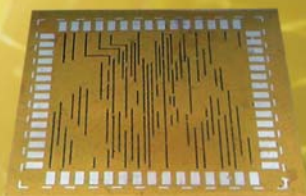
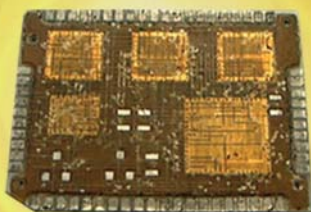
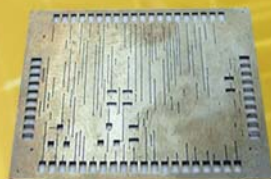
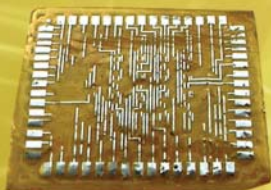


ПЛАНАРНЫЙ ВНУТРЕННИЙ МОНТАЖ- БУДУЩЕЕ НАШЕЙ ЭЛЕКТРОНИКИ



**Элементы технологии и образцы электронных
блоков изготовленных по технологии
внутреннего монтажа**

Если производство средств мобильной связи, спутниковой навигации, промышленных вычислительных комплексов будет осуществляться по импортным технологиям, наша радиоэлектронная отрасль, несмотря на господдержку, так и не сможет выйти на конкурентоспособный уровень. Государственная финансовая и техническая помощь должна касаться не только специальных задач, но и создания производств массовых коммерческих продуктов радиоэлектроники, способных конкурировать на внешнем и внутреннем рынке за счет применения оригинальных технических (в том числе — технологических) решений.

Пока же мы наблюдаем лишь воспроизводство и копирование зарубежных технических решений, что в перспективе обернется чрезмерной стоимостью радиоэлектронных продуктов, их отставанием по основным техническим параметрам от зарубежных образцов, разочарованием руководства и самих творцов техники в возможностях отечественной радиоэлектроники. В настоящий момент у нашей радиоэлектроники есть один шанс выжить — это создание производств массовых коммерческих продуктов радиоэлектроники по отечественной, по-настоящему конкурентной технологии планарного внутреннего монтажа кристаллов [1]. Для производства радиоэлектронных узлов по данной технологии требуется минимум технологических операций и минимальное количество оборудования.

РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ ПЛАНАРНОГО ВНУТРЕННЕГО МОНТАЖА

Вариант 1

Размер контактных площадок более 80х80 мкм:

1. В качестве групповой заготовки взять алюминиевую пластину (сплав АД) 500х500х0,5 мм или лист сырой ЛТСС-керамики. В пластине или листе штампом пробить точные сквозные отверстия для закладки в них соответствующих кристаллов радиоэлектронных узлов, а также отверстия и углубления для последующего разделения групповых заготовок на отдельные узлы.
2. Произвести анодирование алюминиевой или отжиг керамической заготовки (далее — пластины).
3. На ровную поверхность монтажного стола расстелить пленку фоторезиста СПФ-ВЩ-20, клеейкой поверхностью вверх.
4. Положить пластину на клейкую поверхность фоторезиста.
5. Вакуумным пинцетом вручную или автоматом заложить кристаллы ИС в соответствующие окна пластины активной стороной вниз. Надавить на каждый кристалл, приклеив его к фоторезисту, после чего перевернуть пластину.

6. Методом фотолитографии или ионного травления вскрыть фоторезист над контактными площадками ИС.
7. Произвести вакуумное напыление проводящего слоя на всю поверхность пластины.
8. Методом фотолитографии сформировать рисунок первого слоя разводки радиоэлектронного узла.
9. Наклеить на поверхность пластины второй слой фоторезиста и произвести формирование второго слоя разводки радиоэлектронного узла вместе с контактными площадками под элементы поверхностного монтажа (резисторы, конденсаторы и прочее).
10. Произвести монтаж поверхностно-монтируемых компонентов.

Вариант 2

Размер контактных площадок ИС более 80х80 мкм:

