

УДК 621.3.049.75

## Обеспечение качества переходных отверстий коммутационной платы с высокой плотностью проводящего рисунка

Ж. А. Миронова, Д. Д. Карягина, Б. В. Владимиров, А. В. Павлов

*АО «Российские космические системы»*

*e-mail: zhannampe@mail.ru*

**Аннотация.** В работе проанализированы возможности обеспечения качества переходных отверстий высокоплотных коммутационных плат в области посадочного места поверхностно-монтажных компонентов (ПМК) с большим количеством и малым шагом выводов, расположенных в виде матрицы. Основное внимание уделено вопросу формирования заполненных переходных металлизированных сквозных отверстий для защиты металлизации от возможных остатков технологических растворов, флюсов и предотвращения ухода припоя при сборочно-монтажных операциях. Показаны результаты применения различных методов заполнения отверстий.

**Ключевые слова:** многослойная коммутационная плата, защита переходных отверстий, заполнение переходных отверстий, посадочное место BGA-компонента, высокоплотная компоновка проводящего рисунка платы

## Quality Assurance of via Holes in the Wiring Board with High Density Conductive Pattern

Z. A. Mironova, D. D. Kariagina, B. V. Vladimirov, A. V. Pavlov

*Joint Stock Company "Russian Space Systems"*

*e-mail: zhannampe@mail.ru*

**Abstract.** The paper proposes analysis of quality assurance of via holes in the wiring board with high density conductive pattern. The main attention is paid to the formation of filled via holes, as well as to metallization protection from possible residual technological solutions and fluxing agents. Results of various methods to fill the transition holes are shown.

**Key words:** multilayer wiring board, quality assurance through holes, to fill the via hole, design wiring board for BGA, high density of conductive pattern

## Введение

Использование в разработках электронной аппаратуры ракетно-космической техники (РКТ) электронной компонентной базы (ЭКБ) в корпусах с высокой плотностью выводов в виде матриц, например BGA, CGA, CSP, приводит к необходимой «дезинтеграции» со следующим уровнем электронного модуля — коммутационной платой. Проводящий рисунок коммутационной платы в области посадочного места такой ЭКБ представляет собой высокоплотную компоновку монтажных контактных площадок (КП) и проводников, размещаемых между ними, как показано на рис. 1.

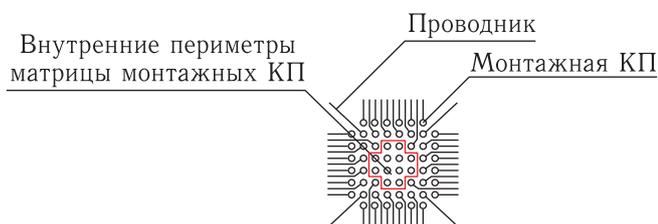


Рис. 1. Посадочное место ПМК на плате

Физическим ограничением в данном случае является возможность размещения определенного количества проводников, отводимых от КП внутренних периметров матрицы, в трассировочном канале (узком месте), т. е. между соседними монтажными КП. Диаметр и шаг КП определяют величину узкого места и максимальное количество проводников, расположенных в нем, в соответствии с классом точности изготовления платы. Максимальное количество проводников, расположенных в узком месте на платах 5, 6 и 7 класса точности, представлено в таблице.

Максимально возможное количество полной матрицы выводов ПМК, трассируемое на внешнем слое коммутационной платы с учетом числа проводников в узком месте по классу точности, представлено на рис. 2.

Таким образом, на внешнем слое коммутационной платы 5 класса точности возможна трассировка ПМК с количеством выводов от 4 до 256 шт. с шагом от 0,25 до 1,5 мм соответственно, 6 класса точности от 64 до 324 шт., 7 класса точности от 100 до 784 шт. с приведенным выше шагом выводов [1].

