**Введение**

Тема реферата «Технология миниатюризации электронных устройств. Технологии “flip-chip”» по дисциплине «Конструирование вычислительной техники».

Работа знакомит с особенностями технологии “flip-chip”, которая сегодня широко используется для создания миниатюрных электронных устройств.

1. **Технология миниатюризации электронных устройств**

*Технология “flip-chip”*

Технология “flip-chip”, названная Controlled Collapse Chip Connection (монтаж кристалла методом контролируемого сплющивания) или С4, была разработана фирмой IBM в 1960 году. В соответствии с этой технологией на поверхности кристалла микросхемы создается поле столбиковых выводов из оловянно-свинцового сплава, затем перевернутый кристалл припаивается методом оплавления к площадкам подложки.

Сегодня многие фирмы широко используют flip-chip технологию для изготовления миниатюрных электронных устройств. Так, например, для медицинского применения по этой технологии изготавливают микросборки имплантантов, миниатюрные беспроводные устройства и др. Последние достижения этой технологии при трехмерном (пространственном) расположении чипов позволяют достичь беспрецедентной степени миниатюризации и надежности. При разработке технологии изготовления изделий, для которых основными требованиями являются минимальный объем, надежность и максимальный срок службы, основное внимание следует уделить выбору оптимального способа монтажа чипа на тонкие гибкие подложки.

1. **Критерии миниатюризации**

Три основных критерия определяют степень миниатюризации изделия. Во-первых, с уменьшением размеров микросхемы можно рассчитывать на повышение объемов ее продажи и увеличение применения, особенно в таких областях, как медицина, телекоммуникации, космонавтика и военная промышленность. Однако оптимальный выбор размеров изделия представляет собой компромисс между возможностями технологии и затратами на его изготовление.

Во-вторых, для отраслей, в которых расходы на миниатюризацию изделий являются оправданными, одним из первоочередных требований является их высокая надежность.

Существующие технологии миниатюризации позволяют сократить общее число соединений и их длину. При этом уменьшается индуктивность выводов, повышается КПД изделия и уменьшается его перегрев. В результате увеличивается надежность изделия.

В-третьих, принятие решения о миниатюризации изделий нередко связано с производственными проблемами (плотностью размещения кристаллов микросхем, свойствами подложки с печатными проводниками, наличием компонентов, возможностью автоматизации производства), а также с ожидаемым соотношением производственных затрат и планируемой прибыли.

Если успех изделия на рынке зависит от степени его миниатюризации, способности работы на более высоких частотах и уменьшения рассеиваемой мощности, то большинство технологических проблем при его изготовлении так или иначе связано с монтажом кристалла на подложку. К примеру, с уменьшением размера кристаллов микросхем все более важной становится оптимальная трассировка проводников.

Неудачная трассировка может привести к увеличению паразитных емкости, индуктивности и сопротивления проводников, что увеличит потребляемую мощность и паразитные связи между элементами. Слишком плотное размещение дорожек может привести к увеличению отказов из-за короткого замыкания между ними.

flip chip миниатюризация электронный

1. **Особенности монтажа flip-chip-кристалла**

В настоящее время используются следующие способы монтажа flip-chip-кристалла на подложку:

- формирование оловянно-свинцовых выводов и припаивание их к подложке методом оплавления

- формирование золотых столбиковых выводов гальваническим методом и создание контакта с золотыми площадками подложки способом термокомпрессии (рис. 1)

- приклеивание выводов кристалла к подложке с помощью электропроводного клея.

В зависимости от используемой технологии могут потребоваться дополнительные операции, например, создание добавочного слоя металлизации под будущими выводами, что связано с затратами времени и средств.

При пайке оплавлением возникает необходимость в операции очистки от остатков флюса, т. к. их наличие способствует образованию пустот в толще паяного соединения и растеканию флюса в сторону от места расположения вывода.

В случае монтажа кристаллов больших размеров может возникнуть погрешность в расположении его крайних выводов относительно площадок подложки, обусловленная различными коэффициентами линейного расширения кристалла и подложки.

Не следует также недооценивать механические напряжения, возникающие в паяном соединении в процессе изменения температуры. Влияние этого фактора возрастает с увеличением размеров кристалла.

Для его компенсации между кристаллом и подложкой вводят промежуточный слой полимера, называемого недоливком. Качество недоливка существенно влияет на надежность изделия. Во избежание отслоения выводов и потери контакта недоливок должен быть однородным, без пустот и обладать хорошей адгезией как к кристаллу, так и к подложке.

Различие коэффициентов линейного расширения влияет также и на изделия, монтируемые с помощью электропроводных клеев. Здесь также используют недоливок. Однако, если при нагревании он расширяется больше, чем электропроводный клей, контакт между кристаллом и подложкой может быть нарушен.

Кроме того, следует учитывать, что электрический контакт, создаваемый с помощью электропроводного клея, образуется вследствие наличия в нем токопроводящих частиц диаметром менее 1 мил (25 мкм). Поэтому во избежание потери контакта неплоскостность сочленяющихся поверхностей не должна превышать этой величины. В идеальном случае композитный клей должен был бы иметь тот же коэффициент линейного расширения, что и находящийся с ним в контакте диэлектрик, достичь чего можно было бы значительно проще, если бы в клее не было проводящих частиц. Поэтому здесь необходимо использовать различные способы крепления.

Уменьшение размеров контактных площадок ограничено свойствами подложки. Как правило, на гибких подложках допустимы площадки меньших размеров.