1. В качестве групповой заготовки взять алюминиевую пластину (сплав АД) 500х500х0,5 мм или лист сырой LTCC-керамики. В пластине или листе штампом пробить точные сквозные отверстия для закладки в них соответствующих кристаллов радиоэлектронных узлов, а также отверстия и углубления для последующего разделения групповых заготовок на отдельные узлы.
2. Произвести анодирование алюминиевой заготовки или отжиг керамической заготовки (далее — пластины).
3. На ровную поверхность монтажного стола расстелить полиимидную пленку толщиной 10 мкм.
4. На поверхность полиимидной пленки нанести слой фотоотверждаемого лака ФПТ-1-40.
5. Положить пластину на слой фотолака.
6. Вакуумным пинцетом вручную или автоматом заложить кристаллы ИС в соответствующие окна пластины активной стороной вниз. Надавить на каждый кристалл, приклеив его к слою фотолака. Произвести отверждение фотолака, после чего перевернуть пластину.
7. Методом фотолитографии (или ионнохимического травления сквозь съемную технологическую маску из магнитного материала) вскрыть полиимидную пленку над контактными площадками ИС.
8. Произвести вакуумное напыление проводящего слоя на всю поверхность пластины (а в случае использования технологии свободных масок — на поверхность съемной технологической маски, содержащей прорези для формирования топологического рисунка).
9. Методом фотолитографии сформировать рисунок первого слоя разводки радиоэлектронного узла (в случае использования технологии свободных масок слой разводки уже сформирован).

10. С помощью фотолака ФПТ-1–40 наклеить на поверхность пластины второй слой полиимидной пленки и произвести формирование второго слоя разводки радиоэлектронного узла вместе с контактными площадками под элементы поверхностного монтажа (резисторы, конденсаторы и прочее).
11. Произвести монтаж поверхностно-монтажных компонентов.

Вариант 3

Размер контактных площадок ИС более 140x140 мкм:

1. С помощью прецизионных форм отлить основание электронных узлов из литьевого стеатита (форстерита), учитывая при этом коэффициент усадки материала.
2. На лицевую сторону основания электронного узла наклеить пленку фоторезиста СПФ-ВЩ-20.
3. Закладку кристаллов и дальнейшую обработку фоторезиста производят в соответствии с пунктами 5–10 из варианта 1.

Вариант 4

Размер контактных площадок менее 80x80 мкм:

1. Методом фотолитографии сформировать отверстие под ИС в групповой заготовке из ковара размером до 500x500x0,5 мм.
2. Покрыть групповую заготовку слоем парилена в установке нанесения парилевого слоя.
3. Заложить в отверстия заготовки кристаллы ИС активной стороной вниз.
4. Наносить капли фотоотверждаемого лака ФПТ-1–40 фиксировать кристаллы в отверстиях коваровой групповой заготовки, произвести отверждение клея.
5. В установке нанесения парилена нанести 7–8 микронный слой парилена на всю поверхность основы и кристаллов, установленных в отверстия.
6. Через отверстия в технологической съемной маске из ковара вскрыть методом ионного травления окна в парилена над контактными площадками ИС. Снять маску.
7. Через прорезы в другой технологической маске произвести напыление проводников Ti-Cu-Ni и, таким образом, сформировать первый слой разводки радиоэлектронного узла. Во избежание подпыла в процессе напыления металлов прижимать маску к основанию с помощью столика из постоянных магнитов.
8. Второй и последующие слои радиоэлектронной схемы формировать так, как описано в пунктах 5–7. На верхнем слое сформировать контактные площадки для монтажа поверхностно-монтажных компонентов.

Вариант 5

Размер контактных площадок ИС менее 50x50 мкм:

1. В кремниевой пластине (можно использовать брак от производства микросхем) методом анизотропного скоростного ионноплазменного травления сформировать отверстия под кристаллы ИС.
2. Установить кристаллы ИС в отверстия пластины активной стороной вниз.
3. Фиксацию кристаллов в отверстиях пластины произвести фотолакком ФПТ-1–40 или методом сверхзвукового газодинамического напыления порошка меди на тыльную сторону кристаллов.
4. Формирование диэлектрических слоев и проводящего рисунка радиоэлектронного узла производить далее так, как описано в пунктах 2–8 из варианта 4.

Вариант 6

Монтаж СВЧ-кристаллов и других тепло нагруженных ИС:

1. В пластине из поликора, нитрит-алюминиевой керамики или фторопласта методом лазерной резки или прецизионной штамповки сформировать отверстия под кристаллы.
2. Заложить кристаллы активной стороной вниз. Хорошо, если обратная сторона кристалла не обработана и не имеет металлизации.
3. Методом сверхзвукового газодинамического напыления меди произвести фиксацию кристалла в отверстиях и формирование теплоотводящих медных подушек. Чтобы избежать перегрева кристаллов при формировании теплоотводящих подушек, применять пульсирующий режим напыления.
4. С помощью эвтектического припоя припаять основу радиоэлектронного узла к дополнительному теплоотводящему основанию так, чтобы теплоотводящие подушки имели контакт с дополнительным теплоотводящим основанием.
5. Формирование диэлектрических и проводящих слоев радиоэлектронного узла производить далее аналогично пунктам 2–8 из варианта 4.

