



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

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Наногетероструктурная электроника

Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем

Образовательная программа
03.04.02 – Физика

Профиль подготовки:
Физика наносистем

Уровень высшего образования:
Магистратура

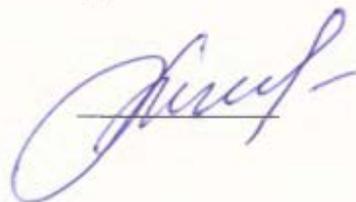
Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Вариативная по выбору

Рабочая программа дисциплины «Наногетероструктурная электроника» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика, профиль подготовки «Физика наносистем» (уровень: магистратура) от «28» августа 2015 г. №913.

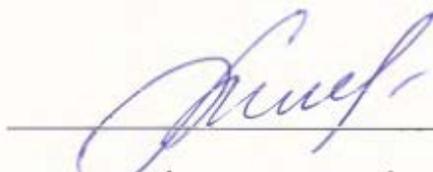
Разработчики: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем.

Палчаев Д.К., д.ф.-м.н., профессор



Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «22» 02 2020г., протокол № 6

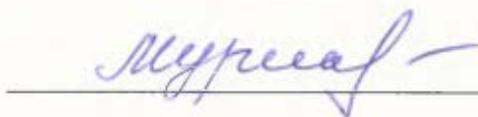
1 Зав.кафедрой



Рабаданов М.Х.

на заседании методической комиссии физического факультета от «28» 02 2020 г., протокол № 6.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласовано с учебно-методическим управлением «23» 03 2020 г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Наногетероструктурная электроника» входит в вариативную часть, по выбору Блока 1 образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02– Физика.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физики конденсированного состояния и наносистем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением физических основ и технологических особенностей гетероструктур, в том числе наносистем, физической сущности явлений, происходящих в этих структурах.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *обще-профессиональных*: ОПК– 6; *профессиональных*: ПК–2, ПК–3.

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: контрольная работа, выступление на семинаре фронтальный опрос и промежуточной аттестации экзамен.

Объем дисциплины **3** зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Се- местр	Учебные занятия						Форма промежу- точной аттеста- ции (зачет, диф- ференцированный зачет, экзамен	
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экза- мен		
	Все- го	из них						
Лек- ции		Лаборатор- ные заня- тия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации			
А	108	8		10	36		54	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Цель данного курса, согласно ОПОП ВО, состоит в том, чтобы магистры, изучающие данную дисциплину, получили основные сведения и базовые знания: о системах наногетероструктурной электроники, об основных физических процессах в элементах гетероструктурной электроники, о физических принципах функционирования элементов и систем гетероструктурной электроники.

При этом будет обращать внимание на признанные положения теории и практики, которыми должны руководствоваться магистранты, при исследованиях в области наногетероструктурной электроники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Наногетероструктурная электроника» входит в блок **Б1.В.ДВ.5.2.** образовательной программы (ФГОС ВО) магистратуры по направлению 03.04.02– «Физика», профиля подготовки «Физика наносистем».

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области общей физики, квантовой механики, теоретической физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере задач физики и наногетероструктурной электроники.

Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания о законах движения заряженных и нейтральных частиц; законах сохранения энергии, импульса и момента количества движения; основах квантового описания частиц; строении

атомов и молекул в объеме знаний курса общей физики и атомной физики, квантовой механики, статистических законах распределения.

Данная дисциплина является базовой для изучения дисциплин: Оптическая спектроскопия систем пониженной размерности, Диэлектрические и теплофизические свойства наноструктурированных материалов, а так же научно – исследовательской, научно – педагогической и научно – производственной практик.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен усвоить основные принципы функционирования элементов наногетероструктурной электроники, осознать перспективы и возможные направления дальнейшего развития нанoeлектроники.

Знать: базовые модели формирования структуры и свойств наногетероструктурной электроники, основные особенности электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств, разнообразные практические приложения.

Уметь: получать элементы структур наногетероструктурной электроники, с заданными физическими свойствами.

