

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х. М. Бербекова» (КБГУ)**

**Институт информатики, электроники и робототехники
Кафедра электроника и цифровых информационных технологий**

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы _____ **Тешев Р.Ш.**
«_____» _____ 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института
_____ **Шогенов Б.В.**
«_____» _____ 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Сканирующая зондовая микроскопия»**

Направление подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность
Современные информационные технологии в электронной технике

Квалификация выпускника

бакалавр

Форма обучения

Очная

2024

Рабочая программа дисциплины (модуля) **«Сканирующая зондовая микроскопия»** /сост. А.А.Канаметов– Нальчик: КБГУ, 2024 г. 21 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 от 19 сентября 2017 г за № 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).....	5
4.1. Содержание разделов дисциплины(модуля).....	5
4.2. Структура дисциплины(модуля).....	8
4.3. Лекционные занятия.....	8
4.4. Лабораторные 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.....	14
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	17
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля).....	20
7.1. Основная литература.....	20
7.2. Дополнительная литература.....	20

7.3.	Периодические издания.....	21
7.4.	Интернет-ресурсы.....	21
7.5.	Методические материалы.....	21
7.6.	Методические указания по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студентов.....	21
8.	Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля).....	25
	Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины(модуля).....	27

1. Цель и задачи дисциплины (модуля)

Цель дисциплины: освоение студентами комплекса теоретических и практических знаний, позволяющих им свободно ориентироваться в современной зондовой нанодиагностики и наномодификации, а так же методов зондовой нанотехнологии в целом, необходимых для научных исследований и производства устройств микро- и нанoeлектроники.

Задачи: формирование навыков экспериментальных исследований свойств материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов нанoeлектроники.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина включена в вариативную часть обязательных дисциплин Б1.Б.08 учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль: Современные информационные технологии в электронной технике.

Изучение дисциплины «Сканирующая зондовая микроскопия» базируется на понятия и методы, развиваемые в следующих дисциплинах: «Механика» - законы движения Ньютона, общая теория гармонического осциллятора; «Электродинамика» - диэлектрическая и магнитная проницаемость и восприимчивость, уравнения Максвелла, свойства электромагнитных волн; «Атомная и квантовая физика» – волновые свойства волн и микрочастиц, уравнение Шредингера, движение электрона в одномерной потенциальной яме, волновые функции электронов атома водорода, молекулярные орбитали; «Физика конденсированного состояния» – симметрия кристаллов, теория энергетических зон электронов, пьезомеханические и упругие свойства материалов.

Освоение данной дисциплины, в свою очередь, необходимо для успешного усвоения, в последующем, специальных курсов по современным методам диагностики поверхности твердых тел и жидкостей, современных методов модифицирования поверхности полупроводников, и исследования их специфических свойств для понимания процессов, лежащих в основе нанотехнологии.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

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

ПКС-2 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

ПКС-Б.2.1. Способен применять основные экспериментальные методы в области электроники и нанoeлектроники

ПКС-Б.2.2. Способен проводить исследования характеристик электронных приборов

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать: физические явления, лежащие в основе работы сканирующих зондовых микроскопов,

- физико-химические основы подготовки образцов и зондов СЗМ для проведения сканирования и модификации поверхности;

- методики сканирующей зондовой микроскопии и спектроскопии, их назначение, преимущества и недостатки;

- технику СЗМ и методики подбора параметров сканирования и модификации поверхности;

- математические алгоритмы обработки результатов изображений;

уметь: эффективно применять технику и методики СЗМ для диагностики и модификации поверхности образцов и корректно интерпретировать результаты измерений с применением специализированных программных средств обработки и анализа данных, полученных в сеансах микроскопии и спектроскопии;

владеть навыками: подготовки образцов и зондов для сканирования и модификации, а так же навыками подбора параметров и режимов сканирования и модификации поверхности образцов соответственно задачам поставленным перед учащимся;

приобрести опыт деятельности: диагностики и модификации поверхностей различного класса и свойств, интерпретации результатов измерений с использованием стандартных средств обработки и анализа данных с учетом условий проведения измерений и модификации, особенностей образцов, возможностей и недостатков измерительных комплексов СЗМ.

