

1 Общие сведения о печатных платах

1.1 Основные понятия и определения

Печатная плата (ПП) — это изделие, состоящее из плоского изоляционного основания с системой токопроводящих полосок металла (проводников), которое используется для установки и коммутации микросхем (МС), электрорадиоэлементов (ЭРЭ) и функциональных узлов в соответствии с электрической принципиальной схемой.

ПП с установленными на ней электронными компонентами представляет собой печатный узел.

Печатный проводник — проводящая полоска в проводящем рисунке.

Проводящий рисунок — совокупность всех элементов на отдельном слое ПП, образованных проводящим материалом (печатные проводники, контактные площадки, концевые контакты печатного разъема и др.).

Печатный монтаж — способ монтажа, при котором электрическое соединение элементов электронного узла, включая экраны, выполнено с помощью печатных проводников.

Преимущества ПП:

- значительное повышение плотности межсоединений;
- возможность миниатюризации аппаратуры;
- гарантированная стабильность повторяемости параметров изделий;
- возможность повышения электрических нагрузок в сетях;
- получение печатных проводников, экранирующих поверхностей в одном технологическом цикле;
- повышение надежности и качества аппаратуры;
- повышение вибромеханической прочности;

- улучшение условий теплоотдачи и устойчивости к климатическим воздействиям;
- возможность унификации и стандартизации функциональных узлов и блоков;
- уменьшение трудоемкости изготовления и монтажа;
- возможность механизации и автоматизации производства.

Недостатки ПП:

- сложность внесения изменений в конструкцию;
- ограниченная ремонтпригодность.

Государственным стандартом предусмотрены следующие типы ПП:

- односторонняя печатная плата (ОПП) — ПП, на одной стороне которой выполнен проводящий рисунок;
- двусторонняя печатная плата (ДПП) — ПП, на обеих сторонах которой выполнены проводящие рисунки и все требуемые соединения;
- многослойная печатная плата (МПП) — ПП, состоящая из спрессованных в единое основание чередующихся слоев изоляционных подложек с проводящими рисунками, между которыми выполнены требуемые электрические соединения;
- гибкая печатная плата (ГПП) — ПП, имеющая гибкое основание;
- гибкий печатный кабель (ГПК) — система параллельных печатных проводников, размещенных на гибком основании.

1.2 Конструктивно-технологические разновидности печатных плат

Существуют различные конструктивно-технологические разновидности ПП.

Для обеспечения требуемых электрических соединений в ПП предусмотрены отверстия:

- монтажные – для установки ИМС и ЭРЭ;
- переходные – для электрической связи между сторонами и слоями ПП.

Отверстия могут быть как сквозными, так и несквозными (глухими).

Контактные площадки ПП подразделяются на два самостоятельных вида:

- площадки металлизированных и неметаллизированных монтажных и переходных отверстий;
- площадки для установки элементов на поверхность (плоские контактные площадки).

ОПП отличаются самой низкой плотностью монтажа, поэтому они используются только для несложных устройств (в бытовой аппаратуре и т.п.).

ОПП могут изготавливаться:

а) без металлизации сквозных отверстий – такие платы наиболее просты по конструкции и дешевы в изготовлении (см. рисунок 1.1);

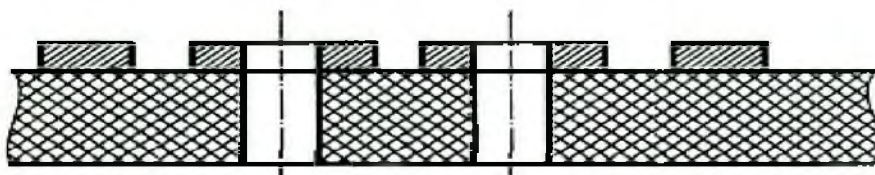


Рисунок 1.1 – ОПП без металлизации сквозных отверстий.

б) с металлизацией сквозных отверстий – такие платы более надежны в эксплуатации, т.к. обеспечивается лучший контакт навесных элементов с проводниками ПП (смотри рисунок 1.2).