Владеть: технологиями получения компонент наногетероструктурной электроники, техникой экспериментальных исследований и методами расчетов контактной разности потенциалов, толщину, барьерную и диффузионные ёмкости, а также вольтамперную характеристику p-n переходов.

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОПК – 6	Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • современные представления о физических принципах работы различных полупроводниковых приборов, а также о технологических приёмах создания p-n переходов и омических контактов металлов с полупроводниками. • модели формирования структуры и свойств наногетероструктур. • особенности электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств наногетероструктур. • разнообразные практические приложения. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современными методами анализа и синтеза физической информации в области физики и наногетероструктур; • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях; • применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по физики и технологии наногетероструктур; • проводить научные исследования в области физики наногетероструктур с помощью современной приборной (в том числе сложного физического оборудования) и технологической базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.

		<p>бежного опыта.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • технологиями получения наногетероструктур, • методами исследования наногетероструктур, • методами термодинамических расчетов реакций при формировании соответствующих функциональных структур, • навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой.
ПК-2	Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области наногетероструктур, • физические основы технологии наногетероструктур; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики и технологии наногетероструктур; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике наногетероструктур; • пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования наногетероструктур. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии наногетероструктур; • экспресс анализом и диагностическими методами исследования наногетероструктур; • методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии наногетероструктур; • владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.
ПК-3	Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно – инновационных исследованиях и инженерно – технологиче-	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • как строить и использовать простейшие модели при разработке технологии соответствующих наногетероструктур; • инновационные методы исследований

	ской деятельности.	<p>структуры и свойств наногетероструктур и как решаются задачи по интерпретации связи свойств со структурой.</p> <ul style="list-style-type: none"> • что востребовано практикой на текущий момент и как решать научно – инновационные задачи и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований в области физики наносистем и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта, • получать наногетероструктуры с заданными физическими свойствами, • генерировать идеи по разработке эффективных технологий получения наногетероструктур, а также и их оптимизации, <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • техникой экспериментальных исследований структуры и свойств материалов, • методами термодинамических расчетов реакций при формировании соответствующих функциональных структур, • Экспресс анализом, полученных материалов, • владеть знаниями, необходимыми для решения научно-инновационных задач физики наносистем
--	--------------------	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Лаб. занят.	Контроль сам. раб		
Модуль 1									

1	Основные этапы развития твердотельной электроники. Образование р-п - перехода. Контактная разность потенциалов. Ширина р-п - перехода. Ёмкость р-п - перехода. Вольтамперные характеристики р-п – перехода при прямом и обратном смещениях. Пробой р-п - перехода. Транзисторы на 2М электронном газе.	А	1,2	2	1			5	Фронтальный опрос
2	Транзисторы с высокой подвижностью. Полевые транзисторы на горячих электронах с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Транзисторы с резонансным-туннелированием. Транзистор с резонансно-туннельным эмиттером. Резонансно-туннельный транзистор на квантовой точке.	А	3	1	2			10	семинарское занятие
3	Гетеропереходы, Выпрямительные диоды. Стабилитрон. Импульсные, ВЧ и СВЧ диоды. Диоды Шоттки. Полупроводниковые источники и приёмники излучения. Элементы оптоэлектроники на основе квантово-размерных структур. Лазеры на двойныхгетероструктурах. Фотопри-емники на квантовых ямах.	А	4,5	1	2			10	семинарское занятие
Рубежная контрольная сам. работа			5				2		контрольная работа
Всего за модуль				4	5		2	25	
Модуль 2									
4	Туннельные диоды. Диоды Ганна. Принцип действия, основные параметры и характеристики би-полярного транзистора. Униполярные (полевые) транзисторы. Динисторы и тиристоры. Одноэлектронный транзистор. Одноэлектронные элементы цифровых схем.	А	5-7	2	2			8	семинарское занятие
5	Современное состояние и перспективы развития микро- и нанoeлектроники. Получение р-п - перехода формовкой точечного контакта.	9	7-8	1	2			8	семинарское занятие
6	Получение переходов. Технология получения диффузионных переходов. Эпитаксиаль-		9	1	1			7	семинарское занятие

	ная технология. Фотолитография в производстве приборов							
	Рубежная контрольная сам. работа		9			2		контрольная работа
	Всего за модуль			4	5	2		25
Модуль 3.								
	Итоговый контроль знаний. Экзамен.	А	Подготовка к экзамену				Экзамен	
	Итого			8	10	4		50
								36

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

Модуль 1.

