

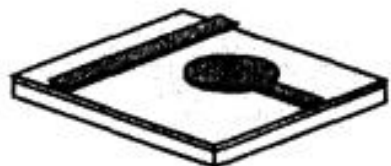


Классификация методов изготовления печатных шпал

Субтрактивный



Получение заготовки из одностороннего фольгированного диэлектрика



Нанесение защитного рельефа схемы (маски)



Травление меди с пробельных мест

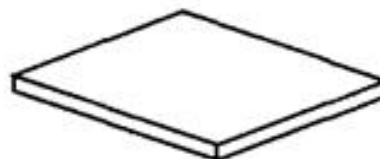


Удаление маски

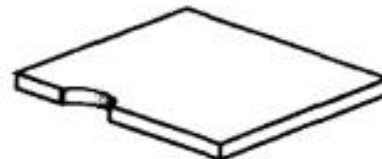


Пробивка отверстий

Аддитивный



Получение заготовки из нефольгированного материала



Сверление отверстий



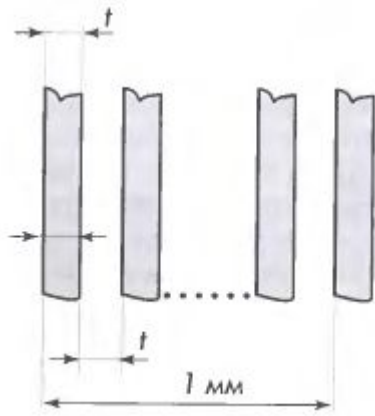
Нанесение защитного рельефа схемы (маски)



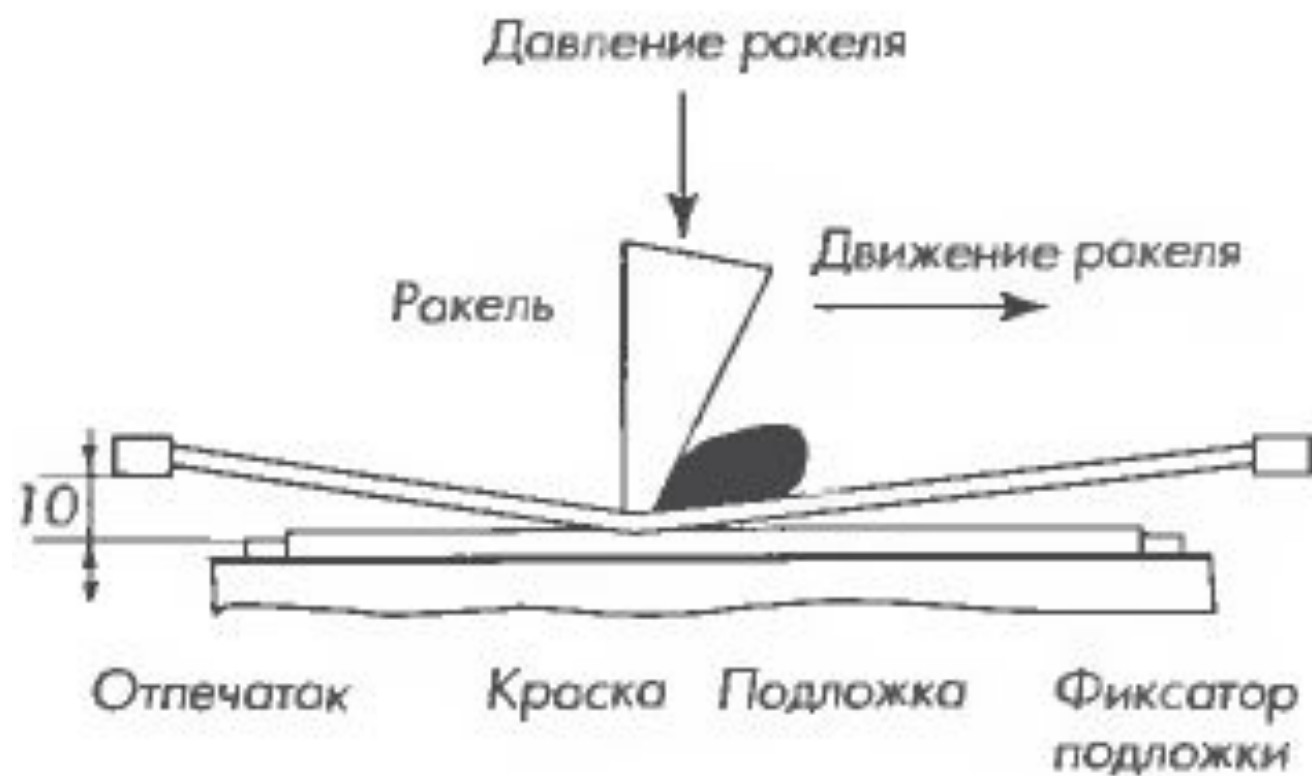
Толстослойное химическое меднение



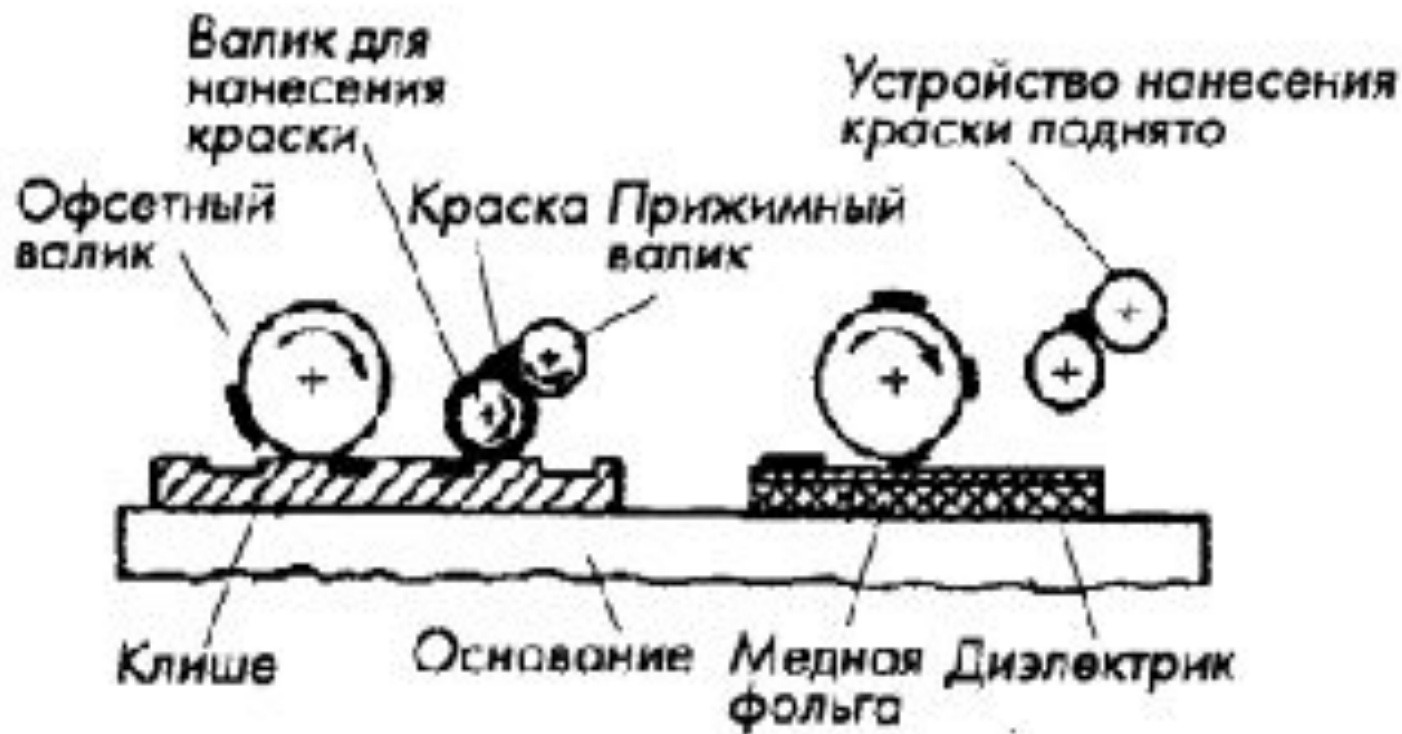
Удаление маски



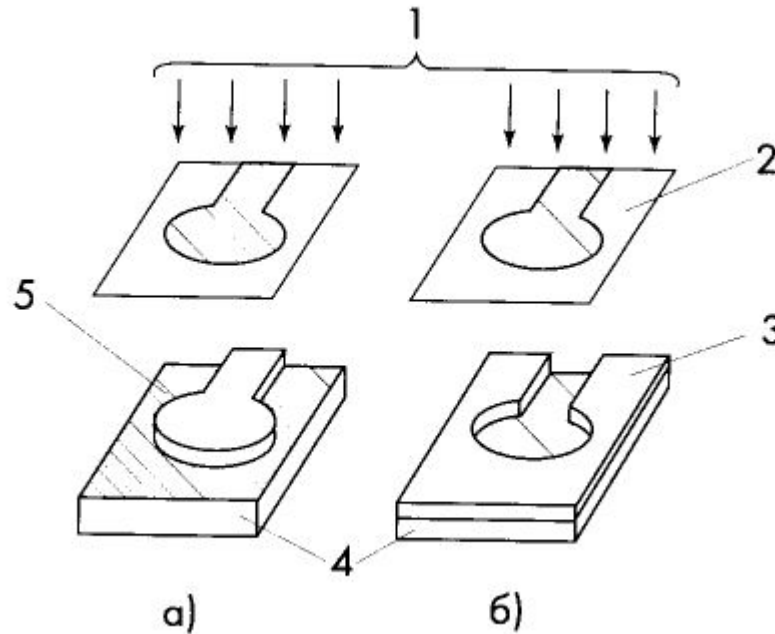
Трафаретная печать



Офсетная печать



Фотолитограф



Формирование рисунка:

