


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

 Мустафаев Г.А.
«25» 05 2023 г.

Директор института



2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Б1.В.02.ДВ.01 «КОРПУСКУЛЯРНО-ЗОНДОВАЯ НАНОТЕХНОЛОГИЯ»

Направление подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

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

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

НАЛЬЧИК 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) **«Корпускулярно-зондовая нанотехнология»** /сост. А.А. Канаметов – Нальчик: КБГУ, 2023 г. 25 с.

Рабочая программа предназначена для студентов *очной* формы обучения по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, в 6 семестре, 3 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)	4
.....	
4. Содержание и структура дисциплины(модуля).....	7
...	
4.1. Содержание разделов дисциплины(модуля)	7
.....	
4.2. Структура дисциплины(модуля)	8
.....	
4.3. Лекционные занятия.....	9
4.4. Практические занятия.....	9
4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины(модуля).....	9
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	10
5.1. Задания для текущего контроля.....	10
5.2. Промежуточная аттестация.....	15
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	17
.....	
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	18
.....	
7.1. Основная литература.....	18
7.2. Дополнительная литература.....	18
7.3. Периодические издания.....	20
7.4. Интернет-ресурсы.....	20

7.5. Методические указания по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студентов.....	20
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)	24
Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины(модуля)	25

1. Цель и задачи дисциплины (модуля)

Предметом дисциплины являются физические принципы зондовых методов формирования, модификации, исследования и обработки материалов и элементов устройств микро- и нанoeлектроники.

Цель дисциплины - формирование знаний в области теории и практики корпускулярно зондовых нанотехнологий, направленных на получение и модификацию свойств наноматериалов и наноструктур, составляющих основу элементной базы электроники и нанoeлектроники.

Задачи: подготовка бакалавров к освоению физических и физико-химических основ корпускулярно-лучевых процессов, лежащих в основе методов исследования, получения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур, включая процессы, лежащие в основе сканирующей зондовой микроскопии, спектроскопии и литографии; формирование у бакалавров первичных навыков моделирования и проведения процессов создания и модификации наноматериалов и наноструктур.

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.В.02.ДВ.01.01 относится к вариативной 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)", "Физика конденсированного состояния", "Термодинамика межфазных границ в макро- и наносистемах", "Физика поверхности полупроводников", "Физика и технология тонких пленок в электронике и нанoeлектронике", "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: "Сканирующая зондовая микроскопия", "Методы низкоэнергетической электронной и ионной спектроскопии", "Атомно-зондовая томография наноматериалов и наноструктур", "Измерение параметров и модификация свойств наноматериалов и наноструктур".

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
Тип задач профессиональной деятельности: производственно-технологический	ПК-3 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.	ПК-3.1. Знает принцип учета видов и объемов производственных работ. ПК-3.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования.
	ПК-4 Способен организовать метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники.	ПК-4.1. Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирование продукта производства. ПК-4.2. Умеет осуществлять проверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры.

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
ПК-3. Способен выполнять работы	40.058 «Инженер-технолог по производству	В. Разработка единичных технологических	В/01.6. Анализ причин брака при изготовлении

<p>по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.</p> <p>ПК-4. Способен организовать метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники</p>	изделий микроэлектроники»	процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению брака в производстве изделий микроэлектроники	изделий микроэлектроники и разработка рекомендаций по их устранению и предупреждению
			В/02.6. Разработка единичных технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники
			В/03.6. Разработка технических заданий на проектирование и изготовление технологической оснастки, нестандартного оборудования, средств автоматизации процессов производства изделий микроэлектроники
		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	Применение фотонных потоков излучения в технологии микро – и нанoeлектроники (ПК-3, ПК-4)	Лазерные технологические процессы в микро - и нанoeлектронике. Классификация режимов лазерной обработки. Классификация лазерных технологических процессов. Классификация видов термообработки и области ее применения. Рекристаллизация аморфных и поликристаллических кремниевых слоёв лазерным излучением. Импульсная лазерная кристаллизация аморфных слоев. Лазерная кристаллизация поликремниевых лент. Лазерная абляция. Схема и основные принципы лазерной абляции Лазерная литография.	(К), (РК), (Т), (ПЗ)
2	Технологическ	Плазменное осаждение диэлектрических пленок:	(К), (РК),

