



Печатные платы и технологии их изготовления

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.

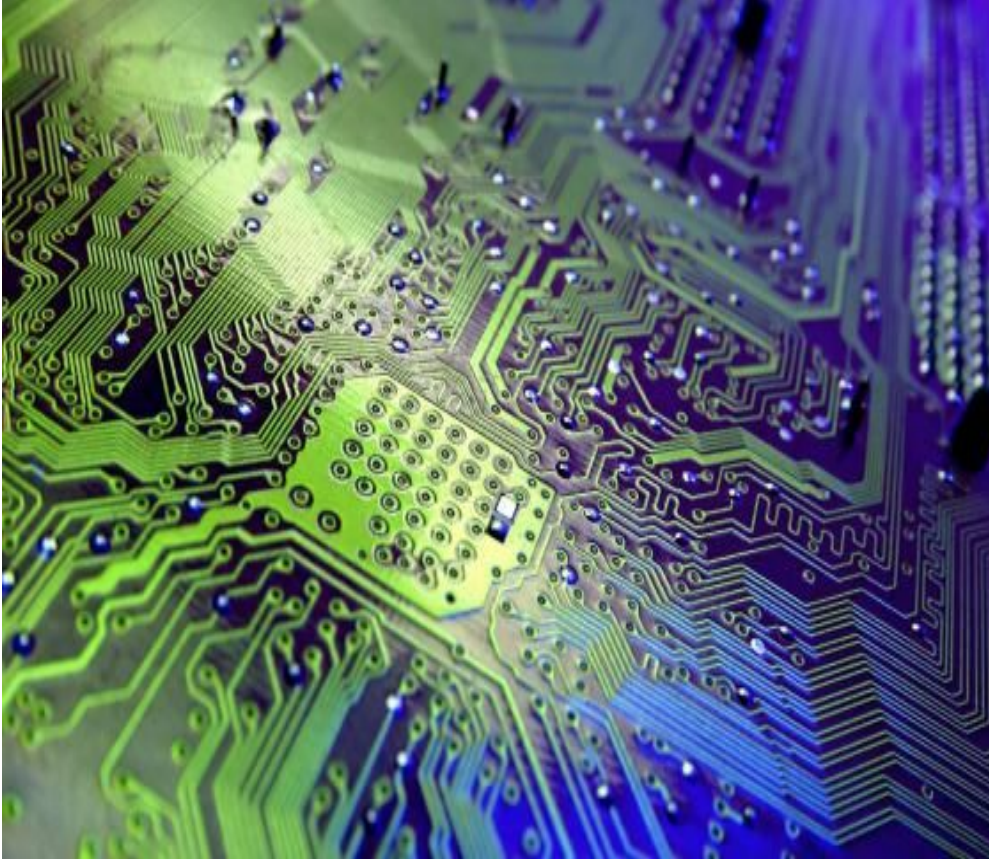
Эрвин Франц (1933 г.) – субтрактивный метод.

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) диэлектрических 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
Δt , мм	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$	0; -0,03	0; -0,02	0; -0,015

t – минимальная ширина сигнального проводника;

