

Новое в области стандартизации процессов производства печатных плат

В настоящее время в России заметно оживление в сфере производства печатных плат, восстанавливаются ранее действующие и создаются новые производства. Разумеется, базовым принципом этих производств должно стать максимальное использование всех имеющихся достижений в области технологии, оборудования, материалов, а также контроля продукции, «узаконенное» стандартами. Однако именно отсутствие национальных стандартов, соответствующих современному уровню, является одной из основных проблем в этой области.

**Валентин Терешкин,
к. т. н.
Жанетта Фангоф,
к. т. н.
Лилия Григорьева**

info@elmaru.com

Отсутствие необходимых стандартов и чрезвычайно низкий уровень имеющихся означает, что отечественные нормативные документы не обеспечивают соблюдение интересов потребителя и государства, поскольку устанавливают слишком низкие требования к способу производства и качеству плат.

В «доперестроечный» период вопросы стандартизации печатных плат в России решались в рамках «Программы комплексной стандартизации», утверждаемой Госстандартом СССР. Последняя программа была создана в 1988 году и охватывала период до 1995 года. Разработку программы осуществляло головное предприятие страны по печатным платам — ЛНПО «Авангард» при участии ведущих предприятий различных отраслей промышленности.

Конечной целью разработки всей системы стандартов являлось повышение качества плат, повышение производительности труда при их разработке, изготовлении и контроле.

Целый ряд стандартов «Программы» был посвящен вопросам технологии изготовления печатных плат. Именно об этой части системы стандартов мы поговорим в настоящей статье.

Действующими стандартами в области технологии в настоящее время считаются следующие:

- ГОСТ 23661-79. Платы печатные многослойные. Требования к ТТП прессования.
- ГОСТ 23662-79. Платы печатные. Получение заготовок, фиксирующих и технологических отверстий. Требования к ТТП.
- ГОСТ 23663-79. Платы печатные. Механическая зачистка поверхности. Требования к ТТП.
- ГОСТ 23664-79. Платы печатные. Получение монтажных и подлежащих металлизации отверстий. Требования к ТТП.
- ГОСТ 23770-79. Платы печатные. ТТП химической и гальванической металлизации.

Как видно из этого перечня, стандартизация технологии на уровне ГОСТов охватывает лишь небольшую часть технологических процессов, используемых при производстве печатных плат. Так, отсутст-

вуют стандарты, регламентирующие требования к процессу получения рисунка схемы, травлению, нанесению защитной маски и многое другое.

Несмотря на то, что перечисленные ГОСТы переизданы в 1992–1995 гг., содержание их безнадежно устарело. Однако по решению Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации на эти ГОСТы снято ограничение по сроку действия. Такое положение с переизданием ГОСТов на технологию и снятием ограничения срока их действия сложилось в связи с ухудшением общего состояния дел в координации работ в области стандартизации.

В дополнение и развитие ГОСТов в 1996 году был разработан отраслевой стандарт ОСТ 107.460092.028-96 «Платы печатные. Технические требования к технологии изготовления». (В соответствии с ГОСТ Р 1.0-92 под отраслью понимается совокупность субъектов хозяйственной деятельности независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, разрабатывающих и (или) производящих продукцию определенных видов, которые имеют однородное потребительное или функциональное назначение).

ОСТ 107.460092.028-96 «Платы печатные. Технические требования к технологии изготовления» введен в действие Распоряжением Министерства оборонной промышленности Российской Федерации от 27 января 1997 г. 19-р.

ОСТ 107.460092.028-96 принципиально отличается от того стандарта, взамен которого он был выпущен — от ОСТ 107.460092.004.01-86 «Платы печатные. Типовые технологические процессы». Стандарт на типовые процессы устанавливал директивную технологию изготовления одно-, двусторонних и многослойных печатных плат и гибких кабелей. Какие-либо отклонения от регламентированных процессов практически не допускались. Это в какой-то степени было целесообразно на момент выпуска стандарта, потому что в это время он объединил весь передовой опыт, накопленный в стране в области производства печатных плат, и помогал отсталым предприятиям подтянуться до уровня более разви-

