

НЕПРЕРЫВНАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ

При оценке надежности электронных узлов выбор типа теста в основном определяется условиями эксплуатации изделия. Обычно тесты предполагают проведение периодических дискретных измерений с оценкой изменения контролируемых величин. С помощью таких тестов крайне сложно установить причину возникновения брака за счет флуктуации измеряемых величин, как и причину отказа модуля в случае пробоя изоляции при длительной эксплуатации (такой брак возможен при ионной миграции на поверхности платы). Наиболее эффективный для оценки надежности узлов и контроля характерных параметров – метод постоянных измерений. Такой подход позволяет оценить непрерывное изменение сопротивления диэлектрического зазора между проводниками печатной платы, т.е. определить причины роста и спада сопротивления, что невозможно при проведении дискретных тестов.

Эффективность метода непрерывной оценки надежности подтверждает ряд экспериментов компании Espes (бывшая японская фирма Tabai), основанных на постоянном измерении характеристик печатной платы (ПП). Суть тестов заключается в создании условий постоянной высокой температуры и влажности и непрерывном измерении сопротивления диэлектрического зазора между проводниками ПП (см. табл.). Тестовый купон был изготовлен на фольгированном стеклотекстолите (FR-4). В качестве тестовых образцов использовались платы, прошедшие различную обработку поверхности (рис.1):

- *образец 1.* ПП, промытая спиртом в УЗ-ванне с последующей сушкой. Защитное покрытие проводников отсутствует, материал проводников – медь;

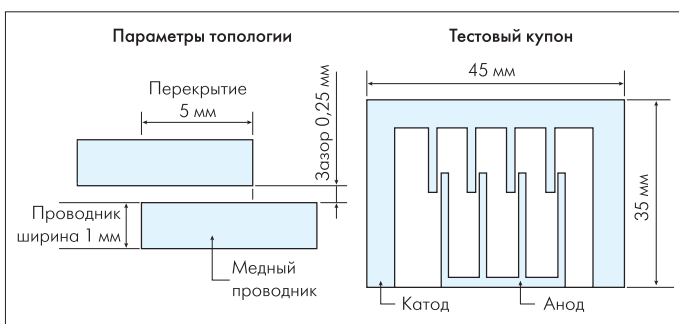


Рис.1. Конфигурация тестового купона



И.Зеленюк
zelenyuk@elserv.ru



- *образец 2.* Поверхность платы покрыта безотмывочным канифольным флюсом, затем просушена в течение 30 мин при температуре 100°C. Материал проводников – медь;
- *образец 3.* Медные проводники платы покрыты оловом методом горячего лужения (погружение платы в ванну с расплавленным припоем в течение 5 с при температуре 260°C).

Условия проведения теста

Температура, влажность, время	Тестовое напряжение	Состояние поверхности платы
60°C, 90%; выдержка 500 ч	25 В	1. Чистая 2. Покрытие несмываемым флюсом после очистки 3. Покрытие оловом после очистки и покрытия несмываемым флюсом

Внешний вид измерительного комплекса, схема измерительной системы и основные ее параметры приведены на рис.2. Это и другое оборудование для проведения испытаний изготавливается компанией Espes и поставляется на территорию России официальным поставщиком ООО "Электрон-Сервис-Технология". Оценочная система состоит из блока питания образца и системы измерения сопротивления. Для подключения тестовых соединителей к образцам использовались провода с двойным экранированием для исключения влияния внешних помех и помех от камеры.

Основные требования к измерительной системе:

- для измерения тока утечки в системе должны быть исключены внешние шумы и внутренние токи утечки. Система должна обеспечивать измерение больших сопротивлений;
- возможность регистрации флуктуации сопротивления диэлектрического зазора и периодических коротких замыканий;
- мгновенное реагирование на возникновение тока утечки;
- при обнаружении тока утечки возможность немедленно снимать напряжение питания с образца для сохранения текущего состояния.

Условия измерения:

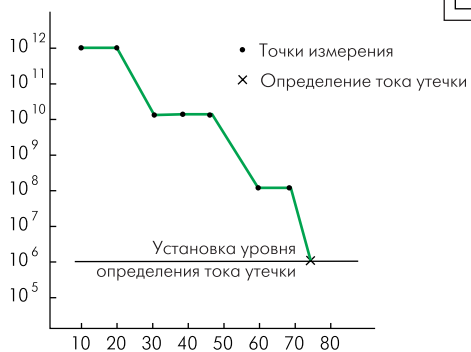
Напряжение измерения сопротивления и время измерения 25 В, 30 с
Интервал между измерениями 6 мин
Определение тока утечки возникновение тока утечки контролируется непрерывно (в отличие от измерения сопротивления)

Для оценки значения сопротивления в стабильном состоянии выбранное время измерения составляло 30 с. Чтобы избежать нарушения процесса миграции, напряжение измерения сопротивления было равно напряжению питания образца.

