

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

---

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ**  
**ЭЛЕКТРОНИКИ**


<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.01.04
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	5 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	5 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	5 семестр - 32 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	5 семестр - 95,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	5 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)


Д.С. Холодный

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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


(подпись)

Д.С. Холодный

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

А.З. Славинский

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение математической и физической теорий надежности в применении к материалам и изделиям полупроводниковой электроники для последующего использования полученных знаний в практической деятельности. Формирование системы знаний о физических процессах, происходящих в полупроводниковых материалах в условиях эксплуатации, изучение методов диагностики изделий микроэлектроники, анализа причин отказов изделий и мер по их предупреждению.

### Задачи дисциплины

- изучение основных явлений и процессов, происходящих в полупроводниковых материалах и приборах в условиях длительной эксплуатации или хранения;
- приобретение навыков выявлять наиболее существенные физические процессы и закономерности, протекающие в полупроводниковых приборах и материалах с целью оценки влияния технологических факторов, тепловых, электрических и магнитных воздействий, условий эксплуатации и хранения на составляющие надежности изделий полупроводниковой техники;
- овладение навыками использовать нормативную документацию в своей деятельности;
- формирование навыков самообразования и самоорганизации в ходе обучения.

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-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов	знать: - основные приемы обработки и представления экспериментальных данных.  уметь: - использовать справочную литературу для анализа данных об отказах в своей деятельности.
ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур	знать: - основные тенденции развития современной микроэлектроники и полупроводниковой технологии, физические и математические модели работы и отказа основных классов полупроводниковых приборов.  уметь: - проводить испытания полупроводниковых приборов, фиксировать условия наступления отказа, анализировать и систематизировать результаты испытаний.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнология в электронике (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний	16	5	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний". 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><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности.</p>
1.1	Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний	16		2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	





													<p>"Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний"</p> <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 12-430 [2], 99-111 [3], 44-57 [4], 13-312</p>
2	Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика"</p>
2.1	Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному</p>







														вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 44-87 [2], 12-125 [3], 12-43 [4], 13-312
3	Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы	16	2	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата,
3.1	Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы	16	2	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основные показатели надежности. Законы









													<p>Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные положения физической теории надежности"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Основные положения физической теории надежности". 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><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 12-430 [2], 56-86 [3], 90-126 [4], 13-312</p>
5	Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия"</p> <p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию.</p>
5.1	Влияние акустических,	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p>Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p>



	<p>вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия</p>																		<p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> 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><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия и</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---



													ориентированы на решения минизадч по разделу "Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 12-430 [2], 125-154 [3], 17-456 [4], 13-312	
6	Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля	16		2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата,
6.1	Влияние радиационных воздействий на	16		2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	

	<p>изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля</p>																		<p>подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:  <u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u>  Повторение материала по разделу "Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля"  <u><b>Проведение исследований:</b></u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:  <u><b>Подготовка курсового проекта:</b></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><b>Подготовка к практическим занятиям:</b></u>  Изучение материала по разделу "Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях  <u><b>Подготовка расчетных заданий:</b></u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести</p>
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---



													<p>неразрушающего контроля" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 12-430 [2], 35-55 [3], 17-456 [4], 13-312</p>
7	Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p>
7.1	Влияние механической	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Влияние</p>

	<p>обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления</p>																		<p>механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для</p>
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--





														<p>полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления". 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><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 12-430 [2], 25-34 [3], 17-456 [4], 13-312</p>
8	Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p>	
8.1	Дефекты операций литографии,	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Дефекты</p>	

	эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество																		операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество" <b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: <b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество" <b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---



													<p>выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> 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><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 12-430 [2], 13-24 [3], 17-456 [4], 13-312</p>
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	16	-	32	-	-	-	-	0.3	78	17.7	
	Итого за семестр	144.0	16	-	32	-	-	-	-	0.3	95.7		

**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. Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний

1.1. Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний

. Категории качества и надежности. Основные термины и определения Категория качества. Качественные характеристики надежности. Постепенные и катастрофические отказы. Феноменологический и физический подходы в теории надежности. Основные показатели надежности: безотказность, долговечность сохраняемость и ремонтпригодность.

2. Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика. Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика. Случайные величины. Законы распределения случайных величин. Числовые характеристики случайных величин. Математическое ожидание, дисперсия. Функция распределения случайной величины. Стандартные законы распределения случайной величины. Точечные и интервальные оценки. Экспериментальный анализ случайных величин..