4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

4.1. Содержание разделов дисциплины (модуля)

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т).

Таблица 1

№	Наименование раздела	Содержание раздела (формируемые компетенции)	Форма текущего контроля
1	Принципы и методы сканирующей зондовой микроскопии	Основные принципы сканирования поверхности в СЗМ. Инструментарий СЗМ (ПК-2). Принципы функционирования и устройство СЗМ. Операционные режимы. Уровень разрешения. Приборы компании НТ-МДТ. Микроскопы типа Солвер –Р-47. Вакуумные микроскопы. Микроскопы других компаний. Нанозонды и кантилеверы для прецизионных физико – химических исследований. Многозондовые картриджи. Применение нанотрубочных материалов. Нанозонды и сканеры в СЗМ (ПК-2). Методы получения нанозондов. Определение их геометрических и физических характеристик. Методы калибровки. Применение просвечивающей электронной микроскопии для визуализации формы нанозондов. Пьезокерамики и их свойства. Пьезосканеры СЗМ. Операционные режимы СЗМ. Моды нормальных и латеральных сил (ПК-2). Измерение нормальных и латеральных сил. Нормальная и латеральная жесткость контакта. Режимы постоянной высоты и постоянной силы. Сканирование поверхности в контактном латеральном режиме. Блок –схемы управления микроскопом Модуляционные режимы СЗМ (ПК-2).	(К), (РК), (Т), (ЛР)

		<p>Динамика осциллятора СЗМ. Сдвиг частоты и фазы в нормальной модуляционной моде. Топографический и фазовый контраст. Тэппинг – мода и бесконтактная мода сканирования.</p> <p>Туннельные моды сканирования (ПК-2).</p> <p>Металлические наноконтакты. Зависимость туннельного тока от расстояния между иглой и образцом. Режим постоянного тока и постоянной высоты. Распределение работы выхода по поверхности.</p> <p>Электростатическое и магнитно-силовое зондирование поверхности (ПК-2).</p> <p>Многопроходные режимы. Кельвин – мода и бесконтактная емкостная мода. Моде регистрации магнитных сил.</p> <p>Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ) (ПК-2).</p> <p>Нерадиационные электромагнитные моды. Интенсивность нерадиационных мод на выходе из световолокон и прозрачных нанозондов. Рассеяние ближнепольных мод и их регистрация в СБОМ.</p>	
2	Физические эффекты в контактах зондов СЗМ с поверхностями	<p>Физические эффекты в контактах зонд –образец (1) ПК-2). Царапание, износ, образование вмятин и точечных дефектов. Смазка поверхности. Поверхностное ориентирование смазочных материалов</p> <p>Физические эффекты в контактах зонд –образец (2) (ПК-2). Сдвиговое упорядочение в тонких пленках. Химические и трибоэлектрические эффекты. Эмиссия заряженных и нейтральных частиц из зоны контакта. Диссипация энергии в нанотрибоконтактах. Эффект прилипания – скольжения. Катастрофы нормального и латерального движения. «Сухое» (адгезионное) и «мокрое трение»</p> <p>Макроскопическая контактная теория (1) (ПК-2). Теория Герца и Джонсона – Кендалла – Робертса. Площадь контактного пятна и сила адгезионного отрыва нанозонда. Жесткость контакта. Адгезионный гистерезис.</p> <p>Макроскопическая контактная теория (2) (ПК-2). Теория Дерягина – Муллера – Топорова и Магиса – Дагдейла. Теория Барнхэма - Колтона – Поллока. Сравнение различных контактных моделей между собой</p> <p>Микроскопические силовые взаимодействия (1) (ПК-2). Поверхностные и адгезионные силы. Консервативные и неконсервативные, контактные и бесконтактные взаимодействия. Статические и динамические силы. Электростатические и магнитостатические силы. Силы Ван –дер –Ваальса.</p> <p>Микроскопические силовые взаимодействия (2) (ПК-2). Силы в жидкостях и обусловленные жидкостями. Двойной слой, регуляция заряда и структурные силы. Капиллярные силы.</p> <p>Электромагнитные и флуктуационно-электромагнитные диссипативные силы (ПК-2).</p>	(К), (РК), (Т), (ЛР)

