

## 1.9. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

**Цель лекции:** *Анализ технологических процессов изготовления некоторых типов печатных плат указанием материалов, методов получения рисунка печатной платы и проводящего рисунка печатной платы. Рассмотрение комплекта типового оборудования для производства ДПП.*

### 1.9.1. ОДНОСТОРОННИЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ С НЕМЕТАЛЛИЗИРОВАННЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ

ОПП с неметаллизированными отверстиями (табл. 1.8, п. 1) имеют невысокий класс точности, а большие диаметры контактных площадок ( $D_{\text{кп}}$ ) препятствуют плотной прокладке проводников. Основным методом их изготовления – химический (табл. 1.11) с нанесением рисунка печатной схемы фото- и сеткографическим способом (рис. 1.21, а, б).

Опытные и макетные ОПП имеют ограниченное количество отверстий, которые целесообразно сверлить по разметке. В центре круглой КП размещается метка ( $d_{\text{м}} = 1,0$ ), перенесенная с фотошаблона или сетчатого трафарета на этапе получения рисунка печатной схемы. Оператор визуально или с помощью оптического наведения ориентирует сверло по центру КП. Возможное смещение центра отверстия относительно центра КП ( $\delta_{\text{отв}} = \pm 0,5$ ) компенсируют увеличением  $D_{\text{кп}}$ .

Применяя химический метод для изготовления ОПП, следует учитывать явление бокового подтравливания проводящего рисунка под маской (фото-резист, краска) на величину  $1,5h_{\text{ф}}$  при струйном травлении.

Для обеспечения паяемости проводящего рисунка ОПП в местах коммутации с выводами навесных компонентов на ПП наносят паяльную маску, оставляя открытыми места пайки. Затем ПП подвергают горячему лужению припоем (табл. 1.11, этапы 5 и 6).

При изготовлении ОПП можно защитить проводящий рисунок позитивной маской из металлорезиста (Sn–Pb). Его осаждают гальванически (слой фольги – катод), предварительно защитив пробельные места фоторезистом или краской. Металлорезист надежно защищает проводящий рисунок при травлении фольги с пробельных мест, а после оплавления обеспечивает её паяемость. Недостаток – увеличенный расход металлорезиста, который приходится осаждать на весь проводящий рисунок, а не только в местах пайки навесных компонентов.

### 1.9.2. ОДНОСТОРОННИЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ БЕЗ МОНТАЖНЫХ ОТВЕРСТИЙ

ОПП без монтажных отверстий (табл. 1.8, п. 2) также изготавливают химическим методом (табл. 1.11). Отсутствие отверстий упрощает ТП и позволяет задать плотность проводящего рисунка по 4-му и 5-му классу точности (табл. 1.1) при условии применения маски из фоторезиста и минимально возможной толщине фольги. Если ОПП предназначена для монтажа компонентов, монтируемых на поверхность, то её закрывают паяльной маской и подвергают горячему лужению места пайки (КП) навесных компонентов.

Если ОПП является внутренним слоем МПП, то после получения проводящего рисунка травлением (табл. 1.11, этап 3) слой готовят (химико-механическая очистка) к операции прессования в составе пакета слоев МПП.

### 1.9.3. ДВУСТОРОННИЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОСНОВАНИИ

ДПП на диэлектрическом основании (табл. 1.8, п. 3), как правило, имеет металлизированные отверстия, электрически соединяющие обе стороны двусторонне фольгированной заготовки. При её изготовлении необходимо травлением фольги получить проводящий рисунок печатной схемы на обеих сторонах заготовки и электрически соединить обе стороны с помощью металлизированных переходных отверстий.

Для изготовления таких ДПП применяется комбинированный позитивный метод (табл. 1.13). Вначале в технологическом поле заготовки сверлят два базовых отверстия, с помощью которых её ориентируют на столе сверлильного станка с ЧПУ. Сверление переходных отверстий по разметке (см. ОПП) не может быть применено, так как на обеих сторонах заготовки отсутствует какой-либо рисунок. Станок по программе позволяет получить в заданных координатах любое количество отверстий, в том числе и различных диаметров путем автоматической замены сверл в процессе цикла сверления. Диэлектрические стенки отверстий не могут обеспечить электрическую связь двух сторон заготовки ДПП и должны быть металлизированы (табл. 1.13, этап 3).