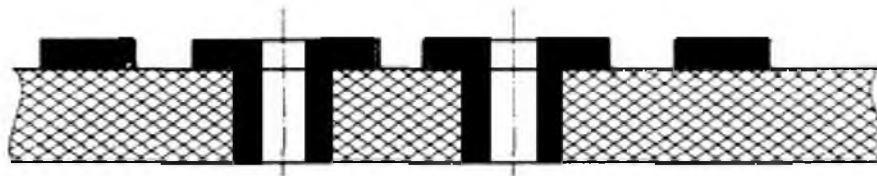


Рисунок 1.2 – ОПП с металлизацией сквозных отверстий.

ДПП широко используются в конструкциях ЭВМ, т.к. они достаточно просты в изготовлении и обеспечивают относительно высокую плотность монтажа.

В настоящее время ДПП изготавливаются только с металлизацией сквозных отверстий, т.к. в этих платах металлизация не только обеспечивает надежный электрический контакт навесных элементов и проводников ПП, но и выполняет электрическую связь между проводниками на разных сторонах ПП. Раньше электрическую связь между сторонами осуществляли объемными деталями – штырями, заклепками, перемычками.

ДПП могут изготавливаться:

- на диэлектрическом основании (см. рисунок 1.3);
- на металлическом основании с нанесенным на него электроизоляционным покрытием – применяются когда нужен хороший теплоотвод от ПП, т.е. при использовании навесных элементов большой мощности.

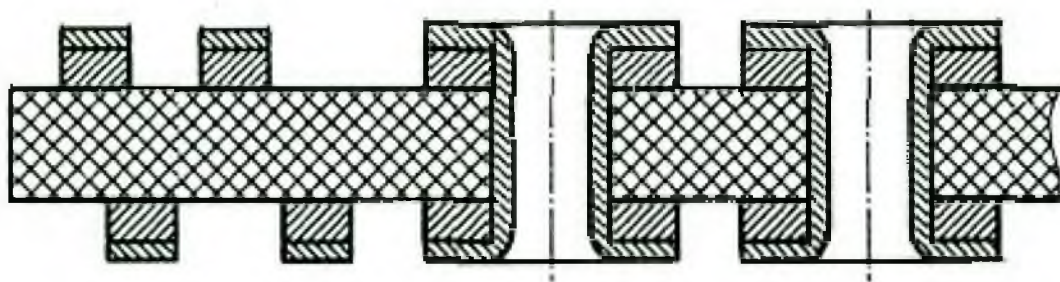


Рисунок 1.3 – ДПП на диэлектрическом основании.

МПП обеспечивают самую высокую плотность монтажа, но при этом характеризуются значительной трудоемкостью проектирования и изготовления, высокой стоимостью, повышенными требованиями к точности изготовления элементов печатного рисунка, более высоким процентом брака, низкой ремонтопригодностью.

Слои в МПП имеют определенное функциональное назначение:

- наружные монтажные слои – конструируются и используются для монтажа электронных компонентов;
- сигнальные слои – несут на себе топологическую схему сигнальных межсоединений;
- слои земли, питания, экранные слои;
- теплоотводящие и тепловыравнивающие слои;
- и др.

Использование МПП позволяет:

- уменьшить габаритные размеры изделия;
- повысить быстродействие ЭВМ за счет уменьшения длины электрических связей и сокращения количества контактов;
- более эффективно выполнять экранирование сигнальных проводников.

МПП делятся на две группы:

- МПП без межслойных соединений;
- МПП с межслойными соединениями.

МПП без межслойных соединений имеют две разновидности.

а) МПП *с выступающими выводами* – содержат до 10...15 слоев изоляционного материала с проводящим рисунком, который выходит в сквозные перфорированные окна ПП. Выступающие в окна полоски фольги отгибаются и закрепляются на внешней стороне ПП колодками (см. рисунок 1.4).