	ие процессы с использованием плазмы при изготовлении изделий микро – и наноэлектроники. (ПК-3, ПК-4)	осаждение диоксида кремния, плазменное осаждение нитрида кремния, особенности реакторов для плазменного осаждения пленок. Плазменное травление. Реактивное ионно-лучевое травление (РИЛТ). Реактивное ионно-плазменное травление (РИПТ). Ионно-лучевое травление (ИЛТ). Радиальное травление (РТ). Плазменное травление (ПТ). Радиационно-стимулированное травление.	(Т), (ПЗ)
3	Нанотехнологии и связанные с взаимодействием пучков электронов и ионов с твёрдым телом. (ПК-3, ПК-4)	Физические основы взаимодействия электронных и ионных пучков с твердым телом. Техника формирования электронных и ионных сфокусированных пучков. Электронные зондовые технологии. Электронная микроскопия Электронная литография. Физически основы ионной имплантации. Перспективные методы ионного легирования полупроводников. Ионно-стимулированные процессы Локальный ионный синтез. Применение ионной имплантации для формирования структур наноэлектроники. Ионно-лучевая литография.	(К), (РК), (Т), (ПЗ)
4	Модификация поверхности и создание наноструктур с помощью зондовых технологий. (ПК-3, ПК-4)	Нанотехнологии на основе техники сканирующей зондовой микроскопии. Физические принципы работы, аппаратная реализация, технологические и исследовательские возможности, включая области практического применения различных зондовых сканирующих систем. Модификация поверхности и формирование наноструктур методом зондовых нанотехнологий. Метод полевого испарения. Dip-реп литография. Нанолитография методом локального анодного окисления. Основные направления создания устройств наноэлектроники с помощью зондовых нанотехнологий.	(К), (РК), (Т), (ПЗ)

4.2. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов)

Таблица 4

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	6 семестр	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Контактная работа (в часах):	30	30
<i>Лекции (Л)</i>	15	15
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	15	15
Самостоятельная работа (в часах):	69	69
Самостоятельное изучение разделов	15	15
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	9	9
Вид промежуточной аттестации	Зачет	

4.3. Лекционные занятия

Таблица 5

№ раздела	Тема
1	Применение фотонных потоков излучения в технологии микро- и нанoeлектроники.
1	Технологические процессы с использованием плазмы при изготовлении изделий микро- и нанoeлектроники.
1	Электронно- и ионно-лучевые нанотехнологии.
2	Зондовые нанотехнологии.
2	Модификация поверхности и создание наноструктур с помощью зондовых технологий.

4.4. Практические занятия

Таблица 6

№ раздела	Тема
1	Кристаллизация и рекристаллизация аморфных и поликристаллических структур лазерным излучением.
1	Метод лазерной литографии. Моделирование процесса лазерной литографии.
2	Формирование наноструктур методом магнетронного распыления.
3	Формирование наноструктур методом ионной имплантации.
4	Формирование наноструктур методами зондовой нанолитографии. Векторная контактно-силовая литография.
4	Формирование наноструктур методами зондовой нанолитографии. Растровая контактно-силовая литография.
4	Формирование наноструктур методами зондовой нанолитографии. Локальное анодное окисление (ЛАО).
4	Формирование наноструктур методами зондовой нанолитографии. Наноманипулирование атомами и наночастицами.
4	Обработка и количественный анализ СЗМ изображений.

4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 7

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
2	Полевое испарение. Dip-реп литография. Нанолитография методом локального анодного окисления.
2	Сканирующая туннельная микроскопия.
2	Протонно-стимулированная диффузия.
2	Лазерная абляция. Схема и основные принципы. Получение и основные характеристики аблированных наночастиц.
2	СЗМ принцип работы и конструкция прибора. Зонды и кантилеверы, режимы работы СЗМ (контактный, полуконтактный и бесконтактный). Колебательный режим СЗМ.
2	Артефакты и основные методы их устранения (вычитание плоскостей и поверхностей, сглаживание, фильтрация, Фурье-анализ и др.) Влияние формы и размеров зонда на качество изображений и разрешающую способность СЗМ и методы их устранения (тестирование, калибровка и др.).

