


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
«30» августа 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Уровень основной образовательной программы: **бакалавриат**

Направление подготовки: **16.03.01 Техническая физика**

Профиль: **Физическая электроника**

Форма обучения: **очная**

Сроки освоения ОПОП: **4 года (нормативный)**

Факультет: **физико-математический**

Кафедра: **общей и теоретической физики и МПФ**

Рязань, 2018

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Целью освоения учебной дисциплины **Микро- и наноэлектроника** является формирование у бакалавров представлений о современных тенденциях развития микроэлектроники, о физико-химических принципах современных технологий производства микро- и наноэлектронных приборов, а также компетенций, предусмотренных образовательным стандартом, и готовности обучаемого к выполнению различных видов профессиональной деятельности.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП ВУЗА

2.1. Учебная дисциплина **Микро- и наноэлектроника** относится к Блоку 1, циклу **Б.1.В.ДВ.9 Дисциплины по выбору** (вариативная часть).

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

Физика;
Химия;
Измерительная техника;
Электроника и схемотехника.

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

Физика наноразмерных структур;
Физика структур пониженной размерности;
Современные промышленные технологии;
Специальные вопросы нанотехнологий;
Практикум по микро- и наноэлектронике;
Государственный экзамен.

2.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных (ОК) (общепрофессиональных- ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			Знать	Уметь	Владеть
1	2	3	4	5	6
1.	ОПК-8	способность самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	Основные понятия, закономерности функционирования аналитического и технологического оборудования 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.
2.	ПК-1	готовность к участию в исследованиях инновационных принципов создания физико-технических объектов;	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.
3.	ПК-14	способность разрабатывать функциональные и структурные схемы элементов и узлов экспериментальных и промышленных установок, проекты изделий с учетом технологических,	Основные принципы построения аналитического и технологического оборудования для обеспечения различных операций изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.	Корректно обосновать выбор аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.	Навыками применения аналитического и технологического оборудования для обеспечения различных операций изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.

		экономических и эстетических параметров			
--	--	---	--	--	--

2.5 Карта компетенций дисциплины.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ ДИСЦИПЛИНЫ					
НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ Микро- и наноэлектроника					
Цель дисциплины		Целью освоения учебной дисциплины Микро- и наноэлектроника является формирование у бакалавров представлений о современных тенденциях развития микроэлектроники, о физико-химических принципах современных технологий производства микро- и наноэлектронных приборов, а также компетенций, предусмотренных образовательным стандартом, и готовности обучаемого к выполнению различных видов профессиональной деятельности.			
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общепрофессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОПК-8	способность самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	Знать: основные понятия, закономерности функционирования аналитического и технологического оборудования микро- и наноэлектроники. Уметь: использовать современные аналитические и технологические методы для исследования и изготовления приборных структур микро- и наноэлектроники. Владеть: навыками использования	Путем проведения лекционных занятий, лабораторных работ, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельной работы.	Защита лабораторных работ, зачет.	Пороговый: Знает основные закономерности функционирования аналитического и технологического оборудования микро- и наноэлектроники. Способен анализировать особенности применения различных аналитических и технологических методов. Повышенный: Владеет навыками

		аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.			использования аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.
--	--	---	--	--	---

Профессиональные компетенции:

КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПК-1	готовность к участию в исследованиях инновационных принципов создания физико-технических объектов	<p>Знать: основные методы исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.</p> <p>Уметь: корректно обосновать выбор методов для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.</p> <p>Владеть: навыками применения современной методологии исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.</p>	Путем проведения лекционных занятий, лабораторных работ, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельной работы.	Защита лабораторных работ, зачет.	<p>Пороговый: Знает основные методы исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники. Способен анализировать область применимости аналитических и технологических методов.</p> <p>Повышенный: Владеет навыками применения современной методологии исследования и изготовления</p>

					приборных структур микро- и нанoeлектроники.
ПК-14	<p>способность разрабатывать функциональные и структурные схемы элементов и узлов экспериментальных и промышленных установок, проекты изделий с учетом технологических, экономических и эстетических параметров</p>	<p>Знать: основные принципы построения аналитического и технологического оборудования для обеспечения различных операций изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.</p> <p>Уметь: корректно обосновать выбор аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.</p> <p>Владеть: навыками применения аналитического и технологического оборудования для обеспечения различных операций изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.</p>	<p>Путем проведения лекционных занятий, лабораторных работ, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельной работы.</p>	<p>Защита лабораторных работ, зачет.</p>	<p>Пороговый: Знает основные закономерности построения аналитического и технологического оборудования для обеспечения различных операций изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники. Способен анализировать области применения аналитического и технологического оборудования.</p> <p>Повышенный: Владеет навыками применения аналитического и технологического оборудования для обеспечения различных операций изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.</p>

