МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
(Проректор по учебной работе)
_____ П. Е. Троян

«___» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Уровень основной образовательной программы магистратура (академическая)

Направления подготовки **11.04.04** «Электроника и наноэлектроника»

Профиль(и) «Твердотельная электроника»

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 2 **Семестр** 3

Учебный план набора 2015 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции			16						16	часов
2.	Лабораторные работы			-						-	часов
3.	Практические занятия			8						8	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)			-						-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)			24						24	часов
6.	Из них в интерактивной форме			14						14	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)			48						48	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)			72						72	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена			-						-	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)			72						72	часов
	(в зачетных единицах)			2						2	ЗЕ

Зачет 3 **семестр**

Томск 2015

Согласована на портале № 2118

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 73 от « 8 » 9 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» (квалификация (степень) магистр), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 октября 2014 г.

Рабочая программа учебной дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «___» _____ 20__ г., протокол № _____.

Разработчик:
Профессор кафедры ФЭ _____ / С.В. Смирнов

Заведующий кафедрой
Профессор кафедры ФЭ _____ / П.Е. Троян

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки.

Декан ФЭТ _____ / А.И. Воронин

Зав. профилирующей
кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Зав. выпускающей
кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Эксперты:
Председатель методической
комиссии факультета ФЭТ _____ / И.А. Чистоедова

Председатель методической
комиссии кафедры ФЭ _____ / И.А. Чистоедова

Согласована на портале № 2118

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является освоение студентами методов оценки надежности изделий твердотельной электроники и анализа основных физико-химических процессов, приводящих к отказам разрабатываемых изделий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору ООП по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» в соответствии с ФГОС ВО (Б1.В.ДВ.4.1).

Изучение данной дисциплины базируется на знании следующих дисциплин: физика конденсированного состояния, актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники, гетероструктурные полупроводниковые приборы.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: проектирование и технология электронной компонентной базы, приборно-технологическое моделирование, выполнение выпускной квалификационной работы.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у магистрантов следующих компетенций:

– готовность осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени (**ПК-3**);

– способность к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов (**ПК-4**);

– способность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения (**ПК-5**).

3.2. В результате изучения дисциплины магистрант должен:

знать: основные положения теории надежности изделий твердотельной электроники; основные физические принципы, положенные в основу того или иного метода; представление о современном состоянии методов испытаний изделий твердотельной электроники на надежность; нормативные документы (государственные отраслевые стандарты), методы проведения испытаний на надежность и долговечность;

уметь: провести оценку надежности и долговечности как отдельных элементов, так и устройств твердотельной электроники в целом; планировать эксперимент и осуществлять выборочный контроль, обрабатывать результаты эксперимента, оформлять результаты в виде отчетов и публикаций;

владеть: методами измерениями параметров изделий электронной техники, типовыми методиками испытания, навыками работы на испытательном оборудовании, практическими навыками по анализу причин отказов изделий твердотельной электроники.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	**24**	**24**
В том числе:		
Лекции	16	16
Практические занятия (ПЗ)	8	8
Самостоятельная работа (всего)	**48**	**48**
В том числе:		
Проработка лекционного материала при подготовке и защите отчетов по практическим занятиям	24	24
Проработка лекционного материала при подготовке к тестам Т1 и Т2	24	24
Вид промежуточной аттестации (*зачет*)		
Общая трудоемкость час	**72**	**72**
Зачетные Единицы	**2**	**2**