		Взаимодействие с поверхностью движущихся заряженных частиц, диполей и нейтральных частиц. Нормальные и латеральные силы. Поток тепла через ближнепольные оптические моды. Структурные эффекты и эффекты пространственной дисперсии. Характер возбуждения поверхностных возбуждений и диэлектрические свойства материалов. Диссипация энергии в модуляционном режиме атомно-силовых микроскопов.	
3	Применения сканирующей зондовой микроскопии	<p>Моделирование изображений поверхности в СЗМ. Роль формы нанозонда. Артефакты сканирования. Простая осцилляторная модель латерального скольжения нанозонда и моделирование изображений поверхности в контактной латеральной моде. Модели индентационного и фрикционного движения нанозонда. Граничные условия. Образование и разрыв контактных перемычек. Катастрофы нормального и латерального движения. Осцилляции сил. Роль потенциалов межатомного взаимодействия. Переходы «порядок»- «беспорядок» в наноконтактах.</p> <p>СЗМ как метод модификации поверхности. Поверхностное травление с помощью СЗМ и создание наноструктур. Нанолитография. Тенденции развития методов СЗМ для нанолитографии. Наноэлектронные устройства.</p> <p>Применение метода электросиловой зондовой спектроскопии для исследования толщины и электрических характеристик тонких пленок (ПК-2). Распределение электрического потенциала между зондом и образцом (проводящим и непроводящим). Сила взаимодействия зонд –образец. Электрическая емкость контакта зонд –образец. Роль полярности напряжения. Зависимость электростатических и ван –дер -Ваальсовых сил от толщины и диэлектрических свойств пленок.</p> <p>Применения СЗМ для исследований адгезии, трения и механических характеристик поверхности (ПК-2). Кривые подвода –отвода. Нестабильности кантилевера. Обработка силовых кривых. Спектрометрия силовых взаимодействий. Картографирование поверхности по величине трения и адгезии. Адгезионный и фрикционный гистерезис.</p>	(К), (РК), (Т), (ЛР)

4.2. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы (180 часа)

Таблица 2

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	6 семеср	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	180	180
Контактная работа (в часах):	70	70
<i>Лекции (Л)</i>	28	28
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	42	42
Самостоятельная работа (в часах):	83	83
Самостоятельное изучение разделов	83	83
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

4.3. Лекционные занятия

Таблица 3

№ раздела	Тема
1	Основные принципы сканирования поверхности в СЗМ. Инструментарий СЗМ.
1	Нанозонды и сканеры в СЗМ
1	Операционные режимы СЗМ. Моды нормальных и латеральных сил.
1	Модуляционные режимы СЗМ
1	Туннельные моды сканирования
1	Применения СЗМ для исследований адгезии, трения и механических характеристик поверхности
1	Электростатическое и магнитно-силовое зондирование поверхности
1	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ)
2	Физические эффекты в контактах зонд –образец (1)
2	Физические эффекты в контактах зонд –образец (2)
2	Макроскопическая контактная теория (1)
2	Макроскопическая контактная теория (2)
2	Микроскопические силовые взаимодействия (1)
2	Микроскопические силовые взаимодействия (2)
2	Электромагнитные и флуктуационно- электромагнитные диссипативные силы

3	Моделирование изображений поверхности в СЗМ
3	СЗМ как метод модификации поверхности
3	Применение метода электросиловой зондовой спектроскопии для исследования толщины и электрических характеристик тонких пленок.

