

УДК 004.6 : 621.382.2/3 – 027.45

ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA ПРИ АНАЛИЗЕ РЕЗУЛЬТАТОВ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ НА НАДЁЖНОСТЬ



В.О. Казюциц
Аспирант БГУИР, магистр
технических наук



С.М. Боровиков
Доцент кафедры ПИКС БГУИР,
кандидат
технических наук, доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Республика Беларусь
E-mail: vladkaz@bsuir.by, bsm@bsuir.by

В.О. Казюциц

Окончил БГУИР (2017 г.), в настоящее время является аспирантом этого университета, магистр технических наук. Проводит научные исследования по прогнозированию надёжности полупроводниковых приборов большой мощности.

С.М. Боровиков

Основная область научных интересов: прикладные математические методы в проектировании изделий радиоэлектроники, включая алгоритмы статистического прогнозирования надёжности изделий электронной техники и оценку надёжности прикладного программного обеспечения на ранних этапах его разработки. Руководитель разработки программных комплексов по автоматизированному расчёту и обеспечению надёжности электронных устройств: система АРИОН (2008-2009 гг.), система АРИОН-плюс (2011-2015 гг.).

Аннотация. В работе описывается применение метода индивидуального прогнозирования надёжности изделий электронной техники (ИЭТ) по информативным параметрам, а также приводятся основные этапы ускоренных испытаний полупроводниковых приборов (ППП) на надёжность. Предлагается подход к анализу большого объёма данных со значениями параметров ППП и выявлению информативных параметров.

Ключевые слова: полупроводниковые приборы, надёжность, индивидуальное прогнозирование, информативные параметры, ускоренные испытания, большой объём данных.

Введение. В настоящее время существует множество методов прогнозирования надёжности ППП [1,2]. При производстве ИЭТ для массового использования чаще применяют методы группового прогнозирования, в результате чего для выборок ИЭТ устанавливается допустимый разброс (допуск) основных параметров. Однако для специализированного оборудования (медицинского, военного, космического и др.) требуются ИЭТ повышенного уровня надёжности. Для отбора таких ИЭТ следует применять методы индивидуального прогнозирования надёжности. При таком подходе производится оценка надёжности каждого отдельного экземпляра, а вся выборка ИЭТ разделяется на группы надёжных и потенциально ненадёжных экземпляров [1].

Важным является использование методов прогнозирования надёжности при разработке и изготовлении совершенно новых ИЭТ. При оценке надёжности новых ИЭТ по ранее полученным моделям результаты могут быть не всегда достоверны, т.к. эти ИЭТ изготавливаются по другой технологии и отличаются от схожих ИЭТ некоторыми

параметрами. Поэтому, для каждого нового типа ИЭТ следует проводить испытания на надёжность, по результатам которых будут получены модели их работоспособности.

Основная часть. Одним из видов индивидуального прогнозирования является прогнозирование по информативным параметрам. Под информативным понимают такой электрический параметр ИЭТ, значение которого в момент времени $t = 0$ несёт информацию о надёжности ИЭТ в будущем, то есть при $t = t_{\text{пр}}$, где $t_{\text{пр}}$ – заданное время прогнозирования. Для ИЭТ использование лишь одного информативного параметра может приводить к заметным ошибкам, поэтому на практике используют совокупность информативных параметров [1].

В работе [3] предложен способ отбраковки биполярных транзисторов по следующему параметру Π , который имеет повышенную информативность:

$$\Pi = I_{\text{э}} \cdot \frac{1 - h_{21Б}}{h_{22Б} - h_{22Б}^0}, \quad (1)$$

где $h_{21Б}$ – статический дифференциальный коэффициент прямой передачи тока при коротком замыкании на входе и напряжении коллектор-база, равном предельно допустимому значению по ТУ, при включении по схеме с общей базой; $I_{\text{э}}$ – ток эмиттера, при котором величина $h_{21Б}$ достигает максимума; $h_{22Б}$ – выходная проводимость при холостом токе на входе при включении его по схеме с общей базой, измеренная при эмиттерном токе $I_{\text{э}}$; $h_{22Б}^0$ – выходная проводимость при холостом токе на входе при включении по схеме с общей базой, измеренная при эмиттерном токе $I_{\text{э}} = 0$.

Рассчитанный по измеренным статистическим параметрам информативный параметр Π сравнивается с эталоном, установленным заранее экспериментально для данного типа биполярных транзисторов [2].

Как отмечалось ранее, при разработке новых типов ИЭТ следует проводить испытания для формирования моделей надёжности. Наиболее подходящими для данной цели являются ускоренные испытания на надёжность.

Различают ускоренные испытания в нормальном и форсированном режимах. Ускорения испытаний в нормальном режиме достигают уплотнением рабочих циклов или экстраполяцией по наработке. Ускорения испытаний в форсированном режиме достигают интенсификацией деградационных процессов [4].

Испытания в нормальном режиме показывают точные результаты по надёжности ИЭТ, однако могут занимать очень продолжительное время. Поэтому, предпочтение отдаётся ускоренным испытаниям в форсированном режиме. Ускорение деградационных процессов может быть достигнуто разными методами. Как правило, универсальным является значительное увеличение температуры окружающей среды. При таком подходе следует контролировать выбранные ранее параметры ИЭТ до момента, когда ИЭТ выйдет из строя (случится отказ ИЭТ). После анализа результатов выбираются параметры, значения которых за время проведения испытаний вышли за границы допустимых.

