

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Кузнецовой Валентины Александровны, выполненную на тему: «Разработка методики ускоренной оценки эксплуатационных характеристик tantalевых конденсаторов с использованием теплового воздействия» и представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»

Задача оценки отказоустойчивости изделий электронной техники не теряет актуальность в условиях постоянного развития подходов и методов проектирования и изготовления электронных компонентов с применением вновь разработанных материалов и технологий.

На сегодняшний день наблюдается тенденция роста надежности изделий полупроводниковой электроники и большинства пассивных элементов. Анализ показывает, что в современной аппаратуре на одно из определяющих общую надежность изделия мест вышли электролитические конденсаторы. «Конденсаторная чума» 1999 – 2007 годов ясно указала на определяющую роль конденсаторов в надежности изделий электроники.

Конденсаторы с диэлектриком на основе оксида tantalа по электрическим параметрам (в первую очередь току утечки) и характеристикам надежности значительно превосходят алюминиевые электролитические конденсаторы. Вместе с тем, качество и надежность tantalевых конденсаторов в большей мере определяются чистотой материала диэлектрика, а также стабильностью и корректным выбором режимов технологического процесса их изготовления. Поэтому разработка и применение методов оперативной оценки надежности вновь разрабатываемых и серийно выпускаемых tantalевых конденсаторов в условиях производства будет являться гарантией их заявленного срока службы.

Таким образом, работа Кузнецовой Валентины Александровны «Разработка методики ускоренной оценки эксплуатационных характеристик tantalевых конденсаторов с использованием теплового воздействия» посвящена решению **актуальной** проблемы.

Целью диссертационной работы являлась разработка методики ускоренной оценки эксплуатационных характеристик tantalевых конденсаторов с использованием теплового воздействия, позволяющая оценить влияние новых материалов и конструктивных характеристик на надежность при эксплуатации и хранении.

Диссертационная работа Кузнецовой В.А. включает введение, четыре главы и заключение. Работа изложена на 144 страницах машинописного текста, содержит 39 рисунков, 34 таблицы, а также список использованной литературы из 136 наименований.

В первой главе подробно описан типовой процесс производства tantalевых конденсаторов, а также приведен анализ описанных в литературных источниках подходов и решений по оптимизации производства.

Во второй главе приведено описание основных параметров tantalевых конденсаторов, приборов для их контроля, а также системы контроля качества продукции в ОАО «Элеконд».

Третья глава содержит результаты анализа влияния качества исходных материалов на качество готовой продукции, условий формирования анода и его конструктивные

особенности, а также качества корпуса на эксплуатационные характеристики конденсатора. Здесь же приведены данные долговременных исследований параметров конденсаторов при их хранении в отапливаемом хранилище.

В четвертой главе представлены результаты статистического анализа долговременных (более 6 лет) исследований партии конденсаторов, доказывающие состоятельность методики ускоренной оценки сохраняемости (ГОСТ В 18345-73). Описана расчетно-экспериментальная методика ускоренных испытаний tantalевых конденсаторов, заключающаяся в их выдержке при повышенной температуре среды (+125 °C). При этом выдержка при отсутствии напряжения проводится для оценки сохраняемости конденсаторов, а выдержка при поданном напряжении применяется для оценки качества исходных материалов.

В заключении кратко сформулированы основные результаты работы.

Научная новизна выполненных исследований определяется выявленными закономерностями условий производства (применение материалов с истекшим сроком годности, режимы спекания tantalевого порошка, минимальное усилие сцепления анодной таблетки с tantalевым выводом анода, качество материалов корпуса) на результирующее качество конденсаторов.

Впервые разработана методика ускоренной оценки качества tantalевых конденсаторов, основанная на воздействии тепла, а именно повышенной температуры среды при 125 °C, инициирующей старение его элементов, позволяющая оценить их сохраняемость, качество и надежность с сокращением времени испытаний до 80 дней вместо 6-7,5 лет. Методика может быть применена для оценки качества и надежности конденсаторов в условиях хранения и эксплуатации.

Впервые установлена интенсивность отказов tantalевых оксидно-полупроводниковых чип-конденсаторов от времени испытания (эксплуатации), которая растет, начиная с 8000 часов; наиболее существенный рост среди электрических параметров относительно первоначальных наблюдается у параметра ток утечки, при этом резкое увеличение значения тока утечки происходит с 10000 часов.

