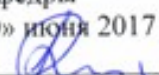


МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол от «20» июня 2017 г. №7
Зав. кафедрой  / Салихов Р.Б.

Согласовано:
Председатель УМК физико-
технического института

 / Балапанов М.Х.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

дисциплина НАНОЭЛЕКТРОНИКА

(наименование дисциплины)

вариативная дисциплина

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)

11.03.04 электроника и наноэлектроника.

(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность (профиль) подготовки

Электронные приборы и устройства

(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

Бакалавр

(указывается квалификация)

Разработчик (составитель)
профессор, д.ф.-м.н., профессор
(должность, ученая степень, ученое звание)

 / Салихов Р.Б.
(подпись / Ф.И.О.)

Для приема: 2017г.
Уфа 2017г.

Составитель / составители: д.ф.-м.н., профессор Салихов Р.Б.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры инфокоммуникационных технологий и нанoeлектроники протокол от «20» июня 2017 г. №7

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры инфокоммуникационных технологий и нанoeлектроники, протокол № 7 от «05» июня 2018 г.

Заведующий кафедрой  / Салихов Р.Б./

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	
<i>4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

ОПК-7-способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

ПК-1-способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать типы квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом); квантование зонного электронного спектра; квантовые эффекты Холла; гигантский магниторезистивный эффект и магнитные сверхрешетки	ОПК-7	
	Знать определения, отличительные черты, классификацию наночастиц, квантоворазмерных структур, сложных полупроводниковых кристаллических материалов, гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок; транзисторов с высокой подвижностью электронов, интерференционных и туннельных транзисторов, FIN FET транзисторов; методы молекулярно-лучевой эпитаксии, эпитаксии из органических соединений; механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике	ПК-1	
Умения	Уметь классифицировать типы квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки и сверхрешетки, приборы с двумерным электронным газом), учитывать квантование зонного электронного спектра при конструировании приборов нанoeлектроники; разбираться в квантовых эффектах Холла, магнитных сверхрешетках и гигантском магниторезистивном эффекте; разбираться в лазерах на квантовых ямах и точках;	ОПК-7	
	Уметь - применять полученные знания в области современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различ-	ПК-1	

	ного функционального назначения; использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования		
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть терминологией квантовой механики с целью описания характеристик квантоворазмерных структур нанoeлектроники (квантовых точек, ям, проволок, сверхрешеток и их комбинаций, приборов с двумерным электронным газом); практическими навыками расчета закономерностей квантования зонного электронного спектра, величины магнитосопротивления в магнитных сверхрешетках	ОПК-7	
	Владеть методами расчета нанoeлектронных приборов, методами исследования физических свойств наноструктур, методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники	ПК-1	

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нанoeлектроника» относится к *вариативной* части.

Дисциплина изучается на 2-3 курсе(ах) в 4-5 семестре(ах).

Цели изучения дисциплины: является теоретическое изучение фундаментальных физических основ нанoeлектроники, функционирования нанoeлектронных приборов и практическое освоение физико-технологических основ получения наноструктур.

Данный курс предназначен для студентов направления 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника». Курс «Нанoeлектроника» позволяет создавать электронные приборы и вырабатывать методы исследования новых материалов, необходимых для разработки новых электронных приборов и устройств. Поэтому, изучение дисциплины является одним из необходимых элементов подготовки специалистов по данному направлению.

Дисциплина «Нанoeлектроника» одна из основных дисциплин профиля, ибо без знания физико-химических характеристик материалов и протекающих в них физических процессов невозможны сознательные и эффективные подходы к разработке изделий электронной техники и к организации технологических процессов.

