладывать кабель управления вместе с силовыми  
кабелями на расстоянии до 1500 м.  
Гарантия производителя 10 лет.

Реклама

# Достижение заявленных точностей систем пространственного позиционирования

**Знание гордится тем, что так много узнало. Мудрость стыдится того, что не узнала больше.**

Уильям Купер (1760 г.)

**В журнале «Технологии в электронной промышленности» № 8'2015 в статью «Точно в цель. Точно ли?» мы уже сталкивались с проблемой обеспечения точности при проведении испытаний. Как было отмечено, заявленная точность самого оборудования требует подтверждения в ходе проведения первичной аттестации. Но от чего же в итоге зависит достижение заявленной точности системы пространственного позиционирования? Давайте разберемся.**

**Василий Рыбалко**

test@ostec-group.ru

Любой инерциальной системе — а системы пространственного позиционирования (поворотные столы) воспроизводят внешние воздействия именно для испытаний инерциальных систем, датчиков скоростей, ускорений — не должны присутствовать внешние воздействия, такие как вибрация, быстрое неконтролируемое изменение температуры и прочие факторы, оказывающие меньшее влияние.

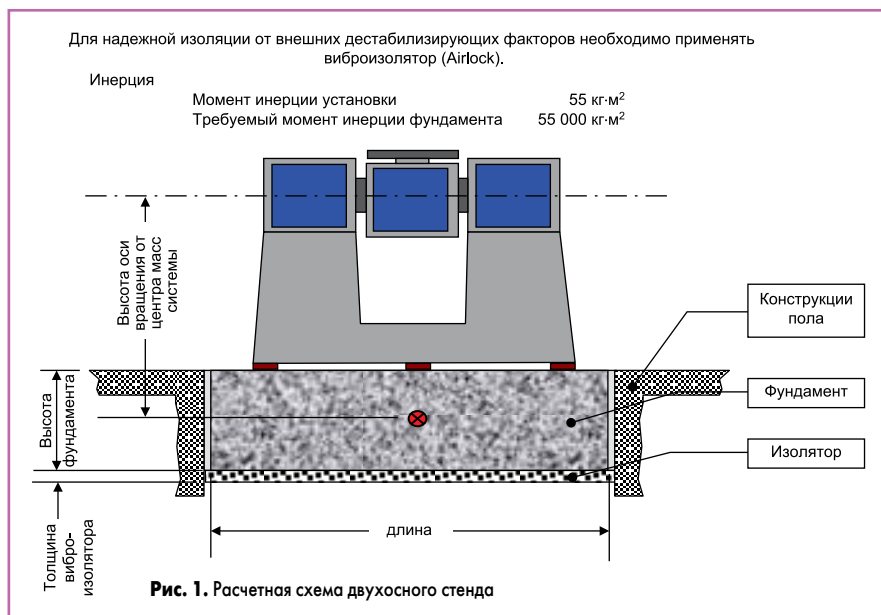
При планировании испытательной лаборатории инерциальных систем следует уделить особое внимание предварительной подготовке помещения. И здесь, как для любых инженерных задач, следует начать с расчетов и создания проекта. Понимаю скепсис некоторых читателей: мол, зачем? 30 лет работали

и все знаем, сделаем на глаз. Но такой подход лишь означает надежду на успех, а не уверенность в нем.

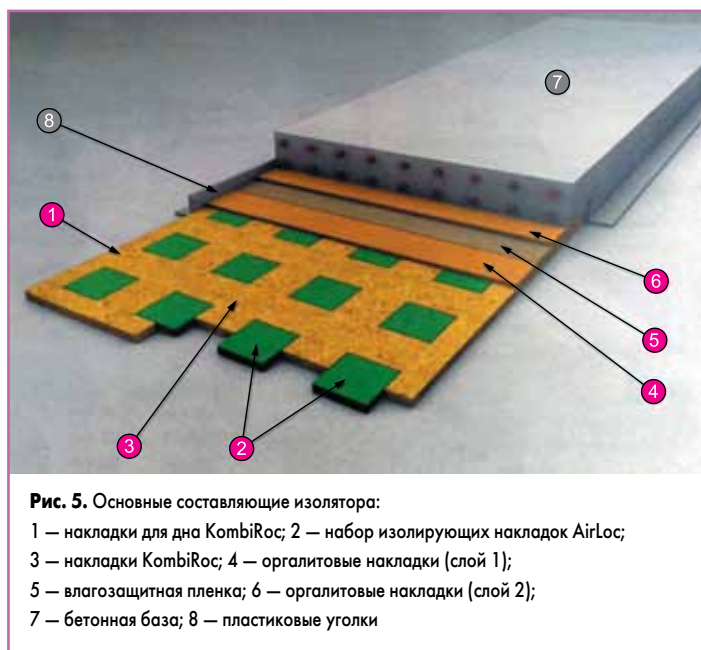
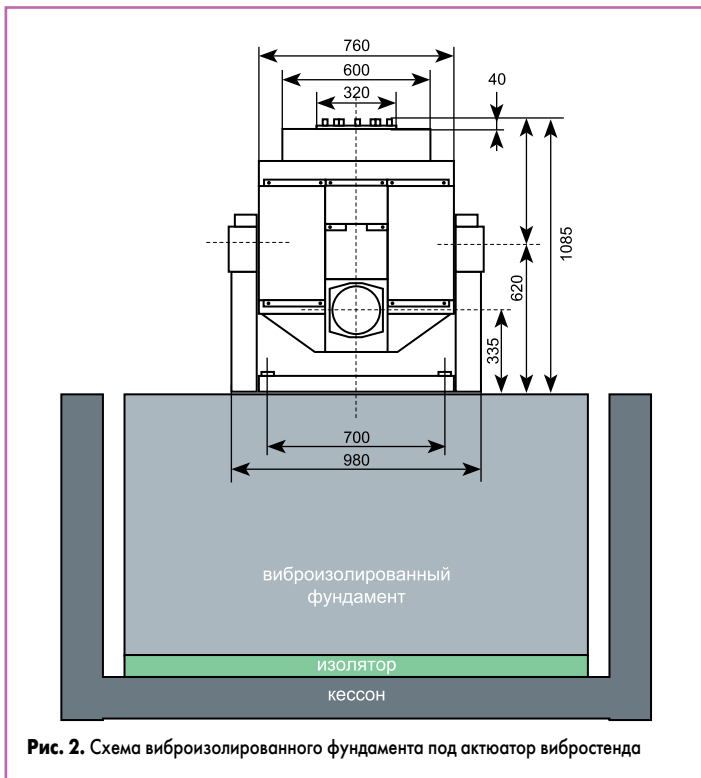
Первое, с чего начинается расчет, — составление краткого технического задания (ТЗ) на испытание, что позволит не только правильно подобрать оборудование, но и уточнить требования к подготовке помещения. Конечно, испытатели зачастую не знают, что будут тестировать завтра, это решает разработчик. Но необходимость такого прогноза будет являться дополнительным стимулом в определении перспективных требований к испытаниям новых образцов на предприятии. Кроме требований разработчиков, есть и регламенты стандартов. К сожалению, стандарты для гироскопов и инерциальных систем еще только разрабатываются ЦНИИ «Электроприбор» (СПб), поэтому основными данными для проектирования места размещения будут являться масса и габариты (оптимальное расположение центра масс) изделия, необходимые скорости и ускорения, количество независимых осей, точность позиционирования. Для примера рассмотрим двухосный стенд, проиллюстрировав расчетную схему на рис. 1.

В этом случае важно знать эмпирическое правило: для динамических систем соотношение моментов инерции движущейся части и фундамента должно быть не меньше 1000. Следовательно, при указанных значениях фундамент будет иметь размеры  $3000 \times 3500 \times 800$  (В) мм и весить примерно 19 тонн.

При выборе места расположения такого фундамента на предприятии не следует пренебрегать основным правилом влияния вибрации от активных источников (машин, станков, проезжей части, компрессоров систем охлаждения) — ее интенсивность падает пропорционально квадрату расстояния. Поэтому после расчета сил инерции самого стенда следует выбирать помещение, максимально удаленное от источников





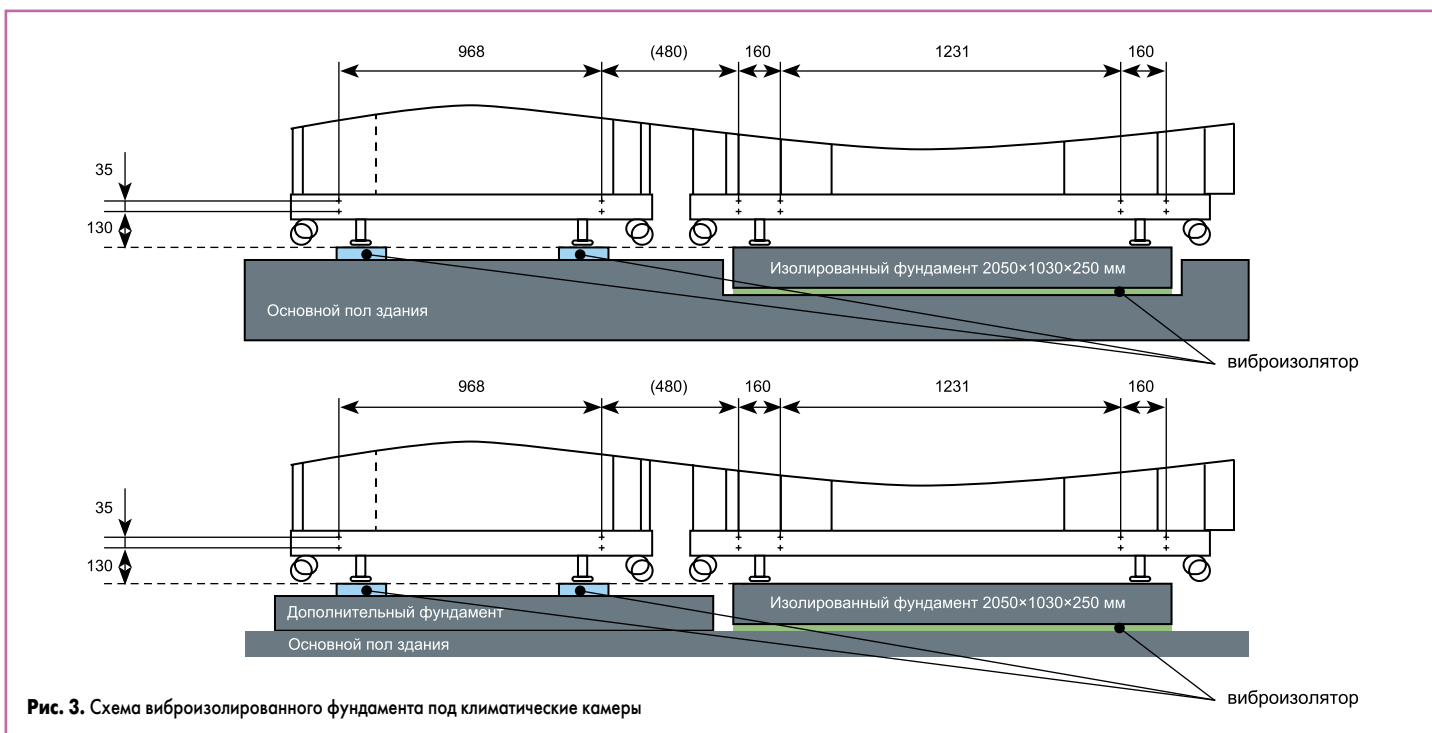


вибрации. Одного планировочного решения все равно будет недостаточно, только использование виброизоляторов позволяет полностью избавиться от паразитной (вредной) вибрации на основании стенда, а значит, и на объекте испытаний.

Такой подход относится не только к системам пространственного позиционирования, но и к климатическим камерам, вибростендам, правда, в последнем случае изолируются уже конструкции здания от возбуждаемой стендом вибрации (рис. 2–4).

Здесь расчет нужно поручить профессионалам — поставщику или производителю демпфирующего материала и оборудования. Опыт применения швейцарских изоляторов AirLoc показал их 100%-ное соответствие требованиям к таким изделиям, оптимальные характеристики, высокую временную стабильность и долгий срок службы (более 50 лет). Это важно, ведь менять элемент конструкции фундамента не просто. Как и при покупке любого продукта, следует сформировать ряд требований для расчета, в том числе массу фундамента (получена из расчета момента инер-

ции), его геометрические размеры, вес оборудования, динамические силы, действующие на изолируемый объект. Готовый проект содержит полные рекомендации к монтажу и учитывает все особенности здания (рис. 5).




**Ц·Э·П·И·К·С**

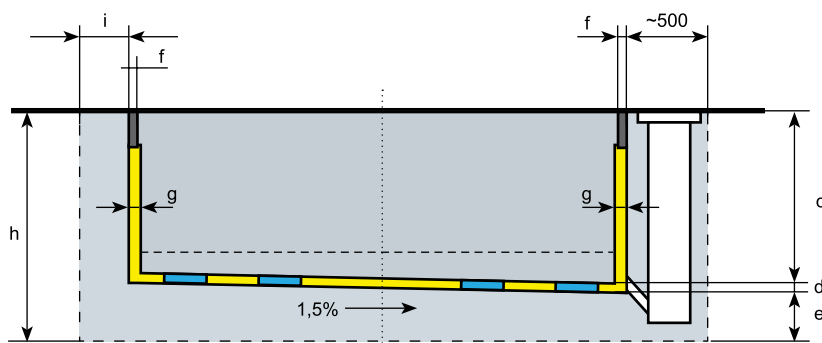

Компания ЦЭПИКС ведущий производитель кабельных сборок, всех типов, на северо-западе России. Опыт работы с зарубежными производителями и наличие современного оборудования позволяет нам работать с любыми заказчиками и с изделиями любой сложности:

- Автоматизированный процесс от заказа до выпуска продукции
- Конструкторский отдел, разработка чертежей, КД
- Большой парк оборудования
- Квалифицированный персонал
- Склад типовых изделий
- Выездная бригада монтажников



**Центр  
Электротехнической Продукции  
и Кабельных Сборок**  
с 2005 года

С-Петербург,  
Поэтический бульвар, д. 2  
Тел./факс:  
292-36-53, 292-36-65,  
292-36-35, 292-37-10  
cepiks.ru


**Рис. 6.** Схема отвода воды из кессона

При проектировании должны быть учтены аспекты гидроизоляции и откачки поступившей сверху воды, например после уборки (рис. 6). Для этого делают приямок с насосом. Конечно, не на последнем месте стоит качество монтажа изоляторов, арматурных работ и бетонирования, нельзя «экономить копейки» на бетоне, класс прочности которого должен быть не ниже В22,5–В25.

