Печатные платы
и технологии их изготовления

Кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства ЭА»

МГТУ
им Н.Э.Баумана

История печатных плат

Альберт Хансон (1902 г.) – аддитивный метод.
Штамповка или вырезание изображения на бронзовой (или медной) фольге. Получившийся проводящий слой наклеивался на диэлектрик – бумагу, пропитанную парафином.

Артур Берри (1913 г.) – субтрактивный метод.
Покрытие на металлическую основу слой резистного материала и травлением убирать незащищенные части с поверхности.

Макс Скуп (1918 г.) – аддитивный метод.
Технология газопламенного напыления металла.

Эллис Бассит (1922 г.) – субтрактивный метод.
Методика использования светочувствительных материалов при производстве печатных плат.

История печатных плат

Томас Эдисон (1920-1930 гг.) - идеи

1. Рисунок формируется при помощи адгезивных полимеров путём нанесения на их не застывшую поверхность измельченного в пыль графита или бронзы.
2. Рисунок формируется непосредственно на диэлектрике. Для нанесения изображения используется ляпис (нитрат серебра), после чего серебро просто восстанавливается из соли.
3. Проводником является золотая фольга с нанесенным на нее рисунком.

Чарльз Дуклас (1925-1930 гг.)

Технология металлизации проводников. Технология травления, подразумевающая электролитическое осаждение металла (серебра, золота или меди) через контактную маску на пластину из низкотемпературного сплава.

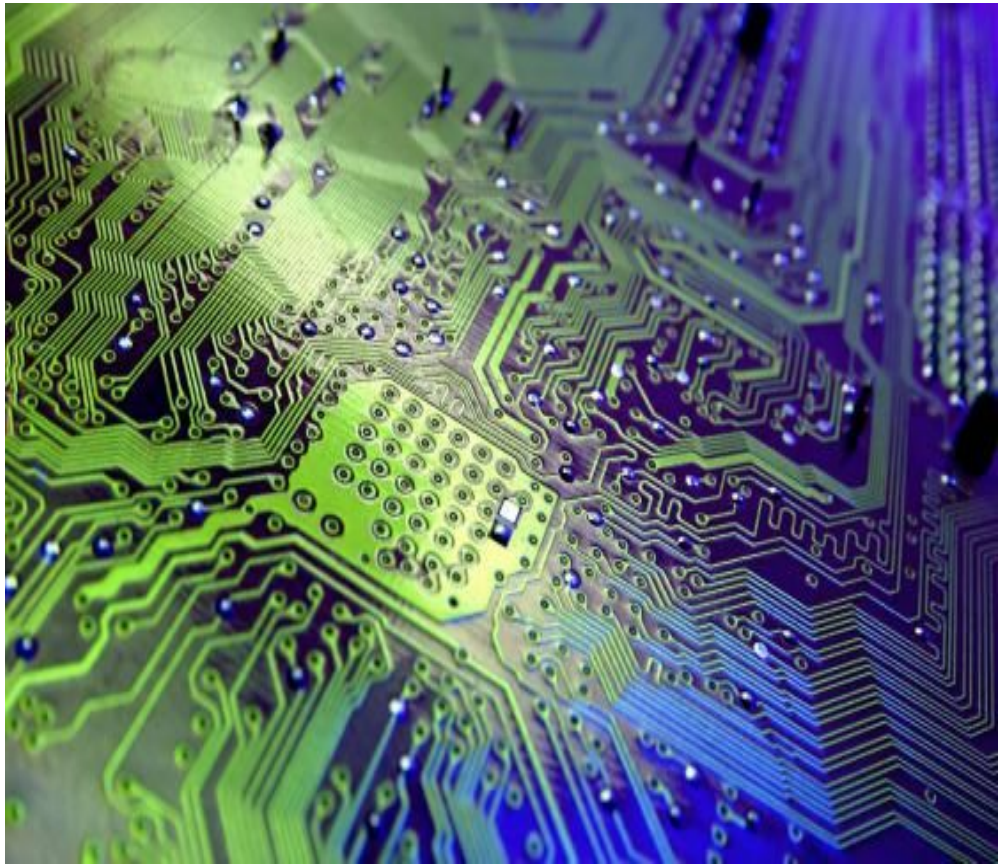
История печатных плат

Цезарь Паролини (1926 г.) – аддитивный метод.
Нанесение на диэлектрик изображения посредством клеящего материала с напылением на него медного порошка и полимеризация под воздействием высокой температуры.