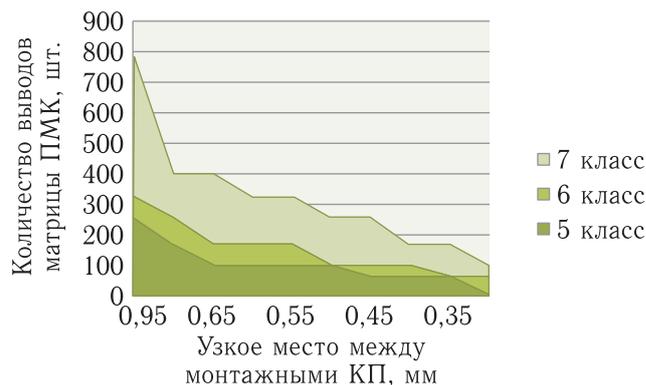


Рис. 2. Возможность разводки ПМК с матрицей выводов на внешнем слое платы с учетом класса точности

Решение проблемы недостаточности трассировочной области на одном внешнем слое коммутационной платы для проектирования ПМК с матричным расположением выводов даже в условиях самого высокого класса точности заключается в создании переходных отверстий от монтажных КП на нижележащие слои коммутационной платы.

Конструктивно-технологическое решение (КТР) проводящего рисунка посадочного места ПМК при изготовлении коммутационной платы по традиционной технологии металлизации сквозных отверстий (МСО) представляет собой создание переходов от монтажных КП на нижележащие слои типа «dog bone», т. е. дублирование монтажной КП параллельной КП с переходным отверстием согласно рис. 3 [2, 3].

## Методы и результаты защиты переходных отверстий

Для исключения ухода припоя переходные отверстия должны быть закрыты защитной паяльной маской (ЗПМ) [4]. В технологиях изготовления коммутационных плат с высокой плотностью компоновки проводящего рисунка в большинстве случаев применяются фотопроявляемые жидкие ЗПМ [5].

Если переходное отверстие закрыто ЗПМ только с одной стороны, существует большая вероятность ухудшения качества металлизации отверстия в связи со сложностью удаления остатков флюса и других химических реактивов, попадающих

Т а б л и ц а. Максимальное количество проводников

Узкое место между КП, мм	Шаг выводов, мм	Диаметр КП, мм	Максимальное количество проводников в узком месте, шт.		
			5 класс	6 класс	7 класс
0,95	1,50	0,55	4	5	9
0,72	1,27	0,55	3	4	6
0,65	1,00	0,35	2	3	6
0,60	1,00	0,40	2	3	5
0,55	1,00	0,45	2	3	5
	0,80	0,25	2	3	5
0,50	0,80	0,30	2	2	4
	0,75	0,25	2	2	4
0,45	0,80	0,35	1	2	4
	0,75	0,30	1	2	4
0,40	0,80	0,40	1	2	3
	0,75	0,35	1	2	3
	0,65	0,25	1	2	3
0,35	0,65	0,30	1	1	3
0,25	0,50	0,25	0	1	2

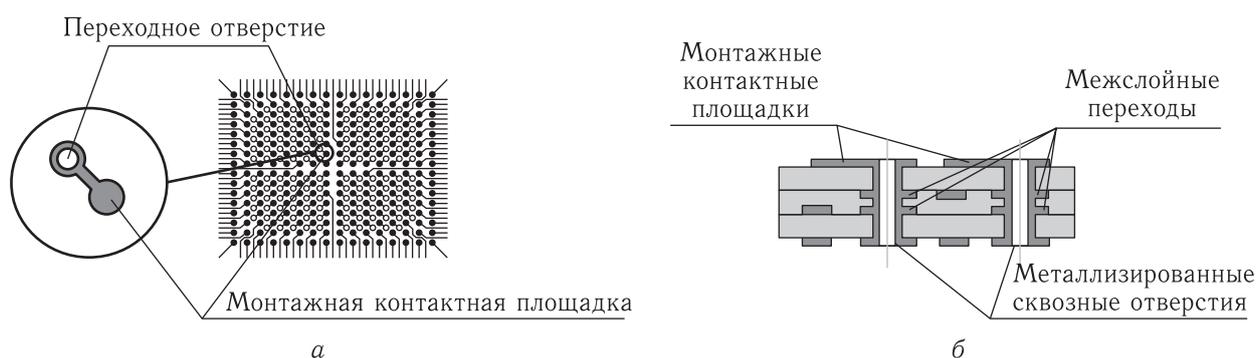


Рис. 3. Схема посадочного места ПМК с матрицей выводов на плате: а) вид сверху; б) поперечное сечение переходных отверстий