4.4. Лабораторные работы

Таблица 4

№ ЛР	Тема
1	Получение первого СЗМ изображения. Обработка и представление результатов эксперимента
2	Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии
3	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии
4	Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии
5	Сканирующая зондовая литография
6	Обработка и количественный анализ СЗМ изображений

4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	Основные принципы сканирования поверхности в СЗМ. Инструментарий СЗМ.
1	Нанозонды и сканеры в СЗМ
1	Операционные режимы СЗМ. Моды нормальных и латеральных сил.
1	Модуляционные режимы СЗМ
1	Туннельные моды сканирования
1	Применения СЗМ для исследований адгезии, трения и механических характеристик поверхности
1	Электростатическое и магнитно-силовое зондирование поверхности
1	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ)
2	Физические эффекты в контактах зонд –образец (1)
2	Физические эффекты в контактах зонд –образец (2)
2	Макроскопическая контактная теория (1)
2	Макроскопическая контактная теория (2)

2	Микроскопические силовые взаимодействия (1)
2	Микроскопические силовые взаимодействия (2)
2	Электромагнитные и флуктуационно- электромагнитные диссипативные силы
3	Моделирование изображений поверхности в СЗМ
3	СЗМ как метод модификации поверхности
3	Применение метода электросиловой зондовой спектроскопии для исследования толщины и электрических характеристик тонких пленок.

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 7:

Таблица 6

№ рейтинг. точки	Коллоквиум	Лабораторн. 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

Коллоквиум проводится в соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова (<https://kbsu.ru/>). Примерный перечень вопросов на коллоквиум по темам дисциплины (модуля) состоит из следующих пунктов:

Коллоквиум 1 (проверяемые компетенции: ПК-2)

1. Типы силовых взаимодействий в наноконтактах
2. Принцип сканирования в зондовой микроскопии. Пьезосканнеры.
3. Бесконтактные взаимодействия в наноконтактах
4. Метод полуконтактной зондовой микроскопии. Амплитудный контраст.
5. Электростатические силы в СЗМ при наличии внешнего электрического смещения.
6. Контактная силовая зондовая микроскопия поверхности. Мода нормальных сил
7. Адгезионно –капиллярный гистерезис в АСМ
8. Полуконтактная зондовая микроскопия поверхности. Фазовый контраст.

9. Ван –дер –Ваальсовы силы в АСМ

Коллоквиум 2 (проверяемые компетенции: ПК-2)

10. Контактная зондовая микроскопия поверхности. Латерально –силовой контраст
11. Основные типы зондов АСМ и их механические и геометрические параметры
12. Контактная зондовая микроскопия поверхности. Мода постоянной высоты. Организация обратной связи
13. Пространственное разрешение в зондовой микроскопии. Тепловые шумы.
14. Метод СТМ. Мода постоянного тока.
15. Контактный участок зависимости деформация -перемещение
16. Метод СТМ. Мода постоянной высоты.
17. Уравнение динамики нанозонда АСМ в приближении точечного гармонического осциллятора.
18. Общие принципы действия и функциональная схема зондового микроскопа

Коллоквиум 3 (проверяемые компетенции: ПК-2)

19. Точки вхождения в контакт и выхода из контакта в АСМ
20. Общие представления о многопроходных модах сканирования зондовой микроскопии
21. Контактная модель Герца
22. Электросиловые динамические моды сканирования в зондовой микроскопии.
23. Измерение работы выхода с помощью СЗМ. Мода Кельвина.
24. Принцип оптической регистрации перемещений в зондовом микроскопе
25. Емкостная мода сканирования. Роль геометрических характеристик зонда
26. Общие представления о зондовых нанотехнологиях
27. Метод контактной силовой спектроскопии. Силовые кривые подвода –отвода и их физическая интерпретация.
28. Литография с применением зондового микроскопа

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 формулирует 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/>). По дисциплине создан фонд тестовых заданий для контроля текущей успеваемости студентов в компьютерной форме, Полный перечень тестов приводится в банке тестовых заданий КБГУ. Образцы вариантов заданий (проверяемые компетенции: ОК-7, ПК-2):

1. Задание {{ 138 }} 50 Тема 2-0-0

Во сколько раз изменится энергия деформации герцевского контакта, если деформация увеличивается в 4 раза ?

