

ВНУТРЕННИЙ МОНТАЖ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ

В соответствии с разработанной технологией кристаллы ИС не корпусируются, а закладываются в тело самой подложки-основы функционального радиоэлектронного блока – печатной платы. Поэтому технология и получила название "внутренний монтаж".

По сравнению с известными современными технологиями сборки и монтажа печатных плат, таких, например, как технология поверхностного монтажа, разработанная технология исключает не только процессы корпусирования ИС, но и формирование выводов ИС, внутренних (внутрикорпусных) и внешних, а с ними – операции пайки или сварки выводов. Технология мокрого химического травления печатных плат заменяется технологией вакуумного напыления проводников через технологические свободные маски. Одновременно с формированием токоведущих дорожек печатной платы методом вакуумного напыления происходит соединение контактных площадок ИС с токоведущими дорожками.

Перечислим основные этапы технологии внутреннего монтажа (серийный вариант).

1. На подложке из алюминия штампом пробиваются прямоугольные отверстия, соответствующие, с допустимым увеличением, размерам кристаллов ИС, монтируемых в эти отверстия.
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 и приклеивается лицевая сторона каждого кристалла ИС.
5. Методом ионного травления в полиимидной пленке формируются отверстия, вскрывающие контактные площадки ИС.
6. Сформированную указанным способом подложку размещают на столе из магнитного материала, сверху на

Е.Назаров
info@raduga-npp.ru

нее 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 подслой титана для обеспечения высокой адгезии) и никеля – защитного слоя. При этом без пайки и сварки получается 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 формируется второй слой разводки с контактными площадками для монтажа электронных компонентов. При этом одновременно с формированием второго уровня топологии платы формируются переходные соединения 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.

Сечение функционального электронного блока, изготовленного по технологии внутреннего монтажа, представлено на рис.1.

Функциональный радиоэлектронный блок, выполненный по технологии внутреннего монтажа, имеет значительные преимущества перед блоком, изготовленным по той же электрической схеме традиционным методом поверхностного монтажа: размеры уменьшаются в десятки раз; быстродействие увеличивается в 5–6 раз; отсутствуют паразитные явления индуктивной или конденсаторной приро-

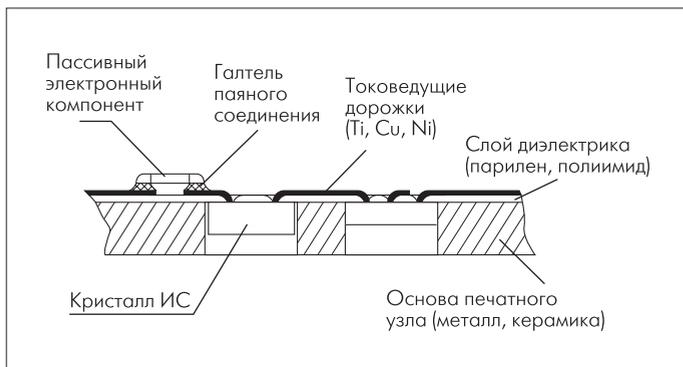


Рис. 1. Сечение функционального электронного блока

ды; блок нечувствителен к внешним несанкционированным электромагнитным воздействиям; имеет небольшую массу и высокую виброустойчивость; в нем легче решить проблему отвода тепла; он более надежен.

С точки зрения экологии, внутренний монтаж – экологически чистая технология, использующая лишь "сухие" способы травления диэлектриков и вакуумное напыление проводников через маски.

Впервые технологию внутреннего монтажа применили в 1980-е годы на брянском ПО "Кремний", использовалась она для монтажа нескольких кристаллов внутри одного корпуса многокристальной микросхемы.

Достоинства новой технологии стали очевидными после ряда проведенных испытаний: многокристальные модули и функциональные блоки не имели паразитных явлений индуктивной или конденсаторной природы и совершенно не реагировали на внешние несанкционированные электромагнитные воздействия. А многократное уменьшение габаритов, повышение надежности, возможность радиационно стойкого исполнения обусловили высокую оценку, данную этой технологии разработчиками спецаппаратуры.

