

УДК 62.752.6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИБКИХ ШЛЕЙФОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ

К.т.н. И. В. Жарикова, В.В. Невлюдова, А. С. Боцман, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

В статье представлены результаты экспериментальных исследований гибких коммутационных шлейфов на основе фольгированного полиимида при воздействии на них дестабилизирующих факторов, в частности, динамических нагрузок, растяжения и высокого значения напряженности электрического поля.

В статті представлені результати експериментальних досліджень гнучких комутаційних шлейфів на основі фольгованого полііміду за умов впливу на них дестабілізуючих факторів, зокрема, динамічних навантажень, розтягнення та високого значення напруженості електричного поля.

In this article the results of experimental researches of flexible commutative circuits made of foil-clad polyimide under destabilizing factors exposure such as dynamic loads, tension and high values of the electric field intensity are considered.

Ключевые слова: гибкий шлейф, полиимид, динамические воздействия, электрический пробой, деформации проводников.

Введение

Основными тенденциями усовершенствования изделий электронной техники являются направления микроминиатюризации и повышения плотности монтажа, а также применение высоких технологий в производстве таких изделий. Прежде всего, данные направления призваны обеспечить значительное снижение габаритно-массовых характеристик электронных компонентов при существенном повышении их функциональности, а также переход от традиционных печатных модулей к коммутационным структурам на гибких основаниях [1-3].

Как известно, гибкие коммутационные структуры (ГКС) обеспечивают во многих случаях ряд значительных преимуществ по сравнению с жесткими, например, таких как высокая механическая прочность, улучшенные электрические характеристики, устойчивость к вибрациям, ударам и линейным ускорениям, технологичность конструкции и т. д. [4].

Постановка задачи исследования

При многочисленных преимуществах гибких шлейфов, отмечаемых многими авторами, а также разработчиками, существует серьезная проблема обеспечения качественных показателей модулей на их основе, такие изделия могут подвергаться большому количеству дестабилизирующих факторов на всех этапах жизненного цикла.

В частности, от 30 до 50 % отказов РЭС вызывают механические воздействия. Подавляющее большинство отказов из-за механических воздействий связано с выходом за пределы, установленные нормативной документацией, механических характеристик конструкций РЭС – ускорений, перемещений, напряжений, что приводит к механическим разрушениям и нарушениям устойчивости работы аппаратуры [5-6].

Поэтому целью данной работы является представление результатов экспериментальных исследований параметров гибких коммутационных шлейфов при воздействии динамических нагрузок, а также результатов пробоя диэлектрического основания ГКС.

Исследование динамических воздействий на электрические параметры ГКС

Для исследования результатов воздействия динамических нагрузок на ГКС, а также величины давления, которое может привести к разрушению разъемного соединения гибкого шлейфа с ZIF разъемом, была разработана установка, которая позволяет создавать давление на любую область ГКС с усилием от 0 до 70 Н, а также попеременно воздействовать на разные стороны шлейфа в поперечной плоскости с частотой от 0 до 100 Гц. Эскиз экспериментальной установки представлен на рис. 1.

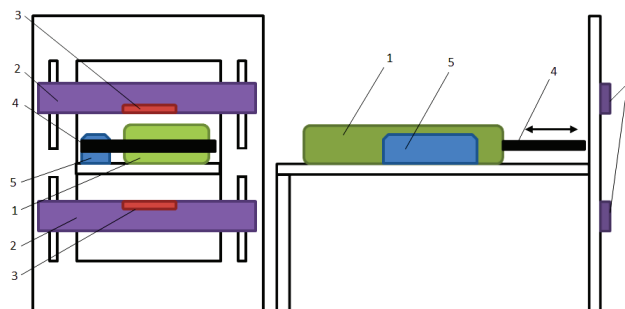


Рис. 1. Эскиз стенда для динамических испытаний ГКС

На рис. 1: позиция 1 – толкатель, выполненный на основе соленоида, с возможностью срабатывания в оба направления в зависимости от полярности приложенного напряжения; 2 – вертикально движущиеся детали рамки крепления ГКС, выполненные на основе печатных плат, которые позволяют устанавливать разные натяжение и положение гибкой платы; 3 – 40-выводный ZIF FPC разъем для электрического и механического соединения гибкого шлейфа с жесткой частью блока РЭС; 4 – деталь с прорезью, в которую помещается гибкий шлейф для дальнейшего воздействия поступательного движения толкателя; 5 – плата управления режимом работы толкателя.

Рабочее поле данной установки имеет размеры 150×70 мм, что позволяет закрепить тестируемые образцы ГКС соответствующих размеров, имеющих различную конфигурацию печатных проводников и широкий диапазон толщины диэлектрического основания.

