

Внутренний монтаж

Зрелые работники радиоэлектронной отрасли вне зависимости от ведомства, в котором они работали, будь то Радиопром, Минприбор, Средмаш или Общемаш, Электронпром или Минпром средств связи, Миноборонпром или Судпром, помнят, как в начале-середине 80-х годов началось активное становление технологии поверхностного монтажа. Безвыводные и бескорпусные элементы, применяемые ранее в микросборках стали монтировать на стеклотекстолитовые печатные платы, как резко увеличивалась интеграция интегральных схем (ИС), уменьшались шаг выводов ИС и ширина проводников на печатных платах.

К чему привели сегодня наметившиеся тогда тенденции?

Положительные моменты:

- уменьшились габариты электронных блоков;
- увеличилось быстродействие электронной аппаратуры;
- были решены многие вопросы автоматизации сборочно-монтажных процессов.

Отрицательные моменты:

- разница в величинах коэффициентов линейного расширения керамического или ситалового ЧИП-компонента и материала печатной платы - стеклотекстолита ведет при нагревах и охлаждениях электронного блока к возможным разрушениям компонентов или паяных контактов, а в ряде случаев, и к разрывам токоведущих дорожек платы;
- производство печатных плат подошло к границам применения "мокрых" методов химического травления печатных плат. Производство печатных плат 4-го и 5-го классов точности становится очень дорогим и остается, по-прежнему экологически вредным. Получить стабильные и надежные соединения становится все труднее. Невыводимые вкрапления травителя, оставшиеся в микропорах проводников шириной менее 200мкм, являются причиной деградации проводника в процессе эксплуатации изделия. Чем тоньше проводник, тем больше в нем подтравов, нестабильности ширины, тем серьезнее этот фактор отказов;
- микросхемы высокой степени интеграции не всегда отличаются надежной и стабильной работой. Здесь приходится решать задачи отвода тепла от работающей ИС, охранять схему от многих видов электромагнитных излучений, обеспечивать надежную разварку внутренних выводов микросхемы при корпусировании и обеспечивать неразрушение внутренних контактов ИС при разных видах технологического воздействия и испытаний. Результат - небольшой выход годных СБИС и их дороговизна.

Все эти трудности - общего, мирового плана. Однако в нашей стране все вышеприведенные моменты чрезвычайно усугублены состоявшейся разрухой микроэлектронной отрасли. Остановлены разработки, изношено и разрушено оборудование опытных участков и серийных производств, произошла сильная эрозия научных и производственных кадров. Многие советники и аналитики от электроники сегодня констатируют бесконечное отставание отечественной электроники от мирового уровня, провозглашают целесообразность мирового функционального разделения труда, предупреждают о неэффективности вложений средств в умирающую отечественную электронику.

Любому самостоятельно мыслящему человеку понятно, что отсутствие отечественной электроники будет означать отсутствие отечественной обороны и отсутствие государственной независимости. Но отечественная электронная отрасль может сохраниться только как конкурентоспособная отрасль. Имеем ли мы сегодня в стране рычаги, способные поднять отечественные радиоэлектронные изделия до уровня или выше уровня конкурентоспособности в мире?

Да, такие рычаги есть!

Отставая от американцев и японцев по уровню развития субмикронных технологий производства СБИС, наши конструкторы, еще до начала перестройки, стали разрабатывать методы коммутации серийных кристаллов невысокой степени интеграции в составе многокристалльных модулей, выполняющих функции СБИС. В результате многокристалльные модули, производящиеся в нашей стране, функционально превосходили американские и японские СБИС и при этом были дешевле и надежнее.

Надо сказать, что в последнее время американские и японские специалисты оценили преимущества многокристалльных модулей и сейчас интенсивно проводят работы в данном направлении по двум национальным программам. Однако российские методы производства многокристалльных модулей по-прежнему дешевле и надежнее, в первую очередь, благодаря применению технологии напыления проводников через металлические маски, позволяющей, одновременно с формированием топологии электронных блоков, создавать надежные соединения между контактными площадками ИС и токоведущими дорожками электронных блоков.

Укрупненно и схематично технология многокристалльных модулей и свободных масок может быть описана следующим образом.

1. На подложке из алюминия штампом пробиваются прямоугольные отверстия соответствующие, с необходимым допуском, размерам кристаллов ИС, монтируемых в данное отверстие.
2. На подложке с отверстиями методом анодирования формируется диэлектрический слой.
3. Кристаллы ИС размещаются в предназначенные для них отверстия подложки так, чтобы верхняя сторона кристаллов, содержащая контактные площадки ИС, была направлена вверх.
4. На подложку с уложенными кристаллами наносится полиимидная пленка, к которой затем прижимается - приклеивается лицевая сторона каждого кристалла ИС.
5. Методом ионного травления в полиимидной пленке формируются отверстия, вскрывающие контактные площадки ИС.
6. Сформированную указанным выше способом подложку размещают на столе из магнитного материала, сверху на подложку с высокой точностью, накладывают коваровую маску-фольгу с тонкими прорезями-линиями - для последующего формирования через них токоведущих дорожек. При этом стол из постоянного магнита плотно прижимает маску к подложке.
7. Методом сплошного напыления через маску формируют токоведущие дорожки из меди (в ряде случаев, предварительно напылив подслоя титана для обеспечения высокой адгезии) и никеля - защитного слоя. При этом, не используя пайку и сварку, мы получаем соединение контактных площадок ИС с токоведущими дорожками платы. После нанесения слоев Ti-Cu-Ni коваровая маска снимается с подложки.
8. Для увеличения возможностей разводки на полученную топологию первого слоя вновь наносится полиимидная пленка, в которой методом ионного травления вскрываются переходные межуровневые отверстия и, через вторую маску, производится формирование второго слоя разводки с контактными площадками для монтажа электронных компонентов. При этом одновременно с формированием второго уровня топологии платы, происходит формирование переходных соединений верхнего и нижнего уровней.

