

Н. И. ПЛИС, д. т. н. В. Г. ВЕРБИЦКИЙ, к. т. н. В. Д. ЖОРА,
В. Н. ВОЛНИСТОВ, В. П. ГРУНЯНСКАЯ, Н. Н. СЕРГЕЕВА

Россия, г. Москва, ОАО «Ангстрем»;
Украина, г. Киев, НИИ микроприборов НТК «ИМК» НАНУ
E-mail: vdzhora@ukrpost.net

Дата поступления в редакцию
14.06 2010 г.

Оппонент д. т. н. В. В. БАРАНОВ
(БГУИР, г. Минск)

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ МИКРОСХЕМ НА ГИБКОМ ПОЛИИМИДНОМ НОСИТЕЛЕ

Рассмотрена технология сборки микросхем на гибком полиимидном носителе и ее преимущества по сравнению с традиционными методами сборки, а также области применения микроэлектронной аппаратуры, в которой используются такие микросхемы.

В 80-е годы прошлого века в СССР начались работы по внедрению нового, не имевшего на тот момент зарубежных аналогов метода сборки БИС на гибком полиимидном носителе, (ГПН) [1], так называемой модификации 2 (рис. 1).

Микросхемы модификации 2 первоначально разрабатывались для создания элементной базы спецприменения [2]. При освоении таких изделий более чем на 20 предприятиях электронной промышленности были внедрены комплекты автоматизированного оборудования как для изготовления гибких носителей (линия «Ладога»), так и для сборки бескорпусных микросхем на ГПН (линия «Полином»). Была также создана вся необходимая инфраструктура для их производства — налажен выпуск фольгированных диэлектриков и других материалов, тары-спутника, контактных устройств, выпущены соответствующие отраслевые стандарты и т. п. Для монтажа элементов из базы спецприменения, в свою очередь, были разработаны автоматизированные линии, позволяющие осуществлять разварку алюминиевых выводов микросхем модификации 2 (например, на керамические подложки — ультразвуковой микросваркой).

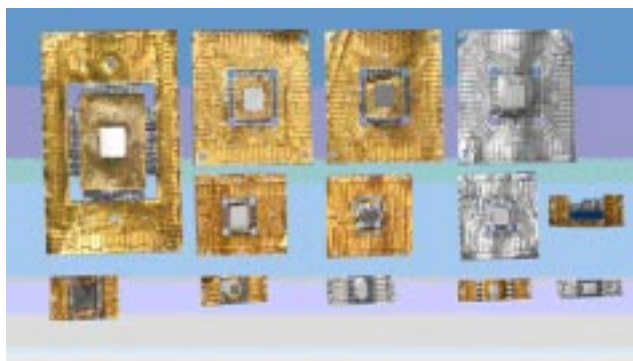


Рис. 1. Микросхемы различных типов на гибком полиимидном носителе

Область применения нового метода сборки микросхем существенно расширилась после внедрения разработанного авторами [3] способа обработки выводов ГПН под пайку, что позволило использовать микросхемы модификации 2 для изделий широкого применения (программируемых микрокалькуляторов, часов, кассовых аппаратов и т. п.). При этом монтаж микросхем на ГПН на стандартные печатные платы осуществлялся методом пайки с использованием импульсных микропаяльников.

Кризис промышленного производства на постсоветском пространстве в 90-е годы привел к резкому падению выпуска изделий электронной техники, в первую очередь товаров массового потребления, особенно после появления на рынке дешевых товаров из Китая и стран Юго-Восточной Азии.

В последние годы у изготовителей современной аппаратуры возродился интерес к бескорпусной элементной базе на ГПН. Ведь кроме минимальных габаритов и массы микросхемы модификации 2 благодаря уникальному сочетанию свойств композиционных материалов — алюминия и полиимида — имеют ряд других ценных преимуществ [2—4].

Наглядным свидетельством преимуществ технологии сборки изделий микроэлектроники, которые собраны с использованием материалов «алюминий—полиимид», является ее применение Европейским центром ядерных исследований (ЦЕРН, г. Женева) при изготовлении компонентов детекторных модулей для системы «ALICE» [5].

Конкурентоспособность такой технологии обеспечило применение микрокабелей, содержащих сотни выводов; малый шаг выводов (до 80 мкм); высокая механическая прочность тонкой (10—12 мкм) полиимидной пленки, а также стойкость к высоким радиационным нагрузкам. В рамках программы «ALICE» было изготовлено около 40 тыс. сложных многовыводных микрокабелей типа «алюминий—полиимид» [6]. При этом точность изготовления выводов микрокабелей в местах сварки достигала 36 ± 4 мкм.