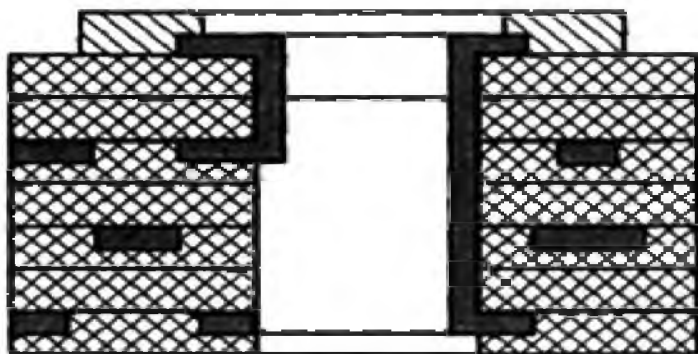


Рисунок 1.4 – МПП с выступающими выводами.

К преимуществам данного метода относятся большое число слоев, высокая механическая прочность, возможность параллельного выполнения операций.

б) МПП *с открытыми контактными площадками* – ПП имеет глухие отверстия (окна), оканчивающиеся контактными площадками, к которым припаиваются навесные элементы (рисунок 1.5).

Технологически просты в изготовлении, но установка навесных элементов затруднена из-за различной глубины монтажных отверстий. Каждый слой МПП изготавливают на одностороннем фольгированном диэлектрике. Отверстия в слоях (круглые — для штыревых и прямоугольные — для планарных выводов) получают штамповкой. После

сборки, совмещения и склеивания слоев обеспечивается доступ к контактным площадкам внутренних слоев.

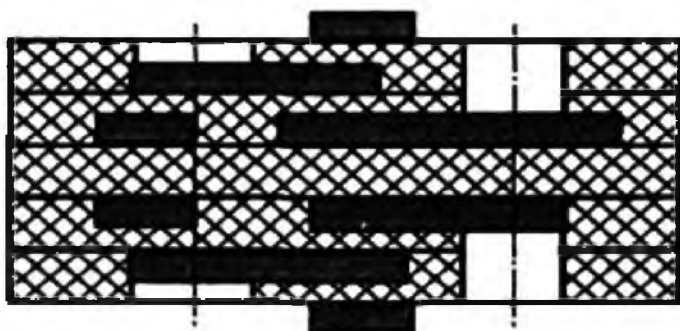


Рисунок 1.5 – МПП с открытыми контактными площадками.

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

Межслойные соединения в МПП могут выполняться объемными деталями или с помощью химико-гальванической металлизации.

МПП с межслойными соединениями объемными деталями содержат до 6 слоев, объединенных с помощью штифтов или заклепок через контактные площадки. При выполнении соединений покрытые легкоплавким сплавом объемные детали вставляются в отверстия и нагреваются.

Рассмотренные выше виды МПП используются в промышленности редко, т.к. их производство плохо поддается автоматизации. Надежность контакта навесных элементов с ПП также невысока.

В настоящее время наиболее широко применяются МПП с межслойными соединениями, выполненными с помощью химико-гальванической металлизации. Существует несколько видов *МПП с металлизацией межслойных соединений*.

а) МПП с послойным наращиванием рисунка – межслойные соединения осуществляются с помощью металлизированных переходов, соединяющих два или более слоев (рисунок 1.6).

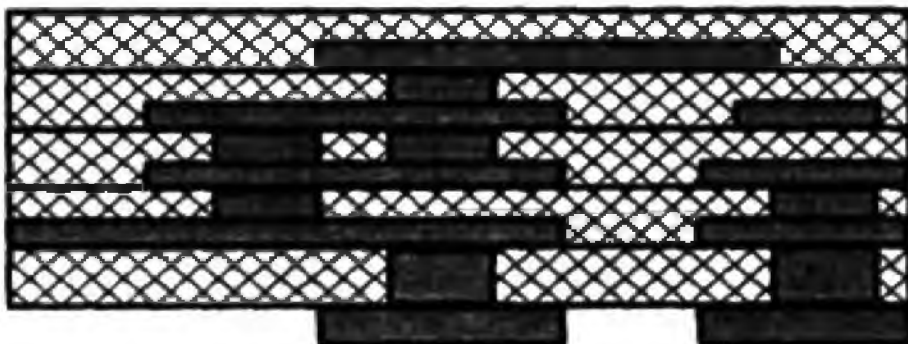


Рисунок 1.6 – МПП с послойным наращиванием рисунка.

