

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 01.09.2023 14:45:33

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова

«17» *сентября* 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физические основы микро- и нанoeлектроники»

Направление подготовки - 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»

Направленность (профиль) - «Изделия микросистемной техники»

Направленность (профиль) - «Роботизированные устройства и системы»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

УК/ОПК	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.ФОМНЭ. Способен владеть методами поиска, сбора и обработки, критического системного анализа и синтеза информации при построении и анализе изделий микроэлектроники	Знания: актуальных российских и зарубежных источников информации. Умения: критически анализировать и синтезировать информацию об изделиях микро- и нанoeлектроники. Опыт деятельности: по поиску, сбору и обработке, критическому системному анализу и синтезу информации при построении и анализе изделий микроэлектроники
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	ОПК-1.ФОМНЭ. Способен строить простейшие физические и математические модели схем и конструкций изделий микро- и нанoeлектроники.	Знания: основных видов физических и математических моделей изделий микро- и нанoeлектроники. Умения: строить физические и математические модели изделий микро- и нанoeлектроники. Опыт деятельности: по практическому применению физических и математических моделей изделий микро- и нанoeлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, изучается на 2 курсе в 3 семестре (очная форма обучения).

Входные требования к дисциплине:

знает основные законы физики (в разделах механики, термодинамики, электричества и магнетизма), высшей математики, правила выполнения и редактирования текстов, изображений и чертежей;

знает современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации;

умеет решать задачи обработки данных с помощью современных компьютерных средств;

использует информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
2	3	5	180	32	16	16	80	Экз. (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Лабораторные работы (часы)		
1. Основы физики полупроводников	18	8	-	40	Тестирование
					Контрольная работа №1
					Сдача заданий по практическим занятиям
2. Основы физики полупроводниковых приборов	14	8	16	40	Сдача лабораторных работ
					Контрольная работа №2

					Сдача заданий по практическим занятиям
					Рубежный контроль (тестирование)
					Сдача практико-ориентированного задания (ПОЗ)

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Этапы развития электроники. Микроэлектроника и наноэлектроника. Современные проблемы, направления развития и области применений изделий микро- и наноэлектроники.
	2	2	Силы связи. Структура тел. Кристаллы. Электрон в атоме и в твёрдом теле.
	3	2	Уравнение Шрёдингера. Применение уравнения Шрёдингера к описанию движения свободной частицы. Фотоны. Фазовая и групповая скорости.
	4	2	Основы зонной теории твёрдых тел. Энергетические уровни и зоны.
	5	2	Дисперсные соотношения и кривые. Зоны Бриллюэна. Носители заряда в полупроводниках. Эффективные массы носителей заряда.
	6	2	Электропроводность твёрдых тел. Равновесные и неравновесные носители заряда. Стационарное состояние. Рекомбинационные эффекты. Параметры и механизмы рекомбинации. Уравнение непрерывности для полупроводников.
	7	2	Взаимосвязь подвижности и коэффициента диффузии. Диффузионные длины носителей заряда. Поверхностные явления в полупроводниках, эффект поля.
	8	2	Работа выхода в металле и полупроводнике. Контакты металл-металл и металл-полупроводник. Р-п переход в равновесном и неравновесном состояниях.
	9	2	Ёмкости р-п перехода. Вольт-амперная характеристика р-п перехода. Особенности реальной ВАХ.
2	10	2	Гетеропереходы. Импульсные свойства диодов. Пробой р-п перехода. Выпрямительные диоды. Принцип выпрямления. Стабилитроны.
	11	2	Принцип работы усилительного устройства. Транзисторы.

	12	2	Биполярный транзистор (БТ).
	13	2	Полевые транзисторы: с управляющим р-п переходом (ПТУП), МДП-транзисторы.
	14	2	Проводники коммутационных цепей. Распространение электромагнитной волны в линии передачи. Размерные эффекты.
	15	2	Перспективные направления микроэлектроники. Нанoeлектроника. Наноматериалы.
	16	2	Нанотранзисторы. Перспективные элементы и приборы нанoeлектроники.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Расчёт вероятности заполнения носителями заряда энергетических уровней в полупроводниках при разных температурах.
	2	2	Расчет концентраций носителей заряда в примесных полупроводниках.
	3	2	Расчет электропроводности полупроводников.
	4	2	Расчёт величины энергетического барьера и контактной разности потенциалов в р-п переходе в равновесном и неравновесном состояниях. Контрольная работа № 1
	5	2	Расчет барьерной емкости р-п переходов.
	6	2	Расчет диффузионной емкости р-п перехода.
	7	2	Расчет параметров МДП-транзисторов.
	8	2	Расчет h-параметров биполярного транзистора. Контрольная работа № 2

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
2	1	4	Работа 1. Изучение параметров и характеристик диодов и методов

			изоляции элементов в полупроводниковых микросхемах.
	2	4	Работа 2. Изучение конструкций и характеристик биполярных транзисторов.
	3	4	Работа 3. Изучение конструкций и характеристик униполярных транзисторов.
	4	4	Работа 4. Изучение конструкций и характеристик элементов полупроводниковых микросхем.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	32	Подготовка к лекциям, сдаче заданий по практическим занятиям
	4	Подготовка к контрольной работе №1
	4	Подготовка к тестированию
2	18	Подготовка к лекциям, сдаче заданий по практическим занятиям
	3	Подготовка к Рубежному контролю (тестированию)
	3	Подготовка к контрольной работе №2
	8	Подготовка к выполнению и сдаче лабораторных работ
	8	Выполнение практико-ориентированного задания (ПОЗ)

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):
Методические указания студентам по изучению дисциплины.

