

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Полупроводниковые материалы и структуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
НАДЕЖНОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ИЗДЕЛИЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	2 семестр - 109,2 часов;
в том числе на КП/КР	2 семестр - 2,7 часа;
Иная контактная работа	2 семестр - 4 часа;
включая: Контрольная работа Тестирование Решение задач Реферат	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсового проекта	2 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

Д.С. Холодный

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

Д.С. Холодный

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

А.З. Славинский

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение методов обеспечения и повышения надежности полупроводниковых и диэлектрических изделий, научных методов эксплуатации;

Задачи дисциплины

- приобретение студентами знаний о невосстанавливаемых и восстанавливаемых, нерезервированных и резервированных системах полупроводниковой электронной техники длительного и короткого времени существования;
- научить студента методам анализа надежности полупроводниковых и диэлектрических изделий при произвольных законах распределения времени отказа и восстановлении;
- изучение студентами методов инженерной оценки характеристик надежности элементов и систем полупроводниковой электроники с учетом различного рода информации, получаемой в процессе эксплуатации объектов, испытаний, аналитических расчетов;
- практическое освоение студентами методов анализа отказавших изделий, методом статистической обработки данных, методов расчета надежности интегральных микросхем;
- приобретение студентами знаний о методах математического моделирования как основы изучения функционирования сложных систем в смысле их надежности;
- приобретение студентами знаний в области физической теории надежности полупроводниковых и диэлектрических изделий как основы изучения прогнозирования их работоспособности;
- приобретение студентом навыков применения знаний, полученных в курсе, с целью диагностики и контроля состояния элементов электронной техники, используемых в электронных устройствах.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и наноэлектроники	ИД-1 _{ПК-2} Знает принципы построения и функционирования изделий микро- и наноэлектроники	знать: - 4. основные понятия теории надежности, соотношения между количественными показателями; - 3. законы распределения времени до отказа, наиболее часто используемые в теории надежности; - 2. общие сведения об отказах ИС, структурных дефектах в ИС и механизмах отказов ИС, о методах повышения надежности ИС в процессе серийного производства.
ПК-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и наноэлектроники	ИД-3 _{ПК-2} Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и наноэлектроники	знать: - 6. передовой отечественный и зарубежный научный опыт в сфере создания надежной компонентной базы микроэлектроники; - 5. принципы построения расчетных алгоритмов определения надежности полупроводниковых и диэлектрических изделий; - 1. методы обработка статистических данных с использованием базовых программных средств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Полупроводниковые материалы и структуры (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Общая характеристика надежности как науки, ее качественные и количественные характеристики	16	2	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Общая характеристика надежности как науки, ее качественные и количественные характеристики"</p> <p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Общая характеристика надежности как науки, ее качественные и количественные</p>	
1.1	(1) Введение в курс «Надежность полупроводниковых и диэлектрических изделий».	8		2	-	1	-	-	-	-	-	-	5		-
1.2	(2) Основные распределения случайных величин, используемые в теории надежности	8		2	-	1	-	-	-	-	-	-	5		-

													реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 12-311 [2], 134-167
2	Модели функционирования сложных технических систем	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Модели функционирования сложных технических систем"
2.1	(3) Разработка моделей функционирования сложной системы	8	2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:
2.2	(4) Способы описания технических систем в смысле их надежности	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Модели функционирования сложных технических систем" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка

													<p>домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Модели функционирования сложных технических систем и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Модели функционирования сложных технических систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модели функционирования сложных технических систем"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 12-311 [2], 43-54</p>
3	Анализ надежности восстанавливаемых систем	16	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Анализ надежности восстанавливаемых систем"</p>
3.1	(5) Критерии надежности восстанавливаемых систем	8	2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p>
3.2	(6) Расчет резервированных восстанавливаемых систем	8	2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает</p>

													Изучение материалов по разделу Метод статистического моделирования и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Метод статистического моделирования" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Метод статистического моделирования" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 123-145 [2], 121-132
6	Эмпирические модели. Обработка результатов пассивных экспериментов	15	4	-	2	-	-	-	-	-	9	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Эмпирические модели. Обработка результатов пассивных экспериментов" <u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:
6.1	(11) Метод статистического моделирования (2)	6	2	-	1	-	-	-	-	-	3	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:
6.2	(12) Метод статистического моделирования (3)	9	2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	

