

УДК 621.382.029.6.002, УДК 621.315.616

МОНТАЖ КРИСТАЛЛОВ ПРИ СБОРКЕ ВЫСОКОПЛОТНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Боброва Юлия Сергеевна

Аспирант (2-й год)

Кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

*Научный руководитель: Ю.Б. Цветков, доктор технических наук, профессор кафедры
«Электронные технологии в машиностроении»*

Микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА), являющаяся основным трендом в развитии современной электронной промышленности, основана на снижении массогабаритных характеристик РЭА при повышении её надёжности и экономичности.

Основной характеристикой микроминиатюризации является количество радиодеталей или элементов электрической схемы, размещённых в кубическом сантиметре объёма изделия. Так, если РЭА реализована на миниатюрных лампах с использованием печатного монтажа, то количество элементов в 1 куб. см составляет 0,3; на полупроводниковых приборах – 1-2; при использовании микромодулей – 10-20; при использовании методов плёночных микросхем – 100-200; при использовании твёрдотельных схем – 1000 и более элементов в 1 куб. см [1]. На основании чего следует вывод о целесообразности развития направления микроминиатюризации РЭА, основанного на использовании совокупности методов микромодулей, тонкопленочных технологий и твёрдотельных схем.

Переход к более компактным микромодулям возможен за счёт реализации пассивной базы элементов по тонкоплёночным технологиям, а также за счёт сокращения площади, занимаемой интегральными схемами (далее – ИС). Добиться существенного выигрыша в сокращении площади, занимаемой ИС, возможно при интеграции в микромодуль бескорпусных кристаллов ИС.

При сборке микромодулей бескорпусные кристаллы ИС могут быть смонтированы в объём микрокоммутационной платы (далее – МКП) следующим образом:

- а) в сквозное «окно» с закреплением по периметру и фиксацией за счёт вышележащего изоляционного слоя;
- б) в углубление на заготовке;
- в) на подложку в «окно» конструкционного фотополимера.

Выбор способа монтажа кристаллов во многом зависит от материала заготовки, количества отводимого от кристалла тепла, производительности процесса и многого другого, включая область применения микромодуля с интегрированными кристаллами ИС. Так для микромодулей, работающих в СВЧ-диапазоне, необходимо применение металлокерамического теплоотводящего основания. Нитрид алюминия по параметрам

теплопроводности, согласованности КТР с КТР кремния, технологичности обработки и др. является наиболее предпочтительным в качестве материала основания.

Монтаж кристаллов ИС в сквозное «окно» металлокерамической подложки на данный момент развития технологий не может быть реализован с высоким уровнем выхода годных заготовок микромодулей. В случае групповой заготовки с многочисленными кристаллами операция монтажа в сквозное «окно» является низко технологичной (невысокая производительность, снижение жёсткости металлокерамического основания за счёт формирования многочисленных «окон» и др.).

Монтаж кристаллов ИС в углубление (рис. 1) обеспечивает большую жёсткость металлокерамической заготовки, а также прилегание кристалла непосредственно к теплоотводящему основанию, однако, точность формирования углубления недостаточно высока (разброс по глубине может достигать до 20%).

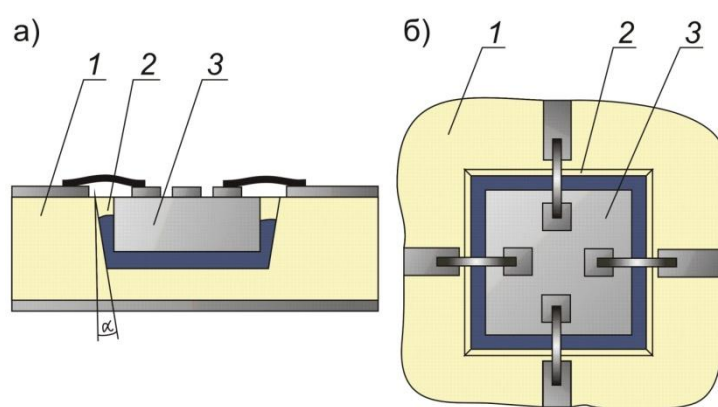


Рис. 1. Монтаж бескорпусного кристалла в углубление, полученное прецизионным лазерным фрезерованием [2]; а) разрез и б) вид сверху: 1 – подложка, 2 – углубление, 3 – кристалл

Среди вновь разрабатываемых способов монтажа бескорпусных кристаллов ИС на теплоотводящую подложку наибольший интерес для применения в микромодулях СВЧ-диапазона представляет способ монтажа кристаллов в «окно» конструкционного фотополимера (рис. 2).

