

# Рекомендации по подключению выводов компонентов к областям металлизации. Как избежать проблем при монтаже?

Вопрос. Рекомендуется контактные площадки SMT элементов отделять от полигонов и широких печатных проводников узкими перемычками. Наши коллеги требуют закладывать перемычку шириной не более 0.25 мм и даже ввели это в свой СТП. Соответственно, если по ТЗ необходимо подвести к контактной площадке 3-4А, то нам приходится делать множество перемычек 0.25 мм с некоторым шагом. В последнее время мы в таких случаях подводим к контактной площадке проводник шириной до 3/4 от ширины площадки SMT элемента, а из сквозных отверстий выполняем «снежинку». Имеются какие-либо рекомендации разработчикам ПП по этому вопросу?

Ответ. Вопрос подключения контактных площадок SMD-компонентов, а также площадок штыревых компонентов к полигонам — это, как правило, вопрос компромисса между технологичностью монтажа элементов (особенно при использовании автоматизированных линий) и необходимостью обеспечить требуемые рабочие параметры устройства.

Давайте рассмотрим возникшие противоречия.

Конструктивно, достаточно часто возникает необходимость подключать выводы компонентов, планарных и выводных, к полигонам напрямую. Такая необходимость возникает при создании систем, по цепям которых протекают большие токи при проектировании высокочастотных устройств, при подключении блокирующих конденсаторов быстродействующих процессоров и ПЛИС, а также для обеспечения тепловых режимов тепловыделяющих компонентов. Но технологии монтажа не всегда позволяют производить качественную пайку при таких подключениях. Например, при ручном монтаже выводных компонентов, контактные площадки которых напрямую подключены к «массивным» полигонам, особенно, когда прямое подключение осуществлено на двух и более слоях платы. В таком случае за счет большой теплоемкости полигонов происходит эффективный отбор тепла от места пайки, поэтому паяное соединение, как правило, получается некачественным. Качество пайки при этом не сильно улучшается, вследствие повышения температуры жала паяльника и времени пайки. Эти меры приводят только к деградации диэлектрика платы, нарушению металлизации отверстия и снижению надежности изделия. Действенным средством в этом случае является только дополнительный подогрев платы с помощью ИК-нагревателя или горячего воздуха, а также использование паяльного инструмента повышенной мощности, способного при нормальной температуре пайки отдавать паяемому соединению достаточно большое количество тепла.

При пайке волной припоя ситуация несколько улучшается, благодаря предварительному прогреву всей платы и самих компонентов до температуры порядка 100–120 С. В этом случае отток тепла от места пайки значительно меньше. Помимо того, количество тепла, подводимое к месту пайки, практически неограниченно, благодаря очень большой теплоемкости расплавленного припоя, находящегося в ванне. Поэтому при соблюдении некоторых простых правил проектирования платы, автоматизированный и ручной монтаж штыревых компонентов практически не вызывает проблем. Перечислим эти правила:

- Не использовать выводы штыревых компонентов для соединения полигонов, расположенных на разных слоях платы. Если возникает такая необходимость, лучше расположить рядом несколько переходных отверстий, подключенных к полигонам напрямую. Если предполагается автоматизированный монтаж с использованием «волны», то можно вскрыть эти переходные отверстия от маски. Тогда они частично заполнятся припоем, что

увеличит их нагрузочную способность. Расстояние от края контактной площадки выводного компонента до, собственно, переходного отверстия должно быть не менее диаметра отверстия под монтаж штыревого компонента.

- Подключать контактные площадки к полигонам лучше всего не напрямую, а с помощью термалов — соединений, позволяющих обеспечить необходимые токовые параметры подключения и, в то же время, значительно уменьшить отток тепла при монтаже. Прямое подключение следует применять только в исключительных случаях, например, при очень больших токах, при необходимости использования СВЧ компонентов и т.п.

- Подключать контактные площадки к полигонам напрямую или с помощью термалов с широкими перемычками следует только в одном слое, и этот слой должен быть расположен на стороне платы, противоположной стороне пайки как при автоматизированном, так и при ручном монтаже. Это правило исходит из следующей предпосылки: качественным монтажом штыревого компонента называется монтаж, при котором припой образует гладкую вогнутую галтель на выводе со стороны пайки и практически полностью заполняет полость монтажного отверстия. Согласно IPC-A-610C — 100% заполнение является предпочтительным результатом для двусторонних и многослойных плат (см. рис. 1), а 75% заполнение — допустимым для МПП (см. рис. 2). При условии, если отток тепла на полигон во время монтажа будет происходить со стороны пайки или во внутреннем слое (для случая МПП) затекание припоя в полость монтажного отверстия будет весьма проблематичным даже при дополнительном прогреве платы. Особенно это актуально при использовании бессвинцовых припоев, текучесть и смачиваемость которых значительно ниже, чем у обычных припоев.

