

Столбиковые выводы АО «ЗПП» для матричных корпусов – еще один шаг к технологической независимости

Н. Нагаев¹, Ш. Шугаев², Е. Ермолаев³, В. Егошин⁴

УДК 621.3 | ВАК 05.27.06

Рассматривая перспективы развития технологии монтажа микросхем матричного типа на печатные платы радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА), легко увидеть, что по мере уменьшения проектных норм кристаллов и увеличения площади и количества выводов готовых микросхем возрастает важность выравнивания механических напряжений, обусловленных различием температурного коэффициента линейного расширения (далее – ТКЛР) различных применяемых материалов. В наибольшей степени, безусловно, это относится к микросхемам в матричном исполнении, плотность расположения конструктивных элементов которых может приводить к отказам в процессе эксплуатации при неверном выборе способа монтажа на печатную плату. Эффективным решением описанной проблемы является использование столбиковых выводов микросхем. В статье рассматриваются характеристики, а также особенности технологии монтажа столбиковых выводов, поставляемых АО «Завод полупроводниковых приборов» (АО «ЗПП»).

Классикой стало применение предприятиями микроэлектроники микросхем в корпусах типа BGA. В качестве выводов у корпусов BGA используют шарики из высокотемпературного сплава (например, Sn10/Pb90). Это, действительно, довольно удобно, технология понятна, шарики припоя доступны практически в любом радиомагазине.

Основные преимущества данных выводов хорошо известны:

- лучший тепловой контакт между корпусом и платой, что в некоторых случаях позволяет избавиться от необходимости установки на микросхему дополнительного теплоотвода;
- небольшие длины проводников (за счет небольших диаметров шариков) позволяют увеличить диапазон рабочих частот и увеличить скорость передачи сигналов.

Из недостатков BGA можно отметить то, что шарик – абсолютно негибкий вывод. При многократном тепловом расширении в процессе работы микросхемы шарики деформируются и лопаются из-за несогласованности ТКЛР материалов корпуса и печатной платы. Особенно сильно этот дефект проявляется при увеличении количества выводов и, как следствие, габаритного размера микросхемы.

Надежность паяных соединений у микросхем со столбиковыми выводами (Ceramic Column Grid Array – CCGA) (рис. 1) выше по сравнению с BGA, так как при больших габаритных размерах микросхем столбиковые выводы поглощают напряжения, возникающие вследствие различных величин ТКЛР материалов микросхемы и печатной платы. Кроме того, некоторые типы столбиков укрепляются медной спиралью (рис. 1б), чтобы увеличить их надежность в процессе эксплуатации.

Наглядно разницу в надежности микросхем с различными типами выводов можно наблюдать при анализе результатов испытаний на термоциклирование (рис. 2, 3). Как видно из рис. 2, BGA-корпуса с количеством выводов более 600 имеют самый низкий показатель по надежности при термоциклировании, а столбики с медной спиралью функционально превосходят проволочные столбики. На фотографии с поперечным разрезом столбика (рис. 3б) можно видеть, что даже при разрушении припойной

¹ АО «ЗПП», технический директор, nanagaev@zpp12.ru.

² АО «ЗПП», главный конструктор – начальник управления, ассистент ФГБОУ ВО «МарГУ», shnshugaevov@zpp12.ru.

³ АО «ЗПП», заместитель главного конструктора, преподаватель ФГБОУ ВО «МарГУ», ermolaev_ev@zpp12.ru.

⁴ АО «ЗПП», заместитель главного конструктора по материалам, старший преподаватель ФГБОУ ВО «МарГУ», vaegoshin@zpp12.ru.

