


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»

Утверждаю:
Декан
физико-математического
факультета
 Н.Б. Федорова
«31» августа 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Уровень основной профессиональной образовательной программы: бакалавриат

Направление подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Направленность (профиль) подготовки: Технология и Физика

Форма обучения: очная

Сроки освоения ОПОП: нормативный (5 лет)

Факультет: физико-математический

Кафедра: общей и теоретической физики и МПФ

Рязань, 2020 г

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Микро- и наноэлектроника» является формирование у студентов представлений о современных тенденциях развития микроэлектроники, о физико-химических принципах современных технологий производства микро- и наноэлектронных приборов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВУЗА

2.1. Учебная дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 «Микро- и наноэлектроника» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- *Общая физика*
- *Электротехника*
- *Физические измерения*

2.3. Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- *Выпускная квалификационная работа*

2.4. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Изучение данной дисциплины направлено на формирование у обучающихся универсальных профессиональных (ПК) компетенций:

№ п/п	Код и содержание компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
			Знать	Уметь	Владеть (навыками)
1	2	3	4	5	6
1.	ПК-9. Способен применять предметные знания при реализации образовательного процесса и решения исследовательских задач в предметной области и области образования	ПК-9.1. Применяет теоретические и практические знания для решения исследовательских задач в предметной области и области образования	основные методы исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники	корректно обосновать выбор методов для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.	навыками применения современной методологии исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники;
		ПК-9.3. Устанавливает содержательные, методологические и мировоззренческие связи предметной области со смежными научными областями.	основные принципы построения аналитического и технологического оборудования для обеспечения различных операций изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники; основные понятия, закономерности функционирования аналитического и технологического оборудования микро- и нанoeлектроники.	корректно обосновать выбор аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники; использовать современные аналитические и технологические методы для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.	навыками использования аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		№ А	
		часов	
1	2	3	
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	24	24	
В том числе:			
Лекции (Л)			
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)	24	24	
Лабораторные работы (ЛР)	48	48	
2. Самостоятельная работа студента (всего)	24	24	
3. Курсовая работа	КП		
	КР	-	
Вид промежуточной аттестации	зачет (З),	3	3
	экзамен (Э)		
ИТОГО: Общая трудоемкость	часов	72	72
	зач. ед.	2	2

Дисциплина реализуется частично с применением дистанционных образовательных технологий ЭИОС университета (Moodle), Zoom, MS Teams и других.

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Содержание разделов учебной дисциплины

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Содержание раздела в дидактических единицах
1	2	3	4
А	1	Формирование диэлектрических и проводящих пленок	Назначение диэлектрических пленок в микро- и нанoeлектронике. Требования, предъявляемые к диэлектрическим пленкам. Термическое окисление кремния. Пиролитическое осаждение оксидных кремниевых пленок. Анодное окисление кремния. Осаждение термическим испарением. Реактивное катодное распыление оксида кремния. Пленки нитрида кремния. Дефекты и методы контроля. Назначение проводящих пленок в микроэлектронике. Технологии формирования проводящих пленок. Дефекты и методы контроля.
	2	Технологии травления поверхности в микро- и нанoeлектронике.	Роль операций травления. Химическое травление. Ионно-плазменное травление. Реактивное ионно-плазменное травление.
	3	Методы легирования	Способы локального легирования и их назначение. Термическая диффузия. Оборудование для диффузии. Распределение примеси при диффузии. Методы расчетов структур. Методы расчетов режимов диффузии. Диффузионные процессы при изготовлении ИМС. Ионная имплантация. Физические принципы. Оборудование. Методы расчета режимов и распределения примеси при ионной имплантации. Дефекты. Отжиг дефектов и диффузия. Применение термической диффузии и ионной имплантации в технологии ИМС.

