

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)

Институт информатики, электроники и робототехники

Кафедра электроники и цифровых информационных технологий

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной программы

_____ Тешев Р.Ш.

«___» _____ 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор института

_____ Черкесова Н.В.

«___» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.06.09 «НАНОЭЛЕКТРОНИКА»

Направление подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль: **Современные информационные технологии в электронной технике**

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

НАЛЬЧИК 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) **«Нанoeлектроника»** /сост. А.А. Канаметов – Нальчик: КБГУ, 2021 г. 30 с.

Рабочая программа предназначена для студентов *очной* формы обучения по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, в 4 семестре, 2 курса.

Рабочая программа составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «19» сентября 2017 г. № 927.

Содержание

Содержание	3
.....	
1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	4
.....	
2. Место дисциплины(модуля) в структуре ОПОП ВО.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины(модуля)	5
.....	
4. Содержание и структура дисциплины(модуля).....	7
...	
4.1. Содержание разделов дисциплины(модуля)	7
.....	
4.2. Структура дисциплины(модуля)	9
.....	
4.3. Лекционные занятия.....	10
4.4. Практические занятия.....	12
4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины(модуля).....	12
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	13
5.1. Задания для текущего контроля.....	13
5.2. Промежуточная аттестация.....	19
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	22
.....	
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	23
.....	
7.1. Основная литература.....	23
7.2. Дополнительная литература.....	24
7.3. Периодические издания.....	25
7.4. Интернет-ресурсы.....	25
7.5. Методические указания по проведению учебных занятий и	25

	организации самостоятельной работы студентов.....	
8.	Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)	29
	Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины(модуля)	30

1. Цель и задачи дисциплины (модуля)

Предметом дисциплины являются физические принципы работы, основы технологии производства, а так же принципы конструирования элементов и приборов нанoeлектроники; теоретические и технологические пределы уменьшения размеров элементов и приборов нанoeлектроники.

Цель дисциплины состоит в изучении студентами сведений и приобретении практических навыков, необходимых для разработки элементов и приборов нанoeлектроники, а так же в изучении сведений и формировании навыков, необходимых для исследования принципов работы и функциональных возможностей элементов нанoeлектроники с использованием современных аппаратно-программных комплексов.

Задачи: формирование знаний о современном состоянии нанoeлектроники в России и за рубежом; формирование знаний о физических свойствах наноструктур, а так же элементов и приборов на их основе; формирование знаний о технологии их производства и методах исследования их свойств и параметров; формирование знаний о принципах работы элементов и приборов нанoeлектроники; формирование навыков компьютерного моделирования физических свойств и принципов работы устройств нанoeлектроники.

Изучение дисциплины направлено на подготовку специалистов, способных решать задачи, возникающие в процессе производства и эксплуатации изделий электроники и нанoeлектроники с учетом области, типов и задач профессиональной деятельности в соответствии с профессиональными стандартами:

- 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», который утвержден приказом Минтруда России от 03.07.2019 №480н и зарегистрирован Минюстом России 29.07.2019 №55439;
- 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», который утвержден приказом Минтруда России от 07.09.2015 №593н (В редакции, введенной в действие с 20.01.2019 г. приказом Минтруда России от 14.12.2018 №807н) и зарегистрирован Минюстом России 23.09.2015 г. №38983.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина Б1.О.06.09 относится к базовой части учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль: Современные информационные технологии в электронной технике.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: "Физика (общая)", "Материалы электронной техники", "Теоретические основы электротехники", "Физика наноструктур", "Компьютерное моделирование технологических процессов электроники и нанoeлектроники", "Физические основы электроники и нанoeлектроники".

Знания, полученные после освоения дисциплины, необходимы при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы и изучении дисциплин: «Основы технологии электронной компонентной базы», «Основы конструирования и технологии производства электронных средств», «Введение в конструирование элементов СБИС».

При освоении дисциплины обучающийся сможет частично продемонстрировать следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ):

- разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению браков в производстве изделий микроэлектроники

(профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код В, уровень квалификации 6);

- разработка типовых технологических процессов и планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код С, уровень квалификации 6);

- совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», код С, уровень квалификации 6).

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

Таблица 1

Категория компетенции/ тип задач	Код и наименование компетенции	Индикаторы (показатели) достижения компетенций
Научное мышление	ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы ОПК-1.2. Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ОПК-1.3. Владет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач

<p>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</p>	<p>ПК-1.Способен 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</p>	<p>ПК-1.1.Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков ПК-1.2.Владеет навыками компьютерного моделирования</p>
---	---	--

Формирование профессиональных компетенций осуществляется в соответствии с профессиональными стандартами и ориентирована на выполнение обобщенных трудовых функций (ОТФ) и трудовых функций (ТФ):

Таблица 2

Профессиональная компетенция	Профессиональный стандарт	Обобщенная трудовая функция	Трудовая функция
<p>ПК-1. Способен 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</p>	<p>40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»</p>	<p>В. Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению брака в производстве изделий микроэлектроники</p>	<p>В/01.6. Анализ причин брака при изготовлении изделий микроэлектроники и разработка рекомендаций по их устранению и предупреждению</p>
			<p>В/02.6. Разработка единичных технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники</p>
			<p>В/03.6. Разработка технических заданий на проектирование и изготовление технологической оснастки, нестандартного оборудования, средств автоматизации процессов производства изделий микроэлектроники</p>

		С. Разработка типовых технологических процессов и планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники	С/01.6. Разработка и адаптация типовых технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники
			С/02.6. Разработка планировок рабочих мест и участков на производстве изделий микроэлектроники
			С/03.6. Разработка технических заданий на модернизацию оборудования, технологической оснастки и средств автоматизации процессов производства изделий микроэлектроники
	40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»	С. Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	С/01.6. Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

4.1. Содержание разделов дисциплины (модуля)

В таблице 3 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: выполнение заданий на практических занятиях (ПЗ), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т).