Тема 1. Основные этапы развития твердотельной электроники. Образование p-n - перехода. Контактная разность потенциалов. Ширина p-n - перехода. Ёмкость p-n - перехода.. (Лекция)

Тема 2. Вольтамперные характеристики p-n – перехода при прямом и обратном смещениях. Пробой p-n - перехода. Транзисторы на 2М электронном газе. (Практическое занятие)

Тема 3. Транзисторы с высокой подвижностью. Полевые транзисторы на горячих электронах с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Транзисторы с резонансным туннелированием. (Лекция)

Тема 4. Транзистор с резонансно-туннельным эмиттером. Резонансно-туннельный транзистор на квантовой точке. (Практическое занятие)

Тема 5. Гетеропереходы, Выпрямительные диоды. Стабилитрон. Импульсные, ВЧ и СВЧ диоды. Диоды Шоттки. Полупроводниковые источники и приёмники излучения. Элементы оптоэлектроники на основе квантово-размерных структур. Лазеры на двойных гетероструктурах. Фотоприемники на квантовых ямах. (Практическое занятие)

Модуль 2.

Тема 6. Туннельные диоды. Диоды Ганна. Принцип действия, основные параметры и характеристики биполярного транзистора. Униполярные (полевые) транзисторы. Динисторы и тиристоры. (Лекция)

Тема 7. Одноэлектронный транзистор. Одноэлектронные элементы цифровых схем. (Практическое занятие)

Тема 8. Современное состояние и перспективы развития микро- и нанoeлектроники. (Лекция)

Тема 9. Получение p-n - перехода формовкой точечного контакта. (Практическое занятие)

Тема 10. Получение переходов. Технология получения диффузионных переходов. Эпитаксиальная технология. Фотолитография в производстве приборов. (Лекция)

Модуль 3.

Подготовка к экзамену.

5. Образовательные технологии. В соответствии с требованиями ФГОС ВО по реализации компетентностного подхода, дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов предусмотрены лекции в сочетании с практическими занятиями, в том числе семинаров, рубежных контрольных работ и экзамен. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем к каждому семинару. В семестре проводятся

контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 6 часов из 18 часов аудиторных занятий.

При проведении практических занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется проекционное оборудование и интерактивная доска.

Лекции и практические занятия проводятся с применением слайдов (презентаций) в программе PowerPoint, а также с использованием интерактивной доски, большая часть теоретического материала представлен в электронной форме и на бумажном носителе. На семинарских занятиях обсуждаются вопросы, рассмотренные студентами самостоятельно в рамках внеаудиторной работы. Уделяется внимание формированию и развития профессиональных навыков обучающихся. В последующем эти навыки реализуются при выполнении специального физического практикума и проведении НИР.

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.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов, академических институтов России и зарубежных ученых.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контроль. В течение семестра студенты выполняют:

- повторение пройденного материала;
- подготовка к семинарам;
- подготовки к контрольным работам;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание курсовых работ по проблемам дисциплины «Физика наносистем».

Итоговый контроль. Экзамен в конце 10(А) семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

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 (соответствии с ПООП (при наличии))	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-6		Знает: <ul style="list-style-type: none"> • современные представления о физических принципах работы различных полупроводниковых приборов, а также о технологических приёмах создания р-п переходов и омических контактов металлов с полупроводниками. • модели формирования структуры и свойств наногетероструктур. 	Устный опрос, письменный опрос