а) из позитивного фоторезиста

б) из негативного фоторезиста

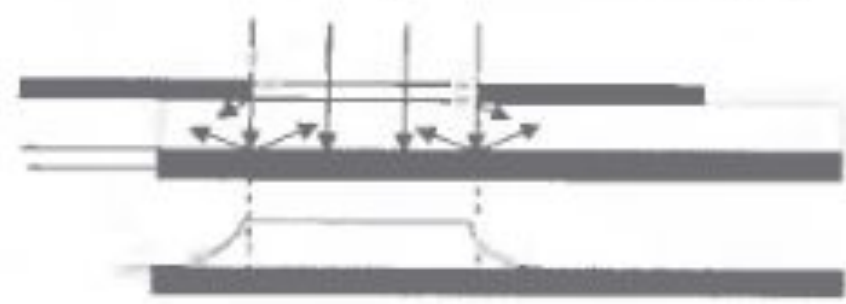
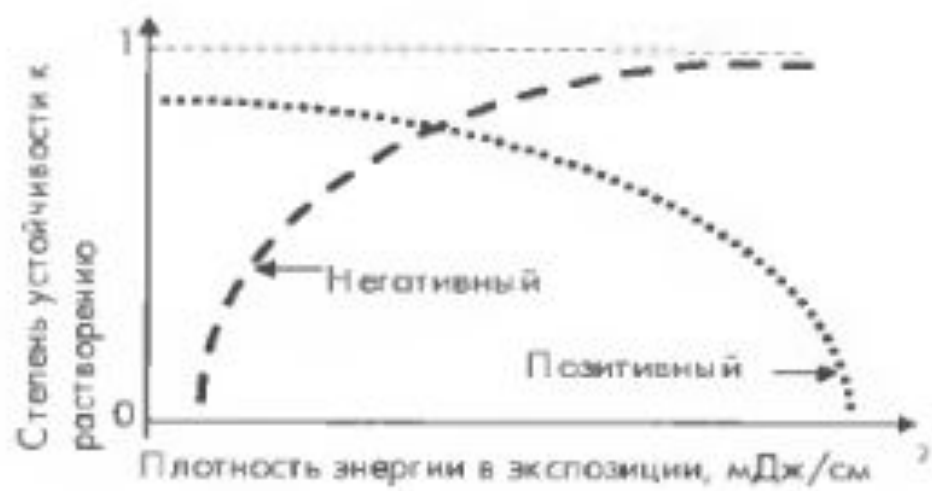
Фоторезист (от фото и англ. resist) — полимерный светочувствительный материал. Наносится на обрабатываемый материал в процессе фотолитографии или фотогравировки с целью получить соответствующее фотошаблону расположение окон для доступа травящих или иных веществ к поверхности обрабатываемого материала.

Экспонирование производится в ультрафиолетовом диапазоне спектра (фотолитография), электронным лучом (электронно-лучевая литография) или мягким рентгеновским излучением (рентгеновская литография).

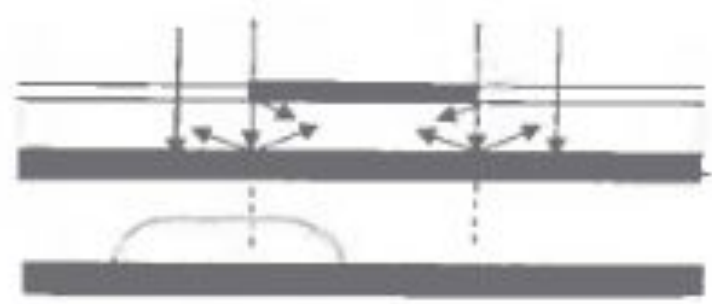
Воздействие либо разрушает полимер (позитивный фоторезист), или, наоборот, вызывает его полимеризацию и понижает его растворимость в специальном растворителе (негативный фоторезист).

При последующей обработке происходит травление в «окнах», образованных засвеченными (позитивный фоторезист) или не засвеченными (негативный фоторезист) участками полимера.

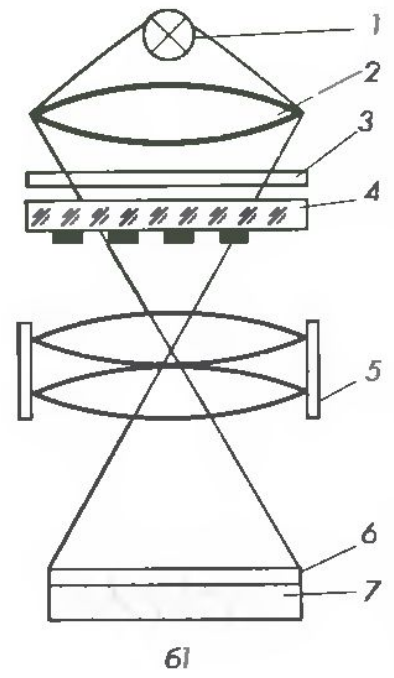
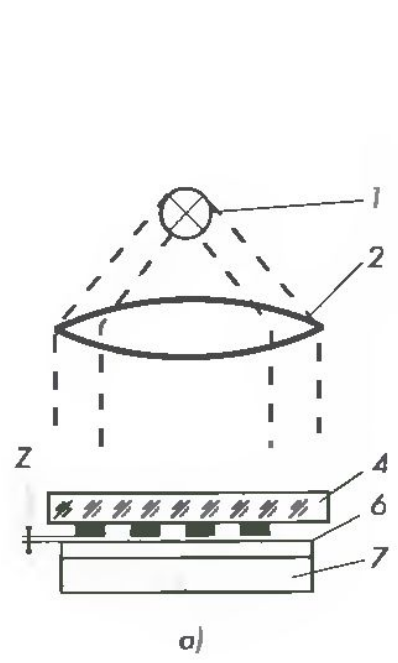
Разрешающая способность фоторезиста определяется как максимальное количество минимальных элементов на единице длины (1мм). $R=L/2l$, где L - длина участка, мм; l - ширина элемента, мм.

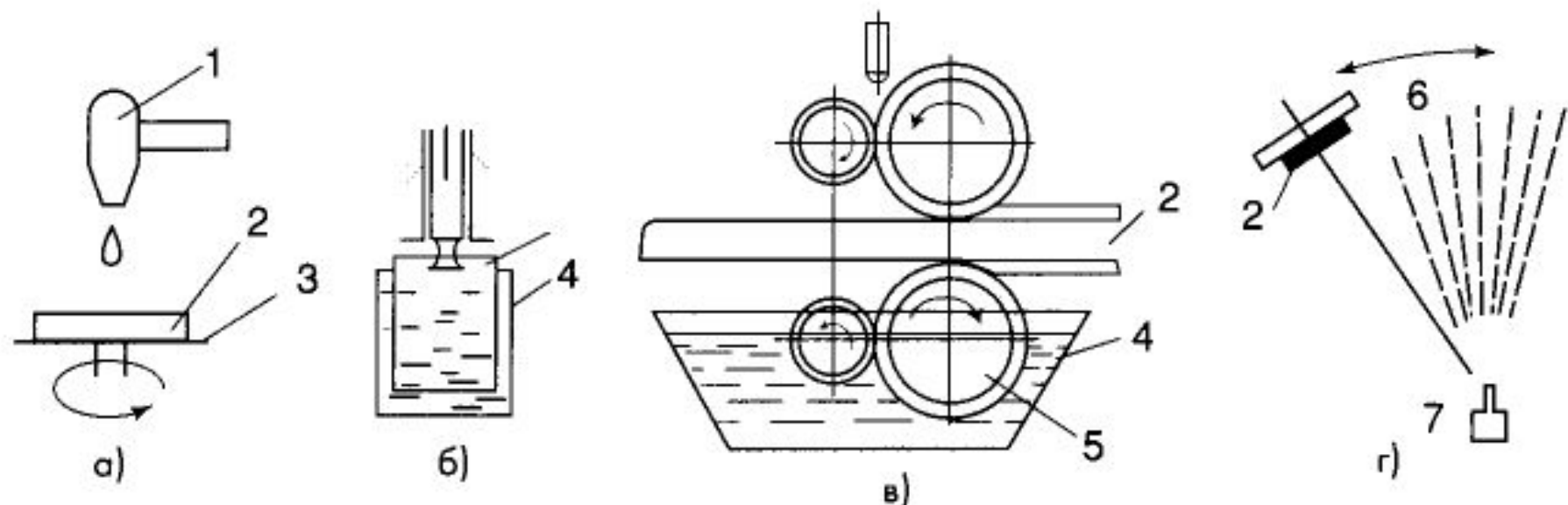


а)



б)





Способы нанесения жидких фоторезистов: а) центрифугированием, б) медленным вытягиванием, в) валками, г) pulverизацией. 1 – полив эмульсии; 2 – подложка; 3 – стол центрифуги; 4 – ванна с эмульсией; 5 – вал для переноса эмульсии; 6 – подвижный стол; 7 – pulverизатор.

