

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МНОГОЗОНДОВОГО ПОДКЛЮЧАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

### Введение

Одной из наиболее ответственных операций в производстве электронных компонентов (ЭК) с матричными шариковыми выводами типа BGA (от англ. ball grid array) является функциональный контроль. С увеличением плотности выводов на корпусах микросхем повышается сложность контактирующих приспособлений, применяемых во время контроля для подключения контролируемого компонента к автоматизированному измерительному комплексу.

Актуальной задачей является разработка многозондовых подключающих устройств (МПУ), которые могли бы повысить точность и надежность тестирования ЭК. Важно также достичь таких электрических параметров самого МПУ, которые оказывали бы наименьшее влияние на контролируемые параметры ЭК.

### Многозондовое подключающее устройство

Разработанное устройство контроля ЭК типа BGA/CSP реализуется в виде многослойного гибкого шлейфа [1 – 2], изготовленного из фольгированного диэлектрика, с алюминиевой проводниковой разводкой (рис. 1).

В качестве материала прижимающей пластины был выбран полиимид ФДИ-А-50 (полиимид толщиной 20 мкм и алюминий толщиной 30 мкм), характеризующийся гибкостью, пластичностью и стабильностью электрических характеристик. Для обеспечения надежного контакта зондов с шариковыми выводами и предотвращения окисления элементы зондов, представляющие собой плоские алюминиевые площадки, гальваническим способом покрываются никелем толщиной 5 – 10 мкм.

Внешние концы полиимидного шлейфа соединены с ZIF-разъемами, обеспечивающими подключение прижимающей пластины к автоматизированному измерительному комплексу (АИК).

МПУ для контроля BGA-компонентов имеет малые ГМХ, невысокую себестоимость по сравнению с аналогами, позволяет уменьшить время и себестоимость операции контроля.

### Постановка задач исследования

Основными требованиями к МПУ являются:

1. Обеспечение контроля подключения каждого зонда. Это требование выполняется за счет того, что на шлейфе в зоне подключения к контролируемому компоненту каждый зонд МПУ разделен на четыре отдельных части (рис. 2), что дает возможность самоконтроля контакта каждого зонда к соответствующему выводу ЭК перед его проверкой или в случае необходимости.

2. Обеспечение одинаковой силы прижатия всех зондов (0,03...0,3 Н на каждый контакт «зонд-шариковый вывод ЭК»). Контактное взаимодействие с объектом контроля осуществляется за



Рис. 1. Гибкий многослойный шлейф МПУ

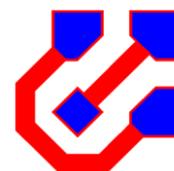


Рис. 2. Площадка зонда

счет прижатия участка с зондами сжатым воздухом, что создает необходимую и одинаковую силу прижатия в различных точках гибкого пленочного основания (рис.3).

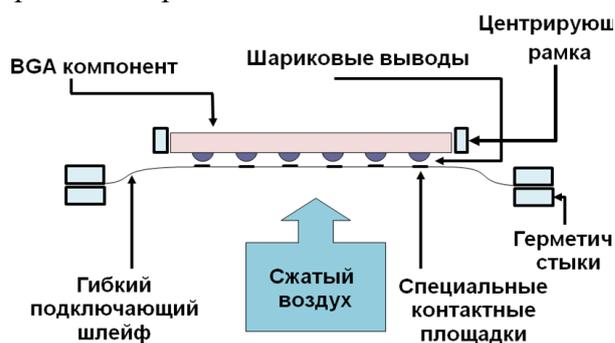


Рис.3. Схема подключения BGA-компонентов к МПУ

В процессе производства при измерении электрических параметров на оборудование могут влиять такие негативные факторы, как износ оборудования, загрязнение оборудования или продукции, человеческий фактор. Поэтому целью данного исследования является анализ параметров МПУ, которые могут повлиять на точность контроля ЭК. В качестве основных исследуемых параметров гибкого шлейфа выбрано сопротивление проводников, а также переходные сопротивления в зоне контакта «шариковый вывод-зонд МПУ».