Основная сложность заключается в выборе параметров ИЭТ для их контроля во время испытаний. В стандартах [5] и [6] приводятся полные перечни параметров транзисторов: для полевых – 53, для биполярных – 80. Для построения наиболее адекватных моделей работоспособности ИЭТ следует контролировать как можно больше параметров во время испытаний. Не стоит забывать о том, что для большей достоверности следует использовать выборку из 200-300 экземпляров. При этом, у каждого экземпляра нужно проводить контроль выбранных параметров через определённые промежутки времени: чем больше измерений –

тем точнее будет модель.

Предположим, что для испытаний выбрали 250 экземпляров биполярных транзисторов, для которых определили 70 контролируемых параметров. Испытания будут проводиться до того момента, пока из строя не выйдет значительное количество экземпляров от всей выборки.

Как правило, часть экземпляров выйдет из строя во время периода приработки (рисунок 1, I) из-за наличия критических дефектов производства, монтажа и наладки. В период нормальной эксплуатации (рисунок 1, II) интенсивность отказов практически остаётся постоянной, при этом отказы носят случайный характер и появляются внезапно. Именно этот период соответствует основному времени эксплуатации. Возрастание интенсивности отказов относится к периоду старения (рисунок 1, III) и вызвано увеличением числа отказов из-за износа, старения и других причин [7].

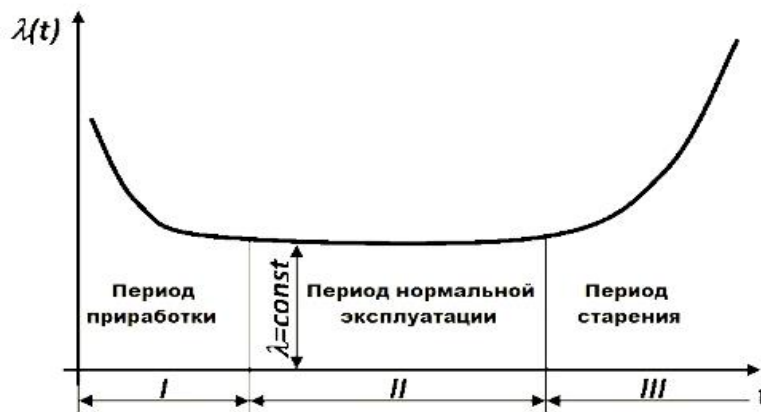


Рисунок 1. – Зависимость интенсивности отказов от времени эксплуатации

Будем считать, что во время периода приработки вышло из строя небольшое число экземпляров, не более 10. Остальные продолжили функционировать без значительных изменений контролируемых параметров. За этот период удалось сделать не менее 15 контрольных измерений всех контрольных параметров (70) у всех оставшихся в строю экземпляров (240 шт.). Следуя советам специалистов из области метрологии, для более точного измерения какого-либо параметра требуется сделать не менее 3-5 замеров и вычислить среднее значение. Если сопоставить всё вышесказанное, то по итогу испытаний мы имеем более 1 млн числовых значений. Проанализировать такой объём данных без специализированных прикладных инструментов не представляется возможным. Чтобы отделить информативные параметры из всего перечня контролируемых параметров и сформировать модели прогнозирования, требуется использовать высокопроизводительное программное обеспечение и технологии BIG DATA.

Заключение. Для отбора ИЭТ повышенного уровня надёжности следует применять методы индивидуального прогнозирования. При разработке нового типа ППП для достоверного прогноза следует проводить ускоренные испытания на надёжность и выделять информативные параметры для конкретного типа ППП. По результатам испытаний с помощью технологий BIG DATA и специализированных прикладных инструментов разрабатываются модели работоспособности ИЭТ.

Список литературы

[1] Боровиков, С. М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадёжных изделий электронной техники: монография // С. М. Боровиков. – М.: Новое знание, 2013. – 343 с.

[2] Горлов, М. И. Современные диагностические методы контроля качества и надёжности полупроводниковых изделий // М. И. Горлов, В. А. Сергеев; под науч. ред. М. И. Горлова. – 2-е изд. – Ульяновск : УлГТУ, 2015. – 406 с.

- [3] Бусыгин В. Н. Способ отбраковки биполярных транзисторов // А.с. СССР 1632187. Опубл. 20.07.91. Бюл. №20.
- [4] РД 50-424-83 Методические указания. Надежность в технике. Ускоренные испытания. Основные положения
- [5] ГОСТ 19095-73. Транзисторы полевые. Термины, определения и буквенные обозначения параметров.
- [6] ГОСТ 20003-74. Транзисторы биполярные. Термины, определения и буквенные обозначения параметров.
- [7] Половко, А. М. Основы теории надежности – М.: Наука, 1964. – 446 с.

BIG DATA TECHNOLOGIES IN ANALYSIS OF RESULTS OF ACCELERATED RELIABILITY TESTS OF SEMICONDUCTOR RELIABILITY

V.O. KAZIUCHYTS,

Postgraduate student BSUIR, Master of engineering

S.M. BOROVIKOV, PhD

Associate Professor, Department of Information and Computer Systems Design BSUIR

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

E-mail: vladkaz@bsuir.by, bsm@bsuir.by

Abstract. The paper describes the application of the method of individual forecasting the reliability of electronic products by informative parameters, and also describes the main stages of accelerated reliability testing of semiconductor devices. An approach to the analysis of a large amount of data with the values of the parameters of semiconductor devices and the identification of informative parameters is proposed.

Keywords: semiconductor devices, reliability, individual forecasting, informative parameters, accelerated tests, big data.