

1.16. ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Цель лекции: ознакомление с принципами защиты объектов приборостроения от механических повреждений и воздействия окружающей среды за счет использования различных методов герметизации.

1.16.1. БЕСКОРПУСНАЯ ГЕРМЕТИЗАЦИЯ

Большинство полупроводниковых приборов и ИС, используемых в бытовой и электронно-вычислительной аппаратуре, выполняют в пластмассовых корпусах. По сравнению с другими методами процесс герметизации пластмассами характеризуется высокой производительностью, относительно низкой стоимостью и простотой. Различают *корпусную* (с использованием полых или монолитных конструкций) и *бескорпусную* герметизацию.

Для герметизации ИС используют различные полимеры с добавками, влияющими на пластичность, текучесть, цвет, скорость отверждения пластмасс. *Текучесть* характеризуется временем, в течение которого герметизирующий состав находится в вязком состоянии при заданной температуре окружающей среды. *Скоростью отверждения* называют скорость перехода пластмасс в состояние полной полимеризации.

В зависимости от поведения при нагревании пластмассы делят на термопласты и реактопласты. Термопласты сохраняют свои свойства при многократном нагреве. Реактопласты под воздействием повышенной температуры переходят в необратимое состояние. В качестве герметизирующих материалов используют компаунды (механические смеси из электроизоляционных материалов, не содержащие растворителей) и пресс-порошки на основе эпоксидных, кремнийорганических, полиэфирных смол.

Эпоксидные смолы характеризуются плотностью $\gamma = 2,5 \div 3 \text{ г/см}^3$, термостойкостью $T = 150 \div 230^\circ\text{C}$, коэффициентом диэлектрической проницаемости $\epsilon = 4 \div 5$ и тангенсом угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta = 0,01$.

Кремнийорганические смолы характеризуются плотностью $\gamma = 1 \div 5 \text{ г/см}^3$, термостойкостью $T = -60 \div +300^\circ\text{C}$, коэффициентом диэлектрической проницаемости $\epsilon = 2,8 \div 3,6$ и тангенсом угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta = 0,003 \div 0,005$.

Полиэфирные смолы характеризуются плотностью $\gamma = 0,7 \div 0,8 \text{ г/см}^3$, термостойкостью $T = 150^\circ\text{C}$, коэффициентом диэлектрической

проницаемости $\varepsilon = 2,8 \div 5,2$ и тангенсом угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta = 0,005$.

Герметизация методом обволакивания. При герметизации обволакиванием вокруг ИС создается тонкая пленка полимерного материала. Для обеспечения механической прочности и герметичности полупроводниковых приборов и ИС наносят несколько слоев герметизирующего состава с предварительным подсушиванием каждого слоя.

Метод герметизации обволакиванием характеризуется устойчивостью защищаемых приборов к воздействию влажной атмосферы, простотой процесса, малым расходом герметизирующего материала, возможностью применения групповых методов обработки.

Технологический процесс обволакивания состоит из следующих основных операций:

- закрепление арматуры (выводов) и полупроводниковой структуры в приспособлении;
- силанирование (нанесение гидрофобного защитного покрытия на основе кремнийорганических полимеров);
- нанесение защитного закрепляющего состава;
- нанесение и полимеризация герметизирующего состава;
- контроль качества герметизирующего покрытия.

Способ нанесения герметизирующего состава зависит от габаритных размеров защищаемого изделия. На дискретные полупроводниковые приборы герметизирующий состав наносят в виде капли (рис.1.16.1). Полупроводниковые ИС, гибридно-пленочные схемы и микросборки герметизируют окунанием или нанесением компаундов распылением.

К недостаткам метода обволакивания ИС относятся трудность нанесения равномерного по толщине покрытия, длительность процесса сушки на воздухе, необходимость последующего отверждения при повышенной температуре, сложность механизации процесса.

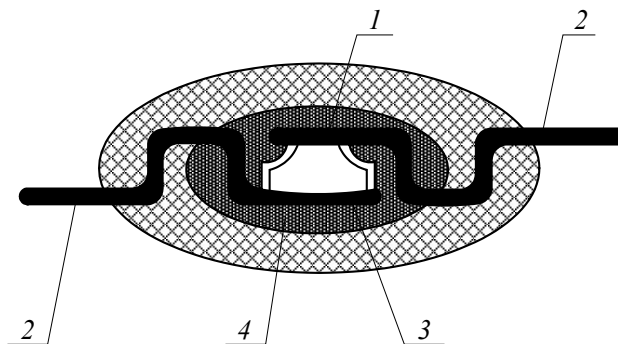


Рис. 1.16.1. Герметизация полупроводниковых структур методом обволакивания:

1 – полупроводниковая структура; 2 – вывод; 3 – силикатная пленка;
4 – защитный закрепляющий слой

Герметизация микросхем методом свободной заливки. Сущность метода герметизации ИС методом свободной заливки состоит в заполнении жидким герметизирующим компаундом специальных форм или заранее изготовленных из пластмассы или металла корпусов, в которых размещают ИС с выводами. Свободная заливка компаунда без давления уменьшает вероятность обрыва проволочных перемычек ИС.

Применяют два метода свободной заливки: во вспомогательные разъемные формы и предварительно изготовленные корпуса.

Герметизацию микросхем *заливкой во вспомогательные разъемные формы* относят к бескорпусной, так как такая герметизация не требует специально изготовленных деталей корпусов. Однако она обеспечивает производство ИС со строго фиксированными габаритными размерами, размерами выводов, шага между выводами и т. д. Поэтому в литературе принято называть такой метод заливки ИС герметизацией в пластмассовые корпуса, которые иногда называют полимерными или металлополимерными.

В зависимости от конструкции прибора или ИС применяют два способа заливки во вспомогательные формы – с предварительным подогревом и без подогрева разъемных форм.

При герметизации по первому способу многоступенчатые разъемные формы, изготовленные из материалов с плохой адгезией по отношению к пластмассе, заполняют жидким компаундом с помощью дозатора. Собранные на ленте полупроводниковые структуры погружают в заполненные компаундом полости формы, после чего проводят полимеризацию компаунда (рис. 1.16.2, б). После полимеризации приборы извлекают из формы и с помощью специальных штампов отделяют друг от друга (рис. 1.16.2, в и г).

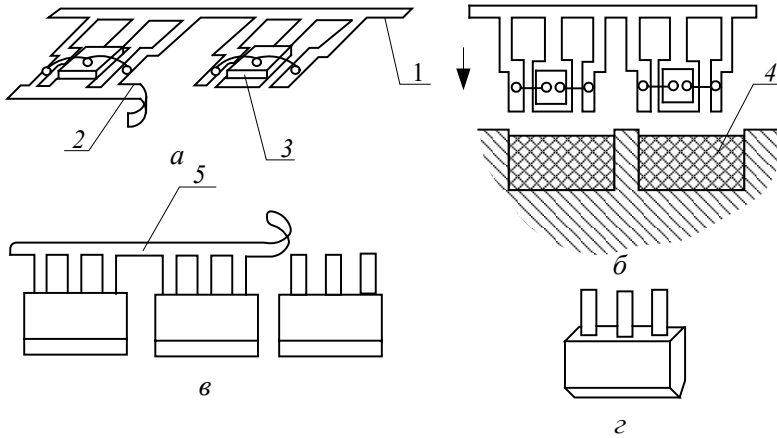


Рис. 1.16.2. Герметизация микросхем методом свободной заливки в формы без подогрева:

- а*– монтаж полупроводниковой структуры на перфорированную ленту;
б– герметизация групповым методом; *в*– удаление второй технологической перемычки; *г*– общий вид загерметизированного прибора; *д*– перфорированная лента с кристаллами; *е*– первая технологическая перемычка;
ж– полупроводниковая структура; *з*– полости формы, заполненные компаундом; *и*– вторая технологическая перемычка

При герметизации по второму способу собранные на ленте полупроводниковые структуры помещают в рабочие гнезда нижней матрицы многоместной заливочной формы и плотно прижимают верхней матрицей. В верхней части формы предусмотрены специальные отверстия, а между гнездами внутри формы – система каналов для подачи герметизирующего компаунда. Нагретую форму заполняют компаундом. Нагрев формы необходим для повышения текучести компаунда. После предварительного отверждения компаунда заливочные формы охлаждают и извлекают ленты с загерметизированными приборами. Приборы на металлических лентах проходят термообработку до полной полимеризации. После полимеризации снимают облой и ленту разделяют на отдельные фрагменты, удаляя вторую технологическую перемычку. Полученные изделия представляют собой готовые загерметизированные приборы.

При герметизации заливкой в предварительно изготовленные корпусы полупроводниковые структуры сначала закрепляют на перфорированную ленту, состоящую из объединенных между собой фрагментов плоских выводов. Контакт между плоскими выводами

перфорированной ленты и контактными площадками полупроводниковой структуры создают проволочными перемычками (рис. 1.16.2, а).

Герметизация ИС заливкой в предварительно изготовленные корпуса отличается простотой, так как в этом случае не требуется изготовление дорогостоящих заливочных форм. Корпуса представляют собой пластмассовую оболочку, изготовленную горячим прессованием, или металлическую капсулу, изготовленную штамповкой. Они имеют разнообразную геометрическую форму и типоразмеры.

Заливку в корпуса-оболочки осуществляют в основном теми же герметизирующими составами, что и заливку в формы. После полимеризации герметизирующего компаунда эти корпуса остаются частью ИС (рис. 1.16.3).

Герметизацию полупроводниковых структур методом свободной заливки применяют в мелкосерийном производстве изделий со сложной арматурой.

