



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ТОНКИХ ПЛЁНОК**

Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа

11.03.04- Электроника и нанoeлектроника

Профили подготовки:

Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения:

Очная

Статус дисциплины:

Вариативная

Махачкала 2020

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04- Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: бакалавриата) - Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 №218.

Разработчик(и): Шабанов Ш.Ш., – к.т.н., доцент кафедры ИФ

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры Инженерной физики от 17. 02. 2020 г., протокол № 6

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от 28. 02. 2020 г., протокол №6.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением 28. 02. 2020 г. 

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физика и технология тонких плёнок» входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника». Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой *Инженерная физика*.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретическими основами физики и технологии тонких плёнок и их свойствами.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных - ПК-3, ПК-7.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме коллоквиума, контрольной работы и промежуточный контроль в форме зачета, экзамена.

Объем дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числ е экза мен	Форма промежуточн ой аттестации (зачет, дифференцир ованный зачет, экзамен
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					консул тации		
		всего	Лекц ии	Лабора торные занятия	Практи ческие занятия	КС Р			
6	72	34	16		18		38	зачет, экзамен	

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Физика и технология тонких плёнок» является состоит в формировании систематических знаний фундаментальных знаний в области физики тонких пленок, основных механизмов переноса носителей заряда в тонкопленочных системах, для разработки и создания

приборов микроэлектронной аппаратуры различного функционального назначения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Физика и технология тонких плёнок» входит в *вариативную часть* образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ПК-3	готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проблемы современной теории роста кристаллов ; • состояние и перспективы научно-технической проблемы разработки технологических процессов роста кристаллов; • современные тенденции развития материаловедения, электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; • понимать современные тенденции в развитии теории роста кристаллов. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современной квантовой и оптической электроники; • самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами роста кристаллов. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методологией теоретических и

		<p>экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности;</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.
ПК-7	<p>готовность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • стандарты, технические условия и другие нормативные и руководящие материалы по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам <p>Владеет:</p> <p>навыками проверки соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам,</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/ п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (<i>по неделям семестра</i>) Форма промежуточной аттестации (<i>по семестрам</i>)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные	Контроль самост.		
Модуль 1.									
1	Понятия о тонких плёнках, низкоразмерных структурах и тонкоплёночной технологии.	6		2	2			7	Домашнее задание (ДЗ) Собеседование (С) Рейтинговая система (РС)
2	Размерные эффекты и основные свойства тонких пленок.	6		4	4			7	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого:</i>			6	6			14	
Модуль 2									
3	Технологии получения тонких плёнок	6		2	2			6	(ДЗ), (С), (РС)
4	Современные методы исследования тонких плёнок.	6		4	4			6	(ДЗ), (С), (РС)

1	<i>Итого:</i> 52			6	6			12	
	Модуль 3.								
5	Токи надбарьерной эмиссии в контактирующих тонкопленочных системах	6		2	2			6	(ДЗ), (С), (РС) (ДЗ), (С), (РС)
6	Туннельная эмиссия контактирующих тонкопленочных системах. Токи в диэлектрических пленках, ограниченные объемным зарядом.	6		2	4			6	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого:</i>			4	6			12	
	ИТОГО:			16	18			38	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1

Тема 1. Особенности структуры и свойств эпитаксиальных слоёв тонких плёнок. Особенности тонких плёнок. Атомный механизм формирования и структура эпитаксиальных слоёв и тонких плёнок. Низкоразмерные структуры и тонкоплёночные технологии

Тема 2. Размерные эффекты и основные свойства тонких плёнок. Эффект Шоттки. Плотность тока термоэлектронной эмиссии электронов из металла в

вакуум. Плотность тока надбарьерной эмиссии для контактирующей системы М-Д-М с учётом сил зеркального изображения и приложенного поля.

Модуль 2.