Эрвин Франц (1933 г.) – субтрактивный метод.
Нанесение токопроводящего рисунка на целлофановую пленку, для чего использовался жидкий полимер с графитовым наполнением.

Пауль Эйслер (1948 г.)
Основал предприятия по изготовлению печатных плат - Technograph Printed Circuits. Имеет свыше 50 патентов. Усовершенствовал технологические процессы в производстве печатных плат. Сделал массовое производство печатных возможным.

Основные термины и определения



Печатная плата (англ. printed circuit board, PCB) — материал основания, вырезанный по размеру, содержащий необходимые отверстия и, по меньшей мере, один проводящий рисунок.

Рисунок печатной платы – конфигурация проводников и (или) диэлектрического материалов на печатной плате.

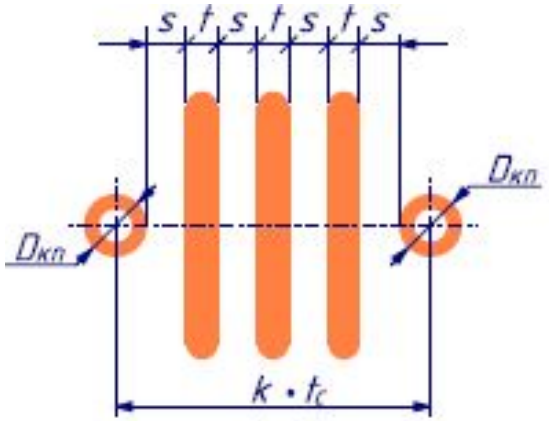
Узкое место печатной платы – участок печатной платы, где элементы проводящего рисунка и расстояния между ними могут быть выполнены только с минимально допустимыми значениями.

Классы точности печатных плат

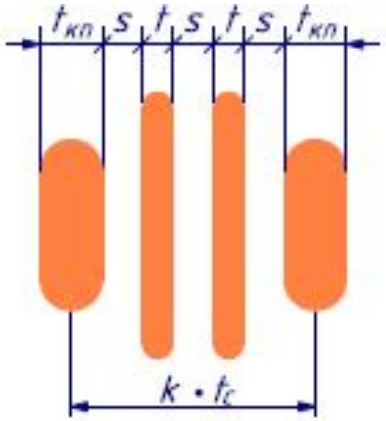
Условное обозначение параметра ПП	Номинальное значение параметров для классов точности, мм						
	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс	5-й класс	6-й класс	7-й класс
t, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10	0,075	0,050
s, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10	0,075	0,050
b, мм	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025	0,020	0,015
Y = d/H	0,40	0,40	0,33	0,25	0,20	0,15	0,10
△t, мм	±0,15	±0,10	±0,05	±0,03	0; −0,03	0; −0,02	0; −0,015

t – минимальная ширина сигнального проводника;
s – минимальное расстояние между проводниками или любыми элементами проводящего рисунка;
b – минимальная ширина крулой контактной площадки (гарантированный поясок, определяющий ее целостность;
Y – отношение диаметра наименьшего металлизированного отверстия d к толщине ПП H;
△t – допуск на ширину проводника, контактной площадки или любого другого элемента проводящего рисунка.