После заливки фундамента проводится шлифование твердеющего бетона для обеспечения плоскостности его верхнего основания не только для облегчения юстировки и мон-

тажа оборудования, но и для дальнейшей эксплуатации.

В статье кратко описаны подготовительные этапы работ до установки оборудования. Затем предстоит настройка самой системы пространственного позиционирования с учетом сторон света — от качества проведения этих работ будет зависеть достижимая точность работы оборудования. О процессах настройки и подготовки к аттестации мы поговорим в следующей статье.

*Продолжение следует*

## Рабочие места марки Universal со светодиодным освещением от «Универсал Прибор»



ООО НПФ «Универсал Прибор» приступило к производству рабочих мест марки Universal со светодиодным освещением.

Светильник имеет ударопрочный, пылеводопроницаемый корпус (IP 66) и представляет собой сплав алюминия с анодированным или полимерным покрытием.

Характеристики светильника:

- Потребляемая мощность: 65 Вт.
- Световой поток светодиодов: 7840 лм.
- Световой поток светильника: 5859 лм.
- Производитель светодиодов: Nichia.
- Напряжение питания: 176–264 В.
- Частота: 47–63 Гц.
- Количество светодиодов: 84 шт.
- Рабочий ток светодиодов: 0,117 А.
- Потребляемый ток светильника, не более: 0,19 А.

[www.pribor.ru](http://www.pribor.ru)

## Спиральный вискозиметр PCU-02V от Malcom

Компания Malcom представляет спиральный вискозиметр Малкома PCU-02V.

С помощью вискозиметра PCU-02V можно определить вязкость материала, исследуя образец объемом 0,2 см<sup>3</sup>. Спиральный датчик обеспечивает непрерывное измерение параметров не-ньютоновских жидкостей с хорошей повторяемостью и позволяет

работать с материалами с высокой тиксотропностью. Настройки и данные измерений доступны программно с помощью ПК или без его использования. Функция управления температурой позволяет проводить более точные измерения и выполнять анализ температурных характеристик материала.

[www.elinform.ru](http://www.elinform.ru)



Видеть сегодня промышленное оборудование будущего невозможно, **но технологии производства электроники для него — необходимо**

Гибкость, точность и надежность, что будут присущи промышленному оборудованию завтра, зависят от технологий его производства, которые необходимо внедрять сегодня. У нас уже есть решения для такого развития, разработанные в сотрудничестве с мировыми поставщиками новейшего оборудования и технологий. Эти решения позволяют найти оптимальный путь к успеху производства промышленной электроники.



# Современные технологии и материалы для защиты жгутовых сборок

Современные жгутовые сборки широко распространены в приборах и изделиях ответственного применения, и отказаться от них пока невозможно. Кабельные сборки эксплуатируются в диапазонах температур, близких к экстремальным, в условиях повышенной влажности, повышенного или пониженного давления, в агрессивных средах, при излучениях и вибра нагрузках. Основная функция жгутовых сборок в составе изделий — обеспечение внутриблочной и межблочной коммутации, а значит, и работоспособности изделия в целом. Как известно, надежность системы определяется исправностью самого «слабого» элемента, корректное функционирование которого критично для системы. Жгутовые сборки являются одним из таких элементов.

Сергей Тихонов

tsa@dipaul.ru

Давайте разберемся в современных материалах и методах защиты жгутовых сборок от факторов, оказывающих существенное влияние. К основным из них относятся:

1. Температурный режим эксплуатации.
2. Механические воздействия.
3. Электромагнитное излучение.
4. Агрессивные среды.
5. Высокое или низкое давление.
6. Другие воздействия.

Для того чтобы при изготовлении и эксплуатации предохранить жгутовые сборки от вышеуказанных факторов, используют различные защитные изделия, выполненные на основе термоусаживаемых материалов, плетеные изделия из различных материалов, металлорукава, гофроконduitные системы с соответствующими фитингами.

## Термоусаживаемые компоненты

Эти компоненты имеют широкий температурный диапазон ( $-55...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), стойкость к механическим воздействиям и агрессивным средам, широкую номенклатуру материалов (трубки, разветвители, формовые части, эпоксидные клеи, герметики), возможность получить герметичное соединение при использовании термоусаживаемых компонентов со специальным клеевым слоем. При производстве термоусаживаемых компонентов применяются такие материалы, как полиолефины (PE), эластомеры (синтетические каучуки), фторсодержащие эластомеры (VITON), поливинилхлорид (PVC), полиэтилен-терефталат (PET), фторполимеры, силиконы, этилен-пропилен-диеновая резина (EPDM).

Технология изготовления термоусаживаемых материалов сводится к трем основным этапам:

- экструзия материала;
- модификация или сшивка (изменение структуры материала);
- раздувка (получение материала нужной формы и размеров).

Материал, из которого выполнены термоусаживаемые компоненты, в дальнейшем определяет об-



Рис. 1. Термоусаживаемые изделия: а) трубы; б) трубы с клеевым слоем; в) формованные изделия; г) тройники; д) изделия «перчатки»; е) наконечники

ласть их применения и свойства, то есть способность противостоять влиянию негативных факторов на жгутовую сборку (рис. 1).

## Установочные изделия из различных материалов

Как и термоусаживаемые материалы, кабельные оплетки из моноволоконных нитей изготавливаются из различных материалов, что определяет условия их применения и свойства. В основном кабельные оплетки служат для защиты от механических воздействий кабельных трасс и жгутов любой конфигурации. Обладают большим коэффициентом растяжения, высокими прочностными характеристиками и широким температурным режимом эксплуатации.

### Свойства изделий из различных материалов

Кабельные оплетки из моноволоконных нитей полиэстера (PET): температурный режим  $-50...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$  (кратковременно до  $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), коэффициент растяжения 3:1 (отношение длины растянутого образца в момент растяжения к длине образца до испытания) — рис. 2.

Кабельные оплетки из моноволоконных нитей полибутилентерефталата (PBT): температурный режим  $-70...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$  (кратковременно до  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), коэффициент растяжения 2:1 (рис. 3).

Кабельные оплетки из моноволоконных нитей полиамида 66 (PA66): температурный режим  $-60...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$  (кратковременно до  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), коэффициент растяжения 2:1 (рис. 4).

Кабельные оплетки из нитей полиэстера (PET) и меди (CU): температурный режим  $-40...+175\text{ }^{\circ}\text{C}$  (кратковременно до  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), защита от электромагнитных полей и излучений, высокая устойчивость к абразивному воздействию (рис. 5).

Кабельные оплетки из моноволоконных нитей номекс (Nomex, DuPont): температурный режим  $-70...+240\text{ }^{\circ}\text{C}$  (кратковременно до  $+370\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), коэффициент растяжения 2:1, надежная защита от пламени и экстремальных температур (рис. 6).

Кабельный канал, изготовленный из полиамида 6 (PA6V0): температурный режим  $-40...+90\text{ }^{\circ}\text{C}$  (кратковременно до  $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Предусмотрен особый профиль кабель-канала, позволяющий с помощью аппликатора эффективно поместить кабельный жгут внутрь системы. Гибкое решение для защиты кабеля и проводов от абразивного и механического воздействия (рис. 7).

Спиральная защита кабельных систем из политетрафторэтилена (PTFE): температурный режим  $-60...+260\text{ }^{\circ}\text{C}$  (кратковременно до  $+350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), спиральная защита кабельных систем, защита кабеля и проводов от абразивного и механического воздействия (рис. 8).

Гибкие гофрированные полимерные трубы и фитинги HelaGuard обеспечивают высокую степень защиты кабельных трасс. Изготавливаются из модификаций полиами-

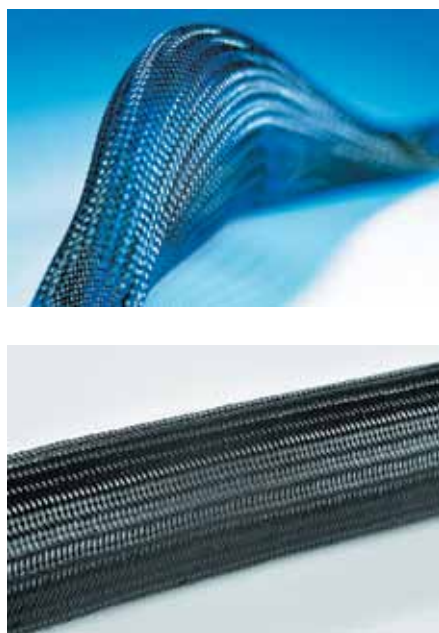


Рис. 2. Кабельные оплетки из моноволоконных нитей (материал полиэстер, PET)



Рис. 3. Кабельные оплетки из моноволоконных нитей (материал полибутилентерефталат, PBT)

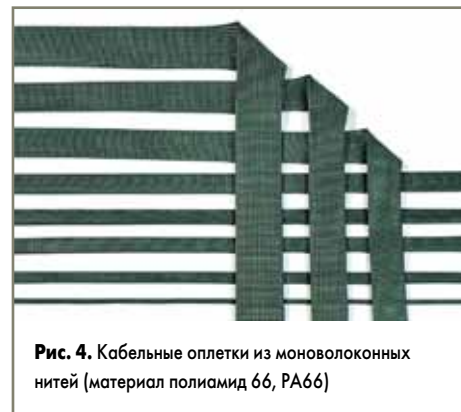


Рис. 4. Кабельные оплетки из моноволоконных нитей (материал полиамид 66, PA66)



Рис. 5. Кабельные оплетки из нитей полимера и меди (материал полиэстер, PET, и медь, Cu)



Рис. 6. Кабельные оплетки из моноволоконных нитей (материал номекс, Nomex, DuPont)



Рис. 7. Быстрая установка жгута в кабельный канал (материал полиамид 6, PA6V0)



Рис. 8. Спиральная защита кабельных систем (материал политетрафторэтилен, PTFE)



**Рис. 9.** Гибкие гофрированные полимерные трубы и фитинги HelaGuard из модификаций полиамида: PA6; PA6-FR



**Рис. 10.** Гибкие гофрированные металлические трубы и фитинги HelaGuard



**Рис. 11.** Гибкие гофрированные металлические трубы с полимерным покрытием и фитинги HelaGuard

да: PA6; PA6-FR (flame retardant — огнестойкий), PA12, в том числе из PP (полипропилен).

Гофрированные разрезные трубы (разъемная конструкция, состоящая из двух гофрированных труб, одна в другой) — серия HG-DC. Предназначены для легкой и удобной модернизации уже построенной системы, а также для ремонта жгутовой сборки. Функционируют в комплексе с фитингами (полимер и никелированная латунь) разнообразных форм: прямые, 90°, 45°, T- и Y-образные и фланцевого типа, с фиксированной метрической либо конической резьбой или поворотные с наружной и внутренней резьбой и уплотнительными кольцами (соответствие стандартам IP66 и IP68/IP69k). Температурный диапазон эксплуатации:  $-50...+120$  °C (рис. 9).

Гибкие гофрированные металлические трубы и фитинги HelaGuard — металлорукава общего назначения из оцинкованной и нержавеющей стали марки 316 AISI с высокой защитой на ударопрочность, с устойчивостью на сжатие и растяжение. Снабжены никелированными фитингами из латуни или нержавеющей стали (SS316) с метрической либо конической резьбой, с плотной фиксацией за счет наружной

или внутренней резьбы. Температурный диапазон:  $-100...+400$  °C (рис. 10).

Гибкие гофрированные металлические трубы с полимерным покрытием и фитинги HelaGuard — металлорукава с PVC-покрытием (ПВХ), PA6 (полиамид) и PO (полиолефин). Такие решения характеризует высокая устойчивость на сжатие, прочность на растяжение и ударопрочность. Совместно с серией HelaGuard поставляются фитинги с метрической либо конической резьбой из никелированной латуни и степенью защиты IP54, а также с дополнительным уплотнительным кольцом и степенью защиты IP65. Доступны фитинги разнообразных форм: прямые, 90°, 45°, T- и Y-образные и фланцевого типа, с фиксированной метрической либо конической резьбой или в качестве альтернативы — поворотные с наружной и внутренней резьбой. Температурный диапазон:  $-40...+120$  °C (рис. 11).

Гибкие защитные металлические трубы с гладким полимерным покрытием и высокой степенью защиты (IP68, IP69k) и фитинги HelaGuard — металлорукава с гладким, стойким к УФ-излучению покрытием из PVC



**Рис. 12.** Гибкие защитные металлические трубы с гладким полимерным покрытием и высокой степенью защиты (IP68, IP69k) и фитинги HelaGuard

(ПВХ) или термопластичным резиновым покрытием и высокой защитой на ударопрочность, с устойчивостью на сжатие, повышенной прочностью на растяжение. В качестве аксессуаров поставляются фитинги с метрической либо конической резьбой из никелированной латуни с дополнительным уплотнительным кольцом для достижения повышенной степени защиты IP68/IP69k. Данная система защиты кабеля подходит для наружного использования. Температурный диапазон:  $-20...+135$  °C (рис. 12).

Гибкие защитные металлические трубы с полимерным покрытием и наружной стальной оплеткой и фитинги HelaGuard — металлорукава с покрытием PVC (ПВХ) и наружным слоем стальной оплетки для повышенной степени ударопрочности и защитой от электромагнитных излучений (экранирование), а также высокой прочностью на растяжение и сжатие. К решениям HelaGuard поставляются как никелированные фитинги из латуни с метрической либо конической резьбой со степенью защиты IP54, так и фитинги с дополнительным уплотнительным кольцом и степенью защиты IP65. Данная серия отличается применением стальной оплетки, которая создает превосходную защиту от электромагнитных наводок. Температурный диапазон:  $-15...+70$  °C (рис. 13).



**Рис. 13.** Гибкие защитные металлические трубы с полимерным покрытием и наружной стальной оплеткой и фитинги HelaGuard

Как видно из представленного обзора, диапазон применения защитных элементов достаточно широк, но мы рассматривали уже готовые установочные изделия, которые успешно справляются со своими задачами по защите жгутовых сборок от внешних воздействий. Однако применение готовых изделий имеет свою специфику. К сожалению, из-за конструктивных особенностей отдельных жгутовых сборок использование вышеуказанных изделий затруднено или в принципе невозможно, хотя защитить сборку от условий внешней среды необходимо. Для решения данной технологической проблемы следует сформировать защитное покрытие на самой кабельной сборке. Современные достижения позволяют создать такое покрытие при помощи различных технологий. К наиболее известным технологиям формирования защиты на скелете жгутовой сборки относятся:

- заливка;
- лентообмотка;
- оплетение.

## Заливка

Рассмотрим технологический процесс заливки без привязки к оборудованию. Суть операции заключается в том, что готовая сборка помещается в специальную форму, при этом пространство формы заполняется особым (подготовленным под определенную задачу) составом. Затем следуют процедуры, которые зависят от задач и применяемых материалов, — пропитка, сушка и другие.