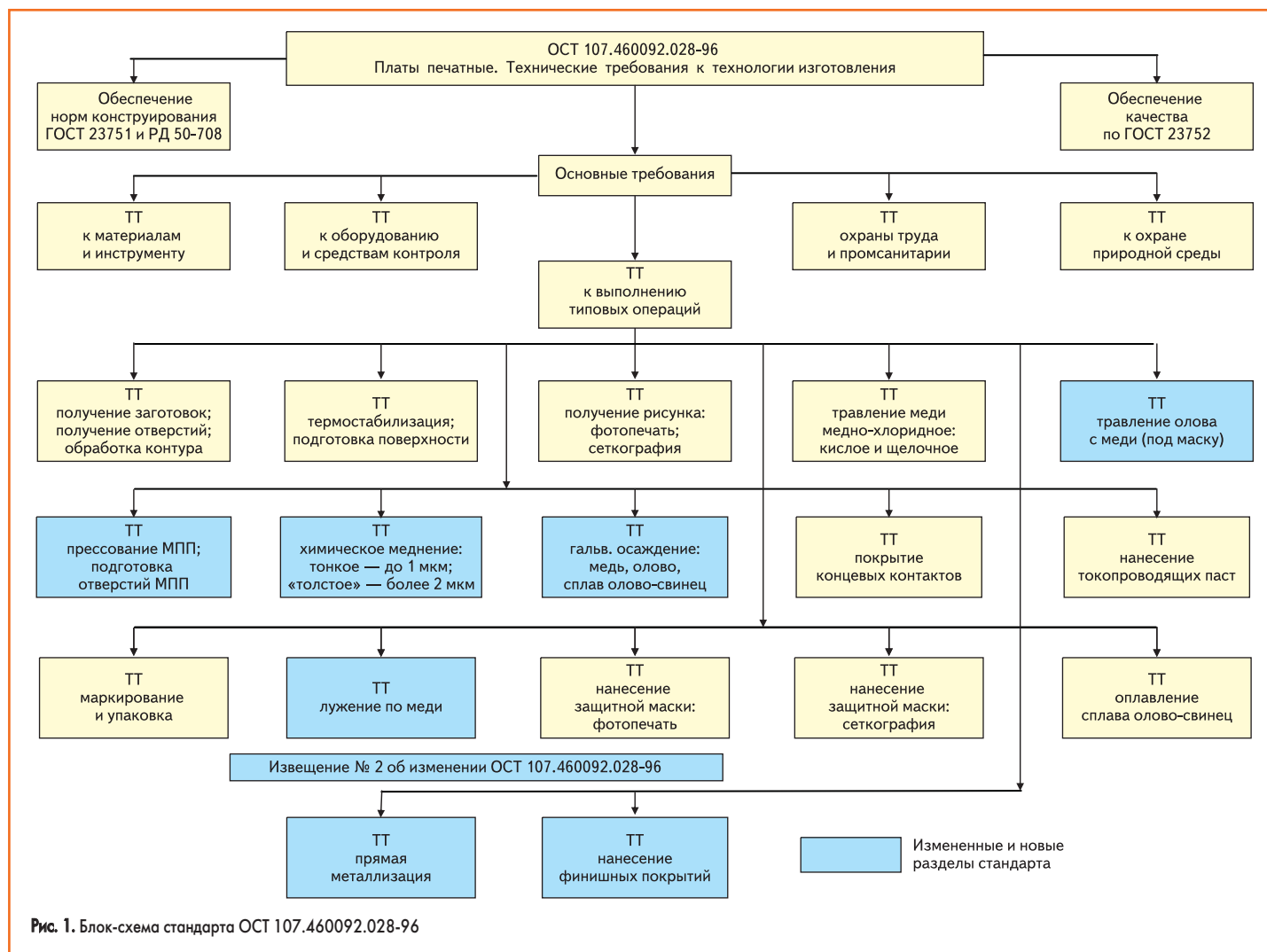


Рис. 1. Блок-схема стандарта ОСТ 107.460092.028-96

тых. Однако «директивность» технологии с течением времени становилась тормозом дальнейшего развития производств, и возникла необходимость в выпуске стандарта, устанавливающего требования к технологии, но в новой форме.