По предмету и методу своих исследований данный курс тесно связан с «Физикой конденсированного состояния» и «Физическими основами электроники» и способствует формированию у будущих специалистов принципов физического и инженерного подхода к оценке возможностей использования материалов в конкретных элементах и устройствах электронной техники.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ОПК-7- способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (знания)	Знать типы квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом); квантование зонного электронного спектра; квантовые эффекты Холла; гигантский магниторезистивный эффект и магнитные сверхрешетки	Не знает о типах квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом); квантование зонного электронного спектра; квантовые эффекты Холла; гигантский магниторезистивный эффект и магнитные сверхрешетки	Имеет фрагментарные знания о типах квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом); квантование зонного электронного спектра; квантовые эффекты Холла; гигантский магниторезистивный эффект и магнитные сверхрешетки	Достаточно уверенно знает типы квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом); квантование зонного электронного спектра; квантовые эффекты Холла; гигантский магниторезистивный эффект и магнитные сверхрешетки, но допускает небольшие ошибки.	Уверенно знает типы квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом); квантование зонного электронного спектра; квантовые эффекты Холла; гигантский магниторезистивный эффект и магнитные сверхрешетки и может ответить на дополнительные вопросы.
Второй этап (умения)	Уметь классифицировать типы квантово-размерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки и сверхрешет-	Не умеет классифицировать типы квантово-размерных структур в на-	Частично умеет классифицировать типы квантово-размерных структур в нанoeлек-	Умеет классифицировать типы квантово-размерных структур в на-	Умеет классифицировать типы квантово-

	ки, приборы с двумерным электронным газом), учитывать квантование зонного электронного спектра при конструировании приборов наноэлектроники; разбираться в квантовых эффектах Холла, магнитных сверхрешетках и гигантском магниторезистивном эффекте; разбираться в лазерах на квантовых ямах и точках;	ноэлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки и сверхрешетки, приборы с двумерным электронным газом), учитывать квантование зонного электронного спектра при конструировании приборов наноэлектроники; разбираться в квантовых эффектах Холла, магнитных сверхрешетках и гигантском магниторезистивном эффекте; разбираться в лазерах на квантовых ямах и точках;	тронике (квантовые точки, ямы, проволоки и сверхрешетки, приборы с двумерным электронным газом), учитывать квантование зонного электронного спектра при конструировании приборов наноэлектроники; разбираться в квантовых эффектах Холла, магнитных сверхрешетках и гигантском магниторезистивном эффекте; разбираться в лазерах на квантовых ямах и точках;	ноэлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки и сверхрешетки, приборы с двумерным электронным газом), учитывать квантование зонного электронного спектра при конструировании приборов наноэлектроники; разбираться в квантовых эффектах Холла, магнитных сверхрешетках и гигантском магниторезистивном эффекте; разбираться в лазерах на квантовых ямах и точках;,, но иногда ошибается	размерных структур в наноэлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки и сверхрешетки, приборы с двумерным электронным газом), учитывать квантование зонного электронного спектра при конструировании приборов наноэлектроники; разбираться в квантовых эффектах Холла, магнитных сверхрешетках и гигантском магниторезистивном эффекте; разбираться в лазерах на квантовых ямах и точках;
Третий этап (владение навыками)	Владеть терминологией квантовой механики с целью описания характеристик квантоворазмерных структур наноэлектроники (квантовых точек, ям, проволок, сверхрешеток и их комбинаций, приборов с двумерным электронным газом); практическими навыками расчета закономерностей квантования зонного электронного спектра, величины магнитосопротивления в магнитных сверхрешетках	Не владеет терминологией квантовой механики с целью описания характеристик квантоворазмерных структур наноэлектроники (квантовых точек, ям, проволок, сверхрешеток и их комбинаций, приборов с двумерным электронным газом); практическими навыками расчета закономерностей квантова-	Частично владеет терминологией квантовой механики с целью описания характеристик квантоворазмерных структур наноэлектроники (квантовых точек, ям, проволок, сверхрешеток и их комбинаций, приборов с двумерным электронным газом); практическими навыками расчета закономерностей квантования зонного электронного спектра, величины магнитосопротив-	Владеет терминологией квантовой механики с целью описания характеристик квантоворазмерных структур наноэлектроники (квантовых точек, ям, проволок, сверхрешеток и их комбинаций, приборов с двумерным электронным газом); практическими навыками расчета закономерностей квантова-	Уверенно владеет терминологией квантовой механики с целью описания характеристик квантоворазмерных структур наноэлектроники (квантовых точек, ям, проволок, сверхрешеток и их комбинаций, при-

