


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол от «24» июня 2021 г. № 5

Зав. кафедрой Шарипов Т.И. / 

Согласовано:
Председатель УМК физико- технического
ин-ститута

Балапанов М.Х. / 

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина Сканирующая зондовая микроскопия

(наименование дисциплины)

Дисциплина по выбору

Б1.В.1ДВ.06.02.

программа магистратуры

Направление подготовки (специальность)

03.03.03 Радиоп физика, квалификация (степень) магистр

(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))

Профиль) подготовки

Цифровые технологии обработки информации

(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

Магистр радиоп физики

(указывается квалификация)¹

Разработчик (составитель)

Доктор физ.-мат. наук, профессор

(должность, ученая степень, ученое звание)



/ Бахтизин Р.З
(подпись, Фамилия И.О.)

Для приема: 2021г.
Уфа 2021г.

Составитель / составители: Бахтизин Р.З., д.ф.-м.н., профессор кафедры физической электроники и нанопластики БашГУ.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «25» июня 2021 г. № 5

Заведующий кафедрой



/ Т.И. Шарипов

Содержание

1	Цели и задачи дисциплины.....	с.
2	Место дисциплины в учебном процессе.....	
3	Организационно-методические данные дисциплины.....	
4	Содержание дисциплины.....	
4.1	Разделы дисциплины и виды занятий студентов.....	
4.2	Содержание разделов дисциплины.....	
5	Тематический план изучения дисциплины (по семестрам).....	
5.1	Лабораторные работы.....	
5.2	Самостоятельное изучение разделов дисциплины.....	
6	Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	
6.1	Рекомендуемая литература.....	
6.1.1	Основная литература.....	
6.1.2	Дополнительная литература.....	
6.1.3	Периодическая литература.....	
6.2	Средства обеспечения освоения дисциплины.....	
6.2.1	Методические указания и материалы по видам занятий.....	
6.2.2	Программное обеспечение использ. современных информационно-коммуникационных технологий (по видам занятий).	
6.2.3	Контрольные вопросы для самоподготовки.....	
6.2.4	Тесты контроля качества усвоения дисциплины.....	
6.2.5	Критерии оценки знаний, умений и навыков.....	
7	Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	
7.1	Учебно-лабораторное оборудование.....	
7.2	Технические и электронные средства обучения и контроля знаний студентов.	
8	Методические рекомендации студентам по организации изучения дисциплины.	
9	Методические рекомендации преподавателям по методике проведения основных видов учебных занятий	
10	Лист согласования рабочей программы.....	
11	Дополнения и изменения в рабочей программе.....	

1. Цели и задачи дисциплины «Сканирующая зондовая микроскопия»

1.1. Цель курса "Сканирующая зондовая микроскопия". Целью курса "Сканирующая зондовая микроскопия" является теоретическая и практическая подготовка студентов, которая должна обеспечивать понимание работы современных электронных приборов, методов измерения физических величин, принципов построения, работы и путей совершенствования современных цифровых систем измерений.

1.2. Задачи курса. Закрепление знаний, фундаментальных понятий, положений и теорем курсов «Основы радиоэлектроники», «Физики твердого тела и твердотельной электроники», «Теория электрических цепей», «Квантовой механики» и курса «ФКС». Формирование умений применять эти знания на практике для разработки новых измерительных приборов, методов диагностики поверхности твердых тел. Обеспечение понимания студентами связи между теоретическими моделями и особенностями их практической реализации. Теоретические результаты доводятся до конкретных рекомендаций, расчетных соотношений, схем, иллюстрируются практическими примерами.

2. Место дисциплины в учебном процессе

2.1. Согласно государственному образовательному стандарту ГОС курс "Сканирующая зондовая микроскопия" является общепрофессиональной дисциплиной для студентов, обучающимися по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика» и изучается студентами в 9-м семестре.