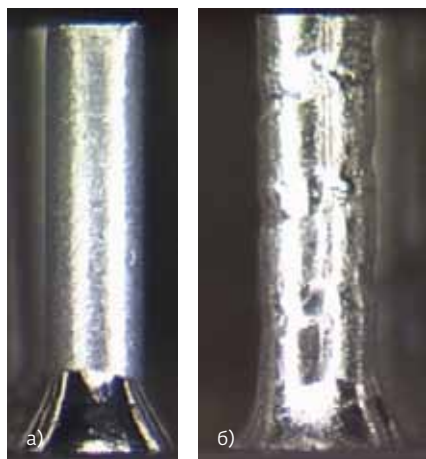


Рис. 1. Виды столбиковых выводов: а – проволочный (Pb90/Sn10); б – с медной спиралью (Pb80/Sn20)

основы микросхема продолжит функционировать благодаря медной спирали.

Однако и у микросхем типа ССГА есть свои недостатки. Более длинные столбиковые выводы приводят к более высокому профилю микросхемы и требуют осторожности в обращении в процессе хранения и монтажа. Следует также упомянуть о том, что процесс установки столбиковых выводов требует наличия специальной высокоточной оснастки, которая изготавливается индивидуально под каждый тип корпуса.

Но главный недостаток, сдерживающий широкое применение столбиковых выводов в отечественной микроэлектронике – отсутствие отечественного производителя. Разработчиком и поставщиком выводов для всего мира является компания TopLine (США).

АО «ЗПП» (входит в состав ГК «Элемент») столкнулось с этой проблемой в процессе разработки сложнфункциональных металлокерамических корпусов матричного типа, но на момент завершения работ над проектом был создан достаточный страховой запас необходимых выводов, поэтому работа была успешно принята. Однако, что называется, «осадочек остался». И было принято решение начать поиск возможности изменения ситуации для увеличения распространения корпусов типа ССГА среди микроэлектронных предприятий России.

На начальном этапе проведения этой работы была принята за базовую конструкция столбикового вывода с медной спиралью диаметром 0,51 мм (рис. 4), так как именно он имеет наибольшее применение. В основе этого вывода лежит столбик из припоя (Pb80/Sn20). Для увеличения надежности он обвит медной лентой. После обвивания

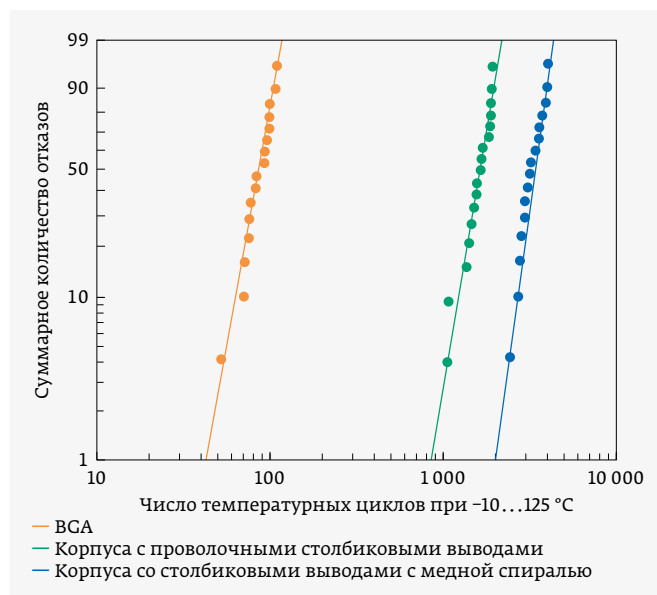


Рис. 2. График суммарного количества отказов в зависимости от числа температурных циклов для BGA-корпусов и корпусов со столбиковыми выводами – однокомпонентными и с медной спиралью. Все корпуса металлокерамические размером 32×32 мм с 625-ю выводами и шагом выводов 1,27 мм

столбиковый вывод покрывается горячим припоем (Sn63/Pb37).

На втором этапе начался поиск отечественного предприятия, обладающего, с одной стороны, достаточными навыками работы с материалами микроэлектроники, а с другой – способного на решение нестандартных задач.