в процессе финишных и монтажно-сборочных операций. Сложность очистки, отмывки малых переходных отверстий показана на рис. 4 на примере

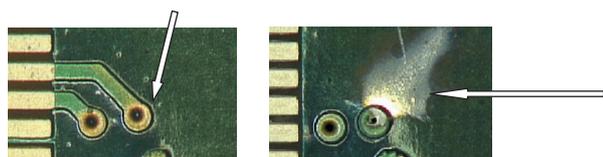


Рис. 4. Брак коммутационной платы: а) закрытые переходные отверстия (показано стрелкой); б) шлейф финишного покрытия из незакрытого переходного отверстия

возникновения шлейфа финишного покрытия, что приводит к отбраковке платы.

Таким образом, необходимо качественное закрытие сквозных переходных отверстий с двух сторон платы.

Перекрытие сквозных переходных отверстий жидкой ЗПМ возможно в случае, когда диаметр составляет не более 0,3 мм. В отверстия с диаметром, равным 0,3 мм и более, ЗПМ частично проникает внутрь, не полностью защищая медное покрытие от окисления, как показано на рис. 5.

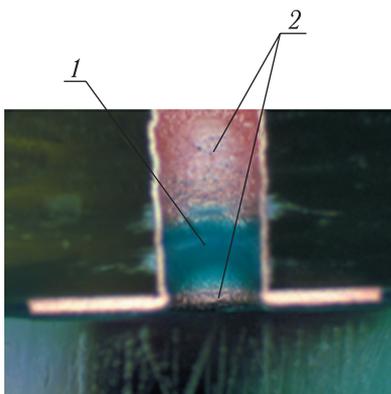


Рис. 5. Микрошлиф сквозного отверстия с диаметром 0,3 мм: 1 — частичное заполнение ЗПМ; 2 — оголенное медное покрытие



Рис. 6. Полуавтоматическая установка трафаретной печати

Также известны случаи нарушения целостности ЗПМ над отверстием в связи с термическим расширением воздушной среды внутри закрытого с двух сторон сквозного переходного отверстия во время пайки платы [6].

Таким образом, для создания надежного межсоединения целесообразна дополнительная технологическая операция заполнения переходных металлизированных отверстий, выполняемая перед нанесением ЗПМ. При этом необходимо учитывать коэффициент теплового расширения (КТР) материала, применяемого для заполнения отверстий, чтобы избежать проблем с дополнительными напряжениями в плате.

В качестве материалов для заполнения отверстий экономически более выгодно использовать непроводящие материалы (без добавления металлических частиц), так как такие материалы дешевле проводящих, а металлизация отверстий обеспечивает качественное межсоединение, не нуждающееся в дополнительном электрическом контакте за счет проводящего материала в металлизированных отверстиях [7].

Непроводящие материалы чаще всего представляют собой эпоксидные системы.

По мере развития технологии формирования заполненных переходных отверстий увеличилось количество методов их заполнения.

Традиционным методом является заполнение отверстий через трафарет. Заполняющий материал может быть продавлен через трафарет с помощью

ракеля (рис. 6) или валика. При этом можно использовать полуавтоматическое оборудование.

Для заполнения переходных отверстий с большим аспектным соотношением возможно улучшение процесса за счет использования стола с вакуумным прижимом с нижней стороны плат.