2.2. Базовые дисциплины для курса «ФКС и полупроводниковая электроника». В данном курсе предполагается более глубокое изучение отдельных разделов с акцентом на практическое инженерное состояние и развитие средств измерения. Приступая к изучению курса «Сканирующая зондовая микроскопия» студенты должны свободно владеть основными понятиями и методами квантовой механики, теории вероятности, физики конденсированного состояния, статистической физики, «ФКС и полупроводниковая электроника».

3. Организационно-методические данные дисциплины

3.1. Виды занятий по курсу "Сканирующая зондовая микроскопия". В курсе "Сканирующая зондовая микроскопия" предусмотрены лекции, лабораторные работы, индивидуальные занятия и самостоятельная работа студентов. Задачей лекционного курса является ориентирование слушателей в вопросах и материалах изучаемой дисциплины, в выявлении связи разделов курса между собой и с другими смежными учебными дисциплинами, в обзоре рекомендуемой научной и учебной литературы по курсу.

На лабораторных занятиях студенты приобретают навыки работы с аппаратурой, измерительными приборами, компьютерной техникой и периферийным оборудованием, прорабатывают и закрепляют учебный материал на конкретных практических задачах и примерах.

На индивидуальных занятиях проводятся консультации и контроль работы студентов с литературой по отдельным разделам курса. Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку конспектов лекций, научно-технической литературы, подготовку к лабораторным занятиям и к зачету.

4. Содержание курса

№ п.п.	Тема и содержание	Форма изучения материала	Кол-во часов	Межпредметные связи	Инновационные технологии, наглядные пособия, технические средства	Основная и дополнительная литература	Задания по самостоятельной работе студентов	Количество часов	Форма контроля самостоятельной работы
1	Введение. Исторический очерк развития электронной микроскопии и физики микрообъектов.	Лекции	2	Физическая электроника		Л. 1- Л. 2 Л. 13	По списку заданий	2	
2	Тема 1. От полевой ионной к сканирующей туннельной микроскопии	Лекции Лаб. занятия	4 0	Информатика и вычисл. техника	Демонстр. компьютер. программы	Л. 1 - Л. 2 Л. 3	Индивидуальные задания	6	Коллоквиум
3	Тема 2. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) – новый метод исследования поверхности твердого тела; история создания СТМ.	Лекции	8 4	Физическая электроника		Л. 1 Л. 2 Л. 3	Индивидуальные задания	8	Текущие проверки конспектов
4	Тема 3. Атомно-силовая микроскопия	Лекции	8 2	ФКС, полупр. электроника		Л. 1 Л. 3 Л. 13		6	Коллоквиум
5	Тема 4. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) и спектроскопия (СТС). Топографайнер Р. Янга. Основная идея СТМ и ее реализации. Роль зондирующего острия. СТМ-изображения поверхности Au(110) и графита. Поверхность Si(111)-7×7 и модель Такаянаги. Димерная модель поверхности Si(100)-2×1. Проблемы сканирующей туннельной спектроскопии.	Лекции	6 10 4	Физическая электроника	Демонстрационные компьютерные программы	Л. 1 Л. 2 Л. 4 - Л. 5 Л. 6	По списку вопросов	8	Коллоквиум
6	Тема 5. Атомная структура поверхностей с адсорбатами. Поверхностные фазы в субмонослойных системах адсорбат/подложка; состав поверхностных фаз; фазовая диаграмма. Семейство структур $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ и 3×1 на Si(111). Фазы 2×1 , 1×1 и 3×1 в системе H/Si(100).	Лекции	6	Квантовая механика, ФКС		Л. 1 Л. 2 Л. 12		10	Текущие проверки конспектов
7	Тема 6. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ)	Лекции		ФКС		Л. 9	По списку	4	Коллоквиум.
8	Тема 7. Конфокальная и ближнепольная опт. микроскопия.	Лекции	2	ФКС		Л.1			
	Тема 8. Применение СТМ и СЗМ в нанотехнологии и нанoeлектронике. Атомная сборка и самоорганизующиеся системы. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ) и ее применение в нанотехнологии. СТМ контроль атомных структур на поверхностях GaAs (001) и GaN(0001), выращенных методами МЛЭ. Создание и исследование квантовых наноструктур.	Лекции		Квантовая механика, ФКС		Л.7. Л. 9 Л.11. Л. 18			Текущие проверки конспектов