Уникальность свойств полимерных пленок, применяемых в качестве носителей выводов, определяется химическим строением полиимидов — целого класса полимеров, имеющих общую структурную формулу [7], определяющую их высокую прочность, термическую стабильность, а также радиационную стойкость.

Свою эластичность полиимидные пленки сохраняют даже при криогенных температурах. Так, в [8] отмечается, что они могут использоваться в интервале температуры 3—673 К, т. е. работать даже при температуре жидкого гелия. Полиимидные пленки сохраняют работоспособность при 473 К (200°C) в течение нескольких лет, при 573 К — 1000 часов, при 673 К — до 6 часов.

Следует отметить, что полиимидные пленки имеют хорошие, по сравнению с другими полимерами, диэлектрические свойства и высокую теплопроводность (150—180 Вт/(м·К)). Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) полиимида близок к ТКЛР металлов, применяемых для изготовления выводов ГПН (алюминия и меди). В то же время, полиимидные пленки можно травить в сильнощелочных растворах, что позволяет получать в них при необходимости сквозные отверстия.

Ценный комплекс свойств полиимидных материалов предопределил их широкое использование в микроэлектронике не только в качестве полимерного основания в ГПН и гибких платах, но и в качестве диэлектрического слоя при изготовлении многоуровневой металлизации на кристаллах СБИС.

Бескорпусная БИС модификации 2 представляет собой кристалл с алюминиевыми выводами на полиимидном основании. Технологический процесс сборки таких микросхем включает в себя изготовление гибких носителей типа «алюминий—полиимид» методом двусторонней фотолитографии, присоединение их к стандартным полупроводниковым кристаллам с алюминиевой металлизацией с помощью ультразвуковой сварки, герметизацию полимерными материалами и проведение технологических отбраковочных испытаний, в том числе и электротермотренировок — при необходимости. Конструкция гиб-

ких носителей задается фотошаблонами слоев алюминия и полиимида, которые предварительно совмещаются и соединяются в пакет.

Конструктивно гибкий носитель (рис. 2) выполнен в виде нескольких взаимосвязанных зон — периферийной, контактирования, монтажной и внутренней, которые состоят из унифицированных элементов, изменяющих свое положение в зависимости от расположения контактных площадок кристалла. Периферийная зона функционально предназначена для фиксации носителя и микросхемы в целом в процессах их изготовления и монтажа. Она содержит базовые фиксирующие отверстия, позволяющие сохранять необходимую точность фиксации при проведении необходимых измерений параметров и испытаний, а также при монтаже в микроэлектронную аппаратуру (МЭА).

В зоне контактирования расположены площадки строго определенных размеров с шагом 1,25 мм для подключения зондов контактирующих устройств в процессе измерения электрических параметров ИС и проведения их испытаний. В зависимости от количества выводов контактные площадки могут быть расположены по обе стороны или с четырех сторон от ИС.

В монтажной зоне имеется унифицированный контур вырубki, по которому от микросхемы с двухсторонним или четырехсторонним расположением выводов отделяют зоны периферийную и контактирования перед монтажом бескорпусной БИС в МЭА. Внутренняя область служит для присоединения полупроводникового кристалла к внутренним окончаниям выводов носителя, повторяющим расположение контактных площадок этого кристалла. Внутренняя область выполнена на основе ряда унифицированных элементов, которые разработаны с учетом автоматизации процессов сварки и обеспечения ее на-