К преимуществам этого метода изготовления МПП относятся надежность межслойных соединений, большое число слоев, к недостаткам — длительный технологический цикл, невозможность использования элементов со штыревыми выводами, высокая стоимость изготовления.

б) МПП с попарным соединением слоев – имеют четыре слоя с проводящим рисунком и состоят из двух ДПП, которые соединены диэлектрической склеивающей прокладкой (рисунок 1.7). Межслойные соединения выполнены металлизированными отверстиями, соединяющими попарно слои ПП.

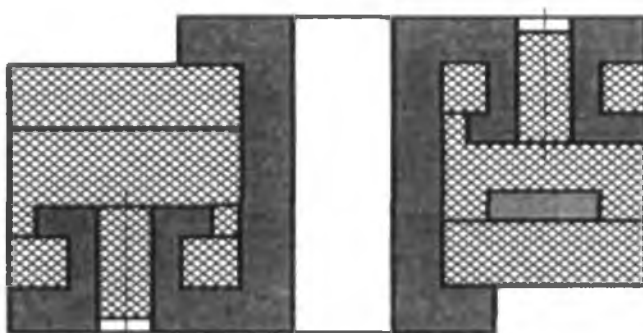


Рисунок 1.7 – МПП с попарным соединением слоев.

в) МПП со сквозными металлизированными отверстиями – не имеют жестких ограничений по числу слоев, наиболее технологичны и широко применяются (рисунок 1.8).

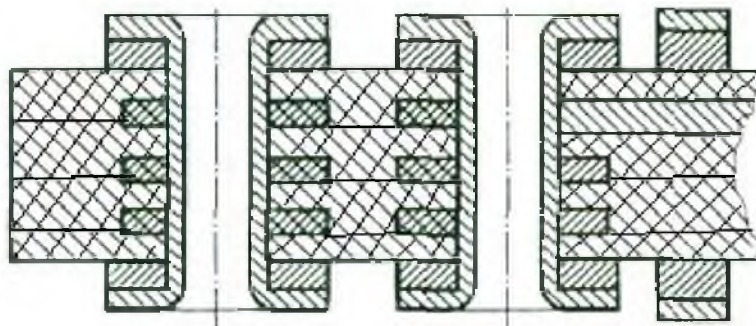


Рисунок 1.8 – МПП со сквозными металлизированными отверстиями.

г) МПП со сквозными металлизированными отверстиями и межслойными металлизированными переходами в настоящее время являются наиболее перспективным видом МПП.

Существуют и другие виды ПП: рельефные платы, многоуровневые платы.

Рельефные платы (РП) получили свое название из-за рельефной формы проводников, имеющих в сечении форму трапеции и формируемых в объеме изоляционного основания платы. Такая конструкция печатного проводника в значительной степени повышает стойкость к перепайкам (до 50 перепаяек) за счет высокой прочности сцепления меди с основанием.

В рельефных платах металлизированные монтажные отверстия имеют форму сдвоенной воронки без цилиндрической части, что позволяет отказаться от контактных площадок. Такая форма отверстий обеспечивает прочное сцепление слоя металлизации с диэлектриком, повышает надежность РП в эксплуатации (рисунок 1.9).

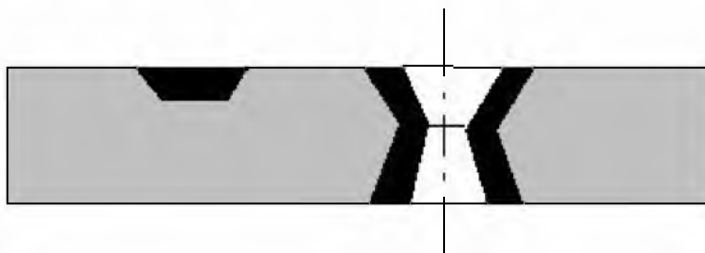


Рисунок 1.9 – Рельефная плата.

Отсутствие контактных площадок и малая ширина проводников позволяют изготавливать рельефные двусторонние платы повышенной плотности монтажа, эквивалентные 5...14-слойным МПП. Ортогональное расположение проводников (в продольном направлении на одной стороне и в перпендикулярном на другой) позволяет формировать переходные отверстия в любой точке пересечения трасс с шагом 0,3 мм, что укорачивает электрические связи, снижает уровень помех. Роль экранов в рельефных платах выполняют шины «земли» и «питания», которые чередуются с проводниками логических связей.