Нужно отметить, что такое предприятие нашлось не сразу. Первые образцы выводов (еще 2019 года) были далеки

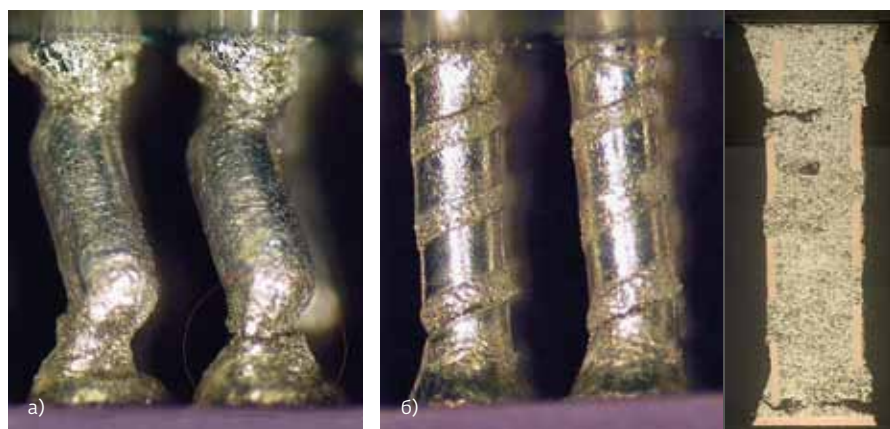


Рис. 3. Разрушение столбика в результате термоциклирования: а – разрушение проволочного столбика (90Pb/10Sn). В данном случае столбик разрушился на 1182-м цикле; б – разрушение столбика с медной спиралью (80Pb/20Sn) на 1212-м цикле (внешний вид и поперечное сечение)

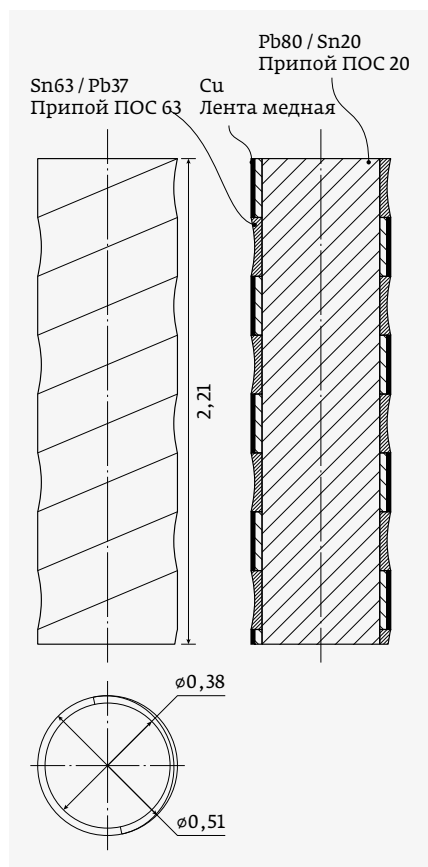


Рис. 4. Конструкция столбикового вывода с медной спиралью диаметром 0,51 мм (размеры в мм)

от чертежных размеров и идеального внешнего вида. Но мы убедились в главном – в способности нового технологического партнера освоить эту технологию.

Период 2019–2021 годов был посвящен отработке технологических вопросов изготовления столбиковых выводов, установки выводов на металлокерамические корпуса, оптимизации конструкции графитовой оснастки для установки выводов. Как результат – в конце 2021 года АО «ЗПП» заключило первые контракты на поставку отечественных столбиковых выводов с медной спиралью для предприятий аэрокосмической отрасли.

Свидетельством высокого качества отечественных выводов служат сравнительные рентгеновские исследования поставляемых АО «ЗПП» столбиковых выводов и выводов производства TopLine (рис. 5). Как видно на представленных фотографиях, в отдельных выводах производства TopLine обнаруживается большое количество воздушных пузырьков. Функционально они, конечно же, не влияют на работоспособность готовой микросхемы в нормальных условиях, но какие отказы по этим выводам могут появиться при эксплуатации в условиях, например, космического пространства – такой статистики пока нет. И, будем надеяться, не появится.

