

«Технология и оборудование сборки и монтажа интегральных микросхем»

Моторин А. РБД-31

Введение

Сборка полупроводниковых приборов и интегральных микросхем является одним из наиболее ответственных технологических этапов в общем цикле их изготовления. Стабильность электрических параметров и надежность готовых полупроводниковых приборов и ИМС, чаще всего, зависят от качества сборочных операций.

Сборочные операции производства изделий в микроэлектронике занимают место между комплексом операций по созданию структур на полупроводниковой пластине и операциями по окончательному корпусированию изделий, образуя с последними комплекс финишных операций.

Введение

Сборочным операциям предшествуют следующие операции: визуальный контроль кристаллов; зондовый контроль электрических параметров; разделение подложек на кристаллы. Особенностью сборки полупроводниковых приборов и ИМС являются:

- малые толщины проводников от 10 до 200 мкм;**
- малые толщины пленок от 0,05 до 5 мкм;**
- использование индивидуальной обработки изделий. Это приводит к высокой удельной трудоемкости сборочных операций в технологическом цикле изготовления изделий микроэлектроники и повышает требования к высокой производительности и точности при максимальной автоматизации процессов сборки.**

Раздел 1. Разделение пластин на кристаллы

Операции, предшествующие сборке полупроводниковых приборов и ИМС. К операциям, предшествующим сборке, относятся:

- зондовый контроль электрических параметров;
- разделение пластин на кристаллы.

Зондовый контроль электрических параметров проводят следующим образом: кристалл на полупроводниковой пластине с помощью контактирующего устройства подключается к измерителю для контроля электрических параметров. Операция зондового контроля представляет собой поэтапное испытание полупроводниковых кристаллов путем контакта электропроводных зондов с контактными площадками каждого кристалла.

Установки зондового контроля обеспечивают подключение электрических цепей измерителей статических и динамических параметров ИМС к контактным площадкам кристалла с помощью контактных зондов. Основным требованием к зондовым установкам являются следующие: обеспечить необходимые параметры контактирования при помощи измерительных зондов. Для измерений используют различные виды зондовых установок: ЭМ-6010, ЭМ-6010-1, ЭМ-6020, ЭМ-6020-1, ЭМ-490 и другие. Установки состоят из следующих основных частей: механизма позиционирования, устройства точной ориентации, устройства визуального наблюдения, комплекта контактирующих устройств, механизма загрузки- выгрузки.

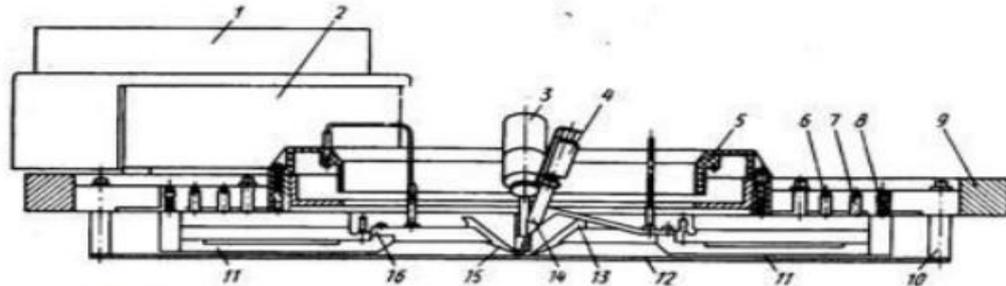


Рисунок 1.1 - Контактующее устройство установки зондового контроля

Операция разделения пластин на кристаллы предназначена для выделения каждого отдельного кристалла из пластины с целью последующей сборки этого кристалла в корпуса или на платы. Применяют следующие способы разделения пластин на кристаллы:

- сквозная резка пластин диском с наружной режущей кромкой;**
- сквозная резка пластин стальными полотнами и проволокой с применением абразива;**
- разделение пластин скрайбированием алмазным резцом или лазером с последующей ломкой;**
- ультразвуковая резка пластин;**
- разделение пластин травлением.**

Разделение пластины осуществляется по двух- или одностадийным механизмам. При использовании одностадийного механизма вначале наносят специальные риски по скрайберным дорожкам в двух взаимно перпендикулярных направлениях, такая операция называется скрайбированием. Во втором случае пластина разрезается насквозь специальным алмазным диском или лазером.