Для производства изделий по технологии внутреннего монтажа, а также для дальнейшего развития технологии и ее внедрения на серийных заводах в конце 1980-х годов в Зеленограде был создан Научно-исследовательский институт технологии и автоматизации производства (НИИТАП). Одновременно с технологическим подразделением в НИИТАП была сформирована мощная база по проектированию базовых матричных кристаллов, благодаря которым и удалось сделать электронные изделия гораздо более миниатюрными. Блоки, изготовленные в НИИТАП, тщательно исследовались и подвергались всем видам испытаний. Это позволило к 2001 году разработать соответствующий военный стандарт.

Технология внутреннего монтажа использовалась на ряде предприятий для серийного производства функциональных электронных блоков. Одним из массовых изделий, производимых по данной технологии, должен был стать приемовычислитель для системы ГЛОНАСС. Разработанный в начале 1990-х годов приемовычислитель (рис.2) имел очень ма-

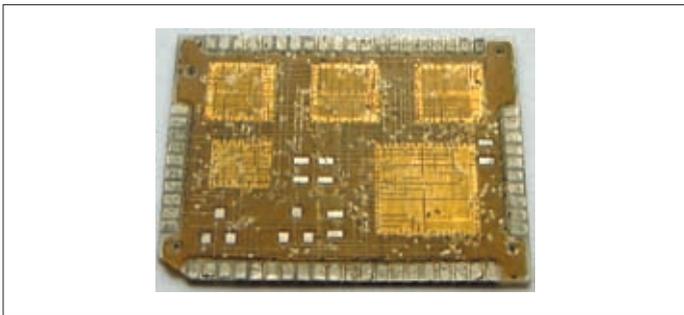


Рис.2. Приемовычислитель для системы ГЛОНАСС

лые размеры и был совершенно нечувствителен к несанкционированным электромагнитным воздействиям. Это стало возможным благодаря отсутствию так называемой "дополнительной антенны", роль которой в обычных электронных блоках играют внутренние и внешние выводы микросхем, а также многоуровневая система проводников печатной платы, включающая металлизацию переходных отверстий.

Можно предположить, что именно высокая эффективность технологии внутреннего монтажа и стала причиной устранения ее из отечественной электроники (как это обычно имело место в 1990-е годы). За рубежом наблюдается обратная тенденция: внутренний монтаж бурно развивается как технология производства функциональных радиоэлектронных блоков в соответствии с рядом национальных государственных программ, а в последнее время все чаще применяется при производстве и бытовой аппаратуры – мобильных вычислителей и средств связи.

Этот факт может стать решающим для руководителей отечественной радиоэлектронной отрасли в подготовке решения о применении технологии внутреннего монтажа в отечественной радиоэлектронной аппаратуре. Несмотря на то, что сегодня отечественные журналы по радиоэлектронике изобилуют публикациями о проблемах поверхностного монтажа СБИС в BGA-корпусах и изготовления печатных плат соответствующего класса, есть надежда, что технология внутреннего монтажа, радикально решающая большинство проблем сборки и монтажа радиоэлектронных блоков, будет восстановлена на наших предприятиях. И чем чаще наши разработчики будут знакомиться с зарубежными аналогами, изготовленными по технологии внутреннего монтажа, тем скорее это произойдет.

Пока же процессу возрождения некогда серийной и эффективной технологии препятствуют: недостаточность информации; неверие руководства в возможности отечественной радиоэлектроники; прекращение производства адгезионного пленочного полиимида; необходимость продажи уже произведенного в большом количестве оборудования для поверхностного монтажа; увлечение в НИИ и КБ многочисленными НИРами в области "высоких" радиоэлектронных технологий, поддерживаемых государством, но не дающих практических результатов; бездеятельность и неорганизованность многих ответственных руководителей.

Против применения технологии внутреннего монтажа обычно выдвигают два более-менее существенных аргумента: неремонтопригодность внутренне смонтированных электронных блоков и отсутствие гарантии годности монтируемых кристаллов.

Первый аргумент потерял актуальность несколько лет назад, когда стало очевидно, что современные поверхностно монтируемые электронные блоки, применяемые в ответственной аппаратуре, не ремонтируются ни самими производителями, ни пользователями, а заменяются новыми.

Второй аргумент был опровергнут фактами гарантированной поставки по контрактам в Китай годных кристаллов заводами "Ангстрем" и "Микрон", которая производится без выходного контроля. Оказалось, что контроль исходных материалов и технологических режимов при производстве кристаллов микросхем может гарантировать их годность даже без выходного контроля.