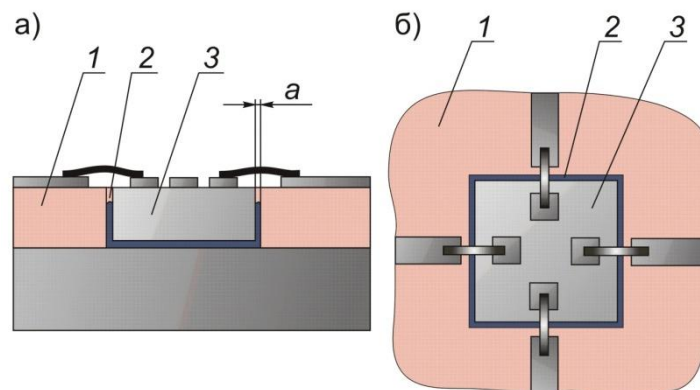


Рис. 2. Монтаж бескорпусного кристалла на подложку в «окно» конструкционного фотополимера; а) разрез и б) вид сверху: 1 – подложка, 2 – углубление, 3 - кристалл

Данный способ монтажа был апробирован на кафедре «Электронные технологии в машиностроении» в рамках совместной работы с ОАО «Концерн «Вега».

В качестве основания использовались подложки из нитрида алюминия размером 138x188x0,5 мм и 100x100x0,5 мм. На подложку в «окна» изоляционного слоя монтировались утонённые бескорпусные кристаллы на основании из кремния (толщина 75 мкм, $\square c=11,2$ мм, размер минимальной контактной площадки $\square 50$ мкм (рис. 3)). Изоляционный слой, образующий «окна» над посадочными местами кристаллов, был сформирован из конструкционного фотополимера SU-8.

SU-8 – негативный фотополимер на основе эпоксидной смолы, запатентованный в 1989 году фирмой IBM (США). При облучении SU-8 ультрафиолетовым светом происходит поперечная «сшивка» (полимеризация) молекул фотополимера. Из всех известных на данный момент фотополимеров SU-8 после экспонирования обладает наибольшим количеством подобных «сшивок» на длину линейного полимера. Благодаря чему этот высокочувствительный фотополимер после облучения обладает высокой твёрдостью, химической инертностью, прозрачностью, повышенной термостойкостью (длительно выдерживает температуру в 300°C, в течение нескольких часов – 350°C). Низкое оптическое поглощение в ультрафиолетовом диапазоне позволяет получать в двухмиллиметровом слое фоторезиста микроструктуры с высотой, в 20 раз превышающей ширину, используя обычные методы контактной литографии.

Укрупнённое описание осуществленного технологического процесса монтажа бескорпусных утонённых кристаллов ИС на подложку в «окно» конструкционного фотополимера может быть представлено следующим образом:

1. На подготовленную подложку нитрида алюминия с одной стороны наносится фотополимер толщиной на 8-10 мкм больше толщины кристаллов (75 мкм);
2. Осуществляется сушка SU-8 посредством подведения тепла к основанию заготовки (температура 60°C в течение 60 мин., затем 90°C в течение 15 мин.);
3. Посредством УФ-экспонирования (длина волны 365 нм) через фотошаблон и последующей проявки скрытого изображения в слое SU-8 получают «окна»;
4. Фотополимер SU-8 подвергается окончательному термозадубливанию (температура 125°C в течение 20 мин.), после чего заготовка готова для монтажа кристаллов;
5. Кристаллы монтируются активной стороной на соответствующие посадочные места промежуточного носителя (стекло с локальными и глобальными реперными знаками для временного монтажа группы кристаллов);
6. На дно углублений посадочных мест кристаллов на заготовке МКП наносится постоянный адгезив (клей на основе эпоксидной смолы);
7. Промежуточный носитель с зафиксированным набором кристаллов позиционируется относительно знаков совмещения на заготовке МКП,