	<p>Тема 9. Фуллерены и углеродные нанотрубки. Основные свойства фуллеренов и нанотрубок. Пленки фуллеренов на поверхности металлов. Взаимодействие фуллеренов с поверхностями полупроводников. Производные фуллеренов и их применение, фторфуллерены. Углеродные нанотрубки и их применение в нанoeлектронике.</p>	Лекции				Л.6. Л.12.			Текущие проверки конспектов
	<p>Тема 10. Нитриды алюминия, галлия, индия и их сплавы – новые материалы для оптоэлектроники.</p>	Лекции				Л. 11 Л. 18			
	<p>Тема 11. СТМ и СТС исследование элементарных физико-химических процессов на поверхности твердых тел. Молекулярная нанoeлектроника.</p>	Лекции		ФКС		Л. 12 Л. 19			

4.2. Список лабораторных работ по курсу "Сканирующая зондовая микроскопия "

- 1.** Изучение принципов сканирования поверхности твердых тел в режимах СТМ и АФМ.
- 2.** Моделирование кристаллических решеток с использованием программы Carline Crystallography 3.1.
- 3.** Изучение основ проведения векторных литографических операций на двухкоординатных аналоговых устройствах отображения.
- 4.** Изучение основ оптического метода сканирования изображений.
- 5.** Изучение характеристик и параметров полевого электронного спектрометра.
- 6.** Векторная литография.

Литература

- [1]. Р.З. Бахтизин. Сканирующая зондовая микроскопия. (Конспект лекций по курсу). Уфа. РИНЦ БашГУ. 2017. 28 с.
- [2]. Р.З. Бахтизин. Сканирующая туннельная микроскопия – новый метод изучения поверхности твердых тел. *Соросовский Образовательный Журнал*. 2000. № 8.
- [3]. Р.З. Бахтизин, Ч. Пак, Т. Хашицуме и Т. Сакурай. *ЖЭТФ*. 1995. Т. **108**. Вып. 5. С. 977. *ЖТФ*. 1994. Т. **64**. Вып. 8. С. 113.
- [4]. Р.З. Бахтизин, Т. Хашицуме, Д.-Щ. Вонг и Т. Сакурай. *УФН*. 1997. Т. **167**. №3. С. 289.
- [5]. Р.З. Бахтизин, К.-К. Щуе, Т. Хашицуме и Т. Сакурай. *УФН*. 1997. Т. **167**. №11. С. 1227.
- [6]. Р.З. Бахтизин. Голубые диоды. *Соросовский Образовательный Журнал*. 2001. № 3. С. 75.
- [7]. Р.З. Бахтизин, К.-К. Щуе, Ю. Хасегава, Т. Сакурай. *ЖЭТФ*. 2000. Т. **113**. Вып. 11. С. 1153.
- [8]. Р.З. Бахтизин и Р.Р. Галлямов. *Физические основы сканирующей зондовой микроскопии*. Уфа: БашГУ. 2004.
- [9]. Р.З. Бахтизин, Ч.-Ж. Щуе, Ч.-К. Щуе, К.-Х. Ву, Т. Сакурай. *УФН*. 2004. Т. **174**. №4. С. 383.
- [10]. К. Оура, В.Г. Лифшиц, А.А. Саранин, А.В. Зотов, М. Катаяма. *Введение в физику поверхности*. М.: Наука.-2006. 490 с.

Дополнительная литература

- [11]. В.Л. Миронов. *Основы сканирующей зондовой микроскопии*. Нижний Новгород: ИФМ РАН. 2004.
- [12]. А.В. Елецкий, Б.М. Смирнов. *УФН*. 1995. Т. **165**. № 9. С. 977. *УФН*. 1993. Т. **163**. №1. С. 33. *УФН*. 2002. Т. **172**. №4. С. 401.
- [13]. L.E. Murr. *Electron and Ion Microscopy and Microanalysis. Principles and applications*. 2nd Edition. NY-Basel-Hong Kong: 1991.
- [14]. S. Nakamura, G. Fasol. *The Blue Laser Diodes (GaN Based Light Emitters and Lasers)*. Berlin-Heidelberg: Springer. 1997. 175 p.
- [15]. Ph. Avouris and R. Wolkow. *Physical Review B*. 1989. V. **39**. №8. P. 5091.

