

# Особенности производства печатных плат 6–7-го классов точности. Как изготавливать. На что обращать особое внимание

В последнее время появилась потребность оснащать производство под выпуск многослойных печатных плат (МПП) 6–7-го классов точности. В цикле статей предлагается развернутый взгляд авторов на проблематику изготовления МПП 6–7-го классов точности.

Илья Лейтес

i\_leytes@rts-engineering.ru

Андрей Мусин

v\_musin@rts-engineering.ru

## Формирование прецизионного проводящего рисунка слоев

Причиной востребованности МПП 6-го и 7-го классов точности (назовем их прецизионными и сверхпрецизионными) стало появление комплектов, требующих высокоточного рисунка посадочных мест (на наружных слоях) и многослойной разводки их с использованием элементов рисунка, имеющего параметры линия/зазор 50–75 мкм на внутренних слоях (рис. 1).

При проектировании инновационных изделий конструкторы должны и стремятся использовать такие комплектующие, а технологи должны уметь изготавливать ПП, пригодные для их монтажа.

Ныне действующий стандарт — ГОСТ Р 53429-2009 (заменивший ГОСТ 23751, специфицировавший пять классов точности) специфицирует уже семь классов точности, основными характеристиками в нем указаны линия/зазор и гарантийный пояснок.

При этом практика показывает, что при изготовлении МПП 6–7-го классов проблема металлизации отверстий с большим  $H:d$  (12:1 и более) стоит весьма остро. Кроме того, появились новые подходы при формировании структур прецизионных МПП — заполнение отверстий, послойное наращивание и т. п. (рис. 2).

Анализ проблем, возникающих при попытках изготовить такие ПП, позволяет сделать следующие заключения:

1. Если при производстве ПП переход от 2-го к 4-му классу точности (а возможно, и к 5-му классу) носил эволюционный характер, то изготовление прецизионных МПП требует реализации принципиально новых инновационных технологических решений и оснащения.
2. Процессы изготовления ПП такого уровня сложности не могут быть сведены к реализации какой-либо одной операции, а предполагают комплексный подход, поскольку на разных этапах выполняются