#### 2. Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика

2.1. Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика

Количественные характеристики надежности. Вероятность безотказной работы, интенсивность отказов. Средняя наработка до отказа. Плотность распределения наработки до отказа. Интенсивность отказов. Связь между качественными характеристиками надежности. Экспоненциальное распределение, основные характеристики надежности для этого распределения. Характерные временные зависимости показателей надежности для основных изделий полупроводниковой техники.

#### 3. Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы

3.1. Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины.

Отказы

Количественные характеристики надежности. Вероятность безотказной работы, интенсивность отказов. Средняя наработка до отказа. Плотность распределения наработки до отказа. Интенсивность отказов. Связь между качественными характеристиками надежности. Экспоненциальное распределение, основные характеристики надежности для этого распределения. Характерные временные зависимости показателей надежности для основных изделий полупроводниковой техники. Виды испытаний на надежность, ГОСТы. Определительные испытания. Планы испытаний на надежность, основные параметры планов. Программа испытаний. Вычисление показателей надежности (интенсивность и частота отказов, функция надежности) по экспериментальным данным для неремонтируемых изделий. Контрольные испытания. Специальные испытания. Ускоренные испытания.

#### 4. Основные положения физической теории надежности

4.1. Основные положения физической теории надежности

Деление полупроводниковых изделий по степени надежности. Проблемы организации испытаний для высоконадежных ИМС. Физика отказов изделий полупроводниковой техники. Влияние этапов проектирования, изготовления и эксплуатации полупроводниковых

изделий на их фактическую надежность. Процессы теплового и электрического разрушения материалов электронной техники, кинетика процессов механического разрушения, влияние дислокаций на кинетику разрушения твердых тел.

#### 5. Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия

5.1. Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия

Влияние акустических воздействий на изделия полупроводниковой техники, распределение воздействий по интенсивности и частотному спектру. Влияние климатических воздействий и агрессивных сред на надежность работы изделий. Особенности проектирования и изготовления приборов специального назначения..

#### 6. Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля

6.1. Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля

Воздействие радиационного излучения на время жизни, концентрацию и подвижность носителей заряда в полупроводниковых материалах. Влияние различных видов радиационного излучения (импульсное электромагнитное, гамма-излучение, нейтронное, ионизирующее) на свойства полупроводниковых изделий. Технологические, конструктивные и топологические аспекты проектирования радиационно-стойких интегральных микросхем для специального применения. Материалы и изделия с повышенной радиационной стойкостью..

#### 7. Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления

7.1. Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления

Влияние дефектов монокристаллической подложки и механической обработки (резка, шлифовка, полировка) на надежность полупроводниковых изделий. Геттерирование примесей. Преципитаты. Влияние операций по химической очистке и травлению на надежность. Ограничения по применению методов ионной и ионно-плазменной обработки поверхности полупроводниковых пластин и интегральных микросхем субмикронных размеров..

#### 8. Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество

8.1. Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество

Влияние ошибок совмещения шаблонов и операций обработки резистов на надежность, принципиальные ограничения метода оптической литографии, ограничивающие топологической нормы. Дефекты электронно-лучевой литографии, эффект близости, ограничения по производительности метода. Недостатки метода рентгеновской литографии. Дефекты процесса эпитаксиального выращивания пленок. Приближенность расчетов процесса диффузии примесей в кремний, дефекты ионной имплантации. Дефекты при посадке микрокристалла на кристаллодержатель при применении эвтектических припоев и

эпоксидных компаундов. Дефекты присоединения выводов к корпусу. Герметизация корпуса и влияние присутствия атомов хлора и паров воды на алюминиевую разводку. Недостатки монтажа методом перевернутого кристалла. Влияние статического электричества и температурного режима эксплуатации на выход из строя полупроводниковых изделий. Влияние дефектов металлизации и выбора материалов при создании многослойной металлизации, преимущества и недостатки использования алюминия. Электромиграция ионов. Применение силицидов. Контроль качества полупроводниковых изделий по шумовым характеристикам, переходным тепловым характеристикам, виду ВАХ p-n переходов. Метод радиографии. Применение тестовых структур для послеоперационного контроля и диагностики изготовленных интегральных микросхем..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. 6. Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля.;
2. 5. Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия.;
3. 4. Основные положения физической теории надежности..;
4. 7. Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления.;
5. 2. Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика.;
6. 1. Основные положения физической теории надежности. Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний";
7. 3. Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы.;
8. 8. Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество..