Для термалов, с помощью которых контактная площадка подключена к полигону только в одном из слоев МПП, желательно пользоваться рекомендациями IPC-7251. Такая конфигурация термалов технологична при монтаже и обеспечивает качественное электрическое соединение для большинства подключений. Краткая выдержка рекомендованных размеров контактных площадок дана в таблице.

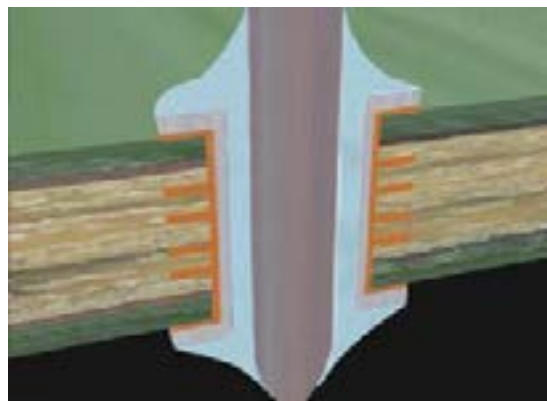


Рис. 1. Оптимальное заполнение монтажного отверстия припоем

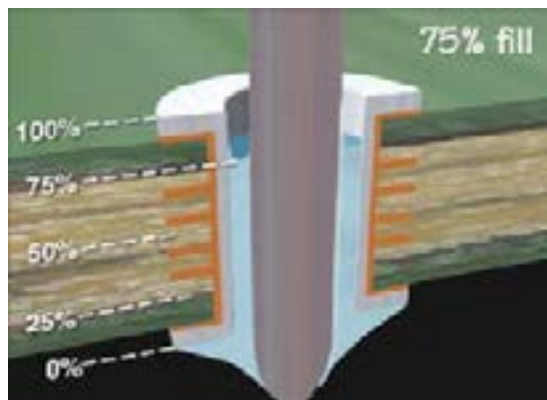


Рис. 2. Допустимое заполнение монтажного отверстия припоем

**Таблица 1. Параметры контактных площадок для монтажа BGA-корпусов. (нач.)**

Minimum Finished Hole Dia	Mounted Land (мм)	Internal Layer Land Dia	Thermal OD	Thermal ID	Thermal 4 Spoke Width
0.90	1.40	1.40	1.90	1.50	0.21
1.00	1.50	1.50	2.00	1.60	0.23
1.10	1.60	1.60	2.10	1.70	0.24
1.20	1.70	1.70	2.20	1.80	0.26
1.30	1.80	1.80	2.30	1.90	0.27

**Таблица 1. Параметры контактных площадок для монтажа BGA-корпусов. (прод.)**

<b>Minimum Finished Hole Dia</b>	<b>Mounted Land (мм)</b>	<b>Internal Layer Land Dia</b>	<b>Thermal OD</b>	<b>Thermal ID</b>	<b>Thermal 4 Spoke Width</b>
1.40	1.90	1.90	2.00	1.90	0.29
1.50	2.00	2.00	2.50	2.10	0.30
1.60	2.10	2.10	2.60	2.20	0.32
1.80	2.30	2.30	2.80	2.40	0.35
2.00	2.50	2.50	3.00	2.60	0.38
2.20	2.70	2.70	3.20	2.80	0.41
2.50	3.00	3.00	3.50	3.10	0.45

В случае, если возникла необходимость подключить монтажное отверстие с помощью термалов к областям металлизации, расположенным в двух слоях, следует уменьшить ширину перемычек на 10–20 %. Чем больше диаметр контактной площадки, тем уже следует делать перемычки по отношению к табличным.