Герметизация прессованием. Герметизация ИС методом прессования пластмасс основана на особенности некоторых полимерных материалов плавиться и течь под действием температуры и давления, заполняя полость металлической формы с изделиями. В этом случае используют полимеры в виде пресс-порошков и таблеток, которые не изменяют своих свойств в течение длительного времени, что исключает операцию приготовления герметизирующих компаундов. В качестве герметизирующих материалов применяют термореактивные полимеры, прессующиеся при низких давлениях, что позволяет герметизировать ИС с гибким проволочным монтажом.

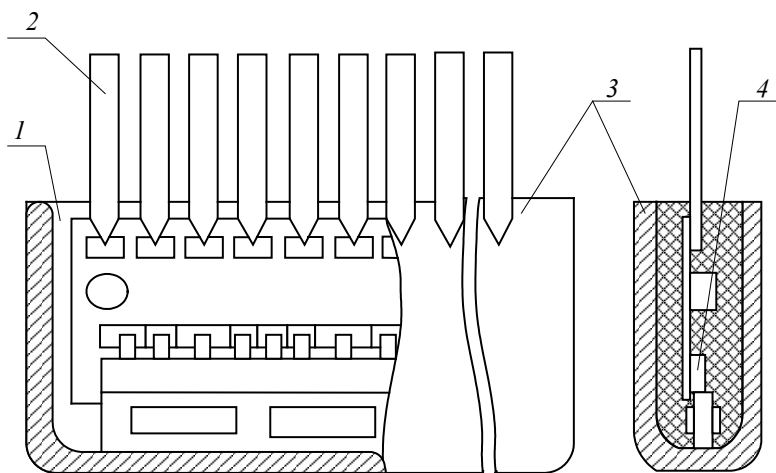


Рис. 1.16.3. Герметизация микросхем методом заливки в корпуса:

1 – плата с навесными компонентами; 2 – выводы; 3 – корпус;

4 – заливочный компаунд

В микроэлектронике используют в основном два способа герметизации ИС прессованием: компрессионное и литьевое (трансферное).

При *компрессионном прессовании* собранную с арматурой полупроводниковую структуру и порошкообразный или таблетированный материал загружают непосредственно в пресс-форму (рис. 1.16.4). Под действием тепла и давления герметизирующий материал переходит в пластичное состояние и заполняет формующую полость. После окончания выдержки спрессованные изделия извлекают из пресс-формы (рис. 1.16.4, в).

При *литьевом (трансферном) прессовании* загрузочная камера пресс-формы отделена от формующей полости. Кассету или перфорированную ленту с несколькими смонтированными полупроводниковыми структурами помещают в формующие полости пресс-формы. Пресс-форму нагревают до температуры плавления пластмассы нагревателями, смонтированными непосредственно в неё. Расплавившаяся пластмасса под давлением опускающегося пуансона (трансфера) заполняет формующие полости пресс-формы. После частичной полимеризации кассету или перфорированную ленту с полупроводниковыми структурами извлекают из пресс-формы и окончательно полимеризуют. Загерметизированные полупроводниковые структуры извлекают из кассеты и отделяют друг от друга.

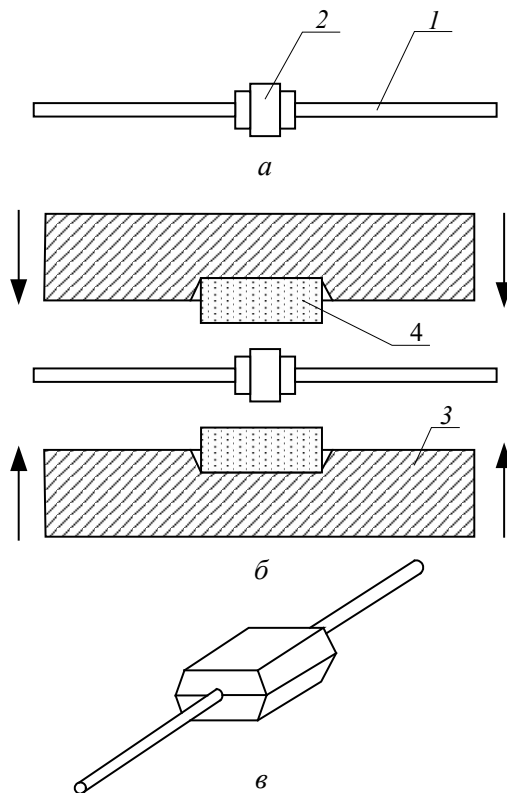


Рис.1.16.4. Герметизация микросхем методом компрессионного прессования:

a – арматура с полупроводниковой структурой; *б*–загрузка арматуры с полупроводниковой структурой и пресс-порошком; *в*– загерметизированный прибор; *1* – выводы; *2*– полупроводниковая структура; *3*– пресс-форма; *4*– пресс-порошок

К недостаткам метода свободной заливки в формы относятся сравнительно невысокая производительность и необходимость проводить приготовление заливочных смесей в небольших количествах, так как со временем очень быстро изменяется их вязкость.

Шовноклеевая герметизация. При шовноклеевой герметизации используют пластмассовые корпуса с армированными выводами (рис. 1.16.5). Клеящий состав наносят по периметру основания корпуса после установки на него кристалла ИС. На основание корпуса устанавливают пластмассовую крышку. Сборку фиксируют в приспособлении и сушат на воздухе или в термощкафу. Достоинствами шовноклеевой герметизации являются высокая технологичность процесса и низкая стоимость изделий.

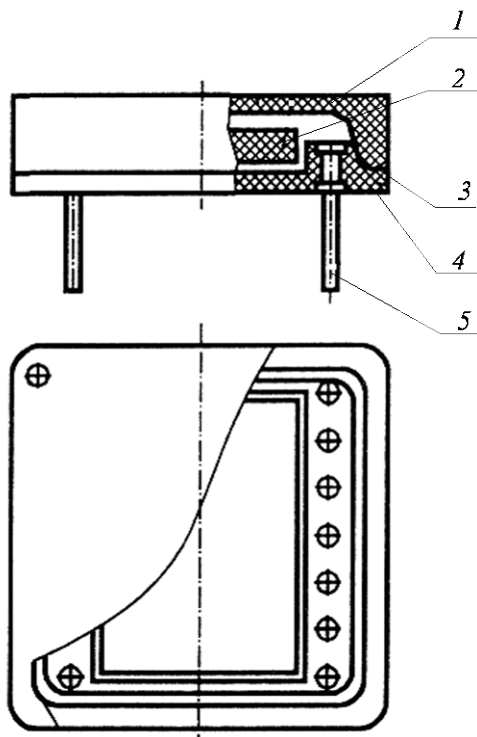


Рис. 1.16.5. Шовноклеевая герметизация микросхем:
 1 – крышка; 2 – подложка с микросхемой; 3 – место склеивания;
 4 – основание корпуса; 5 – армированный вывод

1.16.2. КОРПУСНАЯ ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Полимерные материалы не обеспечивают полной защиты ИС от влаги. Это связано с тем, что влагопроницаемость пластмасс во много раз выше аналогичного показателя для металлов. Температурные коэффициенты линейного расширения пластмасс и металлических выводов ИС отличаются примерно на порядок, поэтому трудно создать герметичное соединение между пластмассой и металлом. Надежным методом герметизации полупроводниковых приборов, ИС и гибридно-пленочных микросборок является вакуум-плотная корпусная герметизация.

Корпуса ИС являются композитными конструкциями, которые характеризуются тем, что механические напряжения в них возникают даже при равномерном изменении температуры и концентрируются в местах сопряжения материалов с различными термомеханическими свойствами.

Корпуса ИС и микросборок должны защищать их от воздействия окружающей среды и механических повреждений; обеспечивать удобство монтажа кристаллов и подложек и герметизацию корпуса без изменения параметров кристалла и навесных компонентов; выдерживать механические воздействия и термоциклирование; отводить тепло в процессе сборки и эксплуатации изделий; обеспечивать надежность сборки и эксплуатации прибора; защищать кристалл и навесные компоненты от загрязнений пылью, газообразными химическими загрязнениями, солями и парами воды; быть дешевыми и технологичными в изготовлении; при монтаже на ПП обеспечивать удобство и надежность монтажа и коррозионную стойкость; обеспечивать контроль ИС до и после монтажа; обладать коррозионной стойкостью, высокой надежностью, технологичностью и низкой себестоимостью.

В зависимости от используемых материалов вакуум-плотные корпуса микросхем и микросборок подразделяют на стеклянные, металлостеклянные, металлокерамические, керамические, пластмассовые и металлопластмассовые.

Для изготовления оснований, крышек и выводов ИС и микросборок применяют различные металлы и сплавы, основные свойства которых приведены в табл. 1.16.1.

Таблица 1.16.1.

Основные свойства металлов и сплавов, применяемых для изготовления оснований, крышек и выводов ИС и микросборок

Свойства	Медь	Никель	Сталь 10	Ковар	Платинит
Плотность, г/см ³	8,96	8,9	7,86	8,35	8,9
Температура плавления, °С	1083	1452	1535	1450	–
Коэффициент температурного расширения, 10 ⁻⁷ /°С	165	133	125	43–54	80–100
Теплопроводность, Вт/(м·К)	386	84	73	20	170
Удельное сопротивление, Ом·м	0,017	0,068	0,096	0,49	0,057
Твердость по НВ, Н/м ² :					
в неотожженном состоянии	1170	1960	1170	2440	–
в отожженном состоянии	490	880	880	1570	–
Предел прочности, Н/м ² :					
в неотожженном состоянии	480	980	607	614	–
в отожженном состоянии	244	536	272	50	–
Относительное удлинение, %:					
в неотожженном состоянии	4,2	2,0	7,5	–	18
в отожженном состоянии	50	35	40	50	–
Сопротивление срезу, Н/м ² :					
в неотожженном состоянии	255	460	284	510	–
в отожженном состоянии	176	344	–	–	–

Для повышения коррозионной стойкости, образования технологических пленок для последующей герметизации, получения высокой чистоты поверхностей и улучшения внешнего вида корпусов применяют различные покрытия, которые наносят гальваническим или химическим способом. Твердость защитных и технологических покрытий влияет на жесткость режимов при герметизации корпусов электроконтактными видами сварки. Основные виды покрытий, применяющихся для корпусов ИС, и их твердость приведены в табл. 1.16.2.