													результатов пассивных экспериментов". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 78-89 [2], 2-32
7	Надежность элементов электронных схем	21	6	-	3	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Надежность элементов электронных схем"
7.1	(13) Надежность МДП транзисторов и ее количественная оценка	10	3	-	1	-	-	-	-	-	6	-	<u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:
7.2	(14) Надежность радиоэлектронной аппаратуры	11	3	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Надежность элементов электронных схем" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий.

														<p>Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Надежность элементов электронных схем и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Надежность элементов электронных схем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Надежность элементов электронных схем"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "Надежность элементов электронных схем". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 64-76 [2], 187-211</p>
8	Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых	20		6	-	2	-	-	-	-	-	12	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых"</p>
8.1	(15) Прогнозирование срока службы изделий	10		3	-	1	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой</p>

													несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых" <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 23-43 [2], 2-20
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	23.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	2.7	-	
	Всего за семестр	180.0	32	-	16	16	2	4	-	0.8	75.7	33.5	
	Итого за семестр	180.0	32	-	16	18		4		0.8	109.2		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Общая характеристика надежности как науки, ее качественные и количественные характеристики

1.1. (1) Введение в курс «Надежность полупроводниковых и диэлектрических изделий».

(1) Введение. Определение качества и надежности полупроводниковых и диэлектрических изделий. Цель и задачи дисциплины. Актуальность проблемы обеспечения качества и надежности радиоэлектронных систем. Феноменологическое описание аварийной ситуации как детерминированного процесса. Надежность как изначальное свойство любой системы и основа ее безопасности. Основные понятия теории качества и надежности сложных систем. Виды отказов. Инженерный анализ процесса развития аварий и их потенциальных последствий. Вероятностные и физико-статистические модели теории надежности. Терминология теории надежности. Классификация технических систем. Понятие "отказ". Классификация и характеристики отказов полупроводниковых и диэлектрических изделий. Надежность и сохраняемость. Критерии надежности невосстанавливаемых систем. Вероятность безотказной работы. Критерии надежности восстанавливаемых систем. Функция готовности и функция простоя..

1.2. (2) Основные распределения случайных величин, используемые в теории надежности

(2) Законы распределения времени до отказа, наиболее часто используемые в теории надежности. Специальные показатели надежности элементов и систем. Вероятность безотказной работы. Плотность распределения времени безотказной работы (частота отказов). Интенсивность отказов. Среднее время безотказной работы. Критерии надежности восстанавливаемых систем. Показатели надежности элемента. Основное уравнение функционирования системы Расчет надежности системы по известным показателям надежности элементов структурной схемы, которые можно получить путем статистических экспериментов. Сбор и обработка данных об отказах техники в процессе эксплуатации. Методика анализа надежности систем и их элементов по данным эксплуатации..

2. Модели функционирования сложных технических систем

2.1. (3) Разработка моделей функционирования сложной системы

Разработка моделей функционирования сложной системы. Обзор существующих методов расчета надежности сложных систем. Случайные процессы в теории надежности. Математическое описание функционирования системы с произвольными распределениями. Причины не экспоненциальности случайных параметров, отказов и восстановлений технических систем. Методы анализа надежности технических систем, основанные на применении теорем теории вероятностей (2) Способы описания функционирования технических систем в смысле их надежности. Граф состояний. Дифференциальные и алгебраические уравнения интегральные уравнения. Описание функционирования системы с помощью уравнений типа массового обслуживания. Однородный марковский процесс. Инженерная методика расчета показателей надежности. Пример расчета показателей надежности методом марковских процессов. Преобразование Лапласа.

2.2. (4) Способы описания технических систем в смысле их надежности

(2) Способы описания функционирования технических систем в смысле их надежности. Граф состояний. Дифференциальные и алгебраические уравнения интегральные уравнения. Описание функционирования системы с помощью уравнений типа массового обслуживания. Однородный марковский процесс. Инженерная методика расчета показателей надежности. Пример расчета показателей надежности методом марковских процессов. Преобразование Лапласа.