Для проведения эксперимента тестовый образец, имеющий группу контактных площадок, был закреплен ZIF FPC разъемом таким образом, чтобы максимальное воздействие толкателя приходилось в области разъема.

Тестовый образец ГКС выполнен из фольгированного диэлектрика – полиимида марки ФДИ-А-50 (с толщиной полиимидного слоя 20 мкм и алюминия – 30 мкм) по субтрактивной технологии.

На данный образец производилось воздействие толкателя с нарастающей силой (от 0 до 5 Н) до тех пор, пока последний не был вырван из разъема.

В результате эксперимента было определено, что при воздействии силы $F_{крит} \approx 5$ Н происходит разрушение разъемного соединения, в ходе которого проводники гибкого шлейфа также подвергаются деформациям (рис. 2).

Как видно из рис. 2, в отмеченных областях образца наблюдаются значительные разрушения токопроводящих проводников, а именно:

- отслаивание алюминиевых дорожек (1);
- искривление кромки проводника (2);
- разрыв дорожек (3);
- образование трещин на поверхности проводников (4).

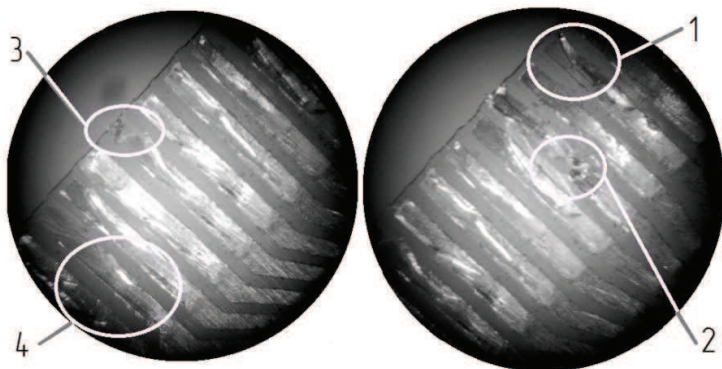


Рис. 2. Вид образца после проведения эксперимента

Исходя из полученных результатов эксперимента, можно сделать вывод, что при нарастающей силе, которая направлена на разрушение разъемного соединения, выполненного на основе ZIF FPC разъема, происходит деформация токопроводящих дорожек ГКС. Данные изменения могут привести к образованию обрывов или коротких замыканий в электрических цепях ГКС, что в свою очередь может послужить причиной увеличения вероятности отказа всего РЭС.

Исследование деградации диэлектрического основания ГКС

Для исследования механизма электрического пробоя диэлектрического основания ГКС применена универсальная пробивная установка УПУ-1М. Установка предназначена для испытания изоляции и материалов переменным синусоидальным напряжением частотой 50 Гц и выпрямленным напряжением отрицательной полярности, регулируемым в пределах от 0 до 250 кВ с выходным током до 100 мА.

Внешний вид УПУ-1М, а также конструкция электродов представлена на рис. 3, а и рис. 3, б соответственно.

В результате эксперимента было зафиксировано значение напряженности электрического поля, в которое помещен тестовый образец ГКС, эксплуатируемый в нормальных условиях.

Пробой тестового образца наступил при напряженности, равной 25 кВ. В результате пробоя образец имеет вид, представленный на рис. 4.

Как видно из рис. 4, диэлектрическое основание ГКС претерпело механическое разрушение в области максимальной концентрации напряженности электрического поля.

Для проведения эксперимента по определению предельной напряженности электрического поля для пробоя основания ГКС при эксплуатации в условиях с повышенной влажностью тестовый образец был помещен в воду на несколько суток. После извлечения и просушки, ГКС была помещена между контактами установки УПУ-1М и исследована на пробой.

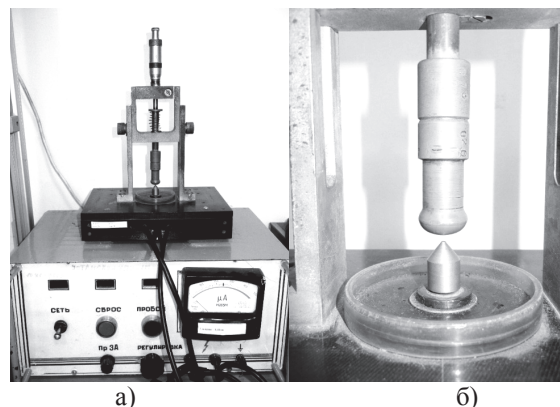


Рис. 3. Внешний вид установки УПУ-1М (а) и конструкция электродов (б)