Таблица 1.16.2.
Виды покрытий корпусов ИС и их твердость

Вид покрытия	Твердость НВ
Золочение	185
Серебрение	250
Палладирование	660
Никелирование	850

Металлические детали корпусов изготавливают чаще всего холодной штамповкой; фланцы и крышки корпусов – вытяжкой, вырубкой и объемной штамповкой; перфоленты и рамки – на вырубных штампах; штырьковые выводы корпусов получают резкой проволоки на отрезки определенной длины на автоматах различных конструкций.

В металlostеклянных корпусах ИС со штырьковыми или планарными выводами в качестве электроизоляционного материала используют стекло. Для изготовления стеклянных деталей и элементов, содержащих спай стекла с металлом, используют стеклянные трубки (капилляры), стеклопорошки и стеклотаблетки. Стеклянные трубки (капилляры) нарезают на бусы алмазным диском с наружной режущей кромкой. Перед резкой стеклокапилляр наклеивают на стеклянную подложку, которую затем закрепляют на столе станка.

Керамические безвыводные корпуса (микроробота) состоят из трех слоев: один с проводниками, другой – с контактными площадками, третий – защитный нижний слой. К достоинствам безвыводных микроробот следует отнести высокую герметичность, высокую плотность размещения их на печатных платах, совместимость с керамическими подложками гибридных микросборок. Кроме безвыводных микроробот промышленность выпускает микроробота с матрицами выводов.

Металлокерамические корпуса ИС являются наиболее трудоемкими и дорогими. В качестве изоляционного материала в них применяют алюмооксидную или корундовую керамику с высоким содержанием оксида алюминия. Она обладает хорошей вакуумной плотностью (в 10^7 раз плотнее меди); высокой непроницаемостью как для гелия, так и для водорода; высокой прочностью, термо-и радиационной стойкостью; надежностью при

эксплуатации в тропических условиях; высоким электрическим сопротивлением; относительно хорошей теплопроводностью; низкими диэлектрическими потерями при недорогом исходном материале; хрупкостью и твердостью, что позволяет обрабатывать ее только алмазным инструментом и шлифованием. Коэффициент температурного расширения алюмооксидной керамики в два раза выше, чем у кремния, поэтому при монтаже кристаллов с размерами более 3×3 мм на основание корпуса эвтектикой «золото–кремний» возникают проблемы, связанные с несогласованностью коэффициентов температурного расширения кремния и керамики.

Металлокерамические корпуса изготавливают из трех слоев керамической ленты. При этом верхняя и средняя ленты имеют форму рамки. На верхнюю поверхность средней ленты с помощью трафарета молибденовой пастой наносят рисунок, который связывает контактные площадки корпуса с выводной рамкой.

На нижней ленте выполняют рисунок посадочной площадки и ее соединение с земляным контактом выводной рамки. На верхнюю ленту, внутренние размеры которой на 1 мм больше средней рамки, наносят рисунок кольца для крышки. Молибденовую пасту вжигают при температуре 1350°C в течение 40 мин в водороде. Затем к корпусу твердым припоем ПСр-72 в сухом воздухе припаивают выводную рамку из никеля и рамку для герметизации. Плоский металлокерамический корпус с планарными выводами представлен на рис. 1.16.6.

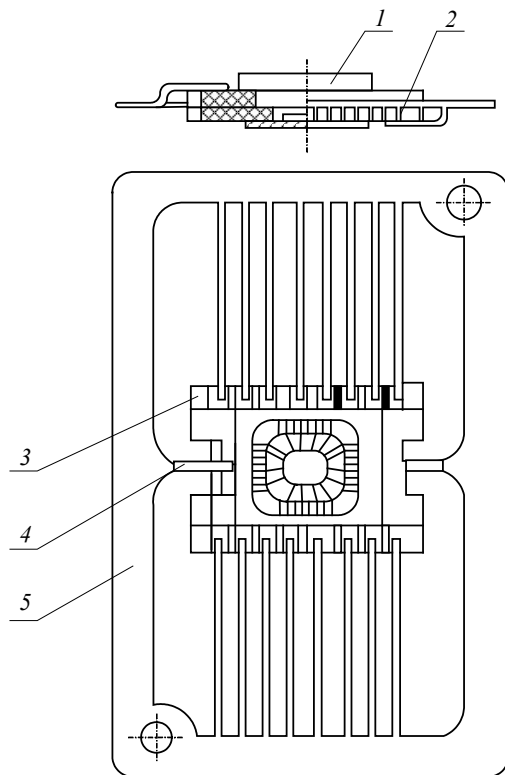


Рис.1.16.6. Плоский металлокерамический корпус с планарными выводами:

1– крышка корпуса; 2– теплоотвод; 3 – основание корпуса;
4– выводная рамка; 5– технологический вывод

Пластмассовые микрокорпуса изготавливают из полимеризующейся при термообработке пластмассы. Выводы под пластмассовым основанием микрокорпуса имеют изгиб, благодаря чему монтаж можно осуществлять непосредственно на поверхности печатной платы. По сравнению с керамическими пластмассовые микрокорпуса более устойчивы к термоударам и дешевле.

Типы корпусов

Корпуса интегральных микросхем прошли длинный эволюционный путь (рис. 1.16.7), но далеко не все корпуса используются в настоящее время.

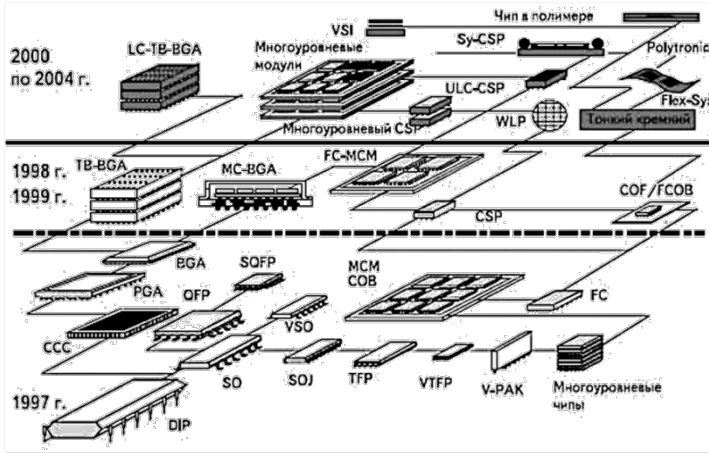


Рис.1.16.7.Эволюция корпусов ИС

По способу расположения выводов все корпуса можно разделить на 2 группы: с периферийными выводами и матричными выводами. При периферийном расположении выводы размещены по краям (на периферии) кристалла или корпуса микросхемы (рис. 1.16.8, а), при матричном расположении – на плоской поверхности корпуса (рис. 1.16.8, б).

Для компонентов с периферийным расположением выводов их количество обычно не превышает 150...200. Шаг периферийных выводов ограничен 0,3 мм (практически – 0,4 мм), что позволяет размещать на микросхемах с корпусами больших размеров большое количество выводов.

В настоящее время используются следующие типы корпусов с периферийным расположением выводов:

- DIP;
- QFP.
- PLCC;
- CLSS;
- планарные корпуса с двухрядным расположением выводов (SOIC, SOP, SOJ).

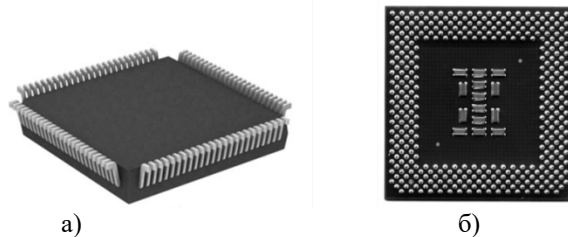


Рис. 1.16.8. Корпуса с периферийным (а) и матричным (б) расположением выводов

Конфигурация периферийных выводов ИС планарных микросхем, используемых для пайки по технологии поверхностного монтажа, представлена на рис. 1.16.9.

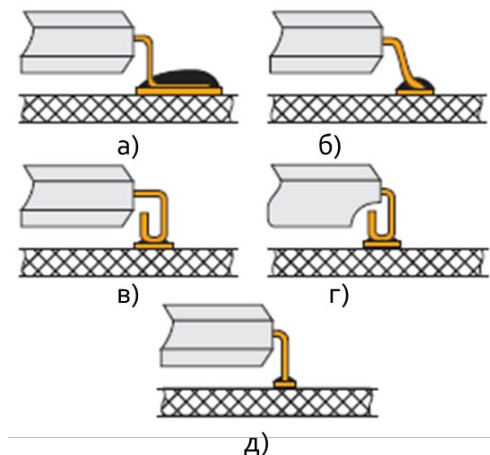


Рис.1.16.9. Конфигурация периферийных выводов ИС планарных микросхем: а – «крыло альбатроса»; б – «крыло чайки»; в, г – J-образный открытый и закрытый (с пайкой под корпус); д – I-образный (для пайки встык).

*DIP*корпуса (от *Dual In Line Package*) – это корпуса с двухрядным расположением выводов, предназначенные для штыревого монтажа. Представляет собой прямоугольный корпус с расположенными на длинных сторонах контактами. В зависимости от материала корпуса выделяют два варианта исполнения: *PDIP*, имеющие пластиковый корпус (рис. 1.16.10, а), и *CDIP*, имеющие керамический корпус (рис. 1.16.10, б).