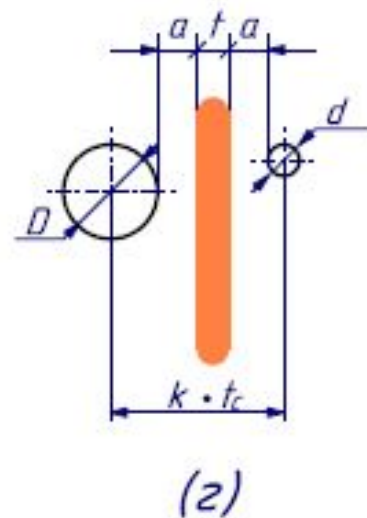
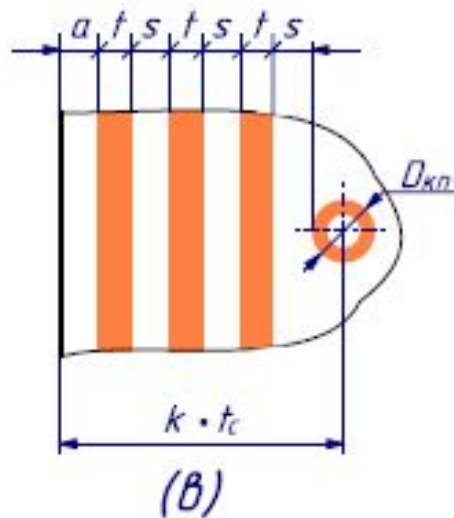
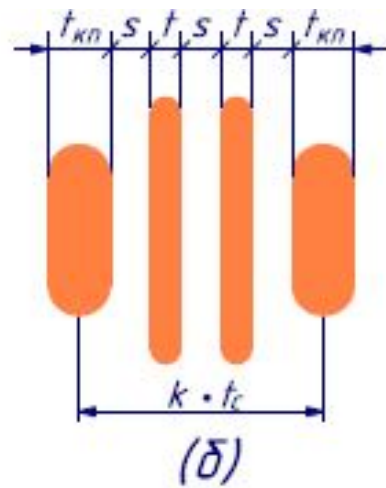
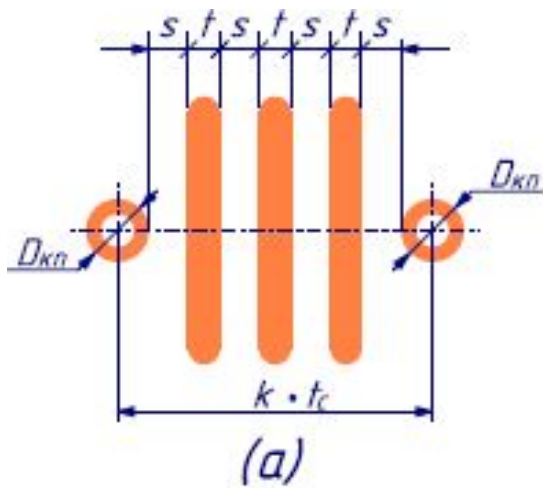
s – минимальное расстояние между проводниками или любыми элементами проводящего рисунка;

b – минимальная ширина крулой контактной площадки (гарантированный пояс, определяющий ее целостность);

Y – отношение диаметра наименьшего металлизированного отверстия d к толщине ПП H ;

Δt – допуск на ширину проводника, контактной площадки или любого другого элемента проводящего рисунка.

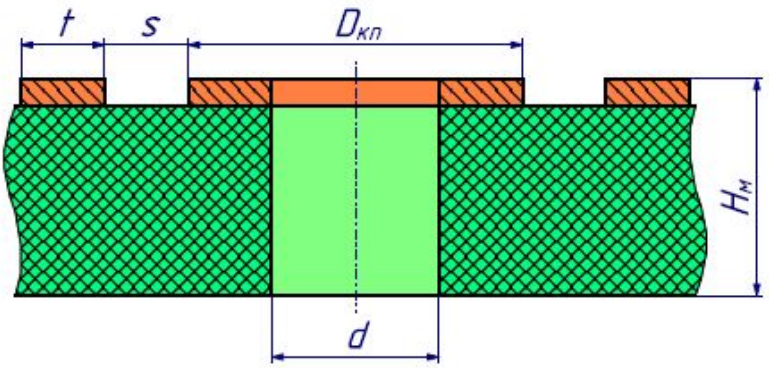
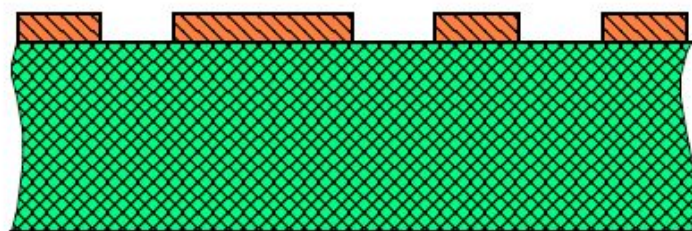
Узкие места проводящего рисунка ПП