В результате получается защищенная жгутовая сборка. При этом можно сделать защищенную жгутовую сборку с заданными свойствами, в том числе и герметичную, и защищенную от электромагнитных излучений.

При применении данной технологии защиты жгутовой сборки большое внимание необходимо уделить подготовке материалов для заливки. В зависимости от поставленных задач могут использоваться следующие процессы: поддержание заданной температуры материалов (как правило, поддерживается температура, при которой полимеризация проходит оптимально), дегазация (выдержка материалов при заданном уровне вакуума, недопустимо включение пузырьков газа при использовании изделий в разряженных средах), дозирование (доставка компонентов в смеситель в строго определенных пропорциях), смешивание компонентов без образования завихрений (не допускается разделение смеси на фракции) и т. д. В некоторых случаях требуется заливать изделие в специальных условиях, таких как вакуум или заданная температура.

Как видим, за простой формулой «залил и высушил» скрывается достаточно сложный, дорогой и длительный процесс.

## Лентообмотка

Это традиционная и широко распространенная технология, но с появлением новых современных материалов диапазон ее применения постоянно расширяется. Суть техно-

логии заключается в том, что ствол жгута обматывается с заданным перекрытием лентой. В результате жгут приобретает новые необходимые свойства, позволяющие противостоять внешним факторам.

## Какие материалы применяют при изготовлении современных жгутовых сборок?

Это могут быть различные ленты, намотанные на носитель: поливинилхлоридные, слюдяные, водоблокирующие, полиимидные, фторопластовые, лента ПМФ (полиимидная с фторопластовым покрытием), алюмофлекс, алюмополиэтилен, стеклослота, нейлоновая лента, ленты, изготовленные на основе кремнийорганики (ЛЭТСАР), и другие. Применение материалов в рулонах представляется нетехнологичным, так как влечет за собой множество подготовительных технологических процессов (размотка, резка, смотка). Существует требование, определяющее качество нанесения ленты, — перекрытие ленты на стволе жгута (обычно 50%). Часто посещая наши предприятия и наблюдая технологию лентообмотки, я с сожалением констатирую, что лента наносится на ствол жгута вручную и требуемые параметры контролируются только визуально — со всеми вытекающими негативными последствиями. Тогда как существует технологическое решение для автоматизированной лентообмотки жгутовых сборок с возможностью контроля критических параметров, которые существенно повышают производительность оборудования, при этом значительно сокращается неэффективный расход материалов и появляется возможность управления качеством процесса.

К подобным решениям относятся машины компании КАВАТЕС GmbH — давнего партнера ГК «Диполь» по проектам, в которых применяются устройства для изготовления кабельных сборок и жгутов. На сегодня компания КАВАТЕС GmbH является одним из мировых лидеров в области автоматизации технологических процессов лентообмотки. Лентообмоточные машины позволяют полностью автоматизировать данный процесс, имеют два согласованных привода: лентообмотки и протяжки изделий. Передаточные соотношения между приводами могут изменяться, обеспечивая нужную плотность укладки ленты. Это оборудование способно раскладывать ленту на стволе жгута до 70 мм за один оборот привода лентообмотки. Возможно применение ленты с защитным клейким покрытием, при укладке подобной ленты машина предварительно сматывает защитную пленку на специальный носитель. В топовых моделях предусмотрена возможность программирования параметров обмотки (количество ветвей жгута, число оборотов ленты на ветви и т. д.), тем самым максимально исключается воздействие человеческого фактора на качество выпускаемых изделий (рис. 14).

Кроме высокотехнологичных машин с контролем многих параметров, компания КАВАТЕС GmbH предлагает ручной ленто-



Рис. 14. Автоматическая машина лентообмотки KTL 1000 R



Рис. 15. Ручной лентообмотчик Hand-Taping Tool KTHB

обмотчик с электроприводом обмотки. Этот инструмент позволяет оператору максимально удобно нанести покрытие лентой на ствол жгута, но без автоматизированного контроля степени перекрытия ленты (рис. 15).

Технология вполне доступна, что подтверждается ее широким применением. Но для ее качественной реализации необходимо использование средств автоматизации технологических процессов.

## Оплетение

На наших предприятиях технология по оплетению жгутов, к сожалению, применяется редко. В основном для решения задач по механической защите и экранированию жгутов на большинстве предприятий используются уже готовые плетенки типа ПМЛ (рис. 16).

Применение данных материалов для защиты жгутовых сборок не решает весь спектр вопросов, связанных с защитой сборки. Это вызвано конструктивом плетенки и малой технологичностью операции по протягиванию сборки в готовое изделие. Проблема решается формированием оплетения непосредственно на стволе жгутовой сборки. Причем предусмотрен выбор материалов, предназначенных



Рис. 16. Плетенка ПМЛ (медная луженая проволока)



Рис. 17. Автоматическая машина для оплетения жгутов KVB 1/48-100

для защиты жгута проводов, — это, например, металлические, текстильные, полимерные нити или пучки нитей. При оплетении пучками нитей можно составлять композицию материалов и тем самым управлять свойствами покрытия. Для подобных целей существу-



Рис. 18. Автоматическая машина для намотки катушек SP 280

ет машина для намотки катушек, которая забирает составленную композицию нитей со шпулярика и наматывает уже пучок нитей с определенным шагом раскладки на катушки оплеточной машины. При формировании оплетения на стволе жгута с помощью технологического оборудования предусмотрено управление плотностью оплетения (с плотно-



Рис. 19. Шпулярик GU 16/32

стью до 99%), что является серьезным расширением технологических возможностей по защите жгутовых сборок (рис. 17–19).

Данный обзор знакомит читателя с современными технологиями и материалами, применяемыми при защите жгутовых сборок. Это далеко не полный и исчерпывающий список, но он дает представление о современных материалах и возможностях по защите кабельных сборок. К счастью, время не стоит на месте, и в данную минуту где-то создают новые материалы и технологии и совершенствуют свойства имеющихся.

## Преформы из сплава золото-олово для высокоточного монтажа кристалла от Indium Corporation

Компания Indium Corporation представляет преформы из припоя AuSn для высокоточного монтажа кристалла. Золото-оловянные преформы предназначены для применения в аэрокосмической, оборонной и медицинской отраслях, где требуется высочайшая надежность.

Диапазон температур плавления золотого припоя составляет +280...+1064 °C (в зависимости от сплава), что позволяет совмещать его с последующим процессом пайки компонента. По пределу прочности на разрыв данный сплав превосходит любой другой припой, что обеспечивает высокую надежность крепления и запаивания. Кроме того, золотой припой устойчив к коррозии, обеспечивает отличное сопротивление термической усталости и демонстрирует превосходную прочность соединения.

Преформы из бессвинцового сплава золото-олово от Indium Corporation, отвечающие требованиям RoHS, предоставляются в различных стандартных и нестандартных исполнениях.

Высокоточные производственные процессы и технологии Indium Corporation гарантируют стабильную успешность технологических операций. Кроме того, компания сотрудничает с производителями оборудования для монтажа кристалла, чтобы обеспечить совместимость изготавливаемых ею преформ на всех этапах работы.



[www.ostec-materials.ru](http://www.ostec-materials.ru)

## SIPLACE подтвердила тестами возможность установки компонентов 03015 посредством стандартных установщиков

Команда SIPLACE подтвердила тестами возможности установки компонентов 03015 с помощью современных установщиков SIPLACE.

Новое поколение микроскопически малых резисторов и конденсаторов типоразмера 03015 габаритами 0,3×0,13 мм создает определенные проблемы при их установке.

Параметры испытаний:

- Подача компонентов: 4-мм ленты и SIPLACE X-питатели.
- Установщик компонентов: SIPLACE SX4 с 20-насадочной головкой SIPLACE SpeedStar.
- Тип насадки: 01005.

- Видеосистема: компонент-камера SIPLACE высокого разрешения.
  - Печатная плата: тестовая печатная плата.
  - Метод контроля: ручной анализ с помощью микроскопа.
- Результаты:
- Захват компонентов: 99,91%.
  - Качество установки: 100% (без ошибок).

Эти тесты показывают, что даже стандартные варианты современных установщиков SIPLACE способны устанавливать компоненты 03015.

[www.siplace.ru](http://www.siplace.ru)



# МОНТАЖНЫЙ АВТОМАТ AUTOTRONIK серии ВА389F3



**НОВИНКА**

**ВА389F3**

## ЛУЧШЕЕ СООТНОШЕНИЕ ЦЕНЫ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

- Скорость монтажа (по стандарту IPC 9850) - 10500 компонентов в час
- Максимальное число ленточных питателей до 160 шт
- Точность монтажа  $\pm 0,03$  мм
- Максимальные габариты платы 650 x 460 мм
- Встраиваемый конвейер для интеграции в линию

115191, Москва, ул. 3-я Рощинская, д. 5

Телефон: +7 (495) 545-4292

Факс: +7 (495) 952-5099

e-mail: [info@clever.ru](mailto:info@clever.ru)

[www.clever.ru](http://www.clever.ru)

# Маркировка — ключевое звено в системе прослеживаемости и управления процессом обработки проводов и сборки жгутов

**Маркировка узлов, заготовок и деталей — неотъемлемая часть любого производственного процесса, где есть разделение труда и необходимо обеспечить прослеживаемость изготовления и сборки на всех этапах. Для жгутового производства маркировка проводов, соединителей, ПВХ-трубок и других составляющих также является важной частью технологического цикла. В статье мы расскажем о том, как интеграция современных методов маркировки позволяет обеспечить эффективную сквозную прослеживаемость всего процесса выпуска продукции.**

**Роман Лыско**

[cable@ostec-group.ru](mailto:cable@ostec-group.ru)

В популярной интернет-энциклопедии «Википедия» дано достаточно емкое определение термина «маркировка кабеля» — «нанесение на кабель цветовой разметки, условных знаков (надписей), бирок и этикеток, а также специальных электронных маркеров. Маркировка сообщает о свойствах данного кабеля, позволяет однозначно идентифицировать его среди других кабелей или обнаружить место его залегания».



**Рис. 1.** Проводные заготовки, промаркированные бумажными бирками заводом-изготовителем



**Рис. 2.** Маркировка проводов методом струйной печати заводом-изготовителем

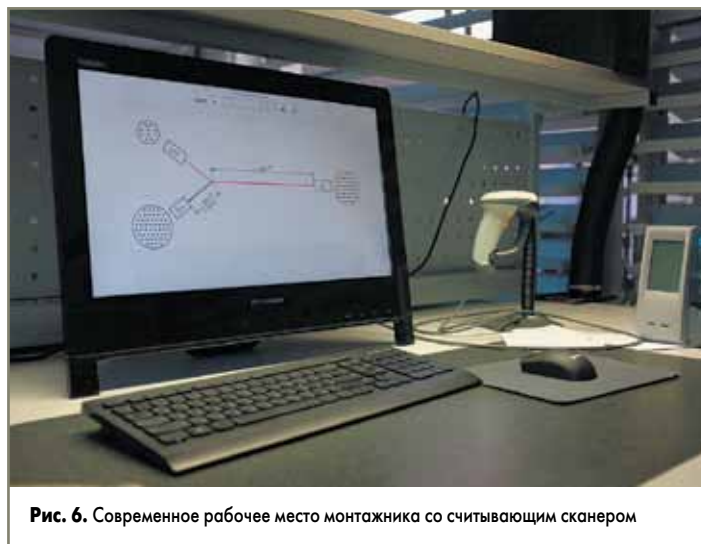
Возможные типы маркировки показаны на рис. 1, 2. Маркировка позволяет идентифицировать провода и кабели непосредственно перед тем, как они поступают на жгутовое производство. Совершенно очевидно, что только с помощью заводской маркировки комплексные задачи по идентификации и прослеживаемости в жгутовом производстве решить нельзя. Это обусловлено рядом объективных факторов. На проводах многих марок, особенно с фторопластовой изоляцией, отсутствует заводская маркировка по всей длине провода. Но даже там, где технологически предусмотрено нанесение маркировки по всей длине, невозможно промаркировать на заводе-изготовителе провода в соответствии с задачами жгутовых производств. По заводской маркировке можно определить только основные параметры проводной продукции. Изготовителю проводов неизвестно, для каких типов изделий будет использоваться тот или иной провод, каковы размеры будущих проводных заготовок и какая информация имеется в конструкторской документации на жгутовые изделия. Поэтому маркировка проводов и других элементов жгутовой продукции должна выполняться непосредственно на жгутовых участках.



**Рис. 3.** Жгутовые заготовки, промаркированные картонными бирками



**Рис. 4.**  
Принтер автоматической флажковой маркировки



**Рис. 6.** Современное рабочее место монтажника со считывающим сканером

Из данных, указанных на бирках, или непосредственно по маркировке, нанесенной на провода, можно получить сведения о производителе, марке провода, номере ТУ или ГОСТа, сечении провода, номере партии, узнать о дате производства и прохождении контроля ОТК. Сегодня на большинстве отечественных предприятий используют маркировку проводных заготовок бумажными или картонными бирками (рис. 3).

Такая маркировка позволяет монтажникам узнать, в какой пин должен распаиваться каждый провод либо очередность распайки. Такого рода «промежуточная» технологическая маркировка — трудоемкий процесс, и здесь очевидна высокая зависимость от человеческого фактора. Подобная маркировка не может быть интегрирована в интеллектуальную систему управления технологическим процессом (ИСУТП). Для промежуточной технологической маркировки требуется использование автоматических принтеров выполнения маркировки флажкового типа (рис. 4). Их применение позволяет наносить на этикетки как буквенно-символьные обозначения, так и различного типа кодировку, QR- код, DataMatrix.

Тип кодировки DataMatrix (рис. 5) позволяет разместить на флажковой этикетке значительно больший объем информации, необходимой монтажнику на этапе сборки и распайки жгутовых заготовок, чем на традиционных картонных бирках.

По нашему опыту, основные пожелания заказчика по организации процесса автоматической маркировки касаются миниатюризации флажковых этикеток, поскольку этикетки большого размера создают определенные неудобства для монтажников во время распайки в разъем. Специалисты Остека совместно с производителями систем флажковой маркировки разработали возможность нанесения этикеток-флажков размером 12×8 мм (окончательный размер этикетки после склейки). Печать кодированной маркировки позволяет нанести даже на такую миниатюрную площадь этикетки информацию, содержащую до 200 символов, которые считываются с помощью сканера (рис. 6).

Флажковая маркировка является ключевым элементом в технологии сквозной идентификации жгутовых заготовок. Сканируя этикетки, монтажник может увидеть всю необходимую информацию для безошибочной сборки изделия. В дальнейшем это позволяет систематизировать промежуточное хранение жгутовых

заготовок и обеспечить полную прослеживаемость на всех этапах сборки жгутового изделия.