Диэлектрик в отверстиях активируют и проводят предварительное меднение ( $h_{\text{пм}}$ ) химико-гальваническим способом или прямую металлизацию с последующей гальванической затяжкой. Слой  $h_{\text{пм}}$  имеет толщину 5–7 мкм и достаточен для дальнейшего гальванического наращивания меди в отверстиях и на всех других участках проводящего рисунка. При этом маска из СПФ, закрывающая пробельные места, должна быть достаточно толстой

( $h_{\text{фр}} = 40, 60$  мкм), чтобы препятствовать разрастанию гальванически осаждаемой меди ( $h_{\text{г}} = 20 \div 25$  мкм) и металлорезиста ( $h_{\text{р}} = 3 \div 5$  мкм).

Окончательно проводящий рисунок ДПП получают травлением меди с пробельных мест (слой  $h_{\text{ф}} + h_{\text{пм}}$ ) печатной платы. Чем тоньше фольга диэлектрика ( $h_{\text{ф}} = 5; 9; 12; 18$  мкм), тем меньше боковое подтравливание и точнее геометрия проводящего рисунка.

Таким образом, минимизация разрастания и подтравливания меди, обеспечение стойкости СПФ в процессе травления меди позволяют с помощью комбинированного позитивного метода получить ДПП 4-го и 5-го классов точности.

#### **1.9.4. ДВУСТОРОННИЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ОСНОВАНИИ**

В ЭВС специального назначения применяются ДПП на металлическом основании (табл. 1.8, п. 4). Чаще всего такие платы применяются для ИЭТ, в которых необходимо рассеивать большую тепловую мощность. Перед созданием проводящего рисунка основание ДПП должно быть заизолировано.

Металлическое основание с предварительно просверленными монтажными и переходными отверстиями изолируют нанесением слоя диэлектрика в виде эпоксидного или керамического покрытия. При этом диаметр отверстий и толщина основания ДПП должны обеспечить надежное покрытие стенок отверстий. Это условие ограничивает возможность получения на металлическом основании проводящего рисунка высоких классов точности.

Изолированное основание ДПП представляет собой нефольгированную диэлектрическую заготовку, проводящий рисунок которой может быть получен электрохимическим методом (табл. 1.8). На изолирующий слой химико-гальваническим способом осаждают слой  $h_{\text{пм}}$ , который в ходе ТП выполняет роль катода при гальваническом наращивании меди в отверстиях и в других местах проводящего рисунка. При удалении слоя  $h_{\text{пм}}$  с пробельных мест подтравливание минимально ( $1,5h_{\text{пм}}$ ). Отсюда большая точность проводящего рисунка. Паяемость печатного монтажа ДПП на металлическом основании обеспечивается горячим лужением после нанесения паяльной маски.

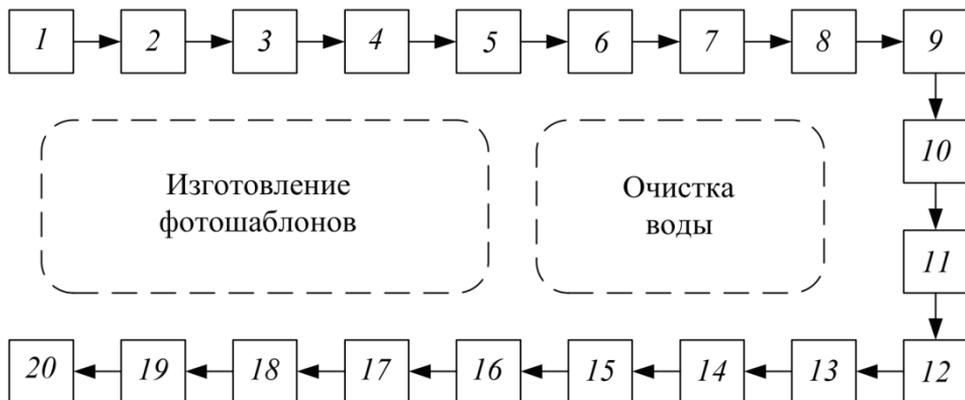
#### **1.9.5. ДВУСТОРОННИЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ БЕЗ МОНТАЖНЫХ ОТВЕРСТИЙ**