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 (5 семестр)

Коллоквиум 1 (проверяемые компетенции: ПК-3, ПК-4)

1. Преимущества использования лазерных технологий в микро- и нанoeлектронике
2. Классификация режимов лазерной обработки. Краткая характеристика.
3. Классификация лазерных технологических процессов
4. Классификация видов лазерной термообработки.
5. Приведите диапазоны изменения параметров (температуры, длины волны и плотности мощности излучения) для основных типов лазерных нанотехнологий
6. Этапы и перспективы развития лазерной техники
7. Изложите принцип работы газового лазера.
8. Что такое лазерная абляция?
9. Приведите типовую схему лазерной установки
10. Чем обусловлена малая расходимость лазерного пучка
11. Приведите технологические схемы аппаратной реализации лазерной абляции
12. Получение и характеристики аблированных наночастиц
13. Чем обусловлена высокая мощность лазерного излучения?
14. Приведите типичные характеристики промышленных лазерных систем
15. Опишите процессы лазерно-стимулированной очистки подложек
16. Изложите принципы лазерной литографии
17. В чем суть лазерно-стимулированного травления?
18. Преимущества технологии лазерного легирования
19. Опишите возможности технологии лазерной модификации материалов

Коллоквиум 2 (проверяемые компетенции: ПК-3, ПК-4)

1. Изложите общие принципы построения электронно-лучевых установок.

2. Изложите основы и схемы фокусировки электронного пучка.
3. Принципы формирования электронного пучка.
4. Изложите принципы электронно-стимулированного травления.
5. Изложите общие принципы построения ионно-лучевых установок.
6. В чем суть упругих и неупругих взаимодействий при имплантации ионов?
7. Неупругие взаимодействия.
8. Понятие тормозная способности твёрдых тел.
9. Принципы термической электронно-лучевой обработки.
10. Принципы нетермической электронно-лучевой обработки.
11. Физические основы ионной имплантации.
12. Электронно-лучевая литография.
13. Перспективные методы ионного легирования полупроводников.
14. Ионно-стимулированные процессы.
15. В чем суть ионного синтеза?
16. Применение ионной имплантации для создания структур нанoeлектроники.
17. Ионно-лучевая литография.
18. Плазменное травление.
19. Реактивное ионно-лучевое травление.
20. Реактивное ионно-плазменное травление.
21. Ионно-лучевое травление.
22. Радиальное травление.
23. Плазменное травление.
24. Радиационно-стимулированное травление.
25. Пробеги ионов в твердом теле и их распределение.
26. Системы сепарации и фокусировки ионов.
27. Дайте определение коэффициента ионного распыления.
28. От каких факторов зависит коэффициент ионного распыления?

Коллоквиум 3 (проверяемые компетенции: ПК-3, ПК-4)

1. Зондовые системы - как основа инструментов нанотехнологий.
2. Изложите принципы построения зондовых сканирующих систем.
3. Приведите структурную схему -силового микроскопа.
4. Принцип работы туннельного сканирующего микроскопа.
5. Перечислите основные виды зондовых сканирующих микроскопов и дайте их краткую характеристику.
6. В чем принципиальное отличие атомно-силового микроскопа от туннельного?
7. Чем отличается контактный режим сканирования от полуконтактного?
8. Механическая модификация поверхности с помощью атомно-силового микроскопа.
9. Контактное формирование нанорельефа поверхности подложек.
10. Бесконтактное формирование нанорельефа поверхности подложек.
11. Локальная «глубинная» модификация полупроводниковых подложек в туннельном микроскопе.
12. Изложите физические принципы межэлектродного массопереноса с нанометровым разрешением в зондовых наносистемах.

