

УДК 621.389

Проблемы монтажа бескорпусных кристаллов. Выбор компонентной базы для реализации аналогового адаптера обмена модуля гироскопического прибора ориентации.

*Барченков А.С., инженер,
Симонов Б.М., доцент Института НМСТ*

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
E-mail: ip-barchenkov@yandex.ru, serborsel@mail.ru*

Problems of mounting of coreless crystals and methods of their solution

*Barchenkov A.S., engineer,
Simonov B.M., Associate Professor at the NMST Institute*

National Research University of Electronic Technology

Аннотация. Рассмотрено назначение, устройство и принципы работы устройства - аналогового адаптера обмена модуля гироскопического, требования технического задания (ТЗ) на разработку данного устройства. Выбор компонентной базы для реализации адаптера сделан с учётом результатов анализа конструкций, особенностей и технологий сборки и монтажа современных изделий компонентной базы.

Объектом исследований являются современные кристаллы, выполненные по технологии бескорпусного монтажа и проблемы монтажа.

Цель статьи: анализ технологий бескорпусного монтажа и проблемы такого монтажа.

Методология проведения проекта базируется на комплексном подходе и поэтапном решении поставленных задач от разработки конструктивно технологических решений по реализации отдельных конструктивных элементов модуля до разработки технологического процесса сборки и монтажа.

Для реализации цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Рассмотреть технологию б/к монтажа.
2. Рассмотреть технологию разварки.
3. Рассмотреть технологию герметизации.

Должен обеспечивать достижение следующих характеристик

- Повышение уровня интеграции ИС.

Ключевые слова: адаптера обмена модуля гироскопического, бескорпусной кристалл, монтаж, герметизация, flip-chip.

Abstract.

The object of research is modern crystals made by the coreless mounting technology and mounting problems.

The aim of the article: to analyze the technologies of coreless mounting and the problems of such mounting.

The methodology of the project is based on the integrated approach and step-by-step solution of the set tasks from the development of design and technological solutions for the realization of individual structural elements of the module to the development of the technological process of assembly and mounting.

To realize the goal it is necessary to perform the following tasks:

To consider the technology of b/w assembly.

Consider the technology of unwelding.

To consider the technology of sealing.

Should provide achievement of the following characteristics

- Increasing the level of IC integration.

Keywords: coreless, crystal, mounting, sealing, flip-chip.

ВВЕДЕНИЕ

Без гироскопических приборов не будет работать ни один прибор, предназначенный для определения свое местоположения в пространстве. Именно в состав подобного гироскопического прибора ориентации и входит рассматриваемое устройство - аналоговый адаптер обмена модуля гироскопического бесплатформенного гироприбора ориентации (БГО). Он предназначен для работы в составе БГО и должен выполнять следующие функции: прием аналоговых сигналов (напряжения постоянного тока) из контуров коррекции гироприбора, выдачу аналоговых сигналов (напряжения постоянного тока) в контуры коррекции гироприбора, а также осуществлять информационное взаимодействие с цифровым адаптером.

Назначение и устройство адаптера

Адаптер состоит из металлической рамки, к которой винтами прикреплены три ячейки с соединителями. Каждая ячейка реализует канал адаптера, конструктивно ячейки выполнены выполнены на многослойных печатных платах (МПП). Адаптер содержит три идентичных канала обработки информации. На рамке расположены три соединителя. Соединители механически крепятся к рамке и

собственными выводами распиваются на внешние контактные площадки МПП.

Структурная схема канала А1 приведена на рисунке 1. Каналы А2 и А3 аналогичны каналу А1.

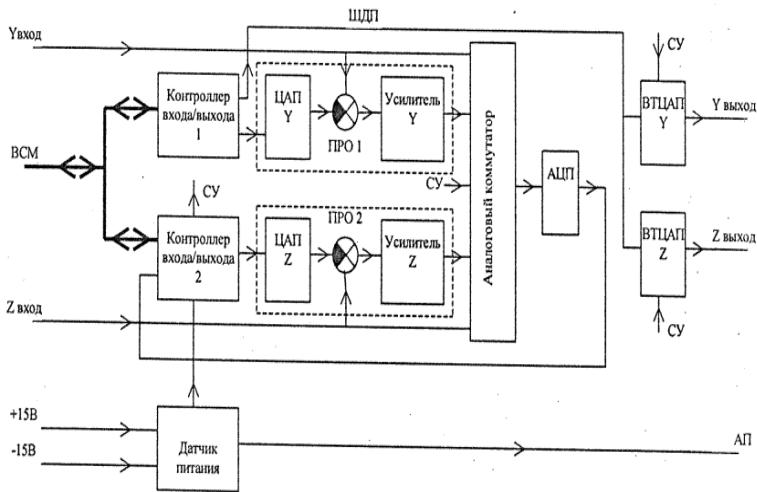


Рисунок 1 - Структурная схема канала А1 модуля АМГА.

Изделие обеспечивает преобразование двоичных кодов, передаваемых по внешней системной магистрали (BCM) из ПМК адаптера АМГЦ, в напряжения сигналов, которые выдаются из изделия, а также преобразование напряжений, соответствующих внешним сигналам изделия, в двоичные коды, которые передаются в адаптер АМГЦ по BCM.

