

УДК 621.3.049.77

Д. т. н. И. Ш. НЕВЛЮДОВ, д. ф.-м. н. Р. М. МАРТЫНЯК, к. т. н. В. А. ПАЛАГИН,  
к. ф.-м. н. Б. С. СЛОБОДЯН, к. т. н. Е. А. РАЗУМОВ-ФРИЗЮК,  
И. В. ЖАРИКОВА, М. И. ДМИТРИВ, А. С. БЕЛЯЕВ

Украина, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

E-mail: tapr@kture.kharkov.ua

## ПОДКЛЮЧАЮЩЕЕ МЭМС-УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ BGA-КОМПОНЕНТОВ

*Разработано многозондовое подключающее устройство для входного и функционального контроля электронных компонентов с матричными шариковыми выводами, обеспечивающее бездефектное пневматическое прижатие зондов к выводам.*

*Ключевые слова: компоненты BGA/CSP, функциональный контроль, многозондовое подключающее устройство.*

Компоненты с матричными шариковыми выводами типа BGA/CSP (ball grid array/chip scale packaging), благодаря их преимуществам перед другими видами корпусов и выводов микросхем [1], все чаще применяются в радиоэлектронной аппаратуре. Микросхемы в корпусе BGA относительно недороги и отличаются малыми размерами [2]. Тестирование BGA-компонентов выявляет соответствие параметров микросхем заданным параметрам и составляет большую часть производственных затрат. Обнаружение же дефектов после завершения процесса монтажа приводит к значительным потерям. Поэтому качественный входной и функциональный контроль электронных компонентов типа BGA/CSP является актуальной задачей, решение которой зависит от используемых методов и средств подключения выводов микросхем к автоматическим контролирующим комплексам или специализированным пультам контроля. Существующие методы контроля отличаются либо высокой стоимостью, либо необходимостью проведения дополнительных проверок вручную.

Известные подключающие устройства реализуются в виде конструкций, представляющих собой матрицы подпружиненных контактов («ложе гвоздей»), причем зонды-иглы для подключения к шариковым выводам имеют сложную форму. При таком методе автоматического контроля возможны ошибки из-за отсутствия контакта зонда с шариковым выводом (что не исключено при большом количестве выводов микросхемы), вследствие чего может быть забракована годная микросхема или пропущено бракованное изделие. Кроме того, многозондовые подключающие устройства (МПУ) являются сложными и дорогостоящими (стоимость одного пружинного контакта-зонда около 100 гривен).

Одним из требований к таким соединителям является отсутствие повреждений шариков в процессе контактирования с иглой и обеспечение

стабильного контакта. В [3] было установлено, что при приложении чрезмерного усилия зонд оставляет следы на поверхности шарика, что негативно сказывается на BGA-компоненте и его надежности. Появление на поверхности шарика вмятин может привести к накоплению в этих местах флюса, что в свою очередь приводит к некачественному соединению в процессе пайки. Кроме того, любое появление деформаций на шарике припоя может отразиться на компланарности и на качестве монтажа устройств. К тому же следует отметить, что зонды из твердых материалов имеют ограниченный срок службы, и после каждых 2000 касаний возникает необходимость проверки целостности наконечников [3].

В настоящей статье описано разработанное микроэлектромеханическое многозондовое устройство подключения к электронным компонентам (ЭК) с матричными выводами шарикового типа для входного и функционального контроля [4], которое обеспечивает возможность проверки (самотестирования, самомониторинга) контактирования каждого отдельного зонда с соответствующим выводом контролируемого ЭК.