		ния зонного электронного спектра, величины магнитосопротивления в магнитных сверхрешетках	ления в магнитных сверхрешетках	ния зонного электронного спектра, величины магнитосопротивления в магнитных сверхрешетках, но не всегда уверенно	боров с двумерным электронным газом); практическими навыками расчета закономерностей квантования зонного электронного спектра, величины магнитосопротивления в магнитных сверхрешетках
--	--	---	---------------------------------	--	--

Курсовая

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (знания)	Знать типы квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом); квантование зонного электронного спектра; квантовые эффекты Холла; гигантский магниторезистивный эффект и магнитные сверхрешетки	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы; правильности оформления, не соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых работ;	Фрагментарные знания профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы; правильности оформления, частично соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых работ;	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; правильности оформления, частично соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых работ;	Уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; правильности оформления, полностью соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых работ;
Второй этап (умения)	Уметь классифицировать типы квантово-размерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки и сверхрешетки, приборы с двумерным электронным газом), учитывать квантование зонного электронного	Умеет фрагментарно проводить сбор и систематизацию практического материала	Уверенно проводит сбор и систематизацию практического материала, но не умеет адекватно излагать собственные умозаключения и выво-	Уверенно проводит сбор и систематизацию практического материала, но испытывает небольшие трудности	Уверенно проводит сбор и систематизацию практического материала, уверенно излагает собственные умозаключения и выводы, уве-

	спектра при конструировании приборов наноэлектроники; разбираться в квантовых эффектах Холла, магнитных сверхрешетках и гигантском магниторезистивном эффекте; разбираться в лазерах на квантовых ямах и точках;		ды	при изложении собственные умозаключения и выводы, уверенно использует справочную и энциклопедическую литературу	рено использует справочную и энциклопедическую литературу
Третий этап (владение навыками)	Владеть терминологией квантовой механики с целью описания характеристик квантоворазмерных структур наноэлектроники (квантовых точек, ям, проволок, сверхрешеток и их комбинаций, приборов с двумерным электронным газом); практически навыками расчета закономерностей квантования зонного электронного спектра, величины магнитосопротивления в магнитных сверхрешетках	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения теоретической и практической работы, не способен внедрять данные для написания курсовой работы	Способен работать с различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения теоретической и практической работы с последующим внедрением данных для написания курсовой работы	Владеет способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения теоретической и практической работы, не способен внедрять данные для написания курсовой работы	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения теоретической и практической работы с последующим внедрением данных для написания курсовой работы

ПК-1- способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

Экзамен:

Этап (уровень освоения компетенции)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (знания)	Знать определения, отличительные черты, классификацию наночастиц, квантоворазмерных структур, сложных полупроводниковых кристаллических материалов, гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок; транзисторов с высокой подвижностью электронов, интерференционных и туннельных транзисторов, FIN FET	Не знает определения, отличительные черты, классификацию наночастиц, квантоворазмерных структур, сложных полупроводниковых кристаллических материалов,	Имеет фрагментарные знания определения, отличительные черты, классификацию наночастиц, квантоворазмерных структур, сложных полупроводниковых кристаллических материалов, гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток,	Достаточно уверенно знает определения, отличительные черты, классификацию наночастиц, квантоворазмерных структур, сложных полупроводниковых кристаллических материалов, гетерост-	Уверенно знает определения, отличительные черты, классификацию наночастиц, квантоворазмерных структур, сложных полупроводниковых