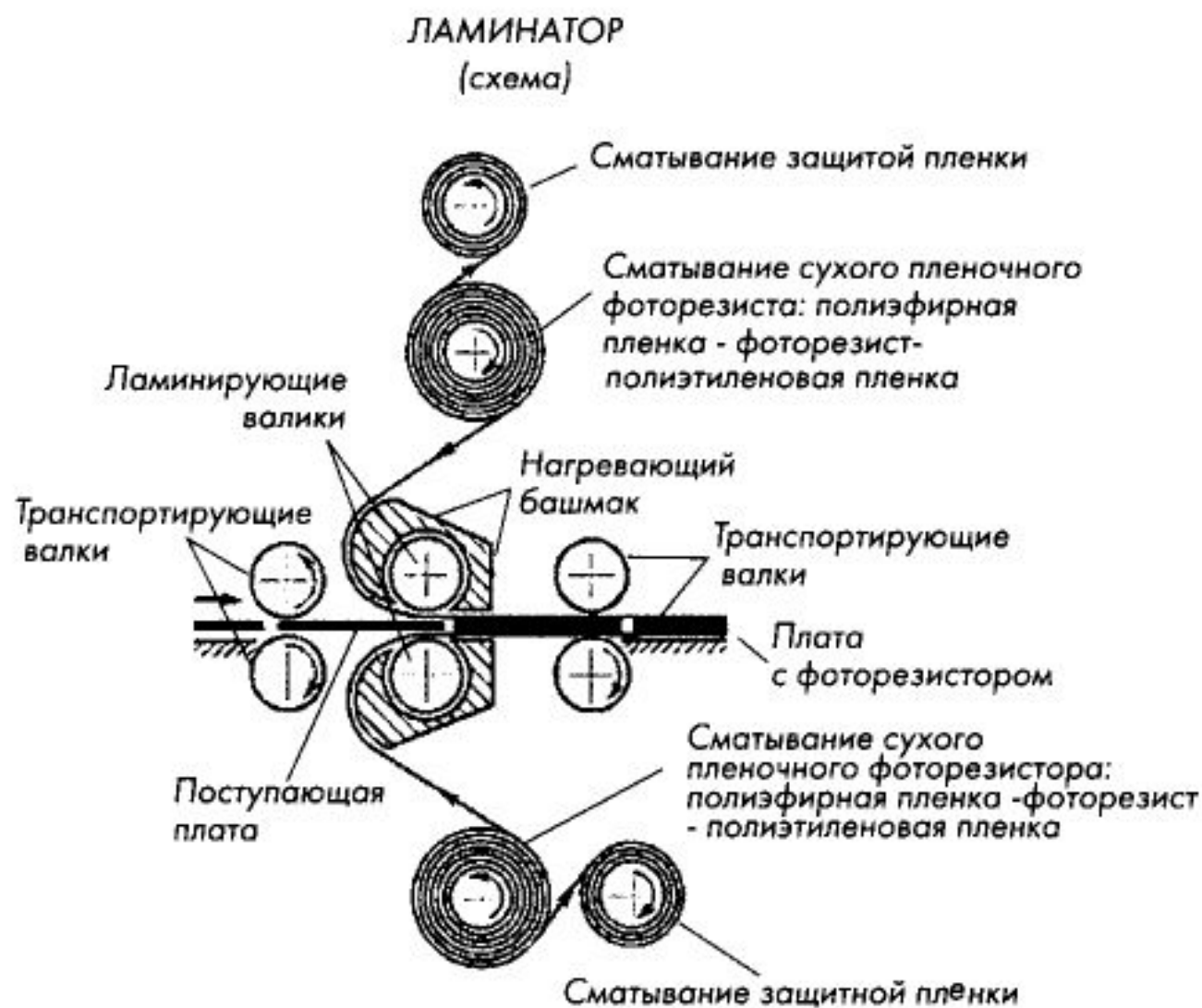


Схема нанесения пленочного фоторезиста с помощью ламинатора

Технология изготовления ПП

- 1) Разработка рисунка ПП;
- 2) Перенос рисунка ПП на фотопленку;
 - а) фотографирование на высококонтрастную мелкозернистую пленку типа ФТ41;
 - б) перенос рисунка на специальную бумагу(фото) посредством графопостроения;
- 3) Подготовка основания ПП из заготовки ПП(обезжиривание, зачистка);
- 4) Нанесение фотоэмульсий на поверхность основания ПП. Данная фотоэмульсия чувствительна к ультрафиолетовому излучению;
- 5) Закрепление фотошаблонов на основание ПП;
- 6) В вакуумную камеру все помещают;
- 7) Экспозиция ультрафиолетовыми лампами;
- 8) Проявление;
- 9) Травление ПП в хлорном железе;
- 10) Мойка ПП;
- 11) Смывка задубленного фоторезистивного слоя с рисунка ПП;
- 12) Сверление отверстий;
- 13) Металлизация отверстий;
- 14) Лужение платы;
- 15) Обрезка платы по размерам.

26. Ошибки параметров конструкций, их роль в производстве



Классификация ДПП, в зависимости от материала основания



Классификация методов изготовления ДПП на жестком фольгированном основании

Разновидности субтрактивной технологии формирования рисунка.

Негативный процесс с использованием сухого пленочного фоторезиста.

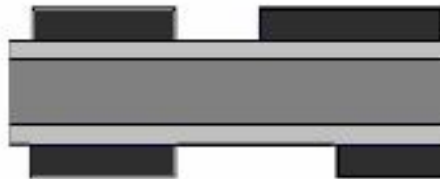
Процесс достаточно простой, применяется при изготовлении односторонних и двухсторонних ПП.

Металлизация внутренних стенок отверстий не выполняется.

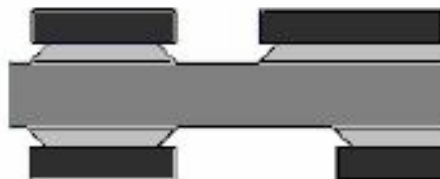
Заготовка – фольгированный диэлектрик. Методами фотолитографии с помощью сухого пленочного фоторезиста на поверхности фольги формируется защитная маска, представляющая собой изображение (рисунок) проводников. Затем открытые участки медной фольги подвергаются травлению, после чего удаляется фоторезист.



Заготовка фольгированного диэлектрика



Получение защитного рисунка в СПФ
(наслаивание, экспонирование, проявление)









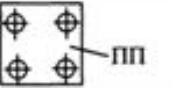
Травление медной фольги в окнах СПФ



Удаление защитного рисунка СПФ

Основные операции **химического негативного метода**

№

№	Основные операции ТП	Возможные способы получения	Эскиз этапа
4	Подготовка поверхности заготовки	Механический способ	
5	Получение защитного рельефа	1. Сеткография (СТ) 2. Офсетная печать <i>Подготовительные этапы:</i> Изготовление трафаретов для СТ Изготовление офсетной формы	
6	Сушка	1. Ультрафиолетовая сушка 2. Термическая сушка	
7	Травление меди с пробельных мест		
8	Удаление защитного рельефа		
9	Получение монтажных отверстий	1. Штамповка 2. Сверление	
10	Нанесение защитной паяльной маски	<i>Сеткография</i> <i>Подготовительный этап</i> Изготовление трафаретов	
11	Сушка	1. Ультрафиолетовая 2. Термическая	
12	Лужение		
13	Отмывка от флюса		
14	Маркировка	1. Сеткография 2. Капельный метод <i>Подготовительный этап</i> Изготовление трафарета	
15	Контроль электрических параметров		
16	Вырубка по контуру и получение крепежных отверстий	Штамповка	

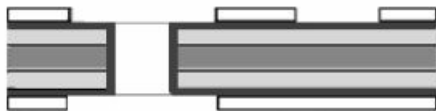
Позитивный процесс. Создается проводящий рисунок двухсторонних слоев с межслойными металлизированными переходами (отверстиями).
Сухой пленочный фоторезист (СПФ) наслаивается на заготовки фольгированного диэлектрика, прошедшие операции сверления отверстий и предварительной (5-7 мкм) металлизации медью стенок отверстий и всей поверхности фольги. В процессе фотолитографии СПФ защитный рельеф получают на местах поверхности металлизированной фольги, подлежащей последующему удалению травлением. На участки, не защищенные СПФ, последовательно осаждаются медь и **металлорезист** (сплав $SnPb$), в том числе и на поверхность стенок отверстий. После удаления маски СПФ незащищенные (более тонкие) слои меди вытравливаются. Процесс более сложный, однако с его помощью удастся получить металлизированные стенки отверстий.



Заготовка фольгированного диэлектрика с просверленными отверстиями



Химическая и электрохимическая металлизация всей поверхности (включая стенки отверстий)



Получение защитного рисунка в СПФ (наслаивание, экспонирование проявление)



Электрохимическое осаждение металлорезиста (сплава $SnPb$) в окна СПФ


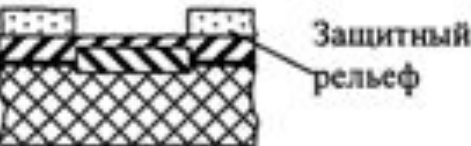

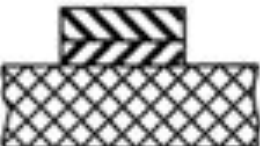



Удаление защитного рисунка СПФ

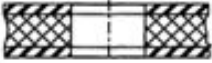

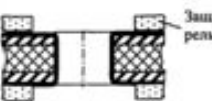
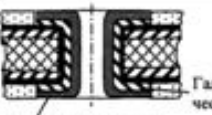


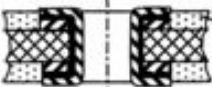



Травление медной фольги в окнах рисунка и удаление металлорезиста

Основные операции **ХИМИЧЕСКОГО ПОЗИТИВНОГО МЕТОДА**

№	Основные операции III	Эскиз этапа
1	Входной контроль диэлектрика	
2	Раскрой материала	
3	Получение заготовок и базовых отверстий	См. табл. 8.11 п.3
4	Подготовка поверхности	
5	Получение защитного рельефа на пробельных участках	
6	Нанесение металлопокрытия на проводники	
7	Удаление защитного рельефа	
8	Травление меди	
9	Сверление или пробивка отверстий	
10	Вырубка по контуру и получение крепежных отверстий	См. табл. 8.11, п. 16

Основные этапы ТП изготовления ДПП на фольгированном основании **комбинированным позитивным методом**

№	Основные этапы	Возможные способы получения	Эскиз этапа
3	Получение базовых отверстий	Сверление	См. табл. 8.11 п.3
4	Получение монтажных отверстий	Сверление	
5	Металлизация предварительная	3. Химическое меднение 3-5 мкм 4. Химико-гальваническое меднения	 Металл
7	Получение защитного рельефа	1. СГ 2. ФХ с органопроявляемым СПФ 3. ФХ целочелнопроявляемым СПФ	 Защитный рельеф
8	Электрохимическая металлизация	1. Гальваническое меднение и нанесение металлорезиста. 2. Гальваническое меднение и нанесение полимерного травильного резиста	 Металлорезист или полимерный травильный резист Гальваническая медь
9	Удаление защитного рельефа		
10	Травление меди с пробельных мест	1. Травление с удалением металлорезиста 2. Травление с удалением полимерного резиста	
11	Нанесение защитной паяльной маски	СГ	 Защитная маска
12	Лужение		
13	Отмывка флюса		
14	Получение крепежных отверстий и обработка по контуру	1. Лазерная обработка 2. Сверление отверстий и фрезерование по контуру	См. табл. 8.11 п. 16
15	Промывка	Ультразвуковой метод	