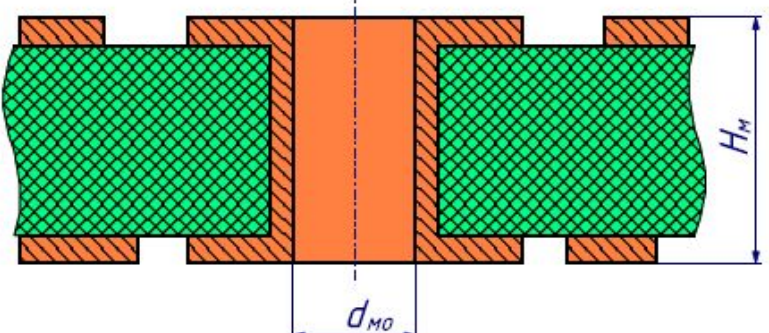
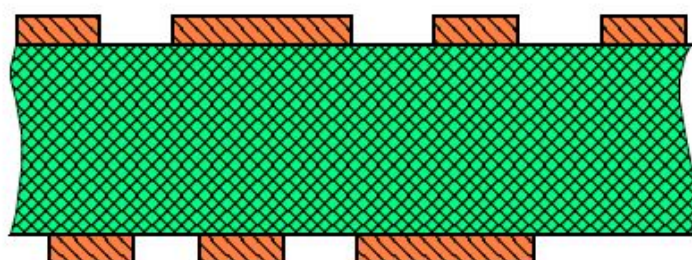
(а) – между соседними круглыми КП;
(б) – между планарными КП;
(в) – между КП и краем ПП;
(г) – между двумя неметаллизированными отверстиями.

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

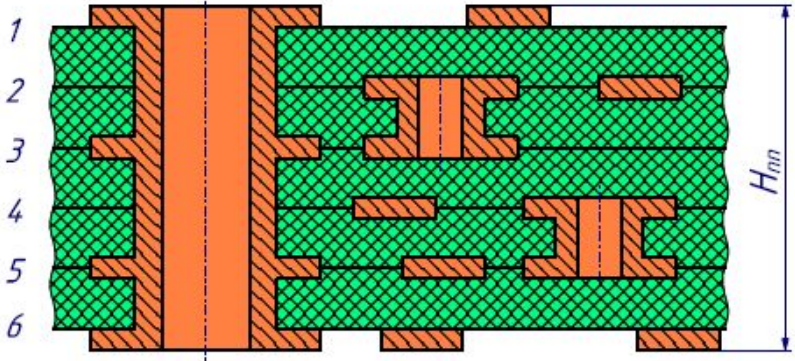
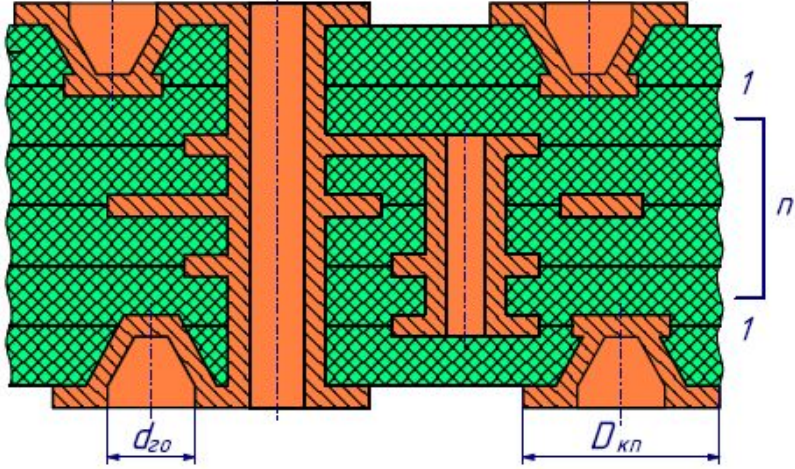
Основные типы печатных плат

