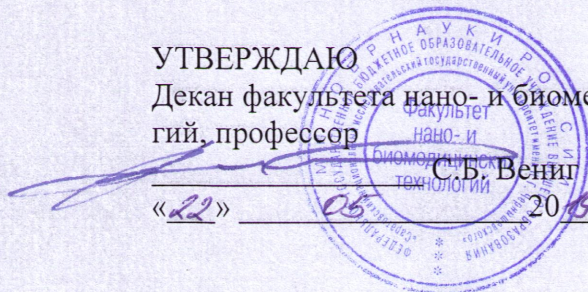


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета нано- и биомедицинских техноло-
гий, профессор

«22» 05 2019 г.



Рабочая программа дисциплины
Электронные и ионные методы в исследовании материалов

Направление подготовки магистратуры
22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Профиль подготовки магистратуры
«Функциональные и интеллектуальные материалы и структуры
для электроники и биомедицины»

Квалификация (степень) выпускника
магистр

Форма обучения
очная

Саратов,
2019

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Роках А.Г.		13.05.2019.
Председатель НМК	Михайлов А.И.		13.05.19.
Заведующий кафедрой	Михайлов А.И.		22.05.19.
Специалист Учебно-го управления	Юшинова И.В.		22.05.19.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Электронные и ионные методы исследования материалов» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний умений и владений и усвоение физических принципов взаимодействия ускоренных заряженных частиц с веществом, основ теоретического и экспериментального исследования характеристик материалов и их практического применения при конструировании изделий электронной техники.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о физической природе взаимодействия заряженных частиц с полупроводниковыми и другими материалами, которые непосредственно касаются возможности практической реализации полупроводниковых и других структур, применяемых в приборах и устройствах твердотельной электроники и микро- и нанoeлектроники;
- формирование знаний основных характеристик и параметров ионизирующих излучений, особенно электронных, ионных пучков и рентгеновских лучей, глубины их проникновения в материал и разрешающей способности;
- формирование умений теоретически анализировать физические процессы, протекающие при взаимодействии ускоренных электронов, ионов и рентгеновских лучей;
- овладение наиболее общими методами и навыками экспериментального исследования и теоретического анализа материалов с применением указанных выше излучений .

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Электронные и ионные методы исследования материалов» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП магистратуры и изучается студентами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению подготовки магистров 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и профилю «Функциональные и интеллектуальные материалы и структуры для электроники и биомедицины» в течение 1 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по физике, математике, материаловедению, электротехнике, инженерной и компьютерной графике и подготавливает студентов к изучению в том же или в последующих семестрах таких дисциплин как Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов, Функциональные и интеллектуальные материалы, Методы исследования, экспертиза материалов и процессов, Метрологическое обеспечение в научных организациях и на производстве, Влияние излучений различной природы на свойства материалов, Научно-исследовательская работа.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>ОПК-5. Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях</p>	<p>1.1_М.ОПК-5. Проектирует инновационные технологические процессы получения и обработки современных материалов для достижения требуемого комплекса свойств с учетом экологических, экономических, и других факторов. 2.1_М.ОПК-5. Способен собирать, анализировать и обобщать данные научных исследований и обосновывать собственный выбор 3.1_М.ОПК-5. Обладает навыками методологического анализа научного исследования и его результатов.</p>	<p><u>Знать:</u> Инновационные технологические процессы получения и обработки современных материалов с использованием электронных и ионных методов для достижения комплекса требуемых свойств; <u>Уметь:</u> Собирать, анализировать и обобщать данные научных исследований с использованием электронно-ионнолучевой технологии и обосновывать собственный выбор; <u>Владеть:</u> Навыками методологического анализа научного исследования с использованием электронного и ионного облучения и его результатов.</p>
<p>ПК-7. Способен выбирать метод научного исследования исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада.</p>	<p>1.1.М.ПК-7. Разбирается в технологических процессах и режимах, используемых при производстве наноструктурируемых композиционных материалов. 2.1_М.ПК-7. Адекватно разрабатывает программы выполнения научных исследований, способен обрабатывать и анализировать их результаты. 3.1_М.ПК-7. Осуществляет выбор оптимальных вариантов технологических процессов производства наноструктурированных композиционных материалов.</p>	<p><u>Знать:</u> Принципы и методы моделирования структуры материалов и протекающих в них процессов; современные проблемы теоретического и прикладного материаловедения и технологии материалов, в том числе наноструктурированных, применительно к различным областям техники и технологии. <u>Уметь:</u> Использовать возможности электронно-лучевых и ионно-лучевых приборов для анализа структуры и состава веществ, в том числе наноструктурированных. <u>Владеть:</u> Современными методами анализа и определения физических, химических свойств перспективных материалов; современными методами обработки данных и оформления полученных результатов в виде отчета, научной публикации, доклада.</p>