Заданы габаритные размеры каждой ячейки (210,00x326,00x17,74 мм), масса изделия не должна превышать 0,9 кг. Электрический монтаж изделия должен соответствовать схеме электрической принципиальной. Питание изделия ($5\pm0,25$), ($15\pm0,75$) и ($-15\pm0,75$) В должно осуществляться модулем более высокого уровня, мощность потребления изделия не должна превышать 5 Вт.

Согласно требованиям ТЗ к применению комплектующих электрорадиоэлементов (ЭРИ) и материалов, в состав изделия должны

входить комплектующие ЭРИ и материалы, соответствующие ГОСТ Р В 20.39.309, ГОСТ Р В 20.39.308. Срок сохраняемости ЭРИ должен быть не менее 10 лет. Требования по надежности: средний срок службы изделия должен быть не менее 10 лет, вероятность безотказной работы в течение времени 10000 часов - не менее 75%, средняя наработка на отказ - не менее 20000 ч.

В состав канала изделия (см.рис.1) входят: два высокоточных цифро-аналоговых преобразователя ВТЦАП-У, ВТЦАП-З, два 9-разрядных цифро-аналоговых преобразователя ЦАП-У, ЦАП-З, многоканальный 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь АЦИ. ВТЦАП-У, ВТЦАП-З имеют общую 18-разрядную шину данных преобразователей (ШДП), значения сигналов в которой определяются состояниями соответствующих программно-доступных регистров. С помощью сигналов управления «ЗП-У», «ЗП-З» производится передача кодов с шины ШДП в преобразователи, где осуществляется их хранение. На входы ЦАП-У, ЦАП-З коды подаются непосредственно с выходов соответствующих программно-доступных регистров. АЦП работает в асинхронном режиме, предусматривающем подачу сигнала пуска операции преобразования и использование признака, сигнализирующего об окончании этой операции. Из изделия выдается сигнал «АП» (Авария питания), который имеет значение «логической 1» при наличии питающих напряжений 15 В и минус 15 В и «логического 0» при отсутствии любого из них. Временные диаграммы записи и чтения программно-доступных регистров приведены на рисунке 2 и на рисунке 3, соответственно.

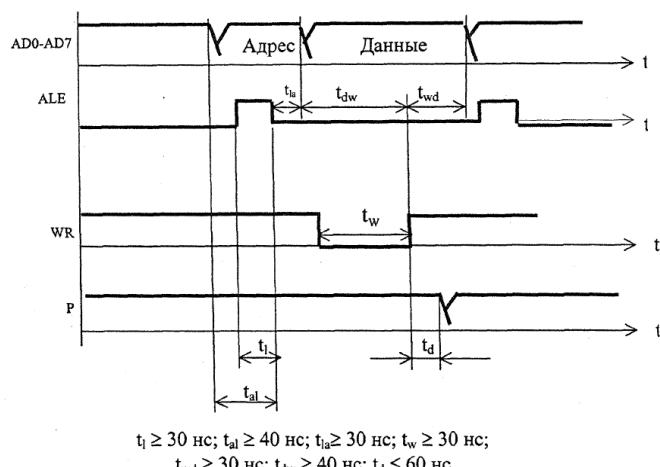


Рис.2 Временная диаграмма записи данных

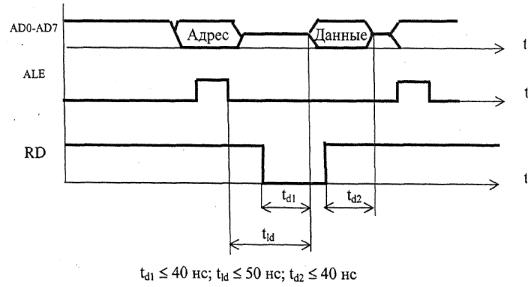


Рис.3 Временная диаграмма чтения данных

Адресное пространство, соответствующее объему 64 Кбайта, образовано ячейками памяти ППЗУ и ОЗУ, регистрами ПМК, программно-доступными регистрами (ПДР) изделия и адаптера АМГЦ. Обращение к элементам адресного пространства ППЗУ и программно-доступным регистрам производится в формате 16-разрядного слова с использованием четных адресов ($A_0 = 0$), также допускается обращение к ПДР изделия в формате байта.

Анализ изделий компонентной базы

С самого появления компонентов – интегральных схем (ИС) требования к ним и востребованность только возрастают. Актуальность прямо доказывается ситуациями с нехваткой ИС, в том числе бескорпусных, время от времени возникающими в различных сферах, от автомобильной промышленности до машиностроения и космической отрасли. Бескорпусная компонентная база находит широкое применение и отвечает всем проблемам комплексной миниатюризации, позволяет снижать стоимость изделия, она имеет свой отраслевой стандарт: ОСТ В 11.0305.

Анализ перспектив развития средств общения людей (телефоны, видеосвязь телевизионные и радиоприемники и др.), бытовой электронной аппаратуры показывает, что основными тенденциями при их создании являются:

- широкое внедрение ИС, специализированных БИС и микропроцессоров;

- применение новых индикаторных приборов, новых функциональных устройств на основе акустоэлектронных, оптоэлектронных и др. приборов;
- расширение функциональных возможностей за счет применения новых устройств — электронных переводчиков, синтезаторов речи, устройств сбора и отображения на экране информации о состоянии внешней среды;
- улучшение комфортных характеристик — введение автопоиска программ, беспроводного дистанционного управления, информации о состоянии и параметрах аппаратуры;
- повышение ремонтопригодности аппаратуры за счет разработки и серийного выпуска унифицированных функциональных модулей с устройствами самоконтроля и отображения данных о наличии отказа.