- ☒ Возрастет в 32 раза
- ☐ в 16 раз
- ☐ в 2 раза
- ☐ в 4 раза

2. Задание {{ 139 }} 51 Тема 2-0-0

Во сколько раз возрастет сила контактной деформации образца в модели Герца, если деформация увеличится в 4 раза ?

- ☐ 2
- ☐ 4
- ☒ 8
- ☐ 16

3. Задание {{ 140 }} 52 Тема 2-0-0

Во сколько раз изменится сила Ван –дер –Ваальсова притяжения зонда к поверхности образца, если расстояние апекса от поверхности уменьшить вдвое ?

- ☐ Возрастет в 2 раза
- ☐ Возрастет в 3 раза
- ☒ Возрастет в 4 раза
- ☐ Уменьшится в два раза

4. Задание {{ 141 }} 53 Тема 2-0-0

Во сколько раз изменится сила Ван –дер –Ваальсова притяжения зонда к поверхности образца, если расстояние апекса от поверхности увеличить вдвое ?

- ☐ Уменьшится в 2 раза
- ☒ Уменьшится в 4 раза
- ☐ Уменьшится в 8 раз
- ☐ Возрастет в 2 раза

5. Задание {{ 142 }} 63 Тема 2-0-0

Выбрать правильное утверждение

- ☐ Режим Кельвина является контактным
- ☒ Режим Кельвина является динамическим
- ☐ Режим Кельвина позволяет найти емкость контакта
- ☐ Режим Кельвина относится к СТМ

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 лабораторных занятий

Пример лабораторного занятия: Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии.

Цель работы: Формирование практических навыков проведения измерений, подбора образцов, методики измерений, параметров сканирования, а так же навыков обработки и анализа результатов микроскопии.

Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ

Лабораторный спецпрактикум является основным элементом обучения в рамках данного спецкурса, т.к. прививает навыки практической и самостоятельной работы на различном лабораторном оборудовании и умение пользоваться различными приборами и инструментами. Выполнение каждой лабораторной работы складывается из следующих этапов.

1. Самостоятельная подготовка студентов к работе. Перед началом работы студенты должны четко представлять себе цель работы, знать схему, метод измерения, физическую сущность ожидаемых результатов. Должен быть подготовлен протокол измерений, содержащий таблицы для записи результатов измерений и основные расчетные формулы. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

2. Проведение эксперимента. Этот этап осуществляется в соответствии с методическими указаниями, которые содержатся в описании к каждой работе. Лабораторные измерения на стенде студент может начать только после собеседования с преподавателем и получения допуска к выполнению лабораторной работы. Любые изменения в схеме проводятся после отключения схемы от источника напряжения. Результаты измерения проверяются преподавателем.

3. Составление отчета о проделанной работе. К отчету о выполненной работе предъявляются следующие требования:

3.1. Отчет должен содержать исчерпывающие данные, как о цели работы, так и о результатах в следующей последовательности:

- а) Задание
- б) Схема установки и описание методики измерений
- в) Первичные экспериментальные результаты за подписью преподавателя
- г) Результаты обработки экспериментальных данных, включая графики, таблицы.
- д) Общие выводы о работе и заключение.

3.2. Текст отчета должен быть написан аккуратно и разборчиво от руки или представлен в виде распечатки, после компьютерной верстки. В обоих случаях текст должен представлять собой логическое изложение существа вопроса. Недопустимо приведение формул, таблиц без разъяснений всех обозначений и сокращений. Отчет должен быть понятен для каждого читающего без каких-либо дополнительных вопросов к составителю отчета.

3.3. Полученные зависимости должны сопровождаться теоретическим обоснованным объяснением причин влияющих на их ход, для чего в процессе составления отчета студент обязан по литературным источникам ознакомиться с материалом, который был объектом его исследования в лаборатории. Без такого ознакомления студент не будет в состоянии дать правильный анализ процессов, происходящих в материале при эксперименте.