Практическая значимость исследований состоит в собранных и обобщенных результатах исследований электрических эксплуатационных характеристик tantalевых конденсаторов по операциям производственного цикла в зависимости от времени эксплуатации и хранения, а также в разработанных рекомендациях по практическому использованию методики ускоренной оценки качества tantalевых конденсаторов на предприятии ОАО «Элеконд» при производстве, эксплуатации и хранении tantalевых чип-конденсаторов.

Личный вклад автора заключается в организации и проведении экспериментальных, исследовательских и производственных работ, интерпретации, анализе и обобщении полученных результатов.

Достоверность разработанных автором методических средств прогнозирования надежности tantalевых конденсаторов обеспечивается использованием проверенных методов (апробированных методик), современного оборудования и поверенных приборов в ходе экспериментальных исследований и подтверждается воспроизводимостью результатов, полученных в ходе экспериментов, сравнением результатов исследования с

другими независимыми методами, а также соответствием литературным источникам.

Основные результаты работы **докладывались** и обсуждались на всероссийских форумах в период с 2014 по 2020 гг., по тематике диссертации опубликовано 16 работ, 9 из них – в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК.

Разработанный метод оценки качества tantalевых конденсаторов апробирован в ОАО «Элеконд».

Оппонируемая работа **соответствует заявленной специальности** 05.11.13 (Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий): формула специальности («Значение решения научных и технических проблем данной специальности ... состоит в повышении качества продукции ... , увеличении безопасности техногенных объектов и срока из службы... .»); области исследований (п. 1 – «Научное обоснование новых и усовершенствование существующих методов аналитического и неразрушающего контроля ... веществ, материалов и изделий»; п. 3 – «Разработка, внедрение и испытания приборов, средств и систем контроля ... веществ, материалов и изделий, имеющих лучшие характеристики по сравнению с прототипами»).

К недостаткам диссертации следует отнести следующее.

1. В разделе введения упоминается применение новых материалов при производстве конденсаторов. Однако в последующем тексте диссертации нет явного упоминания о новизне применяемых в производстве материалах; все указанные в главах 1...3 материалы в течение не менее 5 лет применяются при производстве tantalевых конденсаторов на отечественных и зарубежных предприятиях.

2. В главе 1 недостаточно подробно отражены возможные механизмы отказов tantalевых конденсаторов, исследованных в рамках диссертации, фактически в разделе 1.4 приведены только ссылки на литературные источники.

3. Эффективность метода ускоренных испытаний для оценки надежности не вызывает сомнений. Однако в тексте диссертации нет обоснования выбранных значений энергии активации процессов теплового пробоя и старения оксидной пленки и переходных покрытий.

4. В главе 4 недостаточно обоснован выбор температурного и электрического режимов при проведении ускоренной оценки надежности. Нет результатов сравнительного анализа деградации параметров конденсаторов для различных температур выдержки и электрического режима (значения приложенного напряжения, частота переключения).

5. В тексте диссертации отсутствует прямое сравнение результатов расчетной прогнозной оценки, результатов ускоренных испытаний и результатов долговременных исследований конденсаторов.

Кроме того, к работе есть следующие замечания.

1. Метод ускоренной оценки качества апробирован на базе ОАО «Элеконд». Однако в диссертации нет упоминаний о работах по патентованию разработки, например, в качестве метода.

2. Диссертация содержит опечатки, есть разделы, дублирующие информацию (см. например стр. 85 и 86); кроме того, есть небрежности в стиле изложения (см. например стр. 5 и 6).

3. Судя по компоновке диссертации, основная ее часть посвящена отработке технологии изготовления tantalовых конденсаторов на отечественном предприятии ОАО «Элеконд», а методика ускоренной оценки надежности является лишь одним из инструментов контроля качества продукции.

Несмотря на отмеченные недостатки и замечания, выносимая на защиту диссертация является законченной квалификационной работой, посвященной решению важной научно-прикладной задачи, направленной на разработку методических и технических средств прогнозирования и обеспечения надежности перспективных изделий пассивной электроники с учетом реальных условий их производства и последующей эксплуатации.

Актуальность решённых задач, научная и практическая значимость полученных результатов позволяют заключить, что представленная работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Кузнецова Валентина Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

115409, г. Москва, Каширское ш., 31. Тел. +7(495) 788-56-99, доб. 6948.
e-mail: GGDavydov@mephi.ru

Кандидат технических наук (специальность 05.13.05 - Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления)

Старший научный сотрудник Центра экстремальной прикладной электроники Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

Я согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

12 . 01 . 2021 г.

Давыдов Георгий Георгиевич

Подлинность подписи
Давыдова Г.Г. удостоверяю



Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯ МИФИ

Г. Овсянников
Г. Овсянников