В связи с изложенным, анализ и выбор современных изделий компонентной базы и, в их числе бескорпусных изделий, является актуальной задачей. Для достижения лучшего выбора надо решить следующие задачи:

- проанализировать варианты конструкции бескорпусных компонентов и технологические варианты их реализации.
- рассмотреть существующие решения по реализации сборки и монтажа компонентов на платы.

Проблемы монтажа бескорпусных кристаллов. Развитие передовых конструкций интегральных микросхем (ИМС) происходило благодаря потребностям оборонной и аэрокосмической отраслей, для которых первоочередное значение имели надёжность, размеры и масса, а стоимость была второстепенным фактором. В 1980-х годах стимулом для разработок в области передовых ИС стали высокопроизводительные вычислительные системы.

Всё изменилось с конца 1990-х годов из-за повсеместного распространения цифрового контента, что дало импульс к развитию потребительского рынка: цифровых камер, мобильных телефонов, портативных и карманных компьютеров и других подобных изделий, отличающихся большими объемами выпуска. Это стало «движущей силой» передовых полупроводниковых изделий.

Компании-производители самых современных потребительских изделий, разрабатывают сложные технологии корпусирования и межсоединений, которые все в значительной степени основываются на

применении в таких изделиях кристаллов. - бескорпусных, либо кристаллов со столбиковыми выводами, либо конструкций типа «корпус на уровне пластины». При изменении размера кристалла также меняется и «посадочное место» на монтажном основании.

Монтаж бескорпусных кристаллов на многокристальные подложки применялся в микроэлектронной промышленности уже с 1960-х годов. Технологии развивались равномерно вплоть до середины 1990-х, когда с появлением корпусов типа BGA, а также корпусов в масштабе кристалла (CSP) микроэлектронная промышленность начала массовое движение в сторону решений с матричным расположением выводов.

Технологии монтажа кристаллов. Технологиями монтажа кристаллов считается ряд решений, включающих сборку и монтаж бескорпусных кристаллов с контактными площадками ввода-вывода и питания под разварку алюминиевой проволокой, кристаллов со столбиковыми выводами, выполненными на контактных площадках, и корпусирование на уровне пластины — кристаллов с увеличенным шагом, механической защитой на поверхности, перераспределением расположения контактных площадок ввода-вывода и питания (при необходимости) и элементами для выполнения соединений (выводами), сформированными на контактных площадках. Все эти конструкции называются кристаллами, поскольку поставляются заказчику в виде бескорпусного изделия через обычные каналы поставок ИС.

Бескорпусные кристаллы. Наиболее доступными являются изделия, называемые бескорпусными кристаллами. Они применяются в подавляющем большинстве современных однокристальных корпусов ИС и могут монтироваться с помощью проволочной разварки как к выводным рамкам, так и к монтажному основанию. Проволочная разварка кристаллов непосредственно на печатных платах называется «кристалл на плате» (англ. COB – Chip-on-Board). Это наиболее отработанная и самая распространённая технология на (рис 4).

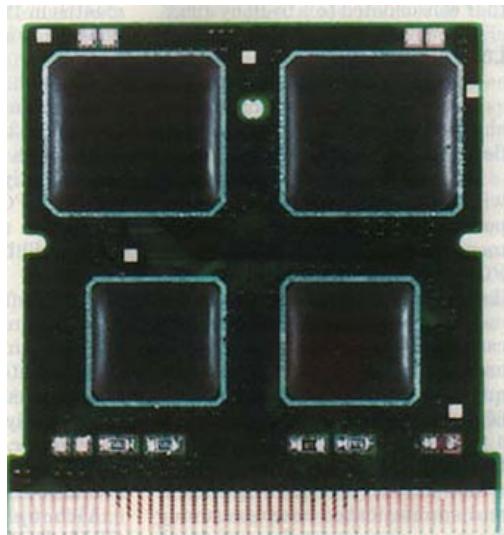


Рисунок 4 — Печатная плата со смонтированными на ней 4 кристаллами

Для технологии «кристалл на плате» характерно следующее:

- бескорпусной кристалл монтируется на монтажное основание или печатную плату;
- кристалл крепится к основанию с помощью проводящего или непроводящего эпоксидного состава;
- электрическое соединение кристалла с основанием выполняется с помощью проволочной разварки;
- кристалл герметизируется с помощью защитной оболочки.

Сборка и монтаж бескорпусных кристаллов непосредственно на поверхности печатной платы из недорогого материала является наиболее распространенной технологией сборки и монтажа бескорпусных кристаллов в современных изделиях.

Процесс монтажа кристалла на плату состоит из трех основных операций: сборки и монтажа кристалла, разварки выводов и герметизации. На рис. 5 показан схематический разрез сборки «кристалл на плате». Обеспечивается приклеивание кристалла к основанию. Ждя этого требуется нанесения адгезива с последующей точной установкой кристалла, после чего выполняется отверждение адгезива. Как только кристалл прочно закрепляется, выполняется процесс разварки выводов

проводкой, который обеспечивает электрическое соединение контактных площадок кристалла с соответствующими элементами проводящего рисунка на основании.

При выполнении разварки для обеспечения прочности соединений и высокого процента выхода годных требуется, чтобы как на кристалле, так и на плате контактные площадки были чистыми. Герметизация защищает кристалл и проволоки от механического повреждения при обращении и дополнительной обработке. В некоторых случаях, в особенности в системах в корпусе, поверхность герметизирующего материала также используется для маркировки компонента. Герметизация выполняется либо нанесением жидкого состава защитного материала, либо литьевым прессованием.