ВЫГОДЫ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Во-первых, массогабаритные характеристики РЭА могли быть снижены в 20 раз. Во-вторых, увеличились бы быстродействие, помехозащищенность, вибро- и термоустойчивость.

В-третьих, себестоимость производства радиоэлектронных узлов может быть, в потенциале, снижена в 100 раз. Решающую роль в снижении себестоимости продукции играет в данном случае не уменьшение расхода материалов, а именно резкое сокращение количества операций при производстве и контроле изделий.

Для достижения потенциально возможных результатов и экономии времени необходимо в городах-центрах радиоэлектроники (Москве, Санкт-Петербурге, Рязани, Туле, Воронеже, Пензе, Новосибирске, Томске, Красноярске, Ростове-на-Дону, Саратове и проч.) создать новые коммерческие предприятия по производству массовой радиоэлектронной продукции, тематически близкой к той, что исторически разрабатывается и производится в данном регионе. Такие предприятия могут стать региональными центрами по разработке и применению новейших радиоэлектронных технологий, выполняющими следующие функции:

- исследование и разработка перспективных технологий производства радиоэлектронной аппаратуры;
- собственное и контрактное производство радиоэлектронной продукции по наиболее перспективным технологиям;
- распространение и внедрение перспективных радиоэлектронных технологий на предприятиях отрасли, включая поставку технологического оборудования.

Первоочередной задачей создаваемых предприятий должно стать массовое производство по технологии планарного внутреннего монтажа коммерческой радиоэлектронной продукции: навигационной аппаратуры ГЛОНАСС/GPS, мобильных телефонов, автомобильной электроники, радиоэлектронных узлов для цифрового телевидения и вычислительных комплексов широкого применения.

Для ускоренной организации массового производства продукции по технологии внутреннего монтажа необходимо создать из специалистов предприятий радиоэлектронного комплекса временные творческие группы по направлениям:

- разработка и подбор схемотехнических решений радиоэлектронных продуктов массового назначения с учетом задач уменьшения стоимости и увеличения доступности кристаллов ИС и материалов, используемых при производстве данных продуктов;
- разработка, испытания и сравнение технологических процессов внутреннего монтажа с целью достижения минимальных затрат на производство радиоэлектронных продуктов массового назначения;
- подбор технологического оборудования для массового производства радиоэлектронных узлов методом внутреннего монтажа, подбор и подготовка помещений для организации массового производства коммерческой радиоэлектронной продукции.

В ближайшее время нужно определить круг участников, размеры бюджета и уставного капитала региональных центров радиоэлектронных технологий (РЦ РЭТ). Произвести оценку долей участников, вносимых в виде движимого

и недвижимого имущества и интеллектуальных продуктов, осуществить формальную процедуру создания РЦ РЭТ.

Разработать штатную структуру РЦ РЭТ, решив вопросы:

- перехода работников предприятий радиоэлектронного комплекса на постоянную работу в РЦ РЭТ;
- командирования работников предприятий радиоэлектронного комплекса для временной работы в РЦ РЭТ;
- работы сотрудников предприятий радиоэлектронного комплекса в РЦ РЭТ по совместительству.

Участниками проекта должны стать существующие предприятия радиоэлектронного комплекса. Они должны дать помещения, оборудование и специалистов для создания творческих коллективов.

Предприятия-участники центра могут на рыночной основе стать участниками кооперированного производства массовых радиоэлектронных продуктов.

Как пример рассмотрим возможную организацию Центра радиоэлектронных технологий для массового производства навигационной аппаратуры ГЛОНАСС:

- Временная рабочая группа, созданная из специалистов фирм-разработчиков и фирм-изготовителей навигационной аппаратуры: ОАО «РИРВ», ФГУП «РНИИ КП», ЗАО «КБ НАВИС», ОАО «Ангстрем-М», ФГУП «НИИМА “Прогресс”», НИИСИ РАН и др. определяет оптимальное схемотехническое решение и вносит изменения в конструкцию чипсетов и радиоэлектронных узлов.
- Выбранный вариант чипсета необходимо начать производить на модернизируемых в настоящее время промышленных площадках Зеленограда, Воронежа, Санкт-Петербурга, Томска и Новосибирска.
- Сборку функциональных узлов методом внутреннего монтажа кристаллов можно осуществлять на существующих производствах микросборок в Туле, Владимире, Нижнем Новгороде, Курске, Новосибирске, Томске, Москве, Санкт-Петербурге и т. д.
- Установку компонентов поверхностного монтажа можно производить на ныне простаивающих линиях в Рязани, Ижевске, Санкт-Петербурге, Москве и т. д.
- Для дальнейшего снижения затрат могут быть разработаны специализированные линии для групповой установки элементов поверхностного монтажа.