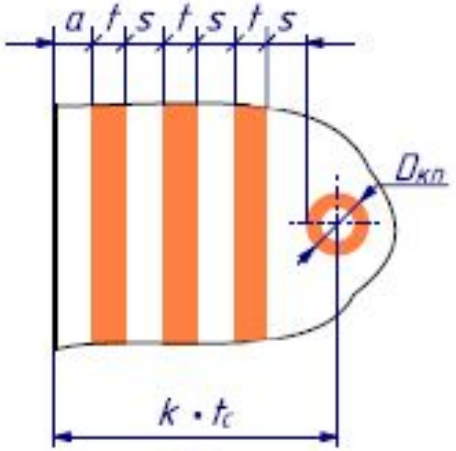
Узкие места проводящего рисунка ПП



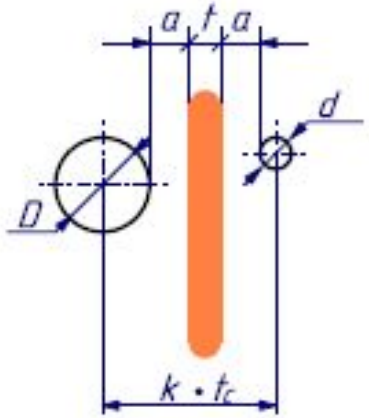
(а)



(б)



(в)

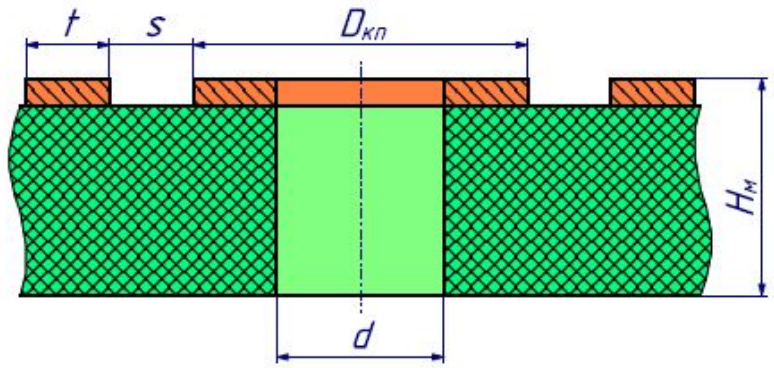
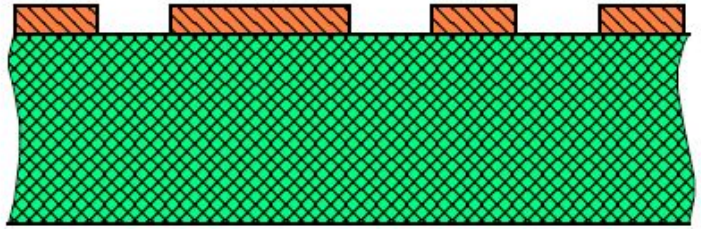


(г)

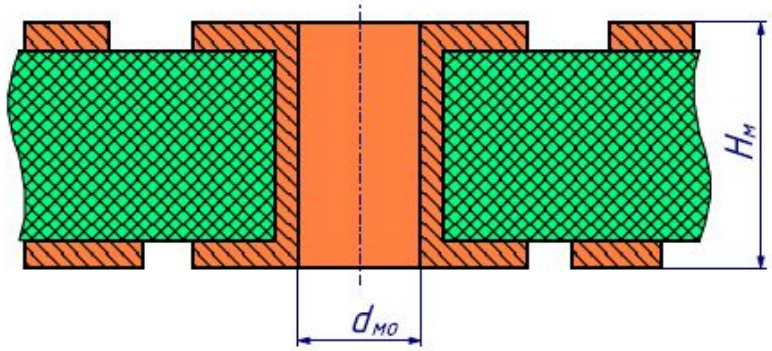
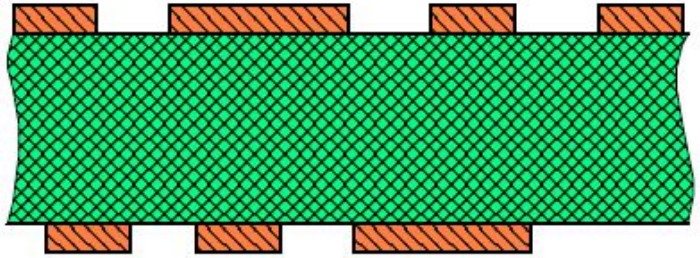
(а) – между соседнимим круглыми КП;
(б) – между планарными КП;
(в) – между КП и краем ПП;
(г) – между двумя неметаллизированными отверстиями.

