

Использование ЭКБ с истекшим сроком хранения

А. Дудунов¹

УДК 621.38 | ВАК 2.2.2

В настоящее время вооружение и военная техника все больше насыщается радиоэлектронным оборудованием. В связи с тем, что производство и ввод в эксплуатацию военной техники занимает значительное время, возникает проблема использования электронной компонентной базы, снятой с производства в процессе проектирования изделия. В связи с этим, осложняется дальнейшая эксплуатация, воспроизводство, модернизация и обслуживание техники.

Часто возникают ситуации, когда разработчики (изготовители) аппаратуры считают ЭКБ, которая была произведена до 2016 года и хранилась в упаковке изготовителя, соответствующей необходимому уровню надежности и долговечности. Однако ни поставщик, ни производитель не могут быть уверены в надлежащих условиях хранения ЭКБ.

В 2003 году была принята, а 2006 году вступила в силу директива, ограничивающая содержание вредных веществ RoHS, и с этого момента требования к хранению компонентов резко ужесточились. Слои никеля или никелевых сплавов, ранее применяемых в качестве диффузионного барьера, были исключены для уменьшения стоимости. Кроме того, применение поверхностей из чистого олова вызывает дополнительные негативные эффекты, такие как склонность к образованию усов и развитие так называемой оловянной чумы. Также с каждым годом увеличивается плотность кристаллов интегральных микросхем и количество транзисторов в ИС. Из-за постоянного уменьшения расстояния между элементами микросхемы появляются негативные последствия, влияющие на долгосрочную стабильность.

Один из путей решения данной проблемы – это проведение тщательного входного и параметрического контроля, а также исследований по оценке возможности продления показателей сохраняемости ЭКБ.

К примеру, согласно ГОСТ Р 59312-2021, срок хранения изделий (компонентов) ЭКБ ИП от даты изготовления до даты монтажа в РЭА РКТ не должен превышать семи лет. Если изделие (компонент) ЭКБ ИП перед установкой хранилось более семи лет, оно подлежит перепроверке в расширенном объеме по согласованию с главным конструктором РЭА РКТ и ИЦ. При прохождении

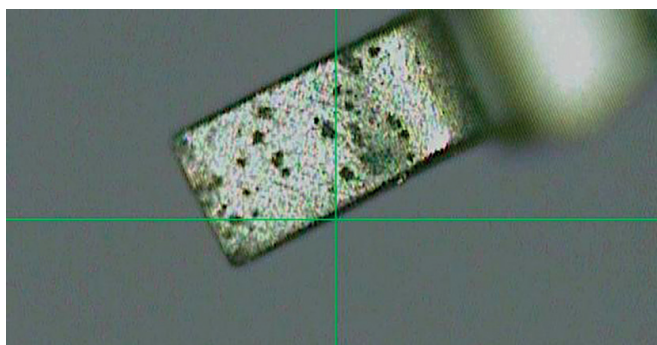
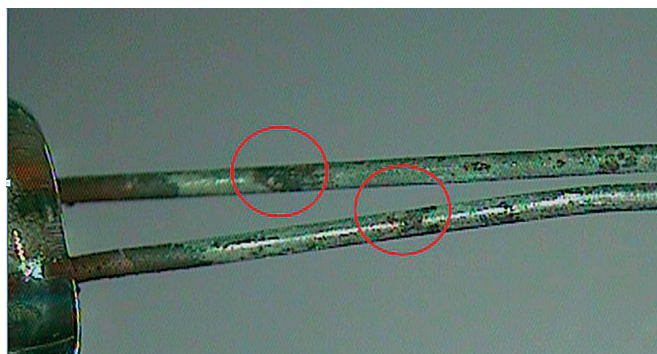


Рис. 1. Следы коррозии на контактных выводах и площадках

перепроверки с положительным результатом срок хранения продлевается до 10 лет.

При использовании ЭКБ с истекшим сроком хранения особое внимание необходимо уделить следующим дефектам, возникающим при неправильном хранении:

- окисление и диффузия (рис. 1);
- образование оловянных усов (рис. 2);
- эффект «попкорна» – эффект растрескивания микросхем при пайке (рис. 3).

¹ АО «ТЕСТПРИБОР», начальник ИЛ ЭКБ.