Таблица 3

№	Наименование раздела (формируемые компетенции)	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	Основные тенденции и принципы современной электроники. (ОПК-1, ПК-1)	Вводная часть. Современное состояние микроэлектроники и субмикронной электроники в России и за рубежом. Предпосылки перехода от микро- к нанoeлектронике. Классическая и неклассическая нанoeлектроника. Основные тенденции развития элементной базы нанoeлектроники в России и за рубежом. Принципы построения нанотранзисторов. Проблемы, связанные с проектированием и моделированием элементов и приборов на основе наноструктур.	(К), (РК), (Т), (ПЗ)
2	Физические основы технологии производства наноструктур и элементов нанoeлектронных устройств. (ОПК-1, ПК-1)	Технологии формирования наноструктур. Два подхода к формированию наноструктур. Кремний как основной материал классической нанoeлектроники. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Газофазная эпитаксия из металлорганических соединений. Формирование структур на основе коллоидных растворов. Золь-гель технология. Атомно-слоевое осаждение. Технологии формирования гетеропленок и сверхтонких пленок различных материалов. Формирование одномерных и нульмерных полупроводниковых и металлических квантовых наноструктур. Нанопечатная литография. Контактная и бесконтактная нанопечать методами зондовой нанотехнологии. Метод локального анодного окисления. Метод создания наноструктур снизу-вверх. Химическая самосборка наноструктур. Другие методы создания наноструктур на основе самоорганизации. Технологии создания фотонных кристаллов.	(К), (РК), (Т), (ПЗ)
3	Пределы применения методов и технологий классической электроники (ОПК-1, ПК-1)	Физические и технологические пределы уменьшения размеров элементов микроэлектроники. Физические ограничения в технологии производства электронных компонентов. Точность литографического процесса и воспроизводимость параметров. Ограничения, накладываемые механизмом работы компонентов. Ограничения электрофизических параметров. Ограничения межэлементных связей. Теплофизические ограничения. Масштабирование в микро- и нанoeлектронике.	(К), (РК), (Т), (ПЗ)
4	Физические свойства наноструктур и элементов на их основе (ОПК-1, ПК-1)	Наноструктуры. Физические свойства наноструктур. Полупроводниковые гетеропереходы, гетероструктуры. Полупроводниковые сверхрешетки. Принцип кулоновской блокады. Эффект одноэлектронного туннелирования. Углеродные наноматериалы. Фуллерены. Углеродные нанотрубки. Графен. Алмаз и другие аллотропные	(К), (РК), (Т), (ПЗ)

		модификации углерода. Магнитные наноматериалы. Полупроводниковые пленки с магнитными свойствами. Спин-электронные слоистые структуры. Принцип спиновой фильтрации потока электронов. Полимерные проводящие и полупроводящие материалы. Свойства фотонных кристаллов. Пленки Ленгмюра-Блоджетт.	
5	Элементы и приборы нанoeлектроники (ОПК-1, ПК-1)	<p>Нанотранзисторные структуры классической нанoeлектроники. Биполярные нанотранзисторы с плавным гетеропереходом. Транзисторы на основе структуры «кремний на изоляторе». Транзисторы на основе структуры «кремний-германий». Гетероструктурные нанотранзисторы с высокой подвижностью носителей. Транзисторы на квантовых точках.</p> <p>Устройства и структуры неклассической нанoeлектроники. Резонансно-туннельные диоды. Транзисторы с резонансным туннелированием. Нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок. Графеновые нанотранзисторы. Спиновые нанотранзисторы. Принципы построения и конструкции спиновых транзисторов. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе спиновых транзисторов. Нанотранзистор на основе нанoeлектромеханических систем. Конструкции одноэлектронного транзистора. Многоостровковые одноэлектронные структуры. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе одноэлектронных структур. Квантовые компьютеры. Транзисторы на основе эффектов Штарка и Ааронова-Бома. Квантовые интерферометры. Элемент Джозефсона. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе переходов Джозефсона. Молекулярные транзисторы. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе молекулярных нанотранзисторов. Органические светодиоды. Органические нанотранзисторы. Устройства на основе фотонных кристаллов. Волоконные лазеры. Однофотонный транзистор. Мемристоры и элементы памяти на их основе. Функциональные элементы СБИС на основе наноразмерных структур. Проблемы построения интегральных устройств на основе нанoeлектронных транзисторов</p>	(К), (РК), (Т), (ПЗ)

4.2. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа)

Таблица 4

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	4 семестр	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Контактная работа (в часах):	102	102

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	4 семестр	Всего
<i>Лекции (Л)</i>	51	51
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	51	51
Самостоятельная работа (в часах):	38	38
Самостоятельное изучение разделов	15	15
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

4.3. Лекционные занятия

Таблица 5

№ раздела	Тема
1	Микро- и нанoeлектроника сегодня: состояние, перспективы и проблемы дальнейшего развития.
1	От микро- к нанoeлектронике. Два направления развития субмикронной электроники: классическая и неклассическая нанoeлектроника. Кремний как основной материал классической нанoeлектроники.
1	Принципы и ограничения, связанные с проектированием и построением элементов и приборов на основе наноструктур.
2	Два подхода к формированию наноструктур: классические методы формирования интегральных структур (метод сверху-вниз), формирование наноструктур методами самоорганизации и самосборки(метод снизу-вверх)
2	Эпитаксиальные методы формирования наноструктур.
2	Атомно-слоевое осаждение
2	Формирование наноструктур на основе коллоидных растворов и золь-гель технология
2	Формирование наноструктур на основе ионного синтеза
2	Методы и технологии формирования сверхтонких гетероструктурных пленок (двумерных квантовых структур).
2	Формирование одномерных и нульмерных квантовых наноструктур
2	Формирование наноструктур методами зондовой нанотехнологии
2	Формирование наноструктур на основе процессов самоорганизации и самосборки.
2	Технологии создания фотонных кристаллов. Бестемплантный синтез фотонных кристаллов. Технология создания инвертированных фотонных кристаллов
2	Другие методы и технологии создания наноструктур.
3	Фундаментальные ограничения создания наноструктурных компонентов. Масштабирование в микро- и нанoeлектронике.
3	Физические и технологические ограничения производства нанoeлектронных компонентов. Точность технологических процессов и воспроизводимость параметров приборов на наномасштабах.
3	Физические и технологические ограничения производства нанoeлектронных компонентов. Ограничения, накладываемые механизмом работы компонентов.