	<p>транзисторов; методы молекулярно-лучевой эпитаксии, эпитаксии из органических соединений; механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике</p>	<p>гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок; транзисторов с высокой подвижностью электронов, интерференционных и туннельных транзисторов, FIN FET транзисторов; методы молекулярно-лучевой эпитаксии, эпитаксии из органических соединений; механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике</p>	<p>нанотрубок; транзисторов с высокой подвижностью электронов, интерференционных и туннельных транзисторов, FIN FET транзисторов; методы молекулярно-лучевой эпитаксии, эпитаксии из органических соединений; механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике</p>	<p>структур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок; транзисторов с высокой подвижностью электронов, интерференционных и туннельных транзисторов, FIN FET транзисторов; методы молекулярно-лучевой эпитаксии, эпитаксии из органических соединений; механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике, но допускает небольшие ошибки.</p>	<p>кристаллических материалов, гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок; транзисторов с высокой подвижностью электронов, интерференционных и туннельных транзисторов, FIN FET транзисторов; методы молекулярно-лучевой эпитаксии, эпитаксии из органических соединений; механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике и может ответить на дополнительные вопросы.</p>
<p>Второй этап (умения)</p>	<p>Уметь - применять полученные знания в области современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения; использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования</p>	<p>Не умеет применять полученные знания в области современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств</p>	<p>Частично умеет применять полученные знания в области современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники различного функционального назначения; использовать стан-</p>	<p>Умеет применять полученные знания в области современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нано-</p>	<p>Умеет применять полученные знания в области современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности; строить простейшие физические и математи-</p>

		ройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения; использовать стандартные средства их компьютерного моделирования	дартные программные средства их компьютерного моделирования	электроники различного функционального назначения; использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования, но иногда ошибается	ческие модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения; использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
Третий этап (владение навыками)	Владеть методами расчета нанoeлектронных приборов, методами исследования физических свойств наноструктур, методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники	Не владеет методами расчета нанoeлектронных приборов, методами исследования физических свойств наноструктур, методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники	Частично владеет методами расчета нанoeлектронных приборов, методами исследования физических свойств наноструктур, методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники	Владеет методами расчета нанoeлектронных приборов, методами исследования физических свойств наноструктур, методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники, но не всегда уверенно	Уверенно владеет методами расчета нанoeлектронных приборов, методами исследования физических свойств наноструктур, методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники

Курсовая

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (знания)	Знать определения, отличительные черты, классификацию наночастиц, квантово-размерных структур, сложных полупроводниковых кристаллических материалов, гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок; транзисторов с высокой подвижностью электронов, интерференционных и туннельных	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы; правильности оформления, не соответствует	Фрагментарные знания профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы; правильности оформления, частично соответствует требованиям, предъявляемым к содержа-	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; правильность оформления, частично соот-	Уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; правильность

	транзисторов, FIN FET транзисторов; методы молекулярно-лучевой эпитаксии, эпитаксии из органических соединений; механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике	требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых работ;	нию и оформлению курсовых работ;	ветствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых работ;	оформления, полностью соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых работ;
Второй этап (умения)	Уметь - применять полученные знания в области современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения; использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Умеет фрагментарно проводить сбор и систематизацию практического материала	Уверенно проводит сбор и систематизацию практического материала, но не умеет адекватно излагать собственные умозаключения и выводы	Уверенно проводит сбор и систематизацию практического материала, но испытывает небольшие трудности при изложении собственных умозаключения и выводы, уверенно использует справочную и энциклопедическую литературу	Уверенно проводит сбор и систематизацию практического материала, уверенно излагает собственные умозаключения и выводы, уверенно использует справочную и энциклопедическую литературу
Третий этап (владение навыками)	Владеть методами расчета нанoeлектронных приборов, методами исследования физических свойств наноструктур, методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения теоретической и практической работы, не способен внедрять данные для написания курсовой работы	Способен работать с различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения теоретической и практической работы с последующим внедрением данных для написания курсовой работы	Владеет способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения теоретической и практической работы, не способен внедрять данные для написания курсовой работы	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения теоретической и практической работы с последующим внедрением данных для написания курсовой работы