### Исследование переходного сопротивления контакта «шариковый вывод-полиимидный шлейф»

Переходное сопротивление – резкое увеличение активного сопротивления в месте перехода тока из одной детали в другую [3].

Проведен эксперимент для определения допустимого контактного усилия для прижатия полиимидного шлейфа к контролируемому компоненту с матричными шариковыми выводами посредством измерения переходного сопротивления контактов BGA-компонентов с полиимидным подключающим шлейфом.

Для измерения переходного сопротивления использовались макеты BGA-компонентов («dummies»), была вскрыта крышка, что обеспечило доступ к контактам ЭК с двух сторон. Измерения проводились для разного числа выводов, подключаемых к МПУ. К контактам постоянно были припаяны проводники.

Для измерения таких значений был использован четырехзондовый метод (рис. 4), который позволяет исключить влияние сопротивления соединительных проводов вольтметра ввиду его большого входного сопротивления, а сопротивления соединительных проводов источника тока – путем подстройки нужной величины тока.

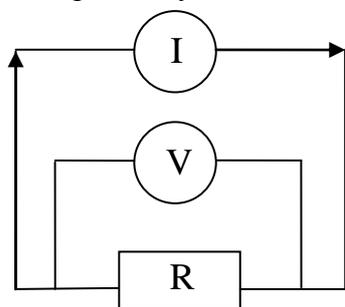


Рис. 4. Схема четырехзондового метода измерения сопротивления

Из полученных зависимостей следует, что при силе от 0,01 до 0,03 Н сопротивление резко падает, от 0,03 до 0,09 Н – также продолжает падать, но уже достаточно медленно.

3. Обеспечение необходимых электрических параметров (сопротивления проводников, паразитной емкости). При контроле электронных компонентов очень важно точно измерять электрические параметры, так как недостаточная точность контроля может привести к браку целой партии продукции или признанию годными бракованных изделий. Это особенно важно при функциональном контроле ЭК, где требуется измерение функциональных зависимостей.

Суть эксперимента заключается в анализе изменения сопротивления в зависимости от изменения давления в контактной группе «шариковый вывод-полиимидная пленка». Для обеспечения необходимых величин давления использовались разновесы от 1 до 150 г.

На рис. 5 представлены кривые, построенные по результатам 6 измерений. На рис. 6 представлены усредненные результаты значений, полученных из расчета давления на каждый шарик в отдельности.