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

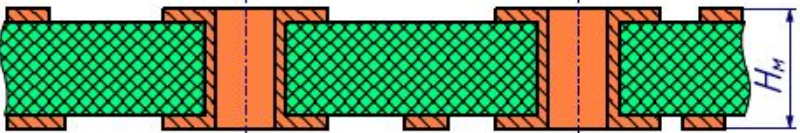
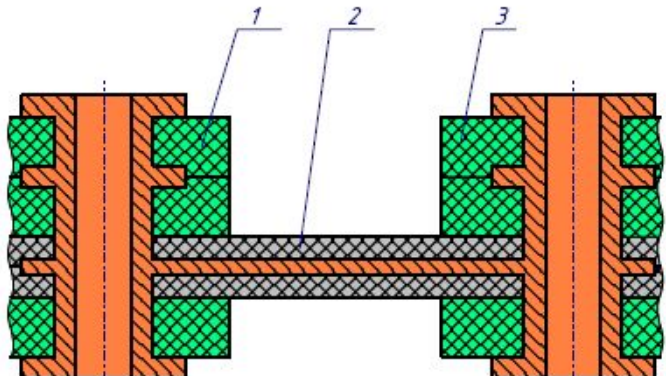
Основные типы печатных плат

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

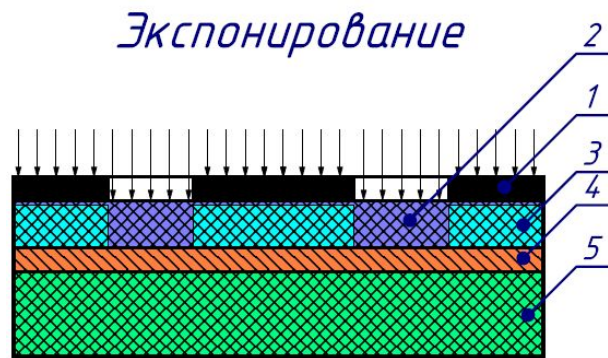
Основные типы печатных плат

Наименование печатной платы	Поперечный разрез ПП (эскиз)	Конструкторско-технологические особенности	Толщина исходного материала
<p>5. Многослойная печатная плата с металлизацией сквозных отверстий и внутренними межслойными переходами</p>		<p>Количество слоев теоретически не ограничено. Внутренние переходы (2-3; 4-5) сокращают длину сигнальных цепей.</p>	<p>$H_{пп}$ определяется количеством слоев и прокладок</p>
<p>6. Многослойная печатная плата с наращиваемыми слоями (структуры HDI): структура 1 - n - 1</p>		<p>Основа платы - n слоев, полученных методом металлизации 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.</p>	<p>$H_{пп}$ определяется количеством слоев и прокладок</p>

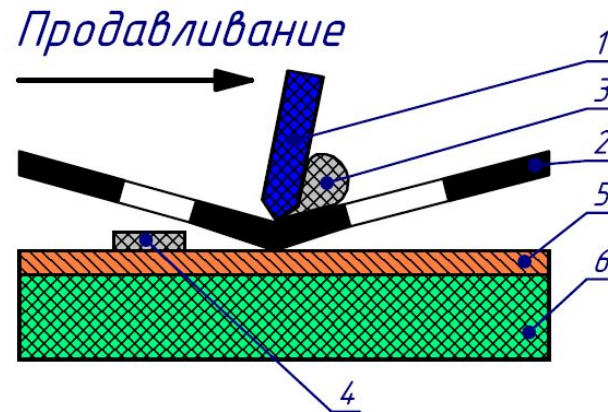
Основные типы печатных плат

<i>Наименование печатной платы</i>	<i>Поперечный разрез ПП (эскиз)</i>	<i>Конструкторско-технологические особенности</i>	<i>Толщина исходного материала</i>
7. Гибкая печатная плата		<i>Выполнена на тонком эластичном фольгированном основании, может быть изогнута с определенным радиусом.</i>	<i>0,1; 0,12; 0,13; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,5</i>
8. Гибко-жесткая печатная плата		<i>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.</i>	