опускается до упора и фиксируется несколькими технологическими зажимами по периметру;

8. Сушка адгезива и постоянная фиксация кристаллов в объеме заготовки МКП осуществляется при н.у. в течение 16 ч. При этом во время полимеризации адгезива кристаллы остаются зафиксированными относительно посадочных мест на временном носителе, который в свою очередь был закреплён относительно заготовки МКП;
9. После демонтажа временного носителя производятся измерения зазора (поз. 2 на рис. 3) между кристаллами и стенками фотополимера, образующего посадочные места.

На рис. 3 показана часть заготовки тестовой платы с смонтированными кристаллами ИС на подложку из нитрида алюминия в «окна» фотополимера SU-8 с зазором равным 50 мкм.

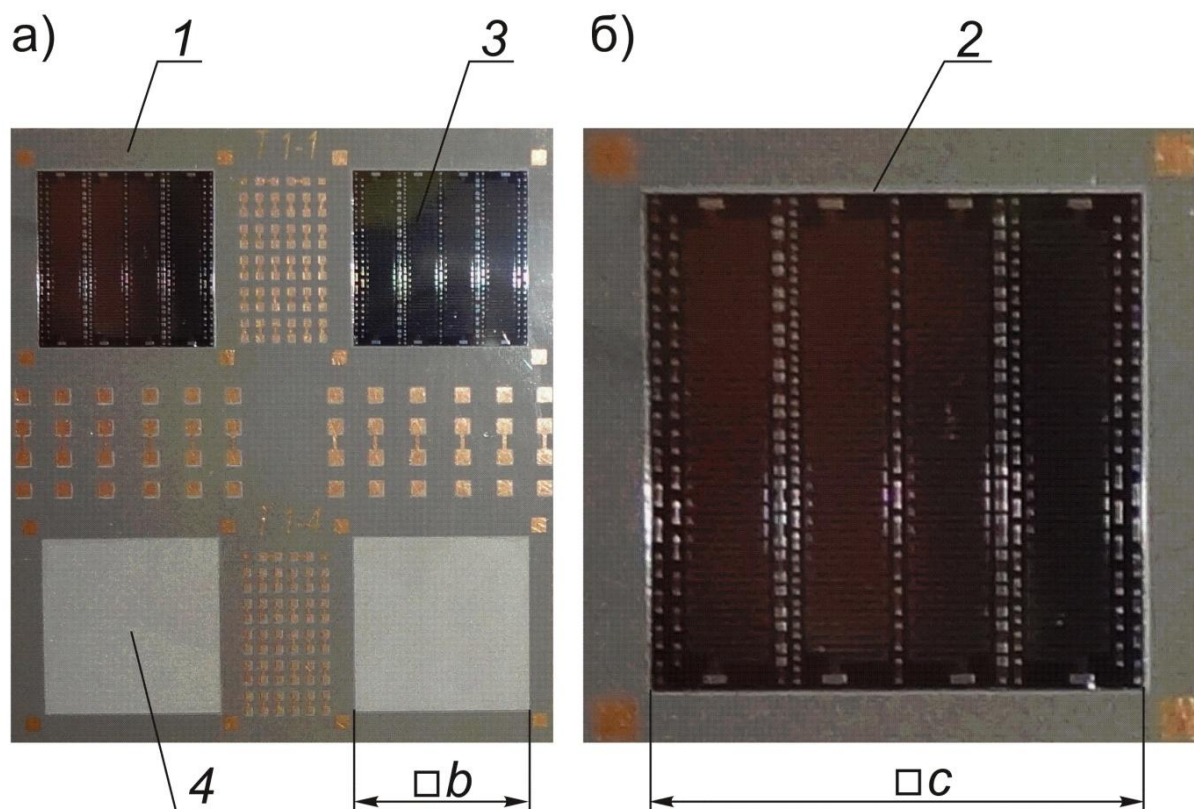


Рис.3. Образец тестовой платы с смонтированными кристаллами ИС на подложку в «окна» фотополимера SU-8; а) вид сверху на плату и б) вид сверху на кристалл (увеличено): 1 – конструкционный фотополимер SU-8, 2 – зазор между кристаллом и фотополимером, 3 – кристалл, 4 – подложка из нитрида алюминия. Изображение получено при помощи цифрового USB-микроскопа с максимальным увеличением 250х

Тестовая плата была спроектирована таким образом, что зазор между кристаллом и фотополимером изменялся от 30 до 100 мкм с шагом 10 мкм.