3. Анализ надежности восстанавливаемых систем

3.1. (5) Критерии надежности восстанавливаемых систем

Параметр потока отказов. Среднее время работы между отказами и среднее время восстановления. Функция готовности и функция простоя. Граф состояний системы, состоящей из n элементов с основным соединением элементов. Система дифференциальных уравнений модели функционирования системы в смысле надежности. Вычисление коэффициента готовности. Расчет надежности восстанавливаемых систем с основным соединением элементов и произвольных законах распределения отказов и восстановлений. Стационарные показатели надежности не избыточных систем. Нестационарные показатели надежности не избыточных систем. Влияние дисперсии на функцию готовности. Влияние видов законов распределения на функцию готовности. Расчет резервированных восстанавливаемых систем при экспоненциальных законах распределения отказов и восстановлений. Общее постоянное резервирование. Структурная схема резервированной системы. Общее резервирование замещением..

3.2. (6) Расчет резервированных восстанавливаемых систем

Критическое влияние произвольных распределений отказов и восстановлений на нестационарные показатели надежности. Расчет резервированных восстанавливаемых систем при произвольных законах распределения отказов и восстановлений. Дублированная система с постоянно включенным резервом. Прямой приоритет. Обратный приоритет. Назначенный приоритет. Дублированная система с ненагруженным резервом. Неограниченное восстановление.

4. Анализ надежности невосстанавливаемых систем

4.1. (7) Надежность резервированных и нерезервированных систем

Надежность простейших нерезервированных систем. Структурная схема (схема расчета надежности) нерезервированной системы. Интенсивность отказов системы. Надежность простейших резервированных систем. Постоянно включенный резерв. Зависимость интенсивности отказа резервированной системы от времени. Резервирование с дробной кратностью. Резерв замещения. Скользящее резервирование. Зависимости вероятности безотказной работы системы от времени. Надежность систем при общем и отдельном резервировании. Надежность резервированных систем, защищенных от одного отказа. Граф состояний невосстанавливаемой системы, защищенной от одного отказа. Средняя наработка до отказа восстанавливаемых систем, защищенных от одного отказа.

4.2. (8) Анализ надежности невосстанавливаемых систем

Критерии надежности невосстанавливаемых систем. Модели надежности невосстанавливаемых систем. Модели надежности систем при экспоненциальных законах распределения отказов и восстановления элементов. Стационарные значения показателей надежности элемента. Показатели надежности восстанавливаемой и невосстанавливаемой техники. Специальные показатели надежности элементов систем.

5. Метод статистического моделирования

5.1. (9) Метод статистического моделирования

Критерии надежности невосстанавливаемых систем. Модели надежности невосстанавливаемых систем. Модели надежности систем при экспоненциальных законах распределения отказов и восстановления элементов. Стационарные значения показателей

надежности элемента. Показатели надежности восстанавливаемой и восстанавливаемой техники. Специальные показатели надежности элементов систем.

6. Эмпирические модели. Обработка результатов пассивных экспериментов

6.1. (11) Метод статистического моделирования (2)

(10) имитирующей математической модели и ее использование с целью получения сведений о реальном объекте. Метод статистического моделирования. Моделирование случайных величин. Псевдослучайные числа. Дискретные случайные величины. Непрерывные случайные величины. Получение случайных чисел методом обратных функций. Формулы разыгрывания непрерывных распределений. Метод статистического имитационного моделирования – метод Монте-Карло. Многократный расчет определяющего параметра по известным зависимостям, описывающим процесс потери работоспособности. Примеры решения задач методом статистического моделирования.

6.2. (12) Метод статистического моделирования (3)

Схема использования метода Монте-Карло при исследовании систем со случайными параметрами. Экспериментальная зависимость частоты появления случайного события от количества наблюдений и ее стремление к теоретической вероятности Сравнение метода статистического моделирования с аналитическими методами расчета надежности. Иллюстрация скорости схождения экспериментально получаемой частоты к теоретической вероятности.

