

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

*Е.Н. Шнейдеров, И.А. Бурак, Д.С. Гилимович, С.М. Боровиков*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
ул. П. Бровки, 6, БГУИР, каф. ПИКС, 220013, г. Минск, Республика Беларусь,  
тел. +375 17 2938838. E-mails: [bsm@bsuir.by](mailto:bsm@bsuir.by), [sneiderovevgeni@gmail.com](mailto:sneiderovevgeni@gmail.com), [i.a.burak@yandex.ru](mailto:i.a.burak@yandex.ru)*

Data on the degradation parameters of electronic products are used for model parameters during continuous operation products. The authors describe the procedure for the organization accelerated the forced tests used for functional parameters degradation of electronic devices. We consider the established test facility and the appointment of its main parts.

Изделия электронной техники (ИЭТ), в том числе полупроводниковые приборы и интегральные схемы во многом определяют надёжность электронных устройств медицинского назначения. Чтобы обеспечить высокий уровень надёжности электронных устройств необходимо при сборке использовать в их составе ИЭТ повышенного уровня надёжности.

По мере развития технологии изготовления ИЭТ причины возникновения внезапных отказов могут быть в значительной степени устранены. Постепенные отказы, отражающие внутренне присущие материалам ИЭТ свойства, в частности старение, в принципе исключить невозможно [1]. Этим вызван растущий интерес к постепенным (деградационным) отказам ИЭТ.

Известно, что постепенные отказы и, следовательно, параметрическую надёжность ИЭТ можно прогнозировать [2]. Для получения достоверного прогноза о постепенном отказе надо располагать моделью деградации функционального параметра ИЭТ. Если будет получена модель деградации функционального параметра ИЭТ, то с математической точки зрения нахождение уровня параметрической надёжности ИЭТ рассматриваемого типа не составит труда.

Получение модели деградации функционального параметра ИЭТ облегчается с помощью физического эксперимента, заключающегося в моделировании наиболее типичных условий возникновения механизмов отказов и процессов физико-химической деградации функциональных параметров. Физическое моделирование деградации параметров ИЭТ может быть обеспечено проведением для ИЭТ ускоренных форсированных испытаний, используя типовые подходы и методики [3, 4], позволяющие за достаточно короткое время получить информацию о деградации параметров ИЭТ, следовательно, о надёжности изделий.

Для получения данных о деградации параметров ИЭТ и апробации моделей, предлагаемых в [5, 6], на кафедре ПИКС Белорусского государственного университета были проведены ускоренные испытания ИЭТ на длительную наработку с периодическим контролем значений функциональных параметров. Для испытаний по согласованию с ОАО «ИНТЕГРАЛ» были отобраны следующие типы ИЭТ:

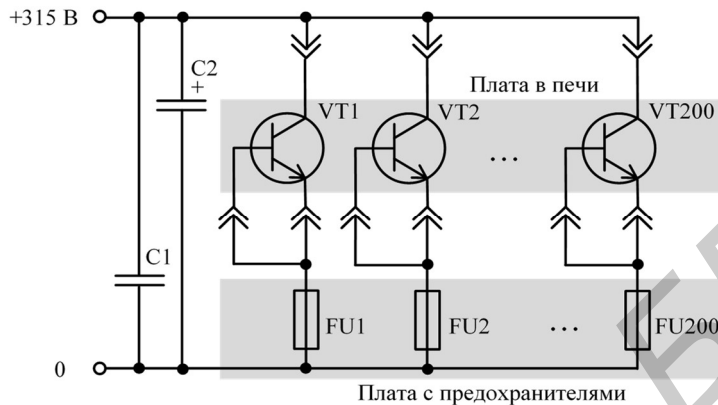
- составные транзисторы Дарлингтона КТ8225А (параметры  $h_{21Э}$ ,  $I_{КЭ}$  и  $U_{КЭ\text{ нас}}$ );
- полевые транзисторы КП723Г (параметры  $I_{ОСС}$ ,  $U_{зи}$  и  $R_{си}$ );
- стабилизаторы напряжения КР1180ЕН12А (параметры  $U_{вых}$ ,  $\Delta U_{вых}$  и  $I_{потр}$ ).

При записи типов ИЭТ в скобках указаны функциональные параметры, деградация которых исследовалась в процессе испытаний. Функциональные параметры указаны своими условными обозначениями, используемыми в технических условиях ИЭТ. Для испытаний ИЭТ каждого типа использовалась выборка объёмом 200 экземпляров.

Основой созданной испытательной установки была нагревательная печь с возможностью обеспечения нагрева до +200 °С и непрерывным поддержанием

установленной температуры. Кроме того, установка включала следующие части: источник питания, цифровой вольтметр, платы предохранителей, коммутационный термостойкий жгут, помехоподавляющие конденсаторы, платы с испытываемыми ИЭТ. Для каждого типа ИЭТ использовалась своя испытательная плата.

Схема электрическая принципиальная подключения ИЭТ к испытательной установке (на примере биполярных транзисторов) показана на рисунке 1, на котором заливкой выделены плата с исследуемыми транзисторами и плата предохранителей. Предохранители предназначены для защиты источника питания и обеспечения непрерывности испытания ИЭТ в случае внезапного отказа какого-либо экземпляра.