При групповом монтаже, осуществлённом по описанному выше технологическому процессу без привлечения автоматических устройств и специальных приспособлений, точность позиционирования составила ± 12 мкм.

Наилучшие результаты при монтаже кристалла на адгезив на основе эпоксидной смолы были получены для зазора между кристаллом и фотополимером равным 50 мкм.

С одной стороны минимально достижимый зазор является наилучшим конструкционным решением, но с технологической точки зрения минимально достижимый зазор затрудняет подбор дозы постоянного адгезива, поскольку отвод избытка адгезива из-под кристалла затруднён. Недостаток же адгезива приводит к тому, что зазоры остаются незаполненными и при формировании последующих изоляционных слоёв в зазорах остаются газовые полости. Следует учитывать возможности фотополимера SU-8 образовывать почти вертикальные стенки после экспонирования и проявки, что при решении проблемы подбора, дозирования и сушки постоянного адгезива, посредством которого кристаллы фиксируются в объёме МКП, может способствовать минимизации зазора до единиц микрометров. Однако при этом величина зазора должна быть согласована с погрешностью позиционирования кристаллов при монтаже.

В табл.1 приведены характеристики отработанных на данный момент способов формирования посадочных мест при монтаже бескорпусных кристаллов ИС. Анализ данных таблицы позволяет сделать вывод о перспективности рассматриваемого в статье способа внутреннего монтажа кристаллов на подложку в «окно» фотополимера.

Табл.1. Основные способы формирования посадочных мест кристаллов ИС

№	Способ формирования посадочного места кристалла	Тип посадочного места	Зазор а, мкм	Толщина кристалла, мкм	Применимость
1	Лазерная обработка [2]	В сквозное «окно», в углубление	80-120	≥ 75	Любой тип производства, формирование сквозных «окон»
2	Ультразвуковая абразивная обработка [2]	В сквозное «окно», в углубление	70-100	≥ 100	Серийное производство, групповые заготовки
3	Вакуумно-плазменное травление [2]	В углубление	100-150	25-300	Единичное производство, малые габариты кристаллов
4	Прессование/отливка [2]	В сквозное «окно», в углубление	≥ 50	≥ 100	Серийное производство, малый теплоотвод
5	Фотолитография	В «окно» фотополимера на поверхность теплоотводящей подложки	25-75	25-75	Любой тип производства, утонённые кристаллы любых габаритов, высокий теплоотвод

Выводы

1. Геометрические параметры «окон» в изоляционном слое из конструкционного фотополимера над посадочными местами кристаллов на МКП должны выбираться

исходя из толщины кристаллов, способа их монтажа, а также точности их позиционирования:

- При ручном поштучном монтаже кристаллов ИС при помощи микроскопа и вакуумного пинцета зазор между кристаллом ИС и стенкой «окна» изоляционного слоя составляет 40-80 мкм;
- При автоматизированном групповом монтаже кристаллов ИС зазор между кристаллом ИС и стенкой «окна» изоляционного слоя составляет 25-50 мкм;
- Чем толще монтируемые кристаллы, тем большим выбирается зазор между кристаллом ИС и стенкой «окна» изоляционного слоя для обеспечения равномерного выдавливания адгезива, его обезгаживания во время сушки и заполнения без полостей зазора по периметру.

Литература:

1. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебное пособие для вузов по направлению "Авиа- и ракетостроение" по специальности "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" / В. Ф. Борисов; Ред. А. С. Назаров; и др. – М.: МАИ, 1996 г., с. 8-16
2. Климачев И.И., Иовдальский В.А. СВЧ ГИС. Основы технологии и конструирования. - М.: Техносфера, 2006, с. 272-305.