

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ГЛУХИХ И СКРЫТЫХ ОТВЕРСТИЙ

Миниатюризация электронной аппаратуры является одним из главных инструментов повышения ее надежности, быстродействия и снижения стоимости выполняемой функции. Высокий уровень миниатюризации достигается применением многослойных печатных плат, компонентов конфигурации BGA, Flip Chip и др., предельной по разрешению ширины проводников и промежутков между ними, а также межслойных соединительных отверстий. В статье приводятся рекомендации по применению глухих и скрытых отверстий.

Если основой печатного узла (ПУ) является многослойная печатная плата (МП), разработчику, в первую очередь, следует определиться со структурой переходных отверстий. Конструкция МП должна позволить осуществить сборку ПУ, который реализует заданную электрическую схему. Глухие и скрытые отверстия практически неизбежная часть такой конструкции.

Глухие отверстия (то же самое, что "слепые") соединяют наружные сигнальные слои с одним или несколькими внутренними слоями МП. Скрытые отверстия (то же самое, что "погребенные") соединяют между собой только внутренние слои МП. Такие отверстия не видны снаружи, т.к. скрыты для нашего взора.

Существует два варианта технологического процесса изготовления глухих и скрытых отверстий. В первом варианте после прессовки слоев МП производят сверловку отверстий на заданную глубину с последующей их металлизацией. Второй вариант предусматривает окончательную прессовку всей платы (сверловку и металлизацию сквозных отверстий МП) на основе промежуточных частей или "полупакетов". При этом в каждом отдельном полупакете выполняется сверловка

и металлизация только сквозных отверстий, но в общей конструкции платы эти отверстия будут или "глухими" или "погребенными", в зависимости от необходимости. В свою очередь промежуточный полупакет может состоять из своих составных частей и иметь свои слепые отверстия. Таким образом, при наличии в конструкции нескольких типов несквозных отверстий, плата "собирается" в несколько этапов прессовки.

Рассмотрим особенности этих двух вариантов. Первый вариант применяется значительно реже. Он имеет существенное технологическое ограничение – для получения качественной металлизации слепых отверстий их коэффициент Аспект Рейтио (отношение диаметра отверстия к толщине платы) должен быть не менее 1,0. Это значит, что чем больше глубина сверления, тем больше должен быть диаметр отверстия, что критично, например, для плат HDI (High Density Interconnection – класс МП высокой плотности с глухими и скрытыми отверстиями), т.к. такие переходные отверстия занимают достаточно большую площадь на плате. Применение первого варианта затруднительно еще потому, что из-за малой толщины диэлектрических слоев МП требуется специальное высокоточное сверлильное оборудование для сверловки на глубину.

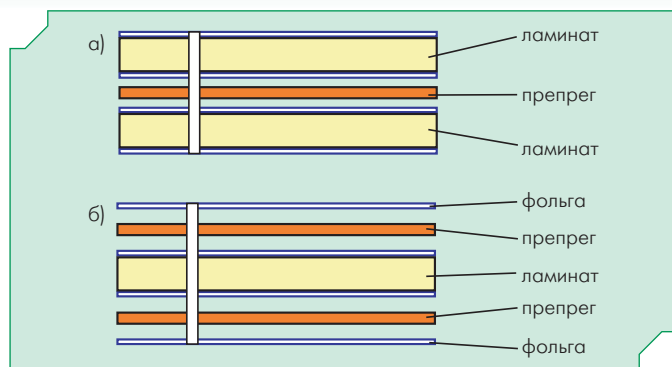


Рис.1 Формирование внешних слоев МП на основе одно- или двухслойных ламинатов (а) и на основе фольги, прессуемой через препрег (б)

Во втором варианте ограничений по минимальному диаметру глухих отверстий значительно меньше, они аналогичны требованиям к стандартным сквозным металлизированным отверстиям. Но и тут есть свои особенности. Этот вариант требует от проектировщиков внимательного отношения к симметричности структуры платы и составляющих ее отдельных временных полупакетов. Для минимизации внутренних напряжений, возникающих в результате прессовки и способных привести к короблению платы (как сразу после изготовления, так и по прошествии некоторого времени или после монтажа платы), следует стремиться, чтобы отдельные полупакеты сами по себе, и вся плата в целом были симметричны относительно своих средних плоскостей. Это значит, что в симметричных плоскостях слои меди и диэлектрика должны быть одинаковые по толщине относительно средней плоскости полупакета или МП. Кроме того, второй вариант может иметь ограничение на максимальное число глухих и скрытых отверстий. Поэтому при выборе структуры платы следует понимать, как же именно будут располагаться листы ламината и препрега (ламинат – диэлектрик, покрытый медью с одной или двух сторон; препрег – диэлектрик без медного покрытия).