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		№ 5	
		часов	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	54	54	
В том числе:			
Лекции (Л)	18	18	
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36	
Самостоятельная работа студента (всего)	54	54	
В том числе			
<i>СРС в семестре:</i>			
Курсовая работа	КП	нет	нет
	КР	нет	нет
<i>Другие виды СРС:</i>			
Изучение литературы	14	14	
Подготовка тематических обзоров	14	14	
Подготовка к зачету	4	4	
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	22	22	
<i>СРС в период сессии</i>			
Вид промежуточной аттестации	зачет (З),		
	экзамен (Э)		
ИТОГО: Общая трудоемкость	часов	108	108
	зач. ед.	3	3

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

2.1. Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Содержание раздела в дидактических единицах
1	2	3	4
5	1	Введение	Основные задачи микроэлектроники. Особенности технологии микроэлектроники. Современные тенденции развития. Структуры нанoeлектроники. Требования к полупроводниковым материалам. Технологический маршрут.
	2	Изготовление и обработка полупроводниковых пластин	Абразивные материалы. Резка полупроводниковых слитков. Шлифовка и полировка пластин. Контроль качества обработки. Цели технокимических процессов подготовки подложек. Виды загрязнений поверхности подложек. Отмывка подложек. Химическая обработка. Парогазовая обработка. Ионно-плазменная и плазмохимическая обработка.
	3	Эпитаксия	Основные методы эпитаксии. Газофазная эпитаксия кремния. Особенности химических реакций и технологические режимы. Оборудование газофазной эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Особенности технологии эпитаксии соединений АЗВ5. Дефекты и методы контроля.
	4	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.
	5	Технологии травления поверхности в микро- и нанoeлектронике.	Роль операций травления. Химическое травление. Ионно-плазменное травление. Реактивное ионно-плазменное травление.
	6	Литография	Назначение литографии. Классификация методов литографии. Фотолитография. Фоторезисты. Фотошаблоны. Процесс фотолитографии Рентгенолитография. Электронная литография. Нанолитография. Дефекты и методы контроля.
	7	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.
8	Сборка полупроводниковых приборов и интегральных схем	Скрайбирование пластин. Особенности процессов сборки. Типы корпусов. Монтаж кристалла в корпус. Испытания полупроводниковых приборов и ИМС.

2.2. Разделы учебной дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы контроля

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестрам)
			Л	ЛР	ПЗ/С	СРС	всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	1	Введение	2			4	6	Тематический обзор (1 неделя)
	2	Изготовление и обработка полупроводниковых пластин	2			4	6	Тематический обзор (2 неделя)
	3	Эпитаксия	2			4	6	Тематический обзор (3 неделя)
	4	Формирование диэлектрических и проводящих пленок	2	4		8	14	Тематический обзор Защита лабораторных работ (4,5 неделя)
	5	Технологии травления поверхности в микро- и нанoeлектронике.	2	4		8	14	Тематический обзор Защита лабораторных работ (6-8 неделя)
	6	Литография	2			4	6	Тематический обзор (9-12 неделя)
	7	Методы легирования	4	28		14	46	Защита лабораторных работ (13-15 неделя)
	8	Сборка полупроводниковых приборов и интегральных схем	2			4	6	Тематический обзор (16-18 неделя)
		Разделы дисциплины 1 - 8				4	4	зачет
		ИТОГО за 5 семестр		18	36		54	108
	ИТОГО		18	36		54	108	

2.3. Лабораторный практикум

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование лабораторных работ	Всего часов	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	
5	1	Введение			
	2	Изготовление и обработка полупроводниковых пластин			
	3	Эпитаксия			
	4	Формирование диэлектрических и проводящих пленок	1. Моделирование процесса термического окисления кремния.	4	
	5	Технологии травления поверхности в микро- и нанoeлектронике.	2. Изучение процессов химического травления кремния.	4	
	6	Литография			
	7	Методы легирования	3. Моделирование профиля распределения примеси при диффузии. 4. Моделирование двухстадийного процесса диффузии. 5. Расчет глубины залегания р-п-перехода при диффузии. 6. Расчет режимов диффузии (обратная задача диффузии). 7. Моделирование распределения примеси при ионной имплантации. 8. Моделирование режимов ионной имплантации. 9. Моделирование профиля распределения примеси в биполярном транзисторе, изготовленном термической диффузией.	4 4 4 4 4 4 4	
	8	Сборка полупроводниковых приборов и интегральных схем			
		ИТОГО в 5 семестре			36