Многоуровневые печатные платы (МУПП) – представляют собой жесткое диэлектрическое или металлическое основание, на одной или на двух сторонах которого размещен объемный двухуровневый проводящий рисунок. Изготавливаются по РИТМ-процессу (процесс разделительно-избирательного травления металлов).

1.3 Параметры конструкций и требования, предъявляемые к печатным платам

Основной задачей конструирования ПП является размещение на плате печатных проводников.

По точности выполнения печатных элементов конструкции (проводников, контактных площадок и пр.) все ПП делят на пять классов, отличающихся наименьшим номинальным размером в узком месте (таблица 1.1). Узкое место — участок ПП, где элементы печатного проводящего рисунка и расстояния между ними должны быть выполнены только с минимально допустимыми значениями.

Таблица 1.1 – Наименьшие номинальные значения основных параметров для классов точности ПП

Элементы печатного монтажа	Класс точности ПП				
	1	2	3	4	5
наименьшая номинальная ширина проводника, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
наименьшее номинальное расстояние между проводниками, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
минимально допустимая ширина контактной площадки, мм	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025
отношение номинального значения диаметра наименьшего металлизированного отверстия к толщине ПП	0,40	0,40	0,33	0,25	0,20
предельное отклонение ширины элемента печатного рисунка, мм (без покрытия)	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$	0; -0,03
предельное отклонение ширины элемента печатного рисунка, мм (с покрытием)	+0,25 -0,20	+0,15 -0,10	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$
позиционный допуск расположения печатного проводника относительно соседнего элемента проводящего рисунка, мм (ОПП, ДПП, наружный слой МПП)	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02
позиционный допуск расположения печатного проводника относительно соседнего элемента проводящего рисунка, мм (внутренние слои МПП)	0,30	0,15	0,10	0,08	0,05

1-й и 2-й классы ПП применяют в случае малой насыщенности поверхности ПП дискретными элементами и микросхемами малой степени интеграции; 3-й класс ПП — для микросхем со штыревыми и планарными выводами при средней и высокой насыщенности поверхности ПП элементами; 4-й класс ПП — при высокой насыщенности поверхности ПП микросхемами с выводами и без них; 5-й класс ПП — при очень высокой насыщенности поверхности ПП элементами с выводами и без них. Для поверхностного монтажа элементов используют в основном 4-й и 5-й классы ПП.

Ширину печатных проводников рассчитывают и выбирают в зависимости от допустимой токовой нагрузки, свойств токопроводящего материала, температуры окружающей среды при эксплуатации. Края проводников должны быть ровными, проводники — без вздутий, отслоений, разрывов, протравов, пор, крупнозернистости и трещин, так как эти дефекты влияют на сопротивление проводников, плотность тока, волновое сопротивление и скорость распространения сигналов.

Расстояние между элементами проводящего рисунка (например, между проводниками), расположенными на наружных или в соседних слоях ПП, зависит от допустимого рабочего напряжения, свойств диэлектрика, условий эксплуатации и связано с помехоустойчивостью, искажением сигналов и короткими замыканиями.

Координатная сетка чертежа ПП необходима для координации элементов печатного рисунка. В узлах пересечений сетки располагаются монтажные и переходные отверстия (рисунок 1.10).

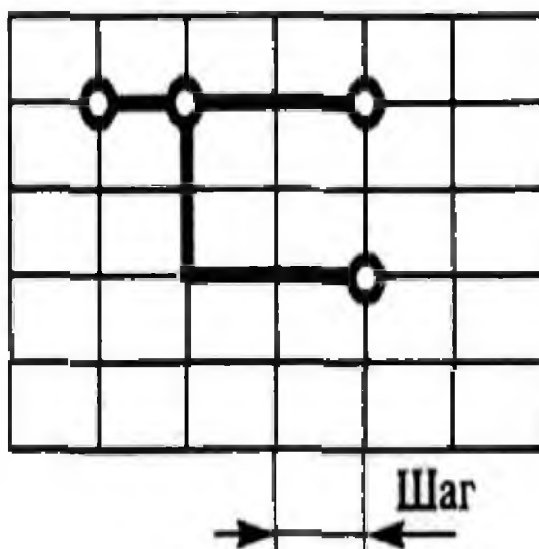


Рисунок 1.10 – Координатная сетка чертежа печатной платы.