Критерии оценки знаний, умений и навыков студентов

Итоговой формой контроля знаний, умений и навыков по дисциплине является экзамен.

Экзамен проводится по билетам, которые включают два теоретических вопроса и три задачи.

Оценка знаний студентов производится по следующим критериям:

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он свободно ориентируется в основных понятиях, определениях и выводах данного предмета, четко представляет назначение и выполняемые функции радиотехнических компонентов, умеет реализовывать алгоритмы цифровой обработки сигналов на функциональном и программном уровне, четко представляет источники возникновения погрешностей и методы их расчета.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он свободно ориентируется в основных понятиях, определениях и выводах данного предмета, четко представляет назначение и выполняемые функции радиотехнических компонентов, умеет реализовывать алгоритмы цифровой обработки сигналов на функциональном и программном уровне, четко представляет источники возникновения погрешностей и методы их расчета, однако, для полного ответа на отдельные поставленные вопросы требуются дополнительные пояснения и уточнения со стороны преподавателя.;

оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он ориентируется в основных понятиях, определениях и выводах данного предмета, в целом представляет назначение и выполняемые функции радиотехнических компонентов, умеет реализовывать алгоритмы цифровой обработки сигналов на функциональном и программном уровне, имеет общее представление об источниках возникновения погрешностей и методах их расчета, однако, для полного ответа на отдельные поставленные вопросы требуются существенные пояснения и уточнения со стороны преподавателя;

оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если он не ориентируется в основных понятиях, определениях и выводах данного предмета, не представляет себе назначение и выполняемые функции радиотехнических компонентов, затрудняется в реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов на функциональном и программном уровне, не имеет общих представлений об источниках возникновения погрешностей и методах их расчета.

Методические рекомендации студентам по организации изучения

дисциплины

1. Приступая к изучению предмета, необходимо ознакомиться с учебной программой курса "Сканирующая зондовая микроскопия".
 2. Каждый раздел курса "Сканирующая зондовая микроскопия" должен быть в процессе изучения кратко законспектирован.
 3. После проработки каждого раздела курса "Сканирующая зондовая микроскопия" по конспектам лекций и по рекомендованным учебным пособиям необходимо ответить на контрольные вопросы, помещенные в конце каждой темы учебного пособия.
 4. Преподаватель проводит в конце каждого семестра собеседование со студентами по конспектам лекций и других записей.
 5. Отчеты по лабораторным работам оформляются на компьютере индивидуально каждым студентом. Все графические и численные результаты формируются в виде цифровых копий экрана. Полученные на лабораторных занятиях результаты переписываются на индивидуальные съемные носители информации.
 6. По каждому заданию лабораторной работы в отчете должны быть сформулированы аргументированные выводы. Не допускается ограничиваться выводами не по существу. Например, не следует использовать фразы со словами «Выполнили ...», «Изучили ...», «Освоили ...», «Узнали ...» и т.п.
 7. Отчет по каждой лабораторной работе публично защищается студентом. Во время защиты студент должен продемонстрировать понимание всех методических подходов, связанных с выполнением данной лабораторной работы. Полученные численные и графические результаты должны быть кратко описаны в тексте отчета и в выводах.
 8. При защите каждой лабораторной работы студент должен показать следующее:
 - Степень усвоения теоретического материала;
 - Практические навыки выполнения компьютерных расчетов по изученным теоретическим зависимостям;
 - Умение расчетов погрешностей измерений, связанные с цифровой обработкой измерительной информации и особенностями выбранных систем управления;
 - Объем и полноту изучения рекомендованных литературных источников.
-