		<ul style="list-style-type: none"> • особенности электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств наногетероструктур. • разнообразные практические приложения. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современными методами анализа и синтеза физической информации в области физики и наногетероструктур; • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях; • применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по физике и технологии наногетероструктур; • проводить научные исследования в области физики наногетероструктур с помощью современной приборной (в том числе сложного физического оборудования) и технологической базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • технологиями получения наногетероструктур, • методами исследования наногетероструктур, • методами термодинамических расчетов реакций при формировании соответствующих функциональных структур, • навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой. 	
ПК-2		<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области наногетероструктур, • физические основы технологии наногетероструктур; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики и технологии 	

		<p>наногетероструктур;</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике наногетероструктур; • пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования наногетероструктур. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии наногетероструктур; • экспресс анализом и диагностическими методами исследования наногетероструктур; • методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии наногетероструктур; • владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. 	
ПК-3		<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • как строить и использовать простейшие модели при разработке технологии соответствующих наногетероструктур; • инновационные методы исследований структуры и свойств наногетероструктур и как решаются задачи по интерпретации связи свойств со структурой. • что востребовано практикой на текущий момент и как решать научно – инновационные задачи и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований в области физики наносистем и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта, • получать наногетероструктуры с 	

		<p>заданными физическими свойствами,</p> <ul style="list-style-type: none"> • генерировать идеи по разработке эффективных технологий получения наногетероструктур, а также и их оптимизации, <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • техникой экспериментальных исследований структуры и свойств материалов, • методами термодинамических расчетов реакций при формировании соответствующих функциональных структур, • Экспресс анализом, полученных материалов, • владеть знаниями, необходимыми для решения научно-инновационных задач физики наносистем 	
--	--	---	--

7.2. Типовые контрольные задания и тесты

1. Образование p-n - перехода. Контактная разность потенциалов.
2. Ширина p-n - перехода. Ёмкость p-n - перехода. Влияние на них внешнего поля.
3. Вольтамперные характеристики p-n - перехода при прямом и обратном смещениях.
4. Пробой p-n - перехода.
5. Гетеропереходы.
6. Выпрямительные диоды.
7. Стабилитрон.
4. Импульсные, ВЧ и СВЧ диоды.
5. Диоды Шоттки.
6. Полупроводниковые источники и приёмники излучения.
7. Туннельные диоды.
8. Диоды Ганна.
9. Принцип действия, основные параметры и характеристики биполярного транзистора.
10. Полевые транзисторы.
11. Динисторы и тиристоры.
12. Механическая и химическая обработка кристаллов полупроводниковых материалов.
13. Получение p-n - перехода формовкой точечного контакта.
14. Получение сплавных переходов.

Примерные темы практических и/или семинарских занятий и самостоятельной работы

1. Энергетическая диаграмма системы металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Полная емкость и эквивалентная схема МДП-структуры.
2. Емкостные методы исследования МДП-структур. Высокочастотный и квазистатический методы.
3. Метод поперечной высокочастотной проводимости МДП-структуры.

4. Физические основы релаксационной спектроскопии глубоких уровней.
5. Электронно-дырочный переход и биполярный транзистор
6. Полупроводниковые приборы СВЧ диапазона. Генератор Ганна. Лавинно-пролетный диод.
7. Приборы с зарядовой связью (ПЗС). Преобразователи изображений на основе ПЗС.
8. Энергетический спектр сверхрешеток. Минизоны. «Вертикальный» транспорт носителей заряда по сверхрешетке.
9. Применение наноматериалов. Наносенсоры. Нано- и молекулярная электроника. Фотоника. Устройства на квантовых точках – лазеры, светодиоды.
10. Электронные механические системы (MEMS). Нейронные сети. Наномедицина. Устройства для хранения информации.

Тесты по физике и технологии полупроводниковых приборов

Модуль 1.

1. Почему в области контакта граница полупроводника n -типа заряжается положительно, а граница полупроводника p -типа – отрицательно?

1. Электроны, перешедшие из n - области заряжают p - полупроводник отрицательно, а положительные дырки, перешедшие из p - области заряжают n - полупроводник положительно.
2. Из-за диффузии части электронов из n - области там остаётся не скомпенсированный положительный заряд ионов донорной примеси, а в p - области после ухода дырок, остаётся не скомпенсированный отрицательный заряд ионов акцепторной примеси.
3. Отрицательный заряд p - области и положительный заряд n - области принадлежат неосновным носителям (электронам и дыркам соответственно), возникающим в полупроводниках в результате термогенерации.
4. Подвижность электронов больше чем у дырок, из-за чего p - область заряжается отрицательно относительно n - области.