Таким образом, можно сформировать до 30 слоев печатной платы. Однако, как показывает практика, самые сложные схемы с применением вышеописанной технологии разводятся в двух слоях информационной топологии.

Каковы же причины достижения такой плотности?

1. Применение кристаллов ИС без каких-либо выводов, отсутствие сварных и паяных контактов.
2. Возможность формирования проводников шириной 50-70мкм, а при необходимости - 10 мкм.
3. Диаметр переходного отверстия - не более ширины проводника.

Схема, реализованная с применением традиционной технологии изготовления и монтажа печатных плат с использованием корпусных элементов и та же схема, реализованная по описанной выше технологии "внутреннего монтажа кристаллов" ИС отличаются габаритами более чем в 10 раз.

Теперь поговорим о повышении надежности при реализации схем по технологии "внутреннего монтажа кристаллов". Существенное увеличение надежности (более чем в 5 раз) определяется следующими факторами:

1. Отсутствие выводов ИС. В связи с этим, отсутствие паяных и сварных соединений этих выводов с контактными площадками ИС и подложки.
2. Проводник формируется сухим методом и состоит из чистых материалов, не содержит никаких остатков травления, являющихся фактором деградации тонких проводников обычных печатных плат.
3. Близость коэффициентов линейного расширения кристалла, оксидного защитного слоя подложки, керамических корпусов конденсаторов и ситаловых корпусов резисторов для поверхностного монтажа обеспечивает безотказную работу блоков при резких перепадах температуры.
4. Кристаллы ИС, уложенные в алюминиевую или керамическую подложку (при необходимости - в подложку из теплопроводной керамики), находятся в условиях постоянного теплоотвода на тело подложки, что создает надежные условия эксплуатации ИС.
5. Подложка из алюминия естественным образом обеспечивает не только теплоотвод от кристаллов, но и защиту схемы от постороннего электромагнитного воздействия.

Как можно видеть, технология внутреннего монтажа кристаллов устраняет множество основных факторов отказов современных электронных блоков на печатных платах. Но есть еще один существенный фактор отказов радиоэлектронной аппаратуры - отказы в межблочных разъёмных соединениях.

Радикальным решением этой проблемы можно считать замену разъёмного соединения на легко перепаяваемое. Наличие никелевой защиты медных проводников и ламелей дает возможность многократных, сколь угодно частых перепаек контактов. Это возможно из-за того, что никель препятствует контакту припоя и меди и не допускает растворения меди в оловяно-свинцовом припое даже после большого количества перепаек.

С учетом вышеизложенного можно представить новую конструкцию очень многих видов радиоэлектронной аппаратуры.

Новая конструкция состоит из следующих основных элементов:

1. Коммутационная объединительная плата - основа из стали с полиимидным диэлектрическим слоем, на котором, указанным выше методом свободных масок, сформирована коммутирующая разводка. Во многих случаях в качестве коммутационной платы может быть использована задняя стенка прибора.
2. Микромодули, изготовленные по технологии внутреннего монтажа кристаллов и свободных масок, припаяны с помощью торцевых контактов и ламелей к объединительной коммутационной плате.

Микромодули легко демонтируются даже на работающем приборе путем локального разогрева стальной коммутационной платы до температуры пайки в месте установки демонтируемого микромодуля. Разогрев стальной подложки может быть осуществлен утюгом.

Устранение многих ныне присутствующих факторов отказов электронных блоков на печатных платах позволяет устранить многие операции промежуточного контроля. Микромодуль можно проконтролировать, впаяв его в заведомо работоспособное изделие, несущее функцию настроечного, эталонного образца, а затем выпаять из эталонного и впаять в рабочее изделие.

Очевидно, что увеличение надежности РЭА сопряжено с прямой экономической выгодой. Кроме того, во многих изделиях надежность - одно из определяющих требований, предъявляемых к данному виду РЭА.

Существенно, что процесс производства многокристалльных модулей методом свободных масок экологически чист.

Какое оборудование требуется предприятию для того, чтобы внедрить технологию внутреннего монтажа кристаллов? Это два основных устройства:

- устройство напыления;
- устройство ионного травления полиимидной маски.

Наиболее перспективным методом напыления проводников через маски следует считать метод газодинамического сверхзвукового напыления металлов. Современные установки газодинамического сверхзвукового напыления позволяют формировать проводники толщиной до 100мкм на полиимиде и керамике без дополнительного адгезирующего подслоя. Установки газодинамического напыления высокой мощности, способные обеспечить массовое производство многокристалльных модулей, производятся Центром порошкового напыления в г. Обнинске. Более простые и дешевые установки разработаны НИИТАП, г. Зеленоград. В условиях разрушения многих отечественных микроэлектронных производств приобретение установок ионного травления не представляется сложным.

В заключение обзора технологии внутреннего монтажа кристаллов с использованием свободных масок следует еще раз подчеркнуть мое мнение: это единственно верный путь обеспечения конкурентоспособности отечественной РЭА и путь к спасению отечественной радиоэлектронной промышленности вообще. Однако, тому, кто пойдет по этому пути, следует учесть, что между современным специальным применением описанной технологии и будущим её применением в массовом многономенклатурном производстве РЭА (как специального, так и бытового назначения) существует определенное расстояние, которое способны будут преодолеть лишь настойчивые и патриотически-мыслящие люди.

Назаров Евгений Семенович