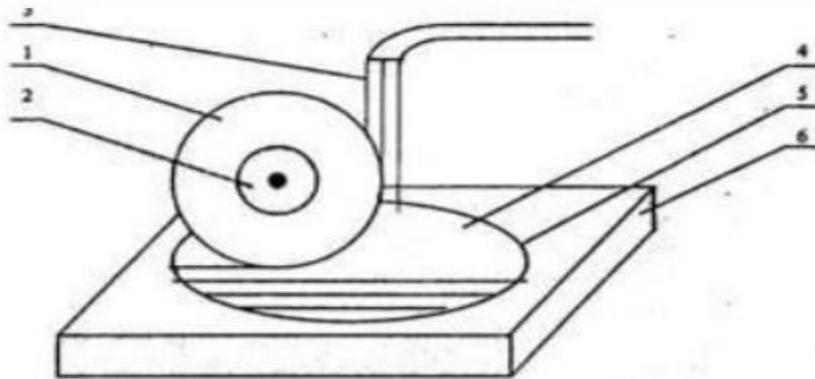


Рисунок 1.2 - Разделение пластин диском с наружной алмазной режущей кромкой

Дисковая резка проводится с использованием диска с алмазной режущей кромкой. Алмазные зерна, закреплённые в связке по краю диска, выполняют роль микрорезцов, удаляя с большой скоростью микростружку материала пластины. Резка пластин на кристаллы осуществляется с применением диска с наружной режущей кромкой. Современный ДАР согласно рисунка 1.3 представляет собой алюминиевый корпус, на который электрохимическим методом осажден никель, который является связующим материалом с различными абразивными включениями в качестве которых используются мелкие зёрна алмаза размером 3-5 мкм; никель удаляют химическим травлением для вскрытия режущей кромки.

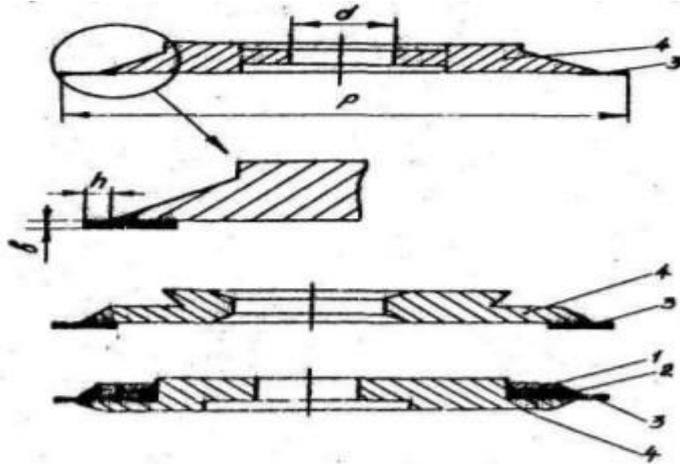


Рисунок 1.3 - Современный диск с наружной алмазной режущей кромкой

К операции разделения пластин на кристаллы предъявляются следующие требования:

- не содержать трещин, сколов по краям кристаллов
- иметь высокий процент выхода годных кристаллов;
- иметь геометрическую точность кристаллов;

После лазерного скрайбирования или скрайбирования алмазным диском пластину разламывают на кристаллы, прикладывая определенное механическое воздействие. При этом возникает изгибающее усилие, которое зависит от длины и ширины пластин. Существуют следующие методы разламывания:

- разламывание валиком;
- разламывание клином;
- разламывание пластин между двумя валиками;
- разламывание пластин на полусфере.