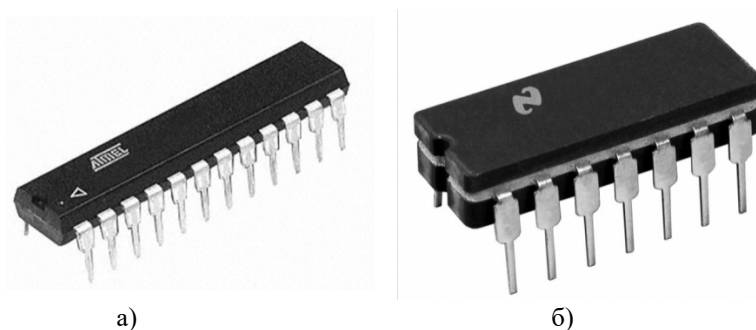


Рис.1.16.10. ИС с *PDIP*корпусом (а) и *CDIP*корпусом (б)

QFP корпуса (от *QuadFlatPackage*) - семейство корпусов микросхем, имеющих планарные выводы, расположенные по всем четырём сторонам (рис. 1.16.11). Микросхемы в таких корпусах предназначены только для поверхностного монтажа; установка в разъём или монтаж в отверстия штатно не предусмотрен, хотя переходные коммутационные устройства существуют. Количество выводов *QFP* микросхем обычно не превышает 200, шаг выводов – от 0,4 до 1,0 мм. Корпус стал широко распространённым в Европе и США в девяностых годах двадцатого века. Однако ещё в семидесятых годах *QFP* корпуса начали использоваться в японской бытовой электронике.

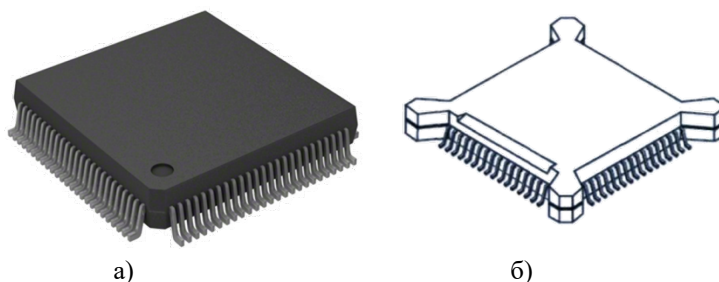


Рис. 1.16.11. ИС с *QFP* корпусом (а) и *BQFP* корпусом (б)

Форма основания микросхемы — прямоугольная, а зачастую используется квадрат. Корпуса обычно различаются только числом выводов, шагом, размерами и используемыми материалами. Выводы в форме «крыла чайки» равномерно распределены по четырем сторонам. Шаг расположения выводов достаточно мал – всего 0,3 – 0,5 мм, что позволяет создавать корпуса с общим количеством выводов до 440.

Существуют разновидности корпуса *SQFP-R*, имеющая корпус в форме прямоугольника, и *BQFP*, которая отличается расширениями («ушками») основания по углам микросхемы, предназначенными для защиты выводов от механических повреждений до запайки.

PLCC корпус (от *PlasticLeadedChipCarrier*) – это квадратный пластиковый корпус с расположенными по краям контактами (рис. 1.16.12), предназначенный для установки в специальную панель, часто называемую «кроватькой» (рис. 1.16.13). В настоящее время широкое распространение получили микросхемы флэш-памяти в корпусе *PLCC*, используемые в качестве микросхемы *BIOS* на системных платах.

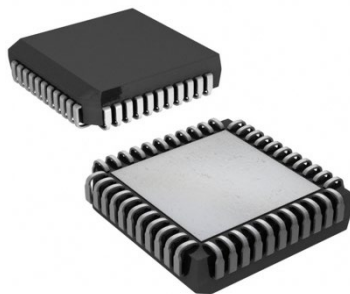


Рис. 1.16.12. ИС с *PLCC* корпусом

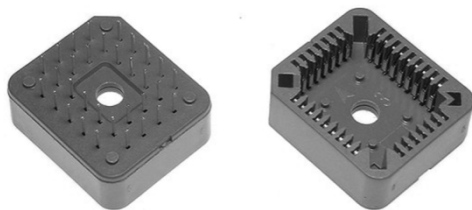


Рис. 1.16.13. Панель для установки ИС с *PLCC* корпусом

CLCC корпус (CeramicLeadlessChipCarrier) – это низкопрофильный квадратный керамический корпус с расположенными на его нижней части контактами, предназначенный для поверхностного монтажа (рис. 1.16.14).

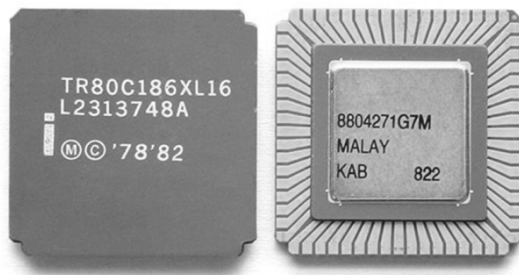


Рис. 1.16.14. ИС с *CLCC* корпусом

Существуют также корпуса планарных микросхем с двухрядным расположением выводов (рис. 1.16.15). К ним относятся корпусы типов *SOIC* (*Small Outline Integrated Circuit*, рис. 1.16.15, а) и *SOP* (*Small Outline Packages*, рис. 1.16.15, б) с выводами в форме крыла чайки. Шаг расположения выводов у этого типа корпусов составляет 1,27 мм, количество выводов – от 6 до 42.

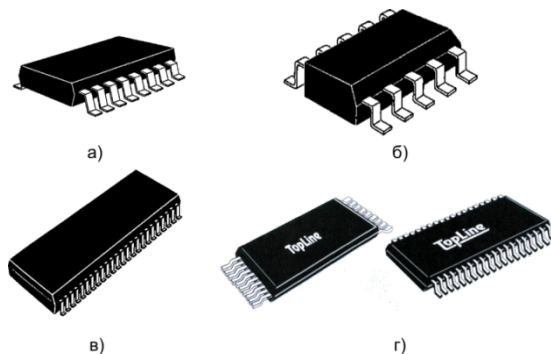


Рис. 1.16.15. Разновидности планарных микросхем с двухрядным расположением выводов: а – корпус типа *SOIC*; б – корпус типа *SOP*; в – корпус типа *SSOIC*; г – корпуса типа *TSOP*

Дальнейшим развитием корпусов подобного типа явилось создание корпуса *SSOIC* (*Shrink Small Outline Integrated Circuit*) с уменьшенным до 0,635 мм расстоянием между выводами при максимальном их количестве 64 (рис. 1.16.15, в) и корпуса *TSOP* (*Thin Small Outline Packages*) с уменьшенной до 1,27 мм высотой корпуса и уменьшенным до 0,3 – 0,4 мм расстоянием между выводами (рис. 1.16.15, г). Существуют и другие разновидности корпусов этого типа: *SSOP*, *TSSOP*, *MSOP*.

Для уменьшения монтажной площади были разработаны корпуса типа *SOJ* (*Small Outline with «J» leads*) с двусторонним расположением выводов J-образной формы, загнутых под корпус (рис. 1.16.16). Шаг расположения выводов – 1,27 мм, общее их количество – от 14 до 44.

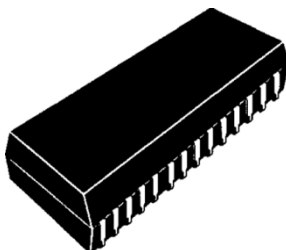


Рис. 1.16.16. Корпуса типа *SOJ*

Если количество выводов ИС превышает 150...200, предпочтительнее использовать матричную систему выводов, так как она делает возможным размещение большого количества выводов на ограниченной площади. Существуют следующие корпуса с матричным расположением выводов:

- *PGA*;
- *BGA*;
- *CGA*;
- *CSP*.

PGA корпуса (*PinGridArray*) представляют собой квадратный или прямоугольный корпус с расположенными в нижней части штырьковыми контактами. В современных процессорах контакты расположены в шахматном порядке. В зависимости от материала корпуса выделяют три варианта исполнения:

- *PPGA* (рис. 1.16.17, а) имеет пластиковый корпус;
- *CPGA* (рис. 1.16.17, б) имеет керамический корпус;
- *OPGA* (рис. 1.16.17, в) имеет корпус из органического материала.

Существуют следующие модификации корпуса *PGA*:

- *FCPGA (Flip-ChipPGA)* — в данном корпусе открытый кристалл процессора расположен на верхней части корпуса (рис. 1.16.17, г);
- *FCPGA2 (Flip-ChipPGA 2)* — отличается от *FCPGA* наличием теплораспределителя, закрывающего кристалл процессора (рис. 1.16.17, д);
- *μFCPGA (MicroFlip-ChipPGA)* — компактный вариант корпуса *FCPGA* (рис. 1.16.17, е);
- *μPGA (MicroPGA)* — компактный вариант корпуса *FCPGA2* (рис. 1.16.17, ж).

Для обозначения корпусов с контактами, расположенными в шахматном порядке иногда используется аббревиатура *SPGA (StaggeredPGA)*.

BGA корпуса (*BallGridArray*) представляют собой корпус *PGA*, в котором штырьковые контакты заменены на шарики припоя (рис. 1.16.18). Они предназначены для поверхностного монтажа. Чаще всего *BGA* корпуса используются в мобильных процессорах, чипсетах и современных графических процессорах.

Есть несколько разновидностей *BGA* корпусов:

PBGA (Plastic Ball Grid Array) – пластмассовые корпуса с матрицей шариковых выводов;

CBGA – (*Ceramic Ball Grid Array*) – керамические корпуса с матрицей шариковых выводов.