7. Надежность элементов электронных схем

7.1. (13) Надежность МДП транзисторов и ее количественная оценка

Зависимость среднего времени наработки на отказ МДП от температуры и условий эксплуатации. Тепловые модели отказов полупроводниковых структур при воздействии мощных электромагнитных импульсов. Радиационные эффекты в интегральных микросхемах и методы испытаний изделий электронной техники на радиационную стойкость.

7.2. (14) Надежность радиоэлектронной аппаратуры

Коэффициент электрической нагрузки элементов. Учёт влияния электрического режима и условий работы. Элементы коммутации. Классификация аппаратуры по условиям её эксплуатации. Наземная (эксплуатируемая на земле) аппаратура. Стационарная аппаратура, эксплуатируемая в лабораторных условиях, капитальных жилых помещениях, помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями. Стационарная аппаратура, эксплуатируемая в нерегулярно отапливаемых помещениях (объёмах), в производственных, в том числе вентилируемых подземных помещениях (шахтах); возможно частичное регулирование климатических условий.

8. Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых

8.1. (15) Прогнозирование срока службы изделий с помощью ускоренных испытаний

Ускоренные испытания при повышенных температурах Виды испытаний на надежность. Контрольные испытания. Методы механических и климатических испытаний полупроводниковых и диэлектрических изделий. Классификация физических моделей отказов при повышенных температурах. Отказы резисторов. Отказы конденсаторов. Прогнозирование срока службы изделий с помощью ускоренных испытаний. Физические основы ускоренных испытаний. Испытания изделий электронной техники. Стандартизация и

сертификация изделий электронной техники. Воспроизводимость результатов испытаний. Виды и состав климатических испытаний изделий. Принцип составления плана контроля. Метрологическое обеспечение испытаний и сертификации продукции.

8.2. (16) Тепловые модели отказов полупроводниковых и диэлектрических изделий

Тепловые модели отказов полупроводниковых структур. Отказы; при воздействии мощных электромагнитных импульсов. Радиационные эффекты в интегральных микросхемах и методы испытаний изделий электронной техники на радиационную стойкость. Тепловое старение диэлектрических полимерных материалов и изделий на их основе.

3.3. Темы практических занятий

1. Тема 1 Общая характеристика надежности как науки, ее качественные и количественные характеристики;
2. Тема 2 Модели функционирования сложных технических систем;
3. Тема 3 Анализ надежности восстанавливаемых систем;
4. Тема 4 Анализ надежности невосстанавливаемых систем;
5. Тема 5 Метод статистического моделирования;
6. Тема 6 Эмпирические модели. Обработка результатов пассивных экспериментов;
7. Тема 7 Надежность элементов электронных схем;
8. Тема 8 Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Общая характеристика надежности как науки, ее качественные и количественные характеристики"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Модели функционирования сложных технических систем"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Анализ надежности восстанавливаемых систем"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Анализ надежности невосстанавливаемых систем"
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Метод статистического моделирования"

6. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Эмпирические модели. Обработка результатов пассивных экспериментов"
7. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Надежность элементов электронных схем"
8. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общая характеристика надежности как науки, ее качественные и количественные характеристики"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Модели функционирования сложных технических систем"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Анализ надежности восстанавливаемых систем"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Анализ надежности невосстанавливаемых систем"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Метод статистического моделирования"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Эмпирические модели. Обработка результатов пассивных экспериментов"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Надежность элементов электронных схем"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Общая характеристика надежности как науки, ее качественные и количественные характеристики"
2. Консультации проводятся по разделу "Модели функционирования сложных технических систем"
3. Консультации проводятся по разделу "Анализ надежности восстанавливаемых систем"
4. Консультации проводятся по разделу "Анализ надежности невосстанавливаемых систем"
5. Консультации проводятся по разделу "Метод статистического моделирования"
6. Консультации проводятся по разделу "Эмпирические модели. Обработка результатов пассивных экспериментов"
7. Консультации проводятся по разделу "Надежность элементов электронных схем"
8. Консультации проводятся по разделу "Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Общая характеристика надежности как науки, ее качественные и количественные характеристики"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Модели функционирования сложных технических систем"