4	Наноструктуры с гетеропереходами. Физические свойства и применения. Гетероструктуры.
4	Полупроводниковые сверхрешетки. Физические свойства и применения в нанoeлектронике
4	Аллотропные модификации углерода в нанoeлектронике. Графен, алмазные пленки. Фуллерены, углеродные нанотрубки. Применения в нанoeлектронике
4	Магнитные материалы с полупроводниковыми свойствами. Спин-электронные наноструктуры
4	Элементы политроники. Органические проводники и полупроводники. Физические свойства и применения.
4	Физические свойства и применения фотонных кристаллов
4	Пленки Ленгмюра-Блоджет. Физические свойства и применения.
4	Физические свойства и применения биологических наноструктур
5	Элементы и приборы классической нанoeлектроники. Биполярные нанотранзисторы с плавным гетеропереходом. Гетероструктурные нанотранзисторы с высокой подвижностью носителей.
5	Элементы и приборы классической нанoeлектроники. Транзисторы на основе структуры «кремний на изоляторе».
5	Элементы и приборы классической нанoeлектроники. Транзисторы на основе структуры «кремний-германий».
5	Устройства и структуры неклассической нанoeлектроники. Резонансно-туннельные диоды. Транзисторы с резонансным туннелированием. Транзисторы на горячих электронах. Транзисторы со статической индукцией
5	Углерод как перспективный материал нанoeлектроники. Нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок. Графеновые нанотранзисторы.
5	Элементы спинтроники. Принципы построения и конструкции спиновых нанотранзисторов. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе спиновых транзисторов
5	Устройства на основе эффекта одноэлектронного туннелирования. Конструкции одноэлектронного транзистора. Многоостровковые одноэлектронные структуры. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе одноэлектронных структур.
5	Органические светодиоды. Органические нанотранзисторы.
5	Молеетроника (молекулярная электроника). Молекулярные нанотранзисторы. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе молекулярных нанотранзисторов.
5	Элементы фотоники. Устройства на основе фотонных кристаллов. Однофотонный нанотранзистор.
5	Проблемы построения интегральных устройств на основе нанoeлектронных транзисторов

4.4. Практические занятия

Таблица 6

№ раздела	Тема
4	Элементы низкоразмерных структур. Квантовые ямы, нити, точки.
4	Элементы низкоразмерных структур. Электроперенос в низкоразмерных системах.
4	Элементы гетероструктур. Квантовые колодцы.
2	Процессы самоорганизации при формировании низкоразмерных систем.
4	Электрофизические свойства низкоразмерных структур. Кондактанс и ВАХ низкоразмерных структур.
4,5	Туннельные явления. Одноэлектронное туннелирование.
4,5	Туннельные явления. Резонансное туннелирование.
4,5	Туннельные явления. Спин-контролируемое туннелирование.
4,5	Магнитные явления в низкоразмерных структурах.

4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 7

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
2	Технологии нанотрансформирования гетеропленок
2	Технологии создания проводящих и полупроводящих нановолокон и спиралевидных наноструктур
2	Технологии создания гофрированных наноструктур
2	Формирование наноструктур методами зондовой нанотехнологии. Межэлектродный массоперенос.
2	Формирование наноструктур методами зондовой нанотехнологии. Электрохимический массоперенос.
2	Сканирующая туннельная нанолитография
2	Технологии создания фотонных кристаллов с контролируемой шириной запрещенной зоны.
2	Технологии формирования графеновых наноструктур
4	Устройства на эффекте кулоновской блокады. Одноэлектронные транзисторы
4	Физические основы реализации элементов квантовых компьютеров. Физические принципы построения квантового компьютера.
5	Элемент Джозефсона. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе переходов Джозефсона.
5	Нанотранзистор на основе наноэлектромеханических систем.
5	Транзисторы на основе эффектов Штарка и Ааронова-Бома. Квантовые интерферометры
5	Элементы спинтроники. Принцип спиновой фильтрации потока электронов.
5	Лазерные наноструктуры. Волоконные лазеры.
5	Мемристоры и элементы памяти на их основе.
5	Функциональные элементы СБИС на основе наноразмерных структур.

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Текущий и рубежный контроль освоения студентом дисциплины, а так же промежуточная аттестация осуществляется в рамках балльно-рейтинговой системы. В соответствии с действующим Положением о балльно-рейтинговой системе оценка успеваемости студентов КБГУ используется следующая шкала дифференцирования баллов по пятибалльной системе:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если набрано 91 – 100 баллов;
- оценка «хорошо» выставляется, если набрано 81 – 90 баллов
- оценка «удовлетворительно» выставляется, если набрано 61 – 80 баллов;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если набрано 36-60 баллов.

Распределение баллов по контрольным точкам в соответствии с действующим Положением о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости студентов КБГУ приведено в таблице 8:

Таблица 8

№ рейтинг. точки	Коллоквиум	Практические занятия	Посещаемость	Тестирование	Итого
1	10	5	3	5	23
2	10	5	3	5	23
3	10	5	4	5	24

5.1. Задания для текущего контроля

Примерный перечень вопросов на коллоквиум по темам дисциплины

Коллоквиум 1 (проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1)

1. Основные тенденции развития элементной базы нанoeлектроники в РФ и за рубежом.
2. Переход от микроэлектроники к нанoeлектронике. Предпосылки и возможные проблемы
3. Принципы построения нанотранзисторов в классической и неклассической нанoeлектронике.
4. Проблемы, связанные с проектированием и моделированием элементов и приборов на основе наноструктур.
5. Кремний. Материалы и технологии классической нанoeлектроники.
6. Углеродные материалы, как перспективные материалы неклассической нанoeлектроники
7. Эпитаксиальное формирование наноструктур из газовой фазы.
8. Формирование наноструктур методами молекулярно-лучевой эпитаксии.
9. Методы формирования наноструктур из коллоидных взвесей и растворов.
10. Принципы, преимущества и недостатки золь-гель технологии создания наноструктур
11. Формирование наноструктур методом атомно-слоевого осаждения
12. Технологии формирования металлических и диэлектрических сверхтонких слоев
13. Технологии формирования гетероструктурных пленок
14. Формирование металлических квазиодномерных и спиралевидных волокон
15. Формирование полупроводниковых квазиодномерных и спиралевидных волокон

16. Формирование гофрированных наноструктур
17. Технологии создания нульмерных объектов (квантовых точек)
18. Технологии нанолитографии. Нанопечать в создании наноструктур
19. Ионный синтез наноструктурированных материалов
20. Физические основы зондовых методов литографии
21. Формирование наноструктур методом наногравировки
22. Формирование наноструктур методом наночеканки
23. Сканирующая туннельная литография наноструктур
24. Метода локального анодного окисления в создании наноструктур
25. Создание наноструктур методом полевого испарения
26. Межэлектродный массоперенос в создании наноструктур
27. Электрохимический массоперенос в создании наноструктур
28. Контактные и бесконтактные методы формирования наноструктур
29. Химическая самосборка наноструктурированных материалов
30. Процессы самоорганизации при создании наноструктур

Коллоквиум 2 (проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1)

