

К. т. н. В. Г. СПИРИН

Россия, г. Арзамас, НПП "Темп-Авиа"  
E-mail: temp@arzamas.nnov.ru

Дата поступления в редакцию  
16.06 2004 г.

Оппонент С. Н. БАТИЦЕВ  
("Оризон-Навигация", г. Смела)

## МОНТАЖ МИКРОСБОРОК С ПОДЛОЖКОЙ ИЗ КРЕМНИЯ

*Показано преимущество установки бескорпусных кристаллов и компонентов в мини-корпусах на кремниевые платы. Рассмотрены некоторые методы монтажа кремниевых плат к металлическому основанию.*

Монтаж микросборок (МСБ) обычно разделяют на две технологические операции — монтаж компонентов на плату и установку МСБ на металлическое основание. Монтаж бескорпусных кристаллов (БК) с проволочными и организованными выводами подробно рассмотрен в [1, с. 88]. Как известно, применение БК с объемными выводами способно обеспечить максимально возможную плотность компоновки МСБ. В [1, с. 108] обозначены две основные проблемы, ограничивающие область применения этих БК, устанавливаемых на коммутационную плату методом перевернутого кристалла:

— в объемных выводах возникают сильные внутренние механические напряжения из-за разницы в температурном коэффициенте линейного расширения (ТКЛР) кристалла и платы;

— для обеспечения качественного монтажа БК требуется разновысотность объемных выводов не хуже  $\pm (1...2)$  мкм, что очень сложно выполнить технологически.

Применение кремниевых коммутационных плат решает эти проблемы. Действительно, решение первой проблемы вполне очевидно, т. к. в качестве материала платы используется кремний, что обеспечивает идеальное согласование ТКЛР платы с БК. Вторая проблема решается следующим образом. Перед монтажом компонентов методами технологии поверхностного монтажа на плату наносят защитную паяльную

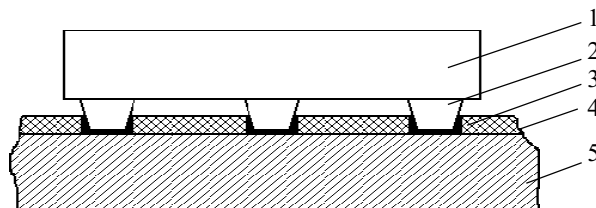


Рис. 1. Установка бескорпусного кристалла с объемными выводами на плату:

1 — бескорпусный кристалл; 2 — объемные выводы; 3 — припой; 4 — защитная паяльная маска; 5 — плата

маску толщиной 20—40 мкм и формируют в ней окна над контактными площадками, предназначенными для монтажа компонентов, а затем на эти контактные площадки наносят припойную пасту толщиной 20—30 мкм (рис. 1). В этом случае разновысотность объемных выводов может достигать  $\pm 10$  мкм, т. к. при нагревании припой обволакивает объемные выводы на толщину защитной изоляции, что и обеспечивает высокое качество монтажа БК.

В связи с тем, что в РФ и странах СНГ ограничен выпуск БК, наиболее простым методом уменьшения массогабаритных характеристик микроэлектронной аппаратуры является монтаж компонентов в мини-корпусах на тонкопленочные платы [1, с. 76]. Компоненты в мини-корпусах имеют выводную рамку из кобальта [2, с. 357], который плохо согласуется по ТКЛР с материалом печатной платы [3, с. 39]. Значительно лучше кобальт согласуется по ТКЛР с кремнием (см. таблицу). Поэтому, с позиции надежной работы в широком диапазоне температур, установка компонентов в мини-корпусах на кремниевую плату является более предпочтительной, чем их установка на печатную плату, ТКЛР которой составляет  $(14...18) \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ .

*Основные физические параметры материалов, используемых при монтаже МСБ*

Материал	Кремний	Ковар	Титан	Медь	Алюминий	Припой
ТКЛР, $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$	2,3	5,0	8,1	16,6	21	—
Удельная теплопроводность, Вт/(м $^\circ\text{C}$ )	109	19,2	21,9	406	218	54
Модуль Юнга, ГПа	130	—	104	74	70,8	—
Относительное удлинение перед разрывом, %	—	32	40	25	30	40
Плотность, г/см $^3$	2,3	8,35	4,52	8,92	2,7	9,3

Особенностью кремния является его низкий ТКЛР, что затрудняет монтаж плат из этого материала на теплопроводящие основания, которые в большинстве случаев изготавливаются из алюминиевых сплавов. Поэтому конструктивно-технологические вопросы согласования ТКЛР платы и основания требуют специального рассмотрения.

Кремний, несмотря на свои превосходные конструктивные характеристики, обладает серьезным недостатком — хрупкостью. Кроме того, кремниевые платы могут иметь проводники на обеих поверхностях, что также усложняет их установку на металлическое основание. Кремниевые микросборки ха-

рактируются высокой плотностью упаковки и нуждаются в хорошем теплоотводе.

Перечисленные факторы требуют разработки методов монтажа этой разновидности МСБ на металлические основания.

Сформулируем основные требования, которые предъявляются к установке кремниевой МСБ на металлические основания.

1. Механические напряжения в кремниевой плате со стороны основания, возникающие при монтаже, термоциклировании, испытаниях или эксплуатации, должны быть минимальны.

2. Теплоотвод от кремниевой платы должен быть достаточным.

3. Крепление МСБ к основанию должно быть произведено таким образом, чтобы любые ее участки не входили в резонансные колебания в рабочем диапазоне частот при механических испытаниях или эксплуатации.

Рассмотрим известные способы монтажа МСБ с поликоровой подложкой (СВЧ-диапазона) на основании [1, с. 153]. В настоящее время применяются три способа крепления этих МСБ с основанием корпуса — приклеивание, пайка и механическое крепление с помощью винтов.

*Приклеивание* при монтаже кремниевых МСБ можно использовать весьма ограниченно: при одном уровне коммутации и небольшой рассеиваемой мощности. При этом для согласования ТКЛР следует применять корпус из ковара.

*Пайка* СВЧ МСБ осуществляется низкотемпературными припоями, например ПОИН-52, с температурой плавления 125°C. Слои припоя армируют медной сеткой, обеспечивающей гарантированную толщину слоя припоя не менее 0,2 мм, который снимает механические напряжения при пайке и термоциклировании. Для повышения надежности между поликором и алюминиевым основанием используют два слоя припоя толщиной 0,2 мм с прокладкой из титана толщиной 0,3 мм. (Недостатком применения титана является сложность его механической обработки и низкая теплопроводность.) Учитывая, что ТКЛР кремния и алюминия различаются почти в 10 раз, непосредственное применение описанного метода пайки невозможно, т. к. может привести к разрушению кремния. Кроме того, применение сплошного слоя припоя не позволяет крепить платы с двумя уровнями коммутации.

Кремниевые МСБ со средней мощностью рассеяния можно устанавливать на коваровое основание с помощью столбиков припоя. При изготовлении кремниевой платы на ее технологических полях формируют два сквозных отверстия, которые используются при сборке для совмещения платы и основания. Кроме того, в защитной паяльной маске нижней стороны платы формируют квадратные окна, в которых расположены контактные площадки для соединения платы с основанием. Эти окна на плате располагаются равномерно.

Перед сборкой основание МСБ должно быть подготовлено следующим образом. На основание гальванически наносят сплав "олово—свинец" толщиной 2—3 мкм. Затем методом фотолитографии на осно-

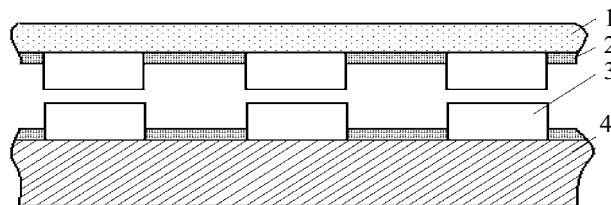


Рис. 2. Соединение МСБ со средней мощностью рассеяния с основанием:

1 — плата; 2 — паяльная защитная маска; 3 — припойная паста; 4 — основание

вании, в месте крепления платы, формируют защитную паяльную маску толщиной 20—40 мкм с окнами, размеры и координаты которых совпадают с размерами и координатами окон платы. Окна нижней поверхности платы и основания с помощью дозатора или через трафарет заполняют припойной пастой, например, 7070 из мелкого порошка припоя ПОСК50-18 с размерами частиц 25—58 мкм и температурой плавления 145—160°C (см. рис. 2). Если на плату установлены бескорпусные кристаллы, то применяют более низкотемпературную припойную пасту.

В конструкции основания выполняют два штифта (или устанавливают технологические штифты), которые предназначены для совмещения окон платы и основания через технологические отверстия платы. Совмещение МСБ и основания производят до соприкосновения встречных столбиков припойной пасты и осуществления их адгезионной связи, но без существенной деформации. (Высота столбиков припоя при этом должна находиться в пределах 0,1—0,2 мм, а размер стороны окна с припойной пастой — 1—3 мм.) Затем основание разогревают до температуры плавления припойной пасты, тем самым осуществляя процесс пайки МСБ к основанию, после чего подогрев основания прекращают.

Мощные и крупноформатные МСБ с подложкой из кремния устанавливают на основание из алюминиевых сплавов, например Д16-Б. Для уменьшения механических напряжений платы во время термоциклов между столбиками припойной пасты помещают прокладку (рис. 3) из мягкой отожженной меди толщи-

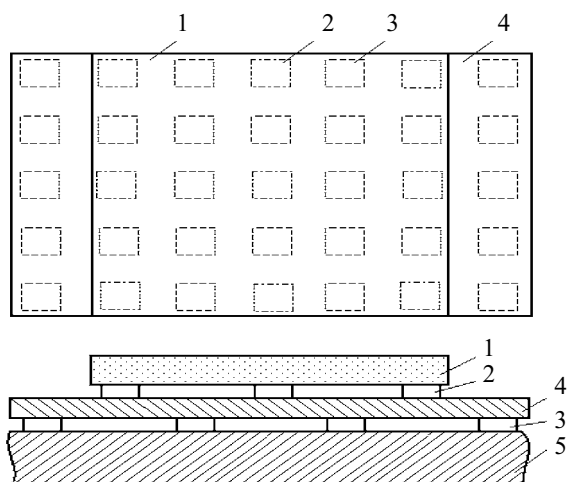


Рис. 3. Соединение МСБ с большой мощностью рассеяния с основанием:

1 — плата; 2, 3 — припой; 4 — медная фольга; 5 — основание

ной 0,1—0,3 мм, на которую предварительно нанесен сплав "олово—свинец" толщиной 2—3 мкм. Так как упругость отожженной меди почти в два раза меньше упругости кремния (см. табл.), то медная прокладка и припой будут легко деформироваться при термоциклах вследствие своего высокого значения относительного удлинения. При этом столбики припоя на плате и основании рекомендуется располагать в шахматном порядке. Прокладка по крайней мере с двух сторон должна выходить за пределы платы и крепиться припоем к основанию. Такое конструктивное решение обеспечивает хороший теплоотвод от МСБ, а также ее пластичное и прочное соединение с основанием.

Для улучшения пластичности соединения на медную прокладку с двух сторон наносят защитную палящую маску с окнами, координаты которых совпадают с координатами окон платы и основания. Перед сборкой окна в медной прокладке заполняют припойной пастой по трафарету. В первом варианте сборки сначала наносят припойную пасту на нижнюю сторону прокладки и производят ее оплавление, затем припойную пасту наносят на верхнюю сторону прокладки. После этого прокладку через проделанные в ней отверстия совмещают с основанием с помощью штифтов, а затем аналогично совмещают МСБ с прокладкой. Далее разогревают основание, оплавливают припой, соединяя МСБ и основание. При втором варианте сборки припойную пасту наносят на нижнюю сторону фольги с помощью трафарета, затем прокладку совмещают с основанием. Далее на верхней поверхности фольги с помощью дозатора (например SMS-300) заполняют припойной пастой окна, после чего совмещают МСБ с прокладкой и оплавливают припой.