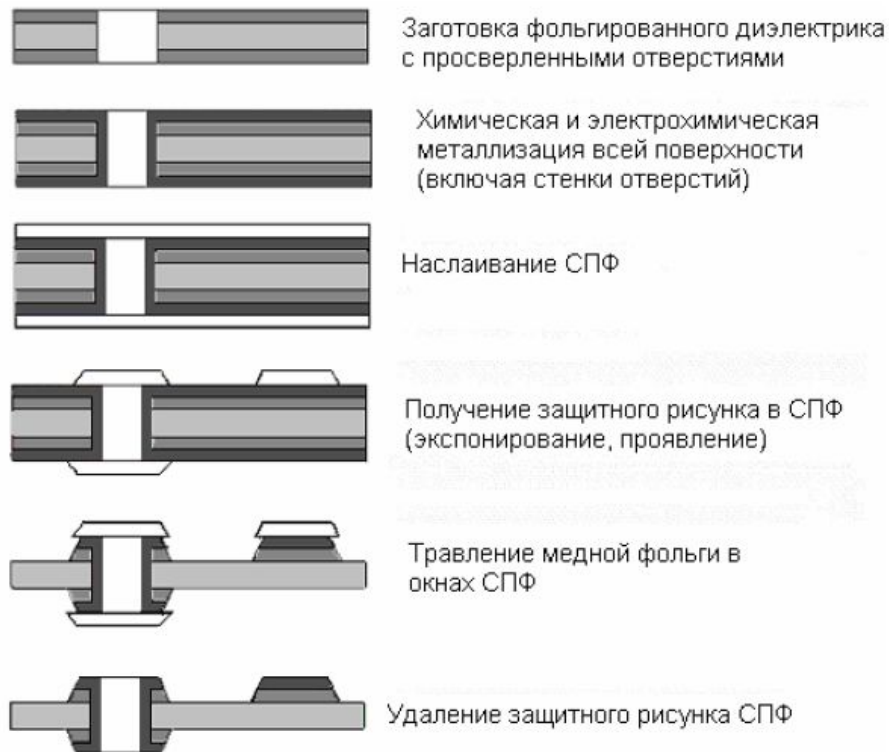
Тентинг-процесс.

Как и в позитивном процессе, берется заготовка в виде **фольгированного диэлектрика**, формируются отверстия, проводится **предварительная металлизация всей платы, включая внутренние стенки отверстий**. Затем наносится СФП, который формирует маску во время фотолитографии в виде рисунка печатных проводников и образует завески – тенты над металлизированными отверстиями, защищая их во время последующей операции травления свободных участков медной фольги. В этом процессе используются свойства пленочного металлизированными отверстиями.

Для получения изображений используется пленочный фоторезист толщиной 15-50 мкм. Толщина фоторезиста в случае метода "тентинг" диктуется требованиями целостности защитных завесок над отверстиями на операциях проявления и травления, проводимых разбрызгиванием проявляющих и травящих растворов под давлением 1,6-2 атм. и более. Фоторезисты толщиной менее 45-50 мкм на этих операциях над отверстиями разрушаются.

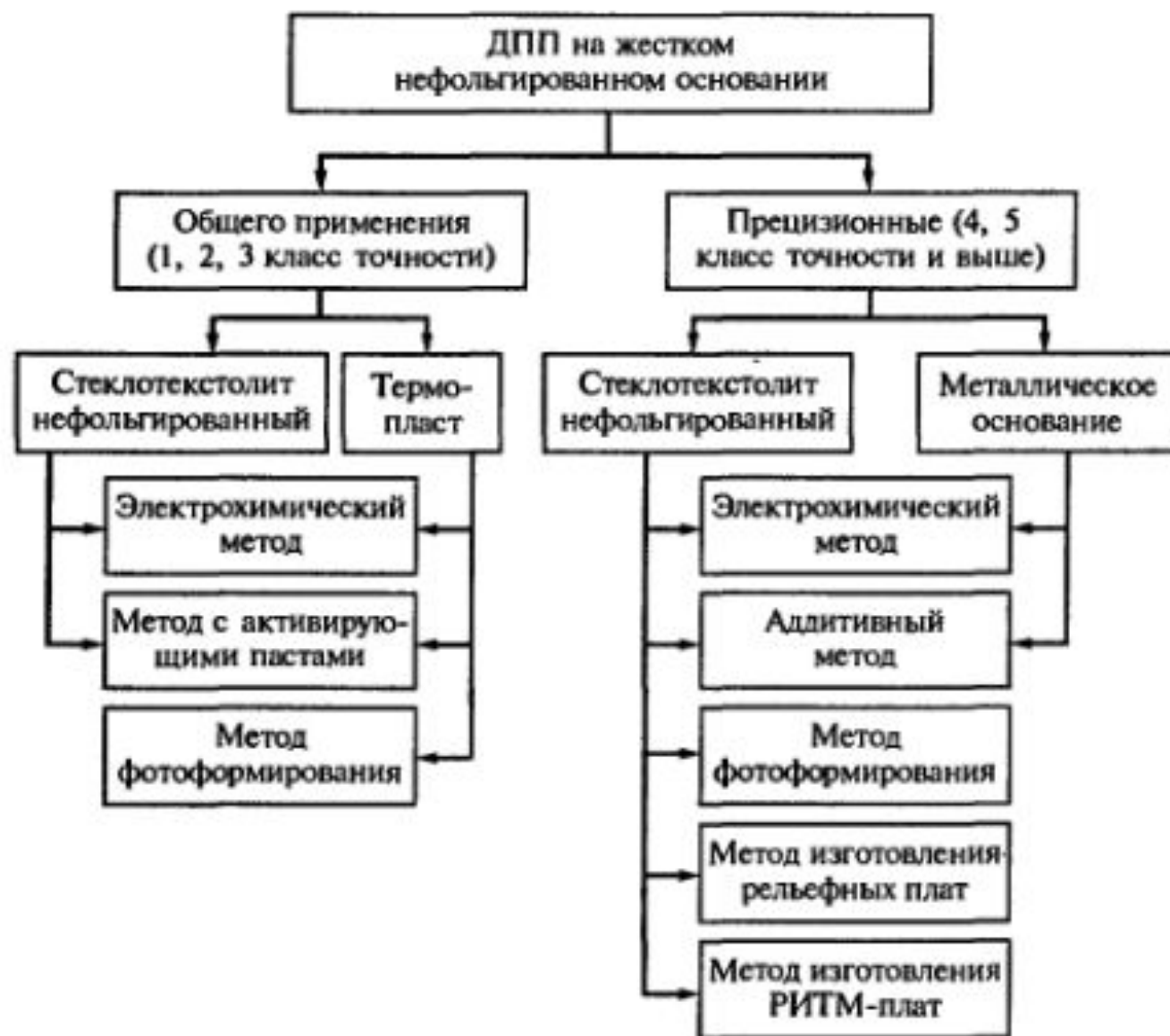
Субтрактивная технология имеет ограничения по разрешению, которые определяются толщиной фольги и процессами травления. Минимально воспроизводимая ширина проводников и зазоров составляет порядка:

- 50 мкм при толщине фольги 5-9 мкм;
- 100 - 125 мкм при толщине проводников 20 - 35 мкм;
- 150 - 200 мкм при толщине проводников 50 мкм.





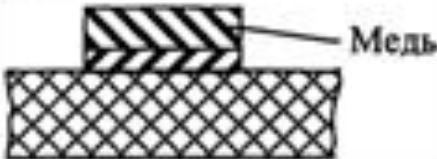
Основные характеристики прецизионных ДПП и общего применения на жестком фольгированном основании

Показатель	Характеристика	
	ДПП общего применения	Прецизионные ДПП
Область применения	Промышленная электроника, вычислительная техника, спецтехника, средства связи, бытовая техника	Вычислительная техника, спецтехника, промышленная электроника
Класс точности	1; 2; 3	4, 5 и выше
Группа жесткости	I—IV	I—IV
Рекомендуемые максимальные габариты, мм	500 × 600	500 × 600
Материал основания	СФ, СФ-2Н, СТФТ, СТФ, FR-4 и др. (фольга 35; 50 мкм)	Стеклотекстолит фольгированный (фольга 5; 9; 18 мкм, например, СТПА-5, FR-4)
Диаметр отверстия, мм	0,4...1,5	0,4...1,5
Минимальная ширина проводника, мм	0,25	0,1 и менее
Тип производства	Мелкосерийное, серийное, крупносерийное	Мелкосерийное, серийное
Методы изготовления	Комбинированный позитивный (SMOTL- и SMOBS-процессы) табл. 4.7 (фольга 35; 50 мкм), комбинированный негативный	Электрохимический (фольга 5; 9 мкм) (табл. 4.10). Тентинг-метод (фольга не более 18 мкм) (табл. 4.8). Метод фрезерования с. 162. Комбинированный позитивный (фольга 18, 12, 9, 5 мкм)



Классификация методов изготовления ДПП на жестком
нефольгированном основании

Основные операции изготовления ОПП на жестком нефольгированном основании

№	Основные операции ТП	Возможные способы получения	Эскиз этапа
№1,2,3 - см. табл. 8.11			
4	Подготовка поверхности заготовки	Химический способ	
5	Получение рисунка схемы	СТ активированными пастами <i>Подготовка матрицы эмаля</i> Изготовление трафаретов для СТ	 <p>Активирующая паста</p>
6	Металлизация рисунка схемы	Метод замещения активированных паст	 <p>Металл</p>
7	Толстослойное химическое меднение		 <p>Медь</p>
Далее см. табл. 8.11, пункты с 9 по 16.			

Для изготовления печатных плат с шириной проводников и зазоров 50 -100 мкм с толщиной проводников 30-50 мкм рекомендуется использовать аддитивный метод формирования рисунка (метод ПАФОС).

Метод ПАФОС, как аддитивный метод, принципиально отличается от субтрактивного тем, что металл проводников наносится, а не вытравливается.