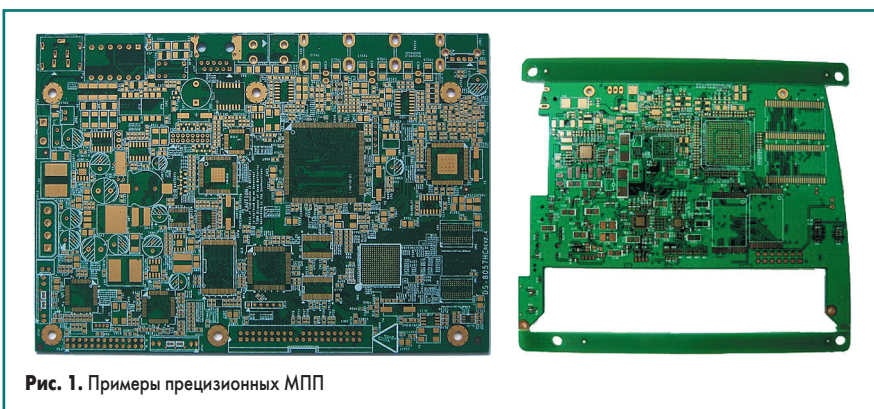


Рис. 1. Примеры прецизионных МПП

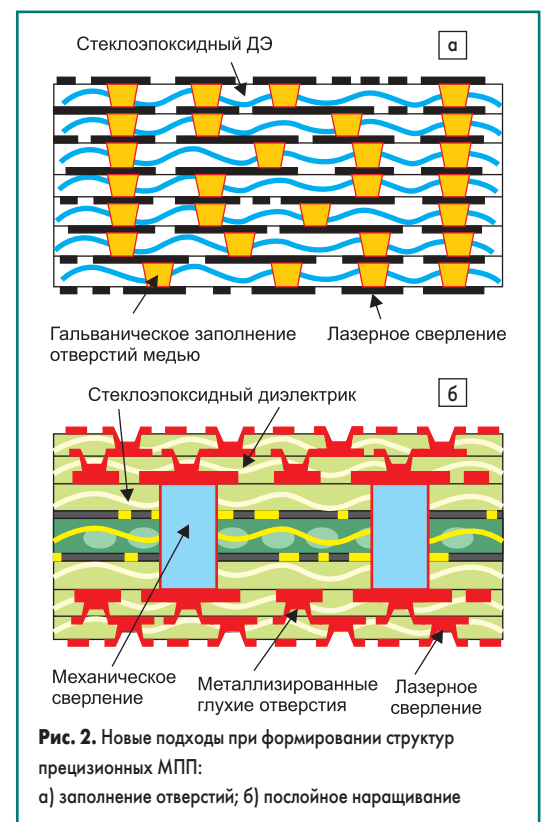


Рис. 2. Новые подходы при формировании структур прецизионных МПП:  
а) заполнение отверстий; б) послойное наращивание

различные элементы прецизионных печатных плат. Изготовить полноценную прецизионную ПП можно, только выполнив (предварительно оснастив производство соответствующим образом) определенный комплекс технологических этапов.

К основным технологическим этапам изготовления прецизионных ПП мы относим:

- подготовку поверхности под прецизионный рисунок;
- прямое экспонирование прецизионного рисунка;
- травление прецизионного рисунка;
- металлизацию отверстий с большим H/d и заполнением;
- корректировку размерных изменений (при малых значениях гарантийного пояса  $(D-d)/2$ ).

Без осуществления этих этапов невозможно получить ПП с параметрами, соответствующими 6–7-му классам точности, и реализовать новые подходы при формировании структур прецизионных МПП, о которых говорилось выше. Далее более подробно рассмотрим каждый из этапов.

**Подготовка поверхности под прецизионный рисунок**

Существенное уменьшение площади проводников в рисунке ПП 6–7-го классов точности (для минимизации дефектов травления) требует увеличения адгезии фоторезиста к меди на слоях перед процессом экспонирования и последующего травления. Достаточную адгезию уже невозможно получить механической, гидроабразивной и даже стандартной химической (персульфатной) обработкой.

ООО «РТС-Инжиниринг» предлагает техпроцесс селективной химической подготовки медной поверхности от фирмы Dow (Шиплей) — DOW Circuposit Etch 3330. Техпроцесс поддерживается конвейерным оборудованием нашего партнера — фирмы «Шмид» (рис. 3). В принципе, по желанию заказчика этот техпроцесс может быть адаптирован к оборудованию других изготовителей.

Техпроцесс, который позволяет реализовать шероховатости медной поверхности, достаточные для обеспечения необходимой адгезии (рис. 4), обладает следующими преимуществами:

- поставка и корректировка концентратами;
- низкая цена концентратов;

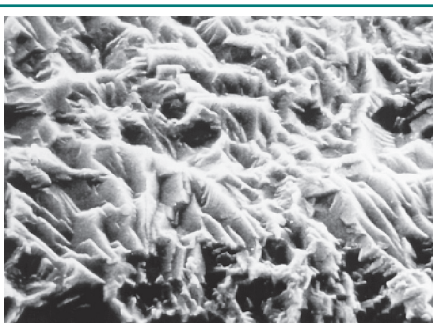


Рис. 4. Микршероховатость по меди после подготовки раствором DOW Circuposit Etch 3330



Рис. 3. Установка микротравления (Microetching line) фирмы «Шмид»

- отличная адгезия (обеспечение высокой адгезии, в том числе для прецизионных проводников) при относительно малом снятии меди, что увеличивает промежуток времени между корректировками. Значительным преимуществом служит и то, что состав является универсальным как для подготовки под травильный фоторезист, так и под паяльную маску (ПМ).

**Прямое экспонирование прецизионного рисунка ПП**

Формирование рисунка слоев, необходимого (для 6–7-го классов точности) уровня прецизионности, в условиях рентабельного производства невозможно без использования техники прямого экспонирования (ПЭ). При формировании прецизионного рисунка традиционное оптическое экспонирование имеет ряд физических ограничений. Вот почему особенно привлекательным стало прямое экспонирование на установках ПЭ, адаптированных к работе со стандартными фоторезиста-

ми. Кроме того, использование виртуальных фотошаблонов (ФШ) резко повышает оперативность организации производственного процесса в условиях многоменклатурного выпуска изделий и позволяет снизить инвестиционные издержки (не предусматривать при оснащении «кухню» изготовления материальных ФШ).