Тема 1. Технология получения тонких плёнок. Термовакuumный метод, ионно-плазменный, метод магнетронного распыления, катодное распыление, молекулярно-лучевая эпитаксия и другие

Тема 2. Современные методы исследования тонких плёнок. Метод сканирующей электронной микроскопии, туннельная электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, методы оптической микроскопии.

Модуль 3.

Тема 1. Токи надбарьерной эмиссии в контактирующих тонкопленочных системах

Тема 2. Туннельная эмиссия контактирующих тонкопленочных системах. Токи в диэлектрических пленках, ограниченные объемным зарядом.

4.3.1. Содержание лекционных занятий

модуль	Содержание темы
1.	<p><u>Лекция 1.</u> Особенности структуры и свойств эпитаксиальных слоёв тонких плёнок.</p> <p>Особенности тонких плёнок. Атомный механизм формирования и структура эпитаксиальных слоёв и тонких плёнок. Низкоразмерные структуры и тонкопленочные технологии</p> <p><u>Лекция 2.</u> Размерные эффекты и основные свойства тонких плёнок.</p> <p>Механизмы поверхностного рассеяния. Зависимость радиуса гранулы от толщины плёнки. Теоретическая модель активационного процесса возникновения носителей заряда.</p>

	Удельная проводимость тонкой плёнки имеющей гранулярную структуру.
2.	<p><u>Лекция 3.</u> Токи надбарьерной эмиссии в контактирующих тонкопленочных системах.</p> <p>Контактирующие тонкопленочные системы металл-полупроводник, металл-диэлектрик. Барьер Шоттки. Изменение потенциального барьера на границе металл-вакуум под влиянием электрического поля. Работа выхода электрона.</p> <p><u>Лекция 4.</u> Туннельная эмиссия контактирующих тонкопленочных системах. Токи в диэлектрических пленках, ограниченные объемным зарядом</p> <p>Туннельный эффект. Формула Фаулера-Нордгейма</p>
3.	<p><u>Лекция 5.</u> Технология получения тонких плёнок.</p> <p>Термовакuumный метод, ионно-плазменный, метод магнетронного распыления, катодное распыление, молекулярно-лучевая эпитаксия и другие.</p> <p><u>Лекция 6.</u> Современные методы исследования тонких плёнок. Метод сканирующей электронной микроскопии, туннельная электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, методы оптической микроскопии.</p>

4.3.2. Темы семинарских и практических занятий

1. Расчет удельной проводимости тонкой пленки
2. Плотность тока надбарьерной эмиссии в диодах Шоттки
3. Энергетическая диаграмма контакта М-Д-М содержащего мелкие и глубокие уровни.
4. Токи в диэлектрических пленках

5. Контактные явления в микроэлектронных структурах

4.3.3. Темы самостоятельной работы

1. Контактные явления в полупроводниках
2. Методы получения тонких плёнок
3. Размерные эффекты
4. Методы определения упругих характеристик в плёнках.
5. Теплофизические свойства.
6. Методики определения теплопроводности и коэффициента термического расширения керамических и композиционных материалов.
7. Электрофизические свойства. Диэлектрическая проницаемость.
8. Методики определения электропроводности тонких плёнок.
9. Структура тонких плёнок.
10. Фазообразование в тонких плёнках..
11. Эволюция микроструктуры при высокотемпературной обработке.

5. Образовательные технологии

Активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены, компьютеры. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В каждом семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **Power Point**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- подготовки к контрольным работам;
- подготовки к семинарским занятиям;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание рефератов по проблемам дисциплины «Основы теории роста кристаллов»

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ПК-3 готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов,		Знать: проблемы современной теории роста тонких плёнок; состояние и перспективы научно-технической	Устный опрос, письменный опрос

<p>публикаций, презентаций</p>		<p>проблемы разработки технологических процессов роста кристаллов;</p> <p>современные тенденции развития материаловедения, электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий;</p> <p>понимать современные тенденции в развитии теории роста кристаллов.</p> <p>Уметь: анализировать, систематизировать и обобщать научно- техническую информацию в области современной квантовой и оптической электроники;</p> <p>самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с</p>	
------------------------------------	--	--	--