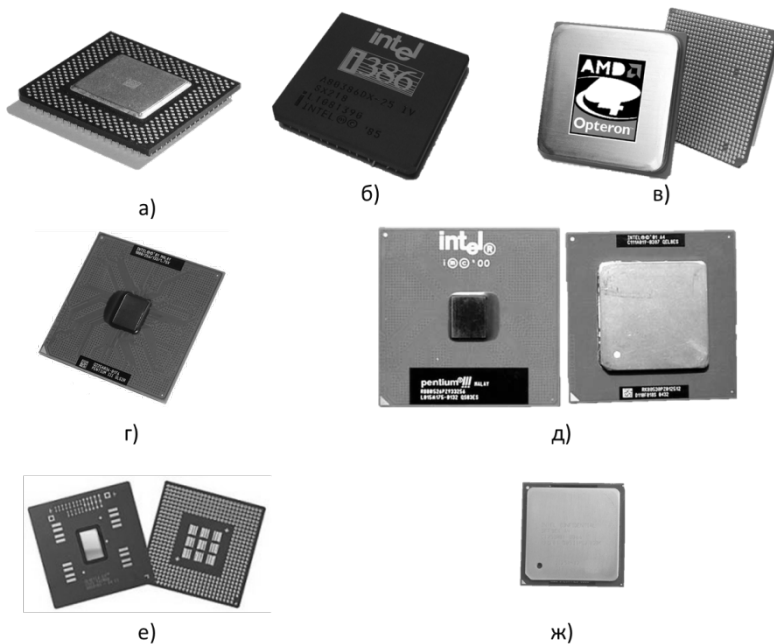


Рис. 1.16.17. Разновидности *PGA* корпусов: а – *PPGA*; б – *CPGA*; в – *OPGA*; г – *FCPGA*; д – *FCPGA2*; е – μ *FCPGA*; е – μ *PGA*

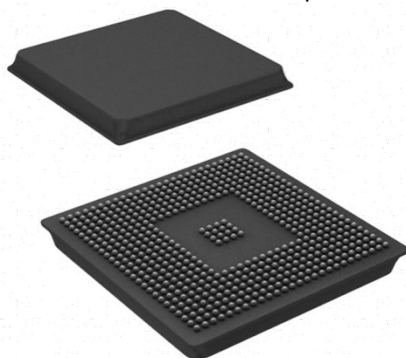


Рис. 1.16.18. ИС в корпусе *BGA*

Существуют следующие модификации корпуса *BGA*:

- *FCBGA (Flip-Chip BGA)* — в данном корпусе открытый кристалл процессора расположен на верхней части корпуса, изготовленного из органического материала (рис. 1.16.19);
- μ *BGA (Micro BGA)* и μ *FCBGA (Micro Flip-Chip BGA)* — компактные варианты корпуса (рис. 1.16.20);
- *HSBGA* (рис. 1.16.21).



Рис. 1.16.19. ИС в корпусе *FCBGA*

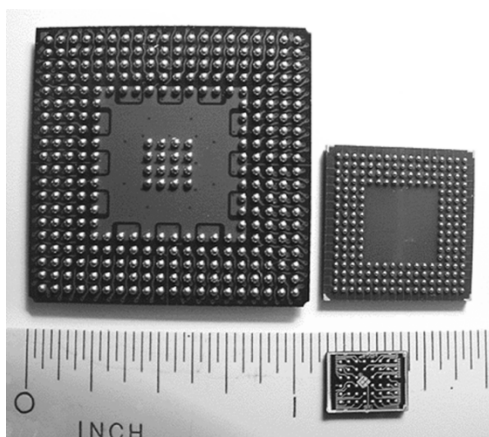


Рис. 1.16.20. Сравнение ИС в корпусах *BGA* (слева) и *μBGA* (справа)

CCGA корпуса (*Column Grid Array*) представляют собой керамические корпуса с матрицей столбиковых выводов (рис. 1.17.22). Иногда данный тип корпуса обозначается просто *CGA*.

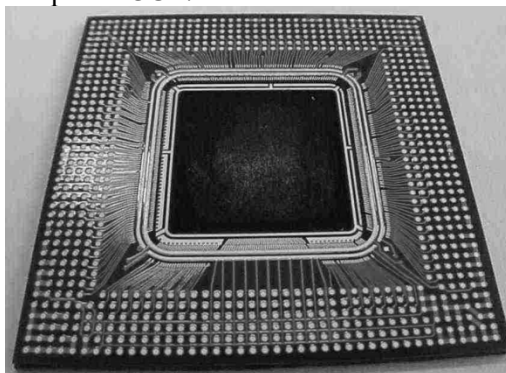


Рис. 1.16.21. ИС в корпусе *HSBGA*

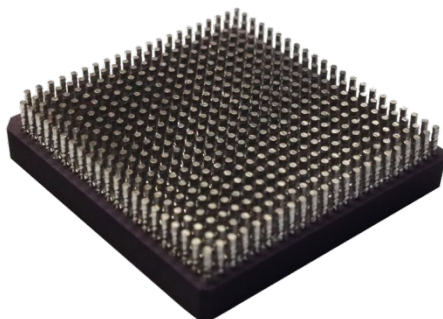


Рис. 1.16.22. ИС в корпусе *CCGA*

Развитие технологии изготовления корпусов *BGA* привело к созданию корпусов *CSP* (*Chip Scale Package*), содержащих два и более кристаллов. Пример таких корпусов показан на рис. 1.16.23, а конструкция ИС в *CSP* корпусе – на рис. 1.16.24.

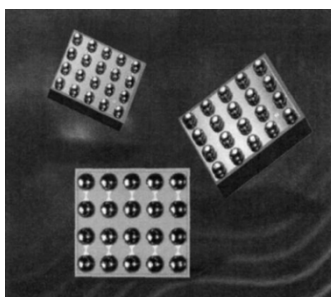


Рис. 1.16.23. ИС в корпусе *CSP*

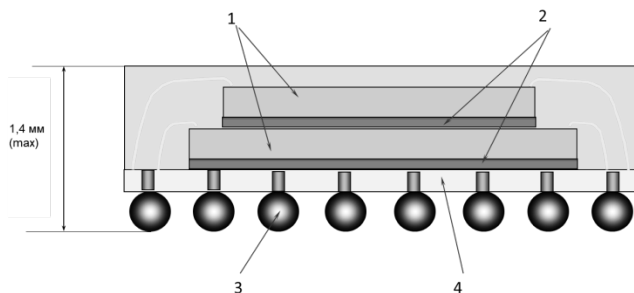


Рис. 1.16.24. Конструкция ИС в корпусе *CSP*:

- 1 – верхний и нижний кристаллы; 2 – слой электропроводящей пасты; 3 – шариковый вывод припоя; 4 – диэлектрик

Достоинства матричной системы выводов:

- минимальная площадь монтажного поля подложки;

- наличие свободных мест для размещения элементов теплоотвода на подложку;
- лучшие условия обеспечения функциональной производительности электронных модулей за счет меньших паразитных эффектов на быстродействующих операциях;
- упрощение технологии поверхностного монтажа на печатную плату за счет использования процессов оплавления припоя при групповом нагреве;
- большой выход готовой продукции.

Недостатки матричной системы выводов:

- необходимы дополнительные капиталовложения для обеспечения позиционирования выводов на плате и тестирования паек, не доступных для визуализации.
- ограниченная длина выводов не обеспечивает демпфирования для компенсации рассогласования температурных расширений материалов в иерархии межсоединений и не обеспечивает необходимую для особых условий устойчивость к механическим воздействиям, связанным с деформацией подложек, в силу этого перечень материалов для использования в этой системе межсоединений очень ограничен и все они дороже обычных.

Герметизация корпусов клеем. Приклеивание крышки к основанию корпуса применяют при герметизации приборов в корпусах больших габаритов, к которым предъявляются невысокие требования по герметичности, или для наклеивания оптических окон (стекло, германий и т. д.) на металлическую рамку, используемую в качестве крышки корпуса. Для приклеивания крышек корпусов применяют различные клеевые составы с высокой вязкостью в жидком состоянии, а для приклеивания оптических окон – порошковые клеевые составы, состоящие из смеси эпоксидного мономера, ангидридного отвердителя, пластифицирующего модификатора и мелкодисперсного неорганического наполнителя. На площадь склеивания до 0,5мм² клей наносят напрессовкой, а на большую поверхность клей протирают через проволочный трафарет. Затем клей оплавляют при температуре 140–150°С с образованием формополимера. Крышки помещают в специальные кассеты клеем вверх, сверху укладывают основания корпусов и помещают в термошкаф. Процесс склеивания состоит из процесса желирования (при температуре 155–160°С в течение 10–20ч) и процесса отверждения (при температуре 155–160°С в течение 24ч).

Герметизация корпусов пайкой. Пайку применяют для герметизации приборов с большими габаритными размерами в плоских корпусах. Процесс герметизации пайкой состоит в соединении металлических или металлизированных деталей корпусов с помощью припоя, который, расплавляясь, заполняет капиллярный зазор между ними.

Для герметизации корпусов пайкой используют мягкие припои на основе олова и свинца типа ПОС-61 (температура пайки около 240°C) и свинцово-серебряный припой ПСр-2,5 (температура пайки около 340°C). Низкотемпературную пайку ведут в печах при нагреве конвекцией и струей горячего газа.

Герметизация корпусов холодной сваркой. Герметизацию корпусов полупроводниковых приборов холодной сваркой осуществляют по замкнутому контуру корпуса без нагрева. Вакуум-плотное сварное соединение образуется за счет деформации свариваемых деталей с использованием гидравлических, пневматических, пневмогидравлических и механических прессов, обеспечивающих необходимое усилие сжатия. Детали корпусов, которые герметизируются холодной сваркой, изготавливают из пар металлов медь–медь, медь–сталь, медь–ковар. В качестве основания корпуса служит фланец, который содержит выводы, изолированные от него стеклом или керамикой. Крышку корпуса изготавливают в виде баллона с отбортовкой (рис. 1.16.25, а).