Под надежностью понимают способность объекта сохранять параметры качества во времени [1] при воздействии дестабилизирующих факторов, определяемых условиями хранения, транспортировки, эксплуатации. Надежность ЭКБ обеспечивается ее конструкцией, качеством материалов, технологией изготовления (и ее стабильностью), а также системой контроля и обеспечения качества [2].

Испытания на надежность проводят для проверки соответствия количественных показателей надежности изделий микроэлектроники требованиям стандартов или ТУ. Для оценки или контроля этих показателей выполняют испытания на безотказность, долговечность и сохраняемость.

Испытания на безотказность проводят для контроля безотказности изделий микроэлектроники в течение времени, достаточного для выявления дефектов, которые могут возникнуть в процессе изготовления и привести к отказам.

Эти испытания предусматривают форсирование режимов эксплуатации, что вызывает интенсификацию физико-химических процессов, определяющих основные механизмы отказов изделий. При этом обязательным условием выбора режимов этих испытаний является сохранение основных механизмов отказов, характерных для нормальных испытаний на безотказность.

Цель ускоренных испытаний на долговечность заключается в том, чтобы старение ускорилось, а процесс деградации параметров происходил так же, как и при нормальной работе схемы.

Результаты, полученные при повышенных нагрузках, экстраполируют на нормальные условия эксплуатации.

Ускоренные испытания изделий ЭКБ на сохраняемость

Оценка качества элементов с учетом даты изготовления осуществляется путем ускоренных испытаний на сохраняемость. Перед испытаниями проводят расчет коэффициента ускорения режима испытаний по отношению к режиму хранения ЭКБ ИП.

Ускоренные испытания изделий электронной компонентной базы (ЭКБ) на сохраняемость основываются на экспериментальном определении зависимости ресурса изделия от значений основных воздействующих факторов внешней среды. Цель испытаний – выявление скрытых дефектов изделия при ускоренном старении в условиях повышенных температур.

Для определения коэффициента ускорения испытаний опытных образцов ЭКБ на сохраняемость при хранении в отапливаемом хранилище рекомендуется использовать модель старения изделий ЭКБ Хеллберга – Пека (1) для изделий ЭКБ негерметичного исполнения

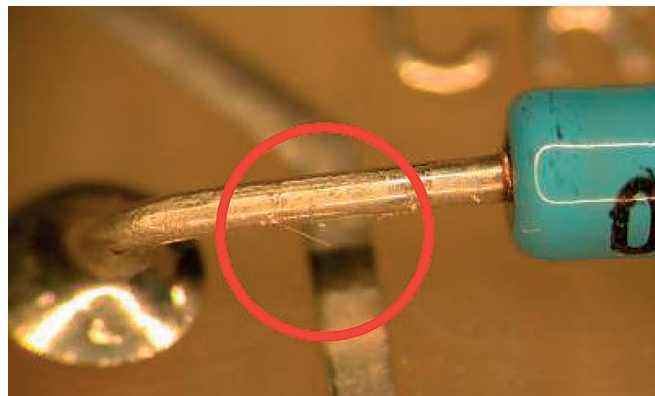


Рис. 2. Образование нитевидных усов

и модель Аррениуса (2) для изделий ЭКБ герметичного исполнения:

$$K_{yx} = \left(\frac{Q_{II}}{Q_X}\right)^n \exp\left(-\frac{E_{ax}}{k} \left(\frac{1}{T_{j(C)II} + 273} - \frac{1}{T_{j(C)X} + 273}\right)\right), \quad (1)$$

$$K_{yx} = \exp\left(-\frac{E_{ax}}{k} \left(\frac{1}{T_{j(C)II} + 273} - \frac{1}{T_{j(C)X} + 273}\right)\right), \quad (2)$$

где K_{yx} – коэффициент ускорения проведения испытаний на сохраняемость;

E_{ax} – интегральная энергия активации механизмов отказов в структурах ЭКБ при хранении, эВ;

$T_{j(C)X}$ – температура кристалла (корпуса) при хранении в соответствии с требованиями к ЭКБ ИП, °С;

$T_{j(C)II}$ – температура кристалла (корпуса) при ускоренных испытаниях на сохраняемость, °С;