Устройство представляет собой гибкий многослойный шлейф с алюминиевой проводниковой разводкой. Соединение проводников соседних слоев производится сваркой через окна в изоляции. Зонды подключающего устройства выполнены в виде плоской контактной площадки, разделенной на несколько частей (рис. 1), которые объединены в две группы с чередующимися элементами. Элементы каждой группы электрически связаны между собой, и каждая группа отдельным проводником в шлейфе свя-



Рис. 1. Площадка-зонд для подключения к одному выводу ЭК [5]

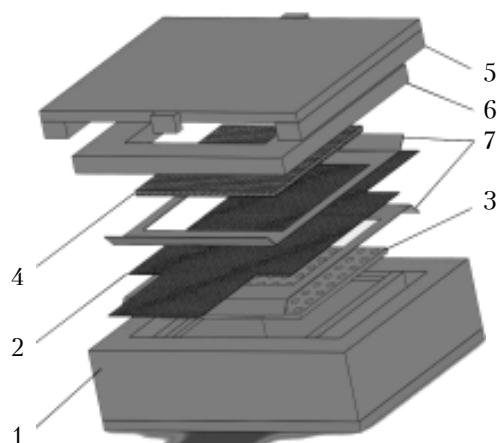


Рис. 2. 3D-модель МПУ:

1 — корпус; 2 — МПУ; 3 — полка с перфорацией; 4 — контролируемый ЭК; 5 — крышка; 6 — центрирующая рамка; 7 — изолирующие прокладки

зана с внешним соединителем — гнездом типа ZIF (zero insertion force — нулевая сила вставки). При контактировании шариковые выводы контролируемого электронного компонента замыкают электрически разведенные элементы зондов, что свидетельствует о наличии контакта.

На рис. 2 представлена модель МПУ, созданная с помощью CAD-пакета «SolidWorks2010» для 3D-моделирования.

В корпусе 1 в горизонтальном положении располагается МПУ 2 зондами вверх на поддерживающей полке 3 с перфорациями. На массив плоских зондов устанавливается контролируемый компонент 4 и фиксируется крышкой 5. Центрирующая рамка 6 обеспечивает совмещение шариковых выводов с контактами-зондами МПУ по двум координатам. Для поджатия контактов и создания необходимого давления на шарик в объем корпуса под перфорированной полкой подается сжатый воздух. Для предотвращения утечки воздуха используются изолирующие прокладки 7.

Площадка-зонд (рис. 1) имеет размеры 600×600 мкм, размеры контактного элемента (контактной площадки) 200×200 мкм, ширина перемычек между ними 100 мкм, ширина проводников 75 мкм, минимальное расстояние между ними

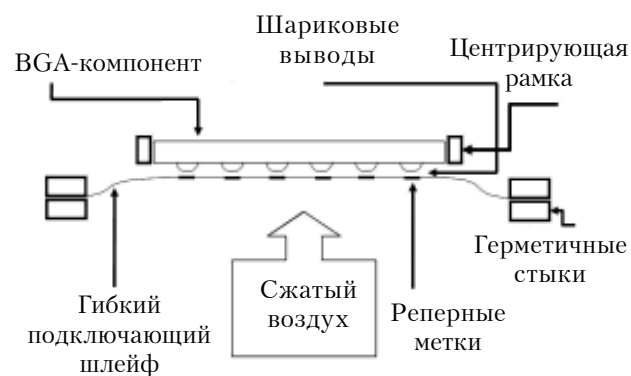


Рис. 3. Схема подключения BGA-компонентов

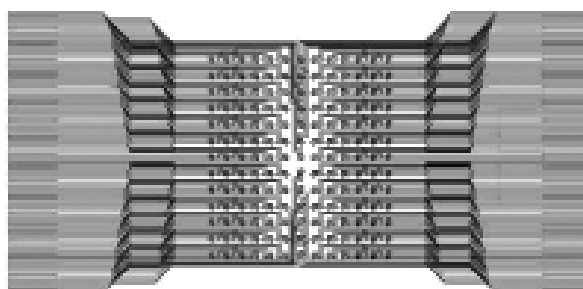


Рис. 4. Топология прижимающей пластины

100 мкм. Плата — двухслойная, межслойные соединения проводников выполняются ультразвуковой сваркой, размеры технологических окон в полиимиде для межслойной сварки составляют 150×100 мкм. Слои соединяются с помощью полиимидного клея.

Упрощенная структурная схема подключения BGA-компонентов представлена на рис. 3. Экспериментально было проверено, что надежный контакт обеспечивается при давлении 7—30 г на каждый шарик.