Рисунок 5 — схематический разрез «кристалла на плате».

Техпроцесс монтажа кристалла на плату может играть критическую роль, в особенности если «кристалл на плате» применяется на одном основании с компонентами поверхностного монтажа (КПМ). Процесс монтажа кристалла на плату может как предшествовать, так и следовать за поверхностным монтажом. Однако обычно выполнение поверхностного монтажа первым обеспечивает более простой маршрут, особенно если технология «кристалл на плате» включает в себя операцию качественной очистки. Для подготовки поверхностей для разварки хорошо подходит применение такой операции, как плазменная очистка. Ниже рассматриваются

характеристики процесса монтажа кристалла на плату и связанные с ним вопросы с тем, чтобы предоставить конкретную информацию для понимания данного процесса, его выбора и задания его параметров.

Очистка. Если при выполнении разварки выводов поверхности не будут чистыми, выход годных и надёжность соединений будут низкими. Высоконадежные гибридные схемы стали пионерами в применении молекулярных методов очистки перед разваркой. Хотя некоторые загрязнения могут присоединиться к контактным площадкам для разварки за счет химических связей и потому они требуют очистки на уровне пластины, наибольшие сложности при разварке вызывают органические загрязнения, которые могут эффективно удаляться в средах плазменной очистки, таких как кислород или аргон, а также с помощью более простой УФ-озонной очистки, выполняемой на уровне кристалла. Углеродная пленка толщиной в несколько ангстрем способна снизить способность к соединению, в то время как с очищенной золотой плёнкой (толщина углеродной плёнки $<1\text{\AA}$) удается выполнять надежные сварные соединения при температуре 150°C , что в случае применения термо- ультразвукового метода соответствует низкотемпературной сварке. На рис. 6 показана типичная кривая выхода годных для неочищенных поверхностей и поверхностей, очищенных с помощью плазмы. Эти данные отражают количество дефектов соединения в зависимости от уровня энергии для очищенных и неочищенных поверхностей.

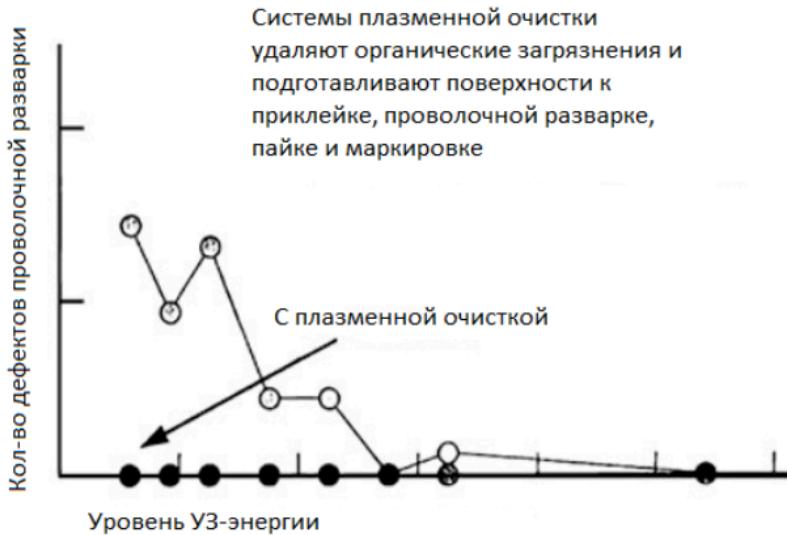


Рисунок 6 — Зависимость количества дефектов проволочной разварки от уровня энергии для неочищенных поверхностей (а) и поверхностей, очищенных плазмой (б)

Визуальный контроль. Качество и выход годных процесса монтажа кристаллов на платы зависят от надлежащих принципов организации производства и контроля качества, и визуальный контроль здесь играет критическую роль для достижения успеха. С его помощью можно обнаружить все дефекты монтажного основания, крепления кристалла, проволочной разварки и герметизации, включая те, которые не могут быть обнаружены другими средствами, такими, в частности, как электрическое тестирование.

Монтаж кристаллов. Если кристалл соединяется с основанием проволочной разваркой, то сначала должна быть реализована его сборка, то есть прикрепление обратной стороной к основанию с помощью подходящего адгезива, после чего выполняется собственно разварка выводов. Требования к креплению кристалла включают сильную адгезию, высокую теплопроводность, высокую электропроводность и подходящие температуры процесса. Наиболее распространённым

материалом крепления кристалла является эпоксидная смола с наполнением серебряным порошком, но также применяются и другие материалы, такие как серебряно-стеклянные пасты и жидкий припой, используемый чаще всего в изделиях большой мощности. В таблице 1 приведены типовые материалы для крепления кристаллов и их сравнительные преимущества и недостатки. (3).