Структуры плат могут различаться по принципу формирования внешних слоев (рис.1). Считается, что вариант (б) менее подвержен короблению.

ВЫПОЛНЕНИЕ ГЛУХИХ И СКРЫТЫХ ОТВЕРСТИЙ СВЕРЛЕНИЕМ НА ГЛУБИНУ

Стоимость МП при изготовлении глухих отверстий сверлением на глубину минимальна, т.к. оно выполняется после общего прессования платы (прессование платы является самой дорогостоящей операцией в процессе изготовления МП). Но наряду с этим преимуществом, метод имеет ряд недостатков. Качество металлизации глухих отверстий при данной технологии очень критично к соблюдению коэффициента Аспект Рейтио. Это означает, что диаметр глухих отверстий должен быть не менее их глубины. Во-вторых, снижаются

трассировочные возможности платы, поскольку размеры глухих переходных отверстий обычно получаются больше, чем допустимо для минимальных сквозных отверстий (например, 0,2 мм). В-третьих, сверловка имеет погрешность не только в отношении координат позиционирования готовых отверстий или их диаметров, но также имеется погрешность соблюдения глубины сверления. Для отверстий выполняемых сверлением на заданную глубину, эта погрешность составляет величину порядка $\pm 0,15$ мм (рис.2).

Кроме того, надо учитывать некоторую минимальную длину режущей части сверла и допуски на толщину диэлектрика и слоев меди (порядка $\pm 10\%$). Суммарный допуск "запаса" толщины материала, предотвращающий замыкание соседних сигнальных слоев, может достигать 0,2 мм и более. Поэтому толщина диэлектрика, следующего за слоем, до которого сверлятся глухие отверстия, не должна быть менее 0,25 мм. Уменьшенная толщина диэлектрика приведет к увеличению брака при изготовлении МП и, следовательно, к увеличению их стоимости. Теоретически, это допустимо в случае изготовления прототипных плат, т.к. их делают в единичных количествах, но для серийных МП уменьшенная толщина диэлектрика недопустима.

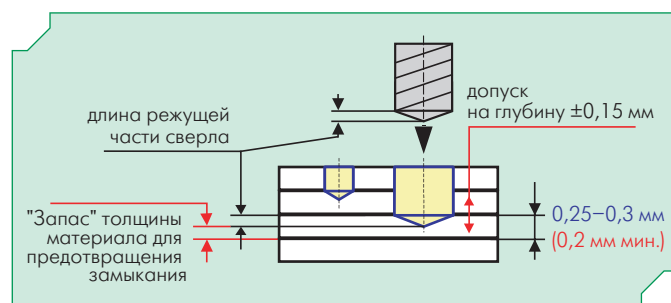


Рис.2 Выполнение отверстия сверловкой на глубину

ВЫПОЛНЕНИЕ ГЛУХИХ И СКРЫТЫХ ОТВЕРСТИЙ МП СВЕРЛЕНИЕМ И ПРЕССОВАНИЕМ ВРЕМЕННЫХ ПОЛУПАКЕТОВ

По данной технологии переходные отверстия по слоям надо располагать, соблюдая возможность образования таких промежуточных пакетов, для которых допустимо сквозное сверление и металлизация. Это означает, что для различных типов глухих и скрытых отверстий в пределах одной платы не допускается взаимное "пересечение" разных типов сверления по слоям. На рис.3 показаны некоторые варианты расположения глухих и скрытых отверстий для 10- и 6-слойных плат. Красным цветом отмечены типы отверстий, недопустимые в данных сочетаниях. Отверстия 2 и 8 (рис.3в) возможно изготовить как micro-via* с определенными ограничениями – расстояния между внешними слоями и ближайшими внутренними

*Сквозные отверстия малого диаметра и малой глубины, выполненные лазером и соединяющие внешние слои с ближайшими внутренними.