2. Как зависит барьерная ёмкость p - n перехода и её толщина от концентрации донорной и акцепторной примесей?

1. Ёмкость p - n перехода и её толщина не зависят от концентрации примесей.
2. С ростом концентрации и толщина и ёмкость p - n перехода растут.
3. С ростом концентрации толщина p - n перехода увеличивается, а ёмкость уменьшается.
4. С ростом концентрации толщина p - n перехода уменьшается, а ёмкость увеличивается.

3. От чего зависит ток насыщения p - n перехода?

1. От температуры.
2. От ширины запрещенной зоны.
3. От ширины запрещенной зоны и температуры.
4. От концентрации донорной и акцепторной примесей.

4. Почему силовые диоды не выпрямляют высокочастотные напряжения?

1. У них большая барьерная ёмкость, которая шунтирует сопротивление p - n перехода.
2. У них большая диффузионная ёмкость.
3. Это связано с большой концентрацией основных носителей.
4. Это связано с малым временем жизни неосновных носителей.

5. Чем отличаются ВЧ, СВЧ и импульсные диоды от силовых диодов?

1. У них большие барьерная и диффузионная ёмкости.
2. У них время жизни неосновных носителей больше.
3. У них барьерная и диффузионная ёмкости меньше, чем у силовых.
4. Они изготовлены из слаболегированных полупроводников.

6. В каком случае на контакте металла с полупроводником n – типа образуется потенциальный барьер?

1. Если работа выхода металла больше чем у полупроводника.

2. Работа выхода металла меньше чем у полупроводника.
3. Если работы выхода металла и полупроводника одинаковы.
4. Если полупроводник является вырожденным.

7. Чем отличаются полупроводники, из которых изготавливают туннельные диоды от полупроводников для изготовления силовых диодов?

1. Они слабо легированы.
2. У них большая ширина запрещённой зоны.
3. Они высоко легированы.
4. У них малая ширина запрещённой зоны.

8. Чем отличается ВАХ диода Ганна от ВАХ туннельного диода?

1. У диода Ганна на прямой и обратной ветвях ВАХ имеются участки с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
2. У туннельного диода на обратной ветви ВАХ имеется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
3. У туннельного диода на обратной и прямой ветвях ВАХ имеются участки с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
4. У диода Ганна только на обратной ветви ВАХ имеется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.

9. На чём основана работа светодиодов?

1. На явлении термогенерации свободных носителей.
2. На явлении безизлучательной рекомбинации свободных носителей.
3. На явлении излучательной рекомбинации свободных носителей.
4. На явлении инжекции дырок под действием внешнего поля.

Модуль 2.

10. На чём основана работа фотодиодов?

1. На явлении безизлучательной рекомбинации свободных носителей.
2. На явлении излучательной рекомбинации свободных носителей.
3. На явлении фотопроводимости.
4. На явлении инжекции электронов под действием внешнего поля.

11. Какое условие необходимо для генерации лазерного излучения в инжекционном лазере?

1. Ток неосновных носителей должен быть больше некоторого порогового значения.
2. Ток основных носителей должен быть больше некоторого порогового значения.
3. Материал, из которого изготовлен лазер, должен быть слабо легирован.
4. Лазер необходимо возбудить внешним источником света.

12. Какое преимущество имеет светодиод как источник света перед лампой накаливания?

1. Лампа накаливания излучает монохроматический свет.
2. Лампа накаливания употребляет мало мощности.
3. Светодиод употребляет мало мощности.
4. Лампа накаливания обладает малой инерционностью.

13. На чём основана работа полупроводникового стабилитрона?

1. На экспоненциальной зависимости прямого тока диода от напряжения.
2. На высоком электрическом сопротивлении обратно смещённого диода.
3. На явлении электрического пробоя р-п перехода.
4. На малом сопротивлении прямо смещённого диода.

