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 наноэлектроника

Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА ДИЭЛЕКТРИКОВ

Блок:	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы:	**Часть, формируемая участниками образовательных отношений**
№ дисциплины по учебному плану:	**Б1.Ч.01.06**
Трудоемкость в зачетных единицах:	**5 семестр - 3;**
Часов (всего) по учебному плану:	**108 часов**
Лекции	**5 семестр - 32 часа;**
Практические занятия	**5 семестр - 16 часов;**
Лабораторные работы	**5 семестр - 16 часов;**
Консультации	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
Самостоятельная работа	**5 семестр - 43,7 часа;**
в том числе на КП/КР	**не предусмотрено учебным планом**
Иная контактная работа	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
включая: **Контрольная работа**	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	**5 семестр - 0,3 часа;**

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Мирошниченко А.Ю. Идентификатор: R0a1ba695-MiroshnichenAY-fd29cac	А.Ю. Мирошниченко
(должность)	(подпись)	(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Холодный Д.С. Идентификатор: R0bac9dac-KholodnyDS-6393810d	Д.С. Холодный
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)
Заведующий выпускающей кафедры	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Славинский А.З. Идентификатор: R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214	А.З. Славинский
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Цель освоения дисциплины - изучение физики диэлектриков и основных явлений в диэлектриках для последующего использования полученных знаний в практической деятельности. Формирование системы знаний о физических процессах, происходящих в диэлектрических материалах различных агрегатных состояний, изучение эффектов, лежащих в основе создания электронных, оптических, электротехнических и других систем.

Задачи дисциплины

- изучение студентами основных явлений и процессов, происходящих в диэлектриках;
- приобретение студентами знаний об основных классах диэлектриков;
- освоение студентами методов измерения основных характеристик диэлектрических материалов;
- приобретение студентом навыков применения знаний, полученных в курсе, с целью исследования диэлектриков.

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-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	ИД-1$_{ПК-3}$ Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	знать: - основные принципы использования физических и математических моделей явлений и процессов, протекающих в материалах электронной техники, микро- и наноэлектроники. уметь: - использовать физические законы и математические модели для описания процессов, происходящих в различных материалах;.
ПК-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	ИД-2$_{ПК-3}$ Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	знать: - различные методы контроля параметров диэлектрических материалов, используемых в электронной технике, микро- и наноэлектронике;. уметь: - прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий тепловых, электрических, магнитных полей, радиационных воздействий и др.;.

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 3 зачетных единицы, 108 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	Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках	26.7	5	8	4	4	-	-	-	-	-	10.7	-	***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках" ***Подготовка к лабораторной работе:*** 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 "Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках" материалу. ***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках и подготовка к контрольной работе ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение
1.1	Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках	26.7		8	4	4	-	-	-	-	-	10.7	-	

														дополнительного материала по разделу "Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках" ***Изучение материалов литературных источников:*** [2], 12-16
2	Механизмы поляризации в диэлектриках	27		8	4	4	-	-	-	-	-	11	-	***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Механизмы поляризации в диэлектриках" ***Подготовка к лабораторной работе:*** 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 "Механизмы поляризации в диэлектриках" материалу. ***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Механизмы поляризации в диэлектриках и подготовка к контрольной работе ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Механизмы поляризации в диэлектриках" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Механизмы поляризации в диэлектриках"
2.1	Механизмы поляризации в диэлектриках	27		8	4	4	-	-	-	-	-	11	-	
3	Теория электропроводности в диэлектриках	28		9	4	4	-	-	-	-	-	11	-	***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Теория электропроводности в диэлектриках" ***Подготовка к лабораторной работе:*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и
3.1	Теория электропроводности в диэлектриках	28		9	4	4	-	-	-	-	-	11	-	

														задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Теория электропроводности в диэлектриках" материалу. ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Изучение материалов по разделу Теория электропроводности в диэлектриках и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>*** Изучение материала по разделу "Теория электропроводности в диэлектриках" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "Теория электропроводности в диэлектриках" ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [1], 45-60
4	Теория диэлектрических потерь	26		7	4	4	-	-	-	-	-	11	-	***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "Теория диэлектрических потерь" ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** 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 "Теория диэлектрических потерь" материалу. ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы
4.1	Теория диэлектрических потерь	26		7	4	4	-	-	-	-	-	11	-	

														Подготовка к контрольной работе: Изучение материалов по разделу Теория диэлектрических потерь и подготовка к контрольной работе ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Теория диэлектрических потерь" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Теория диэлектрических потерь" ***Изучение материалов литературных источников:*** [3], 167-181
	Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	**108.0**		**32**	**16**	**16**	**-**	**-**	**-**	**-**	**0.3**	**43.7**	**-**	
	Итого за семестр	**108.0**		**32**	**16**	**16**	**-**		**-**		**0.3**	**43.7**		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – 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. Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках

1.1. Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках

Классификация, области применения диэлектрических материалов. Явления, процессы, эффекты наблюдаемые при воздействии электрических, тепловых, магнитных полей на диэлектрик. Оптические эффекты в диэлектриках. Фазовые переходы в диэлектриках. Фазовые переходы первого и второго рода. Классификация фазовых переходов по Эренфесту. Термодинамическая теория Ландау. Переходы типа смещения и порядок-беспорядок. Фазовые переходы в жидких диэлектриках..