Моделирование напряженно-деформированного состояния прижимающей пластины МПУ (рис. 4) было проведено с помощью метода конечных элементов с учетом деформирования шариков и модели Герца. Для вычислений использовалась среда Femar 10/2 и дополнительный модуль, написанный на языке VB.NET. Числовые эксперименты проводили для случаев, когда шарики размещались равномерно и когда часть из них отсутствовала. Такой подход позволяет проверять качество и равномерность подключения контактной площадки к шарикам, например выявлять слишком большое проседание или недостаточное давление прижатия.

Модель распределения сил реакции шариков для случая равномерного расположения шариков в отсутствие одного из них представлена на рис. 5 (см. также с. 3 обложки).

Анализ распределения эквивалентных напряжений в пластине, прогибов пластины и сил реакции шариков показал, что в отсутствие отдельного шарикового вывода или зоны шариков изменение давления наблюдается только в первом

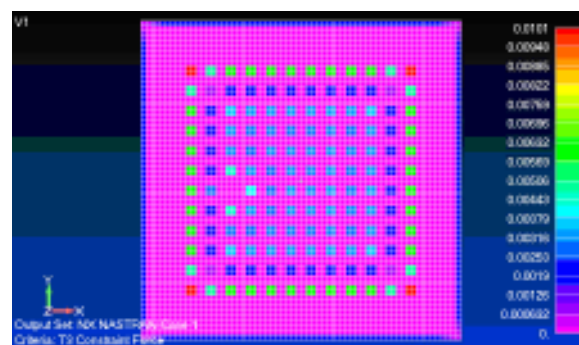


Рис. 5. Распределение силы реакции шариков на прижим пластину

ряду выводов, окружающих отсутствующие элементы. Моделирование подтвердило возможность прижатия зондов к шарикам с усилием в диапазоне 0,03—0,30 Н при условии растяжения шлейфа-пленки (полиимид ФДИ-А-24) в пределах упругой деформации. При этом прогибы-вспучивания пленки находились в пределах 15 мкм. Напряжение в пленке в зонах отсутствия шариков изменялось примерно в 7 раз (0,3—0,046 Н/мм<sup>2</sup>). Отсутствие какого-либо шарика увеличивало давление на окружающие его выводы примерно в 1,5 раза, а реакция на возмущение распространялась только на один шаг. Анализ также показал, что наиболее нагруженными элементами являются угловые и наружные шарикоподобные шары. Острый угол по контуру прижатия является концентратором напряжений в пленке и шариковых выводах, и поэтому прижимающую рамку необходимо скруглять.

### Выводы

Благодаря использованию технологии многослойных плат на гибком пленочном носителе удалось существенно упростить конструкцию устройств, подключающих BGA/CSP-компоненты для входного и функционального контроля, обеспечить самоконтроль подключения каждого (или любого) зонда к контролируемому компоненту, повысить надежность контакта зондов и контролируемого объекта за счет его дублирования по крайней мере двумя частями зонда, а также придать подключающим устройствам свойства интеллектуальности, т. е. способности предоставлять информацию о наличии контакта.

В перспективе возможно повышение разрешающей способности проводниковой системы гибких плат до десятков нанометров, что обеспечит возможность контроля микросхем с шариковыми выводами диаметром в десятки микрометров [6] и проводниковых структур плат типа кросс-баров [7].