14. На чём основана работа варикапа?

1. На зависимости диффузионной ёмкости от величины и полярности внешнего напряжения.
2. На зависимости обратного тока р-п перехода от напряжения.
3. На зависимости барьерной ёмкости р-п перехода от обратного напряжения.
4. На зависимости барьерной ёмкости р-п перехода от прямого тока.

15. Какой полупроводник нужен для изготовления диода Ганна?

1. У которого зона проводимости имеет несколько энергетических минимумов.
2. У которого зона проводимости имеет один энергетический минимум.
3. У которого высокое удельное сопротивление.
4. Легированный до состояния вырождения.

16. От чего зависит частота колебаний тока генератора Ганна?

1. От продольных размеров кристалла полупроводника.
2. От поперечных размеров кристалла полупроводника.
3. От степени легирования полупроводника.
4. От подвижности носителей.

17. Как можно уменьшить время жизни неосновных носителей в импульсных диодах?

1. Уменьшить концентрацию акцепторных и донорных примесей.
2. Увеличить концентрацию акцепторных и донорных примесей.
3. Увеличить концентрацию акцепторных и донорных примесей и создать рекомбинационные центры.
4. Уменьшить концентрацию акцепторных и донорных примесей и создать рекомбинационные центры.

18. Чем отличается обращённый диод от обычного диода?

1. Он изготовлен из слаболегированных полупроводников.
2. Одна из областей р-n-перехода легирована слабо, а другая легирована до вырождения.
3. Обе области сильно легированы, но не доведены до вырождения.
4. Обе области сильно легированы, одна вырождена, другая не доведена до вырождения.

19. Токи эмитерного и коллекторного переходов у биполярного транзистора почти одинаковы, за счёт чего происходит усиление сигнала по мощности?

1. За счёт высокого сопротивления эмитерного перехода.
2. За счёт малого сопротивления коллекторного перехода.
3. За счёт малого сопротивления эмитерного перехода и высокого сопротивления коллекторного перехода.
4. За счёт малой толщины базовой области.

20. Чем отличается униполярный транзистор от биполярного?

1. У биполярного транзистора два вывода, у униполярного – три вывода.
2. В биполярном транзисторе ток создаёт только носителями одного типа.
3. В униполярном транзисторе ток создаёт только носителями одного типа.
4. В униполярном транзисторе ток создаётся и электронами, и дырками.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Лекции - Текущий контроль включает:

- посещение занятий __ 10 __ бал.
- активное участие на лекциях __ 15 __ бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум __ 60 __ бал.
- и др. (доклады, рефераты) __ 15 __ бал.

Практика - Текущий контроль включает:

(от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий __ 10 __ бал.

- активное участие на практических занятиях __15__ бал.
- выполнение домашних работ __15__ бал.
- выполнение самостоятельных работ __20__ бал.
- выполнение контрольных работ __40__ бал.

От 51 до 65 баллов оценка удовлетворительно, от 66 до 85 оценка хорошо, от 86 до 100 баллов оценка отлично.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Литература

Основная:

1. Троян П.Е. Нанoeлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. — 88 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13949.html>
2. Растворова И.И. Электроника и нанoeлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.И. Растворова, В.Г. Терехов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2016. — 205 с. — 978-5-94211-763-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71712.html>
3. Игнатов А.Н. Нанoeлектроника. Состояние и перспективы развития [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Игнатов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. — 410 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55451.html>
4. Орлова М.Н. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : курс лекций / М.Н. Орлова, И.В. Борзых. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский Дом МИСиС, 2013. — 50 с. — 978-5-87623-725-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56246.html>
5. Драгунов В.П. Микро- и нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Драгунов, Д.И. Остертак. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 38 с. — 978-5-7782-2095-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45107.html>
6. Фундаментальные основы процессов химического осаждения пленок и структур для нанoeлектроники [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>
7. Ткалич В.Л. Физические основы нанoeлектроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Л. Ткалич, А.В. Макеева, Е.Е. Оборина. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2011. — 84 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65348.html>
8. Получение наноструктурированных пленок и слоев полупроводников из газовой фазы: Учебное пособие (лабораторный практикум)/ А.М. Исмаилова, Р.А. Рабаданова, Ж.Х. Мурлиевой, И.М. Шапиева - Махачкала: Изд ДГУ, 2012. – 51с.