2.4. Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом

3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

3.1. Виды СРС

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды СРС	Всего часов
1	2	3	4	5
5	1.	Введение	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы 2. Написание тематического обзора.	2 2
	2.	Изготовление и обработка полупроводниковых пластин	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы 2. Написание тематического обзора.	2 2
	3.	Эпитаксия	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы 2. Написание тематического обзора.	2 2
	4	Формирование диэлектрических и проводящих пленок	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы 2. Написание тематического обзора. 3. Подготовка к выполнению лабораторной работы №1. 4. Подготовка к защите лабораторной работы №1.	2 2 2 2
	5	Технологии травления поверхности в микро- и нанозлектронике.	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы 2. Написание тематического обзора. 3. Подготовка к выполнению лабораторной работы №2. 4. Подготовка к защите лабораторной работы №2.	2 2 2 2
	6	Литография	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы 2. Написание тематического обзора.	2 2
	7	Методы легирования	1. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №3. 2. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №4. 3. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №5. 4. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №6. 5. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №7. 6. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №8.	2 2 2 2 2 2

			7. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №9.	2
8		Сборка полупроводниковых приборов и интегральных схем	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы	2
			2. Написание тематического обзора.	2
		Зачет	Изучение конспектов лекций по разделам 1–8.	4
ИТОГО в 5 семестре				54
ИТОГО				54

3.2. График работы студента

Семестр № 5

Форма оценочного средства*	Условное обозначение	Номер недели																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Написание тематического обзора	ТО	+	+	+	+				+	+							+		
Выполнение и защита лабораторных работ	Лр				+	+	+	+						+	+	+			

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) (см. *Фонд оценочных средств*)

4.1. Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

4.2. Рейтинговая система оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине (модулю)

Рейтинговая система не используется.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Основная литература

№ п/п	Автор (ы) Наименование Год и место издания	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6
1.	Барыбин, А.А. Физико-технологические основы макро-, микро, и наноэлектроники : учебное пособие / А.А. Барыбин, В.И. Томилин, В.И. Шаповалов ; под общ. ред. А.А. Барыбина. - Москва : Физматлит, 2011. - 783 с. : ил., схем., табл. - ISBN 978-5-9221-1321-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457643 (13.11.2018).	1-8	5	ЭБС	
2.	Брусенцов, Ю.А. Материалы твердотельной микро- и наноэлектроники : 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. : табл., граф., схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8265-1087-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437072 (13.11.2018).	3-7	5	ЭБС	
3.	Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схемы : учебник для бакалавриата и магистратуры под ред. Ю. В. Гуляева. М. : Издательство Юрайт, 2016. https://www.biblio-online.ru/book/A0C6EAC5-4E68-4179-9E9F-22718110C907	1-8	5	ЭБС	

5.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор (ы) Наименование Год и место издания	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6
1.	Драгунов, В.П. Микро- и нанoeлектроника : учебное пособие / В.П. Драгунов, Д.И. Остертак. - Новосибирск : НГТУ, 2012. - 38 с. - ISBN 978-5-7782-2095-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228941 (13.11.2018).	1-8	5	ЭБС	
2.	Барыбин, А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы : учебное пособие / А.А. Барыбин. - Москва : Физматлит, 2008. - 424 с. : ил. - ISBN 978-5-9221-0679-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75443 (13.11.2018).	1-8	5	ЭБС	
3.	Марков, В.Ф. Материалы современной электроники : 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. : схем., ил. - ISBN 978-5-7996-1186-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275825 (13.11.2018).	1-8	5	ЭБС	
4.	Легостаев, Н.С. Микроэлектроника : 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. : ил. - Библиогр.: с.158. - ISBN 978-5-4332-0073-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480611 (13.11.2018).	1-8	5	ЭБС	
5.	Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Ионно-плазменные технологии : учебник для бакалавриата и магистратуры под ред. А. С. Сигова. М. : Издательство Юрайт, 2016. https://www.biblio-online.ru/book/F97E4961-E46D-4BFC-99E4-AEDF9DD22E67 (13.11.2018).	2,4,5	5	ЭБС	

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

1. Университетская библиотека ONUNE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. - Доступ к полным текстам по паролю. - Режим

доступа: http://biblioclub.ni/index.php?page=main_ub_red (дата обращения: 13.11.2018).

2. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. - Доступ к полным текстам по паролю. - Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 13.11.2018).

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

<http://knigi.tr200.ru/v.php?id=220319> (дата обращения 13.11.2018)– Сборник книг по физике полупроводников.

<http://www.ioffe.ru/index.php?row=12&subrow=0> (дата обращения 13.11.2018) – электронные версии журналов «Физика и техника полупроводников», «Физика твердого тела», «Журнал технической физики».

http://www.nanometer.ru/library_list.html (дата обращения 13.11.2018) - Сборник книг по нанотехнологии и наноразмерным материалам.

http://www.nanorf.ru/science.aspx?cat_id=394 – Журнал «Российские нанотехнологии» архив публикаций.

<http://cyber-books.ru/nauka/4024-kremnij-material-nanoyelektroniki.html> (дата обращения 13.11.2018)– Кремний– материал наноэлектроники. Герасименко Н.Н., Пархоменко Ю.Н.