Назначение и состав ОСТ 107.460092.028-96 «Платы печатные. Технические требования к технологии изготовления» в общих чертах можно представить в виде блок-схемы, изображенной на рис. 1.

Как видно из схемы, стандарт содержит требования к выполнению типовых операций, таких как подготовка поверхности, получение рисунка методами фотопечати и сеткографии, травлению меди и олова с меди, к химическому меднению — тонкому и «толстому» (взамен электролитической затяжки), электролитическому меднению и нанесению защитных металлических покрытий из олова, сплава олово-свинец, никеля, золота, оплавлению и лужению, получению паяльной маски с применением фотопечати и сеткографии и т. д. Для каждой типовой операции дан метод контроля продукции и производственного процесса.

Кроме того, стандарт содержит требования к применяемым материалам и инструменту, оборудованию и средствам контроля, требованиям охраны труда и охраны природы.

В качестве справочной информации стандарт содержит перечень основных материалов, рекомендуемых для изготовления плат:

- базовых диэлектриков и прокладочных стеклотканей;
- фоторезистов и сеткографических красок;
- композиций для паяльной маски и маркирования.

В стандарте также рекомендованы схемы изготовления плат, которые могут служить для технологов основой при подготовке производства различных типов плат:

- двусторонних и многослойных с защитной маской по «голой» меди;
- односторонних плат с проводящим рисунком на основе проводящих паст;
- традиционных двусторонних плат с покрытием олово-свинец и др.

Прошло 10 лет с момента выпуска этого стандарта, и он, безусловно, также устарел. В стандарте отсутствует информация о многих разработанных в России к настоящему времени прогрессивных процессах, введение которых в стандарт диктуется техническими и экологическими соображениями, а также соображениями экономической безопасности России.

И вот сделан первый шаг в направлении усовершенствования стандарта по печатным платам — в 2007 году выпущено извещение № 2 об изменении ОСТ 107.460092.028-96 (рис. 2).

Согласно этому извещению, стандарт дополнен рядом новых процессов, отвечающих требованиям современного производства. Далее

представлен перечень и основные характеристики введенных в стандарт процессов.

- Прямая металлизация ПМ 300.
- Химическое меднение ЭЛХМ 200.
- Электролитическое меднение «ПлатаМет 600».



Рис. 2. Извещение № 2 об изменении ОСТ 107.460092.028-96

- Перманганатная обработка отверстий многослойных плат ПО 400.
- Травление олова с меди (перед нанесением маски) ТОЛ 800.
- Нанесение бессвинцовых финишных металлических покрытий.
- Нанесение органического защитного покрытия ОЗП 900.

Все процессы основаны на использовании отечественных материалов и концентратов, производимых в России.

Процесс прямой металлизации ПМ 300

Этот процесс, так же как и химическое меднение, предназначен для образования в отверстиях печатных плат проводящего слоя, но он экологически безопаснее процесса химического меднения. Прямая металлизация исключает использование формальдегида (это канцероген) и сильных комплексообразователей, затрудняющих обработку стоков. Процесс позволяет уменьшить слив растворов, содержащих медь, а также сократить время его проведения.

Процесс состоит из следующих стадий:

- обезжиривание ПМ 301;
- кондиционирование ПМ 302;
- предметаллизация ПМ 303;
- металлизация ПМ 304;
- ускоритель ПМ 305.

Создание проводящего слоя происходит при обработке в составе ПМ 304, который представляет собой специальный оловянно-палладиевый состав, эффективно сорбирующий на стенках отверстий и образующий при этом необходимое количество активных центров токопроводящего слоя. В ускорителе ПМ 305 завершается формирование проводящего слоя, по которому электролитически осаждается медь, что исключает стадию химического меднения.

Процесс химического меднения ЭЛХМ 200

Процесс наиболее близок к процессам, традиционно используемым на производствах для создания проводящего слоя в отверстиях печатных плат методом химического меднения, но при этом имеет принципиальные отличия.

Процесс включает следующие стадии:

- кондиционирование ЭЛХМ 201;
- микроотравление ЭЛХМ 202;
- преактивация ЭЛХМ 203;
- активация ЭЛХМ 204;
- химическое меднение ЭЛХМ 205.