Проводящий рисунок формируется (последовательным наращиванием слоев:

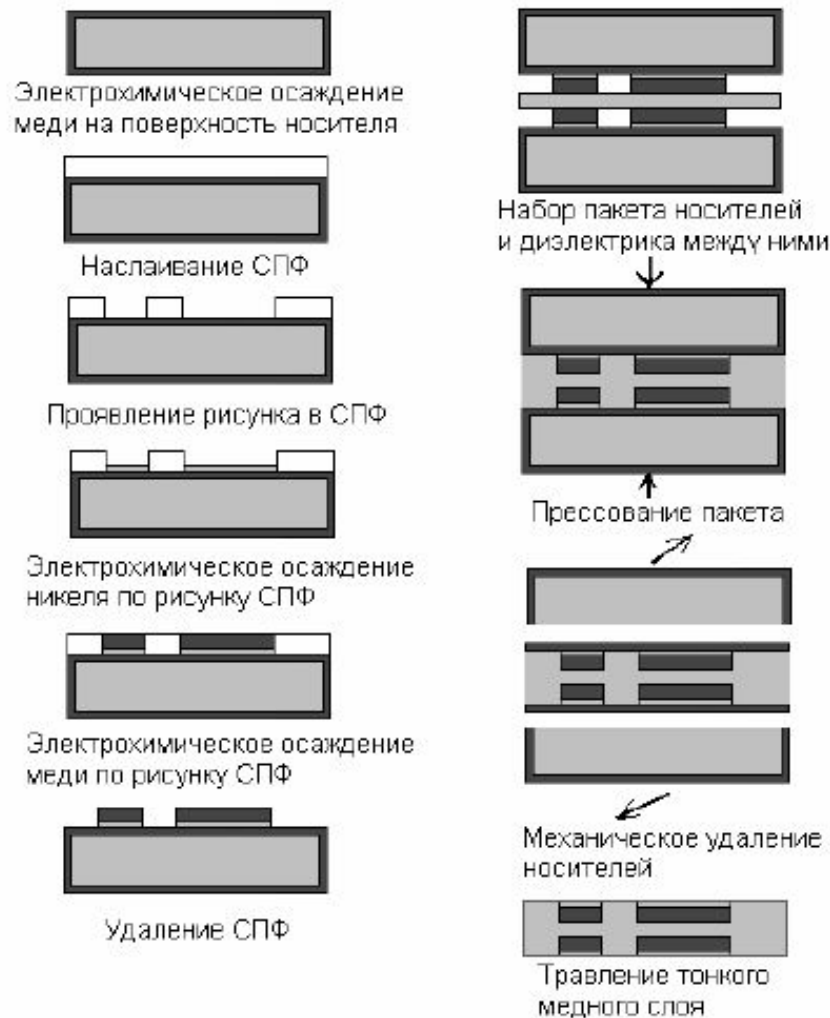
1 – получение на временных "носителях" - листах из нержавеющей стали - медной шины толщиной 2÷20 мкм;

2 – формирование рисунка в СПФ;

3 – гальваническое осаждение тонкого слоя никеля (2÷3 мкм) и меди (30 ÷ 50 мкм) по рисунку освобождений в рельефе пленочного фоторезиста.

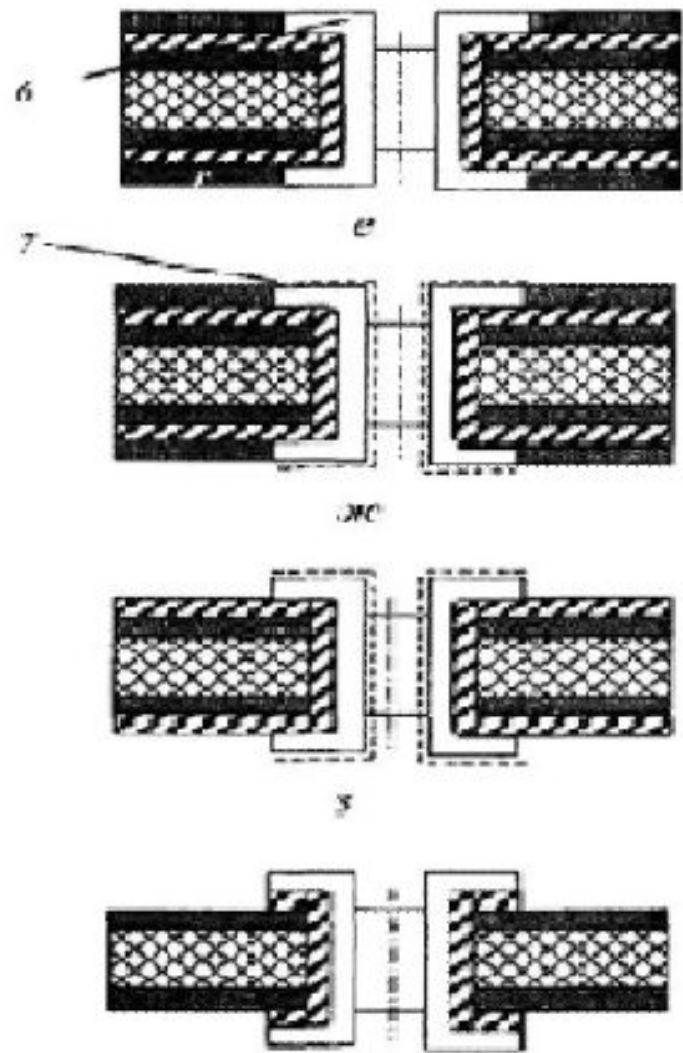
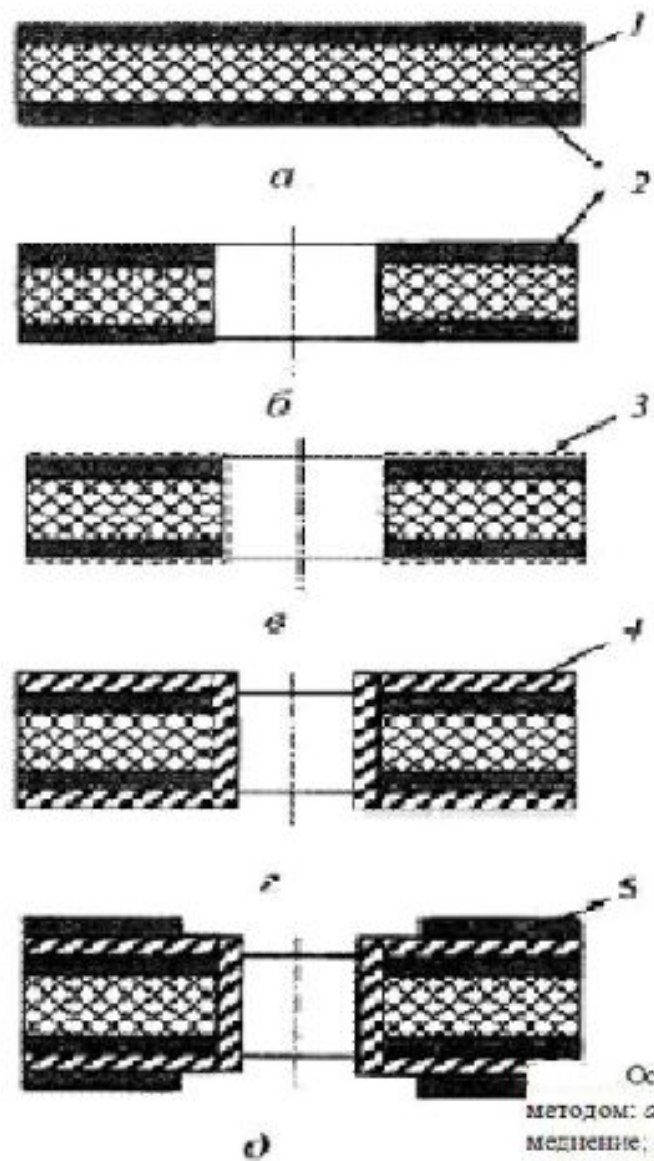
В защитном рельефе пленочного фоторезиста на верхнюю поверхность сформированных проводников производится также нанесение адгезионных слоев.

После этого пленочный фоторезист удаляется, и проводящий рисунок на всю толщину впрессовывается в диэлектрик. Полученный прессованный слой вместе с медной шиной механически отделяется от поверхности носителей.