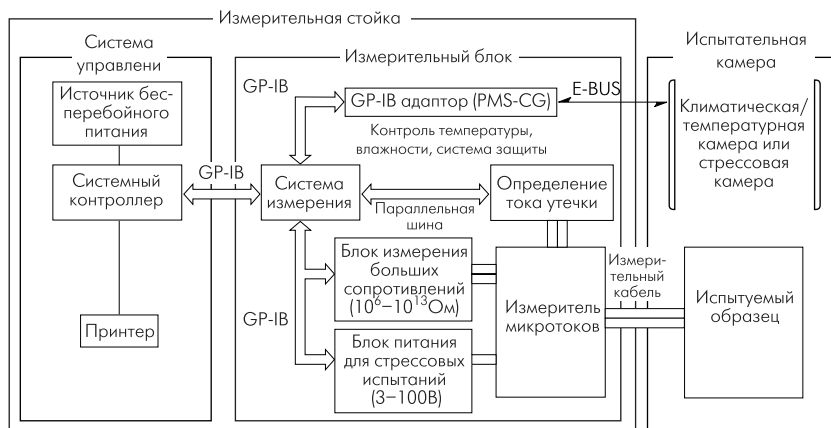
Внешний вид



Пример определения тока утечки



Блок-схема



Спецификация

Диапазон контроля тока утечки	1-100 мА
Прикладываемое напряжение	3-100 В (шаг 0,1 В)
Ток измерения (постоянный)	3 нА - 100 мА
Диапазон измеряемых сопротивлений	10 ⁶ - 3·10 ¹¹ Ом (при напряжении 100 В)
Продолжительность теста	Макс. 9,999 ч (шаг 0,1 ч)
Время измерения	60 с/25 каналов + время определения
Число каналов измерения	25

Рис.2. Измерительный комплекс

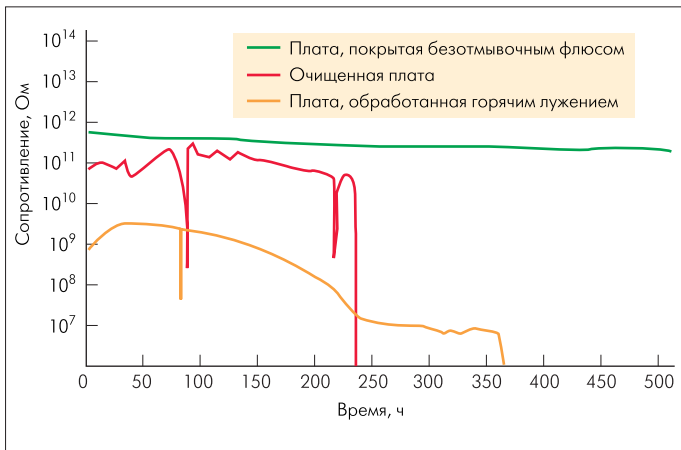


Рис.3. Измерение сопротивления

Результаты теста:

- **образец 1:** на начальном этапе тестирования сопротивление то падает, то возрастает. После 230 ч испытаний сопротивление упало до 10^6 Ом и вскоре возникло короткое замыкание;
- **образец 2:** с самого начала теста сопротивление находилось в пределах 10^{12} Ом;
- **образец 3:** короткое замыкание при падении сопротивления до 10^6 Ом после 360 ч.

Результаты тестирования показаны на рис. 3.

После выемки образцов из камеры и измерения при нормальной температуре (20°C) на образцах 1 и 3 не удалось обнаружить токов утечки. Наблюдение было невозможно, так как при комнатной температуре и влажности характеристики платы вернулись к первоначальным значениям.

Результаты тестирования можно видеть на увеличенном изображении образцов (30x) (рис.4):

- образец 1: полного замыкания не произошло, но тенденция к существенному снижению сопротивления наблюдается (рис.4а);
- образец 2: миграцию ионов зарегистрировать не удалось;
- образец 3: ионы меди образовали перемычку, вызвавшую короткое замыкание (см. рис. 4б).

Проведенные эксперименты показывают, что полная миграция ионов произошла только на покрытых оловом ПП. Незначительная миграция возможна также для чистых плат.