К практическим достоинствам флажковой маркировки следует отнести улучшенные клеевые свойства расходных материалов, что предусматривает их наклеивание на провода, часто применяемые на специализированных производствах, — МГТФ, МС, МГШВ, МП, БПВЛ. На флажковых этикетках есть микроперфорация, облегчающая их удаление после завершения процесса сборки жгутов.

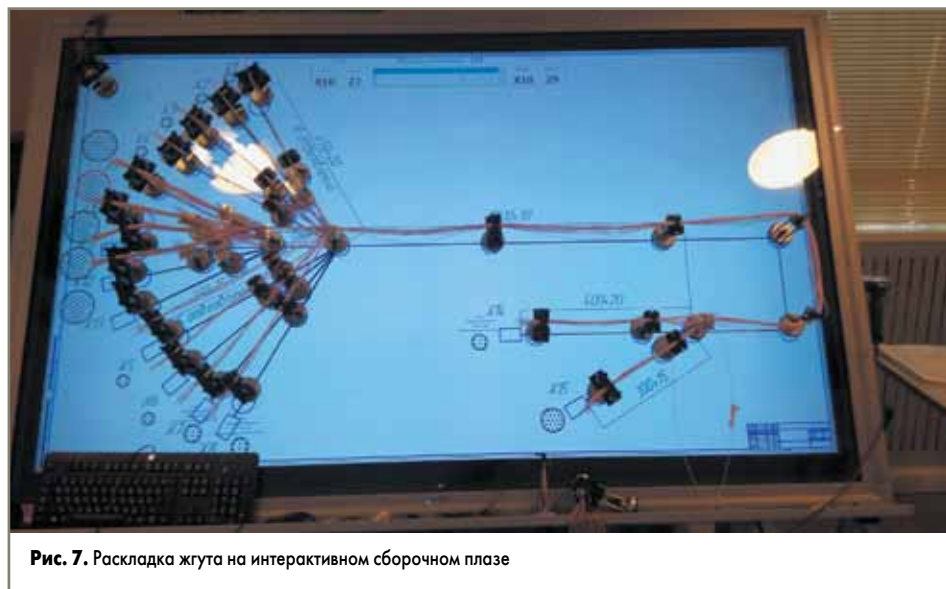
Благодаря маркировке проводных заготовок при дальнейших сборочных операциях существенно сокращаются временные затраты на идентификацию, уменьшаются трудозатраты на выпуск готовых жгутовых изделий. Возможность пооперационного контроля и прослеживаемость каждого производственного этапа сводит к нулю вероятность ошибочной сборки жгутового изделия.

Первичная маркировка после обработки проводной заготовки служит основой для внедрения на жгутовых производствах интерактивного сборочного плаза (ИСП) (рис. 7).

ИСП обеспечивает безошибочность жгутовой сборки и позволяет полностью визуализировать данный процесс, начиная от подсвечивания трассы раскладки до отображения пинов для распайки. Но все эти функциональ-



**Рис. 5.** Флажковая этикетка с кодом DataMatrix



**Рис. 7.** Раскладка жгута на интерактивном сборочном плазе



Рис. 8. Лазерная маркировка проводов



Рис. 10. Лазерная гравировка разъема



Рис. 9. Лазерная гравировка ПВХ-трубки

ные возможности интерактивного сборочного плазма не были бы реализуемы без промежуточной технологической маркировки проводных заготовок.

В ходе нашей работы с предприятиями спецотраслей заказчики неоднократно говорили о задачах не только по промежуточной технологической маркировке, но и по нанесению маркировки на провода, ПВХ-трубки, разъемы, которая сохранялась бы в течение всего срока эксплуатации изделий. Эта потребность конечных заказчиков, предприятий — изготовителей специальной продукции, об-

условлена требованиями конструкторской документации. К тому же нестираемая маркировка позволяет существенно упростить финишную сборку, эксплуатацию и ремонт готовых изделий.

В настоящее время все более активно используются лазерные виды маркировки проводов (рис. 8), ПВХ и термоусаживаемых трубок (рис. 9).

Применение лазерных методов маркировки гарантирует неповреждение жилы провода, сохранность изоляционных свойств материалов и маркировки в течение всего срока эксплуатации изделий. Помимо этого, современные лазерные системы маркировки можно синхронизировать с ИСУТП и в дальнейшем обеспечить прослеживаемость жгутовых изделий и заготовок на всех стадиях жизненного цикла. Решения, предоставляемые Остеком, подходят для отечественных проводов и других материалов, применяемых в производстве изделий спецтехники.

Еще одной актуальной задачей для отечественных заказчиков является лазерная гравировка разъемов (рис. 10).

Лазерная гравировка существенно упрощает процесс нанесения букв и символов на раз-

ем. Систему лазерной гравировки можно интегрировать с ИСУТП, снижая до минимума влияние человеческого фактора при выполнении данной операции. Этот вид гравировки обеспечивает сохранность нанесенных буквенно-символьных обозначений в течение всего срока эксплуатации изделий.

Сегодня портфель решений ГК Остек содержит технологические решения по маркировке, позволяющие обеспечить прослеживаемость всех этапов сборки и всего жизненного цикла изделия. Ключевая особенность данных решений не только в способе нанесения маркировки, но и в «привязке» нанесения буквенно-символьных или кодовых изображений к ИСУТП, что позволяет повысить эффективность всех процессов независимо от особенностей любого производства кабельно-жгутовой продукции. В жгутовом производстве наиболее узкие места связаны в большей степени с организацией сборочного цикла. Сквозная маркировка предоставляет возможность оптимизировать данный процесс с точки зрения как временных затрат, так и обеспечения безошибочности сборки. Эти решения внедрены на ряде отечественных предприятий и уже доказали свою эффективность.

## Экспресс-модернизация камеры STBV-1000

Наиболее популярная модель испытательной термокамеры советского периода ПЛКА STBV-1000 (производство ГДР) может прослужить еще очень долго благодаря проведению комплексной модернизации.

Компания «НПФ Технология», производитель испытательного оборудования в Санкт-Петербурге, предлагает простое решение — экспресс-модернизация термокамеры.

Экспресс-метод подразумевает, что на предприятии «НПФ Технология» осуществляется монтаж всех функциональных систем камеры на аналогичную стойку (раму). Стойка отправляется на место дальнейшей эксплуатации камеры, где специалисты «НПФ Технология» ее устанавливают и осуществляют запуск камеры. Старую стойку подрядчик забирает с собой.

Такой метод возможен благодаря тому, что сотрудники компании «НПФ Технология» имеют обширный опыт ремонта и восстановления работоспособности немецкой камеры STBV-1000. Наличие соответствующих стоек на складе предприятия позволяет сэкономить время и ресурсы.

Экспресс-модернизация камеры STBV-1000 включает:

- замену системы нагрева;
- замену системы охлаждения;
- замену системы вакуумирования;
- установку современной системы управления на базе интегрированного ПЛК OMRON (производство Японии).

При выполнении работ используются надежные комплектующие европейских производителей.

[www.clim-tech.ru](http://www.clim-tech.ru)



# Е•Х•Р•О ELECTRONICA

ufi  
Approved  
Event

19-я Международная выставка  
электронных компонентов,  
модулей и комплектующих

0+



15-17 марта

2016

Москва, Крокус Экспо

ВСЕ ЦВЕТ ЭЛЕКТРОНИКИ

Совместно  
с выставкой



Организаторы:



+7 (812) 380 6003/07/00  
electron@primexpo.ru

Получите электронный билет: [expoelectronica.ru](http://expoelectronica.ru)

# Изготовление многослойных структур из SU8 для терагерцевого волновода со сверхнизкими потерями

**В статье<sup>1</sup> представлены результаты микросборки первого в своем роде полого волновода на основе многослойной конструкции из фотополимера SU8.**

**В соответствии с эксплуатационными испытаниями волновод обладает сверхнизкими потерями передачи (0,028–0,03 дБ/мм), что сопоставимо с показателями, наблюдаемыми в волноводах, полученных прецизионным фрезерованием на станках с ЧПУ.**

**Йингтао Тянь  
(Yingtao Tian)  
Ксаобанг Шан  
(Xiaobang Shang)  
Микаэль Ланкастер  
(Michael J. Lancaster)**

**Перевод:  
Вячеслав Хриченко  
Юлия Боброва**

**В**олновод имеет два вывода, работающих в диапазоне WR-3 частот 220–325 ГГц. Ввиду устранения воздушных зазоров между слоями технология создания многослойных структур из SU8 имеет большие перспективы в снижении вносимых потерь в передачу излучения по волноводу. Кроме того, на достижение высоких эксплуатационных показателей повлияли такие факторы, как высокая равномерность толщины слоев SU8 и низкая шероховатость поверхности напыленного серебряного покрытия, что привело лишь к незначительному ослаблению СВЧ-сигнала.

Работа была выполнена при поддержке Исследовательского совета инженерных и физических наук Великобритании (EPSRC).

## Введение

Оборудование, действующее в диапазоне частот от 100 Гц до 10 ТГц, обретает все новые перспективы применения. На данный момент без него нельзя представить такие области науки и техники, как медицинская визуализация, сверхбыстрое беспроводное соединение, системы безопасности [1] и прочее. Для того чтобы при столь высоких частотах достичь минимальных потерь и затухания сигнала на всей линии передачи, ее ключевые элементы должны обладать высокой точностью размеров и низкой шероховатостью поверхности. Потери при передаче определяются затуханием сигнала, проходящего через устройство. Таким образом, уменьшение вносимых потерь способствует увеличению производительности устройства.

Необходимым элементом СВЧ- и КВЧ-систем является волновод, который обычно представляет

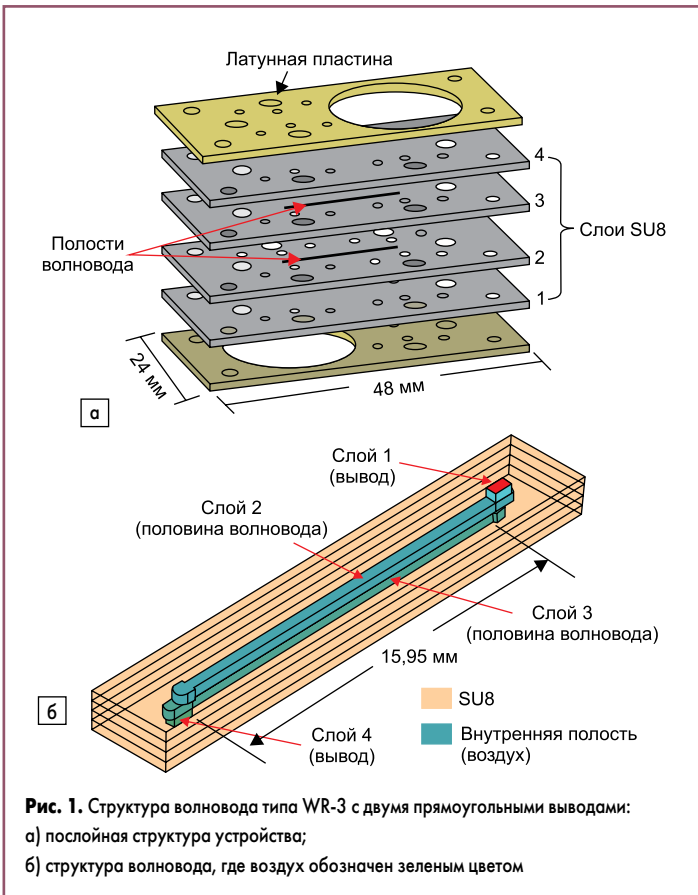
собой полый, заполненный воздухом канал, передающий электромагнитные волны. Традиционно волноводы изготавливаются с помощью прецизионного фрезерования на станках с ЧПУ [2]. Однако увеличение рабочей частоты электронных компонентов требует уменьшения размеров волноводов (поперечное сечение волновода для излучения в терагерцевом диапазоне составляет 864×432 мкм), из-за чего все сложнее, а иногда и невозможно использовать станки для производства волноводов, обладающих сложной формой сечения. Поэтому с целью удовлетворения растущего спроса на волноводы для передачи терагерцевого излучения, требующие чрезвычайно высокой размерной точности и низкой шероховатости поверхности, была начата разработка новых технологических маршрутов.

Особую роль в развитии КВЧ-устройств играет частота 300 ГГц: в настоящее время промышленность, не имея развитых технологий создания волноводов для передачи излучения такой частоты, сосредоточена на создании аппаратуры, действующей на более низких частотах (<100 ГГц). Таким образом, успешное изготовление волновода для передачи излучения около 300 ГГц приведет к росту производства других устройств, функционирующих на более высоких частотах.

В качестве конструкционного материала для исполнения волновода может быть использован толстослойный фотополимер<sup>2</sup> SU8, обладающий хорошими диэлектрическими свойствами. Экономическая целесообразность его применения также обусловлена высокой воспроизводимостью результатов и меньшими инвестициями в сравнении с разработкой высокоточных фрезерных станков с ЧПУ. Фотолитография SU8 была успешно использована в предыдущих исследованиях при изготовлении низкочастотных волноводов, фильтров и щелевых антенн [3–6]. Однако с ростом частоты уменьшается величина технологических допусков и необходимо прикладывать больше

<sup>1</sup> Оригинал статьи опубликован в журнале J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS (Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS). 2014. Vol. 13 (1), США.

<sup>2</sup> Фоторезист — временное защитное покрытие, фотополимер — конструкционный материал. SU8 может применяться и в качестве фоторезиста, и в качестве конструкционного материала (прим. перев.).



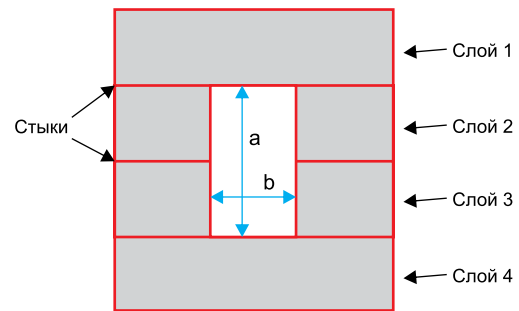
**Рис. 1.** Структура волновода типа WR-3 с двумя прямоугольными выводами:  
 а) послойная структура устройства;  
 б) структура волновода, где воздух обозначен зеленым цветом

усилий для удовлетворения высоких требований к точности размеров элементов, шероховатости их поверхности и минимизации потерь при передаче излучения.