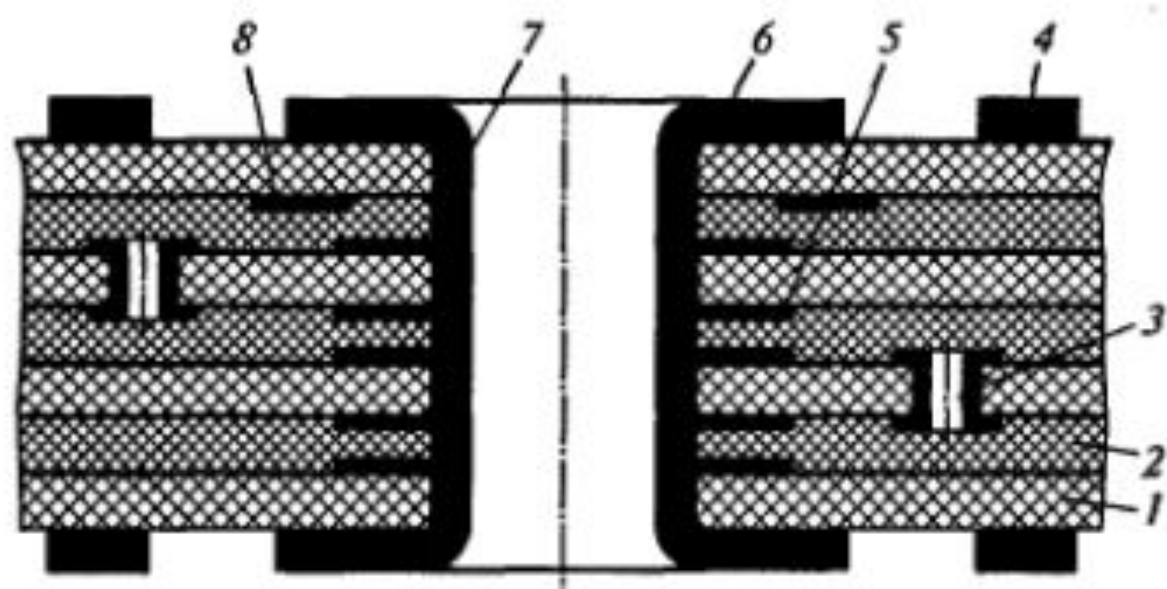


Основные характеристики ДПП на жестком нефольгированном основании

Показатель	Характеристика			
	Предизонные ДПП		ДПП общего применения	
	на нефольгированном диэлектрике	на металлическом основании	на нефольгированном диэлектрике	на термопластах
Область применения	Промышленная электроника, вычислительная техника	Промышленная электроника, вычислительная техника, средства связи	Промышленная электроника, средства связи, бытовая техника	Промышленная электроника, средства связи, бытовая техника
Класс точности	4, 5 и выше	4, 5	3	3
Группа жесткости	I—III	I—III	I—III	I—III
Рекомендуемые максимальные габариты, мм	500 × 600	500 × 600	500 × 600	500 × 600
Материал основания	СТЭК	Сталь, титан, алюминиевые сплавы	Стеклотекстолит нефольгированный (СТЭК)	Термопласт
Минимальный диаметр отверстия, мм	0,4...1,5	0,4...1,5	0,4...1,5	0,4...1,5
Минимальная ширина проводника, мм	0,1...0,040	0,1	0,25	0,25
Тип производства	Мелкосерийное, серийное	Серийное	Мелкосерийное, серийное, крупносерийное	Серийное
Метод изготовления	Электрохимический (табл. 4.10), аддитивный, фотоформирование (табл. 4.12)	Электрохимический (табл. 4.10), аддитивный	Электрохимический (табл. 4.10), с активирующими пастами (табл. 4.13)	Электрохимический (табл. 4.10), фотоформирование (табл. 4.12), с активирующими пастами (табл. 4.13)



Основные этапы изготовления ПП полуаддитивным электрохимическим методом: а - заготовка; б - сверление отверстий; в - сенсibilизация и активация; г - химическое меднение; д - получение защитного рисунка; е - гальваническое наращивание; ж - защита металлизации; з - удаление фоторезиста; и - травление; 1 - диэлектрическое основание; 2 - адгезив; 3 - активированная поверхность; 4 - слой меди 5 мкм; 5 - фоторезист; 6 - слой меди 50 мкм; 7 - покрытие олово-свинец



Структура МПП: 1 — сигнальный слой с печатными проводниками; 2 — изоляционный слой; 3 — переходное металлизированное отверстие (межслойный переход); 4 — рисунок наружных слоев; 5 — контактная площадка внутреннего слоя; 6 — контактная площадка наружного слоя; 7 — сквозное металлизированное отверстие; 8 — рисунок внутреннего слоя



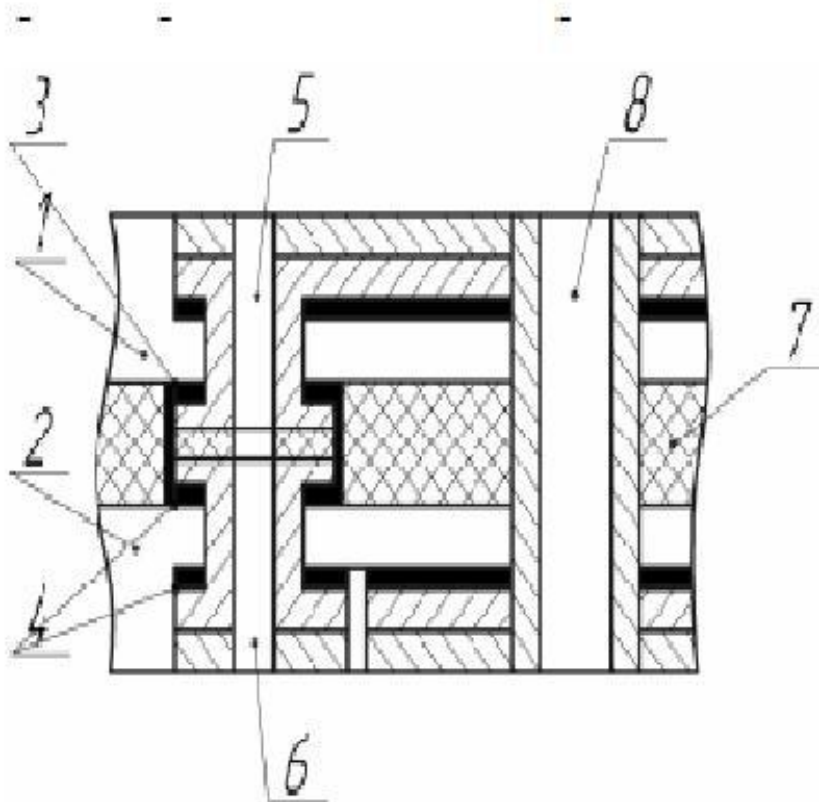
Методы изготовления МПП общего применения на фольгированном диэлектрике

Основные характеристики МПП общего применения на фольгированном диэлектрике

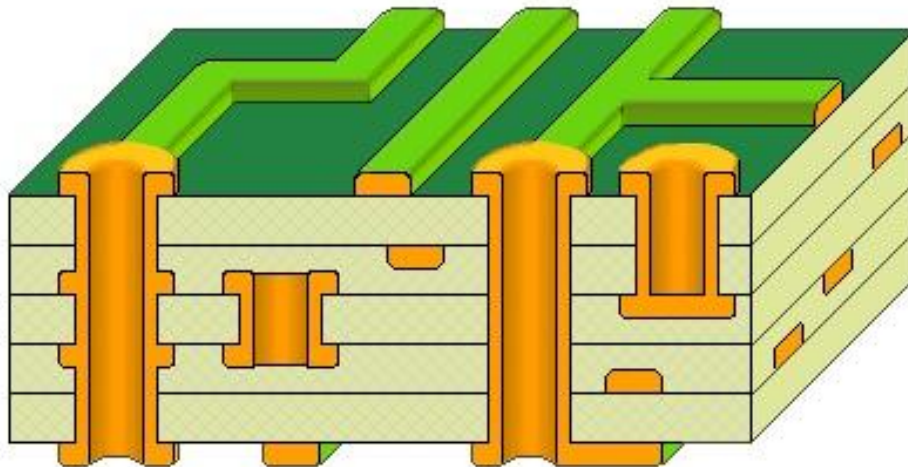
Показатель	Характеристика
Область применения	Спецтехника Вычислительная техника Средства связи
Класс точности	1; 2; 3
Группа жесткости	I—IV
Рекомендуемые максимальные размеры, мм	360 × 420 $\gamma = 0,33$
Материал основания	Стеклотекстолит фольгированный, например, СТФ-1, СТФ-2, стеклоткань — СТП-1
Минимальный диаметр отверстия, мм	Переходное — 0,4 Сквозное — 0,6
Минимальная ширина проводника, мм	0,25
Тип производства	Мелкосерийное, серийное, крупносерийное

Метод металлизации сквозных отверстий

- 1,2 – заготовки фольгированного стеклотекстолита
- 3,4 – печатные проводники
- 5,6 – металлизированные отверстия на заготовках
- 7 – изолирующий слой
- 8 – сквозное металлизированное отверстие



Многослойные печатные платы имеют более двух проводящих слоев (обычно до 24-х) и содержат сквозные отверстия (проходящие через все слои), слепые отверстия (соединяющие только внутренние слои) и глухие (соединяющие внешние слои топологии с внутренними).



Базовые материалы МПП:

- FR4
- Роджерс
- Тефлон
- Алюминий
- Безгалогенные
- Высокотемпературные

Финишные покрытия МПП:

- HAL
- HAL RoHS (бессвинцовый)
- Олово иммерсионное
- Ni-Au иммерсионное
- Ni-Au гальваническое
- Gold Flash
- Gold Finger
- Графит

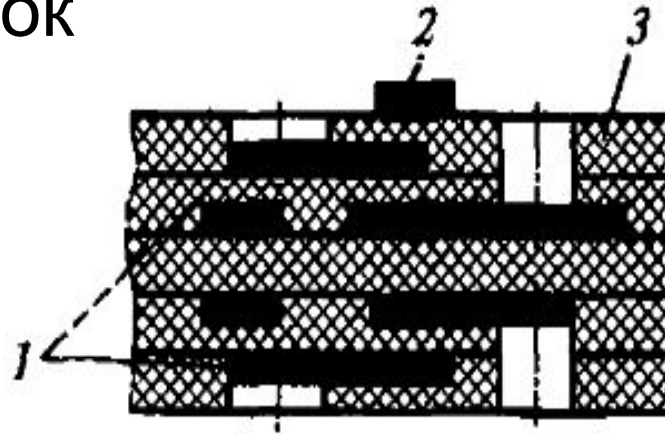
Достоинства ММСО:

- возможность передачи наносекундных сигналов без искажения за счет наличия экранирующих слоев и изоляционных прокладок между сигнальными слоями;
- короткие электрические связи;
- возможность увеличения числа слоев без значительного возрастания продолжительности технологического цикла и стоимости;
- возможность электрического экранирования;
- устойчивость к внешним воздействиям и др.

Недостатки ММСО:

- малая площадь контакта сквозного металлизированного отверстия с торцами контактных площадок внутренних слоев, что может привести к разрыву электрических цепей при пайке ЭРИ или в процессе эксплуатации при механических и термических воздействиях;
- низкое качество химической меди, которую применяют в качестве подслоя перед гальваническим меднением элементов печатного рисунка;
- значительная разница ТКЛР меди, диэлектрика и смолы и пр.