Дополнительная литература:

1. Дробот П.Н. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Н. Дробот. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет си-

- стем управления и радиоэлектроники, 2016. — 286 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72141.html>
2. Природа невоспроизводимости структуры и свойств материалов для микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.В. Бодягин [и др.]. - Электрон. текстовые данные. - Саратов: Вузовское образование, 2005. - 70 с. - 2227-8397. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20681.html>
 3. Игнатов А.Н. Химико-технологические основы микро и наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Игнатов, И.В. Решетнева. - Электрон. текстовые данные. - Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. - 213 с. - 2227-8397. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45490.html>
 4. Сушков В.П. Конструирование компонентов и элементов микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс]: компьютерное моделирование оптоэлектронных приборов. Учебно-методическое пособие / В.П. Сушков, Г.Д. Кузнецов, О.И. Рабинович. - Электрон. текстовые данные. - М.: Издательский Дом МИСиС, 2012. - 128 с. - 978-5-87623-565-7. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56070.html>
 5. Брусенцов Ю.А. Материалы твёрдотельной микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Брусенцов, А.М. Минаев, И.С. Филатов. - Электрон. текстовые данные. - Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. - 80 с. - 978-5-8265-1087-2. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63861.html>
 6. Галочкин В.А Введение в нанотехнологии и наноэлектронику [Электронный ресурс]: конспект лекций / В.А Галочкин. - Электрон. текстовые данные. - Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2013. — 364 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71825.html>
- 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**
1. Международная база данных Scopus по разделу физика полупроводников <http://www.scopus.com/home.url>
 2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике физика полупроводников <http://www.sciencedirect.com/>
 3. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru
 4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
 5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
 6. Ресурсы МГУ www.nanometer.ru.
 7. Методы получения наноразмерных материалов/ курс лекций и руководство к лабораторным занятиям. Екатеринбург. 2007.
 8. http://www.chem.spbu.ru/chem/Programs/Bak/ultradisp_sost_SS.pdf
 9. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>.
 10. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
 11. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредитации (<http://www.fepo.ru/>)
 12. <http://www.nanometer.ru/lecture.html?id=165151&UP=156195&TP=USER>

Интернет-ресурсы

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю

подготовки магистра по направлению 03.04.02 – физика:

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/> Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ *открыт с с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)*
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг. (доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение).
4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.пф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания(*доступ будет продлен*).
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
11. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
12. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
13. Springer. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок
14. SCOPUS <https://www.scopus.com> Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
15. Web of Science - webofknowledge.com Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017г. (*доступ будет продлен*)
16. «Pro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). - база данных зарубежных – диссертации. Доступ продлен согласно сублицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
17. Sage - мультидисциплинарная полнотекстовая база данных. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № Sage/73 от 09.01.2017

<http://online.sagepub.com/> Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)

18. American Chemical Society. Доступ продлен на основании сублицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г. pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
19. Science (академическому журналу The American Association for the Advancement of Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № 01.08.2017г. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*).

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов по нанотехнологиям;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- моделирование процессов формирования материалов из газовой, жидкой и твердой фаз.

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

1. Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

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

1. Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков исследования свойств и обработки данных обеспечивается в последующем в лабораториях при проведении Специального физического практикума (Б1.Б2) в 10 (А) семестре. При проведении занятий используются лаборатории, оснащенные современным технологическим и измерительным оборудованием.
2. При изложении теоретического материала используется лекционная аудитория, оснащенная проекционным оборудованием и интерактивной доской. Кафедра располагает необходимыми установками, технологическим оборудованием, приборами, не только для выполнения специального физического практикума, но и выполнения соответствующих курсовых и диссертационных работ. Имеется богатая библиотека, в том числе электронные книги, копии периодических изданий и т. д.