Как правило, прямоугольный волновод типа WR-3 (220–325 ГГц) состоит из четырех равных слоев (рис. 1а), при этом каждый слой имеет номинальную толщину 432 мкм. Для того чтобы минимизировать потери, поперечное сечение такого волновода (432×864 мкм) было разделено пополам вдоль длинной грани. Для снятия показаний описанного прямоугольного 300-ГГц волновода были спроектированы два прямоугольных вывода, выступающих в роли портов входа/выхода, подключаемых к системе измерений сетевого анализатора (рис. 1б). Следует отметить, что требуется точное совмещение портов анализатора с выводами WR-3 волновода как на верхней, так и на нижней поверхности конструкции устройства. С помощью выравнивания по штифтам, устанавливаемым в отверстия в слоях SU8, была достигнута наибольшая точность совмещения, сравнимая с точностью фотолитографических процессов.

Длина всего волновода (за исключением выводов) составляет 15,95 мм. В ранних разработках все четыре слоя изготавливались из SU8 отдельно, затем слои покрывались серебром, соединялись с помощью адгезива и, наконец, собирались с помощью поддерживающих медных пластин. На рис. 2 видно, что такое исполнение приводило к возникновению между четырьмя слоями трех стыков, в которых могли образоваться воздушные зазоры. Было установлено, что наличие воздушных зазоров между слоями волновода оказывает пагубное влияние на производительность устройства из-за утечки тока и повышения потерь при передаче.

С целью уменьшения вносимых потерь была разработана технология производства волнопроводов, основанная на двухслойной конструкции из SU8. Вместо отдельного изготовления четыре слоя объединены в два двойных слоя, каждый из которых изготавливается в ходе одного технологического процесса. Затем стыки как между слоями 1 и 2, так и между слоями 3 и 4 устраняются за счет фотополимерного сшивания SU8. Таким образом возможность возникновения воздушных зазоров была значительно снижена, поскольку в структуре остался лишь один стык между слоями 2 и 3. Описанный процесс успешно применен в создании прямоугольного волновода, что значительно уменьшило величину вносимых потерь.

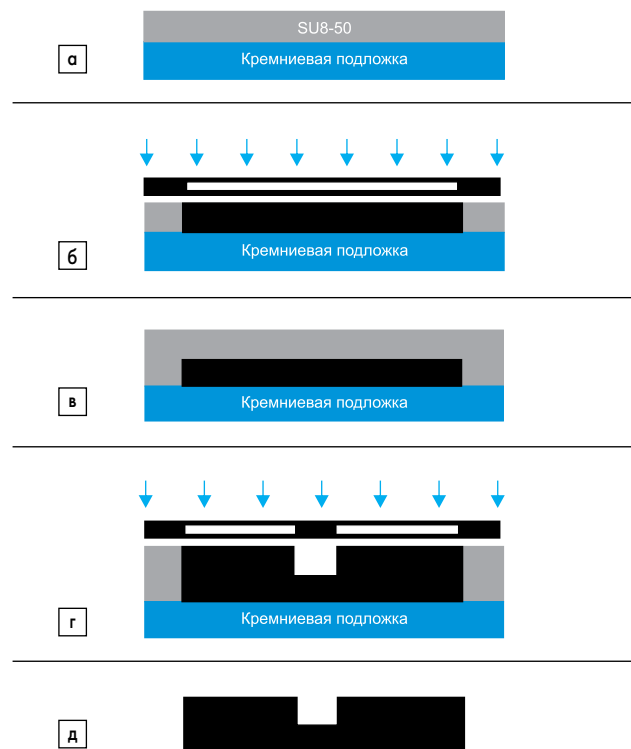


**Рис. 2.** Волновод типа WR-3, состоящий из четырех слоев, в разрезе. Толщина каждого слоя 432 мкм.  $A = 864$  мкм,  $b = 432$  мкм. Красные линии отображают металлизированные поверхности

В этой статье описан первый в своем роде волновод типа WR-3 (220–325 ГГц) со сдвоенными прямоугольными выводами, который обладает сверхнизкими потерями передачи излучения, сравнимыми с потерями в металлических волноводах, изготовленных на станках с ЧПУ. Далее будет подробно рассмотрен процесс изготовления волновода на основе фотополимера SU8, а также представлены и проанализированы его характеристики.

### Изготовление волновода

Процесс формирования слоев волновода на основе SU8 продемонстрирован на рис. 3. Первый слой фотополимера SU8 серии 50 был нанесен на кремниевую подложку диаметром 100 мм. Толщина наносимого слоя фотополимера контролировалась его взвешиванием. Предварительно было установлено, что для достижения необходимой толщины в 432 мкм требуется 5,2 г SU8 серии 50. Использовался именно SU8 серии 50, поскольку эта серия имеет относительно низкую вяз-



**Рис. 3.** Схематичное изображение технологического процесса изготовления половины волновода из двух слоев фотополимера SU8:  
 а) нанесение на подложку первого слоя SU8 центрифугированием;  
 б) экспонирование первого слоя без проявления, слабые межмолекулярные связи;  
 в) нанесение сверху второго слоя фотополимера;  
 г) экспонирование второго слоя, полимерное сшивание двух слоев;  
 д) снятие фотополимерной конструкции с подложки, серебрение

кость и лучше растекается по подложке, чем SU8 серии 100 или 250. Затем покрытые фотополимером подложки помещались на несколько часов на выровненную поверхность стола для самопланаризации нанесенного слоя под действием сил тяжести и поверхностного натяжения. После чего пластину сушили при +65 °С в течение 30 мин, а затем — при температуре +95 °С в течение 270 мин.

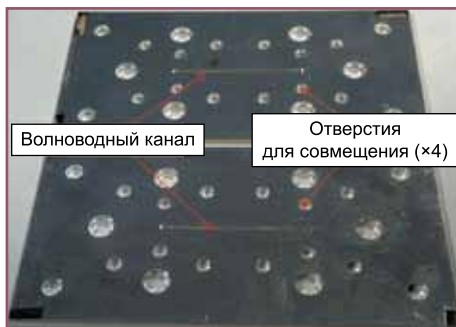
Для сведения к минимуму остаточных напряжений в SU8 после сушки необходимо охлаждать подложку при медленном режиме линейного изменения температуры (5 °С в 1 мин). Как только подложка остыла до температуры окружающей среды, высохший фотополимер был проэкспонирован на установке Canon PLA-510. Как правило, спектр излучения УФ-лампы состоит из трех основных линий с длинами волн 365, 405 и 436 нм. Известно, что длинноволновое УФ-излучение проникает глубже в толщу фотополимера, однако оно менее эффективно воздействует на фотоаксилоты, участвующие в полимеризации.

Сначала пластина засвечивалась в четыре захода по 40 с через фильтр L39, который пропускает только излучение с длиной волны выше 400 нм. После каждого захода проводился двухминутный перерыв, во время которого фотополимер стабилизировался.

После первой очереди экспонирования подложка засвечивалась еще четырежды — по 40 с с интервалами в 2 мин. На этот раз был использован фильтр PL360, пропускающий только I-линии длиной 365 нм. Затем для сшивки фотополимера была проведена постэкспозиционная сушка (далее — ПЭС) при +70 °С в течение 15 мин. Следует отметить, что фотополимер на данном этапе не проявлялся.

Второй слой SU8 серии 50 (той же массы 5,2 г) наносился поверх первого слоя. Затем пластина сушилась в течение 8,5 ч при +70 °С. Такой режим, характеризующийся низкой температурой и высокой продолжительностью сушки, был выбран для снижения накопленного в толстых слоях SU8 напряжения, более полной полимеризации первого слоя и повышения его прочностных характеристик. После сушки второго слоя фотополимера пластина была трижды проэкспонирована через фотошаблон порциями по 40 с в соответствии с технологией, описанной выше. Ранее в ходе экспонирования первого слоя в нем были получены скрытые изображения, соответствующие будущим отверстиям под штифты, которые затем использовались для обеспечения точного позиционирования фотошаблона при экспонировании второго слоя фотополимера.

Следующим этапом стала ПЭС, проходившая при более высокой температуре (+95 °С) в течение 30 мин, в ходе которой была усилена связь между слоями фотополимера. После чего заготовка с двумя слоями проэкспонированного фотополимера проявлялась на протяжении 45 мин в диэтиловом эфире угольной кислоты с применением устройства магнитного перемешивания. Далее следовало задубливание фотополимера, проходившее при температуре +110 °С в течение 15 мин.



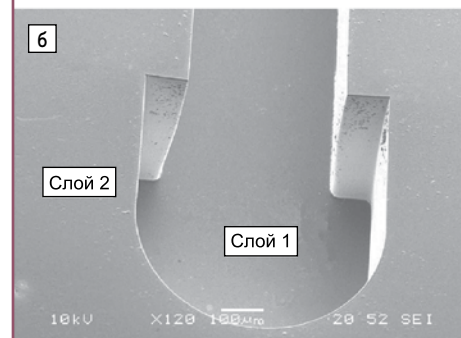
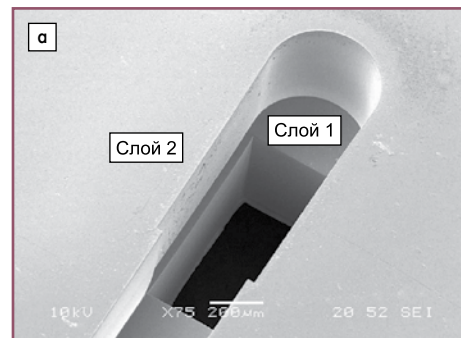
**Рис. 4.** Фотография заготовок двухслойного волновода типа WR-3 после нанесения серебра. Габариты каждой половины: 48×24×0,864 мм

Во время экспонирования второго слоя длинноволновое УФ-излучение проникало в оба слоя SU8, что обеспечило их необходимое прочное соединение. Для отделения SU8 от подложки образец был помещен в десятипроцентный раствор NaOH на несколько часов. Таким образом были получены две половины волновода, то есть структура из слоев 1 и 2 и структура из слоев 3 и 4.

При помощи установки термического испарения в вакууме Cressington 308R на каждую из двух полученных частей волновода было нанесено серебро. Предварительно образец очищался кислородной плазмой в течение 30 с, после чего наносился адгезионный подслоя хрома толщиной 100 нм. Толщина слоя серебра составила 2 мкм, что обеспечивает хорошую электропроводимость и планируемую производительность изготавливаемого устройства.

Во время распыления образец вращался под углом в 30° к вертикальной плоскости и, таким образом, все поверхности боковых стенок были покрыты серебром. Результат металлизации представлен на рис. 4.

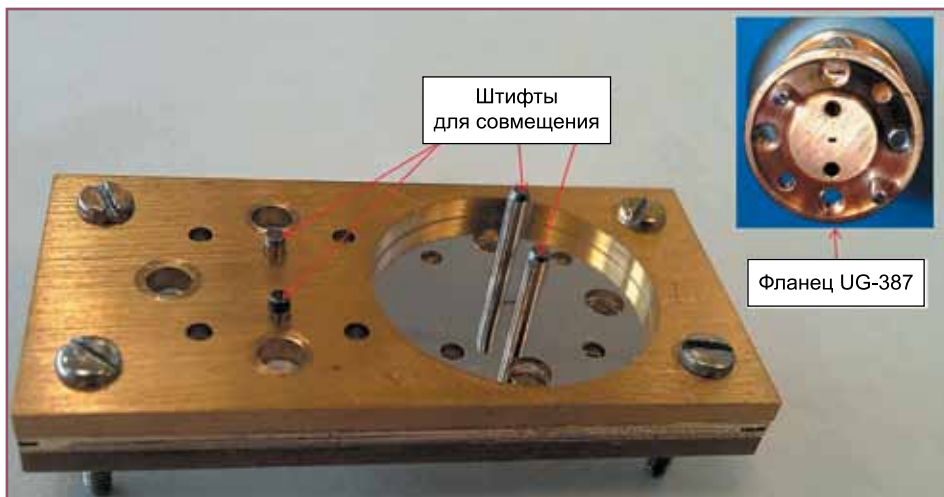
Для исследования воспроизводимости процесса было создано два образца. На рис. 5 показан укрупненный вывод волновода, полученного из двух слоев фотополимера SU8. Наблюдается небольшой наклон стенки, вызванный затенением во время экспонирования УФ-излучением. В ходе оптимизации технологического процесса была достигнута



**Рис. 5.** Детальное изображение выводов волновода: а) увеличенный вид на прямоугольный вывод слоя 1, дающий представление о высокой степени совмещения двух слоев; б) незначительное искажение граней, вызванное затенением во время экспонирования

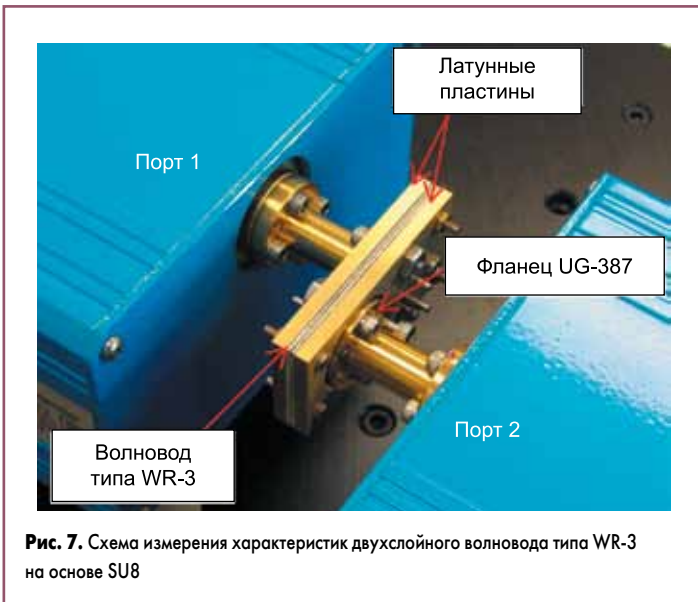
толщина слоя фотополимера, равная 432 мкм, с отклонением в 5 мкм.

После нанесения слоя серебра устройство готово к сборке. Для обеспечения жесткости конструкции, простоты сборки и присоединения к измерительному устройству были изготовлены две латунные пластины с отверстиями. Покрытые серебром слои SU8 были сложены в порядке, описанном на рис. 1а, и зажаты между латунными пластинами. Точность совмещения обеспечивалась четырьмя штифтами диаметром 1,6 мм. На рис. 6 показан собранный узел и устройство фланца, совместимого с разъемом UG-387. Латунные пластины обеспечивали только механическую поддержку и не играли роли в повышении точности совмещения верхней и нижней частей волновода.



**Рис. 6.** Сборка волновода типа WR-3 и соединение его с выходом для измерений





Измерения и анализ результатов

Измерения проводились на анализаторе электрических цепей Agilent E8361A, обладающем расширенным модулем приема-передачи OML WR-3 на входе 1 и принимающим выходом 2 (рис. 7). Перед измерениями была выполнена калибровка по одному порту и по ответному сигналу. Для обеспечения точности позиционирования между фланцем и волноводом были размещены четыре центровочных штифта. Неразъемность соединения фланца с волноводом обеспечивалась винтами.