Рисунок 1.4 - Разламывание пластин валиком

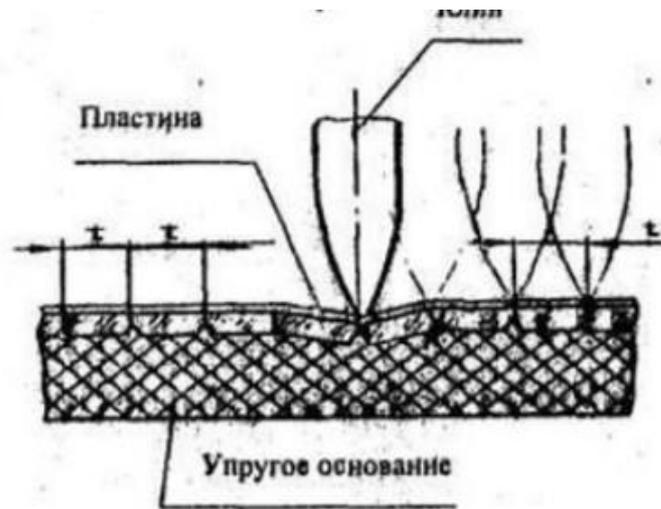


Рисунок 1.5 - Разламывание пластин клином

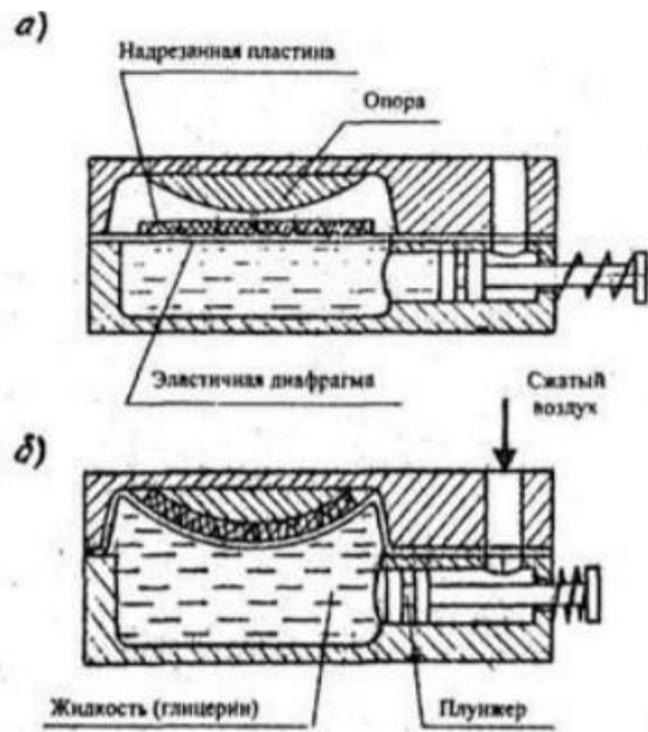


Рисунок 1.6 - Разламывание пластин на полусфере

Раздел 2 Методы сборки

Пайка. Характеристика процесса пайки. Виды пайки. Пайка – это процесс получения неразъемного соединения нагретых деталей с помощью расплавленного припоя, который взаимодействует с деталями образуя после кристаллизации прочный паяный шов. При пайке происходит взаимное растворение и диффузия основного металла и припоя в тонком приповерхностном слое соединения. Пайка характеризуется смачиваемостью и паяемостью. Паяемость – это свойство соединяемых материалов вступать в физико-химическое взаимодействие с расплавленным припоем и способность соединять материалы между собой. Смачиваемость зависит от вида контактируемых материалов, чистоты смачиваемых материалов, свойств припоя. По краевому углу смачивания можно определить качество смачивания согласно рисунка 2.1. Для химической очистки применяют флюсы, которые разрушают и удаляют оксидные пленки, а также защищают поверхность пока припой растекается по ней.



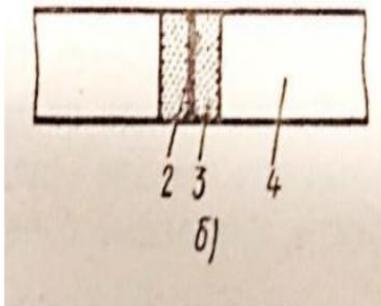
Рисунок 2.1- Определение смачиваемости по крайевому углу смачивания

Существуют следующие виды пайки: капиллярная, диффузионная, контактно-реактивная. При капиллярной пайке припой заполняет зазор между соединяемыми поверхностями и удерживается в нем капиллярными силами. Капиллярная пайка название условное, так как при любом виде пайки действуют капиллярные силы. Капиллярная пайка бывает горизонтальная и вертикальная в зависимости от расположения паяного шва.

Диффузионная пайка характеризуется длительностью выдержки при температуре нагрева соединяемых материалов, в результате этого в расплавленном шве возможно образование твердого раствора с постепенным изменением концентрации растворяемых металлов, что способствует повышению его прочности и жаростойкости. Контактное-реактивное соединение металлов происходит при контактном плавлении с образованием сплава металла с припоем. Припой должен обладать высокой механической прочностью, пластичностью и хорошей текучестью в жидкой фазе. Припой должен хорошо смачивать паяемое соединение и проникать в зазоры. ТКЛР припоя и паяемого материала должны быть близки. Кроме того, припои должны отвечать ряду специфических требований по электропроводности, теплопроводности, коррозионной стойкости и другие.

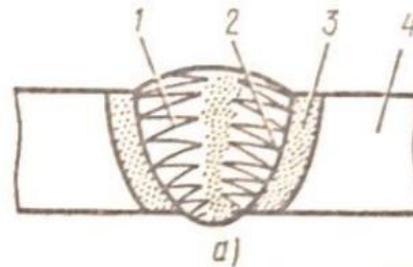
Сварка. Характеристика процесса сварки. Виды сварки.

Сваркой называется технологический процесс образования неразъемного соединения путем их местного сплавления или пластического деформирования, или одновременным действием того и другого. При сварке между свариваемыми металлами начинают действовать межатомные связи, которые обеспечивают прочность шва. Образование сварного соединения сопровождается сложными физическими и химическими соединениями: - электрическими; - тепловыми; - механическими. Сварка бывает двух видов: сварка давлением и сварка плавлением. Сварка плавлением проводится с помощью расплавления основного металла, формированием и кристаллизацией сварочной ванны; химическими реакциями на границе фаз (жидкой и твердой). Образование сварного соединения происходит по 2 схемам.