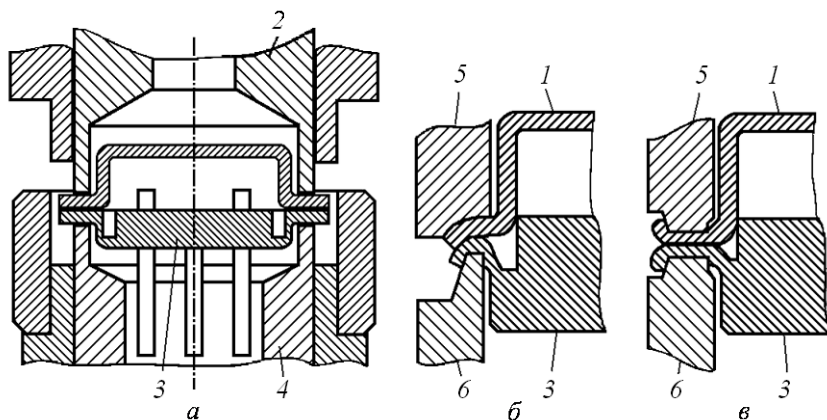


Рис. 1.16.25. Схема холодной сварки:

- а – положение корпуса в установке сварки с предварительным сдавливанием;
 б – односторонняя сварка; в – двусторонняя сварка; 1 – крышка (баллон);
 2 – пуансон предварительного сдавливания; 3 – основание корпуса;
 4 – матрица предварительного сдавливания;
 5 – сварочный пуансон; 6 – матрица

Различают *одностороннюю* и *двустороннюю* холодную сварку. При односторонней сварке (рис. 1.16.25, б) в основном деформируется по замкнутому контуру только одна из свариваемых деталей. Эта сварка предпочтительна для герметизации корпусов, детали которых изготавливают из разнородных металлов. В этом случае устраняется опасность образования сильно подрезанного участка шва с наружной

стороны детали из более пластичного металла и, следовательно, нарушение герметичности в процессе эксплуатации прибора. При двусторонней холодной сварке (рис. 1.16.25, в) по замкнутому контуру деформируются обе свариваемые детали.

Герметизация корпусов аргоно-дуговой сваркой. Аргоно-дуговую сварку выполняют в среде инертного газа (аргона) плавящимися или неплавящимися электродами в специальных камерах (скафандрах), заполненных инертным газом, или при подаче инертного газа непосредственно в зону сварки. Для поддержания непрерывного горения дуги при переходе с герметизации одного корпуса на другой иногда используют дополнительную дугу, мощность которой составляет 10–15% мощности основной дуги.

Основными параметрами аргоно-дуговой сварки являются сварочный ток, скорость сварки, длительность импульса, частота следования импульсов, длительность паузы, давление защитного газа в рабочей камере.

Схема образования сварного соединения при герметизации корпусов аргоно-дуговой сваркой представлена на рис. 1.16.26.

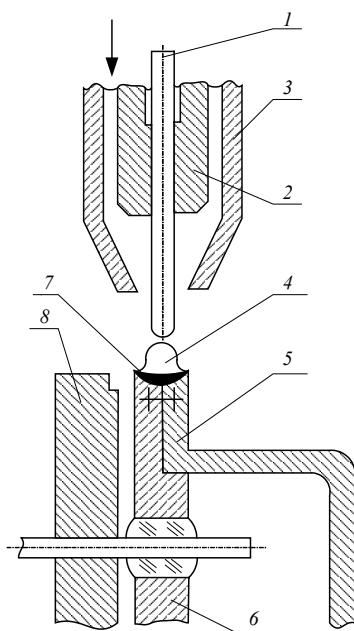


Рис. 1.16.26. Схема образования сварного соединения при герметизации корпусов аргоно-дуговой сваркой:

- 1 – вольфрамовый электрод; 2 – цанга; 3 – сопло; 4 – дуга;
5 – крышка корпуса; 6 – основание корпуса; 7 – сварное соединение;
8 – приспособление для крепления корпуса

Достоинствами аргонно-дуговой сварки являются возможность регулирования длительности нагрева и охлаждения в зоне соединения, простота управления процессами диффузии и дегазации жидкого металла.

К недостаткам аргонно-дуговой сварки следует отнести нестабильность горения дуги, высокие требования к изготовлению деталей корпусов (ограничение свариваемых пар материалов, минимальные отклонения их по толщинам, плоскостности, ширине и смещению) и оснастки, влияние покрытий на качество сварных соединений, необходимость применения эффективных теплоотводов, исключаящих нагрев выше допустимой температуры.

Герметизация корпусов лазерной сваркой. Герметизация лазерной сваркой предусматривает формирование непрерывного сварного шва за счет перекрывающихся сварных точек, образующихся в результате превращения импульсов световой энергии в тепловую при воздействии сфокусированного лазерного луча (рис. 1.16.27). Коэффициент перекрытия сварных точек для герметичных швов должен составлять 0,3–0,8, а для вакуум-плотных швов – не менее 0,5. Основными параметрами лазерной сварки являются энергия лазерного излучения, длительность и частоту следования импульсов, диаметр светового пятна на свариваемой поверхности. К достоинствам лазерной сварки относят возможность сварки трудносвариваемых или не поддающихся сварке другими методами металлов практически в любых средах при минимальной деформации свариваемых деталей. Малые размеры зоны термического влияния и структурных изменений позволяют с помощью лазерной сварки выполнять сварные швы в непосредственной близости от металлостеклянных спаев с высоким процентом выхода годных изделий по герметичности (до 99%).

К недостаткам лазерной сварки следует отнести незначительную глубину проплавления соединяемых металлов при средних мощностях излучения; выплески испаряемого металла при использовании мощных лазеров; необходимость удаления образующихся ядовитых газов и ионизированных паров свариваемых металлов; высокие требования к точности изготовления деталей корпусов; низкую производительность.

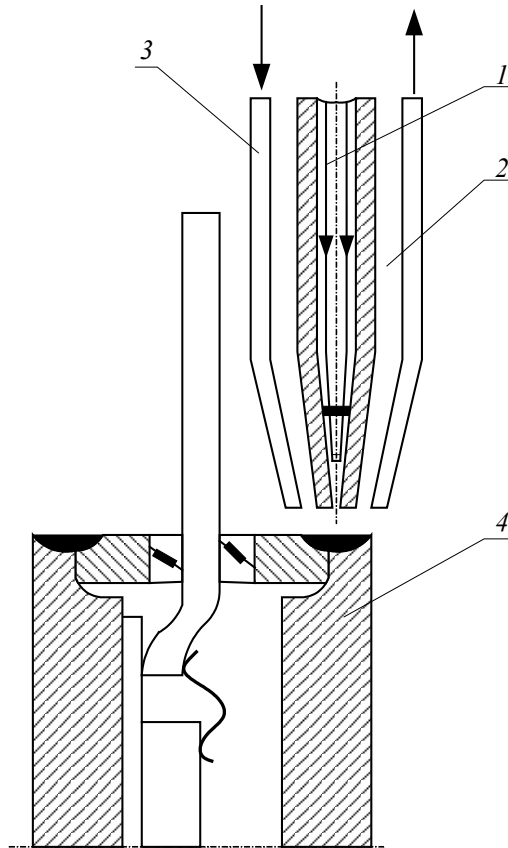


Рис. 1.16.27. Герметизация лучом лазера:

1 – лазерный луч; 2 – отсос продуктов горения; 3 – подача инертного газа;
4 – верхняя крышка

Герметизация корпусов шовной контактной (роликовой) сваркой.

Односторонняя шовная контактная (роликовая) сварка – наиболее распространенный способ герметизации микросхем в металлостеклянных и металлокерамических корпусах прямоугольной и квадратной формы.

Процесс сварки происходит при перемещении двух конических роликов, свободно вращающихся на полуосях по противоположным кромкам крышки (рис. 1.16.28). Ролики с определенным усилием прижимаются к кромкам крышки и вращаются за счет сил трения. При подаче сварочных импульсов от источника питания происходит выделение тепла в зоне контакта сварочных роликов с кромкой крышки. Сварное соединение осуществляется расплавлением покрытий крышки и основания корпуса с образованием наплыва, т. е. расплавленного металла, выдавленного в зоне стыка деталей. При этом сварной шов получают в результате перекрытия сварных точек,

образующихся при контакте сварных роликов с крышкой корпуса. Для получения герметичных сварных швов коэффициент перекрытия сварных точек должен составлять 0,5–0,8.

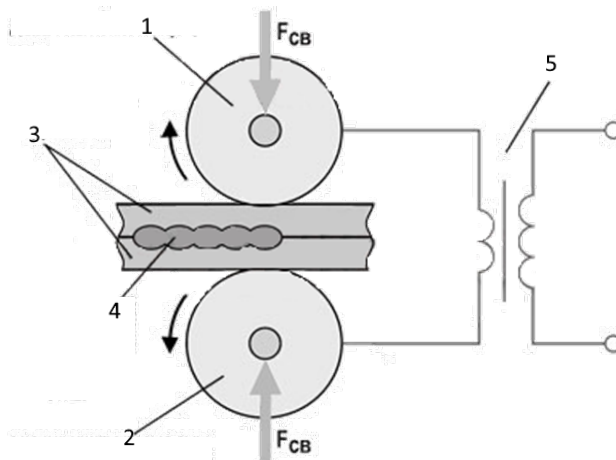


Рис. 1.16.28.Схема контактной роликовой сварки:

1,2 – дисковые электроды; 3 – свариваемые детали; 4 – шов из перекрывающихся друг друга точек; 5 – источник тока

Основными параметрами шовной контактной (роликовой) сварки являются амплитуда сварочного напряжения, длительность сварочного импульса, частота следования сварочных импульсов, усилие на сварочных роликах.