4. Защита лабораторной работы с представлением отчета. При сдаче отчета студенты должны показать понимание сущности физических явлений в исследованных материалах, объяснить полученные результаты и сделать выводы. При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

Критерии оценивания лабораторных работ

Практическая часть контактной работы со студентом, реализованная в виде лабораторных занятий предполагает выполнение всего перечня лабораторных работ, запланированных в рабочей программе дисциплины. По результатам одной контрольной точки студент может получить до 5 баллов (всего 15 баллов за семестр). При выставлении баллов за лабораторное занятия оценивается следующее:

- понимание цели и задач работы
- знание теоретических основ метода измерения и принципов работы установки
- правильность проведения измерений и корректность процедуры обработки результатов
- наличие правильно оформленного отчета по лабораторной работе с самостоятельно сформулированными выводами по результатам лабораторной работы
- правильный и исчерпывающий устный ответ на контрольные вопросы к лабораторным работам

5.2. Промежуточная аттестация

Изучение дисциплины «Сканирующая зондовая микроскопия» заканчивается зачетом.

Зачет (проверяемые компетенции: ПК-2). Примерный перечень вопросов:

1. Типы силовых взаимодействий в наноконтактах
2. Принцип сканирования в зондовой микроскопии. Пьезосканеры.

3. Бесконтактные взаимодействия в наноконтактах
4. Метод полуконтактной зондовой микроскопии. Амплитудный контраст.
5. Электростатические силы в СЗМ при наличии внешнего электрического смещения.
6. Контактная силовая зондовая микроскопия поверхности. Мода нормальных сил ($F=\text{const}$)
7. Адгезионно –капиллярный гистерезис в АСМ
8. Полуконтактная зондовая микроскопия поверхности. Фазовый контраст.
9. Ван –дер –Ваальсовы силы в АСМ
10. Контактная зондовая микроскопия поверхности. Латерально –силовой контраст
11. Основные типы зондов АСМ и их механические и геометрические параметры
12. Контактная зондовая микроскопия поверхности. Мода постоянной высоты.
Организация обратной связи
13. Пространственное разрешение в зондовой микроскопии наноструктур. Тепловые шумы.
14. Метод СТМ. Мода постоянного тока.
15. Контактный участок зависимости деформация -перемещение
16. Метод СТМ. Мода постоянной высоты.
17. Уравнение динамики нанозонда АСМ в приближении точечного гармонического осциллятора.
18. Общие принципы действия и функциональная схема зондового микроскопа
19. Точки вхождения в контакт и выхода из контакта в АСМ
20. Общие представления о многопроходных модах сканирования зондовой микроскопии
21. Контактная модель Герца
22. Электросиловые динамические моды сканирования в зондовой микроскопии.
23. Измерение работы выхода с помощью СЗМ. Мода Кельвина.
24. Принцип оптической регистрации перемещений в зондовом микроскопе
25. Емкостная мода сканирования. Роль геометрических характеристик зонда
26. Общие представления о зондовых нанотехнологиях
27. Метод контактной силовой спектроскопии. Силовые кривые подвода –отвода и их физическая интерпретация.
28. Литография с применением зондового микроскопа.
29. Магнитносиловая микроскопия.
30. Образцы для зондовых исследований в АСМ и СТМ.
31. Измерение локальной работы выхода в динамическом режиме СТМ
32. Понятие о ближнепольной оптической микроскопии.
33. Определение механических характеристик образцов методом контактной силовой спектроскопии
34. Мода адгезионных сил.
35. Контактная модель Дерягина (ДМТ)
36. Полуконтактный режим сканирования. Амплитудный и фазовый контраст
37. Контактная модель Джонсона (ДКР)
38. Силовая кривая подвода –отвода и ее перевод в зависимость сила -расстояние
39. Калибровка фототока (перевод в силу взаимодействия) по наклонному участку зависимости деформация –перемещение.
40. Контактный режим АСМ. Топографический контраст.
41. Одномерная модель туннельного контакта. Выражение для туннельного тока

42. Силы адгезионного трения в АСМ. Формула Боудена –Тейбора для силы трения.

Понятие о силах вакуумного трения.