2.2. Перечень лабораторных работ (при наличии), примерная тематика курсовых работ (при наличии)

Перечень лабораторных работ

1. Моделирование процесса термического окисления кремния.
2. Изучение процессов химического травления кремния.
3. Моделирование профиля распределения примеси при диффузии.
4. Моделирование двухстадийного процесса диффузии.
5. Расчет глубины залегания p-n- перехода при диффузии.
6. Расчет режимов диффузии (обратная задача диффузии).
7. Моделирование распределения примеси при ионной имплантации.
8. Моделирование режимов ионной имплантации.

Курсовые работы не предусмотрены.

3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

Самостоятельная работа осуществляется в объеме 48 часов.

Виды СРС

Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы, работа со справочными материалами (словарями, энциклопедиями)

Подготовка к выполнению лабораторной работы

Подготовка к защите лабораторной работы

Подготовка к зачету

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

См. Фонд оценочных средств

4.1. Рейтинговая система оценки знаний обучающихся по дисциплине

Рейтинговая система не используется.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература

№ п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год
1	2
1.	Барыбин, А.А. Физико-технологические основы макро-, микро, и наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Барыбин, В.И. Томилин, В.И. Шаповалов ; под общ. ред. А.А. Барыбина. - Москва : Физматлит, 2011. - 783 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457643 (дата обращения 13.08.2020).
2.	Брусенцов, Ю.А. Материалы твердотельной микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Брусенцов, А.М. Минаев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 80 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437072 (дата обращения 13.08.2020).

3.	Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схемы [Электронный ресурс]: учебник для бакалавриата и магистратуры / под ред. Ю. В. Гуляева. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – Режим доступа: https://www.biblio-online.ru/book/A0C6EAC5-4E68-4179-9E9F-22718110C907 (дата обращения 13.08.2020)
----	---

5.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год
1	2
1.	Барыбин, А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Барыбин. - Москва : Физматлит, 2008. - 424 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75443 (дата обращения 13.08.2020)
2.	Драгунов, В.П. Микро- и нанoeлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.П. Драгунов, Д.И. Остертак. - Новосибирск : НГТУ, 2012. - 38 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228941 (дата обращения 13.08.2020)
3.	Легостаев, Н.С. Микроэлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.С. Легостаев, К.В. Четвергов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Эль Контент, 2013. - 172 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480611 (дата обращения 13.08.2020)
4.	Марков, В.Ф. Материалы современной электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Ф. Марков, Х.Н. Мухамедзянов, Л.Н. Маскаева ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 272 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275825 (дата обращения 13.08.2020)

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. ВООК.ru [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://www.book.ru> (дата обращения: 20.08.2020).
2. Moodle [Электронный ресурс] : среда дистанционного обучения / Ряз. гос. ун-т. – Рязань, [Б.г.]. – Доступ, после регистрации из сети РГУ имени С.А. Есенина, из любой точки, имеющей доступ к Интернету. – Режим доступа: <http://e-learn2.rsu.edu.ru/moodle2> (дата обращения: 20.08.2020).
3. Znanium.com [Электронный ресурс] : [база данных]. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://znanium.com> (дата обращения: 20.08.2020).

4. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://e-lanbook.com> (дата обращения: 20.08.2020).
5. Труды преподавателей [Электронный ресурс] : коллекция // Электронная библиотека Научной библиотеки РГУ имени С.А. Есенина. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://dspace.rsu.edu.ru/xmlui/handle/123456789/3> (дата обращения: 20.08.2020).
6. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru> (дата обращения: 20.08.2020).
7. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 20.08.2020).