ДПП без монтажных отверстий (табл. 1.8, п. 5) изготавливается на двусторонне фольгированном основании (СФ-2, FR4-2) химическим методом (табл. 1.11). Основная задача – точная взаимная ориентация двух фотошаблонов относительно друг друга и заготовки ДПП. Она решается с помощью

реперных знаков, базовых отверстий и штифтов – кнопок на этапе экспонирования рисунков.

Отсутствие металлизированных отверстий позволяет увеличить плотность проводящего рисунка, а при тонкой фольге уменьшить боковое подтравливание и тем самым получить ДПП 3–5-го классов точности.

Комплект типового оборудования для маршрута производства ДПП представлен на рис. 1.30(www.ostec-group.ru).



**Рис. 1.30.**Комплект типового оборудования для маршрута производства ДПП (www.ostec-group.ru).

Таблица 1.19

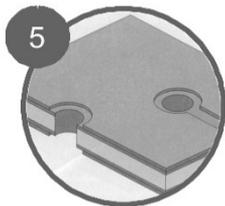
К рисунку 1.30

Название	Иллюстрация	Название	Иллюстрация
1	2	3	4

Наименование операций

<p>1. Нарезка заготовок</p>		<p>2. Сверление сквозных отверстий</p>	
<p>3. Зачистка поверхностей</p>		<p>4. Прямая металлизация сквозных отверстий</p>	

5. Ламинирование фоторезиста



6. Базирование фотошаблона



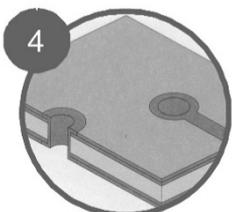
7. Экспонирование фоторезиста



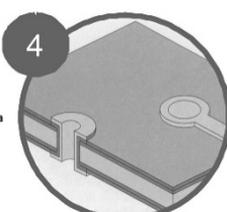
8. Проявление фоторезиста



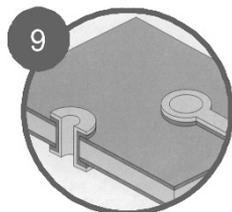
9. Гальваническое меднение сквозных отверстий



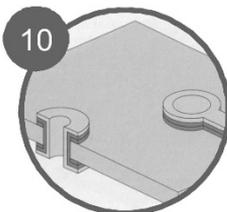
10. Осаждение металлогрести



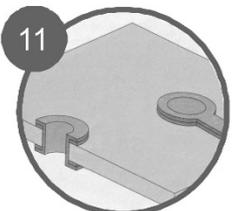
11. Удаление фоторезиста



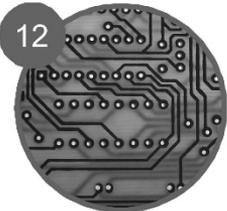
12. Травление рисунка



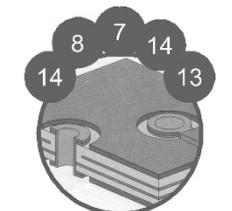
13. Удаление металлогрести



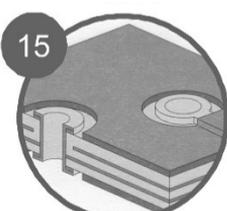
14. Контроль вытравленного рисунка



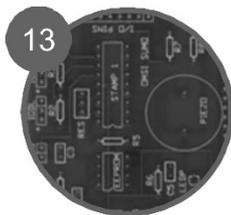
15. Нанесение композиции для маски, сушка, экспонирование, проявление, термодублирование