Для описания волновых свойств и определения S-параметров схемы использовалась матрица рассеяния. Эти S-параметры, а именно  $S_{11}$  и  $S_{21}$ , применяются для отображения степени передачи ( $S_{21}$ ) и отражения ( $S_{11}$ ) сигнала в двухпортовых СВЧ-компонентах и выражаются в децибелах (дБ). Таким образом, для волновода с двумя портами, пронумерованными как порты 1 и 2, параметр  $S_{11}$  описывает коэффициент отражения (обратных потерь), то есть какая часть сигнала отражается обратно к порту 1, когда согласованная нагрузка достигается на порте 2. Параметр  $S_{21}$  отражает коэффициент передачи или вносимые потери, обусловленные устройством при передаче из порта 1 в порт 2.

При идеальной передаче СВЧ-сигнала (при отсутствии вносимых потерь) коэффициент передачи составляет 100%, то есть  $S_{21} = 0$  дБ. В реальных системах желательно, чтобы значение  $S_{21}$  было как можно меньше. На рис. 8а показаны результаты измерений S-параметров в соответствии с расчетными данными, полученными при моделировании. Видно, что вносимые потери составляют всего 0,5 дБ при широком диапазоне частот от 220 до 300 ГГц. При увеличении масштаба (рис. 8б) видно, что при более высоком частотном режиме (260–300 ГГц) значения вносимых потерь опускаются ниже 0,45 дБ. Это говорит о потерях всего в 0,03 дБ/мм в данном диапазоне частот. Столь низкие показатели сопоставимы с результатами в 0,015–0,025 дБ/мм, достигнутыми в волноводах, изготовленных фрезерованием на высокоточных станках с ЧПУ и описанных в источниках [2] и [5]. Вносимые потери, показанные на рис. 8, соответствуют проводимости покрытия в  $1,86 \times 10^7$  См/м, что составляет около 30% проводимости серебра ( $6,3 \times 10^7$  См/м).

Обратные потери в размере 10 дБ также являются хорошим показателем для устройства. Более того, результаты подтвердили высокую воспроизводимость метода, поскольку показатели  $S_{12}$  для двух образцов частично дублируют друг друга. Было сделано предположение, что причиной расхождения значений  $S_{11}$  двух устройств стало рассовмещение между двумя половинами волновода. Используемые в работе штифты имеют допустимое отклонение 20 мкм [9]. Точность совмещения первого образца оказалась несколько ниже. Это и привело к худшему показателю обратных потерь ( $S_{11}$ ) в первом образце, так как показатель  $S_{11}$  чувствителен к точности совмещения.

Равнотолщинность слоев SU8 также является критерием качества волновода. Нанесение покрытия центрифугированием сопровождается ростом толщины фотополимера от центра к краю подложки, таким

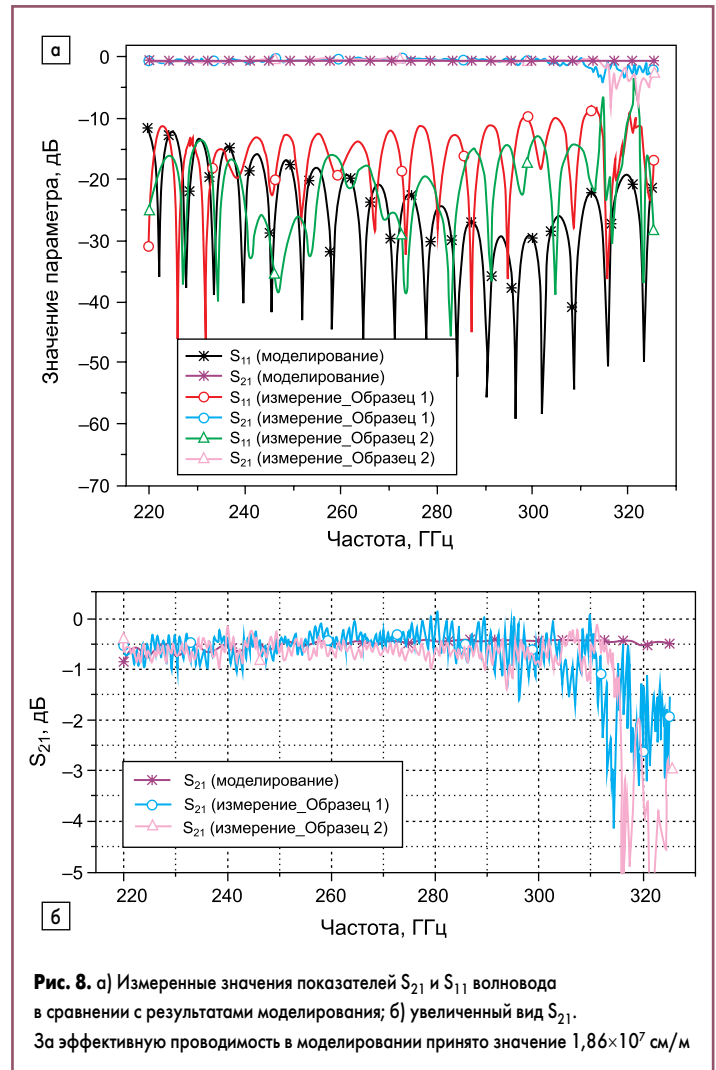


Рис. 8. а) Измеренные значения показателей  $S_{21}$  и  $S_{11}$  волновода в сравнении с результатами моделирования; б) увеличенный вид  $S_{21}$ . За эффективную проводимость в моделировании принято значение  $1,86 \times 10^7$  см/м

образом, на кромках толщина покрытия может оказаться чрезмерно большой. Это было принято во внимание при изготовлении образцов — краевой валик был удален с каждой из подложек сразу же после центрифугирования. Затем каждая подложка была помещена на ровную поверхность на несколько часов, в течение которых, за счет сил поверхностного натяжения, происходила планаризация нанесенного слоя SU8. В представленном исследовании отклонение толщины слоя фотополимера на площади в  $48 \times 24$  мм не превышало 5 мкм, что внесло незначительный вклад в достижение высоких результатов.

Еще одним важным фактором, определяющим величину вносимых потерь, является шероховатость поверхности. Из-за рассеивания электронов на относительно шероховатой серебряной поверхности происходит повышение вносимых потерь и снижение проводимости. Согласно источникам [10] и [11] дополнительные потери, вызванные шероховатостью поверхности, определяются по формуле (1):

$$\alpha_c / \alpha_{c0} = 1 + (2/\pi) \tan^{-1} [1,4 \times (\Delta/\delta)^2], \quad (1)$$

где  $\alpha_c$  — потери (в дБ) проводника со среднеквадратическим отклонением неровностей в  $\Delta$ ,  $\alpha_{c0}$  — потери того же проводника с идеально гладкой поверхностью без каких-либо шероховатостей,  $\delta$  — толщина скин-слоя проводника, а  $\Delta/\delta$  — нормированная шероховатость поверхности.

На рис. 9 представлены результаты исследования шероховатости поверхности серебряного покрытия, напыленного на двухслойный волновод SU8 WR-3. Исследование осуществлялось с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ). Было получено значение среднеквадратического отклонения шероховатости ниже 40 нм. Подставив в уравнение значение  $\Delta = 40$  нм, получим  $\alpha_c$  в размере 0,017 дБ/мм. Согласно расчетам потери без учета шероховатости поверхности ( $\alpha_{c0}$ ) составили 0,016 дБ/мм. В этих расчетах использовались значения  $6,3 \times 10^7$  См/м и 300 ГГц для проводимости серебра и рабочей частоты

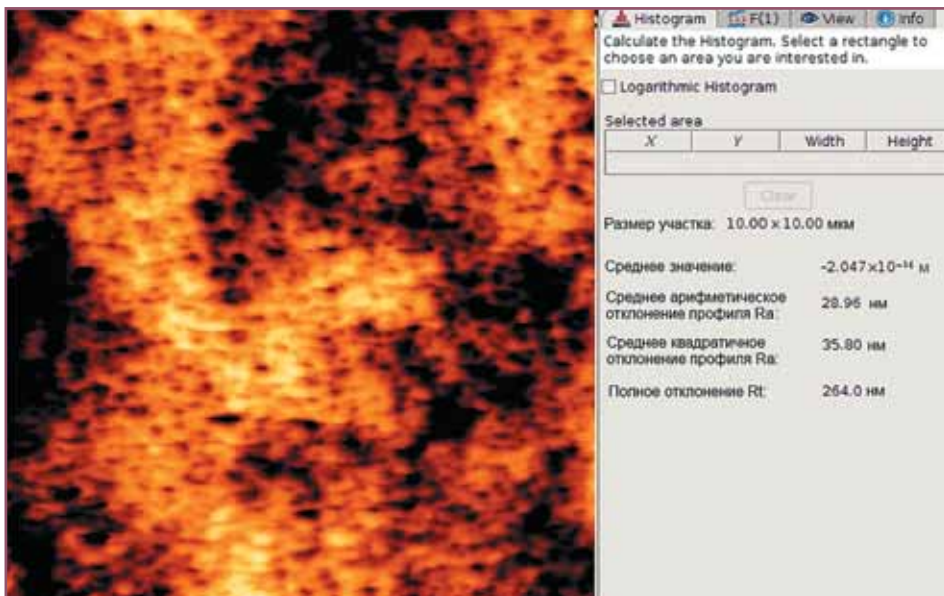


Рис. 9. Шероховатость поверхности серебряного покрытия, измеренная атомно-силовым микроскопом

соответственно. Таким образом, можно сделать вывод, что достигнутая шероховатость поверхности не оказывает существенного влияния на функциональные характеристики волноводов на основе фотополимера SU8.

**Заключение**

Впервые был успешно разработан и апробирован процесс изготовления многослойной конструкции из толстых слоев фотополимера SU8 для применения в качестве WR-3-волновода со сверхнизкими вносимыми потерями. Описанная технология устранения границ раздела между фотополимерными

слоями значительно снижает вероятность возникновения воздушных зазоров между ними.

При функциональных испытаниях устройства с полимерным волноводом на частотах от 220 до 310 ГГц были зафиксированы вносимые потери в размере 0,028–0,03 дБ/мм, что сопоставимо с потерями в металлических волноводах, полученных при помощи прецизионных станков с ЧПУ.

Более того, процесс оказался высокопроизводительным и зарекомендовал себя как перспективный вариант изготовления сложных терагерцевых систем, особенно в случаях, где использование оборудования с ЧПУ затруднительно.

1. Hosako I. et al. At the dawn of a new era in terahertz technology. Proc. IEEE 95 (8), 1611–1623 (2007).
2. Kerr A. R. et al. Loss of gold plated waveguide at 210–280 GHz. ALMA Memo 585, 1–6 (2009).
3. Ke M. et al. Micromachined rectangular coaxial line and cavity resonator for 77 GHz applications using SU8 photoresist. 2008 Asia-Pacific Microwave Conf., IEEE, Macau, 2008.
4. Wang Y., Ke M., Lancaster M. J. Micromachined 38 GHz cavity resonator and filter with rectangular-coaxial feed-lines. IET Microwaves Antennas Propag. 3 (1), 125–129, 2009.
5. Murad N. A. et al. Micromachined H-plane horn antenna manufactured using thick SU-8 photoresist. Electron. Lett. 46 (11), 743–745, 2010.
6. Murad N. A. et al. Micromachined millimeter-wave Butler matrix with a patch antenna array. 2009 Mediterranean Microwave Symposium (MMS). IEEE, Tangiers, 2009.
7. Shang X. et al. Micromachined WR-3 waveguide filter with embedded bends. Electron. Lett. 47 (9), 545–547, 2011.
8. Shang X. et al. Measurements of micromachined submillimeter waveguide circuits. 2010 76<sup>th</sup> ARFTG Microwave Measurement Conf. IEEE, Clearwater Beach, Florida, 2010.
9. Shang X. et al. WR-3 band waveguides and filters fabricated using SU8 photoresist micromachining technology. IEEE Trans. Terahertz Sci. Technol. 2 (6), 629–637, 2012.
10. Mehdi I. et al. A broadband 900-GHz silicon micromachined two-anode frequency tripler. IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 59 (6), 1673–1681, 2011.

**Паяльная паста от Indium Corporation с малым образованием пустот после пайки**



Рис. 1. Обычное высокое образование пустот

Компания Indium Corporation представляет новые высокопроизводительные бессвинцовые паяльные пасты Indium10.1 и Indium8.9HF с малым образованием пустот после пайки и не требующие отмывки.

Indium Corporation создала специальную паяльную пасту Indium10.1, способную значительно

сократить образование пустот после пайки ниже среднего уровня, существующего в этой отрасли, что позволяет повысить надежность готовой продукции. Паста Indium10.1 обеспечивает высокие показатели пайки и широкий диапазон технологического процесса, что включает различные размеры плат и требования к производительности, а также сводит к минимуму возможность появления дефектов.

Паяльная паста Indium8.9HF обеспечивает очень низкий уровень образования пустот при использовании безгалогенных материалов. Уникальная технология создания слоя, препятствующего оксидированию, делает ее оптимальной для различных применений, особенно для автомобильной отрасли.

Паяльные пасты Indium10.1 и Indium8.9HF обеспечивают не только отличное качество трафаретной печати и чувствительность к интервалам, но и великолепную способность к пайке по технологии pin-in-paste и заполнению отверстий, оставаясь стабильными при комнатной температуре до 30 дней.



Рис. 2. Низкое образование пустот при использовании паст производства Indium Corporation

Благодаря технологии Avoid the Void производителям больше не придется довольствоваться неприемлемыми количествами пустот при пайке QFN, CSP или BGA.