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать типы квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом); квантование зонного электронного спектра; квантовые эффекты Холла; гигантский магниторезистивный эффект и магнитные сверхрешетки	ОПК-7	контрольные работы; тесты; экзамен
	Знать определения, отличительные черты, классификацию наночастиц, квантоворазмерных структур, сложных полупроводниковых кристаллических материалов, гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок; транзисторов с высокой подвижностью электронов, интерференционных и туннельных транзисторов, FIN FET транзисторов; методы молекулярно-лучевой эпитаксии, эпитаксии из органических соединений; механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике	ПК-1	
2-й этап Умения	Уметь классифицировать типы квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки и сверхрешетки, приборы с двумерным электронным газом), учитывать квантование зонного электронного спектра при конструировании приборов нанoeлектроники; разбираться в квантовых эффектах Холла, магнитных сверхрешетках и гигантском магниторезистивном эффекте; разбираться в лазерах на квантовых ямах и точках;	ОПК-7	контрольные работы; тесты; экзамен
	Уметь - применять полученные знания в области современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения; использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1	
3-й этап	Владеть терминологией квантовой меха-	ОПК-7	контрольные работы;

Владеть навыками	ники с целью описания характеристик квантово-размерных структур нанoeлектроники (квантовых точек, ям, проволок, сверхрешеток и их комбинаций, приборов с двумерным электронным газом); практическими навыками расчета закономерностей квантования зонного электронного спектра, величины магнитосопротивления в магнитных сверхрешетках		тесты; экзамен
	Владеть методами расчета нанoeлектронных приборов, методами исследования физических свойств наноструктур, методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники	ПК-1	

4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

Экзаменационные билеты

Примерные вопросы для экзамена:

1. классификация низкоразмерных структур и наноматериалов;
2. свойства наночастиц и материалов с наночастицами;
3. основные положения квантовой механики, используемые в нанoeлектронике;
4. элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах;
5. сверхрешетки;
6. плотность энергетических состояний в низкоразмерных объектах;
7. одноэлектроника;

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 3.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

Критерии оценки (в баллах):

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- 10-16 баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- 1-10 баллов выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Примерные темы курсовых работ

1. Наноразмерные химические сенсоры
2. Нанотранзисторы на биологических объектах
3. Лазеры на квантовых ямах и точках
4. Одноэлектронные транзисторы
5. Органические полевые транзисторы
6. Наноразмерные биосенсоры
7. Приборы спинтроники

Критерии оценки:	оценка
<ul style="list-style-type: none"> – работа выполнена самостоятельно, носит творческий характер, возможно содержание элементов научной новизны; – собран, обобщен и проанализирован достаточный объем литературных источников; – при написании и защите работы студентом продемонстрирован высокий уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций, теоретические знания и наличие практических навыков; – работа хорошо оформлена и своевременно представлена на кафедру, полностью соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых работ; – на защите освещены все вопросы исследования, ответы студента на вопросы профессионально грамотны, исчерпывающие, результаты исследования подкреплены статистическими критериями; 	<i>отлично</i>
<ul style="list-style-type: none"> – тема работы раскрыта, однако выводы и рекомендации не всегда оригинальны и / или не имеют практической значимости, есть неточности при освещении отдельных вопросов темы; – собран, обобщен и проанализирован необходимый объем литературы, но не по всем аспектам исследуемой темы сделаны выводы и обоснованы практические рекомендации; – при написании и защите работы студентом продемонстрирован средний уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций, наличие теоретических знаний и достаточных практических навыков; – работа своевременно представлена на кафедру, есть отдельные недостатки в ее оформлении; – в процессе защиты работы были неполные ответы на вопросы. 	<i>хорошо</i>
<ul style="list-style-type: none"> – тема работы раскрыта частично, но в основном правильно, допущено поверхностное изложение отдельных вопросов темы; – в работе недостаточно полно была использована литература, выводы и практические рекомендации не отражали в достаточной степени содержание работы; 	<i>удовлетворительно</i>