Третий аргумент против применения технологии внутреннего монтажа при производстве отечественной РЭА сводится к отсутствию необходимых кристаллов у отечественных производителей и невозможности их закупки за рубежом. Последнее обстоятельство, возможно, связано с неосведомленностью: разработчики РЭА недостаточно активно интересуются серийно производимой продукцией отечественной электронной промышленности, а на сайтах российских производителей микросхем представлено менее 30% разработанной номенклатуры. Получить полную информацию от разработчиков кристаллов можно только при непосредственном общении с ними, что не всегда возможно.

Иногда технологии внутреннего монтажа противопоставляется сам процесс увеличения интеграции и расширения функциональной насыщенности кристаллов, например "системы на кристалле". Но между стремлением к созданию систем на кристалле и внутренним монтажом нет и не может быть противоречия. Наоборот, новые сверхинтегрированные кристаллы требуют гармоничного встраивания их в электронные функциональные блоки. Технология внутреннего монтажа эффективно решает эту проблему. Эта же технология позволяет решить и совершенно новую задачу: обеспечить надежный монтаж в тело электронного блока новейших кристаллов СВЧ- и МЭМС-элементов, производимых с использованием нанотехнологий.

Решению этой задачи способствовала, как ни странно, именно ликвидация производства адгезионного пленочного полиимида, ранее применявшегося в отечественных разработках.

В результате полиимид был заменен на великолепный по многим характеристикам парилен – гидрофобный, химически стойкий, экологически чистый СВЧ-материал с коэффициентом диэлектрической проницаемости $\epsilon=2,65!$

Таким образом, чувствительные к давлению и повышенной температуре кристаллы теперь могут монтироваться в вакуу-

ме и при комнатной температуре. Более того, при внутреннем монтаже кристаллов достигается планаризация топологии кристаллов и топологии электронного блока. Отсутствие выводов и планаризация топологий устраняют паразитные явления и делают блок нечувствительным к внешним наводкам.

Яркий пример чувствительности или нечувствительности электронных блоков к посторонним несанкционированным электромагнитным воздействиям – история приемовычислителя ГЛОНАСС. Изготавливавшийся в начале 1990-х годов по технологии внутреннего монтажа приемовычислитель был мал, надежен и совершенно нечувствителен к наводкам. "Объект" мог точно определить свое местоположение, даже располагаясь под линией электропередач (где очень сильны электромагнитные наводки). Иное дело – новомодные разработки, сделанные с применением корпусной импортной элементной базы, например "дополнительная антенна" (т.е. внешние и внутренние выводы и многоуровневая разводка), которую разработчики начала 1990-х годов убрали с лицевой стороны электронного блока, а нынешние разработчики, наоборот, развернули. Да какую мощную!

Теперь, как бы фрагменты схемы ни экранировались, полностью электромагнитных посторонних воздействий избежать не удастся. Остается надеяться, что этот урок послужит развитию технологии внутреннего монтажа.

Как же поступить тем потребителям, которые решили воспользоваться технологией внутреннего монтажа и хотели бы получить образец своего внутренне смонтированного радиоэлектронного блока для проведения всесторонних испытаний? Самое простое – обратиться к нам. И мы, опираясь на формируемые в С.-Петербурге, Сарове, Туле и Зеленограде центры по производству электронных блоков методом внутреннего монтажа, поможем изготовить опытные образцы блоков заказчика. Испытав опытные образцы и поняв ценность технологии внутреннего монтажа, вы будете заказывать блоки в наших производственных центрах, работать в кооперации с нами, приобретете с нашей помощью необходимое оборудование, начнете производить внутренне смонтированные блоки на своем участке микроэлектроники.

Каким бы путем вы ни пошли, ориентация на технологию внутреннего монтажа – это правильное решение, поскольку только она дает нашей электронике возможность возродиться. Перспективность этой технологии еще и в том, что для технологии внутреннего монтажа, с одной стороны, можно использовать разработанные ранее для поверхностного монтажа схемотехнические решения, а с другой – применять новейшую элементную базу. Внедрение технологии внутреннего монтажа позволит скорректировать затраты на корпусирование СБИС, изготовление многослойных печатных плат, покупку прецизионного сборочно-монтажного и контрольного оборудования. Сэкономленные средства можно будет направить на развитие производства кристаллов. ○