- 2 – зона сплавления (сцепления)
- 3 – зона термического влияния
- 4 – основной металл

Рисунок 2.3 – Образование сварного соединения при сварке давлением



- 1 – сварной шов
- 2 – зона сплавления (сцепления)
- 3 – зона термического влияния
- 4 – основной металл

Рисунок 2.2- Образование сварочной ванны, которая происходит при сварке плавлением

Сварка плавлением – это процесс получения неразъемного соединения при местном плавлении материалов в результате кристаллизации в расплаве которых образуются прочные связи между атомами. К сварке плавлением относятся: аргонодуговая сварка, плазменная сварка, лазерная сварка, электронно-лучевая сварка. Сварку давлением выполняют при температуре ниже точки плавления соединяемых деталей без использования припоев и с приложением усилия предназначенного для возникновения необходимой пластической деформации. К сварке давлением относят следующие виды сварки: термокомпрессионную, микроконтактную, холодную и диффузионную сварку.

Приклеивание. Характеристика процесса.

С помощью приклеивания образуются высокопрочные долговечные конструкции способные работать в широком диапазоне температур и в различных климатических условиях. Основными достоинствами данного метода являются: простота процесса, возможность соединения разнообразных материалов и упрощение конструкции микросхем. При приклеивании возникают различные силы: адгезия, ауагезия, когезия.

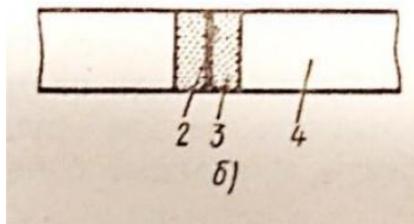
Достоинства клеевого соединения: -простота технологии -возможность получения соединений с необходимыми свойствами - возможность соединения разнообразных материалов

Недостатки: -невозможность демонтажа Клей наносят на подложку следующим образом: -вручную (с помощью иглы, кисти или монтажной лопатки, можно наносить клей с помощью шприца) - с помощью дозатора; - с помощью трафаретной печати.

Раздел 3 Монтаж кристаллов

В сборочном производстве микросхем операция монтажа проводят с целью крепления кристаллов на основание корпуса или на плату. Кристаллы могут крепиться непосредственно к основанию корпуса или к предварительно смонтированному промежуточному элементу термокомпенсатору или подложке. Монтаж обеспечивает необходимое расположение кристаллов, их прочное механическое соединение, надежный электрический контакт и хороший теплоотвод. Для монтажа кристаллов используют различные методы: - контактно-реактивная пайка; - эвтектическая пайка; - пайка низкотемпературными припоями; - монтаж приклеиванием; - монтаж низкотемпературными стеклами; - сборка на ленте носителя. При присоединении полупроводникового кристалла к основанию корпуса основными требованиями являются: высокая надёжность соединения, механическая прочность и в ряде случаев высокий уровень передачи тепла от кристалла к подложке. Процессы и операции сборки и монтажа являются наиболее трудоемкими в технологии производства ИМС

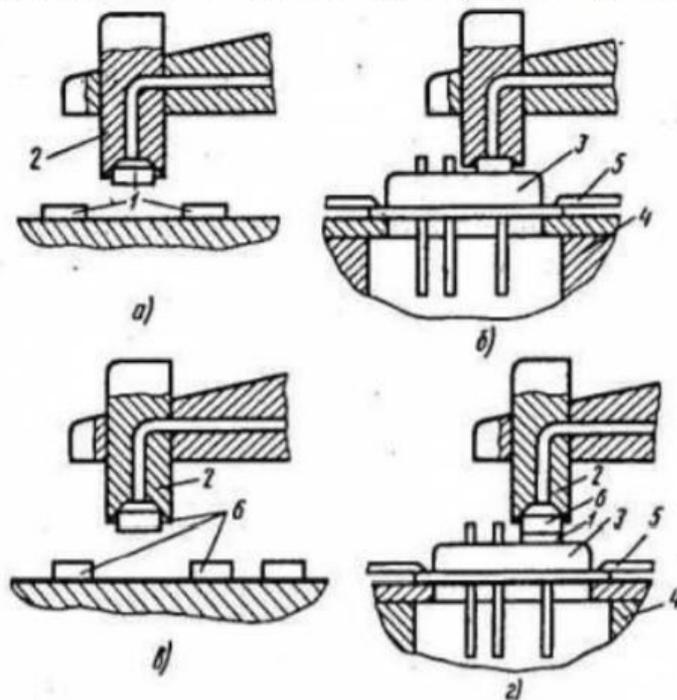
Контактно-реактивная пайка основана на одновременном воздействии температуры, давления и механических колебаний на основании корпуса кристалодержатель выводной рамки и непланарную сторону кристалла, и образование эвтектического сплава между ними. При контактно-реактивной пайке сплав заполняет зазор и кристаллизуется с образованием прочного паянного соединения. Эвтектическая пайка отличается от контактно-реактивной пайки тем, что эвтектический сплав вводится в виде припоя между соединяемыми поверхностями кристалла и корпуса. В качестве припоев используются эвтектические сплавы: Au-Si; Au-Ge.