1. Технологии создания упорядоченных наноструктур
2. Методы создания инвертированных фотонных кристаллов
3. Технологии селективного травления при создании фотонных кристаллов
4. Технологии создания фотонных кристаллов с контролируемой шириной запрещенной зоны
5. Бестемпланный синтез фотонных кристаллов
6. Технологии формирования графеновых наноструктур
7. Физические пределы уменьшения размеров элементов микроэлектроники.
8. Технологические пределы уменьшения размеров элементов микроэлектроники
9. Физические ограничения в технологии производства электронных компонентов.
10. Точность литографического процесса и воспроизводимость параметров элементов микроэлектроники
11. Ограничения, накладываемые механизмом работы компонентов микроэлектронных приборов.
12. Ограничения электрофизических параметров микроэлектронных приборов.
13. Ограничения межэлементных связей микроэлектронных приборов.
14. . Теплофизические ограничения микроэлектронных приборов.
15. . Масштабирование в микро- и наноэлектронике.
16. Физические свойства и применения полупроводниковых гетеропереходов
17. Физические свойства и применения гетероструктур
18. Полупроводниковые сверхрешетки. Физические свойства и применения
19. Алмазные пленки в наноэлектронике. Физические свойства и применения
20. Графен, как перспективный материал наноэлектроники. Физические свойства и возможные применения
21. Углеродные нанотрубки, как основной материал неклассической наноэлектроники
22. Фуллерены. Физические свойства и применения в наноэлектронике
23. Физические свойства и применения магнитных полупроводников

24. Структуры со спин-зависимым транспортом носителей заряда
25. Полимерные проводники и проводники. Физические свойства и применения
26. Фотонные кристаллы. Физические свойства и применения в нанoeлектронике
27. Лэнгмюровские пленки. Физические свойства и применения в нанoeлектронике
28. Биологические наноструктуры, как основа элементов и устройств бионанoeлектроники.
29. Квантовое ограничение в наноструктурах и его применение
30. Эффект кулоновской блокады и его применения в нанoeлектронике
31. Эффект одноэлектронного туннелирования и его применение
32. Эффект резонансного туннелирования и его применения в нанoeлектронике
33. Эффект Ааронова – Бома и его применение в нанoeлектронике

Коллоквиум 3 (проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1)

1. Явление квантовой интерференции и его применение в нанoeлектронике
2. Эффект Джозефсона и его применение в нанoeлектронике
3. Физические основы квантовых компьютеров
4. Баллистическая проводимость наноструктур и ее применения в нанoeлектронике
5. Эффект надбарьерного отражения квантовых частиц и его применение в нанoeлектронике
6. Квантовый эффект Холла и его применения
7. Модуляционно-легированные наноструктуры
8. Дельта-легированные наноструктуры
9. Транзисторы с изолированным затвором
10. Многозатворные транзисторы
11. КНИ-транзисторы
12. Кремний-германиевые транзисторы
13. Биполярные нанотранзисторы с плавным гетеропереходом.
14. Гетеропереходные полевые нанотранзисторы с высокой подвижностью носителей.
15. Транзисторы на горячих электронах.
16. Транзисторы на квантовых точках
17. Нанотранзисторы на основе графена
18. Нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок
19. Нанoeлектромеханический транзистор
20. Спиновый нанотранзистор
21. Резонансно-туннельные диоды.
22. Транзисторы с резонансным туннелированием.
23. Транзисторы на основе эффектов Штарка и Ааронова-Бома.
24. Квантовые интерферометры.
25. Конструкции одноэлектронного транзистора.
26. Многоостровковые одноэлектронные структуры.
27. Молекулярный транзистор
28. Память на основе молекулярных транзисторов
29. Логические элементы на основе молекулярных транзисторов

30. Органические транзисторы
31. Органические светодиоды
32. Фотонные транзисторы
33. Мемристор и его свойства
34. Функциональные элементы СБИС на основе наноразмерных структур.
35. Элемент Джозефсона. Интегральная логика на их основе.
36. Элементы памяти на основе переходов Джозефсона.

Методические рекомендации к подготовке к коллоквиуму

Подготовка к коллоквиуму проводится студентом самостоятельно по материалам лекций и лабораторных занятий. В качестве главного источника информации используется основная литература и материалы лекций. Коллоквиум представляет собой устный опрос с возможностью предварительной подготовкой и включает в себя два теоретических вопроса. Основная цель коллоквиума – выявить уровень владения теоретическим материалом, основными, базовыми концепциями дисциплины.

Критерии оценивания коллоквиума

Коллоквиум представляет собой устный опрос по темам, пройденным в течение промежутка времени от последнего проведенного коллоквиума до текущей даты. При этом проверяются следующие показатели:

- ясность, четкость и доказательность изложения ответов на вопросы;
- владение специальными терминами, понятиями и принципами;
- системность знаний, умений и навыков по тематике

По трем контрольным точкам (трем коллоквиумам в течение семестра) студент может получить 0-30 баллов. По итогам устного опроса на текущем коллоквиуме студенту выставляется:

- 9-10 баллов**, если владеет в полном объеме программным материалом, вынесенным на коллоквиум, достаточно глубоко осмысливает тему (раздел), ясно и исчерпывающе отвечает на все вопросы, выделяет при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивает, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать программный материал, четко формирует ответы;
- 7-8 баллов**, если владеет учебным материалом, вынесенным на коллоквиум почти в полном объеме (имеются пробелы в знаниях только в некоторых, особенно сложных вопросах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы; не всегда выделяет наиболее существенное, не допускает серьезных ошибок в ответах.
- 5–6 баллов**, если владеет основным объемом знаний по темам коллоквиума, проявляет затруднения в самостоятельных ответах, допускает неточные формулировки, в процессе ответа допускает ошибки по существу вопроса.
- 1-4 баллов**, если не освоил обязательный минимум знаний предмета, не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах.

Образцы тестовых заданий (проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1)

Задание 1

В квантовой яме движение электрона ограничено:

- ☒ по одной координате
- ☐ по двум координатам
- ☐ по трем координатам

Задание 2

Структура C_{60} напоминает:

- ☒ футбольный мяч
- ☐ пирамиду
- ☐ куб

Задание 3

В рентгеновской литографии используют длину волны около:

- ☒ 1 нм
- ☐ 10 нм
- ☐ 100 нм

Задание 4

Углеродные нанотрубки - это:

- ☒ цилиндрические молекулы диаметром ~ 1 нм и длиной несколько микрометров
- ☐ правильные пятиугольники в графитовом листе, который можно свернуть в трубку
- ☐ это молекула углерода, состоящая из 60-ти атомов углерода

Задание 5

Одноэлектронное туннелирование имеет место:

- ☒ в квантово-размерных приборах
- ☐ в баллистических приборах
- ☐ в массивных приборах

Задание 6

Квант проводимости G определяется формулой:

- ☒ $2e^2/h$
- ☐ $2e/h$
- ☐ $2e^3/h$

Задание 7

Процесс «резонансного туннелирования» имеет место, когда энергетические уровни двух соседних потенциальных ям имеют:

- ☒ одинаковую энергию
- ☐ энергию больше чем тепловая энергия kT
- ☐ энергию меньше kT

Задание 8

Баллистический перенос электрона возможен, если длина свободного пробега электрона

- ☒ $L > d$ (d -длина проводника)
- ☐ $L < d$
- ☐ $L = d$

Задание 9

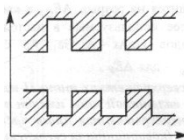
Эффект Ааронова - Бома - это:

- ☒ зависимость фазы электронной волны Φ от магнитной индукции B
- ☐ зависимость электропроводимости от B
- ☐ зависимость амплитуды электронной волны A от B

Задание 10

На рисунке показан потенциальный профиль в композиционной сверхрешетке (КСР):

- ☒ СР типа I
- ☐ СР типа II
- ☐ политипная СР



Методические рекомендации к прохождению компьютерного тестирования

Компьютерное тестирование проводится строго по заранее составленному расписанию в рамках текущего контроля. Студент должен предварительно ознакомиться с системой тестирования и освоить простейшие навыки работы с ней. Тестовые задания включают теоретические вопросы с вариантами ответов или задания на простейшие вычисления. Время на работу в системе тестирования ограничено и предполагает предварительную самостоятельную проработку вопросов, выносимых на тесты, во внеучебное время.

Критерии оценивания тестовых заданий

По результатам каждого тестирования студент может получить до 5 баллов (всего 15 баллов в течение семестра). По итогам тестирования студенту выставляются:

- 5 баллов**, если студент правильно ответил на 86 - 100% тестовых заданий;
- 4 балла**, если студент правильно ответил на 71 - 85% тестовых заданий;
- 3 балла**, если студент правильно ответил на 51 - 70% тестовых заданий;
- 0 баллов**, если студент правильно ответил на 0 - 50% тестовых заданий.

Задания практических занятий

Пример задания практических занятий на тему «Туннельные явления. Одноэлектронное туннелирование». После проработки лекционного материала, самостоятельного анализа литературы (в том числе и учебно-методической) и открытых источников, учащиеся готовят краткие доклады по текущей теме занятия. Далее учащиеся совместно (и/или индивидуально) проводят качественные численные расчеты энергетических и электрофизических параметров и характеристик одно- и многобарьерных структур, а так же приборов на их основе. В качестве примера рассматривается одноэлектронный транзистор на основе двухбарьерной структуры. Анализ результатов вычислений позволяет учащимся понять на более глубоком уровне принципы функционирования, преимущества и недостатки устройств на основе одноэлектронного туннелирования в различных режимах работы, и, сравнить их с другими устройствами нанoeлектроники и классической микроэлектроники.

Цель занятия:

- сформировать базовые представления о методах расчета параметров и характеристик устройств, в основе работы которых лежит явление одноэлектронного туннелирования;

- сформировать базовые представления о принципах работы подобных устройств и возможных областях их применения в качестве элементной базы современной классической и неклассической наноэлектроники;
- развить навыки самостоятельной аналитической и поисковой работы с использованием информационно-правовых ресурсов сети «Интернет» по рассматриваемой тематике.

Методические рекомендации к практическим занятиям

Практические занятия позволяют закрепить освоенный теоретический материал и полученные навыки, стимулируют самостоятельность и инициативное мышление у обучающегося, позволяют выявить недостатки освоения практических навыков, а так же степень их сформированности по конкретным разделам.

Первоначально преподаватель дает краткое введение в тему текущего занятия, определяет основные принципиальные моменты рассматриваемого вопроса, затем задает вопросы по прошлой теме, представляя студентам задачи ситуационного типа, студентам дается время на раздумья, после чего их ответы обсуждаются группой. Далее преподаватель дает задание на дом в форме краткого доклада по теме занятия.

На практических занятиях преподаватель должен создавать непринужденную обстановку в аудитории и организовать оживленный обмен мнениями, полемику и дискуссию по основным вопросам практических занятий. Необходимо развивать и поощрять активность обучающихся, добиваться их внимательного и критического отношения к выступлению сокурсников.

Активная работа студентов на практических занятиях является одним из показателей хорошей организации таких занятий. При этом очень важно подлинно научное решение на практических занятиях задач, связанных с областью и видам профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки «Электроника и наноэлектроника»

Студенты-магистранты проводят поисковую работу и изучают новые документы по нормативно-правовому обеспечению развития нанотехнологий в Российской Федерации, корректировке планов развития наноиндустрии в соответствии с текущей ситуацией.

Обучающиеся следят регулярно за изменениями приоритетов в организации и проведении, научных исследований в области нанотехнологий, продвижения Российских стандартов на международном уровне. Студентам необходимо уделить внимание вопросам усиления связи образования, науки и бизнеса в сфере нанотехнологии, в том числе вопросу подготовки кадров в этой области.

5.2. Промежуточная аттестация

Изучение дисциплины «Наноэлектроника» заканчивается экзаменом. Примерный перечень вопросов (проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1) к экзамену:

1. Физические свойства и применения полупроводниковых гетеропереходов
2. Физические свойства и применения гетероструктур
3. Полупроводниковые сверхрешетки. Физические свойства и применения
4. Алмазные пленки в наноэлектронике. Физические свойства и применения
5. Графен, как перспективный материал наноэлектроники. Физические свойства и возможные применения
6. Углеродные нанотрубки, как основной материал неклассической наноэлектроники