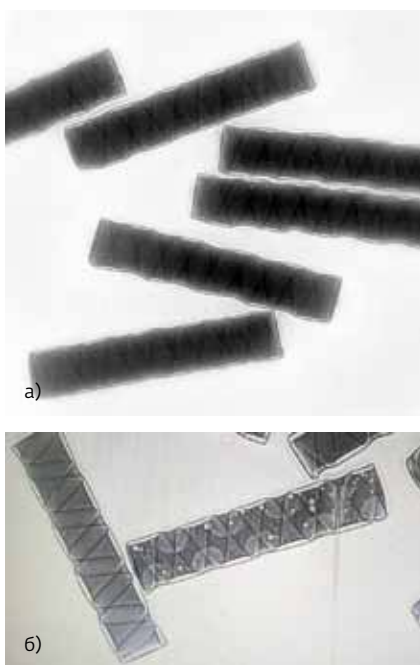


Рис. 5. Результаты рентгеновского исследования столбиковых выводов с медной спиралью: а – поставщик АО «ЗПП»; б – поставщик TopLine

В настоящее время в АО «ЗПП» оформлен полный комплект конструкторской документации на столбиковые выводы и ведется согласование соответствующих технических условий с АО «ЦКБ «Дейтон». Технические условия изначально разработаны как групповые, так как планируется расширение номенклатуры поставляемых выводов как по диаметрам, так и по длине, используя разные припои сердечника и разную толщину медной ленты. Диаметр припоя сердечника может составлять от 0,20 до 0,89 мм, толщина медной ленты – от 0,025 до 0,10 мм. Скорость расширения номенклатуры будет зависеть от поступающих от потребителей запросов.

Как уже говорилось выше, АО «ЗПП» провело работу не только в направлении поиска производителя самих столбиковых выводов, но и в направлении отработки технологических вопросов их установки, чтобы предоставить заинтересованным потребителям готовое пакетное решение.

В результате предприятие предлагает разработку и изготовление комплекта графитовой оснастки для установки столбиковых выводов индивидуально для каждого типа микросхемы. Комплект оснастки включает в себя не только саму графитовую кассету, но и приспособления для центровки корпуса микросхемы в ней, съемник для извлечения изделия с установленными выводами из кассеты, а также многоразовые зарядные обоймы для легкого заполнения кассеты пайки. Режимы и последовательность работы при установке выводов на микросхемы содержатся в подробной «Технологической инструкции по установке столбиковых выводов на металлокерамические корпуса 8 типа», составленной специалистами АО «ЗПП» для различных типов оборудования, которые используются на отечественных предприятиях микроэлектроники. Кроме того, при предварительной договоренности существует возможность выезда специалистов АО «ЗПП» на предприятия для совместной отладки процессов установки выводов непосредственно в условиях производства заинтересованного потребителя.

Таким образом, сделан еще один важный шаг к технологической независимости отечественной микроэлектроники от импортных комплектующих. И особенно значимо то, что этот незначительный на первый взгляд элемент конструкции микросхемы способен обеспечить новые горизонты для развития РЭА, особенно в области космических исследований.



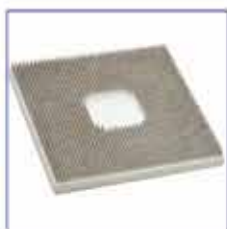
**ЗАВОД
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
ПРИБОРОВ**

ЙОШКАР-ОЛА, РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»



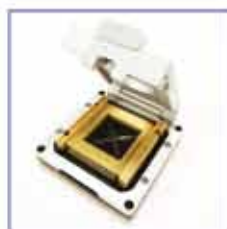
Выводные рамки



Металлокерамические
корпуса



Нагревательные
элементы



Контактные
устройства



Графитовая
оснастка



Оптоэлектронные
корпуса



424003, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26
Тел.: +7-8362-45-70-09, 45-67-68.
info@zpp12.ru marketing@zpp12.ru

zpp12.ru