- 2 – зона сплавления (сцепления)
- 3 – зона термического влияния
- 4 – основной металл

Рисунок 2.3 – Образование сварного соединения при сварке давлением

Эвтектическая пайка происходит в следующей последовательности:



- а) захват прокладки из эвтектического сплава и перенос её,
- б) укладка на место монтажа,
- в) захват кристалла, перенос и присоединение его к месту монтажа,
- г) монтаж кристалла

Рисунок 3.3- Последовательность проведения эвтектической пайки

Присоединение кристаллов к основанию корпуса выполняется на специальных установках монтажа, при этом, в основном, используются методы эвтектической пайки, контактно-реактивной или приклеивания.

Все установки для монтажа имеют следующие основные системы и узлы: координатный стол, предметный столик, монтажные головки с инструментом, устройство загрузки-выгрузки, устройство позиционирования, световую указку (оптический указатель), устройство питания, систему программного управления, устройство подогрева.

Раздел 4 Присоединение электродных выводов

Методы присоединения электродных выводов делятся на две группы:

- 1 Проволочные методы присоединения, к которым относятся: термокомпрессионная, ультразвуковая, термозвуковая, микроконтактная сварка и пайка электродных выводов.
- 2 Беспроволочные методы присоединения электродных выводов: метод перевернутого кристалла (флип-чип), монтаж кристалла с балочными выводами и монтаж кристалла с «паучковыми» выводами.

По типу образования соединения термокомпрессионная сварка бывает: 1) ТК шариком 2) ТК клином 3) ТК сшиванием Термокомпрессия клином внахлест применяется при невысоких требованиях к точности положения сварной точки на контактной площадке, а также к производительности процесса, так как она ограничена отдельной подачей проволоки и инструмента. Термокомпрессия шариком встык. Данный вид сварки выполняется капилляром с осевым отверстием, через которое подается проволока. Шарик на конце проволоки образуется с помощью электрического разрядника (или газовой горелки). Термокомпрессия «сшиванием». Оба соединения выполняются внахлест. В месте соединения образуется отпечаток инструмента с определенным ребром жесткости. Инструмент имеет боковое отверстие. Также данный вид сварки можно проводить инструментом «птичий клюв». Инструмент для ТКС. При термокомпрессионной сварке используют различные виды инструмента. При термокомпрессионной сварке используются капилляры с центральным и боковым отверстием, а также инструмент «птичий клюв», разрезной капилляр. Для изготовления используется сплав ВК-6, либо вольфрам для ТКС с импульсным косвенным нагревом. Обозначается инструмент КТ-5.