Материал для крепления кристалла	Преимущества	Недостатки
Органические адгезивы	Низкие температуры процесса	Низкая температурная стабильность
Эпоксидные составы с металлическими наполнителями	Компенсация механических напряжений, низкая стоимость	Низкая теплопроводность
Стеклянные клеи	Хорошая температурная стабильность	Высокие температуры процесса
Легкоплавкие припои (PbSn, PbLn)	Компенсация механических напряжений, низкая стоимость	Температурная усталость, ползучесть
Тугоплавкие припои (AuSn, AuSi)	Отсутствие температурной усталости, высокая прочность	Отсутствие компенсации механических напряжений, высокая стоимость

Таблица 1 – Основные параметры материалов для сборки кристаллов

В зависимости от размера кристалла может применяться дозирование, трафаретная печать, перенос адгезива на игле. Дозирование — весьма популярный метод нанесения адгезивов за исключением пленочных. Рисунки нанесения зависят от размеров и форм кристаллов, они должны обеспечивать поверхности склеивания без пустот

Установка кристалла. При установке кристалла на нанесенный адгезив требуется высокая точность, а также соблюдение ориентации и

обеспечение плоскостности. Хорошая адгезия и правильная толщина поверхности склеивания обеспечиваются дополнительными усилиями, вдавливанием кристалла в адгезив. Ориентация и точность установки непосредственно влияют на длину проволочных проводников между контактными площадками и основанием, а также на выполнение требований по запрещенным зонам и зазорам до кристалла. Необходимо принимать в расчёт последующие операции, такие как подзаливка.

В общих чертах, операция установки кристалла состоит из следующих шагов:

- распознавание рисунка монтажного основания с применением глобальных или локальных реперных знаков (или элементов проводящего рисунка)

- захват кристалла (по одному или группой);
- обработка изображения и коррекция угла θ ;
- собственно, установка кристалла.

При любом способе установки кристалла возникают вопросы, связанные с поступлением кристаллов на данную операцию и обращением с монтажным основанием. Кристалл может поступать в разных формах, например, в виде пластин, в паллетах или в лентах на катушке. Выбор оптимальной схемы подачи кристалла зависит от различных факторов, таких как предшествующие процессы, выход годных с пластины, размеры кристаллов и требования к их разбраковке.

Разварка проволочных выводов. До настоящего времени подавляющее большинство ИМС выполняются путём разварки кристаллов на выводной рамке или подложке. Исключением являются те компоненты, в которых на контактных площадках «для разварки» имеются элементы для выполнения соединений, такие как столбиковые выводы, позволяющие производить монтаж типа flip-chip.

Ультразвуковая сварка начала применяться в промышленности с 1960-х годов и занимает важные позиции до тех пор. Ультразвуковая сварка выполняется при комнатной температуре. В основном она используется для сварки алюминиевой проволоки с золотыми или алюминиевыми контактными площадками. Этот процесс выполняется путем приложения УЗ-энергии одновременно с прижимающим усилием.

Наиболее применяемой технологией всё же является термокомпрессионная сварка золотым шариком. А большинство соединений в ИС формируется с помощью термо- ультразвуковой сварки золотым шариком. Этот метод представляет собой сочетание ультразвуковой и термокомпрессионной сварки использует лучшие

особенности каждого из этих способов. При термо- ультразвуковой сварке требуется меньшие температуры, чем при термокомпрессионной, что позволяет применять этот метод для сварки на пластиковых основаниях и основаниях из базовых материалов плат, а также при использовании чувствительных кристаллов.

Преимущества сварки золотым шариком: высокая производительность, высокая прочность, повторяемость, возможность работы с малым шагом. Её недостатки: повышенные температуры, высокая стоимость материалов,

Факторы техпроцесса: температура, мощность, усилие, время, диаметр проволоки, длина проволоки, metallургический состав, шаг расположения контактных площадок, состояние поверхности для сварки, площадь сварки.

Преимущества сварки алюминиевой проволокой: обработка при комнатной температуре, низкая стоимость материала (проводки), возможность работы с малым шагом. Недостатки же таковы: невысокие прочность и производительность, неоптимальность для негерметичных изделий.

Факторы техпроцесса: мощность, усилие, время, диаметр проволоки, длина проволоки, metallургический состав, шаг контактных площадок, угол подачи проволоки, прямая или обратная последовательность сварки, состояние поверхности для сварки, площадь сварки.

Герметизация. Для обеспечения физической защиты кристаллов можно использовать их заливку или литьевое прессование. Заливка показана для более крупных модулей и кристаллов, установленных на большие основания со смешанной технологией.

Требования к материалам для герметизации включают в себя: малую влагопроницаемость, отличную защиту от проникновения мобильных ионов, хорошую защиту от излучения в ультрафиолетовой и видимой областях спектра, а также от α -частиц, отличные механические, электрические и другие физические свойства. Материал для герметизации должен иметь малую диэлектрическую проницаемость, чтобы уменьшить задержку распространения сигналов в изделии, и высокую теплопроводность. Важно выбрать такой материал, который подходил бы к данной задаче и к условиям, воздействию которых он будет подвергаться.

Монтаж методом flip-chip. Термин flip-chip («перевёрнутый кристалл») применяется для обозначения ряда технологий монтажа, при

которых лицевая поверхность кристалла обращена к монтажному основанию. Хотя технология flip-chip была создана компаниями IBM и Delco в 1960-х годах, она сейчас близка к тому, чтобы стать предпочтительным методом межсоединений во многих изделиях с монтажом бескорпусных компонентов. Невысокие паразитные электрические свойства столбиковых выводов, обеспечивающие наилучший интерфейс между кристаллом и платой, возможность размещать соединения шин питания и общей шины по всей поверхности кристалла, а также то, что это «групповая» технология присоединения выводов, играют важную роль в переходе от проволочной разварки к технологии flip-chip.

