

ОТЗЫВ

дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.03 Олешко Владимира Ивановича на диссертацию **Симоновой Анастасии Владимировны** «Влияние ионизирующего излучения на деградиционные процессы в светодиодах при эксплуатации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа направлена на решение проблемы повышения надежности светодиодов, изготовленных на основе гетеротруктур, AlGaAs и AlGaInP. Исследования электрофизических и светотехнических характеристик светодиодов играют значимую роль в вопросах возможности повышения эксплуатационных характеристик приборов. Автор подчеркнул важность комплексного подхода к рассмотрению факторов, влияющих на работоспособность полупроводниковых приборов, который заключается в разнесении влияния ионизирующего излучения и действия повышенной окружающей температуры и внешнего электрического поля. Данное обстоятельство позволило автору говорить о комбинированном действии ионизирующего излучения и эксплуатационных факторов, что является в настоящее время актуальной задачей.

Общая методология и методика исследования, выбранные и использованные в работе, соответствуют современному уровню науки и техники, что достигалось разносторонним подходом к решению поставленной цели и задач. Используемое автором измерительное оборудование, источники ионизирующего излучения, оборудование для ступенчатых испытаний, а также методы контроля параметров приборов сертифицированы и аттестованы в соответствии с существующими требованиями. Полученные результаты измерений обрабатывались методами математической статистики с использованием специальных программ таких, как Origin, MS Excel.

Диссертационная работа Симоновой А.В. состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографии и 2 приложений. Общий объем диссертации составляет 130 страниц. Работа содержит 5 таблиц, 76 рисунков. Библиография включает 115 наименований.

Целью диссертационной работы является установление закономерностей изменения светотехнических и электрофизических характеристик светодиодов при комбинированном действии ионизирующего излучения и эксплуатационных факторов.

Задачи, поставленные в диссертационной работе, полностью соответствуют заявленной автором цели.

Во введении автором приведено обоснование актуальности выбранной темы исследования, сформулированы цель и задачи, а также положения, выносимые на защиту, практическая и теоретическая ценность работы, изложена структура диссертационной работы. Представлены сведения о публикациях и апробации результатов работы.

В первой главе представлен литературный обзор по выбранной тематике исследования. Обоснована необходимость настоящей работы.

Во второй главе автор описывает объекты и методы исследования надежности, а также используемое оборудование для проведения анализа отказов, проведения ускоренных испытаний, измерения исследуемых характеристик светодиодов, а также установки для облучения гамма-квантами и быстрыми нейтронами. Сделана классификация светодиодов по вольт-амперной характеристики. Автором представлена разработанная методика определения сопротивления омических контактов в светодиодах.

В третьей главе автором приведены результаты исследования электрофизических и светотехнических характеристик в процессе ускоренных испытаний. Изучено уменьшение мощности излучения светодиодов в результате воздействия эксплуатационных факторов. Показано, что изменение $ВтАХ$ в процессе эксплуатации можно характеризовать изменениями граничных токов – тока на границе области низкой и области средней инжекции электронов I_{th-m} и тока I_{th-h} , на границе средней и высокой области инжекции электронов в активный слой СД. Установленные закономерности позволяют прогнозировать надежность светодиодов по светотехническим и электрофизическим характеристикам исходных приборов.

В четвертой главе рассмотрено комбинированное действие ионизирующего излучения и эксплуатационных факторов на светодиоды. Обоснован выбор как типов ионизирующего излучения, так и уровни воздействия. Показана возможность улучшения эксплуатационных характеристик светодиодов и увеличение их срока службы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций Положения, вынесенные на защиту, обоснованы результатами, представленными в работе. Также это достигается путем применения проверенных методик измерений и общепринятых методов статистической обработки результатов измерений, воспроизводимостью полученных результатов, использованием сертифицированного и аттестованного оборудования. Полученные результаты не противоречат данным, представленным в литературе.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 34 работах, в т.ч. 11 работ – в журналах, входящих в перечень ВАК / индексируемых международными базами данных Scopus / Web of Science; глава в коллективной монографии; 22 публикации

в материалах конференций. В публикациях материалы диссертационной работы Симоновой А.В. отражены достаточно полно.