Q_{II} – относительная влажность окружающей среды при ускоренных испытаниях на сохраняемость;

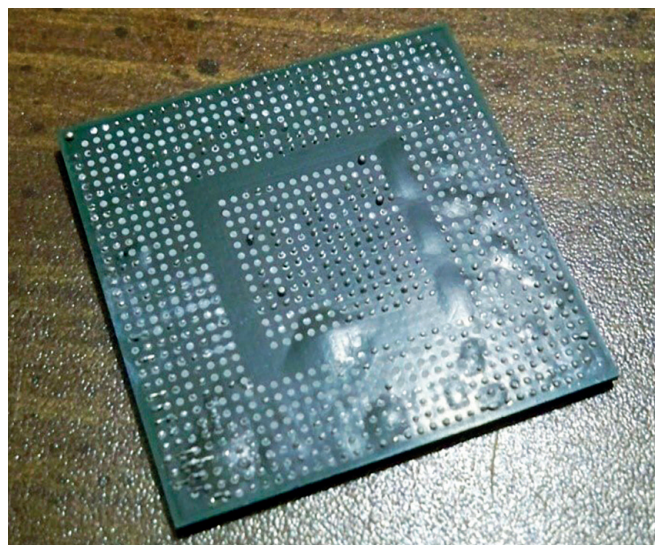


Рис. 3. Эффект попкорна

Q_x – относительная влажность окружающей среды при хранении в соответствии с требованиями к ЭКБ ИП;

n – коэффициент материала;

k – Постоянная Больцмана, составляет $8,617 \cdot 10^{-5}$ эВ $\cdot$ К $^{-1}$.

Длительность УИС выборки изделий ЭКБ (t_{cox}) для условий их хранения в отапливаемом хранилище определяется по формуле:

$$t_{cox} = \frac{T_\gamma}{K_{yx}}, \quad (3)$$

где K_{yx} – коэффициент ускорения испытаний изделий ЭКБ на сохраняемость, зависящий от условий их хранения, заданных в ТЗ (ТУ);

T_γ – гамма-процентный срок сохраняемости, равный 8766 ч.

Продолжительность УИС рекомендуется рассчитывать на один год с последующим умножением результатов расчета на количество лет хранения, указанное в ТЗ (ТУ).

По результатам испытаний на сохраняемость определяют среднее значение гамма-процентного срока их сохраняемости (T_γ^3) по формуле:

$$T_\gamma^3 = \frac{t_{cox}}{N}. \quad (4)$$

Оценка T_γ по результатам испытаний осуществляется по условию:

$$T_\gamma^3 \cdot K_{yx} \geq T_\gamma. \quad (5)$$

В результате делается вывод: ЭКБ можно использовать, если

- выполняется условие (5);
- внешний вид изделий соответствует требованиям ТЗ (ТУ);
- ПКГ соответствуют нормам, установленным в ТЗ (ТУ) для данного вида испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шнер В. Реферативный аналитический обзор // Надежность: вопросы теории и практики. 2006. №3. С. 122–148.
2. ГОСТ В 20.57.403-81 (СТ В СЭВ 0264-87). Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения. Контроль качества и правила приемки. Введ. 01-01-1982. М.: Изд.-во стандартов, 35 с.

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ

www.technosphere.ru

ЭЛЕКТРОНИКА НАУКА
ТЕХНОЛОГИЯ
БИЗНЕС

Стоимость 2200 р. за номер
Периодичность: 10 номеров в год
www.electronics.ru

www.photonics.ru научно-технический журнал

ФОТОНИКА

Стоимость 1450 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.photonics.ru

Аналитика www.j-analytics.ru
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Стоимость 1450 р. за номер
Периодичность: 6 номеров в год
www.j-analytics.ru

Отраслевой научно-технический журнал

СТАНКОИНСТРУМЕНТ
НАУКА | ПРОЕКТИРОВАНИЕ | ПРОИЗВОДСТВО

Стоимость 1800 р. за номер
Периодичность: 4 номера в год
www.stankoinstrument.ru

NANOINDUSTRY
НАНОИНДУСТРИЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Стоимость 1300 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.nanoindustry.ru

LAST MILE ПЕРВАЯ
МИЛЯ

Стоимость 1300 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.lastmile.ru