<ul style="list-style-type: none"> – при написании и защите работы студентом продемонстрирован удовлетворительный уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций, поверхностный уровень теоретических знаний и практических навыков; – работа своевременно представлена на кафедру, однако не в полном объеме по содержанию и / или оформлению соответствует предъявляемым требованиям; – в процессе защиты выпускник недостаточно полно изложил основные положения работы, испытывал затруднения при ответах на вопросы. 	
<ul style="list-style-type: none"> – содержание работы не раскрывает тему, вопросы изложены бессистемно и поверхностно, нет анализа практического материала, основные положения и рекомендации не имеют обоснования; – работа не оригинальна, основана на компиляции публикаций по теме; – при написании и защите работы студентом продемонстрирован неудовлетворительный уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций; – работа несвоевременно представлена на кафедру, не в полном объеме по содержанию и оформлению соответствует предъявляемым требованиям; – на защите студент дневного отделения показал поверхностные знания по исследуемой теме, отсутствие представлений об актуальных проблемах по теме работы, плохо отвечал на вопросы. 	<i>неудовлетворительно</i>

Комплект тестов (тестовых заданий)

по дисциплине «Нанoeлектроника»

1) Нанoeлектроника – это

- а) Область электроники, занимающаяся разработкой физических и технологических основ создания интегральных электронных схем с характерными топологическими размерами элементов менее 100 нанометров;
- б) Область электроники, занимающаяся разработкой физических и технологических основ создания интегральных электронных схем с характерными топологическими размерами элементов более 100 нанометров;
- в) Область электроники, занимающаяся разработкой физических и технологических основ создания интегральных электронных схем с характерными топологическими размерами элементов менее 200 нанометров;
- г) Область электроники, занимающаяся разработкой физических и технологических основ создания интегральных электронных схем с характерными топологическими размерами элементов более 200 нанометров.

2) Фермионы – это

- а) атомы химического элемента фермия Fm (с порядковым номером 100);
- б) частицы с целым спином;
- в) частицы с полуцелым спином;
- г) частицы, подчиняющиеся статистике Ферми-Дирака.

3) В каждом квантовом состоянии может находиться фермионов:

- а) один;

- б) не более одного;
- в) не более двух;
- г) любое количество.

4) В 1989 г. произошло знаменательное событие: зондовый микроскоп перестал быть только измерительным инструментом. С его помощью удалось перенести на поверхность образца несколько атомов. И более того, «выложить» название известной фирмы. Этой фирмой был?

- а) Intel;
- б) Fairchild;
- в) IBM;
- г) Apple.

Критерии оценки (в баллах)

За каждый правильный ответ- 1 балл

Письменная контрольная работа

1.) Подложка - это

- а) Материал, поверхность которого подвергается различным видам обработки, в результате чего образуются слои с новыми свойствами или наращивается плёнка другого материала;
- б) Устройство, поверхность которого подвергается различным видам обработки, в результате чего образуются слои с новыми свойствами или наращивается плёнка другого материала;
- в) порошковая смесь.

2) Фононы:

- а) описываются статистикой Бозе-Эйнштейна;
- б) являются коллективными колебаниями кристаллической решетки;
- в) являются носителями энергии;
- г) являются носителями заряда.

3) Как зависит ток термоэлектронной эмиссии от температуры нагрева катода и работы выхода?

- а) Уменьшается;
- б) Не изменяется;
- в) Увеличивается.