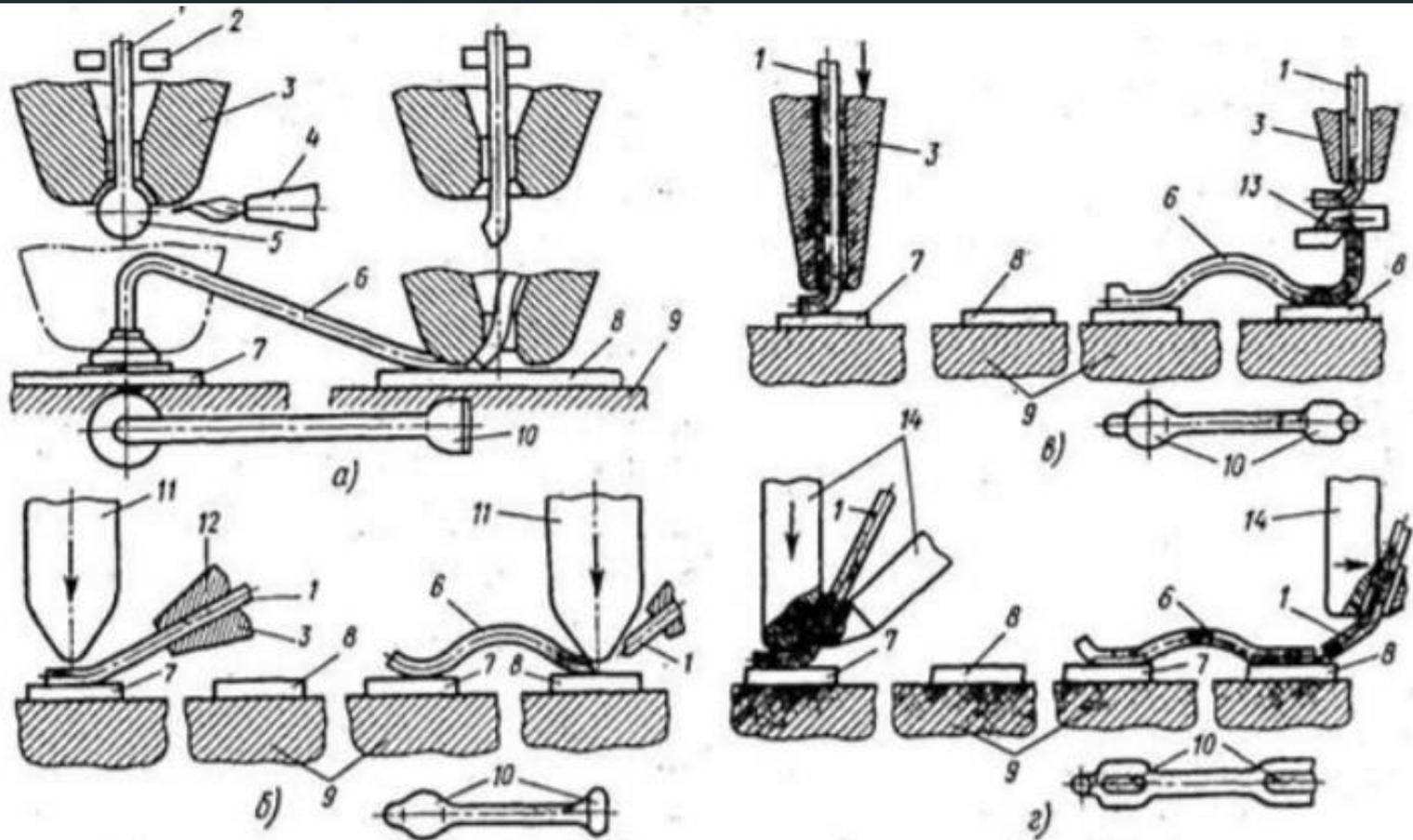
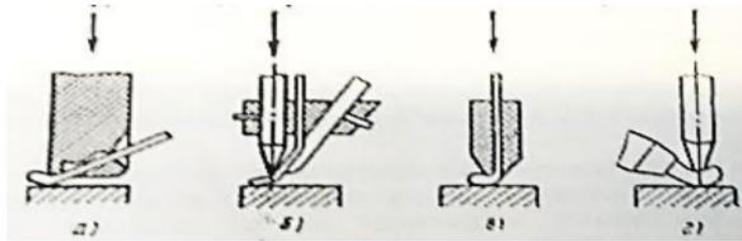


Рисунок 4.5-Разновидности ТКС по типу образования соединения



а) «птичий клюв»; б) «клин»; в) «капилляр»; г) «игла»

Рисунок 4.6 – Типы инструментов для проведения термокомпрессионной сварки

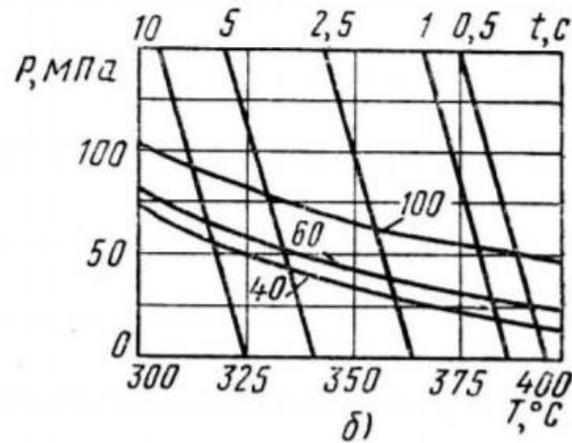
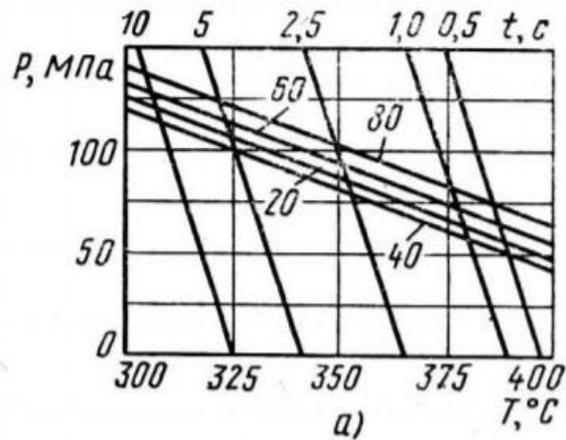