ООО «РТС Инжиниринг» предлагает две линейки оборудования прямого экспонирования, отличающиеся высокой производительностью и разумной ценой:

- установки ПЭ компании Limata для изготовления прототипов и малых серий (рис. 5а);
- установки ПЭ Ledia компании Screen (Япония) для изготовления средних и крупных серий (рис. 5б).

Представленные установки оснащены устройствами прецизионного попиксельного экспонирования на основе цифрового микроскопа, устройствами автоматического совмещения, использующими широкий спектр реперных знаков, устройствами автофоку-



Рис. 5. Установки: а) ПЭ фирмы Limata (Германия); б) Ledia фирмы Screen (Япония)



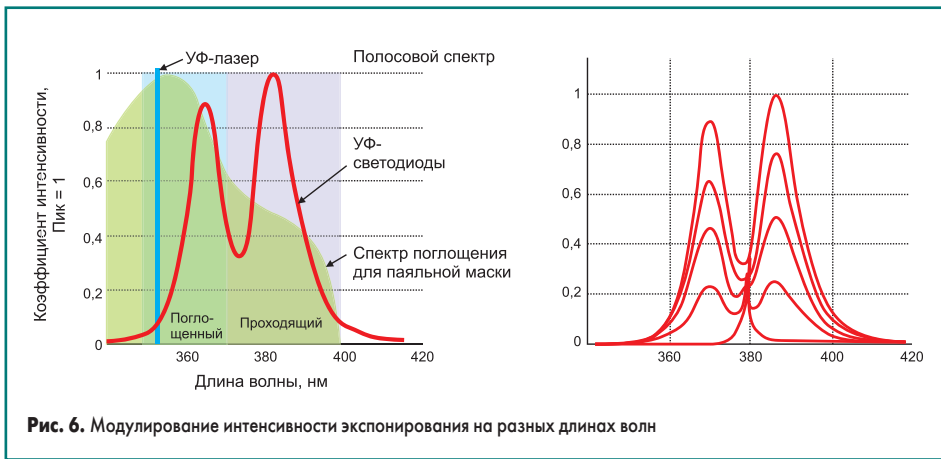


Рис. 6. Модулирование интенсивности экспонирования на разных длинах волн

сировки, производственным программным обеспечением. Оснащение установок позволяет экспонировать стандартные фоторезисты (в том числе фотоформируемую ПМ) с низкой тепловой нагрузкой на фоторезист на любых неровных коробленных поверхностях МПП, а также проводить оперативное масштабирование, необходимое в технике корректировок размерных изменений.

Основные технические характеристики установок ПЭ фирмы Limata (Германия):

- минимальная ширина проводник/зазор: 50 мкм (опция: 25 мкм);
- производительность: до 35 сторон/ч;
- срок службы лазера: более 20 000 ч;
- материалы: заготовки с фоторезистом или паяльной маской. Уникальной особенностью установок ПЭ фирмы Limata является возможность экспонирования диэзопленок (ДЗП), что позволяет использовать эту машину как заменитель фотоплоттера. Это может быть достаточно полезно при определенных производственных обстоятельствах.

Основные характеристики высокопроизводительных установок ПЭ Ledia фирмы Screen (Япония):

- минимальная ширина проводник/зазор: 30 мкм (опция: 15 мкм);
- производительность: до 288 сторон/ч (уникальной характеристикой этого оборудования является возможность модулирования интенсивности экспонирования на разных длинах волн, что позволяет обеспечивать высокую производительность по ПМ, рис. 6);

- срок службы светодиодной головки: более 20 000 ч;
- экспонируемые материалы: заготовки с фоторезистом или паяльной маской.

Уникальная особенность установок ПЭ Ledia фирмы Screen состоит в том, что она оснащена очень интересной функцией, весьма полезной в условиях реального производства. Эта функция позволяет обеспечивать сквозную маркировку заводских номеров заготовок и фрагментов, а также коэффициентов масштабирования, что необходимо для контроля и учета индивидуальных характеристик, изготавливаемых ПП в рамках системы менеджмента качества на производстве (рис. 7).

При необходимости производительность установок обеих технологических линеек может быть увеличена по желанию заказчика на его территории.