2. Механизмы поляризации в диэлектриках

2.1. Механизмы поляризации в диэлектриках

Основные определения. Поляризуемость. Диэлектрическая проницаемость. Быстрые виды поляризации. Замедленные виды поляризации. Эквивалентная схема замещения диэлектрика. Классификация диэлектриков по механизмам поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, давления, влажности, напряжения. Диэлектрическая проницаемость смесей. Основные виды поляризации в газообразных, жидких и твердых диэлектриках. Связь макро- и микроскопических свойств диэлектриков. Приближение Лорентца для внутреннего поля. Обзор теорий Кирквуда, Онзагера, Дебая. Особенности поляризации нецентросимметричных кристаллов. Классификация механизмов поляризации, возникающей в отсутствии внешнего электрического поля. Сегнетоэлектричество. Прямой и обратный пьезоэффекты. Пироэлектрическая поляризация. Электреты..

3. Теория электропроводности в диэлектриках

3.1. Теория электропроводности в диэлектриках

Общие представления об электропроводности диэлектриков. Зависимость тока от времени приложения постоянного напряжения. Токи абсорбции. Поверхностное сопротивление твердых диэлектриков. Вывод формул удельной электропроводности, подвижности носителей тока в ионных кристаллах. Температурные и частотные зависимости удельной электропроводности диэлектриков. Электропроводность газообразных диэлектриков. Закон Пашена. Развитие электрического разряда в газах Электропроводность жидких диэлектриков. Зависимость удельной электропроводности от напряженности электрического поля..

4. Теория диэлектрических потерь

4.1. Теория диэлектрических потерь

Основные определения. Расчет полных и удельных диэлектрических потерь на переменном напряжении. Виды диэлектрических потерь. Диэлектрические потери в композиционных диэлектриках. Потери в неоднородных средах. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от температуры. частоты электрического поля и влажности. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Теория диэлектрических потерь, различные подходы к описанию преобразования энергии электромагнитного поля в тепловую в диэлектриках.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет напряженности электрического поля для различных конфигураций электродов:
аксиальная симметрия, сферическая симметрия, слоистые структуры (4 часа).;
2. Общие физические явления в диэлектриках; Диэлектрическая проницаемость. Быстрые виды поляризации. Замедленные виды поляризации, построение диаграмм Коула-Коула, Диэлектрическая проницаемость композиционных диэлектриков (4часа)..

3.4. Темы лабораторных работ

1. Лабораторная работа №1 «Определение области дисперсии относительной диэлектрической проницаемости и времен релаксации для полярных диэлектриков» (4 часа).;
2. Лабораторная работа №2 «Исследование проводимости композиционных материалов» (4 часа).;
3. Лабораторная работа №3 «Исследование температурной зависимости удельной электропроводности ионных кристаллов» (4 часа).;
4. Лабораторная работа №4 «Температурные зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков на переменном токе» (4 часа)..

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Механизмы поляризации в диэлектриках"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теория электропроводности в диэлектриках"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теория диэлектрических потерь"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Механизмы поляризации в диэлектриках"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теория электропроводности в диэлектриках"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теория диэлектрических потерь"

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	
Знать:						
основные принципы использования физических и математических моделей явлений и процессов, протекающих в материалах электронной техники, микро- и наноэлектроники	ИД-1$_{ПК-3}$	+				Контрольная работа/Физические явления в диэлектриках
различные методы контроля параметров диэлектрических материалов, используемых в электронной технике, микро- и наноэлектронике;	ИД-2$_{ПК-3}$		+			Контрольная работа/Механизмы поляризации в диэлектриках
Уметь:						
использовать физические законы и математические модели для описания процессов, происходящих в различных материалах;	ИД-1$_{ПК-3}$			+		Контрольная работа/Теория электропроводности в диэлектриках
прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий тепловых, электрических, магнитных полей, радиационных воздействий и др.;	ИД-2$_{ПК-3}$				+	Контрольная работа/Теория диэлектрических потерь

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. Механизмы поляризации в диэлектриках (Контрольная работа)
2. Теория диэлектрических потерь (Контрольная работа)
3. Теория электропроводности в диэлектриках (Контрольная работа)
4. Физические явления в диэлектриках (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №5)

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Серебряков, А. С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы : учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / А. С. Серебряков . – М. : Маршрут, 2005 . – 280 с. - ISBN 5-89035-210-5 .;
2. Кустов, Е. Ф. Основы физики твердого тела : Учебное пособие по курсам "Физика твердого тела", "Физика полупроводников и диэлектриков" по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Е. Ф. Кустов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 110 с. - ISBN 5-7046-0866-6 .;
3. Холодный, С. Д. Методы испытаний и диагностики в электроизоляционной и кабельной технике : учебное пособие для вузов по специальности "Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника" направления "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / С. Д. Холодный, С. В. Серебрянников, М. А. Боев . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 232 с. - ISBN 978-5-383-00381-7 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4212.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Майнд Видеоконференции;
5. 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
3. **Научная электронная библиотека** - https://elibrary.ru/

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика диэлектриков

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Физические явления в диэлектриках (Контрольная работа)
КМ-2 Механизмы поляризации в диэлектриках (Контрольная работа)
КМ-3 Теория электропроводности в диэлектриках (Контрольная работа)
КМ-4 Теория диэлектрических потерь (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках					
1.1	Введение в физику диэлектриков. Физические явления в диэлектриках		+			
2	Механизмы поляризации в диэлектриках					
2.1	Механизмы поляризации в диэлектриках			+		
3	Теория электропроводности в диэлектриках					
3.1	Теория электропроводности в диэлектриках				+	
4	Теория диэлектрических потерь					
4.1	Теория диэлектрических потерь					+
		Вес КМ, %:	25	25	25	25