t – минимальная ширина проводника;
$t_{кп}$ – ширина планарной КП;
s – минимальное расстояние между элементами;
a – минимальное расстояние между элементом и краем ПП;
$k \bullet t_c$ – расстояние, кратное шагу координатной сетки;
$D_{кп}$ – диаметр круглой КП;
D, d – диаметры неметаллизированных отверстий

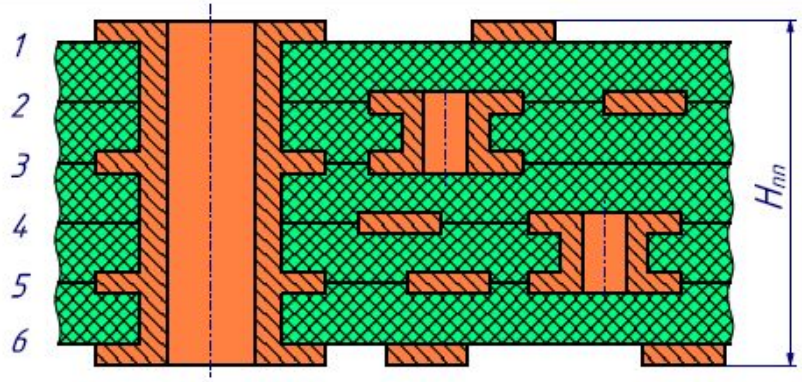
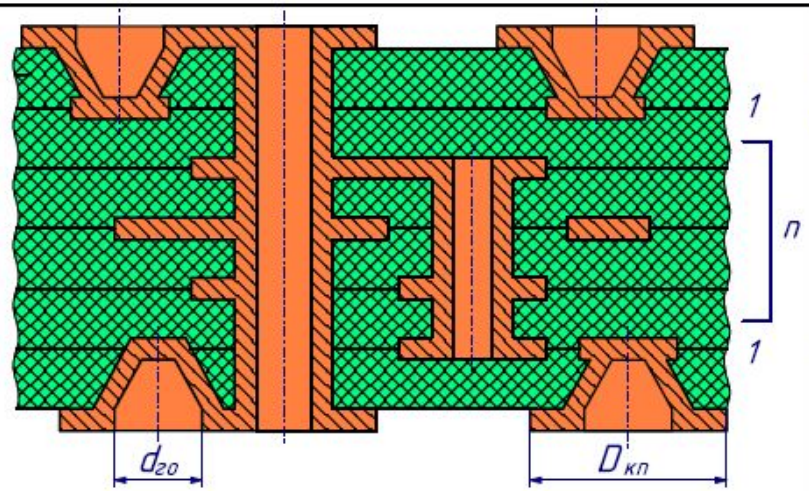
Основные типы печатных плат

Наименование печатной платы	Поперечный разрез ПП (эскиз)	Конструкторско-технологические особенности	Толщина исходного материала
1. Односторонняя с монтажными отверстиями		Проводящий рисунок выполнен на одной стороне фольгированного основания. Монтажные отверстия (d) не металлизированны.	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0
2. Односторонняя без монтажными отверстиями		Выполнена на фольгированном основании и предназначена для монтажа КМП. При малой толщине основания может быть внутренним слоем МПП.	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0