3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Анализ надежности восстанавливаемых систем"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Анализ надежности невосстанавливаемых систем"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Метод статистического моделирования"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Эмпирические модели. Обработка результатов пассивных экспериментов"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Надежность элементов электронных схем"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 2 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- 1. Параметр потока отказов представляется в виде формулы. Задача решается методами аппроксимации, приближенными в узлах. Вид функции интерполяции $\omega = \varphi(t)$ выбирается на основе анализа исходных данных, возможностей универсальных математических программных средств и физической сущности случайных процессов — отказов исследуемой техники.
- 2. Функция $\omega(t)$ записывается в виде преобразования Лапласа $\omega(s)$.
- 3 тематика КП Расчет надежности невосстанавливаемых систем
- 4 тематика КП Расчет надежности восстанавливаемых систем
- 5 тематика КП Статистический анализ диффузионных процессов.

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	25	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями,
2	Расчет надежности системы по известным показателям надежности элементов структурной схемы.
3	Решение поставленной задач методом статистического моделирования.
4	Определение доверительного интервала для математического ожидания.

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Знать:											
2. общие сведения об отказах ИС, структурных дефектах в ИС и механизмах отказов ИС, о методах повышения надежности ИС в процессе серийного производства	ИД-1пк-2	+	+								Тестирование/КМ-2 Терминология теории надежности. Классификация технических систем
3. законы распределения времени до отказа, наиболее часто используемые в теории надежности	ИД-1пк-2		+	+							Контрольная работа/КМ-1 Тест № 1. Законы распределения времени до отказа, наиболее часто используемые в теории надежности.
4. основные понятия теории надежности, соотношения между количественными показателями	ИД-1пк-2			+	+						Решение задач/КМ-3 Тест № 3. Метод статистического моделирования
1. методы обработка статистических данных с использованием базовых программных средств	ИД-3пк-2						+	+			Контрольная работа/КМ-4 Тест № 4. Обработка результатов измерений одной случайной величины. – контрольные работы Контрольная работа/КМ-5 Контрольная работа № 1. Методика анализа надежности систем и их элементов по данным эксплуатации.
5. принципы построения расчетных алгоритмов определения надежности полупроводниковых и диэлектрических изделий	ИД-3пк-2							+	+		Реферат/КМ-7 Контрольная работа № 3. Физические основы ускоренных испытаний.. Контрольная работа/КМ-8 Контрольная работа № 4. Обработка результатов пассивных экспериментов и построение эмпирических моделей
6. передовой отечественный и зарубежный	ИД-3пк-2								+	+	Реферат/КМ-6 Контрольная работа № 2.

научный опыт в сфере создания надежной компонентной базы микроэлектроники										Анализ надежности восстанавливаемых невосстанавливаемых систем.
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-3 Тест № 3. Метод статистического моделирования (Решение задач)
2. КМ-4 Тест № 4. Обработка результатов измерений одной случайной величины. – контрольные работы (Контрольная работа)
3. КМ-6 Контрольная работа № 2. Анализ надежности восстанавливаемых невосстанавливаемых систем. (Реферат)
4. КМ-7 Контрольная работа № 3. Физические основы ускоренных испытаний.. (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 Тест № 1. Законы распределения времени до отказа, наиболее часто используемые в теории надежности. (Контрольная работа)
2. КМ-2 Терминология теории надежности. Классификация технических систем (Тестирование)
3. КМ-5 Контрольная работа № 1. Методика анализа надежности систем и их элементов по данным эксплуатации. (Контрольная работа)
4. КМ-8 Контрольная работа № 4. Обработка результатов пассивных экспериментов и построение эмпирических моделей (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

стандартные

Курсовой проект (КП) (Семестр №2)