Критерии оценки (в баллах)

За каждый правильный ответ- 2 балл

Дополнительные баллы за участие в конференциях и публикацию статей

1. Публикация статей – 5 баллов

Критерии	Оценка (в баллах)	
	Тип работы	Реферативная работа
	Работа носит исследовательский характер	1

Использование известных данных и научных фактов	Не использует никаких данных	0
	Использованы научные данные	1
Полнота цитируемой литературы, ссылка на ученых	Использован учебный материал	0
	Использованы специализированные издания или интернет ресурсы	1
Актуальность работы	Изучение вопроса не является актуальным	0
	Представленная работа привлекает интерес своей актуальностью	1
Степень новизны полученных результатов	Работа не содержит ничего нового	0
	В работе доказан уже установленный факт или получены новые данные	1

2. Участие в конференции- 5 баллов

Творческий подход к отбору и структурированию материала	-	1 балл
Новизна и самостоятельность при постановке проблемы	-	1 балл
Выступление не является простым чтением с экрана	-	1 балл
В выступлении дополняются и раскрываются ключевые моменты, представленные на слайдах	-	1 балл
Во время выступления поддерживается зрительный контакт с аудиторией, речь отличается богатством интонаций	-	1 балл

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

Основная литература:

1. Салихов, Р.Б. Введение в наноэлектронику [Электронный ресурс]: практикум / авт.- сост. Р.Б. Салихов; Башкирский государственный университет. — Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. — Электрон. версия печ. публикации. — Доступ возможен через Электронную библиотеку БашГУ. — <URL:https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Salihov_Vvedenie_v_nanoelektroniku_pr_2017.pdf>.
2. Игнатов, Александр Николаевич. Микросхемотехника и наноэлектроника : учебник / А. Н. Игнатов .— СПб. ; Москва ; Краснодар : Лань, 2011 .— 528 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— ISBN 978-5-8114-1161-0 [В библи. БашГУ имеется 25 экз.]

Дополнительная литература:

1. Дробот, П.Н. Наноэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Н. Дробот. — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2016. — 286 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/110241>.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, 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.fepo.ru).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. www.affp.mics.msu.su

6	Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ»	Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	https://elib.bashedu.ru/
7	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	http://www.biblioclub.ru/
8	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	http://e.lanbook.com/

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Наноэлектроника	<p>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория №415 (физикотехнический корпус учебное).</p> <p>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория №415 (физикотехнический корпус учебное).</p> <p>3. учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ): аудитория №415 (физмат корпус учебное).</p> <p>4. учебная аудитория для консультирования и промежуточной аттестации: аудитория 415 (физико-математический корпус учебное)</p> <p>5. помещения для самостоятельной работы Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж): Зал доступа к электронной информации Библиотеки</p>	<p>Аудитория 415 Доска, учебная мебель, проектор</p> <p>Читальный зал Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50, ПК (моноблок) – 8 шт., подключенных к сети Интернет, неограниченный доступ к электронным БД и ЭБС; количество посадочных мест – 8</p>	<p>1. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г.. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p>

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Нанoeлектроника на 6 семестре
 (наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	51,2
лекций	16
практических/ семинарских	32
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	3,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	58
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	34,8

Форма(ы) контроля:

экзамен_6 семестр

курсовая работа: 6 семестр, контактных часов – 2, часов на самостоятельную работу - 10

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Модуль 1. Основы нанoeлектроники			-				
1.	Понятие нанообъекта, наноматериала, нанотехнологии. Классификация нанообъектов и наноматериалов.	2	3	-	4	[1]: Раздел 1		решения задач
2.	Сканирующий туннельный микроскоп, атомно-силовой микроскоп. Достижения нанотехнологий	1	3	-	4	[1]: Раздел 1		решения задач
3.	Квантовые основы нанoeлектроники . Объекты новой электроники. Квантовые точки, нульмерный электронный газ. Квантовые нити, одномерный электронный газ. Квантовые ямы, двумерный электронный газ.	1	3	-	4	[1]: Раздел 2		решения задач