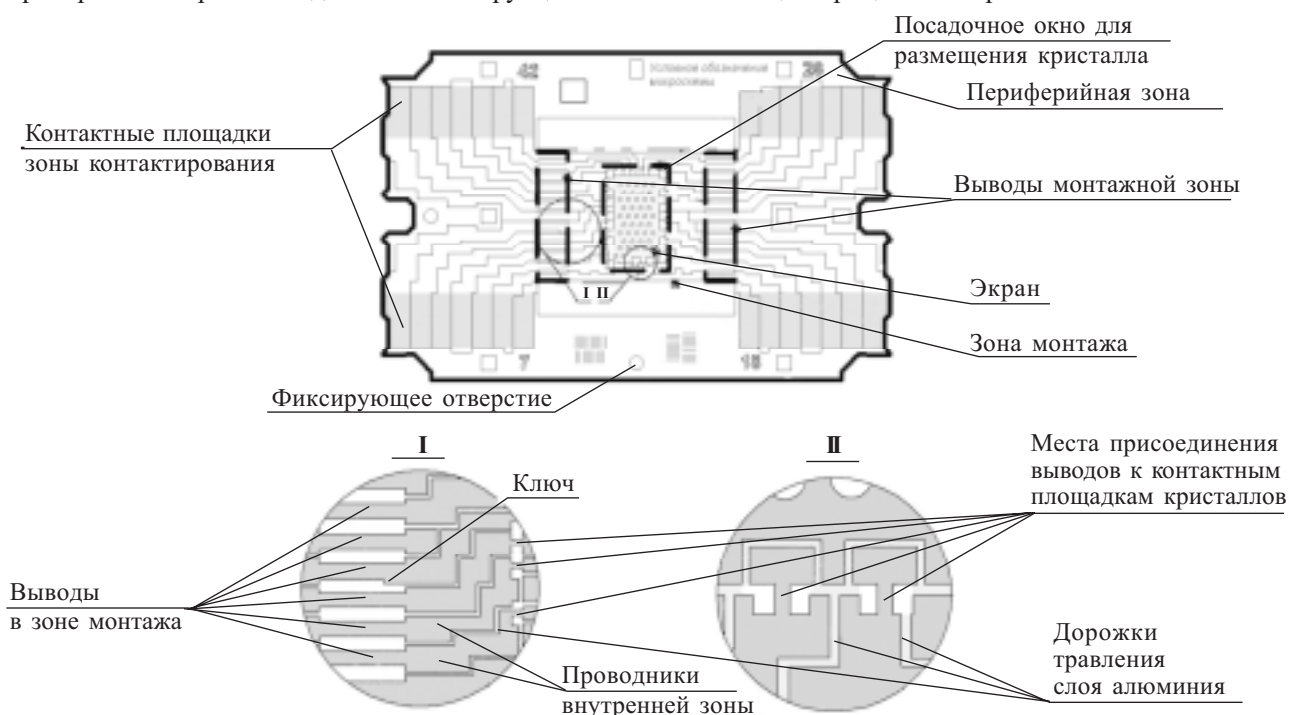


Рис. 2. Гибкие полиимидный носитель для сборки микросхем (вид со стороны алюминия)

дежности, сохранения плоскостности и необходимой ее жесткости, а также стабилизации ее геометрических размеров, например, путем введения экрана [9].

Для защиты бескорпусных микросхем действующими стандартами рекомендован ряд полимерных материалов. Выбор конкретного материала определяется условиями эксплуатации БИС, чувствительностью кристалла к поверхностным загрязнениям, а также совместимостью защитного материала с другими конструкционными материалами микросхемы и МЭА в целом.

Гибкие носители (микрокабели) можно изготавливать различными методами, как показано в [4, 10].

При использовании ГПН типа «алюминий—полиимид» алюминиевые выводы привариваются ультразвуковой сваркой непосредственно к контактному площадкам полупроводникового кристалла. Образуется монометаллическое соединение с высокой прочностью на разрыв — порядка 7—14 гс при толщине выводов 30 мкм (рис. 3).

Образуемый сварной шов имеет мелкодисперсную структуру, наличие оксидов алюминия на контактирующих поверхностях не препятствует возникновению металлических связей [11]. Для формирования надежного сварного соединения точно дозируют энергию ультразвуковых колебаний и, следовательно, величину деформации выводов в местах присоединения. Это позволяет повысить воспроизводимость качества сварки, т. к. чрезмерная деформация вывода приводит к снижению прочности сварных соединений [11]. Кроме того, на их качество значительно влияет жесткость закрепления кристаллов и выводов гибкого носителя, а также чистота поверхности свариваемых соединений. Необходимую чистоту гибких носителей на заключительном этапе их изготовления обеспечивают так называемой финишной очисткой, при которой поверхность подложек с носителя-

ми обрабатывают в слабощелочных растворах, затем тщательно отмывают в деионизованной воде и сушат.

Сварка микросхем на полиимидном носителе может быть реализована на различном сборочном оборудовании, которое отличается как по стоимости, так и по производительности. При больших объемах выпуска микросхем преимущество получают высокопроизводительные автоматизированные установки, например ЭМ-4062.