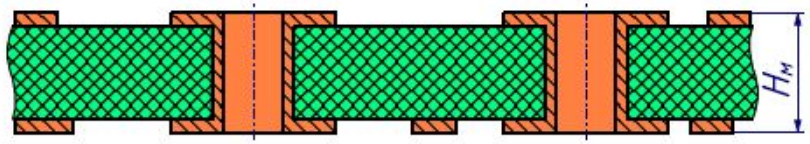
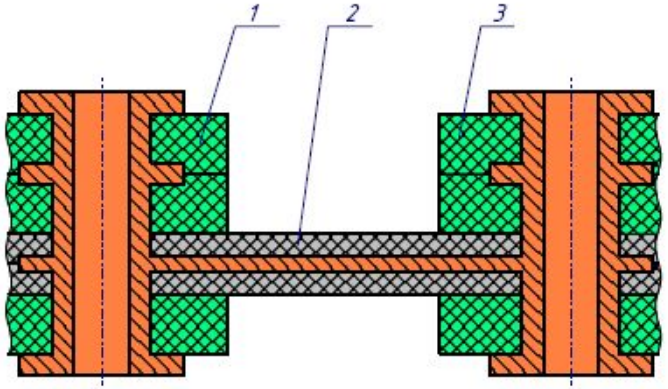
Основные типы печатных плат

Наименование печатной платы	Поперечный разрез ПП (эскиз)	Конструкторско-технологические особенности	Толщина исходного материала
3. Двусторонняя на диэлектрическом основании		Проводящий рисунок выполнен на двух сторонах фольгированного основания и электрически соединен металлизированными отверстиями. Предназначен для монтажа КМО и КМП.	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0
4. Двусторонняя без монтажных отверстий		Выполнена на фольгированном основании и предназначена для монтажа КМП. При малой толщине основания может быть внутренним слоем МПП.	0,1; 0,12; 0,13; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35

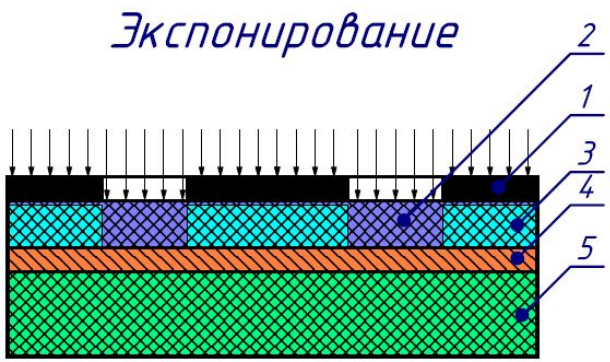
Основные типы печатных плат

Наименование печатной платы	Поперечный разрез ПП (эскиз)	Конструкторско-технологические особенности	Толщина исходного материала
5. Многослойная печатная плата с металлизацией сквозных отверстий и внутренними межслойными переходами		Количество слоев теоретически не ограничено. Внутренние переходы (2-3; 4-5) сокращают длину сигнальных цепей.	$H_{пп}$ определяется количеством слоев и прокладок
6. Многослойная печатная плата с наращиваемыми слоями (структуры HDI): структура 1 – n – 1		Основа платы – n слоев, полученных методомметаллизации сквозных отверстий. Структуры HDI получены наращиванием одного, двух или трех слоев на наружных слоях МПП. Слои имеют высокую плотность проводящего рисунка. Глухие, скрытые и внутренние микропереходы. МПП позволяют электрически соединить современные ИМС с большим количеством выводов и малым шагом между ними.	$H_{пп}$ определяется количеством слоев и прокладок