13. Изложите общую концепцию технологических операций СТМ в жидкостях и газах.
14. Физические принципы нанолитографии (Dip-pen nanolithography).
15. Нанолитография методом локального анодного окисления.
16. Основные направления создания устройств наноэлектроники с помощью локального анодного окисления.
17. Основные режимы СТМ и факторы, влияющие на разрешение метода.
18. Устройство волоконно-оптического ближнепольного зонда.
19. Области применения ближнепольной оптической микроскопии в микро- и наноэлектронике.
20. Зонды специального назначения, кантилеверы на нанотрубках.

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, сравнивать, 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.

Тесты проводятся в соответствии с положением об балльно-рейтинговой системе аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова (<https://kbsu.ru/>). Полный перечень тестов приводится в банке тестовых заданий КБГУ (проверяемые компетенции: ПК-3, ПК-4). Образцы вариантов заданий:

1. Задание {{ 13 }} Тема 1-0-0

Основные свойства лазерного излучения:

- ☐ монохроматичность
- ☐ малая расходимость
- ☐ высокая мощность
- ☐ радиоактивность

2. Задание {{ 22 }} Тема 1-0-0

Монохроматичность лазера - это:

- ☐ способность генерировать свет одной длины волны
- ☐ способность генерировать свет одной частоты колебаний
- ☐ способность генерировать свет в широком диапазоне длин волн
- ☐ способность генерировать световые волны с одной амплитудой

3. Задание {{ 35 }} Тема 1-0-0

Малая расходимость лазерного луча обусловлена:

- ☐ параллельностью индуцированных фотонов в рабочем веществе
- ☐ правильной геометрией активного вещества
- ☐ свойствами электромагнитной волны
- ☐ монохроматичностью лазерного луча

4. Задание {{ 46 }} Тема 1-0-0

Наиболее часто используемое в технологии свойство лазерного излучения – это:

- ☐ высокая интенсивность
- ☐ монохроматичность
- ☐ малая расходимость
- ☐ высокая локальность

5. Задание {{ 52 }} Тема 1-0-0

Факторы определяющие скорость ионного травления:

- ☐ энергия ионов
- ☐ угол падения ионов
- ☐ состав рабочего газа
- ☐ угол отражения ионов

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 типового задания практического занятия на тему «Формирование наноструктур методами зондовой нанолитографии. Локальное анодное окисление». После проработки лекционного материала, самостоятельного анализа литературы (в том числе и учебно-методической) и открытых источников учащиеся готовят краткие доклады по текущей теме занятия и совместно проводят численный расчет режимов и параметров процесса локального анодного окисления, что позволяет выявить основные отличия, достоинства и недостатки метода ЛАО от других методов нанолитографии на конкретных примерах.

Цель занятия:

- сформировать целостное представление о методе ЛАО, реализуемом на СЗМ с оптической системой регистрации сигнала, а так же возможностях и ограничениях метода ЛАО на базе СЗМ;
- совершенствование и развитие навыков 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 «Корпускулярно-зондовая нанотехнология» заканчивается зачетом. Примерный перечень вопросов (проверяемые компетенции: ПК-3, ПК-4) к зачету:

1. Физические основы технологии фокусированных ионных пучков.
2. Принцип действия и аппаратное обеспечение приборов для реализации ФИП-технологий.
3. Физические основы атомно-силовой микроскопии (АСМ)
4. Аппаратное обеспечение АСМ
5. Типы зондов атом -силового микроскопа, их геометрия, основные физические свойства и параметры.
6. Классификация методик атомно-силовой микроскопии.
7. Векторная, растровая литография.
8. Основы силовой литографии.
9. Перьевая нанолитография.
10. Молекулярное и атомарное манипулирование.
11. Принцип действия и физические основы работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ).
12. Основные режимы СТМ и факторы, влияющие на разрешение метода.
13. Анализ поверхностных фаз в СТМ.
14. Спектроскопия адсорбированных частиц в СТМ.
15. Методы исследования энергетического спектра полупроводников в СТМ и ЛТС (локальная туннельная спектроскопия).
16. Контактное формирование нанорельефа поверхности.
17. Бесконтактное формирование нанорельефа поверхности.
18. Локальная «глубинная» модификация полупроводниковых подложек в микроскопе
19. Общая концепция технологических операций СТМ в жидкостях и газах.
20. Электростимулированная миграция на поверхностях полимеров.
21. Ионно-лучевое травление (ИЛТ).
22. Радикальное травление (РТ).
23. Плазменное травление (ПТ).
24. Радиационно-стимулированное травление.
25. Механическая модификация поверхности с помощью атомно-силового микроскопа.
26. Полевое испарение.
27. Dip-реп литография.
28. Нанолитография методом локального анодного окисления.