стандартные

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Половко, А. М. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации / А. М. Половко, П. Н. Бутусов . – СПб. : БХВ-Петербург, 2004 . – 320 с. - ISBN 5-941574-93-2 .;
2. Половко Е. И.- "Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы", Издательство: "ННГУ им. Н. И. Лобачевского", Нижний Новгород, 2020 - (22 с.)
<https://e.lanbook.com/book/191804>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
4. Acrobat Reader;
5. Python;
6. Jupiter Notebook;
7. Jupyter;
8. Яндекс Браузер.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
4. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
5. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
6. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
7. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
11. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие

Помещения для самостоятельной работы	Е-316, Лаборатория каф. "ФТЭМК"	стол, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное, компьютер персональный, принтер
Помещения для консультирования	Е-315, Лаборатория каф. "ФТЭМК"	стол, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное, компьютер персональный, принтер, холодильник
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-101/19, Мастерская каф. "Пром.эл."	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Надежность полупроводниковых и диэлектрических изделий

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1 Тест № 1. Законы распределения времени до отказа, наиболее часто используемые в теории надежности. (Контрольная работа)
- КМ-2 КМ-2 Терминология теории надежности. Классификация технических систем (Тестирование)
- КМ-3 КМ-3 Тест № 3. Метод статистического моделирования (Решение задач)
- КМ-4 КМ-4 Тест № 4. Обработка результатов измерений одной случайной величины. – контрольные работы (Контрольная работа)
- КМ-5 КМ-5 Контрольная работа № 1. Методика анализа надежности систем и их элементов по данным эксплуатации. (Контрольная работа)
- КМ-6 КМ-6 Контрольная работа № 2. Анализ надежности восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем. (Реферат)
- КМ-7 КМ-7 Контрольная работа № 3. Физические основы ускоренных испытаний.. (Реферат)
- КМ-8 КМ-8 Контрольная работа № 4. Обработка результатов пассивных экспериментов и построение эмпирических моделей (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	2	4	6	8	10	12	14	15
1	Общая характеристика надежности как науки, ее качественные и количественные характеристики									
1.1	(1) Введение в курс «Надежность полупроводниковых и диэлектрических изделий».			+						
1.2	(2) Основные распределения случайных величин, используемые в теории надежности			+						
2	Модели функционирования сложных технических систем									
2.1	(3) Разработка моделей функционирования сложной системы			+						
2.2	(4) Способы описания технических систем в смысле их надежности		+							

3	Анализ надежности восстанавливаемых систем								
3.1	(5) Критерии надежности восстанавливаемых систем	+							
3.2	(6) Расчет резервированных восстанавливаемых систем			+					
4	Анализ надежности невосстанавливаемых систем								
4.1	(7) Надежность резервированных и нерезервированных систем			+					
4.2	(8) Анализ надежности невосстанавливаемых систем			+					
5	Метод статистического моделирования								
5.1	(9) Метод статистического моделирования				+	+			
6	Эмпирические модели. Обработка результатов пассивных экспериментов								
6.1	(11) Метод статистического моделирования (2)				+	+			
6.2	(12) Метод статистического моделирования (3)							+	+
7	Надежность элементов электронных схем								
7.1	(13) Надежность МДП транзисторов и ее количественная оценка							+	+
7.2	(14) Надежность радиоэлектронной аппаратуры						+		
8	Тепловые модели отказов элементов полупроводниковых								
8.1	(15) Прогнозирование срока службы изделий с помощью ускоренных испытаний						+		
8.2	(16) Тепловые модели отказов полупроводниковых и диэлектрических изделий						+		
Вес КМ, %:		10	15	10	15	10	15	10	15

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Надежность полупроводниковых и диэлектрических изделий

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 КМ-1. Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями, литературными источниками, алгоритмом выполнения курсовой работы и характеристикой исходных данных. Выбор закона распределения безотказной работы. КМ-1
- КМ-2 КМ-2. Расчет надежности системы по известным показателям надежности элементов структурной схемы.
- КМ-3 КМ-3. Решение поставленной задач методом статистического моделирования.
- КМ-4 КМ-4. Определение доверительного интервала для математического ожидания.

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями,		+			
2	Расчет надежности системы по известным показателям надежности элементов структурной схемы.			+		
3	Решение поставленной задач методом статистического моделирования.				+	
4	Определение доверительного интервала для математического ожидания.					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25