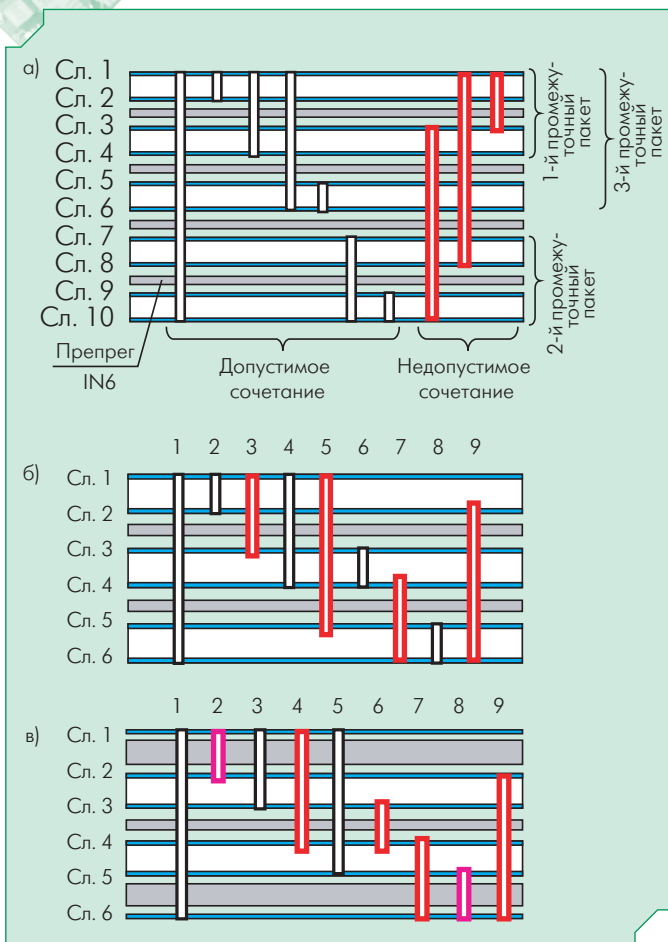


Рис.3 Конструкции 10- и 6-слойных плат из двухслойных ламинатов и препрегов

ними слоями должны быть от 0,05 до 0,063 мм. При этом диаметры отверстий после металлизации составят 0,1 мм.

СКОЛЬКО ТИПОВ ГЛУХИХ И СКРЫТЫХ ОТВЕРСТИЙ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ

Иногда у разработчиков возникает желание разместить на плате очень большое количество типов переходных отверстий, например, как на рис.4. На верхний слой платы в случае а) выходит 5, а в случае б) – 6 типов переходных отверстий. Каждое из них требует металлизации, а значит внешний слой, на который выходят переходные отверстия (сл.1), подвергается наращиванию меди столько раз, сколько типов переходных отверстий на него выходит (в данном случае 5 и 6 раз соответственно). Теоретически толщина слоя меди с каждой металлизацией возрастает на 0,5 oz (18 мкм), следовательно, в готовой плате толщина сл.1 может составить 3 oz (105 мкм) и 4 oz (140 мкм) для вариантов а) и б) соответственно.

На современном производстве печатных плат значения предельных технологических возможностей для внешних слоев МП могут быть примерно такие: финишная толщина меди 105 мкм – минимально допустимые проводник/зазор – 0,3/0,3 мм; при толщине меди 140 мкм – 0,5/0,5 мм.

Поскольку платы с минимальной шириной проводников 0,3 мм и более (то же относится к минимальным поясам ме-