Метод открытых контактных площадок

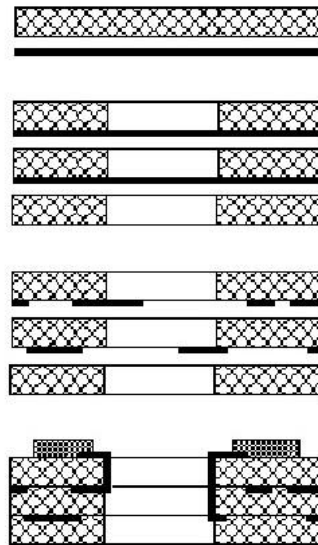


Конструкция МПП с открытыми контактными площадками:

1 — открытые контактные площадки; 2 — печатный проводник; 3 — слой диэлектрика

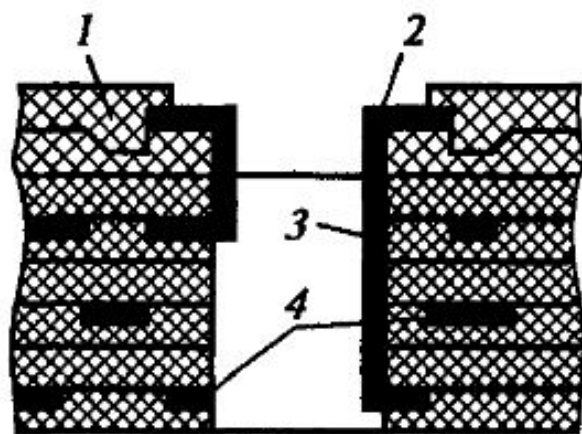
К достоинствам МПП с открытыми контактными площадками следует отнести большое число слоев, ремонтпригодность, а к недостаткам — невысокий класс точности (3-й).

МЕТОД ВЫСТУПАЮЩИХ ВЫВОДОВ



Последовательность операций:

- 1.Изготовление заготовок из стеклоткани и фольги.
- 2.Выполнение отверстий в стеклоткани в местах будущих межслойных соединений; склеивание (прессование) стеклоткани с фольгой.
- 3.Получение проводящего рисунка на каждом слое.
- 4.Склеивание (прессование) слоев МПП, отгибание выводов, выступающих из слоев.



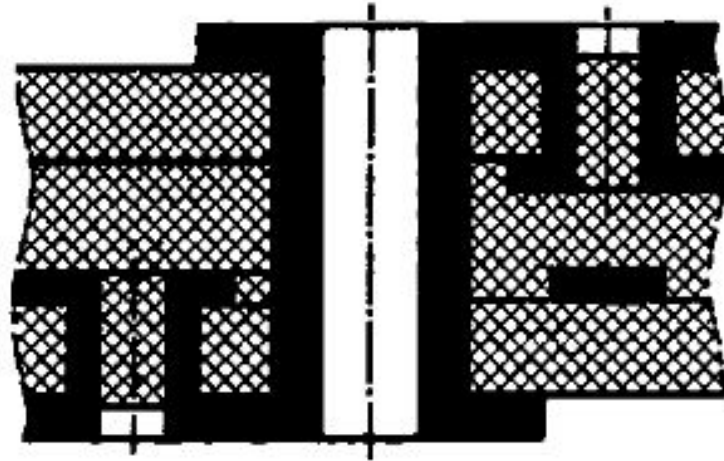
Конструкция МПП с выступающими выводами:

1 — накладка; 2 — контактная площадка; 3 — выступающий вывод; 4 — печатный проводник

К преимуществам данного метода данной конструкции относятся:

- большое число слоев (до 15-ти);
- высокая механическая прочность;
- возможность параллельного выполнения операций.

Метод попарного прессования



К недостаткам метода попарного прессования можно отнести:

- длительный технологический цикл последовательного выполнения операций;
- большое количество химико-гальванических операций и др.

Метод послойного наращивания

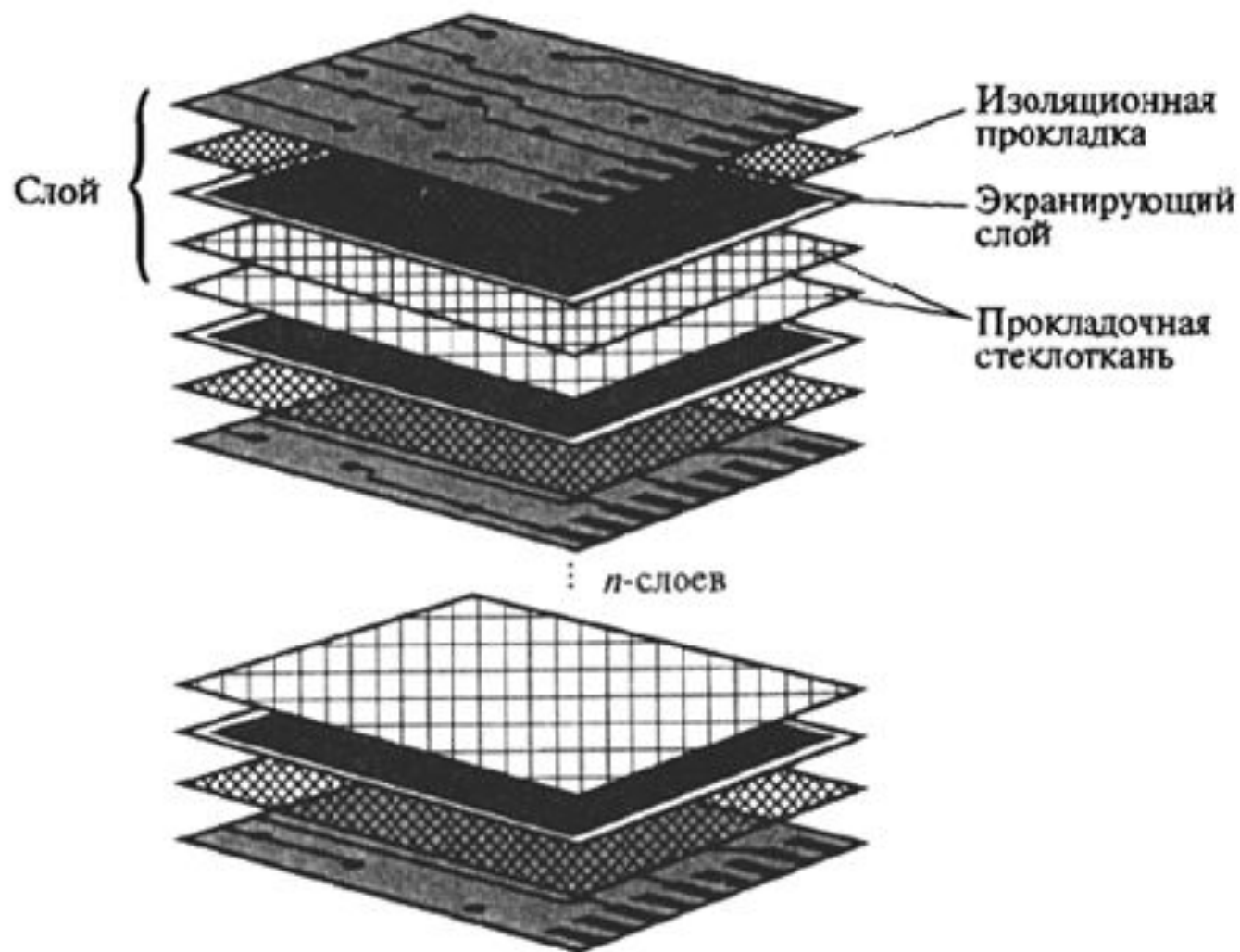


К преимуществам метода послойного наращивания относятся:

- надежность межслойных соединений;
- большое число слоев (до 10).

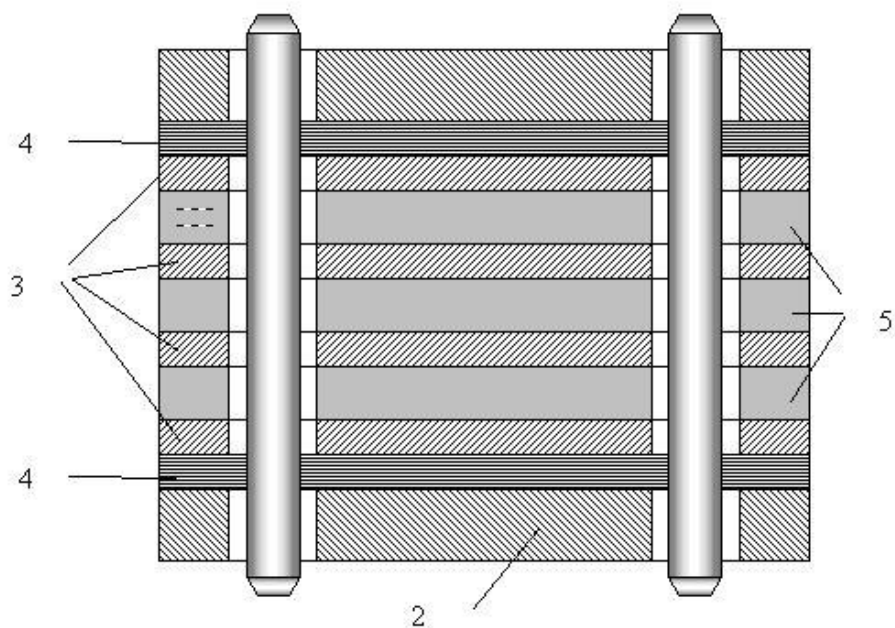
Недостатки метода послойного наращивания:

- длительный технологический цикл;
- невозможность использования ЭРИ со штыревыми выводами, так как в конструкции МПП отсутствуют отверстия;
- высокая стоимость изготовления.