7. Фуллерены. Физические свойства и применения в нанoeлектронике
8. Физические свойства и применения магнитных полупроводников
9. Структуры со спин-зависимым транспортом носителей заряда
10. Полимерные проводники и полупроводники. Физические свойства и применения
11. Фотонные кристаллы. Физические свойства и применения в нанoeлектронике
12. Лэнгмюровские пленки. Физические свойства и применения в нанoeлектронике
13. Биологические наноструктуры, как основа элементов и устройств бионанoeлектроники. Жидкостные транзисторы
14. Квантовое ограничение в наноструктурах и его применение
15. Эффект кулоновской блокады и его применения в нанoeлектронике
16. Эффект одноэлектронного туннелирования и его применение
17. Эффект резонансного туннелирования и его применения в нанoeлектронике
18. Эффект Ааронова – Бома и его применение в нанoeлектронике
37. Явление квантовой интерференции и его применение в нанoeлектронике
38. Эффект Джозефсона и его применение в нанoeлектронике
39. Физические основы квантовых компьютеров
40. Баллистическая проводимость наноструктур и ее применения в нанoeлектронике
41. Эффект надбарьерного отражения квантовых частиц и его применение в нанoeлектронике
42. Квантовый эффект Холла и его применения
43. Модуляционно-легированные наноструктуры
44. Дельта-легированные наноструктуры
45. Транзисторы с изолированным затвором
46. Многозатворные транзисторы
47. КНИ-транзисторы
48. Кремний-германиевые транзисторы
49. Биполярные нанотранзисторы с плавным гетеропереходом.
50. Гетеропереходные полевые нанотранзисторы с высокой подвижностью носителей.
51. Транзисторы на горячих электронах, резонансно-туннельные диоды и транзисторы
52. Транзисторы со статической индукцией.
53. Транзисторы на квантовых точках
54. Графеновая нанoeлектроника. Нанотранзисторы на основе графена
55. Нанотранзисторы и диоды на основе углеродных нанотрубок
56. Нанoeлектромеханический транзистор
57. Спинтронные приборы. Спин-вентильный транзистор.
58. Транзисторы на основе эффектов Штарка и Ааронова-Бома.
59. Квантовые интерферометры. Элементы памяти на основе переходов Джозефсона.
60. Приборы на эффекте одноэлектронного туннелирования. Многоостровковые одноэлектронные структуры.
61. Молекулярный транзистор
62. Память на основе молекулярных транзисторов
63. Логические элементы на основе молекулярных транзисторов

64. Органические транзисторы
65. Органические светодиоды
66. Фотоприемники на квантовых ямах. Лазеры на квантовых точках и ямах.
67. Фотонные транзисторы
68. Мемристор и его свойства
69. Функциональные элементы СБИС на основе наноразмерных структур.
70. Элемент Джозефсона. Интегральная логика на их основе.

Методические рекомендации по подготовке и процедуре осуществления контроля выполнения

В соответствии балльно-рейтинговой системой аттестации студентов, которая действует в КБГУ оценка успешности освоения программ по дисциплинам осуществляется в ходе текущего (в том числе рубежного) контроля, а также промежуточной (сессионной) аттестации. В ходе текущей аттестации (выполнение индивидуальных контрольных заданий, тестирование, коллоквиумы и др.) проводится контроль усвоения программного материала по темам, разделам и совокупности вопросов по дисциплине. Во время такой аттестации преподаватель оценивает в какой мере обучающийся изучил запланированную к проверке часть программы по дисциплине и насколько детально знает постановку задачи (вопроса), намеченный план решения этой задачи, вывод основных соотношений (формул, уравнений) и может проводить их анализ.

На экзамене проверяется сформированность знаний интегрального характера по дисциплине в целом, включая весь теоретический материал, вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение, и практические знания, полученные в ходе практических или лабораторных занятий. В этой связи, студенту рекомендуется заранее ознакомиться с перечнем вопросов к зачету или экзамену (не менее чем за две недели до его проведения) и посетить все консультационные мероприятия, в соответствии с учебным расписанием. Подготовка обучающегося к экзамену включает три этапа:

- самостоятельная работа в течение семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие экзамену по темам курса;
- подготовка к ответу на вопросы во время экзамена.

Обучающимся при подготовке целесообразно использовать материалы лекций, учебно-методические комплексы, нормативные документы, основную и дополнительную литературу.

На экзамен выносятся материалы в объеме, предусмотренном рабочей программой учебной дисциплины за семестр. Экзамен проводится в устной форме.

Перед проведением аттестации ведущий преподаватель составляет экзаменационные билеты. Формулировка теоретических вопросов в билетах совпадает с формулировкой перечня вопросов, доведенных до сведения обучающихся накануне аттестации. Содержание вопросов одного билета относится к различным разделам программы с тем, чтобы более полно охватить материал учебной дисциплины.

В аудитории, где проводится устный опрос, должно одновременно находиться не более шести студентов на одного преподавателя, принимающего экзамен. На подготовку ответа на билет на отводится 40 минут.

На промежуточную аттестацию в форме экзамена в КБГУ отводится 30 баллов из 100 возможных баллов по дисциплине в семестре. Основой для определения оценки

служит уровень усвоения обучающимися материала, предусмотренного данной рабочей программой. К экзамену допускаются студенты, набравшие 36 и более баллов по итогам текущего контроля. На экзамене студент может набрать от 15 до 30 баллов.

Результат экзамена выражается оценками:

«Отлично» – от 91 до 100 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. На экзамене студент демонстрирует глубокие знания предусмотренного программой материала, умеет четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

«Хорошо» – от 81 до 90 баллов – теоретическое содержание курса освоено, необходимые практические навыки работы сформированы, выполненные учебные задания содержат незначительные ошибки. На экзамене студент демонстрирует твердое знание основного (программного) материала, умеет четко, грамотно, без существенных неточностей отвечать на поставленные вопросы.

«Удовлетворительно» – от 61 до 80 баллов – теоретическое содержание курса освоено не полностью, необходимые практические навыки работы сформированы частично, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки. На экзамене студент демонстрирует знание только основного материала, ответы содержат неточности, слабо аргументированы, нарушена последовательность изложения материала

«Неудовлетворительно» – от 36 до 60 баллов – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий. На экзамене студент демонстрирует незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в ответах на вопросы, неумение ориентироваться в материале, незнание основных понятий дисциплины.

6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Формы текущего и промежуточного контроля знаний студентов по дисциплине определяются в соответствии с учебным планом образовательной программы и в соответствии с действующим Положением о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости студентов КБГУ.

От обучающихся требуется посещение занятий и знакомство с рекомендованной литературой.

При аттестации обучающихся оценивается качество работы на занятиях (умение вести дискуссию, способность четко и ёмко формулировать свои мысли), уровень подготовки к самостоятельной деятельности, качество выполнения заданий (презентаций, докладов, выполнение практических работ и др.).

Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Таблица 9

Компете	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид оценочного материала
Общепрофессиональные	ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК -1.1. Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы ОПК-1.2. Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ОПК-1.3. Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	Вопросы к коллоквиуму, банк тестовых заданий, задания и вопросы к практическим занятиям, вопросы к экзамену;
Профессиональные	ПК-1. Способен 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	ПК-1.1. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков ПК-1.2. Владеет навыками компьютерного моделирования	Вопросы к коллоквиуму, банк тестовых заданий, задания и вопросы к практическим занятиям, вопросы к экзамену;

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

7.1. Основная литература

1. Шишкин Г.Г., Агеев И.М. М.: Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства. Учебное пособие/ БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 409 с.— ЭБС «IPRbooks»
2. В.Е. Борисенко [и др.]. Нанoeлектроника. Теория и практика. Учебник/ М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 367 с.— ЭБС «IPRbooks»
3. Драгунов В.П. Остертак Д.И.. Микро- и нанoeлектроника Учебное пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012.— 38 с.— ЭБС «IPRbooks»
4. Орлова М.Н. Борзых И.В. Нанoeлектроника Курс лекций. М.: Издательский Дом МИСиС, 2013.— 50 с.— ЭБС «IPRbooks»
5. Щука А.А. Нанoeлектроника. Учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний,

7.2 Дополнительная литература

1. Борисенко В.Е., Воробьев А.И., Уткина Е.А.. Нанoeлектроника. М. Изд. Бином, 2012, 340 с., ЭБС «Лань».
2. В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. Основы нанoeлектроники –М.: Логос. 2006. -496 с., ЭБС «BookFinder».
3. Г.П. Берман и др. Введение в квантовые компьютеры. Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2004.— 188 с.— ЭБС «IPRbooks»
4. Рит М. Наноконструирование в науке и технике. Введение в мир нанорасчета Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005. 160 с.— ЭБС «IPRbooks»
5. Зебрев Г.И. Физические основы кремниевой нанoeлектроники учебное пособие для вузов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 241 с.— ЭБС «IPRbooks»
6. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике/ Отв. Редактор А.Л. Асеев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 368 с.
7. Абрамов И.И., Новик Е.Г. Численное моделирование металлических одноэлектронных транзисторов. – Мн.: Бестпринт, 2000. – 164 с.
8. Бауместер Д., Экерт А., Цайлингер А. Физика квантовой информации. – М.: Постмаркет, 2002. – 376 с.
9. Уайтсайдс Дж., Эйглер Д., Андерс Р. и др. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований./ Под ред. М.К.Роко, Р.С.Уильямса и П.Аливисатоса. Пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – 292 с.
10. Справочно-информационная система «Консультант-плюс»
11. Справочно-информационная система «Гарант»

В том числе современные профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Условия доступа
1	ЭБД РГБ	Электронные версии 885898 полных текстов диссертаций и авторефератов из фонда Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.ru	Авторизованный доступ из библиотеки (к. 112-113)
2	«Web of Science» (WOS)	Авторитетная политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных, в которой индексируются около 12,5 тыс. журналов	http://www.isiknowledge.com/	Доступ по IP-адресам КБГУ
3	Sciverse Scopus издательства «Эльзевир. Наука и технологии»	Реферативная и аналитическая база данных, содержащая 21.000 рецензируемых журналов; 100.000 книг; 370 книжный серий (продолжающихся изданий); 6,8 млн. докладов из трудов конференций	http://www.scopus.com	Доступ по IP-адресам КБГУ
4	Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)	Электронная библиотека научных публикаций - полнотекстовые версии около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тысяч журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций. 2800 российских журналов на безвозмездной основе	http://elibrary.ru	Полный доступ

5	База данных Science Index (РИНЦ)	Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.	http://elibrary.ru	Авторизованный доступ. Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ, имеющих в РИНЦ
6	Национальная электронная библиотека РГБ	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	https://нэб.рф	Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ

7.3. Периодические издания

1. Нано- и микросистемная техника (журнал)
2. Микроэлектроника (журнал)
3. Физика и технология полупроводников (журнал)
4. Физика твердого тела (журнал)
5. Поверхность (журнал)
6. Журнал экспериментальной и теоретической физики (журнал)

7.4 Интернет-ресурсы

1. <http://archive.neicon.ru> – полнотекстовые архивы зарубежных журналов
2. <http://window.edu.ru/window> - информационная система
3. <http://techlibrary.ru/> - техническая библиотека
4. <http://www.en.edu.ru/catalogue/> - образовательный портал
5. <http://www.nanonewsnet.ru> – материалы по нанотехнологиям
6. <http://www.frbr.ru> - материалы по нанотехнологиям
7. <http://www.russianelectronics.ru> – портал «Время электроники»
8. <http://www.platan.ru> – каталог электронных компонентов

7.5. Методические указания по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студента.

Методические рекомендации к чтению лекций.

Методические рекомендации общего характера по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студентов достаточно хорошо разработаны многими отечественными и зарубежными авторами, в том числе с учетом компетентностного подхода при организации образовательного процесса, основанного на деятельностной модели подготовки выпускника вуза. Характерной особенностью реализации деятельностной парадигмы образования является уменьшение трудоемкости аудиторной работы и соответствующее повышение трудоемкости самостоятельной работы. Рабочий учебный план для бакалавров по направлению подготовки «Электроника и наноэлектроника» в КБГУ, предусматривает объем контактной работы примерно 47% от общей трудоемкости дисциплинарной подготовки. По дисциплине «Наноэлектроника», которая включена в указанной выше учебный план, выдерживается этот показатель. В таких условиях имеет место повышение роли, значимости и объемов самостоятельной

работы студентов, при изучении данной дисциплины. В то же время учебная (контактная) работа, по-прежнему, должна, безусловно, выполнять системообразующую роль, обеспечивая регулярность и целевую направленность образовательной деятельности по данной дисциплине.

Основными формами организации учебных (аудиторных) занятий по дисциплине «Нанoeлектроника» являются лекции и практические занятия.

При подготовке лекционных занятий преподаватель должен определить цели и задачи лекции, разработать план проведения лекции, осуществить подбор литературы (ознакомление с периодическими изданиями по теме лекций), отбор необходимого и достаточного по содержанию учебного материала. Лектор определяет методы, приемы и средства поддержания интереса, внимания, стимулирования творческого мышления студентов.

Лекция должна включать в качестве этапов формулировку темы лекций, перечень вопросов, изложение вводной части, основной части, краткие выводы по каждому рассмотренному вопросу и рекомендации литературных источников по излагаемым вопросам. Если очередное занятие является продолжением предыдущей лекции, целесообразно кратко сформулировать полученные ранее результаты, необходимые для понимания и усвоения изучаемых вопросов. В заключительной части лекции желательно обобщить наиболее важные и существенные моменты лекции, сделать выводы, а также сформулировать задачи для самостоятельной работы студентов и указать рекомендуемую литературу. Целесообразно также выделить время для ответа на вопросы студентам и возможную дискуссию по изложенному материалу на лекции.

Содержание лекции по данной дисциплине должно соответствовать дидактическим принципам, которые обеспечивают соответствие излагаемого материала научно-методическим основам педагогической деятельности. Основными из них являются целостность, научность, доступность, систематичность и наглядность.