К достоинствам герметизации шовной контактной (роликовой) сварки относят высокую прочность и надежность сварного шва, высокую герметичность, большой процент выхода годных изделий (до 99%); незначительный разогрев корпуса, высокую производительность.

К недостаткам шовной контактной (роликовой) сварки следует отнести низкую стойкость электродов, высокие механические напряжения в зоне контакта роликов с крышкой, нестабильность размеров сварного шва, приводящую к непровару или перегреву корпуса, возможность возникновения начального выплеска при сварке, приводящего к быстрому износу сварочных роликов и браку приборов.

1.16.3. КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ

Качество герметизации корпусов оценивают наличием дефектов визуально и наличием течей. В качестве единицы измерения используют

течь, при которой за 1св объеме 1л, где создан вакуум, давление возрастает на 1 мкм рт. ст. Загерметизированные приборы контролируют на наличие малых и больших течей.

Для *контроля малых течей* чаще всего применяют масс-спектрометрический метод и метод с использованием электроотрицательного газа. Масс-спектрометрический метод контроля герметичности ИС широко распространен, так как обладает высокой чувствительностью и надежностью. Он основан на разделении молекул сложной парогазовой смеси по массам и измерении ионного тока ионизированных молекул какой-либо определенной массы. В качестве контрольного газа обычно используют гелий, так как он обладает высокой проникающей способностью; малым содержанием в атмосфере, что дает незначительный фоновый уровень при измерениях; масс-спектрометрический пик гелия резко отличается от пиков газов, содержащихся в атмосфере; гелий при попадании в прибор не оказывает влияния на структуру и работоспособность устройства. Контролируемые ИСспрессовывают в камере опрессовки в атмосфере гелия под давлением 400кПа в течение 4–6ч. Затем их помещают в камеру, где создается вакуум. Если в процессе опрессовки гелий проник через течи в корпус, то его утечка в вакууме обнаруживается течеискателем, и прибор отбраковывается.

К недостаткам масс-спектрометрического метода контроля герметичности следует отнести низкую производительность; сложность обслуживания оборудования; необходимость создания высокого вакуума; высокую квалификацию специалистов; невозможность контролировать большие течи, так как при наличии в корпусе больших течей гелий выходит через них до контроля герметичности.

Для *контроля герметичности по большим течам* чаще всего используют вакуумно-жидкостной или пузырьковый методы. Вакуумно-жидкостной метод основан на визуальном наблюдении выходящих через течи пузырьков воздуха. В этом случае ИС помещают в специальную жидкость (уайт-спирит), над которой создают вакуум. Вследствие перепада давления воздух из негерметичного корпуса ИС будет выходить через течи в виде непрерывной цепочки пузырей.

При контроле герметичности на большие течи пузырьковым методом контролируемые ИС помещают в жидкость (этиленгликоль), нагретую до температуры порядка 120–140°С. Течь определяют также по наличию непрерывной цепочки пузырей.

1.16.4. МОНТАЖ КРИСТАЛЛОВ В КОРПУС

Для обеспечения электрического контакта с корпусом ИС на кристаллах выполняются контактные площадки, которые представляют собой расширенные области коммутационных проводников (рис. 1.16.29). Их размеры определяются конструкцией выводов. Контактные площадки выносят на периферийную часть кристалла за пределы активной зоны и располагают на слое толстого окисла для уменьшения паразитной емкости выводов, повышения надежности и выхода годных микросхем в процессе производства.

В микросхемах повышенной надежности под контактными площадками формируют n -области, изолированные p - n -переходом или пленочным диэлектриком.

Для обеспечения электрического контакта между контактными площадками кристалла и выводами микросхемы могут использоваться следующие виды выводов:

- проволочные выводы;
- паучковые выводы;
- шариковые выводы;
- столбиковые выводы;
- балочные выводы.

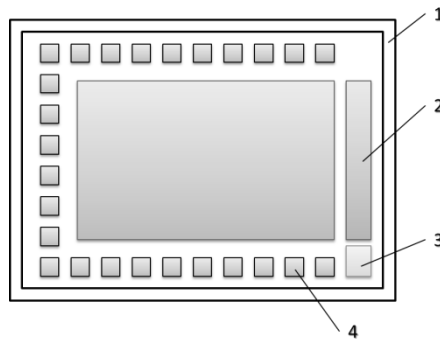


Рис. 1.16.29. Схема кристалла ИС:

1 – крайберная дорожка; 2 – область для тестовых элементов; 3 – область знаков совмещения; 4 – контактные площадки

Монтаж с использованием проволочных выводов показан на рис. 1.16.30. Полупроводниковый кристалл 2 приклеивается на подложку 1. Проволочные выводы 4 развариваются к контактным площадкам кристалла 3 и подложки 5.

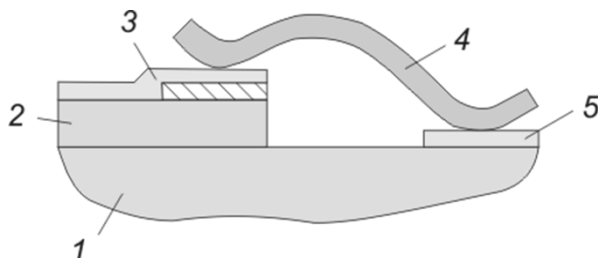


Рис. 1.16.30. Схема монтажа кристалла ИСс помощью проволочных выводов: 1 – подложка; 2 – полупроводниковый кристалл; 3 – контактная площадка полупроводникового кристалла; 4 – проволочный вывод; 5 – контактная площадка подложки

Проволочные выводы изготавливают из золотой или алюминиевой проволоки диаметром 25... 50 мкм. Золотая проволока позволяет получать высококачественные электрические соединения методом термокомпрессии или пайки. Для контактирования алюминиевых проволочек используют ультразвуковую сварку, которая характеризуется пониженной механической прочностью.

Недостатки проволочного монтажа:

- сложность;
- высокая стоимость;
- низкая надежность;
- автоматизация проволочного монтажа крайне затруднительна, так как она связана с тщательным и очень кропотливым совмещением вывода, контактной площадки и рабочей поверхности инструмента при выполнении каждого монтажного соединения.

Для облегчения автоматизации монтажа применяют паучковые выводы (рис. 1.16.31). Их выполняют, как правило, из меди. Паучковые выводы кристалла присоединяют групповой пайкой или сваркой к консольным выводам рамки корпуса микросхемы. На сборку микросхемы поступают кристаллы с паучковыми выводами, закрепленные на перфорированной ленте-носителе из полиимидной пленки толщиной ~35 мкм. Для контроля параметров микросхемы на ленте-носителе предусмотрены контактные площадки. Предварительную защиту кристалла от воздействия внешней среды осуществляют каплей эпоксидного компаунда.

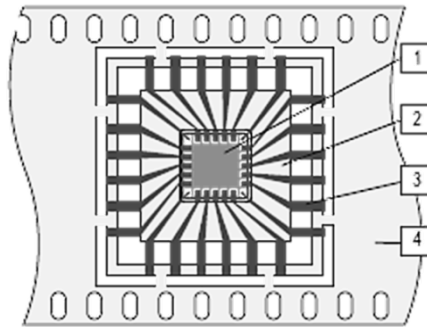


Рис. 1.16.31. Ленточный носитель кристалла ИС:

1 – кристалл ИС; 2 – кадр ленточного носителя; 3 – контактные площадки для монтажа носителя к подложке; 4 – транспортная лента для автоматизации установки кристалла на монтажную подложку

Монтаж с использованием балочных выводов показан на рис. 1.16.32. При этом кристалл может располагаться или монтажной стороной вниз (рис. 1.16.32, а), или монтажной стороной вверх (рис. 1.16.32, б)

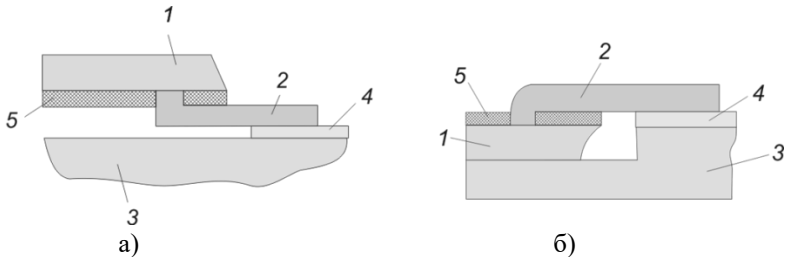


Рис. 1.16.32. Монтаж кристалла ИС с помощью балочных выводов:

а – монтажной стороной кристалла вниз; б – монтажной стороной кристалла вверх;
1 – полупроводниковый кристалл; 2 – балочный вывод; 3 – подложка; 4 – контактная площадка подложки; 5 – слой SiO_2

Монтаж кристалла с использованием шариковых выводов показан на рис. 1.16.33. Структура жестких объемных выводов, формируемых на кристалле, приведена на рис. 1.16.34.