Операция кондиционирования, осуществляемая в ЭЛХМ 201, кроме функции очистки поверхности обеспечивает также снятие статических зарядов со стенок отверстий и «разрыхляет» поверхность диэлектрика для адсорбции палладия при последующей обработке в растворе активатора. Это гарантирует максимально эффективную подготовку отверстий к последующей металлизации.

Активация ЭЛХМ 204, выполняемая в органо-палладиевом растворе, обеспечивает

очень высокую каталитическую активность при низкой концентрации палладия (в расчете на хлористый палладий 0,05–0,1 г/л). Селективное осаждение активатора только на диэлектрик, а также низкая концентрации палладия в рабочем растворе являются гарантией того, что сцепление осажденного металла с поверхностью отверстий будет лучше, а норма расхода палладия значительно ниже, чем в обычном совмещенном растворе активации.

Раствор химического меднения ЭЛХМ 205 имеет значительно более высокую стабильность по сравнению с ранее используемыми составами за счет применения нового комплексообразователя и низких рабочих концентраций компонентов в растворе. Благодаря низкой концентрации компонентов в растворе химического меднения облегчается также очистка сточных вод.

Процесс гальванического меднения печатных плат «ПлатаМет 600»

Процесс базируется на использовании сернокислого электролита с добавкой ПлатаМет 604. Испытания добавки показали отличные результаты по пластичности медных осадков.

Основные стадии процесса и используемые материалы:

- кислотная очистка «ПлатаМет 601»;
- микроотравление «ПлатаМет 602»;
- сернокислое меднение с добавкой «ПлатаМет 604».

Очиститель «ПлатаМет 601» обладает хорошей смачивающей способностью, что позволяет обрабатывать платы с соотношением диаметра отверстия к высоте 1:8, а также «глухие» отверстия. Очиститель легко удаляется при промывке холодной водой. Подготовка поверхности, выполненная с использованием микроотравителя «ПлатаМет 602», придает поверхности заготовок шероховатость, обеспечивающую максимальную прочность сцепления последующего слоя с основой.

Электролит меднения с добавкой «ПлатаМет 604» отличается высокой рассеивающей способностью, что позволяет при металлизации печатных плат получить равномерное распределение осадка по поверхности и отверстиям.

Благодаря высокой пластичности осажденной меди (коэффициент удлинения 12–18%), печатные платы выдерживают все термические нагрузки при дальнейшем изготовлении и пайке плат без разрыва столба металлизации в отверстиях.

По отзывам предприятий, использующих этот процесс, медные осадки, получаемые при использовании электролита с добавкой «ПлатаМет 604», превосходят по качеству зарубежные аналоги.

Процесс перманганатной очистки отверстий многослойных печатных плат ПО 400

Этот процесс, предназначенный для удаления наволакиваний смолы с торцов внутренних контактных площадок МПП и придания

стенкам отверстий шероховатости, осуществляется в следующем порядке:

- сенсibilизация ПО 401;
- перманганатная обработка ПО 402;
- нейтрализация ПО 403.

На стадии сенсibilизации происходит очистка отверстий от частиц, остающихся после сверления, а также сенсibilизация и кондиционирование стенок отверстий, что обеспечивает последующую оптимальную обработку в растворе на основе перманганата калия. На финишной стадии обработки происходит полная нейтрализация и удаление остатков марганца из отверстий, а также травление стекловолокон.

Процесс не допускает перетравливания смолы с оголением стеклоткани, поэтому не возникает дефектов, связанных с проникновением металлизации вдоль стекловолокон.

Обработка отверстий МПП в системе ПО 400 устраняет возможность образования пустот из-за наволакивания смолы при сверлении, обеспечивает получение микрошероховатой поверхности для лучшей абсорбции катализатора, значительно улучшает адгезию столба металлизации к стенкам отверстий.

Процесс травления оловянного металлорезиста ТОЛ 800

Известно, что при изготовлении прецизионных плат с защитной маской по меди в качестве удаляемого травильного металлорезиста целесообразно использовать олово, а не сплав олова со свинцом. Это позволяет отказаться от необходимости использования для осаждения сплава высокотоксичного электролита, содержащего борфториды и свинец. Процесс осаждения металла контролируется проще и легче, чем сплава. Для удаления временного металлорезиста с медного проводящего рисунка широко распространены 2 типа растворов — на основе перекиси водорода с борфтористоводородной кислотой и на основе азотной кислоты.