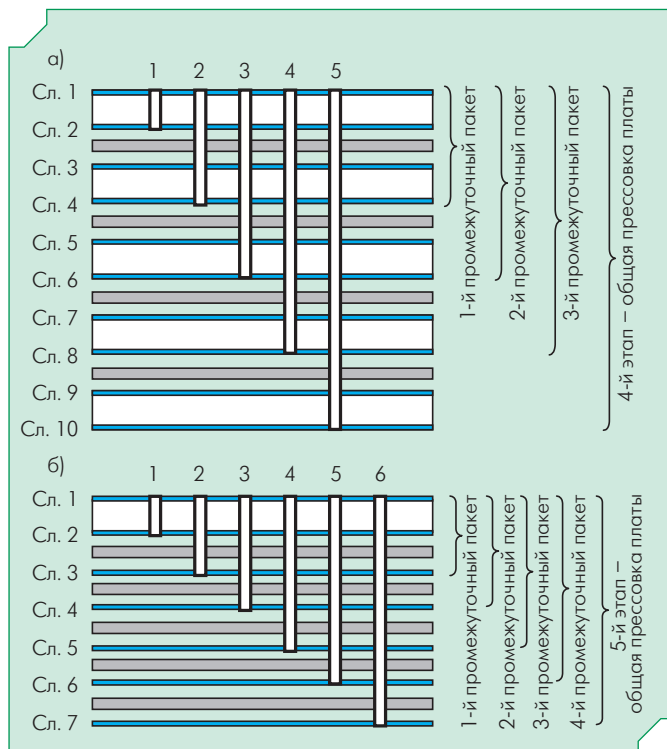


Рис.4 Варианты недопустимо большого количества типов глухих переходных отверстий

таллизации отверстий) нельзя использовать для трассировки микросхем в BGA-корпусах и других планарных компонентов с мелким шагом, применение более трех типов глухих отверстий, выходящих на один внешний сигнальный слой – бессмысленно.

ПАРАМЕТРЫ ТОЧНОСТИ ДЛЯ ПЛАТ С ГЛУХИМИ И СКРЫТЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ

Кроме основных и хорошо известных параметров точности печатных плат, определяемых согласно ГОСТ 23751-86 (минимально допустимые ширина проводника и величины зазоров), есть еще один параметр – отступ элементов металлизации от края металлизированного отверстия. Если для обычных плат (до 12 слоев) минимально допустимый отступ равен 0,2 мм и не является очень важным параметром, поскольку обычно соблюдается, то для МП имеющих глухие или скрытые отверстия, все иначе. Отступ можно считать параметром комплексным, т.к. он зависит от точности позиционирования центров металлизированных отверстий, точности диаметров отверстий после сверления, а также точности совмещения слоев МП.

Допуски на диаметры отверстий после металлизации

Диаметры отверстий после металлизации, мм	Допуски на диаметры отверстий после металлизации, мм
0–0,3	±0,08
0,31–0,8	±0,08
0,81–1,60	±0,10
1,61–2,5	±0,15
2,51–6,0	±0,30

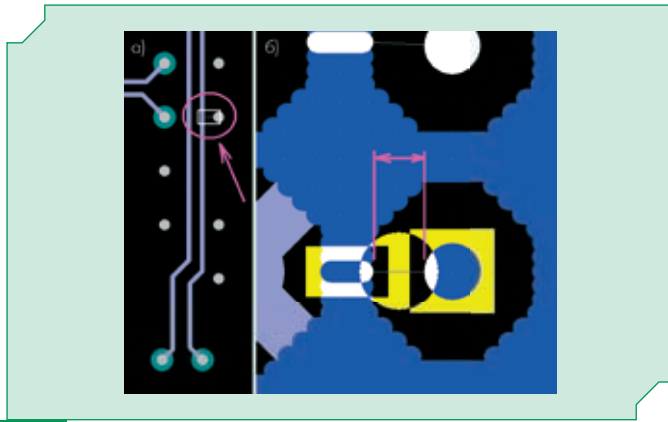


Рис.5 Зазоры между проводником и металлизированным отверстием (а) и между медным полигоном и металлизированным отверстием (б)

Точность позиционирования обеспечивается на уровне $\pm 0,075$ мм. Пример допусков на диаметры отверстий после металлизации приведен в таблице. С увеличением диаметра отверстий точность падает.

В результате нескольких циклов прессовки падает и суммарная точность совмещения. Поэтому для МП с глухими и скрытыми отверстиями минимальный отступ должен быть не менее 0,25–0,3 мм.

На рис.5а показан пример зазора на внутреннем слое от проводника до металлизированного отверстия без контактной площадки, а на рис.5б – пример очень маленького зазора от полигона металлизации до отверстия. В критических случаях (при зазорах менее 0,2–0,25 мм) необходимо принимать меры, например, "перезалить" полигон металлизации с большим зазором, уменьшить ширины проводников или расстояния между ними. □