### **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 "Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний"
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 "Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика"
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



"Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы"

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 "Основные положения физической теории надежности"
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 "Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия"
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 "Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля"
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 "Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления"
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 "Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные положения физической теории надежности"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний"

2. Консультации проводятся по разделу "Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика"
3. Консультации проводятся по разделу "Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы"
4. Консультации проводятся по разделу "Основные положения физической теории надежности"
5. Консультации проводятся по разделу "Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия"
6. Консультации проводятся по разделу "Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля"
7. Консультации проводятся по разделу "Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления"
8. Консультации проводятся по разделу "Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные положения физической теории надежности"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 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		
<b>Знать:</b>											
основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	ИД-1ПК-1	+	+								Контрольная работа/Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика  Контрольная работа/Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний"
основные тенденции развития современной микроэлектроники и полупроводниковой технологии, физические и математические модели работы и отказа основных классов полупроводниковых приборов	ИД-2ПК-1			+	+						Контрольная работа/Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы  Контрольная работа/Основные положения физической теории надежности
<b>Уметь:</b>											
использовать справочную литературу для анализа данных об отказах в своей деятельности	ИД-1ПК-1					+	+				Контрольная работа/Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия  Контрольная работа/Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля
проводить испытания полупроводниковых приборов, фиксировать условия наступления отказа, анализировать и систематизировать результаты испытаний	ИД-2ПК-1								+	+	Контрольная работа/Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления  Контрольная работа/Дефекты операций

										литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **5 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика (Контрольная работа)
2. Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия (Контрольная работа)
3. Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления (Контрольная работа)
4. Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля (Контрольная работа)
5. Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество (Контрольная работа)
6. Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний" (Контрольная работа)
7. Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы (Контрольная работа)
8. Основные положения физической теории надежности (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

общепринятые правила

В диплом выставляется оценка за 5 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. Основы теории надежности / А. М. Половко . – М. : Наука, 1964 . – 448 с.;
2. Вентцель, Е. С. Задачи и упражнения по теории вероятностей : Учебное пособие для втузов / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров . – 3-е изд., стереотип . – М. : Высшая школа, 2000 . – 366 с. - ISBN 5-06-003832-7 : 37.60 .;
3. Вентцель, Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения : учебное пособие для втузов / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров . – 4-е изд., стер . – М. : Высшая школа, 2007 . – 479 с. - ISBN 978-5-06-005820-8 .;
4. Острейковский В. А., Швыряев Ю. В.- "Безопасность атомных станций", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2008 - (352 с.)  
[https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=49086](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49086).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Майнд Видеоконференции;
4. GPSS World Student.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Помещения для самостоятельной работы	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 консультирования	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Надежность элементов полупроводниковой электроники

(название дисциплины)

#### 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний" (Контрольная работа)
- КМ-2 Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика (Контрольная работа)
- КМ-3 Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы (Контрольная работа)
- КМ-4 Основные положения физической теории надежности (Контрольная работа)
- КМ-5 Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия (Контрольная работа)
- КМ-6 Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля (Контрольная работа)
- КМ-7 Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления (Контрольная работа)
- КМ-8 Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

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	Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний									
1.1	Категории качества и надежности. Основные термины и определения. Виды и системы испытаний в надежности. Определительные испытания. Планы и программы испытаний		+	+						
2	Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика									

2.1	Базовые определения теории вероятностей и математическая статистика	+	+						
3	Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы								
3.1	Основные показатели надежности. Законы распределения случайной величины. Отказы			+	+				
4	Основные положения физической теории надежности								
4.1	Основные положения физической теории надежности			+	+				
5	Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия								
5.1	Влияние акустических, вибрационных и ударных воздействий. Климатические воздействия					+	+		
6	Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля								
6.1	Влияние радиационных воздействий на изделия микроэлектроники. Многоуровневая металлизация и создание контактов. Методы неразрушающего контроля					+	+		
7	Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления								
7.1	Влияние механической обработки полупроводниковых пластин, операций химической очистки и травления							+	+
8	Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество								
8.1	Дефекты операций литографии, эпитаксии, ионной							+	+



	имплантации, сборки, герметизации, металлизации и создания контактов. Статическое электричество								
	Вес КМ, %:	15	10	15	10	15	10	15	10