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Семенец В. В., Кратц Дж., Невлюдов И. Ш., Палагин В. А. Технология межсоединений электронной аппаратуры. Учеб. для вузов. — Харьков: «СМИТ», 2005. [Semenets V. V., Kratts Dzh., Nevlyudov I. Sh., Palagin V. A. Tekhnologiya mezhsoedinenii elektronnoi apparatury. Ucheb. dlya vuzov. Khar'kov: «SMIT», 2005]
2. Невлюдов И. Ш., Жарикова И. В. Анализ особенностей создания электронных компонентов по BGA-технологии // Матер. VI Междунар. науч. практич. конфер. «Основные проблемы на современном этапе науки-2010» — Т. 23. «Технологии. Физика». — Болгария, София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2010. — С. 62—65. [Nevlyudov I. Sh., Zharikova I. V. Analiz osobennostei sozdaniya elektronnykh komponentov po BGA-tekhnologii // Mater. VI Mezhdunar. nauch. praktich. konfer. «Osnovni problemi na svremennata nauka-2010». Vol. 23. «Tekhnologii. Fizika». Bulgaria, Sofia: «Byal GRAD-BG» OOD. 2010. P. 62]
3. Чин-Май Ко, Шень-Ли Фу, Ю-Цзунг Хуанг, Минг-Кун Чень. Надежность тестирования BGA-компонентов // Технологии в электронной промышленности. — 2009. — № 4. — С. 38—42. [Chin-Mai Ko, Shen'-Li Fu, Yu-Tsung

Khuang, Ming-Kun Chen' // Tekhnologii v elektronnoi promyshlennosti. 2009. N 4. P. 38]

4. Пат. 95190 України. Мікроелектромеханічний багато-зондовий підмикальний пристрій / В. Н. Борщев, І. В. Жарикова, Л. Д. Кошій та ін. — 11.07.2011. [Pat. 95190 Ukraine. / V. N. Borshchev, I. V. Zharikova, L. D. Koshchii ta in. 11.07.2011]

5. Невлюдов И. Ш., Палагин В. А., Тымчук И. Т. и др. Многозондовое подключающее устройство для контроля BGA-компонентов // III Междунар. науч. конфер. «Функциональная компонентная база микро-, опто- и наноэлектроники». — Украина, Крым, Казивели, 2010. — Сб. науч. тр. — Украина, г. Харьков: ХНУРЭ, 2010. — С. 191—194. [Nevlyudov I. Sh., Palagin V. A., Tymchuk I. T. i dr. Mnogozondovoe podklyuchayushchee ustroystvo dlya kontrolya BGA-komponentov // III Mezhdunar. nauch. konfer. «Funktsional'naya komponentnaya baza mikro-, opto- i nanoelektroniki». Ukraine, Krimea, Katsiveli, 2010. — Sb. nauch. tr. Ukraine, Kharkov: KhNURE, 2010. P. 191]

6. Рева В. П., Голенков А. Г., Забудский В. В. и др. Тепловизор на основе матричного фотоприемного устройства из 128×128 GdHgTe-фотодиодов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2010. — № 4. — С. 24—28. [Reva V. P., Golenkov A. G., Zabudskii V. V. i dr. // Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoi apparature. 2010. N 4. P. 24]

7. Кьюкс Ф., Снайдер Г., Уильямс С. Кроссбар наноконпьютеры // В мире науки. — 2006. — № 3. — С. 66—73. [K'yuks F., Snaider G., Uil'yams S. // V mire nauki. 2006. N 3. P. 66]

Дата поступления рукописи  
в редакцию 13.09 2011 г.

Nevlyudov I. Sh., Martynyak R. M., Palagin V. A., Slobodyan B. S., Razumov-Frizyuk E. A., Zharikova I. V., Dmytriv M. I., Belyaev A. S. **Connecting MEMS device for BGA components functional testing.**

*Keywords: BGA/CSP components, multiprobe connecting device, functional testing.*

Multiprobe connecting device for initial and functional check of electronic components with matrix pin balls has been developed. The device ensures nondefect pneumatic pressing of probes against the terminals.

Ukraine, Kharkov national university of radioelectronics.

Невлюдов И. Ш., Мартиняк Р. М., Палагин В. А., Слободян Б. С., Разумов-Фризюк Е. А., Жарикова И. В., Дмитрів М. І., Беляєв О. С. **Підмикальний МЕМС-пристрій для контролю BGA-компонентів.**

*Ключові слова: компоненти BGA/CSP, функціональний контроль, багатозондовий підмикальний пристрій.*

Розроблено багатозондовий підмикальний пристрій для вхідного та функціонального контролю електронних компонентів з матричними кульковими выводами. Пристрій забезпечує бездефектне пневматичне притиснення зондів до виводів.

Україна, Харківський національний університет радіоелектроніки.