<http://www.ntmdt.ru/spm-principles> (дата обращения 13.11.2018)- официальный сайт ЗАО НТ-МДТ – описание методик применения сканирующей зондовой микроскопии.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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, для проведения демонстраций и опытов, полный комплект физических установок и приборов.

6.3. Требования к специализированному оборудованию: Специализированные установки согласно спискам оборудования предусмотренного для каждой лабораторной работы.

6.4. Требования к программному обеспечению учебного процесса: отсутствуют.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ *(Заполняется только для стандарта*

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю.
Практические занятия	Не предусмотрены учебным планом.
Курсовая работа	Не предусмотрена учебным планом.
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.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (*при необходимости*)

1. Применение средств мультимедиа в образовательном процессе (презентации, видео);
2. Консультирование обучающихся посредством электронной почты.

10. Требования к программному обеспечению учебного процесса.

1. Операционная система Windows Pro (договор №Tr000043844 от 22.09.15г.);
2. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2018-0142 от 30/03/2018г.);
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).

11. Иные сведения

Приложение 1

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю) для промежуточного контроля успеваемости

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции) или её части)	Наименование оценочного средства
1.	1. Введение 2. Изготовление и обработка полупроводниковых пластин 3. Эпитаксия 4. Формирование диэлектрических и проводящих пленок 5. Технологии травления поверхности в микро- и нанoeлектронике. 6. Литография 7. Методы легирования 8. Сборка полупроводниковых приборов и интегральных схем	ОПК-8 ПК-1 ПК-14	Зачет 5 семестр

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Индекс компетенции	Содержание компетенции	Элементы компетенции	Индекс элемента
ОПК-8	способность самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	знать	
		З1 основные понятия, закономерности функционирования аналитического и технологического оборудования микро- и нанoeлектроники.	ОПК8 З1
		уметь	
		У1 использовать современные аналитические и технологические методы для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.	ОПК8 У1
		владеть	
		В1 навыками использования аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.	ОПК8 В1
ПК-1	готовность к участию в исследованиях инновационных принципов создания физико-технических объектов	знать	
		З1 основные методы исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.	ПК1 З1
		Уметь	
		У1 корректно обосновать выбор методов для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.	ПК1 У1
		владеть	
		В1 навыками применения современной методологии исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.	ПК1 В1
ПК-14	способность разрабатывать функциональные и структурные схемы элементов и узлов	знать	
		З1 основные принципы построения аналитического и технологического оборудования для обеспечения	ПК14 З1

экспериментальных и промышленных установок, проекты изделий с учетом технологических, экономических и эстетических параметров	различных операций изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники	
	Уметь	
	У1 корректно обосновать выбор аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.	ПК14 У1
	владеть	
	В1 навыками применения аналитического и технологического оборудования для обеспечения различных операций изготовления приборных структур микро- и нанoeлектроники.	ПК14 В1

КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЗАЧЕТ 5 СЕМЕСТР)

№	*Содержание оценочного средства	Индекс оцениваемой компетенции и ее элементов
1	Современные тенденции развития технологий микроэлектроники	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
2	Требования к полупроводниковым материалам	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
3	Абразивные материалы.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
4	Резка полупроводниковых слитков.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
5	Шлифовка и полировка пластин.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
6	Контроль качества обработки пластин.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
7	Цели технохимических процессов подготовки подложек	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1

8	Отмывка подложек.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
9	Химическая обработка подложек.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
10	Парогазовая обработка подложек.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
11	Ионно- плазменная и плазмохимическая обработка подложек.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
12	Распределение примеси при диффузии.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
13	Технологические операции диффузии.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
14	Методы расчетов диффузионных структур.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
15	Методы расчетов режимов диффузии.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
16	Диффузионные процессы при изготовлении ИМС.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
17	Дефекты и методы контроля диффузионных структур.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
18	Основные методы эпитаксии.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
19	Особенности технологии эпитаксии соединений АЗВ5.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
20	Дефекты эпитаксиальных пленок и методы контроля.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
21	Требования, предъявляемые к защитным диэлектрическим пленкам.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
22	Термическое окисление кремния.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
23	Пиролитическое осаждение оксидных кремниевых пленок.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
24	Анодное окисление кремния.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1

25	Осаждение термическим испарением.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
26	Реактивное катодное распыление оксида кремния.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
27	Пленки нитрида кремния.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
28	Дефекты и методы контроля оксидных пленок.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
29	Фотолитография.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1
30	Рентгенолитография.	ОПК8 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 ПК14 31, У1, В1

«зачтено» – оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

«зачтено» - оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос или выполнении заданий, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

«зачтено» - оценка соответствует пороговому уровню и выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, демонстрирует недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

«не зачтено» - оценка выставляется обучающемуся, который не достигает порогового уровня, демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.