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 или 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 и 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 зачету включает три этапа:

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

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

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

Перед проведением аттестации ведущий преподаватель составляет билеты по дисциплине. 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 или экзамен. На подготовку ответа на билет на отводится 40 минут.

. К зачету допускаются студенты, набравшие 36 и более баллов по итогам текущего контроля. Основой для определения оценки служит уровень усвоения обучающимися материала, предусмотренного данной рабочей программой.

На промежуточной аттестации реализованной в виде зачета, 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 контроля текущих, рубежных и промежуточных 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, выполнение лабораторных работ, 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 лабораторных работ и др.).

Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Таблица 8

Компет	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид оценочного материала
Профессиональные	способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения (ПК-2);	<p><u>Знать</u>: особенности режимов сканирующей зондовой микроскопии в контактной и бесконтактной моде, в режиме латеральных и нормальных сил с приложением внешнего электрического поля и без него, особенности туннельной моды сканирования и спектроскопии и требования, предъявляемые к исследуемым образцам в различных режимах и особенности свойств их поверхности;</p> <p><u>Уметь</u>: адекватно подбирать параметры и режимы сканирования и модификации поверхностей для корректной характеристики их свойств, ориентироваться в методах визуализации и обработки полученных результатов;</p> <p><u>Владеть</u>: навыками самостоятельной настройки и контроля режимов и параметров в сеансах СЗМ измерений в процессе проведения самих измерений и модификации образцов, навыками подготовки образцов и зондов для различных целей;</p>	Вопросы к коллоквиуму, банк тестовых заданий, отчеты о выполнении лабораторных работ и контрольные вопросы к ним, вопросы к зачету

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

7.1. Основная литература

1. Филимонова Н.И., Кольцов Б.Б. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Сканирующая зондовая микроскопия. Часть I Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 134 с.— ЭБС «IPRbooks»
2. В.Л.Миронов, Основы сканирующей зондовой микроскопии, М., Техносфера, 2004
3. Р.З.Бахтизин, Физические основы сканирующей зондовой микроскопии, Изд.-во Баш. ГУ, Уфа, 2004
4. Дедков Г.В. Нанотрибология : экспериментальные факты и теоретические модели. Успехи физических наук, 170, №6, 585, 2000
5. Г.В.Дедков, Физические аспекты взаимодействий зонд –поверхность в сканирующей зондовой микроскопии. Часть 1 и Часть 2, Нано- и микросистемная техника, №8 ,№9, 2006.
6. Свириденко А.И. [и др.]. Методологические аспекты сканирующей зондовой микроскопии. Сборник докладов XI Международной конференции, Минск, 21–24 октября 2014 г. Минск: Белорусская наука, 2014.— 188 с. ЭБС «IPRbooks»

7.2. Дополнительная литература

1. Величко А.А., Филимонова Н.И.— Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Часть II. Учебное пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 227 с.— ЭБС «IPRbooks»
2. Вольф Е.Принципы электронной туннельной спектроскопии, М.,Мир, 1990.
3. М. Праттон, Введение в физику поверхности, Москва, Ижевск, Изд. –во Удм. Ун-та, 2000
4. Справочно-информационная система «Консультант-плюс»
5. 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.dis.s.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. Журнал экспериментальной и технической физики (журнал)
3. Поверхность (журнал)

7.4. Интернет-ресурсы

1. <http://portal.tpu.ru/SHARED/v/VALOTOV/Nayka/Tab1/4.pdf>
2. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325665.html>
3. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996314713.html>
4. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996314706.html>
5. <http://www.en.edu.ru/catalogue/> - образовательный портал
6. <http://www.nanonewsnet.ru> – материалы по нанотехнологиям
7. <http://www.frbr.ru> - материалы по нанотехнологиям

7.5. Методические материалы

1. Сканирующий зондовый микроскоп Nanoeducator II: руководство по эксплуатации, М., ЗАО «НТ-МДТ», 2012.
2. Сканирующий зондовый микроскоп Nanoeducator I. Программное обеспечение под Mac OS X: руководство пользователя, М., ЗАО «НТ-МДТ», 2008.