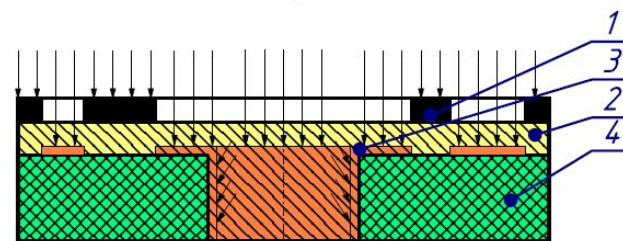
Способы получения рисунка



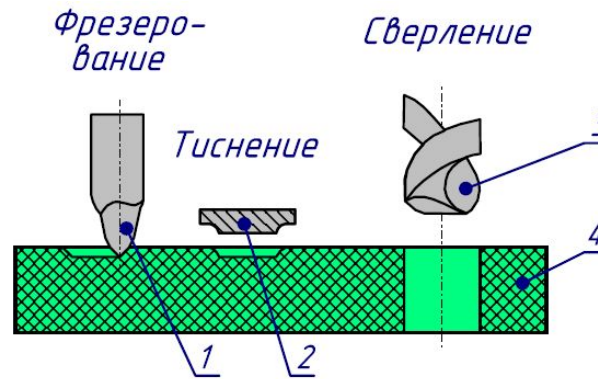
(a)



(б)



(в)



(г)

(a) - 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:

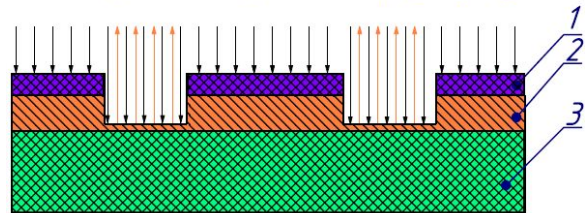
- 1 - фотошаблон;
- 2 - водный раствор солей металлов;
- 3 - тонкий проводящий рисунок;
- 4 - основание ПП (нефольгировано).

(г) - механический способ:

- 1 - фреза;
- 2 - пуансон;
- 3 - сверло;
- 4 - основание ПП (нефольгировано).

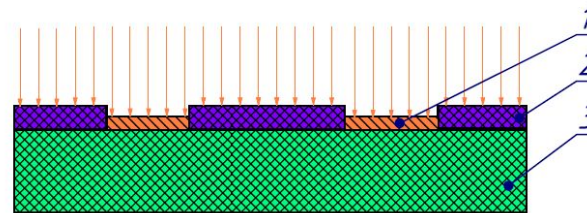
Способы получения проводящего рисунка

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



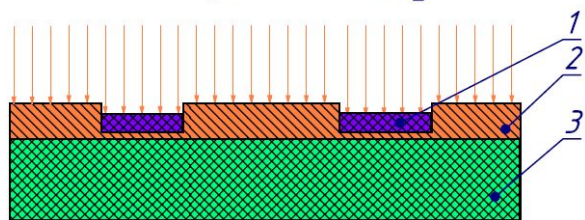
(a)

Осаждение
 $CuSO_4$



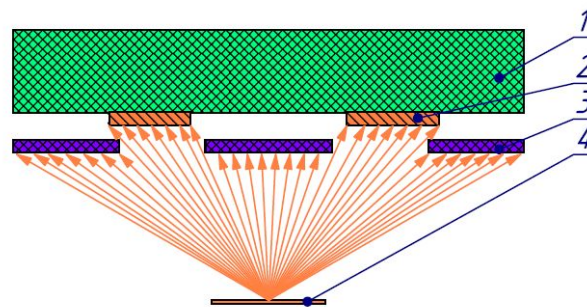
(delta)

Наращивание
 $CuSO_2$; $Cu(BF_4)_2$



(b)

Напыление



(z)

(a) - травление медной фольги:

- 1 - маска;
- 2 - проводящий рисунок - фольга;
- 3 - основание ПП.

(delta) - химическое осаждение меди:

- 1 - проводящий рисунок из осажденной меди;
- 2 - маска;
- 3 - основание ПП.