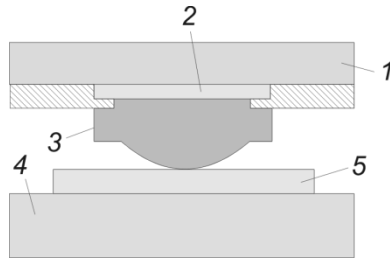


Рис. 1.16.33. Монтаж кристалла ИС с помощью шариковых выводов: 1 – полупроводниковый кристалл; 2 – контактная площадка полупроводникового кристалла; 3 – шариковый вывод; 4 – подложка; 5 – контактная площадка подложки

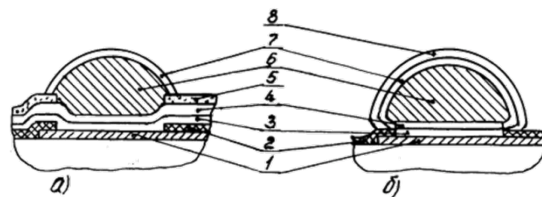


Рис. 1.16.34. Структура жестких объемных выводов на кристалле ИС: 1 – алюминий; 2 – SiO_2 ; 3 – ванадий; 4 – тонкая медь; 5 – фотомаска; 6 – гальваническая медь; 7 – серебро; 8 – припой

В последнее время большую популярность при корпусировании ИС приобрел метод перевернутого кристалла, также известный как *Flip-Chip*. Суть данного метода заключается в присоединении полупроводникового кристалла интегральной схемы на подложку активной стороной вниз (рис. 1.16.35). Выводы кристалла могут быть выполнены из проводящего полимера, а также представлять собой металлические шарики или столбики металла из золота или меди, припоя или металлические контактные площадки. Методы присоединения кристаллов по технологии *Flip-Chip* включают ультразвуковую и термозвуковую сварку, присоединение с помощью анизотропных или изотропных проводящих клеев, пайку оплавлением. Далее кристалл герметизируется с помощью эпоксидного компаунда.



Рис. 1.16.35. Метод перевернутого кристалла (*Flip-Chip*)

Основными преимуществами технологии сборки методом перевернутого кристалла являются возможность матричного расположения контактных площадок и очень малая протяженность межкомпонентных соединений, что сводит к минимуму величину их паразитной индуктивности и, кроме того, увеличивает компактность ИС. Основные недостатки этого метода — худшие тепловые характеристики (по сравнению с кристаллом, присоединенным обычным способом) и трудность герметизации матрицы контактных площадок.

1.16.5. МОНТАЖ КРИСТАЛЛА ИС НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ПЛАТУ

В случае, если есть возможность отказаться от использования корпуса и монтировать кристалл ИС непосредственно на плату, можно значительно уменьшить массогабаритные характеристики получаемого устройства. Особенно подобная экономия выгодна для аппаратуры, которая эксплуатируется в авиационной или космической технике. Однако при этом нужна общая герметизация устройства, чтобы избежать контакта кристалла с окружающей средой.

Существуют 3 технологии монтажа кристаллов непосредственно на плате:

- «кристалл-на-плате» — *COB (Chip-on-Board)*;
- «кристалл-на-стекле» — *COG (Chip-on-Glass)*;
- «кристалл-на-полимере» — *COF (Chip-On-Flex)*.

При технологии «кристалл-на-плате» (*COB*, рис. 1.16.36) кристалл приклеивается к печатной плате, после чего с разваркой проволочных выводов присоединяется к контактным площадкам на плате. Герметизация осуществляется заливкой кристалла компаундом.

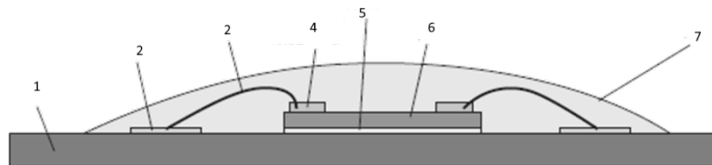


Рис. 1.16.36. Монтаж кристалла ИС на плату: 1 – печатная плата, 2 – контактная площадка на плате, 3 – проводник, 4 – контактная площадка на кристалле, 5 – клей, 6 – кристалл, 7 – герметизирующий компаунд

Достоинства:

- низкая стоимость;
- разнообразие вариантов разводки платы;

- короткий период производства;
- широкий температурный диапазон и высокая механическая прочность конструкции.

Присоединение контактных площадок на кристалле с контактными площадками на плате может осуществляться и методами, которые используются для создания печатных плат (рис. 1.16.37 и 1.16.38).

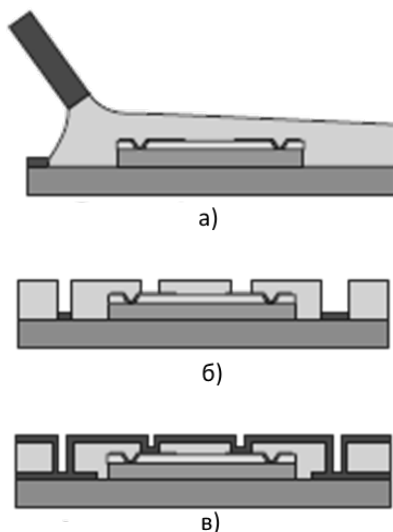


Рис. 1.16.37. Соединение межсоединений кристалла ИС с платой аддитивным методом: а – заливка фоторезистом; б – проявление фоторезиста; в – аддитивная металлизация

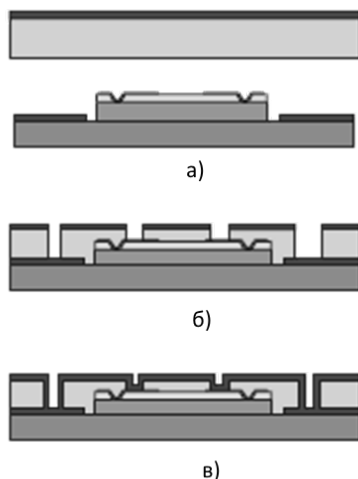


Рис. 1.16.38. Соединение межсоединений кристалла ИС с платой субтрактивным методом: а – наложение фольгированной пленки; б – лазерное сверление отверстий; в – металлизация и травление рисунка

Технология «кристалл-на-полимере» (*COF*) представляет собой способ компоновки, при котором кристалл микросхемы, пассивные и активные компоненты располагаются на тонкой полиимидной пленке. Ее достоинством является очень малая толщина и масса готового изделия, что важно при использовании такой сборки в компактных устройствах (например, в сотовых телефонах).

Основные недостатки:

- сравнительно высокая стоимость;
- низкая механическая прочность.

Технология «кристалл-на-стекле» (*COG*) используется в технологиях дисплеев, когда управляющую микросхему, пассивные компоненты, схему температурной компенсации и ПЗУ знакогенератора располагают непосредственно на подложке дисплея, что уменьшает габариты и стоимость модуля. Дисплеи, изготовленные по технологии *COG*, широко применяются в портативных приборах. Недостатком этой технологии является необходимость дополнительных элементов конструкций для защиты от электромагнитных помех и инфракрасного излучения.

1.16.6. МНОГОКРИСТАЛЬНЫЕ МОДУЛИ

В последние годы все большую популярность набирает технология создания многокристалльных модулей — *MCM (Multi-Chip-Module)*, при

которой несколько кристаллов объединяются в одно устройство под одним корпусом. Связано это с тем, что дальнейшее уменьшение проектных норм ИС может оказаться слишком дорого и не принести экономической выгоды. Технология же *MCM* позволяет, размещая в один корпус несколько кристаллов, экономить монтажную площадь.

Для создания многокристальных модулей чаще всего используется стапеллирование – кристаллы размещаются один над другим (рис. 1.16.39). Самой дорогой частью в *MCM* является монтажное основание. Варианты его исполнения показаны на рис. 1.16.40. Самым дешевым из них является *MCM-L*.

Можно также использовать *MCM* на гибкой монтажной подложке, которая затем сворачивается в компактный объем (рис. 1.16.41).

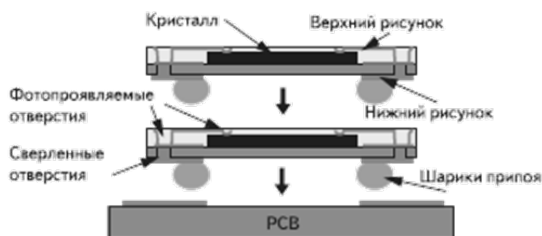


Рис. 1.16.39. Стапеллирование двух кристаллов

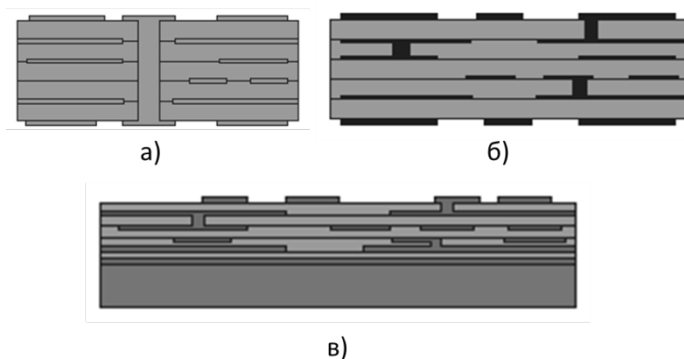


Рис. 1.16.40. Варианты исполнения монтажных оснований *MCM*:
а – *MCM-L*; б – *MCM-C*; в – *MCM-D*

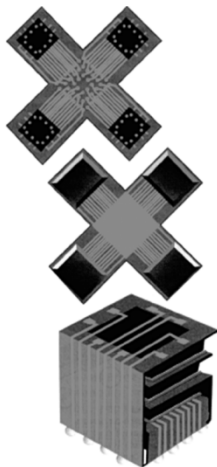


Рис. 1.16.41. Стапелирование многокристального модуля на гибкой монтажной подложке

ТЕСТЫ К ЛЕКЦИИ 16

Вопрос 1	Какой из указанных типов корпусов относится к корпусам с матричной системой выводов?
Ответы:	
1	<i>BGA</i>
2	<i>DIP</i>
3	<i>CLCC</i>
Вопрос 2	Какие выводы могут использоваться в методе <i>Flip-Chip</i> ?
Ответы:	
1	Шариковые.
2	Проволочные.
3	Паучковые.