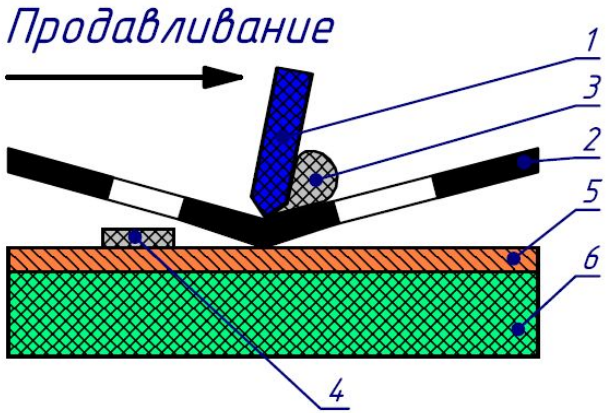
Основные типы печатных плат

Наименование печатной платы	Поперечный разрез ПП (эскиз)	Конструкторско-технологические особенности	Толщина исходного материала
7. Гибкая печатная плата		Выполнена на тонком эластичном фольгированном основании, может быть изогнута с определенным радиусом.	0,1; 0,12; 0,13; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,5
8. Гибко-жесткая печатная плата		В единой конструкции объединены жесткие МПП (1, 3), связанные электрически гибким печатным кабелем-шлейфом (2). ГПК опрессован в составе слоев МПП (1, 3). Важно, чтобы количество слоев (высота) жестких МПП были равны.	

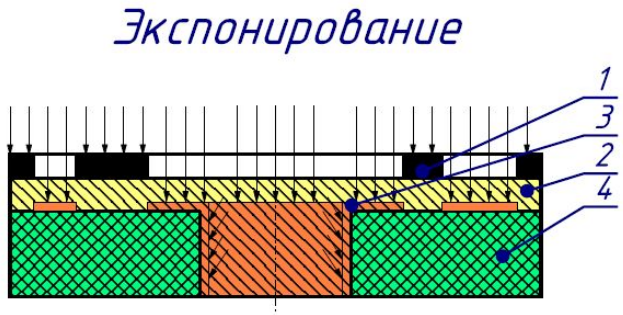
Способы получения рисунка



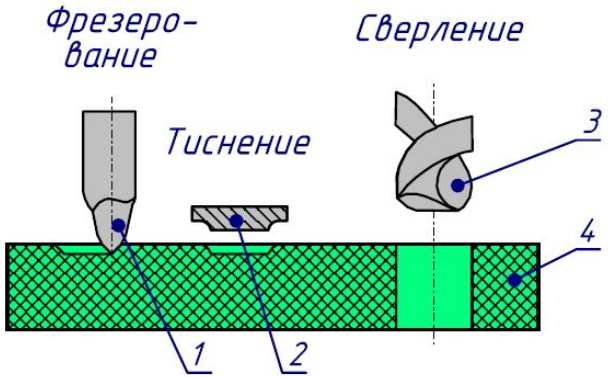
(а)



(б)



(в)



(г)

(а) – фотографический способ:
- 1 – фотошаблон;
- 2 – маска (экспонированные участки);
- 3 – фоторезист;
- 4 – медная фольга;
- 5 – основание ПП.

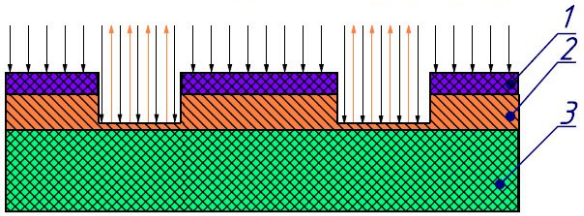
(б) – сеткографический способ:
- 1 – ракель;
- 2 – сетчатый трафарет;
- 3 – запас краски;
- 4 – маска из краски;
- 5 – медная фольга;
- 6 – основание ПП.

(в) – способ фотоформирования:
- 1 – фотошаблон;
- 2 – водный раствор солей металлов;
- 3 – тонкий проводящий рисунок;
- 4 – основание ПП (нефольгировано).

(г) – механический способ:
- 1 – фреза;
- 2 – пуансон;
- 3 – сверло;
- 4 – основание ПП (нефольгировано).