**Рисунок 1** – Схема электрическая принципиальная подключения ИЭТ для проведения испытаний на длительную наработку

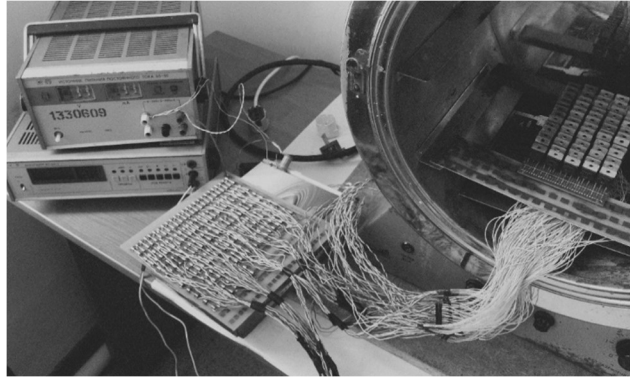
Эффект ускорения наработки при испытаниях достигнут одновременным тепловым (+145°C) и электрическим (+315 В) воздействиями на испытываемые ИЭТ. Указанная температура удовлетворяла техническим условиям эксплуатации изделий и была выбрана экспериментально так, чтобы исключить локальный перегрев и разрушение полимерных корпусов ИЭТ, а также уменьшить вероятность отказа точек паяк ИЭТ на испытательной плате, помещаемой в печь. Контроль температуры выполнялся термометром, установленным в нагревательной печи. Значение прикладываемого к транзисторам напряжения отвечало условиям эксплуатации изделий и было обусловлено электрическими функциональными возможностями источника питания. Контроль напряжения выполнялся лабораторным вольтметром, подключённый параллельно источнику питания.

При высокотемпературных испытаниях полупроводниковых изделий существует риск, что возникающие в элементах конструкции ИЭТ высокочастотные колебания (из-за внешних помех и др. причин) могут вызвать локальный перегрев *p-n*-переходов и, следовательно, внезапный отказ. С целью устранения влияния таких колебаний в электрическую цепь испытательной установки были включены конденсаторы C1 и C2 (см. рисунок 1).

Коммутация испытываемых ИЭТ с источником питания и предохранителями выполнялась проводом МГТФ-0,5, устойчивым к рабочей температуре печи. Для вывода коммутационного жгута из печи в нижней части её дверцы было сделано отверстие.

В качестве плат для испытываемых ИЭТ были выбраны односторонние макетные платы из стеклотекстолита с шагом отверстий 2,5 мм и толщиной 1,5 мм. Для платы предохранителей использовалось изготовленное основание из одностороннего фольгированного стеклотекстолита.

На рисунке 2 приведена фотография установки для испытаний ИЭТ.



**Рисунок 2** – Установка для проведения ускоренных испытаний ИЭТ в открытом нефункционирующем виде (фрагмент)

Контроль исследуемых на деградацию функциональных параметров ИЭТ выполнялся через каждые 50...70 часов испытаний. Для этого плата с испытываемыми ИЭТ отключалась от электрической цепи установки и извлекалась из печи с целью измерения исследуемых функциональных параметров. Измерение параметров выполнялось на промышленном сертифицированном измерительном оборудовании предприятия «Завод Транзистор» ОАО «ИНТЕГРАЛ» без демонтажа ИЭТ с испытательных плат. Экземпляры ИЭТ через специальный переходник последовательно подключались к оснастке измерительного оборудования.

При внезапном отказе типа «короткое замыкание» какого-либо экземпляра ИЭТ кратковременный скачок тока в цепи выводил из строя плавкий предохранитель, тем самым отключая отказавший экземпляр от электрической цепи. Это позволило не прекращать испытания при отказе отдельных экземпляров.

Недостатком описываемой испытательной установки являлся быстрый износ коммутационных элементов жгута. Постоянное подключение-отключение источника питания для запуска установки или переходника для проведения измерений параметров приводило к снижению надёжности электрических контактов разъёмов. Это могло привести к отсутствию электрической нагрузки на ИЭТ без видимых проявлений и, следовательно, ошибке пересчёта коэффициента ускорения испытаний. Поэтому при очередном включении установки требовалась проверка качества коммутации каждого провода жгута с помощью мультиметра.

#### *Литература*

1. Прогнозирование надёжности изделий электронной техники / С. М. Боровиков, И. Н. Цырельчук, Е. Н. Шнейдеров, А. И. Бересневич ; под ред. С. М. Боровикова // УО «БГУИР». – Минск : МГВРК, 2010. – 308 с.
2. European Organization of the Quality Control Glassary. – Bern : EOQC. 1988. – 24 p.
3. Quick Logic Reliability Report / pASIC, Vialink and Quick Logic Corp. – Orleans, 1998. – 21 p.
4. Bipolar Power Transistor. Data Book 1998 / TEMIC Semiconductors. – 1997. – № 12. – P. 35–42.
5. Боровиков, С.М. Прогнозирование надёжности изделий электронной техники на основе математической модели деградации функционального параметра / С.М. Боровиков, А.В. Шалак, А.И. Бересневич, А.В. Емельянов, Е.Н. Шнейдеров // Доклады БГУИР: электроника, материалы, технологии, информатика. – 2008. – №6(36) – С. 32–39.
6. Шнейдеров, Е.Н. Выбор модели деградации функционального параметра изделий электронной техники / Е.Н. Шнейдеров, С.М. Боровиков, И.А. Бурак // Известия ГГУ им. Ф. Скорины: естественные науки. – 2014. – №6(87) – С. 225–231.