<p>ПК-14. Способен анализировать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модификации; Использовать знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания.</p>	<p>1.1_М. ПК-14. Принимает участие в организации работы по стандартизации и по подготовке к проведению сертификации продукции. 2.1_М. ПК-14. Подготавливает аналитические обзоры на основе обобщения результатов законченных исследований. 3.1_М. ПК-14. Эффективно организует выбор средств и методов измерений.</p>	<p>Знать: Принципы работы современных электронно-лучевых и ионно-лучевых приборов для исследования материалов, в том числе наноразмерных и композиционных. Уметь: Ориентироваться в методах исследования состава и структуры современных, в том числе наноразмерных, материалов и приборов структур. Владеть: Физическими основами получения материалов и приборов с новыми свойствами.</p>
---	--	--

Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				5	6	7	8	
1	<u>2</u>	3	4	5	6	7	8	
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1.	Введение	1	1	2		2	6	Опрос
2.	Тема 1	1	2, 3	2		4	6	Опрос
3.	Тема 2	1	4, 5	2		2	6	Опрос
4.	Тема 3	1	6	2		2	6	Опрос
5.	Тема 4		7, 8	2		4	10	Контрольная работа
6.	Тема 5	1	9	2		2	6	Опрос
7.	Тема 6	1	10, 11	2		2	8	Опрос
8.	Тема 7	1	12			4	6	Опрос
9.	Тема 8	1	13			2	8	Опрос
10.	Тема 9	1	14			2	6	Опрос
	Промежуточная аттестация	2						Экзамен, контрольная работа
	Итого:	2		14	0	26	68	
	Общая трудоемкость дисциплины			108				

Содержание дисциплины

Введение. Цель и задачи курса.

Тема 1. Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Дифференциальные потери электронов. Вторичные электроны. Характеристические потери электронов. Оже-электроны. Электронно-индуцированная проводимость.

Тема 2. Взаимодействие ионов с веществом. Ионное легирование и ионное распыление. Вторичные ионы и физические основы масс-спектрометрии.

Тема 3. Рентгеновское излучение и характер его взаимодействия с веществом. Рентгеновский зондовый микроанализ. Основы метода.

Тема 4. Электронная микроскопия. Электронная оптика. Микроскопия на отражение и на просвет. Виды электронно-микроскопических изображений. ЕВІС – метод исследования потенциального рельефа поверхности. Энергодисперсионный анализ состава мишени.

Тема 5. Оже-спектрометрия. Необходимость очистки поверхности.

Тема 6. Ионная масс-спектрометрия. Ионная оптика. Положительные и отрицательные вторичные ионы. Типы масс-спектрометров. Определение профиля легирования тонких слоев. Совмещенные Оже- и масс-спектрометры.

Тема 7. Зондовые методы исследования вещества. Туннельная микроскопия. Виды туннельных микроскопов. Туннельный микроскоп как синтез вакуумной и твердотельной электроники.

Тема 8. Атомно-силовая микроскопия как метод исследования материалов с высоким удельным сопротивлением.