Одним из важнейших преимуществ, помимо перечисленных, является то, что контактные площадки не должны располагаться по периметру кристалла. И на самом деле предпочтительно, чтобы они располагались в виде матрицы по всей его поверхности. Матричное расположение площадок ввода-вывода также улучшает передачу мощности, повышает производительность и обеспечивает увеличенный шаг контактов для упрощения монтажа кристалла. Среди получающих высокое распространение в настоящее время технологий — технологии flip-chip с припойными шариками и адгезивом. На рис. 7 показано сравнение матричной конфигурации контактных площадок с их расположением по периметру. При продолжающемся уменьшении размеров элементов ИС в соответствии с законом Мура матричное расположение контактных площадок может позволить сохранить размеры компонентов, не достигая при этом пределов количества контактов ввода-вывода.



Рисунок 7 - данные по возможному количеству контактов ввода-вывода при применении технологии flip-chip с современным шагом выводов и при размещении контактных площадок по периметру кристалла показывают, что технология flip-chip обладает гораздо большими возможностями по созданию устройств с большим количеством выводов.

Технология flip-chip с припойными шариками применяется компанией IBM с 1960-х годов. В процессе формирования припойных шариков, разработанном компанией IBM, который получил обозначение C4, используется припой с высокой температурой плавления, который не может быть расплавлен при монтаже на платы из материала с низкой температурой стеклования, например, из FR-4. Однако столбиковые выводы можно использовать, как «опоры», выполняя соединения с ними с помощью тонкого слоя эвтектического припоя, нанесенного на поверхность контактных площадок монтажного основания. Другой способ заключается в формировании на кристалле столбиковых выводов из эвтектического сплава и последующего их оплавления непосредственно на подготовленных площадках монтажного основания. Этот способ монтажа flip-chip полностью совместим с процессами поверхностного монтажа. На рис. 8 показан маршрут на линии сборки и монтажа методом flip-chip с припойными шариками.

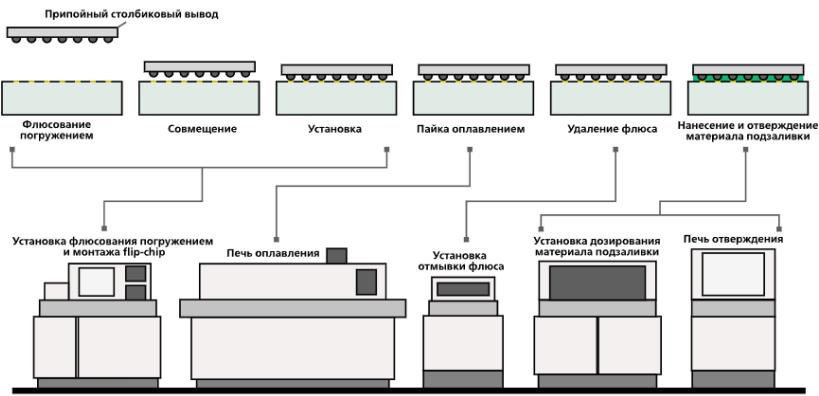


Рисунок 8 — Технологический маршрут сборки и монтажа компонентов flip-chip с припойными шариками.

Подзаливка. Она является одной из дополнительных операций, выполняемых при монтаже flip-chip, её цель — снизить влияние различия КТР кремниевого кристалла и основания из органического материала. В последнее время требование выполнения подзаливки также встречается в мобильных электронных устройствах с тем, чтобы сформировать «противоударное» крепление кристаллов, в особенности, при трехмерном штабелировании. Как только материал подзаливки затвердеет, кристалл, подзаливка и основание начинают деформироваться вместе, как единое целое, при этом относительная деформация между кристаллом и основанием очень мала, и таким образом становится мала и сдвиговая деформация паяных соединений. Желательные свойства материала подзаливки таковы:

- низкая вязкость (высокая текучесть);
- низкая температура и малое время отверждения, что позволяет снизить затраты и уменьшить влияние на другие компоненты;
- низкий КТР, что требуется для уменьшения разницы между тепловым расширением кристалла, припойных столбиковых выводов и основания;
- большой модуль Юнга, что обеспечивает хорошие механические свойства;
- высокая температура стеклования, это обеспечивает стойкость к высоким температурам;
- малое влагопоглощение, что продлевает срок хранения;

- хорошая адгезия, что улучшает срок службы изделия.

Достижением последнего времени в подзаливке стала «нетекучая» (no flow) подзаливка, в этой технологии материал подзаливки наносится на основание до установки кристалла. Типовой процесс выглядит следующим образом:

- на контактные площадки основания наносится заданное количество нетекучего материала подзаливки;
- на плату методом трафаретной печати наносится паяльная паста для поверхностного монтажа компонентов;
- устанавливаются компоненты поверхностного монтажа;
- с помощью системы технического зрения выполняется совмещение бескорпусных кристаллов относительно реперных знаков посадочного места на основании;
- кристаллы устанавливаются на основание, сжимая жидкий нетекучий материал подзаливки и формируя соединение с основанием под действием сжимающего усилия;
- выполняется одновременное оплавление всех паяных соединений вместе с флюсованием и полимеризацией нетекучей подзаливки.

Нетекучая подзаливка обладает значительным преимуществом перед обычным процессом подзаливки, заключающимся в отсутствии больших временных потерь на капиллярное затекание под крупные компоненты. Кроме того, скорость обработки возрастает за счёт полного отверждения нетекучего материала на этапе пайки оплавлением, что позволяет отказаться от последующей длительной операции отверждения в печи.