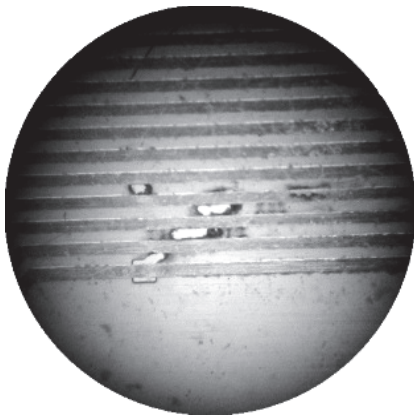


Рис. 4. Вид тестового образца после электрического пробоя

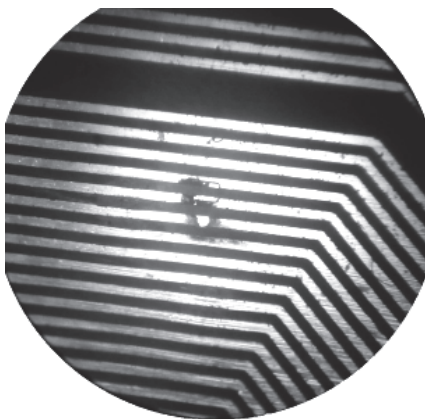


Рис. 5. Вид тестового образца ГКС, эксплуатируемого в условиях с повышенной влажностью, после электрического пробоя

В ходе эксперимента было выявлено, что пробой диэлектрического основания наступает при напряженности поля около 35-40 кВ. При этом тестовый образец имеет вид, представленный на рис. 5.

Как видно из рис. 5, область механического разрушения более локализована, нежели область разрушения образца, эксплуатируемого в нормальных условиях. Результаты такого рода связаны с тем, что второй образец являлся более обезжиренным и очищенным.

Исследование образца ГКС на механический разрыв

Для проведения эксперимента тестовый образец был закреплен в разрывной машине ИР 5047-50 (рис. 6), после чего был подвергнут растяжению. В результате эксперимента было выявлено, что разрыв однослойной ГКС на основе полиимида ФДИ-А-50 наступает при приложении нагрузки в 1-1,2 кгс.

В результате тестовый образец имеет вид, представленный на рис. 7.

По фотографиям, полученным под микроскопом, можно анализировать характер и направление распространения деформаций печатных проводников для учета данных особенностей на этапе проектирования ГКС.



Рис. 6. Внешний вид разрывной машины ИР 5047-50

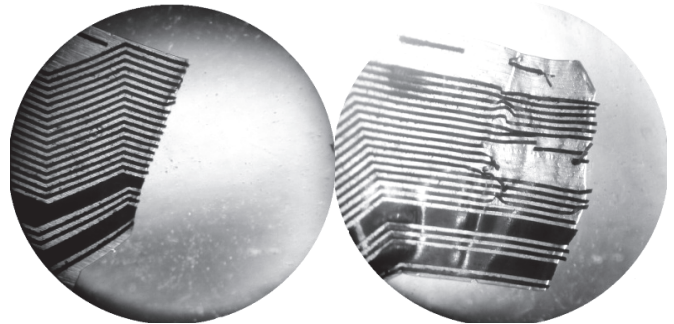


Рис. 7. Вид тестового образца после испытания на разрыв

Выводы

Таким образом, в ходе экспериментов по исследованию влияния дестабилизирующих факторов на параметры ГКС были определены критические значения напряженности электрического поля при эксплуатации гибкой структуры в разных климатических условиях, а также критические значения сил, направленных на разрушение разъемного соединения ГКС с ZIF разъемом и гибкого шлейфа в результате растяжения.

Данные результаты могут быть использованы при проектировании ГКС, в частности, при разработке топологий шлейфов, а также при разработке технологии их изготовления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Fjelstad J. *Flexible Circuit Technology* / J. Fjelstad. – 3rd ed. – Seaside: BR Publishing, Inc., 2007. – 226 p.
2. *Технологии в производстве электроники. Часть III. Гибкие печатные платы* / Под общ. ред. А. М. Медведева и Г. В. Мылова. – М.: Группа ИДТ, 2008. – 488 с.
3. Пирогова Е. В. *Проектирование и технологии печатных плат* / Е. В. Пирогова. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.
4. Невлюдова, В. В. *Анализ особенностей проектирования модулей радиотехнических систем на основе гибких коммутационных структур* // *Технология приборостроения*. – 2015. – №1. – С. 69-72.
5. Невлюдов І. Ш. *Оцінка впливу механічних дій на гнучкі друковані плати* // *Проблеми тертя та зношування* / І. Ш. Невлюдов, С. А. Разумов-Фризюк, Н. П. Демська, В. В. Невлюдова. – 2016. – № 1 (70). – С. 143-149.
6. Новоселов С. П. *Экспериментальная установка для исследования влияния механических вибраций на выходные параметры радиоэлектронных средств на основе гибких модулей* / С. П. Новоселов, А. С. Боцман, В. В. Невлюдова // *Приборы и методы измерений*. – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 156-162.