В условиях многономенклатурного мелкосерийного производства технология сборки ИС на ГПН по сравнению с методами сборки в корпуса также имеет свои преимущества. Ее реализация требует всего лишь изготовления различных пленочных фотошаблонов при стандартном процессе и не сопряжена с необходимостью приобретения (а подчас и разработки) различных корпусов и оборудования для сварки и герметизации.

Таким образом, показано, что микросхемы на гибком полиимидном носителе отличаются высокой надежностью и имеют преимущества по сравнению с другими конструкциями ИС в случаях использования их в составе герметичных микросборок в аппаратуре, работающей при больших ускорениях, ударных и радиационных нагрузках. В бытовой МЭА такие микросхемы можно применять после герметизации их полимерными материалами и защиты поверхности плат. В случаях использования БИС и СБИС, имеющих сотни выводов, методы сборки микросхем на ГПН практически не имеют альтернативы.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Шеревеня А. Г., Цуканов Л. Н., Тучинский И. А., Жора В. Д. Конструкция и технология сборки БИС в бескорпусном исполнении на гибком носителе // В сб.: Научно-техн. достижения. — М.: ВИМИ, 1984. — №4. — С. 26—34.
2. Воженин И. Н., Блинов Г. А., Коледов Л. А. и др. Микроэлектронная аппаратура на бескорпусных интегральных микросхемах. — М.: Радио и связь, 1985.
3. А. с. 1781733 СССР. Способ сборки интегральных схем / А. Г. Шеревеня, И. А. Тучинский, В. Д. Жора. — 1992. — Бюл. № 46.
4. Перевертайло В. Л., Жора В. Д., Грунянская В. П. и др. Применение гибких носителей при сборке кремниевых детекторов. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2009. — №1. — С. 40—44.
5. Oinonen M., Aatonen J., Kassamakov I. et al. ALICE silicon strip detector module assembly with single-point TAB interconnections // Proceedings of the Conference LECC-Ihc-workshop-2005. <http://web.cern.ch>.
6. Рожен А. Посол украинской науки в Европе или до решающего эксперимента в ядерной физике остался год // Зеркало недели. — 2007. — № 37.
7. Бессонов М. И., Котон М. М., Кудрявцев В. В., Лайус Л. А. Полиимиды — класс термостойких полимеров. — Л.: Наука, 1983.
8. Гаврюшин Н. Н. Методы изготовления гибких печатных плат и кабелей // Зарубежная радиоэлектроника. — 1985. — № 5. — С. 51—63.
9. А. с. 1505330 СССР. Интегральная схема / А. Г. Шеревеня, В. Д. Жора, И. А. Тучинский, А. И. Гольдшер. Рег. 07.05.1989.
10. А. с. 566866 СССР. Раствор для травления алюминия // В. Н. Кидалюк, В. Д. Жора и др. — 1977. — Бюл. № 28.
11. Морозов В. В. Контактные соединения бескорпусных компонентов на гибком носителе с ленточными выводами. Ч. I // Печатный монтаж. — 2009. — № 4—5. — С. 12—16.

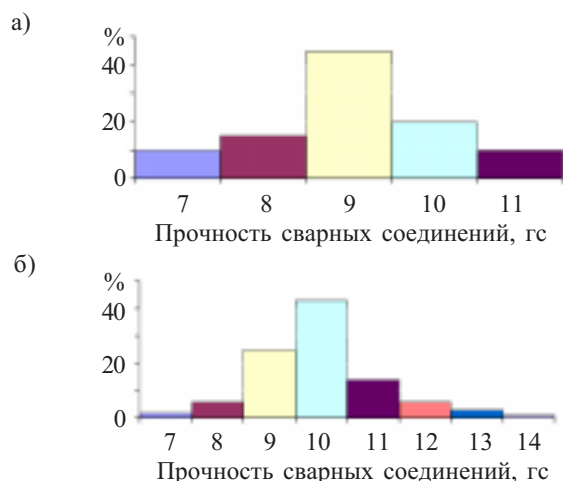


Рис. 3. Распределение прочности сварных соединений контактных площадок кристаллов с выводами ГПН, имеющими разную ширину S_B в местах сварки, при разных диаметрах сварочного инструмента $D_{и}$:

а — $S_B = 120^{+10}_{-30}$ мкм, $D_{и} = 130$ мкм;

б — $S_B = 150^{+10}_{-30}$ мкм, $D_{и} = 150$ мкм