Шаг координатной сетки ПП должен строго соответствовать шагу выводов МС и ЭРЭ. Основным шагом координатной сетки в России принят размер 0,5 мм в обоих направлениях. Если этот шаг не удовлетворяет требованиям конкретной конструкции, можно применять шаг, равный 0,05 мм. При использовании зарубежных микросхем и элементов с шагом выводов 0,625 мм (дюймовая система) допускается применение шага координатной сетки 0,625 мм.

Размеры ПП, если они специально не оговорены в ТЗ, определяются с учетом количества устанавливаемых элементов, их установочных площадей, шага установки, зон установки разъема и пр. Линейные размеры ПП рекомендуется выбирать по ГОСТу. Соотношение линейных размеров сторон ПП должно составлять не более 3:1. Толщина ПП не превышает 3 мм.

Контактные площадки ПП с металлизированными отверстиями должны выдерживать не менее четырех (МПП — трех) циклов перепаек; без металлизированных отверстий — не менее трех (МПП — двух) перепаек.

Кривизна ПП (цилиндрическое или сферическое искривление основания) может появиться в результате воздействия высокой температуры и влажности. Допустимое значение изгиба ПП на длине 100 мм составляет для ОПП и ДПП 1,5 мм; для МПП — 2,0 мм.

Коробление ПП (спиральное искривление противоположных кромок основания ПП, скручивание) может привести к разрыву проводников, осложняет процесс изготовления ПП и установки элементов при сборке модуля.

Основными техническими требованиями к ПП как к коммутационному устройству являются максимальная электропроводность печатных проводников и минимальные токи утечки между проводниками.

Электропроводность печатного проводника зависит:

- от характеристик проводникового материала (электропроводности, теплопроводности, коррозионной стойкости, способности к пайке, к нанесению покрытий);
- от способа получения покрытий (химическое, вакуумное, гальваническое осаждение):
 - химически осажденные покрытия имеют более высокое удельное сопротивление, которое увеличивается при повышении влажности и при снижении атмосферного давления,
 - характеристики покрытий, полученных вакуумной металлизацией, лучше, чем у химически осажденных покрытий, но зависят от толщины покрытия,
 - гальванические покрытия обладают наилучшими характеристиками;
- от площади поперечного сечения печатного проводника;
- от режима токовой нагрузки;

- от внешних воздействий.

Токи утечки зависят от материала диэлектрика и расположения печатных проводников.

Изоляционные характеристики диэлектрика зависят от частотного диапазона работы. Для низкочастотной ЭВМ наибольшее значение имеют: сопротивление изоляции, стабильность поверхностного сопротивления изоляции при воздействии высоких температур и электрического поля, напряжение пробоя. Для высокочастотной ЭВМ – диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери.

ПП и ГПК должны обеспечивать работоспособность при воздействии на них климатических факторов.

Технологические требования к ПП определяют условия сборки. К технологическим требованиям относятся:

- паяемость – свойство паяемых материалов вступать в физико-химическое взаимодействие с расплавленным припоем с образованием качественного соединения контактной площадки с выводами навесного элемента;
- пригодность к пайке – способность ПП сохранять паяемость в течение длительного времени (6...12 месяцев);
- прочность сцепления проводников с диэлектриком на поверхности и в отверстиях (зависит от характеристик процесса металлизации, типа диэлектрика, клея, подготовки поверхности, применяемых химических растворов);
- устойчивость к перепайкам;
- ремонтпригодность;
- и др.

1.4 Материалы печатных плат

К базовым материалам оснований печатных плат относятся:

- фольгированные (с одной или с двух сторон) и нефольгированные диэлектрики (гетинакс, текстолит, стеклотекстолит, полиимид, фторопласт и др.), керамические материалы и металлические (с поверхностным диэлектрическим слоем) пластины, из которых изготавливают основания печатных плат;
- изоляционный прокладочный материал (склеивающие прокладки – препреги), используемый для склеивания слоев МПП.