На сегодняшний день производители ЗПМ также выпускают специальную пасту для заполнения переходных отверстий, совместимую с ЗПМ, но обладающую много меньшим коэффициентом усадки после термообработки из-за большего процента содержания твердого вещества. В рекомендациях по методу заполнения определены: трафарет с переходными отверстиями, увеличенными на 0,1 мм; подложка под плату с увеличенными в три раза переходными отверстиями; величина давления ракеля, его скорость, угол заточки и атаки.

Тем не менее, при заполнении пастой переходных отверстий с большим аспектным соотношением существует большая вероятность вовлечения воздуха в промежутки между проходами ракеля, и некачественное заполнение отверстий, как показано на рис. 7.

В АО «Российские космические системы» А. В. Павловым, Ж. А. Мироновой, А. В. Бровкиным разработан новый метод формирования заполненных переходных металлизированных сквозных отверстий (подана заявка на изобретение). Разработанное КТР позволяет заполнять переходные металлизированные сквозные отверстия с аспектным соотношением более 10 : 1 без образования

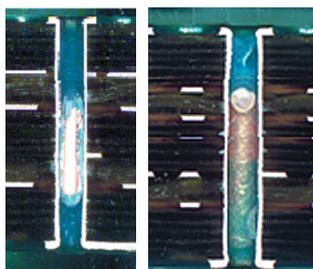


Рис. 7. Микрошлиф заполненных пастой сквозных переходных отверстий с воздушными полостями

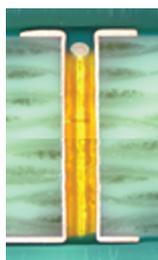


Рис. 8. Микрошлиф сквозного переходного отверстия, заполненного эпоксидным полимером

воздушных полостей. Материалом для заполнения переходных отверстий служит эпоксидный полимер, идентичный входящему в состав базовых материалов для изготовления платы стеклотекстолита и препрега. Данный метод не требует дальнейшего проведения операции планаризации поверхности платы, закупки нового оборудования и проводится непосредственно перед нанесением ЗПМ. Результат заполнения переходных металлизированных сквозных отверстий представлен на рис. 8.

## Заключение

Для создания перспективного печатного узла с применением высокоинтегрированной ЭКБ с большим количеством и малым шагом выводов, расположенных в виде матрицы, необходимо обеспечить надежность высокоплотной компоновке проводящего рисунка коммутационных плат, в том числе в области посадочных мест ЭКБ. Формирова-

ние заполненных переходных металлизированных сквозных отверстий коммутационной платы с учетом КТР позволит обеспечить требуемое качество высокоплотной компоновке проводящего рисунка коммутационных плат. Новый разработанный метод заполнения переходных отверстий открывает возможность получить оптимальное КТР для данного объекта анализа.

## Список литературы

1. Миронова Ж.А., Шахнов В.А., Гриднев В.Н. Высокоплотная компоновка проводящего рисунка многослойных коммутационных плат // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана. Серия: Приборостроение, 2014, № 6(99), с. 61–70.
2. Гриднев В.Н., Миронова Ж.А., Шахнов В.А. Обеспечение качества компоновки монтажных контактных площадок высокоплотной коммутационной платы // Надежность и качество сложных систем, 2014, № 4(8), с. 19–25.
3. Миронова Ж.А., Павлов А.В. Многослойные печатные платы сверхплотного монтажа / Труды VI Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий» / ОАО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем». М.: 2013, с. 256–265.
4. IPC-2226 Частный стандарт на проектирование печатных плат с высокоплотными межсоединениями. Ассоциация электронной промышленности IPC / Пер. с англ. М.: ФГУП ВНИИА, 2003. 56 с.
5. Кумбз К. Ф. Печатные платы: Справочник в 2-х книгах. Книга 1 / Пер. с англ. М.: Техносфера, 2011. 1016 с.
6. Баева О. Технология тентинга с заливкой переходных отверстий. М.: Технологии в электронной промышленности, 2008. 58 с.
7. Торстен Рекерт. Новые технологии заполнения отверстий и последующей планаризации. М.: Технологии в электронной промышленности, 2005. 56 с.