Пакет МПП для прессования

Технология прессования



1. Базировочные штыри
2. Верхняя и нижняя плиты прессформы
3. Прокладочные листы нержавеющей стали.
4. Прокладки из кабельной бумаги
5. Пакеты многослойных печатных плат
6. Датчик объёмного сопротивления смолы

3. Сравнительная характеристика методов изготовления МПП

Показатель	Металлизация сквозных отверстий	Поварного прессования	Открытых контактных площадок	Послойного наращивания	Выступающих выводов
Надежность соединений	Хорошая	Малая	Отличная	Отличная	Отличная
Число слоев (максимальное)	20	4	8	5	15
Стойкость к внешним воздействиям	Без покрытия (средняя)	Удовлетворительная	Удовлетворительная	Хорошая	Хорошая
Число производственных операций	Среднее	Среднее	Малое	Большое	Малое
Межслойное соединение	Электроосаждение	Электроосаждение	Проволочная перемычка	Электроосаждение	Пайка или сварка выводов
Плотность монтажа	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя
Изменяемость конструкции	Трудная	Трудная	Простая	Трудная	Трудная
Ремонтопригодность	Плохая	Плохая	Плохая	Плохая	Средняя
Длительность цикла изготовления	Средняя	Средняя	Малая	Большая	Средняя
Стоимость	Низкая	Низкая	Низкая	Высокая	Высокая
Вид устанавливаемых выводов микросхем	Штырьковые, планарные	Штырьковые, планарные	Планарные	Планарные	Планарные



Методы изготовления прецизионных МПП на фольгированном диэлектрике

Основные характеристики прецизионных МПП на фольгированном диэлектрике

Показатель	Характеристика
Область применения	Спецтехника, вычислительная техника, средства связи
Класс точности	5 и выше (3 проводника в шаге 2,5 мм)
Группа жесткости	IV
Рекомендуемые максимальные размеры, мм	360 × 280 $\gamma = 0,2$
Материал основания	Стеклотекстолит фольгированный ($h_{\phi} = 5, 9; 12; 18$ мкм)
Минимальный диаметр отверстия, мм	Переходное — 0,2; сквозное — 0,4
Минимальная ширина проводника, мм	0,050...0,070
Тип производства	Мелкосерийное

Основные характеристики МПП общего применения на нефольгированном диэлектрике

Показатель	Характеристика
Область применения	Вычислительная техника, средства связи, спецтехника
Класс точности	4 (2 проводника в шаге 2,5 мм)
Группа жесткости	IV
Рекомендуемые максимальные размеры, мм	300 × 400 $\gamma = 0,25$
Материал основания	Нефольгированный стеклотекстолит с протектором
Минимальный диаметр отверстия, мм	Переходное — 0,4, сквозное — 0,6
Минимальная ширина проводника, мм	0,15
Тип производства	Мелкосерийное, серийное, крупносерийное



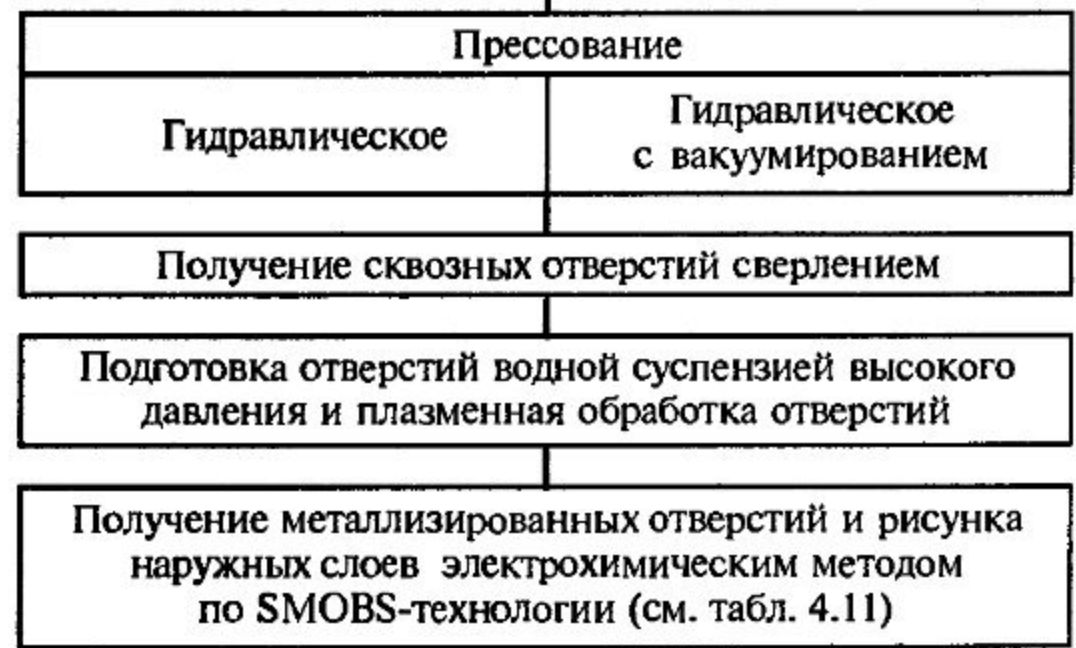
Методы изготовления МПП общего применения на нефольгированном диэлектрике



Методы изготовления прецизионных МПП на нефольгированном диэлектрике

Изготовление слоев электрохимическим (полуаддитивным) методом (см. табл. 4.11)

Изготовление слоев методом ПАФОС (см. табл. 4.31)



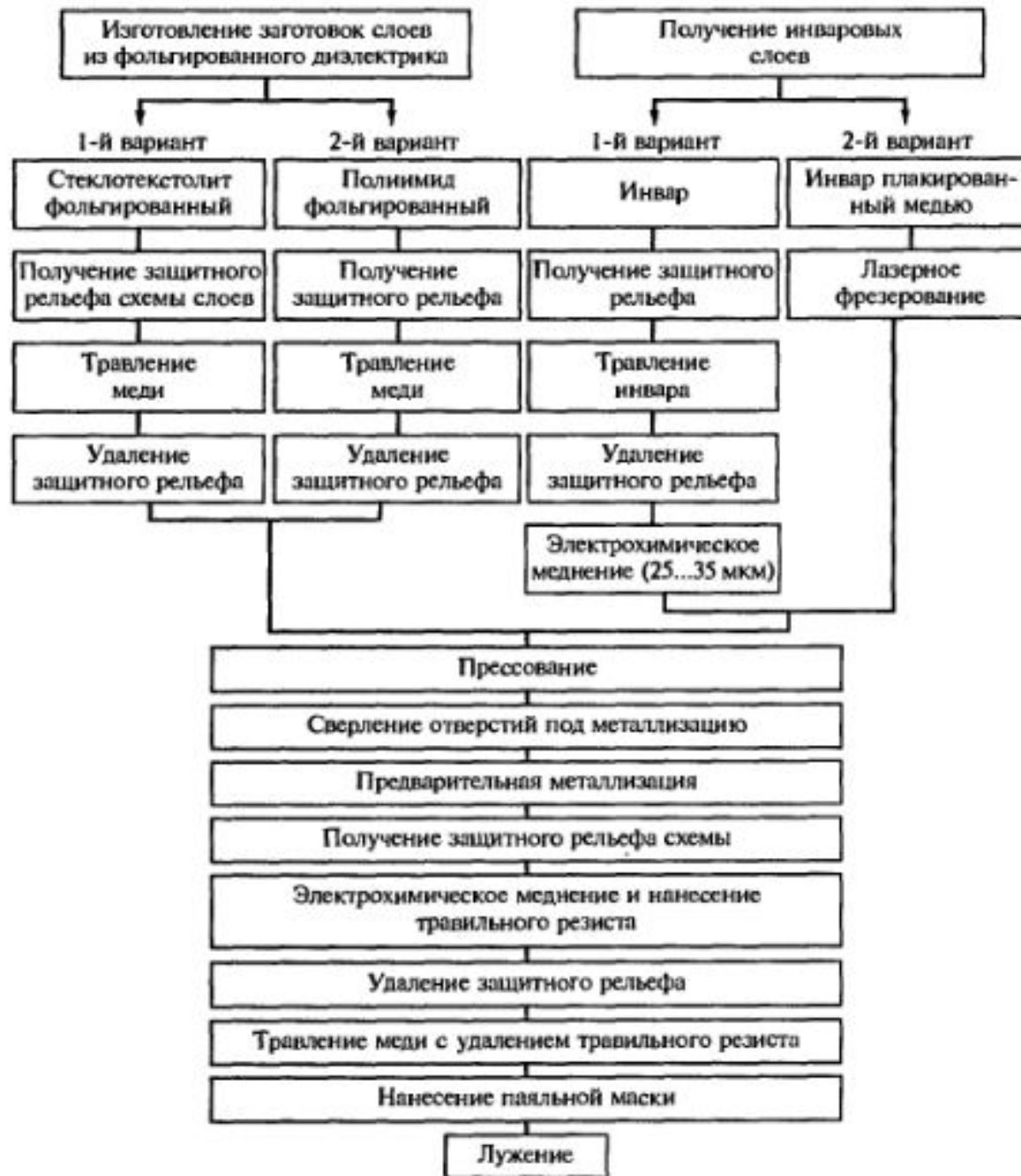
Структурная схема ТП изготовления прецизионных МПП на нефольгированном основании

Основные характеристики МПП, изготовленные методом ПАФОС

Показатель	Характеристика
Элементная база	Микросборки
Область применения	Спецтехника
Класс точности	5 и выше
Группа жесткости	I—IV
Рекомендуемые максимальные размеры, мм	600 × 600
Материал временного носителя	Нержавеющая сталь ($h = 0,5, 0,8$ мм)
Минимальная ширина проводника, мм	0,050
Тип производства	Единичное

Метод ПАФОС применяют для получения МПП с проводниками и расстояниями между ними порядка 50...100 мкм при толщине 30...50 мкм.

При изготовлении МПП методом ПАФОС печатный рисунок слоя полностью формируют аддитивным методом селективно по рисунку на заготовке из нержавеющей стали толщиной 0,5...0,8 мм. Затем проводящий рисунок впрессовывают в изоляционный слой на всю толщину проводника, после чего спрессованный слой механическим способом отделяют от временного носителя.



Структурная схема изготовления МПП с инваровыми слоями

Основные характеристики МПП с инваровыми слоями

Показатель	Характеристика
Элементная база	ПМК
Область применения	Спецтехника, вычислительная техника
Класс точности	3; 4
Группа жесткости	IV
Рекомендуемые максимальные размеры, мм	550 × 450
Материал основания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фольгированный стеклотекстолит ($h_{\phi} = 35$ мкм). 2. Полиимид фольгированный ($h_{\phi} = 35$ мкм). 3. Металлический слой: <ol style="list-style-type: none"> а) сталь 36Н; б) сталь 36Н, плакированная медью. 4. Стеклоткань прокладочная
Толщина металлического слоя, мм	0,1...0,15
Минимальный диаметр отверстия, мм	0,4 (металлизированное)
Минимальная ширина проводника, мм	0,2
Количество металлических слоев	Не более 2
Тип производства	Мелкосерийное, серийное