29. Основные направления создания устройств нанoeлектроники с помощью локального анодного окисления.
30. Сканирующая атомно-силовая микроскопия: основы метода, аппаратная реализация режимы сканирования, объекты и параметры измерения.
31. Сканирующая туннельная микроскопия : основы метода, аппаратная реализация режимы сканирования, объекты и параметры измерения и разрешение.
32. Сканирующая электронно-растровая микроскоп : основы метода, аппаратная реализация режимы сканирования, объекты и параметры измерения и разрешение.
33. Просвечивающая электронная микроскопия : основы метода, аппаратная реализация режимы сканирования, объекты и параметры измерения и разрешение.
34. Магнитно-силовая микроскоп : основы метода, аппаратная реализация режимы сканирования, объекты и параметры измерения и разрешение.
35. Физические и физико-химические основы направленного изменения свойств и характеристик нанообъектов, наноматериалов и наноструктур.
36. Роль поверхности в формировании свойств нанообъектов и наноматериалов.
37. Химические модификации нанообъектов и наносистем.
38. Электрохимические методы модификации нанообъектов и наноструктур.
39. Ионно-плазменные методы модификации наноматериалов и наноструктур.
40. Лазерные методы модификации материалов электроники.

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 зачете 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 и лабораторных занятий. В этой связи, студенту рекомендуется заранее ознакомиться с перечнем вопросов к зачету (не менее чем за две недели до его проведения) и посетить все консультационные мероприятия, в соответствии с учебным расписанием. Подготовка обучающегося к зачету включает три этапа:

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

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

На зачет выносится материал в объеме, предусмотренном рабочей программой учебной дисциплины за семестр. Зачет 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 зачет. На подготовку ответа на билет на отводится 40 минут.

Основой для определения оценки служит уровень усвоения обучающимися материала, предусмотренного данной рабочей программой. К зачету допускаются студенты, набравшие 36 и более баллов по итогам текущего контроля. Студент, набравший более 61 балла в ходе текущего контроля, считается аттестованным без прохождения процедуры аттестации (без сдачи зачета). В противном случае (если количество набранных баллов по результатам текущего контроля находится между 36 и 61) студент обязан пройти процедуру аттестации. При этом:

«**Зачтено**» выставляется обучающемуся, продемонстрировавшему полное, всестороннее, осознанное правильное знание программного материала и изложившему ответ логично, грамотно, убедительно, готового к дальнейшему профессиональному совершенствованию. При ответе обучающийся может допустить некоторые неточности, негрубые ошибки, затрудняться в самостоятельном изложении материала, но правильно отвечать на задаваемые ему вопросы, в результате наводящих вопросов с помощью преподавателя исправлять допущенные ошибки и неточности.

«**Не зачтено**» может быть выставлено обучающемуся, обнаружившему неполное, неосознанное знание учебно-программного материала, допускающему грубые ошибки, неспособному самостоятельно изложить ответ на вопрос, отвечающему неправильно или не дающему ответ на заданные вопросы. Демонстрируемый уровень знаний не может быть признан достаточным для профессиональной деятельности.