Так, опираясь на уже имеющиеся производственные мощности, можно организовать массовое производство приемовычислителей GPS/ГЛОНАСС.

ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ В ДАННОЙ ОБЛАСТИ

Одним из заглавных предприятий по раз работке и производству наземной аппаратуры ГЛОНАСС является ЗАО «КБ НАВИС». При поддержке Минпромторга РФ чипсеты приемовычислителей ГЛОНАСС решено производить на заводе «Микрон».

Однако, в связи с тем, что базовой технологией производства приемовычислителей определена технология поверхностного, а не внутреннего монтажа, кристалл, произведенный отечественным предприятием, будет корпусироваться в керамический BGA-корпус, сильно отличающийся по коэффициенту температурного расширения от стеклотекстолитовой платы узла, что резко снизит надежность мобильной аппаратуры. Если же плату узла тоже делать из керамики, то узел становится тяжелой многослойной структурой, что препятствует его массовому применению.

Но главное — это цена. Она никак не может быть низкой. Одни только операции контроля существенно увеличивают стоимость изделия.

Посмотрите, сколько их: контроль материалов и режимов при производстве микросхем, функциональный контроль кристалла в составе шайбы, функциональный и динамический контроль микросхем после их корпусирования, контроль платы, рентгеновский контроль микросхем в BGA-корпусе после их монтажа на плату, конечный функциональный и динамический контроль узла в целом.

Для сравнения: в технологии внутреннего монтажа можно ограничиться лишь первой и последней операциями из приведенного перечня, то есть производить контроль материалов и режимов производства кристаллов, а их функциональную годность выявлять при окончательных испытаниях всего радиоэлектронного узла.

Радиоэлектронный узел, смонтированный по технологии внутреннего монтажа, имеет минимальную паразитную антенну, то есть не боится внешних несанкционированных электромагнитных воздействий и во многих случаях может использоваться без внешнего корпуса.

Вот и представьте себе возможную стоимость внутренне узла, смонтированного по технологии ВМУ: платы нет, корпусов микросхем нет, внешнего корпуса нет, операций промежуточного контроля нет, нет даже разъемов — вместо них ламели, покрытые напыленным никелем.

А что есть?

Самые дешевые кристаллы ИС, маленький кусочек алюминия или дешевой керамики, чип-резисторы и чип-конденсаторы. Все это монтируется с использованием минимального количества операций на минимуме оборудования, и в итоге намного надежнее, меньше и лучше узлов, производимых по технологии поверхностного монтажа.

ПОЧЕМУ МЫ ТАК НЕ ДЕЛАЕМ?

Говорят, что технология внутреннего монтажа у нас не изучена и не опробована.

Да ведь она же родилась на Брянском ПО «Кремний» еще в середине 80-х годов! Затем применялась для производства радиоаппаратуры на десятке предприятий, в том числе и при производстве приемовычислителя ГЛОНАСС (1993 г.). Прошла все виды испытаний, включая натурные ядерные, оформлена в соответствующем военном стандарте. Технология бурно развивается за рубежом, но ее зарубежные варианты [2, 3] менее эффективны и более затратны, чем отечественная технология планарного внутреннего монтажа. Чаще всего зарубежные технологии внутреннего монтажа активных элементов предполагают формирование полостей в диэлектрике или полупроводниковом материале и непланарное размещение кристаллов относительно основного токоведущего рисунка радиоэлектронного узла, в связи с чем зарубежные ВМУ богаты паразитными индуктивными и конденсаторными явлениями, да и просто они дороже.

Этим и надо воспользоваться в нашей конкурентной борьбе с зарубежными фирмами, в том числе — китайскими.

Великолепных технических свойств и конкурирующей цены нашей массовой радиоэлектроники надо добиваться путем использования собственной оригинальной технологии планарного внутреннего монтажа.

Результаты же массового производства радиоэлектронной продукции по новым технологиям легко будет применить далее и для решения специальных задач.

Литература

1. Кокорева И. Внутренний монтаж радиоэлектронных блоков. Что нового?// Печатный монтаж. 2009. № 6.
2. Айер М., Ли Б. В. и др. Технологии встраивания активных чипов в интегрированные системы// Печатный монтаж. 2008. № 1.
3. Шёнхольц Р. Встроенные активные компоненты. Новая технология компании Wurth Elektronik// Технологии в электронной промышленности. 2009. № 7.

Евгений Назаров
ooo-raduga@yandex.ru

ОАО МРЗ «ТЕМП»

**ЦЕНТР РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ (ЦРЭТ)**

**Москва, Кавказский бульвар, 59
(495) 645-36-55, (495) 645-36-56
(495) 368-95-51, моб. (906) 062-28-29**