Рисунок 4.7- Номограмма для выбора режимов термокомпрессионной сварки

Ультразвуковая сварка. Ультразвуковая сварка – это процесс соединения двух металлов в твердом состоянии при незначительном нагреве с приложением определенного давления и энергии ультразвуковых колебаний. В результате сил, приложенных через инструмент к проволочному выводу и ультразвуковых колебаний, передаваемых в зону контакта соединяемых деталей, разрушаются оксидные и адсорбированные пленки и, при одновременном локальном разогреве соединяемых материалов, образуется эвтектический контакт, а затем и взаимная диффузия. В результате этого создается прочное соединение. Инструмент для ультразвуковой сварки должен иметь оптимальную форму и размеры. При УЗС важнейшим элементом в установке является рабочий инструмент, который должен обеспечивать получение сварного соединения требуемой формы и размеров. Должен обладать наилучшей эффективностью передачи ультразвуковых колебаний в зону сварки

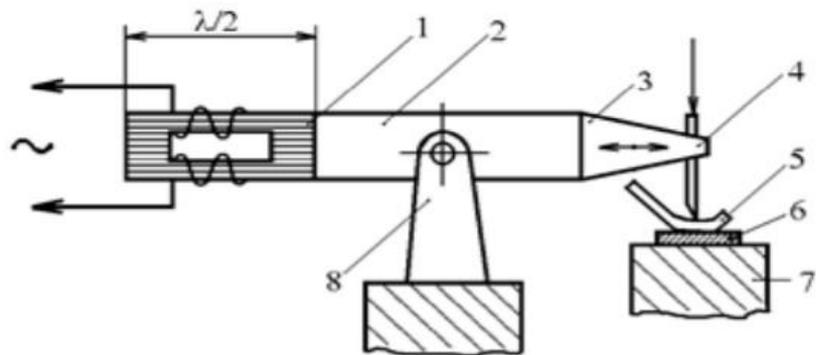


Рисунок 4.8- Схема присоединения вывода к кристаллу с помощью

УЗС

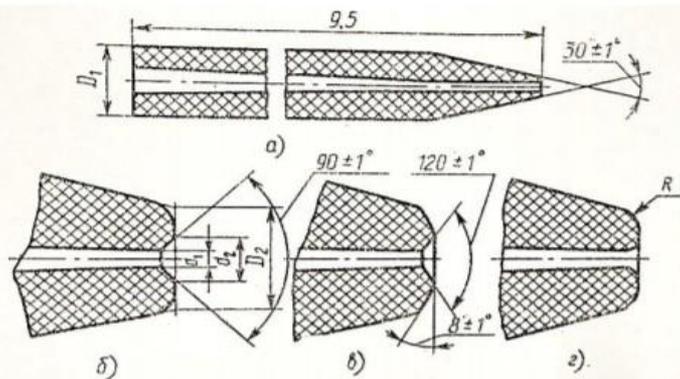


Рис. 25. Капилляр КУЗ с центральным отверстием для ультразвуковой сварки веток проволочных выводов (а) и первое — третье исполнения его рабочей части (б—г)

Ак

Чтс

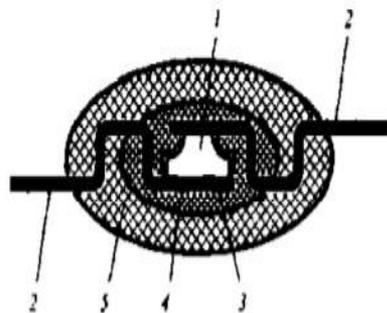
"Па

Раздел 5 Герметизация микросхем

Защиту микросхем и микросборок от воздействия окружающей среды и механических воздействий обеспечивают использованием различных методов герметизации. Различают корпусную и бескорпусную герметизацию. Корпусная герметизация микросхем Корпусная герметизация осуществляется присоединением крышки к основанию корпуса, в результате чего в корпусе образуется полый, замкнутый объем. Корпуса ИМС 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 МС до и после монтажа; обладать коррозионной стойкостью, высокой надежностью, технологичностью и низкой себестоимостью.

Бескорпусная герметизация Большинство полупроводниковых приборов и ИС, выполняют в пластмассовых корпусах. По сравнению с другими методами процесс герметизации пластмассами характеризуется высокой производительностью, относительно низкой стоимостью и простотой. 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.