МСБ СВЧ-диапазона часто крепятся к основанию с помощью винтов. Винты проходят через отверстия в плате МСБ и закручиваются в резьбовые втулки, установленные в основании. Этот метод крепления также может применяться для крепления кремниевых МСБ. Причем в отличие от поликора, в котором отверстия выполняются механическим способом (из-за чего вокруг них образуются микротрещины), кремний свободен от этого недостатка: крепежные отверстия в кремнии выполняются химическим травлением во время основного технологического цикла формирования переходных отверстий.

Количество крепежных отверстий и их взаимное расположение выбираются исходя из необходимости исключения механических резонансов в рабочем диапазоне частот. Диаметр крепежного отверстия должен быть больше диаметра винта на величину изме-

нений линейных размеров основания относительно кремниевой платы в заданном диапазоне температур. Для улучшения теплоотвода и снижения механических воздействий со стороны основания на плату в местах контакта основания с платой рекомендуется наносить теплопроводящую пасту, например КПТ-8, которая в данном случае, наряду с выполнением функции отвода тепла, будет являться своего рода смазкой, которая обеспечит проскальзывание платы относительно основания при термоциклировании.

Достоинствами крепления платы с помощью винтов являются низкая трудоемкость монтажа и высокая ремонтпригодность, а недостаток заключается в том, что большое количество винтов, которое, возможно, понадобится для обеспечения виброустойчивости, может существенно уменьшить плотность компоновки МСБ.

Еще одной разновидностью монтажа кремниевых МСБ является их крепление к основанию с помощью проволоки малого диаметра. В данном способе крепления один конец проволочного стержня присоединяется к основанию, например, методом пайки в глухое отверстие, а другой конец стержня вставляется в крепежное отверстие платы и запаивается. Лучше всего применять медную проволоку из мягкой отожженной меди, которая будет легко деформироваться при значительных изменениях температуры. Кроме крепления платы проволока исполняет роль теплоотвода. Очевидно, что данный метод монтажа может применяться для МСБ небольшого размера и невысокой мощности рассеяния.

#### Выводы

Достоинством кремниевых коммутационных плат является то, что на них возможна установка как всех основных видов бескорпусных кристаллов и компонентов, так и компонентов в мини-корпусах.

Рассмотренные технологические процессы существенно улучшают качество и надежность монтажа бескорпусных кристаллов с объемными организованными выводами и компонентов в мини-корпусах на плату. Предлагаемые методы установки микросборок с подложкой из кремния на металлическое основание обеспечивают согласование ТКЛР платы и основания, требуемый теплоотвод, а также минимизацию массогабаритных характеристик микросборок.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Гуськов Г. Я., Блинов Г. А., Газаров А. А. Монтаж микронной аппаратуры.— М.: Радио и связь, 1986.
2. Пирс К., Адамс А., Кац Л. и др. Технология СБИС. Кн. 2.— М.: Мир, 1986.
3. Мэнгин Ч.-Г., Маклеланд С. Технология поверхностного монтажа.— М.: Мир. 1990.

### Подписчикам Российской Федерации

Ищите журнал "Технология и конструирование в электронной аппаратуре" в дополнениях к официальным подписным каталогам. Индекс 71141.

#### Резервные адреса для подписки:

Россия, 192286, С.-Петербург, н/я 416, "ЭРА"; e-mail: era48@mail.ru; тел. (812) 595-40-89.

Украина, 65005, Одесса, ул. Прохоровская, 45, редакция "ТКЭА"; e-mail: tkea@odessa.net; тел. +38(048) 728-18-50, 728-11-89, тел./факс 728-49-46.