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. ЗАО НТ-МДТ – описание методик применения сканирующей зондовой микроскопии – Режим доступа: <http://www.ntmdt.ru/spm-principles> (дата обращения: 13.08.2020).
2. Сборник книг по нанотехнологии и наноразмерным материалам – Режим доступа: http://www.nanometer.ru/library_list.html (дата обращения: 13.08.2020).
3. Сборник книг по физике полупроводников – Режим доступа: <http://knigi.tr200.ru/v.php?id=220319> (дата обращения: 13.08.2020).
4. Электронные версии журналов «Физика и техника полупроводников», «Физика твердого тела», «Журнал технической физики» – Режим доступа: <http://www.ioffe.ru/index.php?row=12&subrow=0> (дата обращения: 13.08.2020)

5.5. Периодические издания

1. Известия вузов. Физика [Текст] : ежемесячный научный журнал / учредители : Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». – 1958, январь - . – Томск, 2016 - . – Ежемес. – ISSN 0021-3411.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий:

- специализированные лекционные аудитории, оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения и экраном.

6.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся:

- видеопроектор, ноутбук, переносной экран

6.3. Требования к специализированному оборудованию

Специализированные установки согласно спискам оборудования, предусмотренного для каждой лабораторной работы.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лабораторная работа	Для выполнения лабораторных работ используются персональные компьютеры. Программное обеспечение SMathStudio (бесплатное ПО для математического моделирования). Методические указания по выполнению лабораторных работ находятся в лаборатории на рабочих местах
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

8. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

1. Операционная система Windows Pro (договор №65/2020 от 02.10.2020);
2. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор № 14-ЗК-2020 от 06.07.2020 г.);
3. Офисное приложение LibreOffice (свободно распространяемое ПО);
4. Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО);
5. Браузер изображений FastStoneImageViewer (свободно распространяемое ПО);
6. PDF ридер FoxitReader (свободно распространяемое ПО);
7. PDF принтер doPdf (свободно распространяемое ПО);
8. Медиа проигрыватель VLC media player (свободно распространяемое ПО);
9. Запись дисков ImageBurn (свободно распространяемое ПО);
10. DJVU браузер DjVu Browser Plug-in (свободно распространяемое ПО);


При реализации дисциплины с применением (частичным применением) дистанционных образовательных технологий используются:

- вебинарная платформа Zoom (договор б/н от 10.10.2020г.);
- набор веб-сервисов MS office365 (бесплатное ПО для учебных заведений <https://www.microsoft.com/ru-ru/education/products/office>);
- система электронного обучения Moodle (свободно распространяемое ПО)

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

«Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина»

Утверждаю:
Декан
физико-математического
факультета
 Н.Б. Федорова
«31» августа 2020 г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Микро- и наноэлектроника

Направление подготовки
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Направленность (профиль)
Технология и Физика

Квалификация
бакалавр

Форма обучения
очная

Рязань 2020

1. Цель освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Микро- и наноэлектроника» является формирование у студентов представлений о современных тенденциях развития микроэлектроники, о физико-химических принципах современных технологий производства микро- и наноэлектронных приборов

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1.

Дисциплина изучается на 5 курсе (А семестр).

3. Трудоемкость дисциплины:

2 зачетные единицы, 72 академических часа.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы и индикаторами достижения компетенций

ПК-9.1

Знать: основные методы исследования и изготовления приборных структур микро- и наноэлектроники

Уметь: корректно обосновать выбор методов для исследования и изготовления приборных структур микро- и наноэлектроники.

Владеть: навыками применения современной методологии исследования и изготовления приборных структур микро- и наноэлектроники;

ПК-9.3

Знать: основные принципы построения аналитического и технологического оборудования для обеспечения различных операций изготовления приборных структур микро- и наноэлектроники; основные понятия, закономерности функционирования аналитического и технологического оборудования микро- и наноэлектроники.

Уметь: корректно обосновать выбор аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления приборных структур микро- и наноэлектроники; использовать современные аналитические и технологические методы для исследования и изготовления приборных структур микро- и наноэлектроники.

Владеть: навыками использования аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления приборных структур микро- и наноэлектроники

5. Форма промежуточной аттестации и семестр (ы) прохождения

Зачет (А семестр).

Дисциплина реализуется частично с применением дистанционных образовательных технологий.