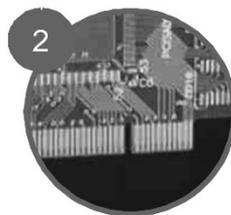
16. Нанесение финишных покрытий



17. Маркировка



18. Фрезерование сложного контура



19. Финишная отмывка плат от технологических загрязнений



20. Контроль по признакам внешнего вида

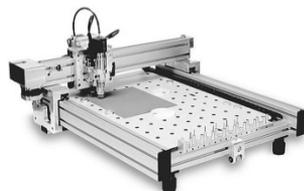


*Соответствующее наименование оборудования*

1. Гильотинные ножницы  
*NE-CUT*



2. Сверлильно-фрезерный станок  
*Bungard CCD/ATC*



3. Зачистная машина  
*RBM300 BLS*



4. Установка металлизации  
*COMPACTA L40 ABC 2Cu*



5. Ламинатор  
*RLM 419p*



6. Лампа-лупа  
*LAMP-ZOOM 8066-1C-8D*



7. Установка двустороннего экспонирования  
*HELLAS*



8. Установка  
*JET-34D*



9. Установка  
*JET-34D*



10. Установка  
*JET-34D*



11. Установка  
*JET-34D*



12. Стерео-  
увеличитель  
*Mantis Elite*



13. Ручная  
установка тра-  
фаретной печа-  
ти  
*LSP-6070HP*



14. Сушил-  
ный шкаф  
*Source*



15. Установка  
металлизации  
*COMPACTA  
L30 ABC*



16. Ванна УЗ  
отмывки  
*S-Power*

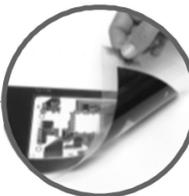


Блок «изготовление фотошаблонов»

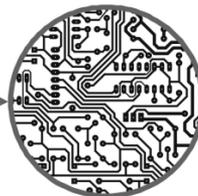
Прорисовка  
фотошаблона



Проявление и фиксация  
фотоматериалов



Контроль и ретушь  
фотошаблонов



Фотоплоттер  
FilmStar



Кюветы (ванны  
травления) EG02



Стереомикроскоп  
Mantis Elite

## Блок «Очистка воды»



### 1.9.6. ГИБКИЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

**Гибкие печатные платы** (табл. 1.8, п. 6) могут быть односторонними, двусторонними и многослойными. Они обладают статической и динамической гибкостью и применяются практически во всех видах современных ЭВС. ГПП позволяют осуществить трехмерную компоновку электронных модулей с одновременным уменьшением количества жестких разъемов-соединителей.

Основным материалом для изготовления ГПП является односторонне фольгированный (ПФ-1) и двусторонне фольгированный (ПФ-2) полиимид толщиной 0,05; 0,1 мм, обладающий гибкостью в диапазоне температур от – 200 до +300°C, размерной стабильностью и химической стойкостью (исключение – травится в горячей щелочи).

Односторонняя ГПП изготавливается химическим методом (табл. 1.11), а двусторонняя – комбинированным позитивным методом (табл. 1.13) с металлизацией отверстий. Многослойная ГПП состоит из нескольких проводящих слоев, изготовленных на тонком полиимидном основании и соединенных прессованием с применением, например, акрилового адгезива, свойства которого хорошо сочетаются со свойствами полиимидной пленки.

Наружные проводящие слои ГПП защищают полиимидным покрытием, не снижающим их устойчивость к перегибам. Фоточувствительные свойства покрытия позволяют выполнить в нем окна доступа к контактным площадкам проводящего рисунка и металлизированным отверстиям. Паяемость КП обеспечивается нанесением различных покрытий, длительно сохраняющих способность к смачиванию припоем. К ним относятся: иммерсионное золото (ImmAg), иммерсионное олово (ImmSn), горячее лужение (HALS- процесс) и другие.