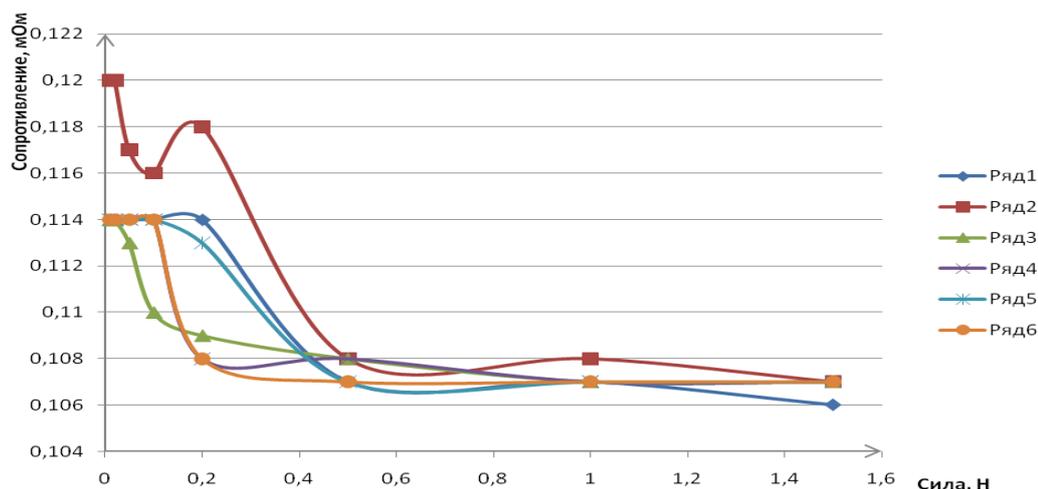


Рис. 5. График зависимости сопротивления от силы прижатия контактов

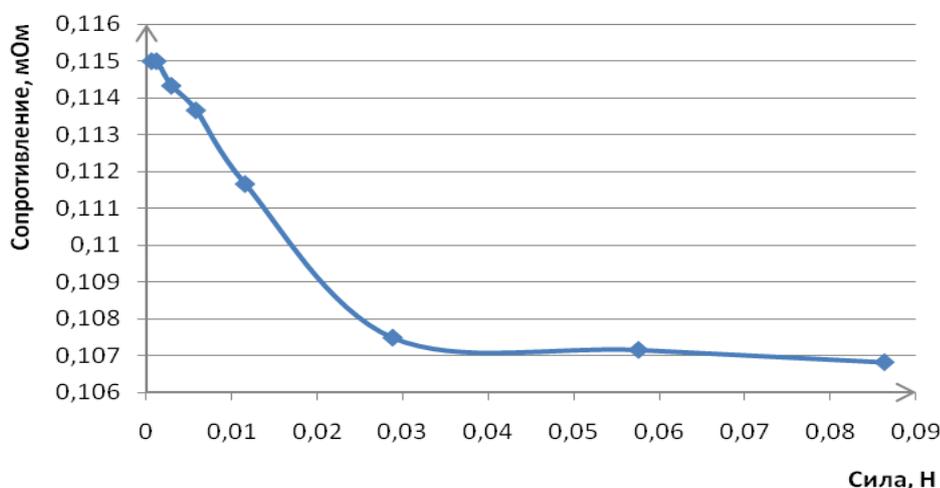


Рис. 6. График зависимости сопротивления от силы прижатия контактов, среднее значение для всех опытов, в пересчете для 1 контакта

### Расчет сопротивления проводников МПУ

Произведем расчет сопротивления проводников на полиимидом шлейфе. Расчет сопротивления, вносимого проводниками на гибком полиимидном шлейфе, выполняем по формуле

$$R = \frac{\rho_s \cdot l}{S},$$

где  $R$  – искомое сопротивление;  $\rho_s$  – удельное сопротивление для алюминия, равное  $0,028 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ ;  $l$  – длина проводника;  $S$  – площадь поперечного сечения проводника.

Площадь поперечного сечения вычисляем по формуле  $S = h \cdot b$ , где  $h$  – толщина проводящего слоя, равная  $0,03 \text{ мм}$ ;  $b$  – ширина контактов, равная  $0,1 \text{ мм}$ .

Подставив данные значения, получим  $S = 0,003 \text{ мм}^2$ .

Были измерены длины всех проводников в каждом слое прижимающей пластины МПУ в соответствии с топологией (рис. 7), разработанной для контроля микросхем в корпусе FG-320 [4], после чего рассчитано сопротивление всех проводников. По полученным результатам можно судить, что сопротивление проводников на полиимидом шлейфе лежит в пределах от  $0,1132$  до  $0,07169 \text{ Ом}$ . Рассчитанная величина математического ожидания  $M = 0,0856$ , среднеквадратического отклонения  $\sigma = 0,00568$ .