Модуль 1 «Основы физики полупроводников»

- ✓ Учебно-методическое пособие для выполнения практических занятий по курсу.
- ✓ Конспекты лекций.
- ✓ Лабораторный практикум.
- ✓ Методические указания по выполнению практико-ориентированного задания.

Модуль 2 «Основы физики полупроводниковых приборов»

- ✓ Учебно-методическое пособие для выполнения практических занятий по курсу.
- ✓ Конспекты лекций.
- ✓ Лабораторный практикум.
- ✓ Методические указания по выполнению практико-ориентированного задания.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Парменов Ю.А. Физика полупроводников: Учеб. пособие / Ю.А. Парменов; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - 2-е изд., доп. и испр. - М. : МИЭТ, 2017. - 136 с.
2. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: Учеб. пособие / В.И. Старосельский; Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; [Под ред. Ю.А. Парменова]. - М. : Юрайт, 2019. - 463 с. - URL: <https://biblio-online.ru/book/fizika-poluprovodnikovyyh-priborov-mikroelektroniki-425163> (дата обращения: 01.09.2019). - ISBN 978-5-9916-0808-4, 978-5-9692-0962-6.
3. Щука А.А. Нанoeлектроника: Учеб. пособие / А.А. Щука; Под ред. А.С. Сигова. - 3-е изд. - М. : Бинoм. Лаборатория знаний, 2015. - 344 с. - (Нанотехнологии). - URL: <https://e.lanbook.com/book/84102> (дата обращения: 16.08.2020).
4. Симонов Б.М., Конструкции и технологии изготовления компонентов и узлов электронных средств: Учеб. пособие / Б.М. Симонов, О.М. Бритков, А.С. Тимошенко; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ", Институт нано- и микросистемной техники; Под ред. С.П. Тимошенко. - М. : МИЭТ, 2018. - 232 с.
5. Симонов Б.М., Изучение конструкций, параметров и характеристик полупроводниковых микросхем: Лабораторная работа №3: Методические указания к лабораторному практикуму по курсам: "Технология и конструирование интегральных микросхем", "Конструкторское проектирование и технология ИМС", "Физические основы микроэлектроники", "Физические основы элементной базы ЭВС", "Твердотельная электроника", "Микроэлектроника", "Технология микроэлектроники", "Полупроводниковые приборы" / Б.М. Симонов, А.В. Заводян, А.Н. Бойко; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М. : МИЭТ, 2010. - 48 с.
6. Микроэлектроника: Учеб. пособие для вузов: В 9-ти кн. Кн. 1 : Физические основы функционирования изделий микроэлектроники / О.В. Митрофанов, Б.М. Симонов, Л.А. Коледов; Под ред. Л.А. Коледова. - М. : Высшая школа, 1987. - 168 с.
7. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов. - М.: Лаборатория базовых знаний, 2004 – 488 с.

Периодические издания

1. Электронная техника. Серия 2 : Полупроводниковые приборы: Научно-технический сборник / Научно-производственное предприятие "Пульсар". - М. : НПП Пульсар, 1958- URL: <http://j.pulsarnpp.ru/index.php/ru/> (дата обращения: 26.08.2020).
2. Нано- и микросистемная техника: Ежемес. междисциплинарный теорет. и приклад. науч.-техн. журн. / РАН, Отделение информационных технологий и вычислительных систем. - М. : Новые технологии : Нано-микросистемная техника, 1999 -.
3. Перспективы науки / Фонд развития науки и культуры. - Тамбов : ФРНиК, 2009 - URL: <http://moofrnk.com/perspektivy-nauki/> (дата обращения: 26.08.2020).
4. Известия вузов. Электроника: Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996-.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. - URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
2. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000 - . - URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Электронно-библиотечная система Лань : сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
4. ЭБС Юрайт : biblio-online.ru: образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://www.biblio-online.ru/> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
5. ChipFind : поиск электронных компонентов : сайт. — URL: <https://www.chipfind.ru/> (дата обращения: 10.08.2020).
6. Радиокомплект: радиоэлектронные компоненты : Справочник по параметрам транзисторов : сайт. — URL: https://radio-komplekt.ru/component_ref.php?param=transistors (дата обращения: 10.08.2020).
7. Приднестровский портал радиолюбителей : поиск аналогов радиодеталей : сайт. — URL: <http://radio-hobby.org/modules/analog/> (дата обращения: 10.08.2020).
8. Чип и Дип : [электронные компоненты] : сайт. — URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/electronic-components> (дата обращения: 10.08.2020)

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение.