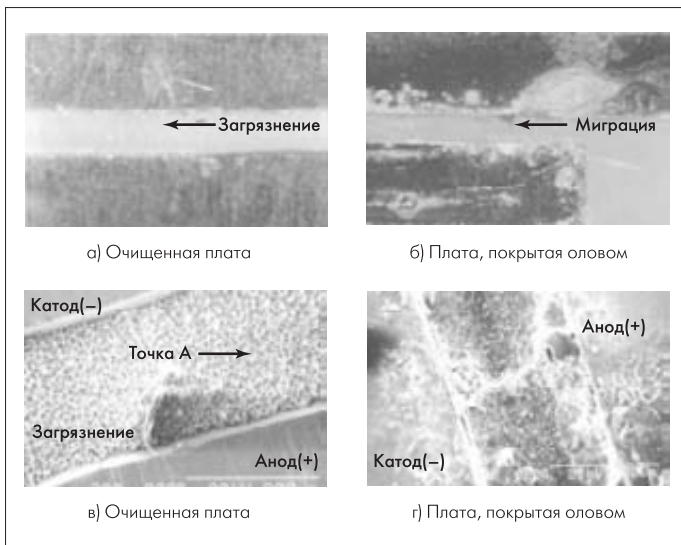


Рис.4. Увеличенное изображение образцов (30x)

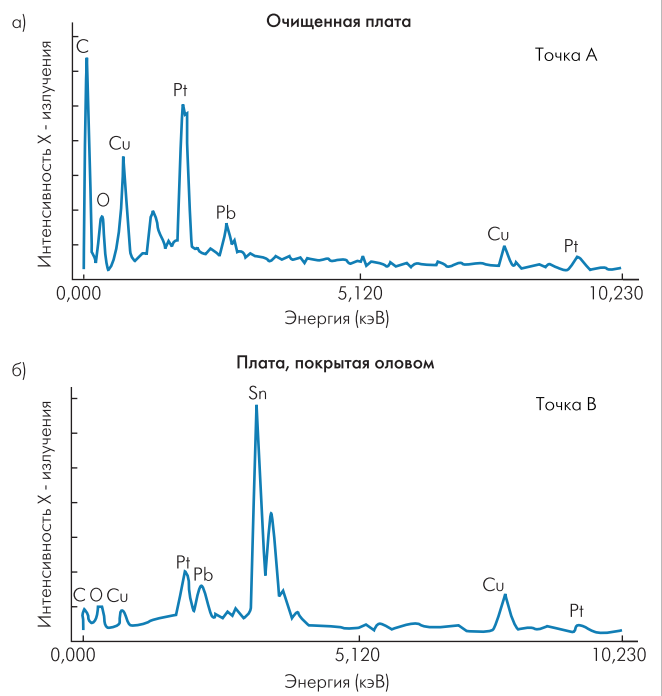


Рис.5. Структурный анализ

Полученные результаты были объяснены с использованием электронного микроскопа и рентгеновского микроанализатора. Структурный анализ выявил наличие углерода на чистых платах. Это позволяет заключить, что абсорбция влаги инородными частицами на поверхности платы вызывает движение ионов (в данном случае ионов меди), что в свою очередь приводит к коротким замыканиям (рис. 5а). Влага на поверхности платы в зазоре между проводниками выполняет роль микропроводящего электролита. Анализ изображений, полученных на электронном микроскопе, подтверждает миграцию ионов из областей растрескивания флюса на плате, покрытой оловом (см. рис. 4г). Можно утверждать, что миграция ионов возникает в областях отслоения пленки флюса от припоя.

Для образцов, покрытых безотмывочным флюсом, характерна высокая стойкость пленки флюса к проникновению влаги, что предотвращает абсорбцию влаги при высокой температуре и влажности, тем самым исключая миграцию ионов.

При оценке надежности образцов по приведенной методике наиболее целесообразно применять циклическую смену температуры (так называемые стресс-тесты).

Как уже было сказано, сопротивление периодически временно восстанавливается до первоначального значения, поэтому периодические измерения во время длительной выдержки при высокой температуре и влажности не позволяют оценить всю картину ионной миграции. И только непрерывный контроль дает возможность проведения полноценного теста. Важно учитывать, что образующиеся короткие замыкания, не замеченные своевременно, во время теста могут разрушаться под действием напряжения питания образцов, оставаясь тем самым незамеченными.

ЛИТЕРАТУРА

Hirokazu Tanaka, Yuuichi Aoki, Shigeharu Yamamoto, Kunikazu Ishii. A Consideration of Methods for Evaluating Reliability of Electronic Parts. – Espec Technology Report.