Это объясняется соотношением между толщиной подложки и диаметром переходных отверстий, соединяющих различные ее слои. При большой толщине подложки создание переходных отверстий малого диаметра не представляется возможным. Кроме того, при соотношении толщины подложки и диаметра отверстия более чем 5:1, невозможно создать в отверстии качественный слой металлизации. Если, например, в некотором изделии ширина дорожек и расстояние между ними должны быть не более 50 мкм, то диаметр переходных отверстий также должен быть равен этой величине. Следовательно, толщина подложки в этом случае должна быть не более 250 мкм. Дополнительное преимущество гибких подложек заключается в возможности придания им различной формы, и, как следствие, в большем разнообразии форм и габаритов корпусов микросхем.

В зависимости от способа миниатюризации подготовка кристалла микросхемы к монтажу может быть выполнена как до резки кремниевой пластины на отдельные кристаллы, так и после нее. К примеру, на кристалл могут быть нанесены дополнительные слои металлизации или выполнено перераспределение выводов. Кристаллы, предназначенные для пайки или приклеивания электропроводными клеями, лучше всего готовить до резки пластины. Для монтажа с применением непроводящих клеев формирование столбиковых выводов можно осуществить сравнительно простыми способами, как на неразрезанной кремниевой пластине, так и на отдельном кристалле. Пайка или склейка электропроводными клеями предпочтительны для крупносерийного производства, в то время как монтаж с помощью непроводящих клеев больше применим для выпуска малых и средних серий.

В таблице представлены сравнительные характеристики трех основных способов монтажа микросхем.

1. **Скорость монтажа и возможность его автоматизации**

Способы монтажа с помощью золотых выводов и электропроводных клеев лишены многих недостатков, присущих пайке. Являясь по сути механическими операциями, они могут быть легко автоматизированы.

Правда, в некоторых случаях возникает необходимость в ручной сборке, что требует участия квалифицированных монтажников. Во всяком случае, использование этих способов предоставляет широкие возможности монтажа различных типов микросхем на различные подложки.

Процесс создания золотых столбиковых выводов на поверхности кристалла может быть автоматизирован как для неразрезанной кремниевой пластины, так и для отдельного кристалла. В отличие от других способов монтажа для выращивания золотых выводов (см.рис.1) не требуется предварительная металлизация.

Используемый для монтажа непроводящий клей наносят на подложку способом трафаретной печати.

Применение непроводящих термопластичных клеев позволяет несколько уменьшить действие сил, возникающих вследствие различных коэффициентов линейного расширения кристалла и подложки. Эти клеи размягчаются при нагревании, что позволяет упростить и ускорить монтаж, сведя его к трем операциям: нагреву, прижиму и охлаждению кристалла. Типовыми параметрами процесса монтажа являются:

- сила прижима (на один вывод) от 50 до 80 г;

- температура от 150 до 250 °С;

- время отвердевания не более 10 с;

- точность позиционирования кристалла ±5 мкм.

Термопластичные непроводящие клеи отличаются низким газовыделением, так как при их применении отсутствует химическая реакция. Это дает возможность использовать их в герметизированной аппаратуре. Скорости изготовления изделий с применением этих клеев и хорошо известных эпоксидных соизмеримы. Отличие состоит в том, что первые допускают ремонт печатных плат с заменой микросхем. Это особенно важно в случае применения микросхем с большим числом выводов, замена которых экономически оправдана.

Установка микросхем на печатную плату может осуществляться как вручную, так и автоматически в зависимости от способа соединения, числа выводов и т. д. При автоматической или полуавтоматической установке для позиционирования микросхемы относительно места посадки используют серийно выпускаемое или специализированное оборудование. Затем микросхему прижимают к плате, в результате чего ее выводы сплющиваются и под действием местного нагрева (в течение 10 с) создается надежное соединение золотых выводов и контактной площадки, а также отвердевание клея. Монтаж с помощью клея существенно ускоряет процесс изготовления изделий и обеспечивает надежность соединения.

На хорошо спроектированном оборудовании все соединения можно выполнить за одну технологическую операцию, при этом шаг между выводами может быть менее 100 мкм, а толщина гибкой подложки – 25 мкм.

В таком оборудовании предусматривается возможность регулировки силы прижима выводов микросхемы для компенсации неровности подложки и различий в форме выводов. Это особенно важно в случае монтажа микросхем с большим числом выводов.

1. **Характеристики и производительность**

Использование flip-chip- и SMD-компонентов в сочетании с гибкими подложками позволяет достичь максимальной степени миниатюризации изделий.

Гибкой подложке с установленными на нее микросхемами может быть придана форма многоярусной конструкции (рис. 2).

**Вывод**

Выбор наиболее приемлемой flip-chip-технологии является решающим фактором для успешного продвижения изделия на рынке, однако должно быть принято всесторонне обдуманное решение об оптимальной степени миниатюризации. Например, существующие технологии позволяют провести дальнейшую миниатюризацию мобильных телефонов. Однако, полученное в результате этого изделие может оказаться более трудоемким и дорогостоящим в изготовлении и менее удобным в эксплуатации. С другой стороны, увеличение расходов на дальнейшую миниатюризацию может быть оправдано для медицинских имплантантов, так как они составляют лишь незначительную часть общих расходов на лечение.

**Литература**

1. J. Jay Wimer, “3-D Chip Scale with Lead-Free Processes”. – Журнал “Semiconductor International”, 2003, No 10.
2. Электронные компоненты и системы , 2009 , № 1 , с. 43-46
3. Мельниченко А. Технология миниатюризации РЭА – Учебник – Х., Феникс, 2009 – 486 с.