Согласована на портале № 2118

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические занятия	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Основы теории надежности изделий электронной техники. Методы испытаний на надежность и методы расчетов надежности	2	1	8	11	ПК-3,4,5
2.	Физико-химические причины появления катастрофических отказов изделий твердотельной электроники	2	1	8	11	ПК-3,4,5
3.	Деградация электрических и оптических параметров изделий твердотельной электроники в процессе эксплуатации	4	2	8	14	ПК-3,4,5
4.	Микромеханика разрушения изделий твердотельной электроники	2	1	8	11	ПК-3,4,5
5.	Радиационная стойкость изделий твердотельной электроники	4	2	8	14	ПК-3,4,5
6.	Проектирование и обеспечение высокой надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем	2	1	8	11	ПК-3,4,5
	ИТОГО	16	8	48	72	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Основы теории надежности изделий электронной техники. Методы испытаний на надежность и методы расчетов надежности	Математическая теория надежности. Статистические методы оценки надежности. Стороны надежности: безотказность, работоспособность, долговечность, сохраняемость, живучесть изделий. Виды надежности. Отказы. Количественные показатели надежности. Планирование испытаний. Выборочные и ускоренные испытания. Испытания изделий на устойчивость к спецвоздействиям. Гарантийные обязательства поставщика изделий. Служба надежности в научно-исследовательских организациях и промышленных предприятиях. Расчет надежности отдельных изделий и систем.	2	ПК-3,4,5
2.	Физико-химические причины появления катастрофических отказов изделий твердотельной электроники	Виды отказов. Основные физико-химические процессы в изделиях твердотельной электроники, обуславливающие срок службы и работоспособность.	2	ПК-3,4,5
3.	Деградация электрических и оптических параметров изделий твердотельной электроники в процессе эксплуатации	Диффузия и электродиффузия в тонкопленочных и полупроводниковых структурах. Дефекты: условия их образования, кластеризация и последующая трансформация. Вклад дефектов в процессы деградации изделий.	4	ПК-3,4,5
4.	Микромеханика разрушения изделий твердотельной электроники	Современные теории разрушения. Медленный рост трещин. Механо-гидролитические механизмы разрушения материалов. Фрагментация структуры материалов в процессе разрушения. Способы повышения устойчивости изделий к разрушению. Механические напряжения в конструкционных элементах.	2	ПК-3,4,5

Согласована на портале № 2118

5.	Радиационная стойкость изделий твердотельной электроники	Основные виды радиационных воздействий и источники излучений. Космические радиационные воздействия. Радиационные дефекты в конструкционных материалах. Методы испытаний изделий на радиационную устойчивость. Методы расчета радиационной стойкости.	4	ПК-3,4,5
6.	Проектирование и обеспечение высокой надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем	Методы обеспечения высокой надежности изделий твердотельной электроники. Прогнозирование надежности. Создание новых материалов и изделий.	2	ПК-3,4,5

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин					
		1	2	3	4	5	6
Предшествующие дисциплины							
1.	физика конденсированного состояния		+	+	+	+	
2.	актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники			+	+	+	
3.	гетероструктурные полупроводниковые приборы		+	+	+	+	
Последующие дисциплины							
1.	проектирование и технология электронной компонентной базы	+	+	+		+	+
2.	приборно-технологическое моделирование	+		+	+		+
3.	выпускная квалификационная работа	+	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Виды занятий			Формы контроля
	Л	Пр.	СРС	
ПК-3	+	+	+	Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольной работы. Выступление с докладом-презентацией.
ПК-4	+	+	+	Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольной работы. Выступление с докладом-презентацией.
ПК-5	+	+	+	Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольной работы. Выступление с докладом-презентацией.

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы / Формы	Лекции (час)	ПЗ (час)	Всего
Мультимедийные презентации с видеороликами и раздаточным материалом с последующим обсуждением	8		8
Тесты		6	6
Итого интерактивных занятий	8	6	14

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

не предусмотрено

Согласована на портале № 2118

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	**1**	Законы распределения случайных величин. Показатели надежности изделий микроэлектроники	1	ПК-3,4,5
2.	**2**	Процессы деградации элементов изделий микроэлектроники	1	ПК-3,4,5
3.	**3**	Методы планирования испытаний изделий микроэлектроники на надежность	1	ПК-3,4,5
4.	**1-3**	Тест Т1 «Методы испытаний на надежность и методы расчета надежности»	1	ПК-3,4,5
5.	**4**	Ускоренные испытания на долговечность	1	ПК-3,4,5
6.	**5**	Методы расчета надежности устройств микроэлектроники	1	ПК-3,4,5
7.	**6**	Прогнозирование надежности изделий микроэлектроники	1	ПК-3,4,5
8.	**4-6**	Тест Т2 «Проектирование и обеспечение высокой надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем»	1	ПК-3,4,5

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	**1-6**	Проработка лекционного материала при подготовке и защите отчетов по практическим занятиям	24	ПК-3,4,5	Защита отчета по практическим работам
2.	**1-3**	Проработка лекционного материала при подготовке к тесту Т1	12	ПК-3,4,5	Результаты теста
3.	**4-6**	Проработка лекционного материала при подготовке к тесту Т2	12	ПК-3,4,5	Результаты теста