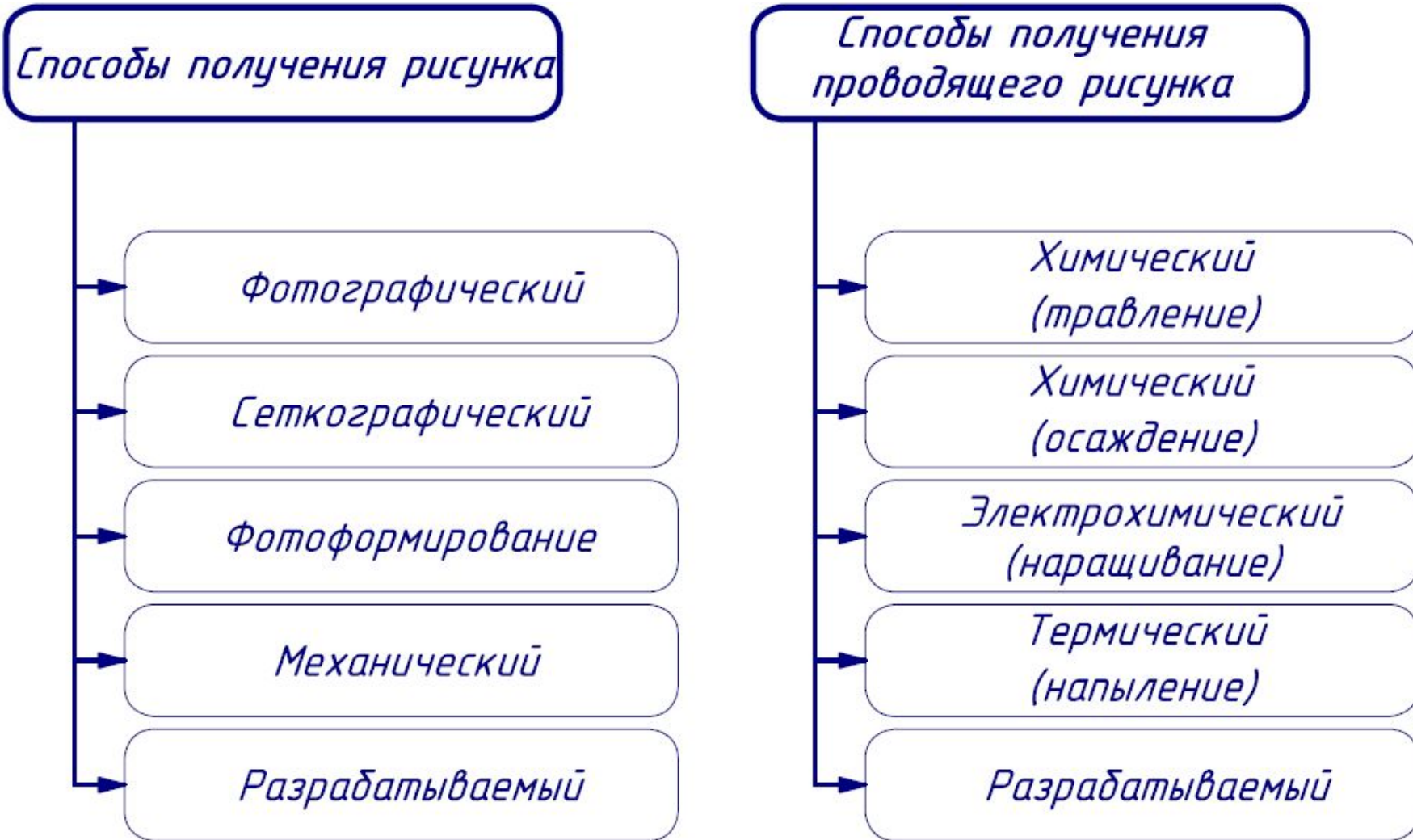
(b) - гальваническое наращивание:

- 1 - маска;
- 2 - проводящий рисунок - осажденная медь;
- 3 - основание ПП.

(z) - термическое вакуумное напыление меди:

- 1 - основание ПП;
- 2 - проводящий рисунок - напыленная медь;
- 3 - трафарет;
- 4 - тигель.

Методы изготовления печатных плат



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 металлируемых отверстий и удаление меди с пробельных мест двух проводящих слоев, предварительно образовав защитную слой 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 фотоматрицу. Применение гальваники невозможно из-за отсутствия электрического контакта у элементов проводящего рисунка. Основное преимущество – изготовление ПП любого класса точности.

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**