Тема 9. Метод ближнего поля в электронной (в широком смысле) микроскопии.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При реализации различных видов учебной работы (лекции, практические занятия (семинары), самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- лекции;
- информационно-коммуникационные технологии;
- проблемное обучение;
- исследовательские методы в обучении;
- дискуссии.

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме. При проведении лекционных занятий используется ПК и мультимедийный проектор.

При проведении практических занятий (семинаров) в активной форме проводится детальный анализ вопросов физики, технологии, методов исследования конкретных материалов, структур и приборов на квантовых эффектах в соответствии с разделами программы дисциплины.

При проведении более 80 % лекционных и практических (семинарских) занятий используется ПК и мультимедийный проектор.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего учебного семестра и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, практическим занятиям, к контрольной работе, в выполнении заданий лектора, работе в компьютерном классе или библиотеке.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 50 % аудиторных

занятий. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более 50 % аудиторных занятий.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения и индивидуальных консультаций;
- использование дистанционных образовательных технологий.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего семестра и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, лабораторным занятиям, к контрольной работе.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;

- при подготовке к выполнению практических заданий тщательно изучать описание работы, задавать уточняющие вопросы преподавателю;

- при подготовке к контрольной работе пользоваться лекциями и рекомендованной литературой.

В ходе изучения дисциплины в часы практических занятий студенты выполняют контрольную работу.

При подготовке к контрольной работе необходимо использовать материал прочитанных лекций.

Контрольная работа.

Вариант А. Взаимодействие заряженных частиц с твердым телом.

Вариант Б. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.

При выполнении контрольной работы студент должен продемонстрировать знания по основным свойствам ионизирующих излучений и особенностям их взаимодействия с полупроводником.

Результаты выполнения контрольной работы учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов на экзамене.

Промежуточная аттестация проводится в форме *экзамена*.

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации

- 1) Взаимодействие ускоренных электронов с веществом
- 2) Глубина проникновения ускоренных электронов.
- 3) Дифференциальные потери электронов.
- 4) Электронно-наведенная проводимость (катодопроводимость).
- 5) Вторичная электронная эмиссия.
- 6) Характеристические потери электронов.
- 7) Оже-электроны.
- 8) Взаимодействие ускоренных ионов с веществом.
- 9) Ионное легирование полупроводников.

- 10)Ионное распыление.
- 11)Вторичная ионная эмиссия.
- 12)Физические основы ионной масс-спектрометрии.
- 13)Типы масс-спектрометров.
- 14)Определение профиля легирования тонких слоев.
- 15)Для чего совмещают оже- и масс-спектрометры?
- 16)Детекторы электронов.
- 17)Детекторы ионов.
- 18)Туннельная сканирующая микроскопия.
- 19)Основные закономерности формирования сигнала в туннельных микроскопах.
- 20)Конструкция сканирующего туннельного микроскопа.
- 21)Возможности и область применения сканирующей туннельной микроскопии.
- 22)Принцип действия и возможности электронных микроскопов.
- 23)Растровая электронная микроскопия.
- 24)Конструкция растрового электронного микроскопа.
- 25)Рентгеновские методы на электронном микроскопе.

Примерные темы практических занятий

1. Взаимодействие электронов с веществом.
2. Взаимодействие ионов с веществом.
3. Масс-спектрометрия вторичных ионов.
4. Радиационные методы исследования (полупроводниковых) материалов.
5. Радиационные методы исследования и лечения человека.
6. Рентгеновский электронно-оптический преобразователь (РЭОП).
7. Новые виды радиационных исследований и воздействий на полупроводниковые материалы и приборы.
8. Вторично-ионный фотоэффект.
9. Растровая электронная микроскопия. EBIC – метод исследования потенциального рельефа поверхности.
10. Рентгеновский энергодисперсионный анализ состава мишени.
11. Оже-спектрометрия. Необходимость очистки поверхности.
12. Ионная масс-спектрометрия. Типы масс-спектрометров. Совмещенные Оже- и масс-спектрометры.
13. Зондовые методы исследования вещества. Туннельная микроскопия. Виды туннельных микроскопов. Туннельный микроскоп как синтез вакуумной и твердотельной электроники.
14. Атомно-силовая микроскопия как метод исследования материалов с высоким удельным сопротивлением.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
1	20	0	20	20	0	0	40	100