Компоненты flip-chip с адгезивом. Ещё одним вариантом технологии flip-chip, в настоящее время завоёвывающим популярность в мире при создании портативных устройств, являются компоненты flip-chip с адгезивом. В зависимости от требований применяется несколько вариантов данной технологии. Имеются сведения о технологии flip-chip, в которой используется непроводящая адгезивная пленка для прямого монтажа ИМС с приваренными столбиковыми выводами на печатную плату с малыми элементами рисунка. Поскольку адгезивная пленка не содержит проводящих частиц, как в случае проводящего адгезива, она может использоваться при малом шаге расположения контактных площадок. Пленка также играет роль герметизирующего материала или материала подзаливки, а также важна в обеспечении теплового режима и механических свойств.

В другом способе монтажа методом flip-chip с помощью адгезива в качестве средства для обеспечения электрического и механического соединения применяется материал с анизотропной проводимостью либо в виде плёнки (ACF — anisotropic conductive film), либо в виде клея (ACA — anisotropic conductive adhesive). Анизотропная проводящая пленка похожа на бумагу и состоит из термореактивного адгезива, проводящих частиц и удалаемой покровной пленки. На рис. 9 показана Схема основных операций технологии монтажа flip-chip с анизотропной проводящей пленкой в схематическом виде. Анизотропный проводящий клей похож на пасту и состоит из термореактивного адгезива и проводящих частиц.

КП — контактная площадка
АПП — анизотропная проводящая пленка
ПСВ — площадка со столовиками бытадами

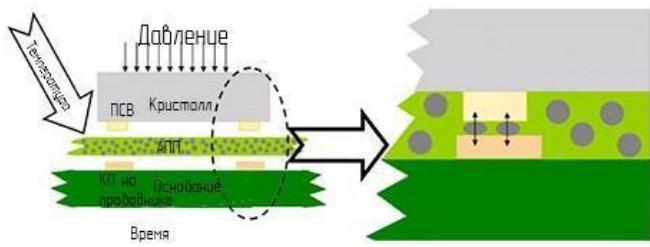


Рисунок 9 — Схема основных операций технологии монтажа flip-chip с адгезивом в разрезе

Отметим несколько преимуществ технологии монтажа flip-chip с адгезивом:

- в общем случае, шаг контактных площадок кристалла может быть меньше, чем допустимый шаг при монтаже flip-chip с помощью пайки;
- к операции отмычки не предъявляются такие жесткие требования, как при монтаже на основе припоя;
- отсутствуют такие операции, как нанесение припоя на контактные площадки, и исключается применение свинца;

- процесс формирования столбиковых выводов можно упростить за счет применения приваренных выводов, при котором применяется та же технология и оборудование, что и для проволочной разварки. С помощью термокомпрессии и УЗ-энергии на контактной площадке кристалла формируется соединение золотым шариком, после чего проволока обрезается сверху шарика, и шарик подравнивается. В результате образуется золотой столбиковый вывод, подходящий для монтажа кристалла на основание с помощью анизотропной проводящей пленки.

Корпусирование на уровне пластины. Переходу на сборку по технологии flip-chip также способствует метод, называемый корпусированием на уровне пластины (WLP – Wafer Level Packaging), относящийся к технологии передового корпусирования. В этой технологии контакты кристалла выполняются и тестируются на пластине, после чего пластина разделяется на отдельные кристаллы для последующей установки на линии поверхностного монтажа. Контакты кристалла обладают большим шагом и более крупными шариковыми выводами, чем в конструкциях компонентов flip-chip. Увеличенный шаг упрощает интеграцию этой технологии с обычной линией поверхностного монтажа. Шариковые выводы большего диаметра обеспечивают выполнение механических требований в отношении снижения напряжений, вызванных различием ТКР ИМС и монтажного основания. Увеличенный зазор уменьшает механические напряжения в элементах соединений, например, в отдельных припойных шариках, если при монтаже компонента используется припой. В таблице 2 приведены ключевые параметры, характеризующие ИС с корпусированием на уровне пластины.

	Корпусирование на уровне пластины	Flip-chip
Шаг	мин. 500 мкм	125 мкм
Кол-во выводов	ограничено	неограничено
Доступность	ограничено	широкий ассортимент

Тестопригодность	полное тестирование	полное тестирование
Совместимость с методами монтажа	совместимы с поверхностным монтажом	технология, близкая поверхностному монтажу
Толщина	0,508...0,607 мм (20...24 mil)	0,28 мм (11 mil)

Таблица 2. Сравнительные параметры корпусирования на уровне пластины и flip-chip

Корпусирование на уровне пластины представляет собой продолжение реализации тенденции к повышению функциональности и плотности монтажа бескорпусных кристаллов, которая начала проявляться в конце 1990-х годов в виде серии корпусов, получивших название «корпус в масштабе кристалла» (CSP – Chip Scale Package). Сообществом разработчиков решений в области корпусирования было разработано несколько технологий CSP [13], которые обеспечивают очень близкие размеры корпуса к размеру самого кремниевого кристалла. Технология CSP позволяет снизить требования к сборочным операциям и тестированию благодаря увеличенному шагу шариковых выводов и совместимости с традиционным оборудованием для поверхностного монтажа. Шаг контактов CSP уменьшился с 1,0 до 0,8 и до 0,75 мм. Считается, что матрицы выводов с шагом более 0,5 мм могут использоваться в обычных производственных процессах поверхностного монтажа(14). Технологии корпусирования на уровне пластины нацелены на использование преимуществ обычных процессов поверхностного монтажа при минимуме размеров посадочного места компонента на монтажном основании. Очевидно, экономичность групповой обработки, которая стимулирует развитие в соответствии с законом Мура, работает и в отношении корпусирования изделий.