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

не предусмотрено

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Таблица 11.1. Балльные оценки для элементов контроля дисциплины

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	3	3	3	**9**
Тест Т1		20		**20**
Сданные практические задания	14	14	14	**42**
Тест Т2			20	**20**
Компонент своевременности	3	3	3	**9**
Итого максимум за период:	**20**	**40**	**40**	**100**
Нарастающим итогом	**20**	**60**	**100**	**100**

Таблица 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

Согласована на портале № 2118

Таблица 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	**63 – 70**	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	**58 – 62**	B (очень хорошо)
	53 – 57	C (хорошо)
	49 – 52	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	**46 – 48**	
	42 – 44	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	**Ниже 42 баллов**	F (неудовлетворительно)

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

12.1.1. Смирнов С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем: учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2010. – 115 с. [электронный ресурс]. – . https://edu.tusur.ru/publications/535

12.1.2. Смирнов С.В. Методы исследования надежности наногетероструктурных монолитных интегральных схем: учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2010. – 95 с. (**8**)

12.2 Дополнительная литература

12.2.1. Аполлонский С.М., Куклев Ю.В. Надежность и эффективность электрических аппаратов: учеб. пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 448 с. – [электронный ресурс]. – http://e.lanbook.com/view/book/2034/

12.2.2. Дорохов А.Н., Керножицкий В.А., Миронов А.Н., Шестопалова О.Л. Обеспечение надежности сложных технических систем. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 1-е изд. – 352 с. – [электронный ресурс]. – http://e.lanbook.com/view/book/629/

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. Смирнов С.В. Физические основы надежности изделий твердотельной электроники: учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 59 с. – [электронный ресурс]. – http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=239

12.3.2. Смирнов С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем: лабораторный практикум. – Томск: ТУСУР, 2010. – 97 с. (**12**)

12.3.3. Смирнов С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем: лабораторный практикум. – Томск: ТУСУР, 2010. – 97 с. – [электронный ресурс]. – http://edu.tusur.ru/training/publications/536

12.3.4. Математический пакет MathCad или Mathematica.

12.3.5. Офисные программы Microsoft Office или Open Office

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. EqWorld «Мир математических уравнений» – http://eqworld.ipmnet.ru/
2. Журнал «Физика твердого тела» – http://journals.ioffe.ru/ftt/
3. Сайт кафедры Теоретической физики СГПА – http://theorphysics.info/load/12
4. Образовательный проект А.Н. Варгина – http://www.ph4s.ru/index.html

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации лекционных и практических занятий необходимы: компьютер с установленным программным обеспечением (п. 12.3), проектор и экран.

Согласована на портале № 2118

Приложение к рабочей программе

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИО-ЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой физической электроники (ФЭ)
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ *ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ*

Физические основы надежности изделий

твердотельной электроники

(полное наименование учебной дисциплины или практики)

Уровень основной образовательной программы **магистратура**

Направление(я) подготовки (специальность) **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль(и) **Твердотельная электроника** _____
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

Форма обучения **очная**

Факультет **электронной техники (ФЭТ)**
(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра **физической электроники (ФЭ)** _____
(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс **2** **Семестр 3**

Учебный план набора 2015 года и последующих лет

.

Зачет **3** **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 2118

Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Физические основы надежности изделий твердотельной электроники» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине «Физические основы надежности изделий твердотельной электроники» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-3	готовность осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени.	Должен знать основные принципы и методы проведения испытаний на надежность и долговечность. Должен знать нормативные документы (государственные отраслевые стандарты). Должен уметь проводить расчеты на надежность и долговечность. Должен владеть методами измерениями параметров изделий электронной техники.
ПК-4	способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.	Должен знать применяемые методики для исследования надежности изделий твердотельной электроники. Должен знать устройства испытательного оборудования. Должен знать принципы выборочного контроля. Должен уметь спланировать эксперимент. Должен уметь осуществлять выборочный контроль. Должен владеть типовыми методиками испытания. Должен владеть навыками работы на испытательном оборудовании.
ПК-5	способность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных	Должен знать номенклатуру и принципы устройства. Должен уметь обрабатывать резуль-

Согласована на портале № 2118

	исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения.	таты испытаний. Должен уметь оформлять результаты в виде отчетов и публикаций. Должен владеть необходимыми знаниями по усовершенствованию устройств.

Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-3

ПК-3: готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Таблица 2– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

1. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает комплекс методов необходимых для проведения испытаний на надежность и долговечность; Знает нормативные документы (государственные отраслевые стандарты).	Умеет проводить расчеты на надежность и долговечность.	Владеет современными методами измерениями параметров изделий электронной техники.
Виды занятий	• Лекции; Практические занятия.	• Практические занятия; • Самостоятельная работа студентов	Практические занятия.
Используемые средства оценивания	• Тест; • Выполнение практических заданий; • Зачет.	• Выполнение практических заданий; • Конспект самостоятельной работы.	• Зачет.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Согласована на портале № 2118

Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• *знает комплекс методов необходимых для проведения испытаний на надежность и долговечность*; • *знает нормативные документы (государственные отраслевые стандарты);*	• *умеет проводить расчеты на надежность и долговечность;*	• *владеет современными методами измерениями параметров изделий электронной техники;*
Хорошо (базовый уровень)	• *знает основные методы необходимых*	• *умеет проводить расчеты с использованием*	• *владеет типовыми методами*

Согласована на портале № 2118

	для проведения испытаний на надежность и долговечность; • *знает нормативные документы (государственные отраслевые стандарты);*	*типовых методик на надежность и долговечность;*	*измерения параметров изделий электронной техники;*
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• *знает отдельные методы необходимых для проведения испытаний на надежность и долговечность*; • *имеет представление о нормативных документах (государственных отраслевых стандартах);*	• *имеет представление о методах расчета на надежность и долговечность;*	• *владеет отдельными операциями измерения параметров изделий электронной техники;*

2 Компетенция ПК-4

ПК-4: способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены, в таблице 5.

Таблица 5– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

2. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает применяемые методики для исследования надежности изделий твердотельной электроники. Знает устройства испытательного оборудования. Знает принципы выборочного контроля	Умеет планировать эксперимент. Умеет осуществлять выборочный контроль.	Владеет типовыми методиками испытания. Владеет навыками работы на испытательном оборудовании
Виды занятий	• Лекции;	• Практические	• Практические

Согласована на портале № 2118

	• Практические занятия;	занятия; • Самостоятельная работа студентов	занятия;
Используемые средства оценивания	• Тест; • Выполнение практических заданий • Зачет	• Выполнение практических заданий; • Конспект самостоятельной работы	• Зачет.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• *знает применяемые методики для*	• *умеет планировать эксперимент;*	• *владеет типовыми методиками*

Согласована на портале № 2118

	исследования надежности изделий электронной техники; • *знает устройства испытательного оборудования;* • *знает принципы выборочного контроля;*	• *умеет осуществлять выборочный контроль;*	*испытания;* • *владеет навыками работы на испытательном оборудовании;*
Хорошо (базовый уровень)	• *знает основные методики для исследования надежности;* • *знает устройства испытательного оборудования;* • *знает принципы выборочного контроля;*	• *умеет работать под контролем классифицированного специалиста;* • *умеет осуществлять выборочный контроль;*	• *владеет навыками работы на отдельных видах испытательного оборудования;* • *владеет типовыми методиками испытания;*
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• *имеет представления о методах для исследования надежности;* • *знает отдельные виды устройства испытательного оборудования;* • *имеет понятия о принципах выборочного контроля;*	• *имеет представление об выборочном контроле;*	• *имеет представления о методах испытания;* • *имеет представление работы на простейшем испытательном оборудовании;*

3 Компетенция ПК-5

ПК-5: способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены, в таблице 8.

Согласована на портале № 2118

Таблица 8– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

3. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает номенклатуру и принципы устройства.	Умеет обрабатывать результаты испытаний. Умеет оформлять результаты в виде отчетов и публикаций.	Владеет необходимыми знаниями по усовершенствованию устройств.
Виды занятий	• Лекции; • Практические занятия;	• Практические занятия; • Самостоятельная работа студентов;	• Практические занятия;
Используемые средства оценивания	• Тест; • Выполнение практических заданий • Зачет.	• Выполнение практических заданий; • Конспект самостоятельной работы.	• Зачет.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполне-	Работает при прямом наблюдении