[www.ostec-materials.ru](http://www.ostec-materials.ru)

ОТ ПРОРАБОТКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
И ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ

## К СТРОИТЕЛЬСТВУ СЕРИЙНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

- Предпроектная проработка инвестиционных проектов
- Системное взаимодействие с источниками технологий
- Стоительство и генпродряд
- Комплексное технологическое оснащение производства
- Аудит, трансфер и внедрение технологий
- Проектирование и управление проектами
- Создание инженерной инфраструктуры и специальных систем
- СДАЧА ОБЪЕКТА ПОД КЛЮЧ

# Особенности сборки изделий электроники по технологии 3D-интеграции

**С развитием электроники и микроэлектроники наблюдается тенденция к уменьшению размеров электронных приборов для получения наиболее функционального элемента на наименьшей площади. В настоящее время для решения этой задачи успешно применяется сборка электронных изделий по технологии 3D-интеграции, в частности стекловая сборка кристаллов с контактными микровыводами (бампами). Современное оборудование позволяет устанавливать кристаллы на пластину/подложку и пластины между собой, получая готовое изделие еще до этапа разрезания пластин на отдельные кристаллы.**

Юлия Борисова

lum@eurointech.ru

В статье представлены результаты завершённых микромонтажных работ по 3D-сборке кристаллов с бампами. Работы проводились сотрудниками Института надёжности и микроинтеграции им. Фраунгофера (Fraunhofer IZM) совместно с инженерами компании Finetech. Для проведения тестовых исследований использовалась монтажная станция Fineplacer Sigma, специально разработанная для решения сложных задач микромонтажа кристаллов с большим количеством контактных выводов. Для тестовых работ было выбрано несколько образцов с большим количеством бампов (до 143 000) и малым диаметром выводов (до 13 мкм), которые были установлены на подложку с использованием различных технологий и возможностей монтажной станции Fineplacer Sigma.

## Введение

Высокая скорость, большая плотность упаковок, оптимизация размеров и многофункциональность — вот основные направления развития электроники в наши дни. Применение сборки по технологии 3D-интеграции позволяет следовать этим тенденциям, увеличивая функциональность каждой отдельно взятой единицы площади электронного изделия. Особенно важно применение данной технологии в производстве микропроцессоров, компонентов памяти, сенсоров и датчиков.

Выбор надлежащей технологии монтажа кристаллов определяется следующими требованиями: малые размеры кристаллов, малый шаг выводов, высокая температурная, электрическая и механическая стабильность. Этим требованиям удовлетворяет диффузионная пайка или диффузионная пайка с переходящей жидкой фазой. Необходимость работы с тонкими кристаллами с большим количеством низкопрофильных контактных выводов и малым шагом выводов указывает на важность выбора микромонтажного оборудования, обеспечивающего высочайшую точность монтажа кристаллов, большие усилия прижима и параллельность кристалла подложке в процессе его установки и пайки.

Для проведения тестовых работ были выбраны кристаллы различных размеров, также применялись различные технологии микромонтажа (таблица). Все полученные микросборки имеют 1-мм выступ между подложкой и верхним смонтированным кристаллом с каждой из четырех сторон для подключения зондов и проведения электрических тестов по завершении работ.

Сложность проведения микросборки заключалась в необходимости применения усилия прижима порядка 500 Н, а также нагрева кристалла до температуры более 300 °С. При этом важно обеспечить постмонтажную точность не более 3 мкм.

После проведения микросборочных работ были проведены электрические тесты, рентгеновское исследование и исследование поперечного сечения.

## Термокомпрессионный монтаж с использованием предварительной заливки

Заливка очень тонких кристаллов (с толщиной менее 100 мкм) или стеков кристаллов — это довольно сложная задача, поскольку примыкающие компоненты или окружающие структуры легко могут быть

Таблица. Результаты проведения тестовых работ

Размер кристалла, мм <sup>2</sup>	Диаметр бампов/ количество бампов	Технология монтажа
10×10	25 мкм/35 904	Термокомпрессионная сварка с применением NCF
10×10	25 мкм/35 904	Диффузионная пайка с переходной жидкой фазой
11×11	13 мкм/13 312	Термокомпрессионная сварка
20×20	25 мкм/143 616	Эвтектический монтаж

### Диффузионная пайка с переходной жидкой фазой

загрязнены. Поэтому все чаще используют этап так называемой предварительной заливки, когда кристалл или подложка заливаются компаундом еще до монтажа кристалла на подложку. В процессе микросборки материал компаунда становится жидким и заполняет пустоты между бампами, образуя поперечную связь.

Использование непроводящих адгезионных материалов (например, непроводящей фольги NCF) — это своеобразный способ предварительной заливки, наносимой на подложку с помощью вакуумного ламинатора перед ее разрезанием. В процессе монтажа важно обеспечить необходимое усилие прижима и температурный режим, достаточный для разжижения материала заливки и его последовательной активации.

Верхний кристалл устанавливается на подложку при комнатной температуре и медленно нагревается до температуры примерно +120 °С, таким образом вязкость NCF-адгезива снижается.

Результатом этого процесса является вытеснение материала заливки бампами. При температуре +120 °С адгезив NCF начинает образовывать поперечные связи, тем самым образуя контакт между бампами. В ходе этого процесса решающим фактором является прилагаемое усилие прижима, поскольку оно должно быть не менее 1 г/бамп. Затем весь элемент нагревается до финальной температуры +231 °С.

Постмонтажная точность сборки, полученной по данной технологии на оборудовании Fineplacer Sigma, составила 2 мкм даже при применении усилия прижима в 500 Н и температуры свыше +230 °С (рис. 1).



Рис. 1. Поперечное сечение сборки с применением NCF (усилие прижима 500 Н)

В случае использования технологии предварительной заливки для кристаллов с небольшой высотой бампов крайне важно обеспечить параллельность кристалла подложке в процессе сборки. Поэтому при монтаже применяются специальные инструменты с шарнирной головкой, которые позволяют выровнять кристалл относительно подложки в ходе микромонтажа. Исследования поперечного сечения полученной микросборки показали, что в среднем расхождение плоскости кристалла и подложки составляет всего 2 мкм по всей длине в 15 мм.

Другим важным фактором получения качественной сборки с использованием предварительной заливки является оптимизация процесса и правильный подбор временных интервалов. Неправильно выбранные температурные профили и профиль прижима крайне негативно влияют на результаты процесса. К примеру, если усилие прижима приложить слишком поздно, то контакта между бампами не будет.

Данная технология монтажа кристаллов становится все более популярной, в особенности для многокристалльных сборок или 3D-интеграции благодаря выгодным характеристикам получаемых микросборок. Тугоплавкий слой припоя между двумя легкоплавкими металлами нагревается до температуры его плавления. Это приводит к образованию интерметаллических соединений вследствие процесса диффузии. Образовавшиеся интерметаллические соединения имеют температуру плавления выше, чем температура плавления тугоплавкого припоя. Такая технология монтажа называется диффузионной пайкой с переходной жидкой фазой, она имеет максимальный эффект для структур Cu-Sn.

В ходе тестовых работ кристаллы были первоначально зафиксированы на подложке с усилием прижима порядка 20 Н, затем была проведена пайка при температуре +231 °С и усилии прижима 500 Н.

Для образования однородного интерметаллического слоя в процессе пайки важно, чтобы припой не содержал оксидов. Поэтому перед проведением тестовых микросборочных работ все кристаллы были подвергнуты плазменной обработке для очистки поверхности от оксидов. Кроме того, в ходе пайки использовался флюс.

Во избежание бокового сдвига вследствие сферичности выводных бампов кристаллов и подложки, финальное усилие прижима должно применяться при температуре, достаточной для того, чтобы припой находился в жидком состоянии. Для образования интерметаллических соединений сборка кристалл-подложка выдерживалась при температуре +200 °С от нескольких минут до нескольких часов.

Последующие тесты в рентгеновском излучении и изображения поперечных сечений показали хорошие результаты (рис. 2).

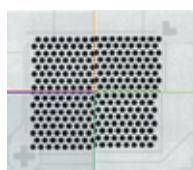


Рис. 2. Рентгеновское изображение четырех углов полученной сборки кристалл-подложка

Несмотря на большие усилия прижима и сферическую поверхность бампов, постмонтажная точность составила всего 3 мкм. Кроме того, следует заметить, что топология нашего тестового кристалла такова, что бампы и реперные метки наносились в ходе двух отдельных процессов фотолитографии, а это значит, что есть еще некоторый сдвиг бампов относительно реперных меток, «заданный» еще производителем кристаллов (в действительности он может достигать 5 мкм). Подобный сдвиг также следует принять во внимание.

Вследствие сферичности поверхности бампов постмонтажная параллельность кристал-

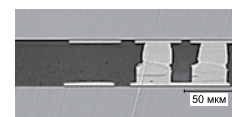


Рис. 3. Деформация бампов вследствие неточного совмещения

ла подложке частично зависит от точности совмещения. Даже незначительные угловые ошибки могут привести к полному рассовмещению и «соскакиванию» бампов друг относительно друга при применении больших усилий прижима (рис. 3).

### Термокомпрессионная сварка

Данный метод монтажа особенно интересен при сборке датчиков изображения, где требуется получение контакта Cu-Cu. Медь обладает высокой электро- и теплопроводностью, что делает ее наиболее подходящим материалом.

Для улучшения процесса монтажа на поверхность бампов был нанесен слой припоя SnAg толщиной 1 мкм. Эффект от нанесения этого слоя был исследован ранее.

Для бампов в количестве 13312 с диаметром 13 мкм и шагом 25 мкм требуется применение усилия прижима в 500 Н и нагрев до температуры +300 °С. Для получения хорошего контакта также необходимо провести предварительную плазменную обработку поверхности кристаллов и подложек, делается это перед сборкой, чтобы удалить оксиды. Отжиг при температуре +400 °С в ходе тестовых работ не проводился.

Из-за малого диаметра бампов и маленького шага выводов проверка постмонтажной точности сборки может быть проведена только исследованием поперечного сечения. Она составила всего 1–3 мкм для данной технологии монтажа. Для улучшения этих результатов необходимо оптимизировать параметры процесса, такие как температурный профиль и прилагаемое усилие прижима (рис. 4).

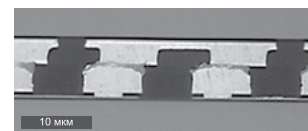


Рис. 4. Пример смещения бампов друг относительно друга

Отклонение в параллельности подложки и кристалла в ходе тестовой сборки методом термокомпрессионной сварки составило 2 мкм вдоль всей диагонали кристалла с размерами 11×11 мм. Электрические тесты показали хороший электрический контакт без коротких замыканий по всей площади кристалла.

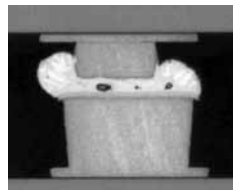
### Эвтектическая пайка

Эвтектическая пайка — это все еще наиболее распространенная технология монтажа, при которой эвтектический припой

используется в качестве контактной среды. Обычно отдельные кристаллы устанавливаются в стек, а затем проводится одновременная пайка всех кристаллов оплавлением припоя или контактным нагревом снизу. Крайне важно провести весь цикл сборки без перемещения подложки, чтобы получить высокую точность монтажа. Для эвтектических тестов использовались кристаллы с бампами в количестве 143 616 штук. Кристалл фиксировался в течение всего процесса сборки.

Используемый SnAg-припой (3,7% Ag) имеет температуру плавления около +221 °С, которая должна быть превышена в ходе процесса пайки.

Для повышения точности монтажа нагрев проводился от комнатной температуры до температуры плавления припоя по заданному термопрофилю, в ходе нагрева кристалл удерживался



**Рис. 5.** Небольшие пустоты внутри припоя

ся небольшим усилием прижима 20 Н. Однако при такой фиксации кристалла невозможно его самовыравнивание.

Использование эвтектической технологии позволило получить сборку с небольшим отклонением в параллельности подложки и кристалла — около 1,7 мкм по длине 28,3 мм, и высокой точностью монтажа — 2–3 мкм.

Однако было выявлено наличие пустот внутри припоя. Поэтому процесс сборки следует проводить в вакууме (рис. 5).

### Заключение

Новые технологии монтажа, например диффузионная пайка, сварка металл-металл и использование предварительной заливки, требуют высокой точности совмещения и кропотливой подборки и оптимизации параметров процесса сборки, таких как усилие прижима и температурный режим.

Применение монтажной станции Fineplacer Sigma сделало возможным проведение микросборки сложных кристаллов с большим количеством контактных выводов малого диаметра. При этом был получен хороший электрический контакт для всех бампов (в количестве 143 000).

## Новые системы для производства печатных плат от LPKF

Компания LPKF предлагает новые системы для производства печатных плат.

Новые плоттеры ProtoMat E34 и ProtoMat E44 (рис. 1) представляют собой недорогие системы механического фрезерования и сверления печатных плат, предназначенные для выполнения проводящего рисунка на полностью покрытых проводящим материалом основаниях. Обе системы созданы для обучения и нерегулярного использования. Модель ProtoMat E44 отличается шпинделем с повышенной скоростью и камерой для считывания положения материала. Это дает возможность изготавливать двусторонние платы с точностью на уровне микрон и точным контролем ширины канала фрезерования. Для работы обеим системам требуется только электрическая розетка и устройство для отсоса пыли.

Система Contac S4 (рис. 2) выполняет надежную гальваническую металлизацию сквозных отверстий

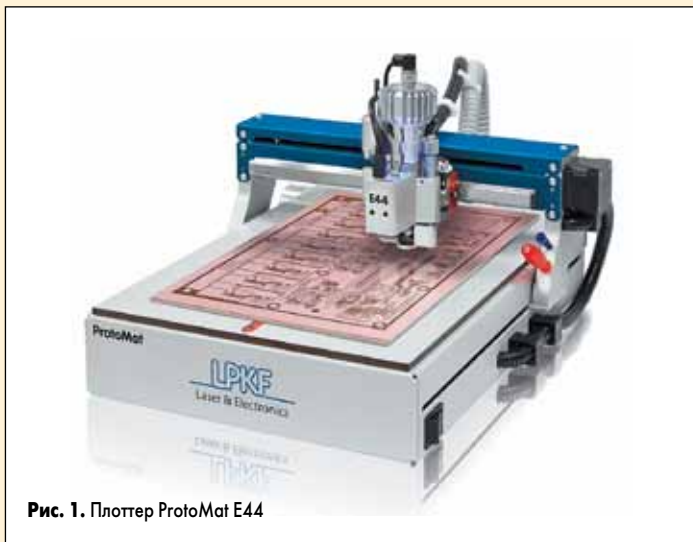
в лабораторном масштабе благодаря этапу очистки микропереходных отверстий. Эта компактная станция оснащается ваннами в количестве до 6 штук, причем отношение диаметра и глубины отверстия может достигать 1:10 — даже для многослойных плат с количеством до 8 слоев. Допуск на наращивание слоев составляет лишь ±2 мкм. Дополнительная операция осаждения олова улучшает паяемость.

Лабораторная система обработки печатных плат ProtoLaser S4 (рис. 3) снабжена источником лазерного излучения в зеленой части спектра, что улучшает управляемость процесса структурирования полностью покрытых проводящим материалом оснований. Система способна формировать прецизионные проводящие элементы с шагом лишь 65 мкм (*ширина проводника/расстояние между проводниками = 50/15 мкм*).