Для защиты поверхности ПП от внешних воздействий применяют полимерные защитные лаки и защитные пленки.

При выборе материала основания ПП необходимо обратить внимание на следующее: предполагаемые механические воздействия (вибрации, удары, линейное ускорение и т. п.); класс точности ПП (расстояние между проводниками); реализуемые электрические функции; быстродействие; условия эксплуатации; стоимость.

Материал основания должен хорошо сцепляться с металлом проводников, обладать высокой механической прочностью, сохранять свои свойства при воздействии климатических факторов, иметь близкий коэффициент теплового расширения по сравнению с металлом проводников.

Выбор материала определяется:

- электроизоляционными свойствами;
- механической прочностью;

- стабильностью параметров при воздействии агрессивных сред и изменяющихся условий;
- обрабатываемостью;
- себестоимостью.

Фольгированные диэлектрики выпускаются с проводящим покрытием из медной (реже никелевой или алюминиевой) электролитической фольги толщиной от 5 до 105 мкм. Для улучшения прочности сцепления фольга с одной стороны покрыта слоем хрома толщиной 1...3 мкм. Фольга характеризуется чистотой состава (примесей не более 0,05%), пластичностью. Фольгирование осуществляют прессованием при температуре 160...180⁰С и давлении 5...15 МПа.

Нефольгированные диэлектрики выпускают двух типов:

- с адгезионным (клеевым) слоем толщиной 50...100 мкм, (например, эпоксикаучуковой композиции), который наносят для повышения прочности сцепления осаждаемой в процессе изготовления ПП химической меди;
- с введенным в объем диэлектрика катализатором, способствующим осаждению химической меди.

В качестве диэлектрического основания жестких ПП используются слоистые пластики, состоящие из наполнителя (электроизоляционной бумаги, ткани, стеклоткани и т.п.) и связующего вещества (фенольной или фенолоэпоксидной смолы). К слоистым пластикам относятся гетинакс, текстолит и стеклотекстолит.

Гетинакс изготавливается на основе бумаги, применяется при нормальных климатических условиях эксплуатации для бытовой аппаратуры. Обладает низкой стоимостью, хорошей обрабатываемостью, высоким водопоглощением.

Текстолит изготавливают на основе хлопчатобумажной ткани.

Стеклотекстолиты изготавливают на основе стеклоткани. По сравнению с гетинаксами, стеклотекстолиты имеют лучшие механические и электрические характеристики, более высокую нагревостойкость, меньшее влагопоглощение. Однако у них есть ряд недостатков: худшая механическая обрабатываемость; более высокая стоимость; существенное различие (примерно в 30 раз) коэффициента теплового расширения меди и стеклотекстолита в направлении толщины материала, что может привести к разрыву металлизации в отверстиях при пайке или в процессе эксплуатации.

Для изготовления ПП, эксплуатируемых в условиях повышенной опасности возгорания, применяют огнестойкие гетинаксы и стеклотекстолиты. Повышение огнестойкости диэлектриков достигается путем введения в их состав антипиренов.

Введение в лак, пропитывающий стеклоткань, 0,1...0,2% палладия или закиси меди повышает качество металлизации, но незначительно снижает сопротивление изоляции.

Для изготовления ПП, обеспечивающих надежную передачу наносекундных импульсов, необходимо применять материалы с улучшенными диэлектрическими свойствами (уменьшенным значением диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь). Поэтому к перспективным относится применение оснований из органических материалов с относительной диэлектрической проницаемостью ниже 3,5. В качестве основы для ПП СВЧ-диапазона используют неполярные полимеры (фторопласт, полиэтилен, полипропилен), полярные (полистирол, полифениленоксид) и их сополимеры. Направленное изменение свойств термопластичных материалов достигается наполнением (алунд, двуокись титана), армированием (стеклоткань) и плакированием (медная фольга).

Для изготовления ГПП и ГПК, выдерживающих многократные изгибы, применяют диэлектрики на основе полиэфирной пленки (лавсан или полиэтилентерефталат), фторопласт, полиимид и т.п.