7.6. 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. 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 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 проведению лабораторных занятий.

Лабораторные занятия должны обеспечивать формирование, прежде всего, компонентов «уметь» и «владеть» заданных дисциплинарных компетенций. Лабораторные занятия по дисциплине должны быть ориентированы, как правило, на решение

практических задач, в будущей профессиональной деятельности с использованием средств, методов, методик, подходов, алгоритмов и моделей, изложенных на лекциях и вынесенных на самостоятельную работу.

Одной из главных целей лабораторных занятий является углубление, закрепление и наиболее полное усвоение того материала, который был освещен на лекции или задан для самостоятельного изучения.

В ходе проведения лабораторных занятий преподаватель помогает студентам овладеть техническими средствами, применять их на практике при анализе и изучении свойств, а так же создании наноматериалов, используемых при конструировании устройств микро и нанoeлектроники.

Успех лабораторных занятий по дисциплине зависит от качества подготовки к нему преподавателя и студентов. На лабораторных занятиях преподаватель должен создавать творческую, рабочую атмосферу в лаборатории, направленную на стимулирование практической деятельности, а так же поисковой, исследовательской и аналитической деятельности по тематике занятий. Необходимо развивать и поощрять самостоятельность обучающихся в формировании выводов, следующих из результатов измерений и их обработки, добиваться их внимательного и критического отношения к полученным результатам.

Одним из показателей хорошей организации лабораторных занятий является активная работа студентов. При этом очень важен подлинно научный анализ результатов практических работ, связанных с областью и видами профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки «Электроника и нанoeлектроника»

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

Лекции по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной видеопроектором или интерактивной доской, а так же ноутбуком с возможностью выхода в сеть «Интернет».

Лабораторный практикум проводится в учебно-научной лаборатории № 212 сканирующей зондовой микроскопии, в которой размещены:

1. Сканирующие зондовые микроскопы Nanoeducator I в количестве 3 установок, обеспечивающих 3 индивидуальных рабочих места
2. Сканирующие зондовые микроскопы Nanoeducator II в количестве: основной измерительный комплекс – 1 установка, обеспечивающая 1 рабочее место преподавателя; базовые станции для удаленной работы на микроскопе Nanoeducator II – на 5 рабочих мест
3. Сканирующие зондовые микроскопы SMM 2000 в количестве 2 установок, обеспечивающих 2 индивидуальных рабочих места
4. Установки для электрохимического травления в количестве 2 шт. на два рабочих места
5. Образцы для проведения измерений на микроскопах – 2 комплекта, и тестовые образцы для калибровки сканирующих зондовых микроскопов – 2 комплекта
6. Оптический микроскоп – 1шт
7. Персональные рабочие станции со специализированным программным обеспечением, используемым для проведения измерений, обработки результатов и визуализации результатов измерений, полученных на сканирующих зондовых микроскопах – 10 для студентов, 2 - для преподавателя.
8. Программное обеспечение:
 - Специализированный пакет для обработки и визуализации результатов измерений ScanViewer
 - Специализированный пакет для проведения измерений Nanoeducator
 - Специализированный пакет для обработки и визуализации результатов измерений SMM2000 Analysis Program
 - Специализированный пакет для проведения измерений SMM2000 Scanning Programs
 - Специализированный пакет для управления микроскопом SMM2000 Scan Master
 - Специализированный пакет для моделирования и численных расчетов Labview, Maple, Matlab
 - Пакет прикладных программ Microsoft Office
 - Свободно распространяемые пакеты программ: архиватор WinRAR, программа для работы с pdf-документами AdobeReader.

Студенты имеют доступ через сеть «Интернет» к единому образовательному portalу, где в открытом доступе размещена учебно-методическая литература, разработанная сотрудниками КБГУ и сотрудниками ведущих ВУЗов России.

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
«Сканирующая зондовая микроскопия»
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

физических основ микро- и нанoeлектроники,

протокол № _____ от «___» _____ 202___ г.

Заведующий кафедрой _____/Р.Ш.Тешев /_____