Согласована на портале № 2118

		ния простых задач	

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	• *знает номенклатуру и принципы устройства;*	• *умеет обрабатывать результаты испытаний;* • *умеет оформлять результаты в виде отчетов и публикаций;*	• *владеет необходимыми знаниями по усовершенствованию устройств;*
Хорошо (базовый уровень)	• *знает работу отдельных блоков устройства;*	• *умеет обрабатывать отельные виды результатов испытаний;* • *умеет оформлять протоколы и отдельные разделы результатов в отчет;*	• *владеет навыками ремонта основных видов оборудования;*
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• *знает работу отдельных приборов;*	• *имеет представление статистической обработки результатов испытаний;* • *умеет оказывать помощь в оформлении отчетов и публикаций;*	• *владеет навыками работы на простых видах оборудования;*

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы: тесты, контрольные работы, индивидуальные задания, практические задания, лабораторные работы, зачет.

Согласована на портале № 2118

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

3.1 Тематика тестирования:

1) Методы испытаний на надежность и методы расчета надежности;

2) Проектирование и обеспечение высокой надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем.

3.2 Темы практических занятий:

1). Законы распределения случайных величин. Показатели надежности изделий микроэлектроники.

2). Процессы деградации элементов изделий микроэлектроники.

3). Методы планирования испытаний изделий микроэлектроники на надежность.

4). Ускоренные испытания на долговечность.

5). Методы расчета надежности устройств микроэлектроники.

6). Прогнозирование надежности изделий микроэлектроники.

3.3 Темы для самостоятельной работе:

1). Пример расчета показателя надежности изделий.

2). Определение режимов ускоренных испытаний.

3). Прогнозирование долговечности по ускоренным испытаниям.

3.4 Вопросы к зачету:

1). Законы распределения случайных величин. Показатели надежности изделий микроэлектроники.

2). Основные понятия о выборочном контроле;

3). Виды отказов изделий электроники.

4). Процессы деградации элементов изделий микроэлектроники.

5). Методы планирования испытаний изделий микроэлектроники на надежность.

6). Ускоренные испытания на долговечность.

7). Методы расчета надежности устройств микроэлектроники.

8). Радиационная стойкость изделий.

9). Пути повышения надежности изделий электронной техники.

10). Прогнозирование надежности изделий микроэлектроники

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

Согласована на портале № 2118

–Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

Методические материалы:

4.1 Основная литература

4.1.1. Смирнов С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем: учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2010. – 115 с. [электронный ресурс]. – https://edu.tusur.ru/publications/535

4.1.2. Смирнов С.В. Методы исследования надежности наногетероструктурных монолитных интегральных схем: учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2010. – 95 с. (8)

4.2 Дополнительная литература

4.2.1. Аполлонский С.Мю, Куклев Ю.В. Надежность и эффективность электрических аппаратов: учеб. Пособие. – Спб.: Издательство «Лань», 2011. – 448 с. – [электронный ресурс]. – http://e.lanbook.com/view/book/2034/

4.2.2. Дорохов А.Н., Керножицкий В.А., Миронов А.Н., Шестопалова О.Л. Обеспечение надежности сложных технических систем. – Спб.: Издательство «Лань», 2010. – 1-е изд. – 352 с. – [электронный ресурс]. – http://e.lanbook.com/view/book/629/

4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

4.3.1. Смирнов С.В. Физические основы надежности изделий твердотельной электроники: учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 59 с. – [электронный ресурс]. – http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=239

4.3.2. Смирнов С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем: лабораторный практикум. – Томск: ТУСУР, 2010. – 97 с. (12)

4.3.3. Смирнов С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем: лабораторный практикум. – Томск: ТУСУР, 2010. – 97 с. – [электронный ресурс]. – http://edu.tusur.ru/training/publications/536

4.3.3. Математический пакет MathCad или Mathematica

4.3.4. Офисные программы Microsoft Office или Open Office

4.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. EqWorld «Мир математических уравнений» - http://eqworld.ipmnet.ru/

2. Журнал «Физика твердого тела» - http://journals.ioffe.ru/ftt/

3. Сайт кафедры Теоретической физики СГПА – http://theorhysics.info/load/12

4. Образовательный проект А.Н. Варгина – http://www.ph4s.ru/index.html

5 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для реализации лекционных и практических занятий необходимы: компьютер с установленным программным обеспечением (п. 12.3), проектор и экран.

Согласована на портале № 2118

Согласована на портале № 2118