[www.elinform.ru](http://www.elinform.ru)



**Рис. 3.** Лабораторная система обработки печатных плат ProtoLaser S



**Рис. 1.** Плоттер ProtoMat E44



**Рис. 2.** Система Contac S4

# Экспо Контроль 2016

13–15 апреля

Москва

Экспоцентр на Красной Пресне

[www.expo-control.com](http://www.expo-control.com)

Ежегодная выставка «Экспо Контроль» продолжает знакомить специалистов с последними тенденциями в области информационно-измерительных технологий

На протяжении 7 успешных лет проведения выставки «Экспо Контроль» ее отличал представительный и авторитетный состав участников и посетителей.

Сегодня можно совершенно справедливо утверждать, что выставка «Экспо Контроль» стала ведущим российским форумом в области информационно-измерительных систем и технологий.



Секции выставки – «Контроль и измерения», «3D-измерения», «Испытания и тестирование», «Датчики и сенсоры», «Микроскоп», «Линейно-угловые измерения», «Аналитика», «Бесконтактные измерения», «Неразрушающий контроль», «Обработка изображений и машинное зрение»



- живое общение специалистов и обмен опытом
- эффективное решение важнейших задач
- компетентные рекомендации от ведущих компаний – экспонентов
- более 20 часов научно-технических семинаров



«Экспо Контроль 2016» состоится в партнерстве с Российской Неделью Электроники и Автоматизации, представленной выставками «Новая Электроника», «Автоматизация. Отраслевые решения», «РСВ Expo»

# Ионизация воздуха: нейтрализация статического заряда на диэлектриках

**Как известно, для диэлектриков — материалов, имеющих сопротивление более 100 ГОм, — заземление через проводник не приводит к стеканию статического заряда на «землю». Поэтому единственным способом нейтрализации заряда является ионизация воздуха. В статье изложены основы устройства и применения ионизаторов в системе комплексной ESD-защиты.**

**Никита Сапелкин**

sna@pribor.ru

Избежать присутствия «незаземляемых» объектов и диэлектриков на рабочем месте практически невозможно. Такие предметы, как корпуса приборов, органы управления, шнуры питания, пластмассовые детали, изоляционные материалы, могут представлять реальную опасность для электронных компонентов, чувствительных к электростатике. В таком случае заземление бесполезно, и приходится искать иные пути защиты от накопления электростатического заряда на поверхности диэлектриков, которые не проводят электрический ток, поскольку в них, в отличие от проводников, нет свободных зарядов, способных перемещаться под действием электрического поля. Поверхностное сопротивление таких материалов превышает 100 ГОм, а потому их контактное заземление через проводник не обеспечивает стекания заряда к «земле». Международные стандарты по антистатике, в частности общеевропейский IEC61340-5 Electrostatics. Part 5: Specification for the Protection of Electronic Devices from Electrostatic Phenomena, рекомендуют по возможности не использовать диэлектрики в ESD-защищенной зоне, а при вынужденном их присутствии нейтрализовать заряд ионизацией воздуха. Кроме того, в стандартах подчеркивается, что ионизация воздуха порой необходима даже для проводящих поверхностей объектов, если по каким-то причинам их не удастся заземлить (например, в движении).

## Как обезвредить

Эффективная нейтрализация заряда на диэлектрике обеспечивается увеличением проводимости окружающего воздуха. К примеру, воздушный шарик, прилипший к стене под действием статического электричества, через какое-то время неизбежно падает после стекания заряда статического электричества благодаря воздуху, являющемуся проводником. При этом чем меньшей проводимостью обладает воздух, тем медленнее нейтрализуется заряд и дольше висит воздушный шарик.

При работе с чувствительными электронными компонентами, где достаточно мгновения для повреждения их разрядом статического электричества, существует два пути решения проблемы: повышение влажности воздуха и его ионизация. Первый способ проще, однако нередко влечет вторичные проблемы, такие как дискомфорт персонала, коррозия металлов и ухудшение паяемости. Оптимальная относительная влажность воздуха в зоне ESD-защиты обычно не превышает 55%, хотя это во многом зависит от специфики производства. В любом случае влажность воздуха на рабочем месте должна быть строго контролируемым параметром, мониторинг которого осуществляется непрерывно или дискретно с высокой периодичностью при помощи специальных приборов (как, например, комбинированный мегометр-гигрометр MULTIMEG). Тем не менее поддержание оптимального уровня влажности является лишь благоприятным фоном, тогда как наиболее действенным способом нейтрализации заряда на диэлектриках становится именно ионизация воздуха.

Современные ионизаторы, оснащенные встроенным вентилятором, способны генерировать мощный поток положительно и отрицательно заряженных ионов. Ионы, в свою очередь притягиваясь к молекулам противоположной полярности, нейтрализуют статический заряд на объектах рабочей зоны. В настоящее время в промышленности наиболее широко используются коронные (игольчатые) ионизаторы трех разновидностей: переменного тока (AC ionizers), постоянного тока непрерывного действия (Steady-state DC ionizers) и постоянного тока импульсного действия (Pulsed DC ionizers).

Наиболее типичны для электроники в качестве компонента ESD-защиты ионизаторы переменного тока (AC ionizers). Их эмиттеры поочередно генерируют положительные и отрицательные ионы с частотой питающей сети 50 Гц, так что вокруг них создается концентрированное «ионное облако». Объект, несущий статический заряд, находясь или продвигаясь вблизи ионного облака, привлекает ионы противоположной полярности, следствием чего становится нейтрал-





Рис. 2. Ионизатор AE-112



Рис. 1. Ионизатор AE-100



Рис. 3. Ионизатор AE-210FC

зация заряда на объекте. При отсутствии статически заряженного объекта разнополярные ионы рекомбинируются между собой или стекают на «землю». Как правило, ионизаторы переменного тока оснащены встроенным вентилятором, позволяющим направлять ионное облако на объекты рабочей зоны и регулировать интенсивность обдува. Преимущество таких ионизаторов состоит в сбалансированной генерации ионов и возможности размещения ионизатора в непосредственной близости от объектов, требующих нейтрализации заряда. Кроме того, ионизаторы переменного тока — это самые недорогие устройства.

#### Типы ионизаторов

Настольный ионизатор эффективен и мобилен: его удобно перемещать как в пределах рабочего места, так и с одного стола на другой. Важные факторы при выборе настольного

ионизатора — его размеры и производительность. Крупногабаритный прибор занял бы слишком много места на рабочем столе радиолюбителя, поэтому особенно популярны компактные ионизаторы.

AE-100 компании Armeka Engineering (рис. 1) — это эффективный настольный ионизатор для применения на рабочем месте, имеющий возможность регулировать мощность потока ионизированного воздуха.

Подвесной ионизатор решает проблему препятствий, нередко возникающую при использовании настольного ионизатора. Подвесной ионизатор размещают на высоте 45–60 см над плоскостью рабочего стола.

Ионизатор AE-112 компании Armeka Engineering (рис. 2) устанавливается над рабочим местом, имеет регулируемый поток воздуха и широкую область ионизации. Прибор оснащен сигнальной лампочкой контроля ионного баланса.

Прицельный ионизатор-распылитель используется, когда воздействие необходимо на очень небольшом участке. Такой ионизатор представляет собой компактное ручное устройство (иногда с педалью), работающее с подачей сжатого воздуха от внешнего компрессора. Заодно с нейтрализацией заряда на объекте воздушным потоком можно удалять и мелкие частицы, привлеченные к объекту статическим потенциалом.

Прибор AE-210FC (AirGun) компании Armeka Engineering (рис. 3) — легкий и подвижный ионизатор в виде пневматического пистолета, предназначенный для использования на рабочем месте. К его достоинствам следует отнести ценовую доступность, эффективность и простоту в эксплуатации. Прибор готов к использованию сразу после заполнения его сжатым воздухом и подключения к сети. Подключается через трансформатор.

## ОЭЗ на базе АО «НПП «Исток» им. А. И. Шокина»

В городе Фрязино Московской области на базе АО «НПП «Исток» им. А. И. Шокина» будет создана особая экономическая зона (ОЭЗ) технико-внедренческого типа. Соответствующее постановление подписал Председатель Правительства Российской Федерации Дмитрий Медведев. По оценкам правительства Подмосковья, в 2016–2018 годах создание новой особой эконо-

мической зоны позволит привлечь в экономику региона более 45 млрд руб., а в период до 2025 года объем инвестиций должен превысить 50 млрд руб. Предполагается, что к этому времени резидентами ОЭЗ «Исток» станут около 40 компаний.

[www.istokmw.ru](http://www.istokmw.ru)

## Материалы, совместимые со светодиодами, от компании DELO

Компания DELO Industrial Adhesives провела испытания и выпустила 14 адгезивов для применения в системах светодиодного освещения. Десять материалов одобрены для прямого контакта со светодиодами и еще четыре сертифицированы для косвенного контакта. Они позволяют создавать долговечные светодиодные модули и источники света с высокой интенсивностью.

Четырнадцать адгезивов продемонстрировали химическую совместимость при испытаниях, типовых для светодиодной промышленности. В модули в течение шести недель подавался ток 700 мА, нагревавший их до 70 °С. При последующих испытаниях интенсивности для материалов, предназначенных для прямого контакта со светодиодами, не отмечалось снижения яркости, а у материалов с косвенным контактом наблюдалось очень небольшое снижение яркости. Стойкие к пожелтению адгезивы с малым газовыделением обеспечивают высокие оптические качества светодиодного модуля в течение длительного времени.

Для своих материалов, совместимых со светодиодами, компания DELO применяет преимущественно светоотверждаемые эпоксидные смолы. В сравнении с силиконами они более стабильны и создают лучшую герметизацию. Когда используются силиконы, при определенных обстоятельствах в светодиодах

и электронные устройства может проникать влага, что сокращает их срок службы. Также отверждение эпоксидных смол и акрилатов под действием света происходит быстрее, что повышает эффективность процессов изготовления. Их температурная стабильность и эластичность означают, что они способны выдерживать экстремально высокие и низкие температуры и даже вибрацию. Их универсальная адгезия также позволяет создавать надежные и практически невидимые соединения даже при самых сложных сочетаниях материалов и геометрии.

Конструкция и качество изделия — два аспекта, на которые могут повлиять применяемые адгезивы, — способны выделить светодиодные лампы на фоне конкурирующей продукции на рынке освещения. Адгезивы обычно применяются для крепления линз или отражателей и могут клеивать светодиодные лампы в стеклянные пластины и корпуса. Когда производители модулей и ламп используют совместимые со светодиодами адгезивы вместо часто применяемых резьбовых и штыревых соединений, они получают лучшую герметизацию, что уменьшает возможность отказа и снижения интенсивности.

[www.elinform.ru](http://www.elinform.ru)

## Однокомпонентный теплопроводящий гель Liqui-Form 3500 от Henkel

Компания Henkel представляет однокомпонентный теплопроводящий гель Liqui-Form 3500. Новый материал обеспечивает баланс таких свойств, как способность к нанесению дозированием, малые возникающие в компонентах механические напряжения и ремонтпригодность. Гель Liqui-Form 3500 обладает высокой теплопроводностью 3,5 Вт/м·К, а его вязкость поддерживается на стабильном уровне при хранении, нанесении и эксплуатации изделия.

Новый материал во многих случаях может стать отличным заменителем теплопроводящих про-

кладок, избавляя от трудоемких операций ручной установки прокладок при сборке изделий со множеством миниатюрных компонентов. В случае дорогостоящих сборок, требующих операции восстановления в конце производственной линии, гель Liqui-Form 3500 можно быстро удалить, выполнив операцию протирки и окончательной очистки. Присущее материалу низкое напряжение сцепления минимизирует опасность повреждений при снятии компонента.

Поскольку новый гель имеет предварительно отвержденное состояние и обладает более высокой

вязкостью по сравнению с традиционными термопастами, он не подвержен миграции или «выдавливанию» материала с течением времени, что вносит свой вклад в его долговременную надежность. Материал также испытывает малое объемное расширение и отличается стабильностью характеристик при продолжительном использовании в условиях высоких температур, таких как 200 °С. Гель Liqui-Form 3500 отличается малой ионногенностью, что снижает опасность появления электрических проблем.

[www.elinform.ru](http://www.elinform.ru)

**SEMICON<sup>®</sup>  
RUSSIA**

**8-9 июня, 2016**  
Стратегический Симпозиум 7 июня

**SEMICON<sup>®</sup> — это ведущий форум  
индустрии микроэлектроники в мире.**

В 2016 году SEMICON Russia представит полную картину цепочки поставок: от материалов и оборудования до технологий производства, услуг, компонентов и приложений.

Впервые состоится Стратегический Симпозиум по Электронике и Высоким Технологиям, который пройдет 7 июня 2016 года.

Место проведения:  
ЦВК «Экспоцентр», Москва  
Краснопресненская набережная, 14,  
Регистрация участников:  
[www.semiconrussia.org](http://www.semiconrussia.org)

 semi

**Основные события Форума SEMICON Russia в 2016 году**

- Российский Стратегический Симпозиум по Высоким  
Технологиям  
и Высоким Технологиям
- Аллея высокотехнологичных кластеров России
- Старт-зона (Innovation Village)
- TechARENA
  - Силовая Электроника
  - Гибкая Электроника
  - МЭМС
  - Индустрия 4.0
  - Умные города
- TechLOUNGE
  - Презентации участников
- Конференция по техническому зрению
- Российско-Тайваньский форум
- Российско-Китайская инвестиционная сессия
- Вечерний прием SEMI



SMT ОБОРУДОВАНИЕ  
*Достойное импортозамещение*



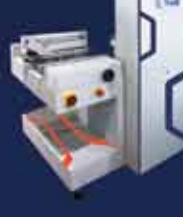
СДЕЛАНО  
В РОССИИ

АВТОМАТИЧЕСКИЙ  
ПРИНТЕР ТРАФАРЕТНОЙ  
ПЕЧАТИ «БУРАН»



КОНВЕЙЕРНАЯ ПЕЧЬ  
КОНВЕКЦИОННОГО  
ОПЛАВЛЕНИЯ «ЭТНА»

СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ  
КОНВЕЙЕР  
ОДНОСЕКЦИОННЫЙ



АВТОМАТИЧЕСКИЙ  
ЗАГРУЗЧИК ПЛАТ  
В ЛИНИЮ

РЕМОНТНЫЙ ЦЕНТР  
«СИРИУС»



dialmovie



dialcompany



ГК «ДИАЛ»

www.dialsmt.ru

Тел. в Брянске: +7 (483) 294 44 04

Тел. в Москве: +7 (495) 995 20 20



**14-я Международная выставка**  
технологий, оборудования и материалов  
для производства изделий электронной  
и электротехнической промышленности



**ВЗРАЩАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИИ**

Совместно с выставкой



Организаторы:



+7 (812) 380 6003/07/00  
electron@primexpo.ru

При содействии:



**Получите электронный билет: [electrontechexpo.ru](http://electrontechexpo.ru)**