Одним из важнейших факторов в стремлении к технологиям CSP и WLP является надежда на отказ от подзаливки. Сборщики могут выполнять подзаливку компонентов из-за опасений, связанных с различием КТР кремния и монтажного основания, или для обеспечения ударопрочного монтажа кристалла в портативных электронных изделиях, которые могут падать. Кристаллы малого размера, типичного

для технологий корпусирования на уровне пластины в масштабе кристалла, менее подвержены риску повреждения из-за механических сдвиговых усилий, в результате чего снижается необходимость в подзаливке.

Выбор компонентов для реализации устройства

Чтобы достичь необходимых массогабаритных характеристик, большинство пассивных элементов следует выбирать для поверхностного монтажа, что позволит сделать устройство более компактным и легким. В составе ячейки АМГА для этого используются по большей части поверхностно-монтажные компоненты.

Выбор пассивных компонентов.

В роли пассивных элементов в данном модуле выступают резисторы, конденсаторы, диодные матрицы, стабилитроны с различными номиналами. Для их правильного выбора необходимо следовать требованиям ТЗ.

ПМК по сравнению с ТМК обладают большей виброустойчивостью, а также меньшими массогабаритными показателями. Но также применяются и ТМК в виде микросхем, стабилитронов, разъемов и некоторых резисторов.

В таблице 3 представлены основные параметры и типы корпусов, выбранных для реализации данного модуля.

Таблица 3 – Основные характеристики конденсаторов [2]

Наименование компонента	Характеристики компонента			Количество	Тип корпуса
	Напряжение номинальное, В	Емкость номинальная, нФ	Допустимое отклонение, %		
ОС К10-17в-МС 47-39		0,039	5	5	1206
K53-10B-22		22 000	10	2	1812

K53-46-32B -6,8		6 800	10	4	1812
ОС K10-17B-H90 -0,47		470	10	10	1210

В таблице 4 приведены основные параметры используемых в данной плате корпусов у конденсаторов. По масса-габаритным параметрам данных конденсаторов можно выделить, что они помогут облегчить устройство для соответствия по массе и компактности компонентов на плате.

Таблица 4— Размеры корпусов конденсаторов [3]

Типоразмер р	Типоразмер (м)	L, мм	B, мм	H, мм
1206	3216	3,2	1,6	1,5
1210	3225	3,2	2,5	1,5
1812	4532	4,5	3,2	1,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги проведенному рассмотрению изделий компонентной базы, отметим следующее. Рассмотрение разновидностей конструкций изделий компонентной базы и технологий их сборки и монтажа на платы показывает, что использование бескорпусной технологии монтажа компонентов является важной технологией, широко используемой и развивающейся. Такие ее преимущества, как экономия пространства и массы, расширение ассортимента, функциональной интеграции делает ее неотъемлемой частью современных электронных устройств.

Выбор компонентной базы для реализации аналогового адаптера обмена модуля гироскопического выполнен с учетом требований технического задания (ТЗ) на разработку данного устройства и с учетом результатов анализа конструкций, особенностей и технологий сборки и монтажа современных изделий компонентной базы.

Библиографический список

1. National Semiconductor Application Note: Analysis of Die Product Assembly Techniques — COB.
2. George Harmon. Wire Bonding in Microelectronics: Materials, Processes, Reliability and Yield. 2nd Edition. McGraw-Hill, New York 1997
3. John Lau, Ed. Chip On Board: Technologies for Multichip Modules. Van Nostrand Reinhold, New York 1994
4. Jacques Coderre, Step-by-Step Die Placement: Which is Right for Your Application. Industry Search Web Site
5. George Harmon. Wire Bonding in Microelectronics: Materials, Processes, Reliability and Yield. 2nd Edition. McGraw-Hill, New York 1997
6. ibid, Chapter 11, Chip on Board Encapsulation
7. John Lau, Low Cost Flip Chip Technologies. McGraw-Hill, 2000
8. Michael A. Previti, «No Flow» Underfill Reliability is Here. Cookson Semiconductor Packaging Materials Application note.
9. Kauto Nishida, et al, High Density Packaging Using Flip Chip Technology in Mobile Communication Equipment. Proceedings of 2001 International Symposium on Microelectronics, P272-277 (2001)
10. John Lau, Low Cost Flip Chip Technologies. McGraw-Hill, 2000
11. John Lau, Flip Chip Technologies, McGraw-Hill, 1996.

12. Philip Garrou, Wafer Level Chip Scale Packaging (WL-CSP); An Overview. *IEEE Transactions on Advanced Packaging*, Vol. 23, No. 2, May 2000
13. Lau, J. H., and S. W. Lee, *Chip Scale Package: Design, Materials, Process, Reliability, and Applications*, McGraw-Hill, New York, NY, 1999.
14. Caswell, Greg, and Partridge, Julian, BGA to CSP to Flip chip — Manufacturing Issues. *ICEP 2001*, International Conference on Electronic Packaging, Tokyo, Japan, April 18-20, 2001