Программа оценивания учебной деятельности магистранта

1 семестр

Лекции

Посещаемость, активность работы в аудитории, правильность ответов при опросах, качество выполнения заданий лектора – от 0 до 20 баллов.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены

Практические занятия

Посещаемость, самостоятельность при выполнении работы, активность работы в аудитории, правильность ответов при опросах и выполнении заданий, уровень подготовки к занятиям – от 0 до 20 баллов.

Самостоятельная работа

Качество подготовки к лекционным и практическим занятиям (семинарам), активность на занятиях, качество выполнения контрольной работы – от 0 до 20 баллов.

Автоматизированное тестирование – не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности

Не предусмотрены

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электронные и ионные методы исследования материалов» оценивается от 0 до 40 баллов и проводится в форме *экзамена*.

При проведении промежуточной аттестации в форме экзамена:

ответ на «отлично» оценивается от 35 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 28 до 34 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 20 до 27 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 19 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 1 семестр по дисциплине «Электронные и ионные методы исследования материалов» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку (экзамен).

86 - 100 баллов	«отлично»
70 - 85 баллов	«хорошо»
50 – 69 баллов	«удовлетворительно»
0 - 49 баллов	«не удовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Литература:

1. Лебедев, Альберт Тарасович. Масс-спектрометрия в органической химии [Текст] : [учебное пособие] / А. Т. Лебедев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Техносфера, 2015. - 703. А918067-ОХФ, А918068-ОХФ, А918069-ОХФ.
2. Рамсден Дж. Физико-технические основы бионанотехнологий и наноиндустрии. Пер. с англ. Учебное пособие. Издательский Дом ИНТЕЛЛЕКТ. 2013. ЗНБ – 10.
3. Ярышев Н.Г., Панкратов Д.А., Токарев М.И., Камкин Н.Н., Родякина С.Н. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе. М.: Прометей. 2012.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0
5. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/window/>
6. Зональная научная библиотека им. В.А. Артисевич Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Электронные и ионные методы исследования материалов» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, плакатами.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» с профилем «Функциональные и интеллектуальные материалы и структуры для электроники и биомедицины».

Автор  А.Г. Роках

Программа одобрена на заседании кафедры физики полупроводников 22 мая 2019 г., протокол № 6.

Рекомендованная литература:

1. Рид, Стефан Дж. Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии [Текст] / С. Дж. Б. Рид ; пер. с англ. Д. Б. Петрова, И. М. Романенко, В. А. Ревенко. - Москва : Техносфера, 2008. – 229. А914179-ОХФ.
2. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям [Текст] : в 3 т. под ред. Б. Бхушна; пер. с англ. под общ. ред. А. Н. Саурова. - 2-е изд. - Москва : Техносфера, 2010. А917730-ОХФ-СБО, А918074-ОХФ.
3. Миронов, В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии [Текст] : учеб. пособие для студентов ст. курсов вузов / В. Л. Миронов ; Рос. акад. наук, Ин-т физики микроструктур г. Нижний Новгород. - Москва : Техносфера, 2005. – 143. А964843-ОХФ, А965156-ОХФ, А965157-ОХФ. Учебные отделы, А961032-ОХФ-ЧЗ-4, А961033-ОХФ, А961034-ОХФ.
4. Плескова, Светлана Николаевна. Атомно-силовая микроскопия в биологических и медицинских исследованиях [Текст] : учебное пособие / С. Н. Плескова. - Долгопрудный : Издательский дом "Интеллект", 2011. - 183, Учебные отделы, А987818-ОХФ, А987819-ОХФ, А988559-ОХФ.