Новизна диссертационной работы

1. Снижение мощности излучения светодиодов, изготовленных на основе гетероструктур AlGaAs и AlGaInP, как при воздействии эксплуатационных факторов, так и при воздействии ионизирующего излучения может быть описано идентичными по характеру проявления закономерностями трансформации дефектной структуры.
2. При эксплуатации светодиодов возрастает вклад диффузионных процессов на границе «полупроводник – многослойный омический контакт», что приводит к росту сопротивления омических контактов, появлению объемных каналов утечки тока (предположительно дислокаций), расположенных параллельно р-п-переходу, к локальному дополнительному нагреву, изменению формы прямой ветви вольт-амперной характеристики (ВАХ) и, в итоге, к повышению вероятности развития катастрофических отказов.
3. Ионизирующее излучение при воздействии на активный слой кристалла светодиода вызывает перестройку структуры исходных дефектов, что приводит к снижению, как интенсивности процессов старения, так и вероятности развития катастрофических отказов при эксплуатации.

Теоретическая значимость работы

Полученные результаты позволяют сопоставить закономерности деградации критериальных параметров светодиодов (мощность излучения, прямая ветвь ВАХ, спектры излучения и т.д.) при эксплуатации и при воздействии ионизирующих излучений, как в области стимулированной воздействием перестройки исходной структуры дефектов, так и в области введения новых дефектов вследствие облучения.

Практическая значимость работы

1. Показано, что предварительное облучение гамма-квантами (быстрыми нейтронами) позволяет повысить надежность светодиодов.
2. Разработан комплекс методов оценки сопротивления омических контактов для приборов с р-п-переходом, основанный на анализе формы прямой ветви ВАХ и ее изменения в результате действия различных внешних факторов.
3. Разработана методика определения сопротивления объемных каналов утечки тока, подключаемых параллельно р-п-переходу, на основе анализа формы прямой ветви ВАХ.

4. Установленные закономерности снижения мощности излучения светодиодов в результате воздействия эксплуатационных факторов позволяют прогнозировать их надежность по светотехническим и электрофизическим характеристикам исходных диодов.
5. Предложена методика прогнозирования надежности светодиодов на основе результатов исследования их стойкости к воздействию ионизирующего излучения.

Результаты работы использованы в АО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов» (г. Томск) при разработке новых и модернизации серийных изделий оптоэлектроники (Акт использования) и используются в учебном процессе в ФГАОУ НИ ТПУ (Акт внедрения).

Личный вклад автора не вызывает сомнений и заключается в постановке цели и задач исследования, проведении экспериментальных исследований и дальнейшей обработке результатов; формулировании выводов и положений, выносимых на защиту; написание статей совместно с соавторами при непосредственном участии автора, а также подготовке докладов и выступлениях на семинарах и конференциях.

Замечания по диссертационной работе

По содержанию диссертации могут быть высказаны следующие замечания и вопросы.

1. Не установлен вид дефектов, ответственных за снижение и увеличение мощности излучения светодиодов при воздействии ионизирующего излучения и эксплуатационных факторов.
2. Не ясно, каким образом автору удалось дискриминировать действие двух факторов, влияющих на интенсивность излучения СИД – поглощение излучения радиационными дефектами и формирование центров безызлучательной рекомбинации.
3. Не установлен вклад отдельных слоев гетероструктуры (активного слоя и окружающих, легированных слоев) на процесс деградации СИД в процессе ступенчатых испытаний.
4. Нет сведений о влиянии отжигов при ступенчатых испытаниях на спектральные характеристики светодиодов.
5. В работе были использованы два типа источников быстрых нейтронов – БАРС-4 и ИРТ-Т. Отличаются ли они по спектральным характеристикам? Как автор избавлялся от тепловых нейтронов при облучении светодиодов на реакторе ИРТ-Т?
6. Каковы рекомендации автора по совершенствованию технологии изготовления светодиодов и гетероструктур AlGaAs и AlGaInP для повышения их эксплуатационной надежности?

7. Использование большого количества аббревиатур и сокращений (КО, ПО, ОК, ОКУТ, РС) при отсутствии списка сокращений и условных обозначений, затрудняет чтение.
8. Имеются грамматические ошибки/опечатки: на стр. 11, 12, 71,87, 101.

Заключение

Указанные замечания не снижают высокую оценку качества и объема проведенного исследования, а отмеченные недостатки не касаются защищаемых положений. Результаты диссертации хорошо апробированы на большом количестве международных научных конференциях. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Симоновой А.В. отвечает требованиям п. 8 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете (dis.tpu.ru).

Считаю, что диссертационная работа «Влияние ионизирующего излучения на деградационные процессы в светодиодах при эксплуатации» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, а её автор Симонова Анастасия Владимировна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Даю согласие на обработку своих персональных данных.

Профессор Отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния,



Олешко

Владимир Иванович

Сведения: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, проспект Ленина, 30.

Эл. адрес: oleshko@tpu.ru.

Подпись Олешко В.И. заверяю
ученый секретарь Ученого совета ТПУ



О.А. Ананьева

В. 12.197.