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
Профессиональные	ПК-3. Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ПК-3.1. Знает принцип учета видов и объемов производственных работ ПК-3.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования. ПК-3.3. Владеет навыками настройки высокотехнологического оборудования в соответствии с правилами настройки	Вопросы к коллоквиуму, банк тестовых заданий, задания и вопросы к практическим занятиям, вопросы к зачету;
	ПК-4. Способен организовать метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники	ПК-4.1. Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирование продукта производства ПК-4.2. Умеет осуществлять проверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры ПК-4.3. Владеет навыками метрологического сопровождения технологических процессов и эксплуатации	Вопросы к коллоквиуму, банк тестовых заданий, задания и вопросы к практическим занятиям, вопросы к зачету;

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

7.1. Основная литература

1. Мартыненко Ю.В. Плазменная нанотехнология [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ю.В. Мартыненко, А.А. Сковорода. Электронные текстовые данные. – М.:РУДН, 2010.-112 с. 978-5-209-03528-2. - ЭБС «IPRbooks»
2. В.Л.Миронов, Основы сканирующей зондовой микроскопии, М., Техносфера, 2004 ЭБС «IPRbooks»
3. Кузнецов Г.Д. Элионная технология в микро- и нано индустрии. Ускоренные ионы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.Д. Кузнецов, А.Р. Кушхов, А.А. Сергиенко, Н.А. Харламов. – Электронные текстовые данные. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2012.- 128 с. – 978-5-87623-556-5.— ЭБС «IPRbooks»
4. Малов И.Е. лазерные технологии в электронном машиностроении [Электронный ресурс]: учебное пособие/ И.Е. Малов, И.Н. Шиганов. - Электронные текстовые данные. – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2008.-24 с. -2227-8397.- ЭБС «IPRbooks»

7.2 Дополнительная литература

1. Альтудов Ю.К., Гарицын А.Г. Лазерные микротехнологии и их применение в электронике. –М.: Радио и связь, 2001.- 632 с.

2. Григорянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. –М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2008.- 664с.
3. Вендик О.Г., Горин Ю.Н., Попов В.Ф. Корпускулярно-фотонная технология. –М.: Высшая школа, 1984. – 240 с.
4. Гаев Д.С. Материалы и компоненты нанoeлектроники. Лабораторный практикум [Текст]: учебное пособие/ Д.С. Гаев, В.А. Панченко, Р.Ш. Тешев. – Нальчик: КБГУ. 2017. – 96 с.
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. 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.
8. Справочно-информационная система «Консультант-плюс»
9. 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	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов	https://нэб.рф	Доступ с электронного читального зала

	РГБ	образовательного и научного характера по различным отраслям знаний		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://www.nano-portal.ru> - сайт о развитии и внедрении нанотехнологий в производство
3. <http://techlibrary.ru/> - техническая библиотека
4. <http://www.en.edu.ru/catalogue/> - образовательный портал
5. <http://www.portalnano.ru/read/databases> – база данных Федерального интернет-портала «Нанотехнологии и наноматериалы»
6. <http://www.frbr.ru> - материалы по нанотехнологиям
7. <http://lib.kbsu.ru> – библиотека КБГУ
8. <http://www.nanonewsnet.ru> – сайт о нанотехнологиях в России
9. <http://www.nanodigest.ru> – интернет-журнал о нанотехнологиях
10. <http://www.nanometer.ru> – сайт нанотехнологического общества России

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 «Корпускулярно-зондовая нанотехнология» этот показатель выдерживается. 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 «Корпускулярно-зондовая нанотехнология» являются лекции и лабораторные 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 в более чем 10 компьютерных классах вуза и читальных залах 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 №161, лаборатория сканирующей зондовой микроскопии №212, центр коллективного пользования КБГУ и др.). Проводятся встречи студентов с научными сотрудниками и инженерно-техническим персоналом указанных научно-исследовательских лабораторий.

Практические занятия проводятся в учебно-научных лабораториях оснащенных персональными компьютерами (лаб. № 212, №422). На практических занятиях студенты проводят модельные эксперименты и обработку экспериментальных данных с применением программных сред Microsoft Excel, MathCad.

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
«Корпускулярно-зондовая нанотехнология»
по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
на 202____ – 202____ учебный год

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

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры
электроники и цифровых информационных технологий,
протокол № _____ от « ____ » _____ 202____ г.

Заведующий кафедрой _____/Р.Ш.Тешев_____/_____