4.	Фазовая интерференция электронных волн. Интерференционные транзисторы. Полевые транзисторы на отраженных электронах. Туннелирование носителей заряда. Диоды и транзисторы на резонансном туннелировании. Примеры приборов нанoeлектроники. Усовершенствование традиционной элементной базы.	2	3	-	4	[1]: Раздел 3		тест
	Модуль 2. Одноэлектроника и нанотранзисторы, лазеры			-				
5.	Одноэлектронный транзистор. Эффект одноэлектронного туннелирования. Приборные структуры одноэлектроники. Одноэлектронные транзисторные структуры. Молекулярный одноэлектронный транзистор.	1	2	-	4	[1]: Раздел 4		решения задач
6.	Устройства на одноэлектронных транзисторах. Одноэлектронная ловушка. Генераторы на одноэлектронных транзисторах. Стандарты постоянного тока. Логические элементы.	1	2	-	3	[1]: Раздел 4		письменная контрольная работа
7.	Нанотранзисторы на ос-	1	2	-	3	[1]: Раздел 5		решение задач

	нове структур кремния на сапфире. Нанотранзисторы с гетеропереходами. MESFET – транзисторы							
8.	HEMT-транзисторы. Гетеротранзисторы Шоттки с высокой подвижностью заряда. Транзистор на квантовых точках	1	2	-	4	[1]: Раздел 5		тест
9.	Лазеры с квантовыми ямами и точками. Фотоприемники на квантовых ямах	1	2	-	2	[1]: Раздел 6		подготовка доклада
	Модуль 3. Спинтроника и политроника			-				
10.	Считывающая головка на гигантском магнитосопротивлении. Энергонезависимая память на гигантском магнитосопротивлении. Энергонезависимая память на спинзависимом туннелировании. Спин-вентильный транзистор.	3	4	-	6	[1]: Раздел 7		решения задач
11.	Углеродные нанотрубки. Графен. Применение углеродных наноматериалов в дисплеях, памяти и процессорах.	3	4	-	5	[1]: Раздел 8		тест
12.	Органические транзисторы. Органические светоизлучающие диоды и солнечные элементы. Вычислители на основе	2	2	-	5	[1]: Раздел 9		подготовка доклада

	ДНК.							
13.	Курсовая работа	-	-	-	10	Салихов, Р.Б. Введение в нанoeлектронику [Электронный ресурс]: практикум / авт.-сост. Р.Б. Салихов; Башкирский государственный университет. — Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. — Электрон. версия печ. публикации. — Доступ возможен через Электронную библиотеку БашГУ. — <URL: https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Salikhov_Vvedenie v nanoelektroniku_pr_2017.pdf >.	Курсовая работа представляет собой самостоятельное научное исследование студента по теме связанной с дисциплиной «Нанoeлектроника»	
	Всего часов:	16	32	-	58			

Рейтинг-план дисциплины

Нанoeлектроника

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность _____ Электроника и нанoeлектроника

курс _____ 3 _____, семестр _____ 6 _____

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1. Физические основы нанoeлектроники			0	32
Текущий контроль				
1. Тест	1	20	0	20
Рубежный контроль				
1. Письменная контрольная работа	2	6	0	12
Модуль 2. Модель свободных электронов, энергетические зоны и полупроводниковые кристаллы			0	38
Текущий контроль				
2. Тест	1	16	0	20
Рубежный контроль				
1. Письменная контрольная работа	2	9	0	18
Поощрительные баллы				
1. Участие в конференциях, публикация статей	10	1	0	10
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических (семинарских занятий)			0	-10
Итоговый контроль				
1. Экзамен				30

Форма экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1
по дисциплине Нанoeлектроника
Направление 11.03.04 электроника и нанoeлектроника
Профиль Электронные приборы и устройства

1. Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ). Технические возможности сканирующего туннельного микроскопа (СТМ).
2. НЕМТ- транзисторы. Гетеротранзисторы с барьером Шоттки с высокой подвижностью заряда.

Заведующий кафедрой

 / Салихов Р.Б./