В учебном процессе используются традиционные формы обучения с использованием при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям, контрольным работам, тестированию и при выполнении практико-ориентированного задания материалов,

размещенных в электронной среде. На занятиях проверяются выполненные задания по практическим занятиям, лабораторным работам и дополняются полученные знания с использованием докладов, выступлений, дискуссий и обсуждений. Работа проводится по следующей схеме:

- СРС (онлайновая предаудиторная работа с использованием внешних и внутреннего ресурсов).
- аудиторная работа (лекции, практические занятия с предоставлением и обсуждением выполненных заданий, лабораторные занятия с их защитой, презентации с применением на практических примерах изученного материала, тематические дискуссии, разбор ошибок при тестировании и др.);
- обратная связь с обсуждением и подведением итогов.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы: видеоролики, тесты, учебные и учебно-методические электронные пособия (<http://orioks.miet.ru/>)

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя, бесплатные сервисы WhatsApp, Вконтакте.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются внешние электронные ресурсы:

Поисковая система электронных компонентов по онлайн-складам и прайс-листам поставщиков. Архив документации. Таблицы взаимозаменяемости компонентов.

<https://www.chipfind.ru/catalog/>

Справочник по параметрам транзисторов https://radio-komplekt.ru/component_ref.php?param=transistors

Поиск аналогов радиодеталей <http://radio-hobby.org/modules/analog/>

Поисковая система по электронным компонентам <https://www.chipdip.ru/catalog/electronic-components>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Acrobat Reader DC браузер
«Центр проектирования трёхмерных структур РТС МИЭТ» аудитория 4116	Компьютеры Intel Core i3, 4Gb ОЗУ Компьютер Intel Core i5,	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Acrobat Reader DC браузер

	8Gb ОЗУ. Микроскопы металлографические упрощенные ММУ-3. Фотокамеры для микроскопа; Осциллографы С1-65А. Стенды измерительные. Вольтметры В7-38. Плазменная панель Panasonic. Макеты конструктивных элементов ИС. Фотоальбомы.	
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Acrobat Reader DC браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции **ОПК-1.ФОМНЭ** «Способен строить простейшие физические и математические модели схем и конструкций изделий микро- и наноэлектроники»
2. ФОС по подкомпетенции **УК-1.ФОМНЭ** «Способен владеть методами поиска, сбора и обработки, критического системного анализа и синтеза информации при построении и анализе изделий микроэлектроники».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

«Физические основы микро- и наноэлектроники» - одна из базовых дисциплин, изучение которой позволяет создать основу общеинженерной подготовки выпускников.

Целью дисциплины является получение системного представления о физических свойствах используемых для создания изделий микро- и наноэлектроники материалов, физических явлениях и процессах, происходящих в приборах, структурных особенностях изделий, их параметрах и характеристиках, характерных областях применения.

Для достижения этой цели студенты в процессе обучения выполняют лабораторные работы, задания (задачи) на практических занятиях, тестовые задания, контрольные работы, практико-ориентированное задание.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента (СРС) при подготовке к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, выполнении практико-ориентированного задания (ПОЗ).

Публичное представление результатов выполнения ПОЗ СРС осуществляется с использованием Интернет-ресурсов, ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru/>).

По завершению изучения дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация в виде экзамена, при этом оценка учебной деятельности студента основана на накопительно-балльной системе.

Организация изучения дисциплины студентами включает:

- посещение аудиторных занятий и консультаций преподавателя;
- изучение материала лекций,
- выполнение заданий по практическим занятиям;
- выполнение практико-ориентированного задания (ПОЗ) в рамках СРС,
- выполнение индивидуальной самостоятельной работы (СРС);
- подготовку к тестовым заданиям, контрольным работам;
- подготовку к выполнению и защите лабораторных работ;
- подготовку к тестированию, Рубежному контролю;
- подготовка к экзамену.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 49 баллов), активность/посещаемость в семестре (в сумме 15 баллов) и сдача экзамена (36 баллов).


Перечень контрольных мероприятий и методика их балльной оценки изложена в Методических указаниях студентам (МУС)..

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен студенту в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент института НМСТ, к.т.н.  /Б.М. Симонов/

Рабочая программа дисциплины «Физические основы микро- и наноэлектроники» по направлению 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», направленности (профилю) «Изделия микросистемной техники» и направленности (профилю) «Роботизированные устройства и системы» разработана в Институте НМСТ и утверждена на заседании УС Института НМСТ 22 октября 2020 года, протокол № 3 .

Директор Института НМСТ, д.т.н., профессор _____  /С.П. Тимошенко

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК _____  /И.М. Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____  /Т.П. Филишова/