Изоляционный прокладочный материал (препреги) изготавливают из стеклоткани, пропитанной недополимеризованной термореактивной эпоксидной смолой (или другими смолами); из полиимида с нанесенным с двух сторон адгезионным покрытием и других материалов.

В качестве материала основания ПП может использоваться керамика.

Достоинством керамических ПП является лучший теплоотвод от активных элементов, высокая механическая прочность, стабильность электрических и геометрических параметров, снижение уровня помех, низкое водопоглощение и газовыделение.

Недостаток керамических плат – хрупкость, большая масса и малые габариты (до 150x150 мм), длительный цикл изготовления и большая усадка материала, высокая стоимость.

ПП на металлическом основании используют в изделиях с большой токовой нагрузкой, при повышенных температурах. В качестве материала основания используют алюминий, титан, сталь, медь, сплав железа с никелем. Для получения изолирующего слоя на металлическом основании используются специальные эмали, керамика, эпоксидные смолы, полимерные пленки и т.п., изолирующий слой на алюминиевом основании могут получать анодным оксидированием.

На стальных основаниях изолирование токопроводящих участков осуществляют с помощью специальных эмалей, изготавливаемых в виде тонких пленок. В состав эмалей входят оксиды магния, кальция, кремния, бора, бериллия, алюминия или их смеси, связка (поливинилхлорид, поливинилацетат или метилметакрилат) и пластификатор. Пленка соединяется с основанием путем прокатки между вальцами с последующим вжиганием. Таким образом, можно создавать многослойные

структуры с различными механическими и электрическими характеристиками. Недостаток металлических эмалированных плат – высокая диэлектрическая постоянная эмали, что исключает их использование в высокочастотной аппаратуре.

Металлическую основу ПП часто используют в качестве шин питания и земли, в качестве экрана.

В качестве материала элементов печатного рисунка (проводников, контактных площадок, концевых контактов и пр.) применяют металлические покрытия. Для создания основного токоведущего слоя чаще всего используется медь. В керамических ПП используется графит.

Используемые для создания металлических покрытий материалы представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Металлические покрытия, используемые при создании элементов печатного рисунка

Покрытие	Толщина, мкм	Назначение
Медное	25...30	Создание основного токоведущего слоя, соединение проводящих слоев
Сплав Розе	1,5...3	Защита от коррозии, обеспечение паяемости
Сплав олово-свинец	9...15	Защита от коррозии, обеспечение паяемости
Золотое и золотые сплавы (золото-никель, золото-кобальт и др.)	0,5...3	Улучшение электропроводности, внешнего вида, снижение переходного сопротивления, защита от коррозии
Серебряное	6...12	Улучшение электропроводности
Серебро-сурьма	6...12	Улучшение электропроводности, повышение износостойчивости контактов переключателей и концевых контактов
Палладиевое	1...5	Снижение переходного сопротивления, повышение износостойчивости контактов переключателей и концевых контактов

Химический никель – иммерсионное золото Химический никель – химический палладий Иммерсионное золото Химическое олово	0,2...0,4	Финишное покрытие контактных площадок и ламелей
Никелевое	3...6	Защита от коррозии, повышение износоустойчивости контактов переключателей и концевых контактов
Родий	0,1...3	Повышение износоустойчивости и твердости контактов переключателей и концевых контактов

К технологическим (расходным) материалам для изготовления ПП относятся фоторезисты, специальные трафаретные краски, защитные маски, электролиты меднения, травления и пр.

Требования к расходным материалам определяются конструкцией ПП и технологическим процессом изготовления.

Фоторезисты должны обеспечивать необходимую разрешающую способность при получении рисунка схемы и соответствующую химическую стойкость. Фоторезисты могут быть жидкие и сухие пленочные (СПФ).

Травильные растворы должны быть совместимы с применяемым при травлении резистом, быть нейтральны к изоляционным материалам, иметь высокую скорость травления. В качестве травящего электролита широко применяют кислые и щелочные растворы хлорной меди, растворы на основе хлорного железа, растворы на основе персульфата аммония, железо-медно-хлоридные растворы.

Все материалы должны быть экономичны и безопасны для окружающей среды.