Параметры «нагруженных» термалов рассчитываются следующим образом: при использовании двух перемычек ширина каждой из них не должна быть больше половины диаметра контактной площадки; при использовании четырех перемычек — не больше трети диаметра контактной площадки. Однако не следует использовать перемычки очень большой ширины, особенно если отверстие подключено к полигонам на нескольких слоях. Как правило, вполне достаточно иметь ширину перемычки не более 0.50 мм при использовании двух перемычек и 0.35 мм — при использовании четырех перемычек. При большей ширине перемычек и малом зазоре от края контактной площадки до полигона теплоотвод от площадки практически эквивалентен теплоотводу при прямом подключении контактной площадки к полигону. Зазор от контактной площадки до края полигона должен быть не менее 0.15 мм. Как правило, такое значение зазора устанавливается достаточно редко и в основном для отверстий малого диаметра, расположенных во внутренних слоях платы. Кроме того, зазор 0.15 мм применим только при условии использования тонкой фольги (от 18 мкм и меньше). На практике лучше использовать зазоры порядка 0.20–0.30 мм для большинства типов отверстий. Для отверстий, в которые монтируются очень теплостойкие компоненты, зазор желательно еще более увеличить. Поэтому пайка компонентов в отверстия, которые подключены к полигонам с помощью термалов, имеющих широкие и короткие перемычки, может быть столь же проблематична, как и пайка к полигонам напрямую без использования термалов. Особенно это актуально для использования фольги повышенной толщины — 75 мкм и более. Дело в том, что теплопроводность толстой фольги значительно лучше, чем обычной (35 мкм).

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что через перемычки термалов может протекать больший допустимый ток, чем по единичному проводнику аналогичной ширины. Это происходит потому, что длина перемычек невелика и соизмерима с их шириной или меньше ее. Поэтому отвод тепла от перемычки к полигону на порядок лучше, чем от единичного проводника большой длины в окружающую среду. Перемычки не боятся перегревов при протекании через них больших токов. Таким образом, в случае использования термалов можно допускать протекания по перемычкам импульсных токов в 1.5–2.0 раза большего значения, чем по проводнику аналогичной ширины, и длительных токов в 1.2–1.4 раза больших, но только при отсутствии значительного тепловыделения от элементов, контактирующих с полигоном, и значительной площади рассеяния полигона.

Для монтажа компонентов с планарными выводами ситуация несколько иная, но только в случае автоматизированного монтажа. При ручном монтаже SMD-компонентов рекомендации такие же, как и для ручного монтажа выводных компонентов — по возможности всегда пользоваться термалами.

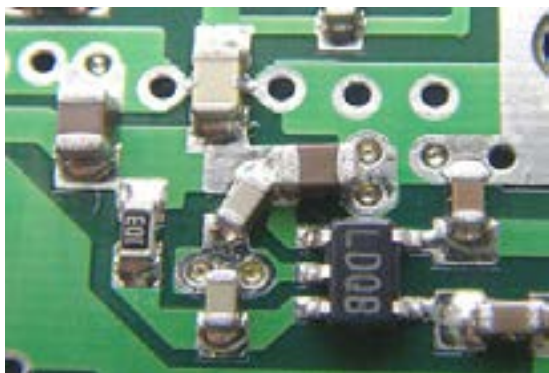


Рис. 3. Пример подключения сильноточных крупногабаритных SMD-компонентов к полигонам



Рис. 4. Чип-конденсатор с эффектом «надгробного камня»

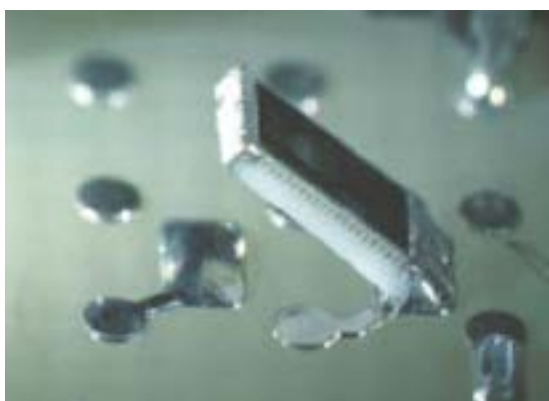


Рис. 5. Чип-резистор с эффектом «надгробного камня»

Например, подключая резистор или конденсатор типоразмера 1206 и меньше к полигонам, следует выполнять подключение контактных площадок однотипным, т. е. теплоотвод от обеих контактных площадок должен быть по возможности одинаковым количественно, направление оттока тепла — зеркальным. В противном случае очень вероятны дефекты пайки, выражающиеся в смещении компонента, показанном на рис. 3.