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



1- полупроводниковая структура;

2 - вывод;

3 - силановая пленка;

4 - защитный закрепляющий слой компаунда;

5 - герметизирующий слой компаунда

Рисунок 5.1- Герметизация полупроводниковых структур методом обволакивания

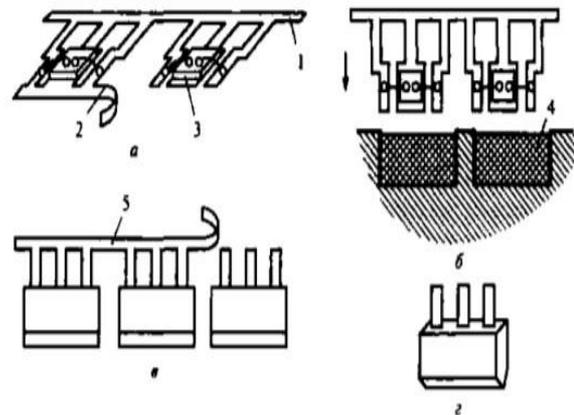


Рисунок 5.2-Герметизация микросхем методом свободной заливки в формы без подогрева

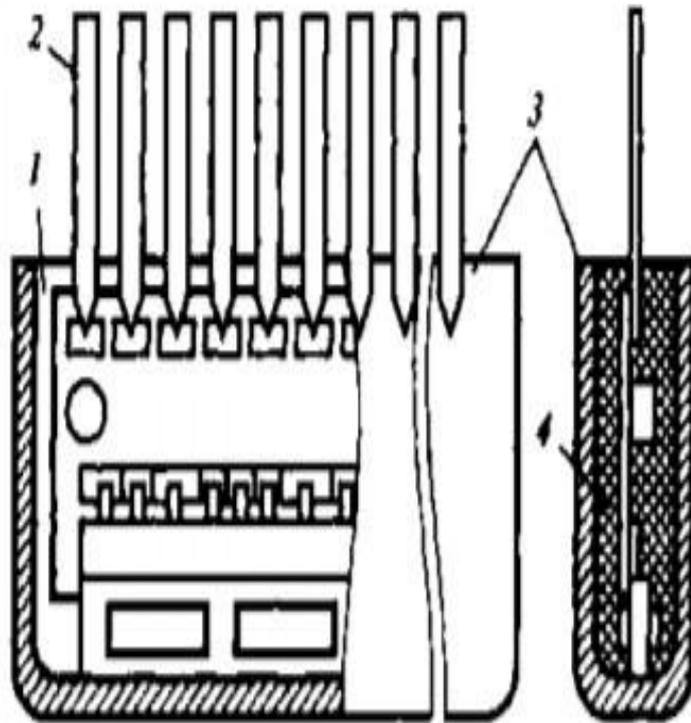
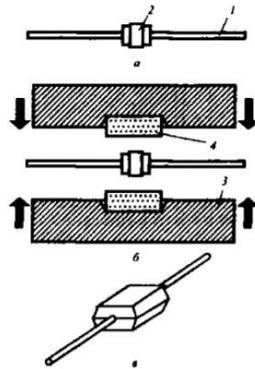


Рисунок 5.3- Герметизация микросхем методом заливки в корпуса

В микроэлектронике используют в основном два способа герметизации МС прессованием: компрессионное и литьевое (трансферное). При компрессионном прессовании собранную с арматурой полупроводниковую структуру и порошкообразный или таблетированный материал загружают непосредственно в пресс-форму под действием тепла и давления герметизирующий материал переходит в пластичное состояние и заполняет формующую полость. После окончания выдержки опрессованные изделия извлекают:



- 1 - выводы;
- 2 - полупроводниковая структура;
- 3 - пресс-форма;
- 4 - пресс-порошок

Рисунок 5.4 - Герметизация микросхем методом компрессионного прессования

Перечень учебных изданий и информационно - аналитических материалов

1 Базовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и интегральных микросхем на кремнии. В 3т. Т 3 / О.Ю. Наливайко [и др.]. – Минск : Интегралполиграф, 2013

2 Горлов, М.И. Обеспечение и повышение надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем в процессе серийного производства / М.И. Горлов, Л.П. Андариев, О.Л. Бордюжа. - Минск, 1997.

3 Емельянов, В.А. Системы качества в микроэлектронике / В.А. Емельянов. Минск, 1997.

4 Емельянов, В.А. Технология микромонтажа интегральных микросхем / В.А. Емельянов; Под редакцией В.В.Баранова. – Минск : Бел. Наука, 2002

5 Камлюк, В.С. Технологическое оборудование для микроэлектроники / В.С. Камлюк, Д. В. Камлюк. – Минск : РИПО, 2014

6 Минскер, Ф.Е. Справочник сборщика микросхем / Ф.Е. Минскер. – М. : Высш. шк., 1992

7 Моряков, О.С.Сборка. Книга 9 / О.С. Моряков.-М. :Высш. школа, 1990

8 Технология изделий интегральной электроники : учебное пособие для студентов специальности «Проектирование и производство РЭС», «Электронно – оптические системы и технологии»