Особенности этих травителей:

- по мере травления и накопления металлов в растворе скорость травления постепенно падает;
- при накоплении металлов в перекисном травителе ~80 г/л и в азотнокислом ~150 г/л растворы подлежат замене;
- оба процесса экзотермические, особенно травление в перекисном растворе, поэтому необходимо постоянное охлаждение системы, так как при повышении температуры растравливается медная основа.

Процесс удаления олова ТОЛ 800 имеет заметные преимущества по сравнению с этими процессами. При эксплуатации раствор травления регенерируется подобно растворам для травления меди, и при соблюдении техпроцесса может служить без замены практически бесконечно долго.

Благодаря регенерации травителя скорость процесса снятия олова сохраняется постоянной в течение всего времени работы раствора, что обеспечивает высокую стабильность ка-

чества поверхности проводящего рисунка перед нанесением маски.

При поддержании параметров процесса в заданных пределах поверхность меди не затрагивается. Применение осветлителя ТОЛ 802 улучшает поверхность проводящего рисунка, придает меди равномерную микрошероховатость и светло-розовый цвет.

Процесс включает 2 основных стадии:

- травление олова ТОЛ 801;
- осветление меди ТОЛ 802.

Процесс ОЗП 900

Этот процесс представляет собой нанесение финишного органического защитного покрытия на контактные площадки печатных плат, не закрытые маской.

С развитием миниатюризации компонентов и печатного рисунка все больше возрастают требования к точности монтажа. Новые технологии монтажа требуют от поверхности платы таких свойств, которые уже невозможно получить при лужении ПП, в частности, необходимой становится компланарность поверхности контактных площадок.

Для удовлетворения этой потребности разработан ряд альтернативных финишных покрытий. Среди них — органическое защитное покрытие.

Органическое защитное покрытие — это химическое соединение меди с органической молекулой, способное предохранить поверхность меди от окисления до того, как будет произведена пайка. Покрытие обладает высокой теплостойкостью и выдерживает 2–3-кратное воздействие температуры 230–260 °С.

В процессе пайки со слабоактивным флюсом (пастой) происходит полное разрушение медноорганического соединения — ОЗП и пайка осуществляется по поверхности чистой меди.

Сравнительные исследования ОЗП, иммерсионного золота и иммерсионного серебра, проведенные японскими разработчиками идентичной технологии, показали, что покрытие обеспечивает наибольшую прочность паяного соединения и является наиболее экономичным и экологически безопасным финишным покрытием.

Основные этапы процесса ОЗП 900:

- очистка ОЗП 901;
- микротравление ОЗП 902;
- декапирование;
- нанесение покрытия ОЗП 904.

Нанесение органического защитного покрытия производится в водном растворе при невысокой температуре и поэтому не оказывает на платы воздействия типа тер-

моудара. Такой фактор, безусловно, положительно влияет на ресурс жизнеспособности плат.

Испытания печатных плат с покрытием ОЗП 900, проведенные потребителями данной технологии, показали, что ОЗП обеспечивает сохранение параметров печатных плат в соответствии с требованиями ГОСТ 23752.

Наряду с вышеописанными «комплексными процессами» в стандарт включены новые химические материалы, которые рекомендуются использовать в ряде процессов при изготовлении плат:

- добавки к электролитам (блестящего и матового гальванического меднения, осаждения олова, сплава олово-свинец, никеля, серебра);
- концентраты для химической подготовки поверхности и отверстий, в том числе для антиокислительной обработки при межоперационном хранении;
- флюсы для лужения, ИК-оплавления, пайки и др.

Все материалы и процессы, включенные в ОСТ 107.460092.028-96 «Платы печатные. Технические требования к технологии изготовления», имеют ТУ и прошли испытания в условиях производства на соответствие требованиям ГОСТ 23752 «Платы печатные. ОТУ» и успешно работают на ряде предприятий оборонной промышленности.