		<p>проблемами роста кристаллов.</p> <p>Владеть: методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности;</p> <p>навыками представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.</p>	
<p>ПК-7 готовность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным</p>		<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • стандарты, технические условия и другие нормативные и руководящие материалы по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации 	<p>Письменный опрос</p>

документам		<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none">• осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам <p>Владеет:</p> <p>навыками проверки соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам,</p>	
------------	--	--	--

7.3. Типовые контрольные задания

7.3.1. Экзаменационные вопросы

1. Размерные эффекты.
2. Особенности тонких плёнок.
3. Фазовая и структурная неоднородность
4. Механизмы токопрохождения. Токи надбарьерной эмиссии.
5. Тенельные токи
6. Токи в диэлектрических пленках, ограниченные объемным зарядом
7. Контактные явления
8. Металлические плёнки.
9. Диэлектрические плёнки.
10. Термовакuumное напыление
11. Катодное распыление
12. Метод мегнетронного распыления
13. Ионно-плазменные методы распыления
14. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии

7.3.2. Контрольные вопросы к самостоятельной работе

Тема 1. Размерные эффекты

- Плёнки и покрытия
- Нитевидные материалы
- Механизмы роста тонких плёнок
- фазовая и структурная неоднородность

Тема 2. Механизмы токопрохождения в тонких плёночных структурах

- Токи надбарьерной эмиссии в контактирующих тонкопленочных системах
- Туннельные токи

- Токи в диэлектрических пленках, ограниченные объемным зарядом

Тема 3. Технология получения тонких плёнок.

- Термовакuumное напыление
- Катодное распыление
- Магнетронное распыление
- Молекулярно-лучевая эпитаксия
- ионно-плазменное напыление

Тема 4. Металлические и диэлектрические плёнки.

- Материалы металлических и диэлектрических плёнок
- Методы получения
- Основные параметры и свойства

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 25 баллов,
- выполнение лабораторных заданий –,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 25 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

8. Перечень основной, дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины №	Библиографическое описание (авторы/составители, заглавие, вид издания, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в наличии в библиотеке/ в каталоге ЭБС
ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА		
1.	Берлин Б.В. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением [Электронный ресурс] / Б.В. Берлин, Л.А. Сейдман. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2014. — 256 с. — 978-5-94836-369-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31877.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
2.	Дробот П.Н. Нанозлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Н. Дробот. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. — 286 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/72141.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
3.	Сергеев Н.А. Физика наносистем [Электронный ресурс] : монография / Н.А. Сергеев, Д.С. Рябушкин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2015. — 192 с. — 978-5-98704-833-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33418.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА		
1.	Технология получения полимерных пленок специального назначения и методы исследования их свойств [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Садова [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 182 с. — 978-5-7882-1615-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62317.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)

2.	Физика наноструктур [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Федоров [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2014. — 131 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/65342.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
3.	Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии [Электронный ресурс] / В.К. Неволин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2013. — 128 с. — 978-5-94836-361-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/16975.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
4.	Фундаментальные основы процессов химического осаждения пленок и структур для наноэлектроники [Электронный ресурс] / Ф.А. Кузнецов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2013. — 176 с. — 978-5-7692-1272-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/32819.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
5.	Орликов Л.Н. Технология приборов оптической электроники и фотоники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Н. Орликов. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 87 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13992.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
6	Вихров С.П. Свойства и применение металлов и полупроводников [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.П. Вихров, Т.А. Холомина. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2019. — 80 с. — 978-5-4487-0365-2. — Режим доступа:	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (www.fero.ru).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
6. www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
7. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
9. www.affp.mics.msu.su

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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 на консультации, на практических работах.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на

зачету	конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.
--------	--

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально – техническая база кафедры экспериментальной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «**Электроника и нанoeлектроника**», позволяет готовить бакалавров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.