Эффективность лекции может быть повышена за счет рационального использования технических средств. Комплекты технических средств необходимо готовить к каждой лекции заблаговременно, не перегружая ими аудиторию.

Существует классификация лекций по типам и методам их проведения (вводная, установочная, программная, обзорная, итоговая и др.). При изложении программного материала по данной дисциплине на лекциях рекомендуется широкое использование средств информационно-коммуникационных технологии (ИКТ) и аудио-видеотехники. Подготовка видео – лекции состоит в перекодировании, переконструировании учебной информации по теме в визуальную форму для предъявления студентам через технические средства обучения или схемы, рисунки, чертежи.

Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Практические (семинарские) занятия – составная часть учебного процесса, групповая форма занятий при активном участии студентов. Практические занятия способствуют углубленному изучению наиболее сложных проблем науки и служат основной формой подведения итогов самостоятельной работы обучающихся. Целью практических занятий является углубление и закрепление теоретических знаний, полученных обучающимися на лекциях и в процессе самостоятельного изучения учебного материала, а, следовательно, формирование у них определенных умений и навыков.

В ходе подготовки к семинарскому занятию необходимо прочитать конспект лекции, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, выполнить выданные преподавателем практические задания. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы.

Желательно при подготовке к практическим занятиям по дисциплине одновременно использовать несколько источников, раскрывающих заданные вопросы.

На практических занятиях обучающиеся учатся грамотно излагать проблемы, свободно высказывать свои мысли и суждения, рассматривают ситуации, способствующие развитию профессиональной компетентности. Следует иметь в виду, что подготовка к практическому занятию зависит от формы, места проведения семинара, конкретных заданий и поручений.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающихся - способ активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия в этом процесса преподавателей. Повышение роли самостоятельной работы обучающихся при проведении различных видов учебных занятий предполагает:

- оптимизацию методов обучения, внедрение в учебный процесс новых технологий обучения, повышающих производительность труда преподавателя, активное использование информационных технологий, позволяющих обучающемуся в удобное для него время осваивать учебный материал;
- широкое внедрение компьютеризированного тестирования;
- совершенствование методики проведения практик и научно-исследовательской работы обучающихся, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят обучающихся к самостоятельному выполнению профессиональных задач;
- модернизацию системы курсового и дипломного проектирования, которая должна повышать роль студента в подборе материала, поиске путей решения задач.

Самостоятельная работа приводит студента к получению нового знания, упорядочению и углублению имеющихся знаний, формированию у него профессиональных навыков и умений. Самостоятельная работа выполняет ряд функций:

- развивающую;
- информационно-обучающую;
- ориентирующую и стимулирующую;
- воспитывающую;
- исследовательскую.

В рамках курса выполняются следующие виды самостоятельной работы:

1. Проработка учебного материала по конспектам, учебной и научной литературе, методическим рекомендациям (для подготовки к лабораторным занятиям, тестам, коллоквиумам и промежуточной аттестации);
2. Регулярное самотестирование и самопроверка по вопросам на экзамен (зачет);
3. Самостоятельная поисково-исследовательская работа по изучаемой дисциплине с использованием любых видов источников информации (в том числе и новых информационных технологий).

Студентам рекомендуется с самого начала освоения курса работать с учебным материалом и вопросами к промежуточной аттестации в форме подготовки к очередному лабораторному занятию и коллоквиуму. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает на занятиях.

При освоении курса студент может пользоваться библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой. Значительную помощь в подготовке к очередному занятию может оказать краткий конспект лекций. Он же может использоваться и для закрепления нового материала. Самостоятельная работа студентов предусмотрена учебным планом и выполняется в обязательном порядке. По необходимости студент может обращаться за консультацией к преподавателю.

Для успешной организации самостоятельной работы все активнее применяются разнообразные образовательные ресурсы в сети Интернет: системы тестирования по различным областям, виртуальные лекции, лаборатории, при этом пользователю достаточно иметь компьютер и подключение к Интернету для того, чтобы связаться с преподавателем, решать вычислительные задачи и получать знания. Использование сетей усиливает роль самостоятельной работы студента и позволяет кардинальным образом изменить методику преподавания. Студент может получать все задания и методические указания через сервер, что дает ему возможность привести в соответствие личные возможности с необходимыми для выполнения работ трудозатратами. Студент имеет возможность выполнять работу дома или в аудитории.

Большое воспитательное и образовательное значение в самостоятельном учебном труде студента имеет самоконтроль. Самоконтроль возбуждает и поддерживает внимание и интерес, повышает активность памяти и мышления, позволяет студенту своевременно обнаружить и устранить допущенные ошибки и недостатки, объективно определить уровень своих знаний, практических умений.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

За институтом и кафедрой закреплены специально оборудованные аудитории для чтения лекций и проведения практических занятий с использованием средств современных информационных технологий (ауд. № 146, №418, №417). Студентам обеспечивается доступ к ресурсам глобальной сети Интернет. В компьютерных классах (№319, №320), закрепленных за факультетом и кафедрой, а также более чем в 10 компьютерных классах вуза и читальных зала библиотеки КБГУ, студенты могут самостоятельно в порядке подготовки к балльно-рейтинговым контрольным мероприятиям изучить соответствующие разделы дисциплин, осуществить самоподготовку и пройти компьютерное тестирование.

Студенты, изучающие данную дисциплину, под руководством преподавателя посещают научно-исследовательские лаборатории кафедры, института и вуза (лаборатория электронной спектроскопии, лаборатория сканирующей зондовой микроскопии, центр коллективного пользования КБГУ и др.). Проводятся встречи студентов с научными сотрудниками и инженерно-техническим персоналом указанных научно-исследовательских лабораторий. Студенты для приобщения к исследовательской работе в области нанонауки и нанотехнологии могут обращаться в научно-исследовательскую лабораторию кафедры (№212).

Практические занятия проводятся в учебно-научных лабораториях оснащенных персональными компьютерами (лаб. № 212, №422). При выполнении заданий практикума студенты проводят модельные эксперименты и обработку экспериментальных данных с применением программных сред Microsoft Excel, MathCad и пакета прикладных программ Microsoft Office, архиватора WinRAR, программы для работы с pdf-документами Adobe Reader.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается: 1) альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих; 2) присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; 3) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху - дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

**Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины
«Нанoeлектроника»**

по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

на 2021 – 2022 учебный год

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры

физических основ микро- и нанoeлектроники,

протокол № _____ от « ____ » _____ 2021 г.

Заведующий кафедрой _____ /Тешев Р.Ш. ____/ _____