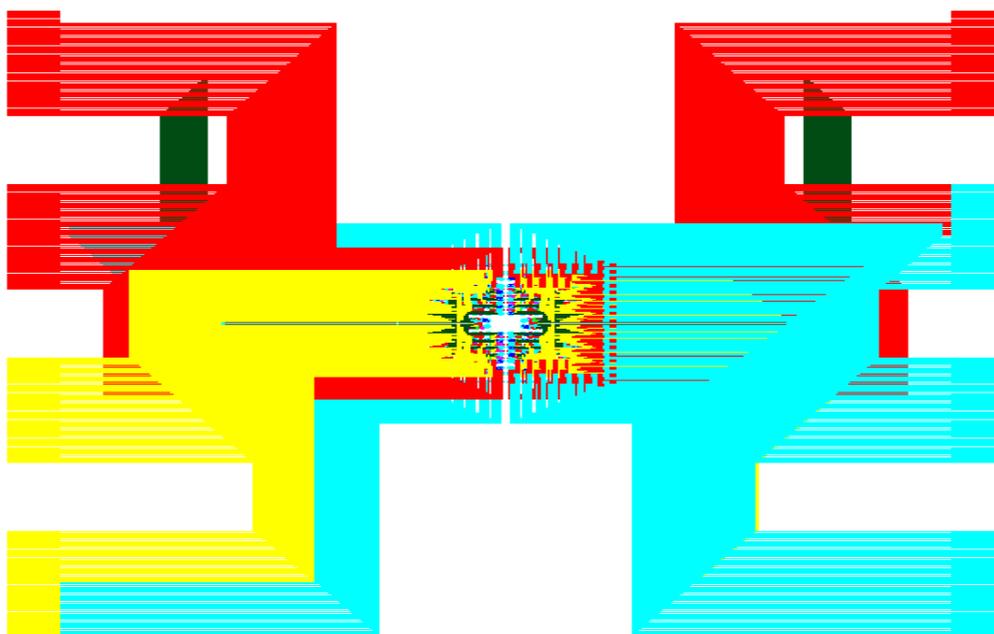


Рис. 7. Топология многослойной прижимающей пластины МПУ для контроля микросхемы в корпусе FG-320 (материал основания – ФДИ-А-50)

## Выводы

Анализ полученной информации позволяет сделать вывод, что при поджатии подключающего шлейфа к VGA-компоненту давление на один шариковый контакт должно быть в пределах 0,07 – 0,3 Н (в соответствии с экспериментом и рекомендациями в литературе).

По оценке математического ожидания, дисперсии и среднеквадратического отклонения рассчитанных величин сопротивлений проводников можно судить об однородности сопротивлений спроектированной топологии, что значительно улучшает характеристики прижимающей пластины и упрощает настройку АИК.

Использование материала ФДИ-А-50 благодаря большой толщине проводникового слоя обеспечивает уменьшение сопротивления в десятки раз по сравнению с сопротивлениями, рассчитанными для топологии, разработанной для той же контролируемой микросхемы, но при использовании в качестве материала прижимающей платы полиимида ФДИ-А-35. Однако стоит помнить о том, что хотя увеличение толщины проводникового слоя позволяет значительно уменьшить сопротивление, это также приводит к увеличению сложности топологии и плотности расположения проводников.

**Список литературы:** 1. Невлюдов, И.Ш., Мартыняк, Р.М., Палагин, В.А., Слободян, Б.С., Разумов-Фризюк, Е.А., Жарикова, И.В., Дмитрив, М.И., Беляев, А.С. Подключающее МЭМС-устройство для контроля VGA-компонентов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2012. – №1. – С. 54–56. 2. Пат. 95190 України. Мікроелектромеханічний багатозондовий підмикальний пристрій / Борщов В.Н., Жарікова І.В., Кошій Л.Д., Лістратенко О.М., Невлюдов І.Ш., Палагін В.А., Проценко М.А., Разумов-Фризюк Є.А., Старченко О.П., Тертишний С.М., Тимчук І.Т. 11.07.2011. 3. Lumbantobing, A., Kogut, L., Komvopoulos, K. Electrical Contact Resistance as a Diagnostic Tool for MEMS Contact Interfaces // Journal Of Microelectromechanical Systems. – 2004. – Vol. 13, Issue: 6. PP. 977–987. 4. Невлюдов, И.Ш., Борщев, В.Н., Палагин, В.А., Разумов-Фризюк, Е.А., Жарикова, И.В., Тимчук, И.Т., Лукачев, О.Б., Проценко, М.А. Топология гибкого шлейфа для подключения к автоматизированным измерительным комплексам микросхем корпусе FG-320 // Технология приборостроения. – 2012. – №1. – С.21–25.

Харьковский национальный  
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 07.09.2012