**Травление прецизионного рисунка**

Травление прецизионного рисунка в технологии изготовления МПП 6–7-го классов точности является одним из наиболее сложных (технологически) этапов. При его реализации необходимо решить следующие задачи:

- травление с большими значениями фактора травления;
- равномерность травления по всей площади заготовки.

Для выполнения процесса прецизионного травления ООО «РТС Инжиниринг» предлагает травильные машины фирмы «Шмид» (рис. 8).

В отличие от широко известных систем TFS или вакуумного травления горизонтальные машины фирмы «Шмид» используют блоки интермиттирующего (прерывистого) травления, установленные после основного блока травления, что позволяет компенсировать не только разницу скорости травления на разных сторонах («эффект лужи») заготовки, но и разнотолщинность меди на одной стороне (краевой эффект при гальванической металлизации методом «тентинг»).

Блок интермиттирующего травления с управлением линейками форсунок устраняет «эффект лужи». Такая конфигурация обеспечивает гарантированное травление прецизионного рисунка с параметрами линия/зазор — 50/50 мкм и фактором травления 4–5 в реальном производстве (рис. 9).

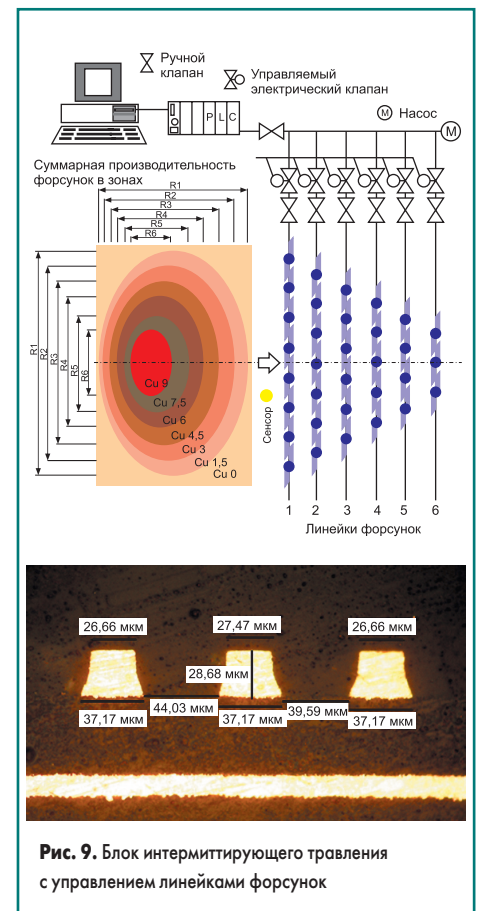


Рис. 9. Блок интермиттирующего травления с управлением линейками форсунок

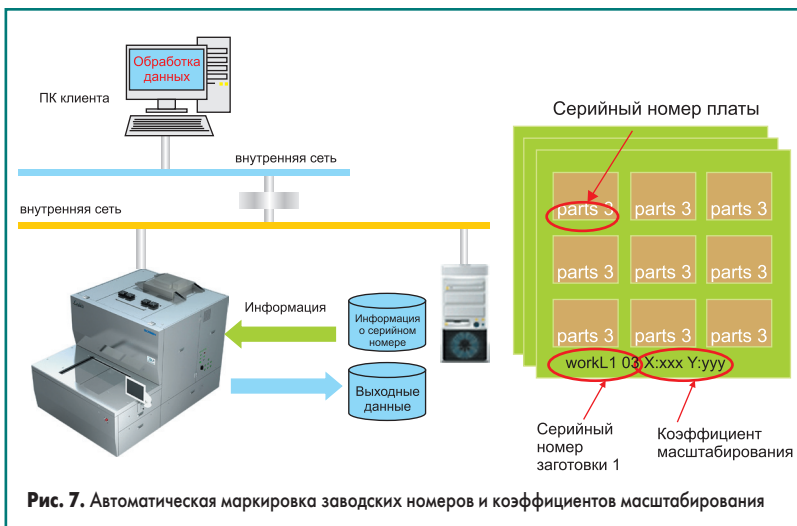


Рис. 7. Автоматическая маркировка заводских номеров и коэффициентов масштабирования



Рис. 8. Установка прецизионного травления фирмы «Шмид»