### 1.9.7. ГИБКИЕ ПЕЧАТНЫЕ КАБЕЛИ

**Гибкие печатные кабели** (шлейфы) представляют собой параллельно проложенные печатные проводники, размещенные на гибком диэлектрическом основании и закрытые диэлектрической покровной пленкой (табл. 1.8, п. 8). ГПК изготавливаются на фольгированном полиимиде ПФ-1 толщиной 75; 125 мкм ( $h_{\text{ф}} = 35$  мкм) химическим методом. При этом на всех технологических операциях (получение заготовок: химико-механическая очистка, нанесение рисунка, травление меди и др.) приходится учитывать гибкость и деформируемость исходного материала. Применяются жесткие подложки-спутники или усовершенствуются конструкции известных технологических установок для обработки гибкой заготовки.

### 1.9.7. РЕЛЬЕФНЫЕ ПЛАТЫ

В рельефных печатных платах проводящий рисунок выполнен в объеме диэлектрического основания (табл. 1.8, п. 7), поэтому для их изготовления применяется нефольгированный диэлектрик СТАМ, СТЭК. Способ получения рисунка печатной платы – механический (рис. 1.21, г) – фрезерование трас проводников и сверление переходных отверстий, диаметр которых ( $d = 0,25$ ) не превышает ширину профрезерованных канавок ( $t = 0,25$ ).

Метод получения проводящего рисунка РПП – электрохимический (табл. 1.14). После фрезерования и сверления нефольгированной заготовки на станке с ЧПУ её подвергают абразивной обработке, которая удаляет стружку, загрязнения и придает диэлектрику равномерный микрорельеф. Далее заготовка подвергается химико-гальваническому меднению, в результате которого на всех поверхностях основания образуется слой меди ( $h_{\text{пм}}$ ) толщиной 5–7 мкм (возможна толщина до 15 мкм)

Плоские пробельные места заготовки закрывают маской из типографской краски (накатывается офсетным способом) или из СПФ (наносится ламинированием с экспонированием рисунка с фотошаблона). При этом остаются открытыми трассы проводников и переходные отверстия, в зонах которых гальванически наращивается слой меди заданной толщины и слой металлорезиста. Слой  $h_{\text{пм}}$  обеспечивает токоподвод ко всем элементам проводящего рисунка. Техпроцесс изготовления РПП заканчивается удалением маски, травлением  $h_{\text{пм}}$  с пробельных мест и оплавлением металлорезиста.

Если оплавленный металлорезист заполняет переходные отверстия, то увеличивается прочность сцепления рельефного проводника с поверхностью канавки диэлектрика («эффект заклепки»).

**Тесты к лекции 1.9**

1. Каким методом получают рисунок ОПП с неметаллизированными монтажными отверстиями и ОПП без монтажных отверстий?
  - а) Химическим методом;
  - б) Фото- или сеткографическим методом;
  - в) Методом фотоформирования.
  
2. Как величина бокового подтравливания зависит от толщины фольги диэлектрика?
  - а) Чем тоньше фольга диэлектрика, тем меньше боковое подтравливание;
  - б) Чем тоньше фольга диэлектрика, тем больше боковое подтравливание;
  - в) Величина бокового подтравливания не зависит от толщины фольги диэлектрика.
  
3. Что усложняет получение ПП на металлическом основании высоких классов точности?
  - а) Необходимость покрывать стенки отверстий диэлектрическим слоем;
  - б) Большой вес ПП на металлическом основании;
  - в) Невозможность получения прецизионных отверстий маленького диаметра.
  
4. Что такое фотоплоттер?
  - а) Устройство для прорисовки фотошаблона;
  - б) Устройство для проявления фотошаблона;
  - в) Устройство для ретуши фотошаблона.
  
5. Выберите вариант ответа, подходящий под описание: рисунок на ПП этого типа получают при помощи фрезерования и сверления нефольгированной заготовки на станке с ЧПУ и последующей абразивной обработке.
  - а) Рельефные печатные платы;
  - б) Двусторонние печатные платы на металлическом основании;
  - в) Двусторонние печатные платы на диэлектрическом основании.