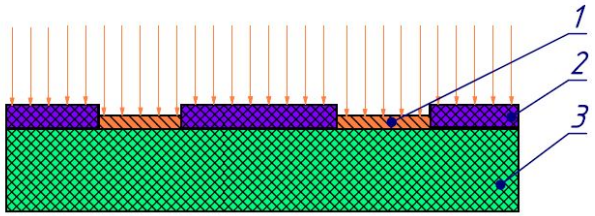
Способы получения проводящего рисунка

Травление
$FeCl_2$; $CuCl_2$; $(NH_4)_2S_2O_8$



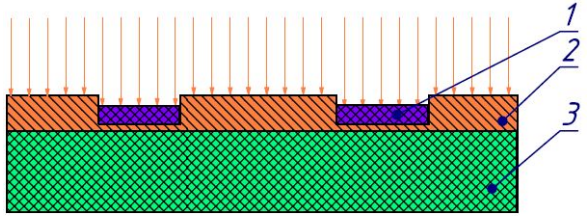
(а)

Осаждение
$CuSO_4$



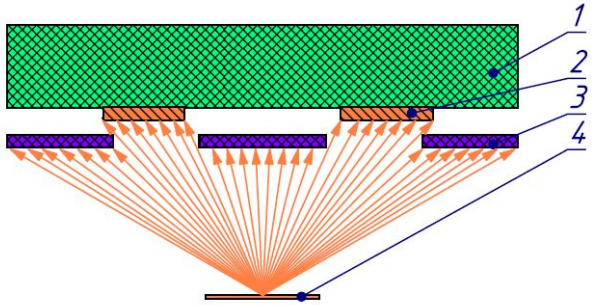
(б)

Наращивание
$CuSO_2$; $Cu(BF_4)_2$



(в)

Напыление



(г)

(а) – травление медной фольги:
1 – маска;
2 – проводящий рисунок – фольга;
3 – основание ПП.

(б) – химическое осождение меди:
1 – проводящий рисунок из осажденной меди;
2 – маска;
3 – основание ПП.

(в) – гальваническое наращивание:
1 – маска;
2 – проводящий рисунок – осажденная медь;
3 – основание ПП.

(г) – термическое вакуумное напыление меди:
1 – основание ПП;
2 – проводящий рисунок – напыленная медь;
3 – трафарет;
4 – тигель.

Методы изготовления печатных плат

Способы получения рисунка

- Фотографический
- Сеткографический
- Фотоформирование
- Механический
- Разрабатываемый

Способы получения проводящего рисунка

- Химический (травление)
- Химический (осаждение)
- Электрохимический (наращивание)
- Термический (напыление)
- Разрабатываемый

Технологические методы изготовления ПП

Технологии изготовления ПП

- 1. Химический метод
- 2. Комбинированный позитивный метод
- 3. Тентинг-метод
- 4. Электрохимический (полуаддитивный) метод
- 5. Фотоаддитивный метод
- Разрабатываемый

1. Образование проводящего рисунка путем удаления (травления) фольги в зонах образующих непроводящий рисунок, т.е. в зонах пробельных мест. При этом будущий проводящий рисунок защищает маска из фоторезиста, нанесенного фотоспособом, или из краски, нанесенной сеткографический способом.

2. Осаждение меди на стенки металлизируемых отверстий и удаление меди с пробельных мест двух проводящих слоев, предварительно образовав защитную слоем металлорезиста.

3. Менее трудоемкий для производства ДПП. Основная особенность – защита проводящего рисунка при травлении меди с пробельных мест не слоем металлорезиста (Sn, Sn-Pb), а слоем фоторезиста, который в зоне металлизированных отверстий образует тент (завеску). Технология комбинированного метода при этом видоизменяется.

4. Химическое и гальваническое осаждение меди на нефольгированный диэлектрик. Позволяет получать печатные платы высоких классов точности. Использование иммерсионных покрытий контактных площадок, что обеспечивает высокое качество пайки выводов ИМС с малым шагом.

5. На нефольгированную заготовку наносят раствор, содержащий соли металлов и обладающий фотосвойствами. Высушенный раствор экспонируют УФ-излучением через негативный фотошаблон. Применение гальваники невозможно из-за отсутствия электрического контакта у элементов проводящего рисунка. Основное преимущество – изготовление ПП любого класса точности.

СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!