В случае, если возникла необходимость подключить монтажное отверстие с помощью тРасчет параметров термалов для площадок SMD-компонентов в основном подчинен тем же правилам, что и для выводных компонентов: ширина перемычек должна составлять не более половины меньшей стороны площадки при использовании двух перемычек и не более трети при использовании трех-четырех перемычек; зазор от контактной площадки до полигона составляет 0.20– 0.30 мм. Как правило, таких параметров термала вполне достаточно для качественного подключения большинства типов планарных компонентов. Исключением является подключение площадок крупных SMD-компонентов. Например, танталовых конденсаторов в типоразмере «Case C» и больше, крупногабаритных катушек индуктивности и т.п. В этом случае термалы лучше выполнять с большим количеством сравнительно узких перемычек. Пример — сильноточная массивная катушка, показанная на рис. 7. Для обеспечения токовых параметров подключения применяется 12 сравнительно узких перемычек, расположенных вдоль длинных сторон пада. Если же заменить эти перемычки на две полосы эквивалентной ширины, соединяющих пады с полигоном, то паябельность данного компонента, особенно при ручном монтаже, будет достаточно проблематичной.

При автоматизированной пайке элементов с планарными выводами методом оплавления с помощью конвекционных, инфракрасных и комбинированных печей ситуация с прямым подключением контактных площадок к полигонам несколько упрощается. Причина — равномерный нагрев всей поверхности платы вместе с компонентами до температуры несколько выше температуры плавления припоя в отличие от пайки с помощью «волны», когда до температуры пайки прогревается не вся плата, а только локальная зона. Поэтому подключать выводы планарных компонентов напрямую к полигонам при монтаже методом оплавления вполне допустимо.

Единственное, на что следует обратить внимание, — подключение должно быть симметричным относительно поперечной оси компонента.

Не следует располагать элементы, контактные площадки которых подключены к одному полигону, близко друг к другу. Результатом такого расположения будет смещение и поворот компонентов, особенно мелких. Лучше разнести эти компоненты, насколько это возможно.

Еще более часто встречается такой дефект монтажа, как эффект «надгробного камня», когда компонент поднимается одним из своих выводов над плоскостью платы. Такого рода дефект показан на рис. 4 и рис. 5. Наиболее частая причина возникновения эффекта «надгробного камня» — повышенный теплоотток от одного из падов компонента по сравнению с другим падом и, как следствие, неравномерный нагрев двух концов компонента. Одна из сторон компонента достигает температуры ликвидуса раньше, чем другая, в результате чего силы поверхностного натяжения расплавленного припоя перетягивают компонент, заставляя его подниматься. Особенно ситуация усугубляется в случае, если пады спроектированы некорректно, имеют завышенную площадь, большую площадь вскрытия из-под маски.

Не редок и такой дефект — поворот компонента в момент пайки на достаточно большой угол относительно его первоначального положения (рис. 6). Этот дефект возникает при комбинации ошибки подключения пада к полигону или очень широкому проводнику с неправильной формой и/или размером самого пада.

Не следует располагать в непосредственной близости от контактных площадок SMD-компонентов переходные отверстия, соединяющие площадку с полигонами той же цепи, расположенными на других слоях платы. Особенно если таких полигонов много (характерный случай для сложных МПП). При таком расположении теплоотток от пада через близко расположенное переходное отверстие будет очень высоким. Поэтому этот пад будет прогрет слабее другого. Результатом такого неравномерного прогрева на начальной стадии процесса оплавления в печи будет возникновение эффекта «надгробного камня» для мелких чип-компонентов, поворот или сдвиг — для крупных.

В заключение — одна простая рекомендация. Если возникают сомнения в правильности выполнения подключения площадок к полигонам, следует обратиться за консультацией к монтажникам, которые будут производить пайку изделия. Это простое решение избавит от множества проблем и неувязок, которые могут возникнуть на этапе сборки платы. Ведь качественно смонтированная плата — это совместный результат работы конструктора, работавшего над дизайном, и технолога на линии, обеспечившего монтаж изделия.

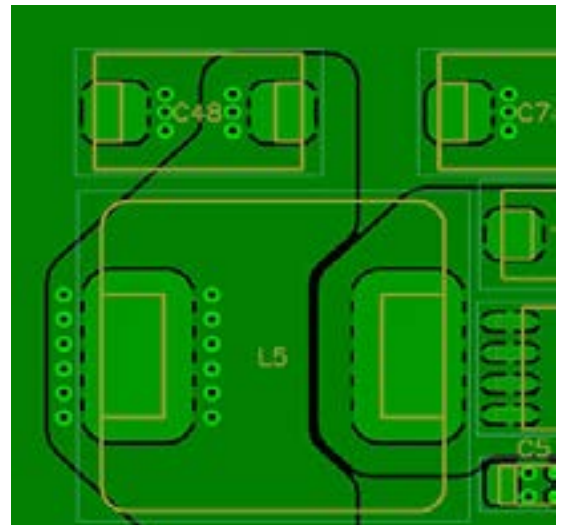


Рис. 6. Пример подключения сильноточных крупногабаритных SMD-компонентов к полигонам