

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебно-методической работе,
профессор

Е.Г. Елина



« 31 » 08 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

«Электронные и ионные методы в исследовании материалов»

Направление подготовки

22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Профиль

«Функциональные и интеллектуальные материалы и структуры
для электроники и биомедицины»

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Форма обучения

очная

Саратов, 2016 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Электронные и ионные методы в исследовании 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 в 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 по выбору «Электронные и ионные методы в исследовании материалов» относится к вариативной части блока «Дисциплины (модули)» 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, дифференциальным и интегральным уравнениям, материаловедению, электротехнике, инженерной и компьютерной графике и подготавливает студентов к изучению в последующих семестрах таких дисциплин, как основы технологии материалов и компонентов электроники, зондовые методы диагностики структур микро- и нанoeлектроники, основы микропроцессорной техники, медицинская электроника и измерительные преобразователи.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Электронные и ионные методы в исследовании материалов» формируются следующие компетенции: ОК-7, ОПК-3, ОПК-9, ПК-3.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Электронные и ионные методы в исследовании 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 в 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 «^{по выбору}Электронные и ионные методы в исследовании материалов» относится к ^{вариативной} базовой ^{части} профессионального цикла дисциплин и изучается студентами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению подготовки магистров 150100 «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, дифференциальным и интегральным уравнениям, материаловедению, электротехнике, инженерной и компьютерной графике и подготавливает студентов к изучению в последующих семестрах таких дисциплин, как основы технологии материалов и компонентов электроники, зондовые методы диагностики структур микро- и нанoeлектроники, основы микропроцессорной техники, медицинская электроника и измерительные преобразователи.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Электронные и ионные методы в исследовании материалов» формируются следующие компетенции: ОК-7, ОПК-3, ОПК-9, ПК-3.

ОК-7. Готовность самостоятельно выполнять исследования на современном оборудовании и приборах (в соответствии с целями магистерской программы) и ставить новые исследовательские задачи.

ОПК-3. Способность самостоятельно развивать базовые знания теоретических и прикладных наук при моделировании, теоретическом и экспериментальном исследовании материалов и процессов в профессиональной деятельности.

ОПК-9. Способность к самостоятельному освоению новых методов исследования и изменению научного, научно-педагогического и производственного профиля своей профессиональной деятельности.

ПК-3. Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модификации; использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания.

В результате освоения дисциплины обучающийся студент должен:

знать:

- - философские вопросы развития науки и техники;
- - принципы и методы моделирования структуры материалов и протекающих в них процессов;
- - историю, методологию и современные проблемы физики, химии, механики материалов и процессов их получения, переработки, обработки и модификации;
- - новые теоретические подходы в описании состояния и свойств материалов, явлений и процессов в них;
- - существующие и перспективные компьютерные и информационные технологии применительно к материаловедению и технологии материалов;
- - типы и классы современных и перспективных неорганических и/или органических материалов и технологических процессов их получения, обработки и модификации;
- - современные проблемы теоретического и прикладного материаловедения и технологии материалов применительно к различным областям техники и технологии;
- - основную профессиональную терминологию на иностранном языке;

уметь:

- - с позиций философии находить и обобщать аналогии в развитии материалов, техники и технологий;
- - комплексно оценивать и прогнозировать тенденции и последствия развития материаловедения и технологий материалов, решать задачи по разработке наукоемкой техники и инновационных технологий в области профессиональной деятельности;
- - использовать новые научные подходы и методы математического моделирования при решении проблем разработки и использования материалов с заданными технологическими и функциональными свойствами, процессов их производства, обработки и модификации;
- - с позиций философии находить и обобщать аналогии в развитии материалов, техники и технологий;
- - комплексно оценивать и прогнозировать тенденции и последствия развития материаловедения и технологий материалов, решать задачи по разработке наукоемкой техники и инновационных технологий в области профессиональной деятельности;
- - использовать новые научные подходы и методы математического моделирования при решении проблем разработки и использования материалов с заданными технологическими и функциональными свойствами, процессов их производства, обработки и модификации;

владеть:

- - философской и методологической основой исследований и разработок в области материаловедения и технологий материалов для решения поставленных задач
- - современными подходами и методами математического моделирования при разработке новых материалов и процессов;
- - современными методами анализа и определения физических, химических и механических свойств перспективных материалов;
- - навыками разработки и использования новых технологических процессов и оборудования в производстве и модификации неорганических и органических материалов, в том числе гибридных, композиционных и наноматериалов;
- - навыками устной и письменной профессиональной речи на иностранном языке.

Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа

№ 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	2	3	4	5	6	7	8	
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1.	Введение	2	1	2		2	6	Реферат
2.	Тема 1	2	2, 3	2		4	6	Реферат
3.	Тема 2	2	4, 5	2		4	6	Реферат
4.	Тема 3	2	6	2		2	6	Реферат
5.	Тема 4		7, 8			4	10	Контрольная работа
6.	Тема 5	2	9	2		2	6	Реферат
7.	Тема 6		10, 11			4	8	Реферат
8.	Тема 7		12			4	6	Реферат
9.	Тема 8		13			2	8	Реферат
10.	Тема 9		14			2	6	Реферат
	Итого:			10		30	68	Экзамен 36 час.

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. ЕВИС – метод исследования потенциального рельефа поверхности. Энергодисперсионный анализ состава мишени.

Тема 5. Оже-спектметрия. Необходимость очистки поверхности.

Тема 6. Ионная масс-спектметрия. 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

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

- 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 написании рефератов, 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 и отчетам по лабораторным работам тщательно изучать описание работы, задавать уточняющие вопросы преподавателю и дежурному инженеру, иметь отдельную тетрадь по лабораторному практикуму, для выполнения заданий и оформления отчетов;
- 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 веществом.

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

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена (или зачета).

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.

При подготовке к семинару докладчики пишут рефераты.

Примерные темы рефератов

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	Лаборатор-	Практиче-	Самостоя-	Автоматизиро-	Другие виды	Промежу-	Итого

		ные занятия	ские занятия	тельная работа	ванное тестирование	учебной деятельности	точная аттестация	
2	20	0	20	20	0	0	40	100

Программа оценивания учебной деятельности магистранта

2 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.

Другие виды учебной деятельности

Не предусмотрены

Промежуточная аттестация по дисциплине «Приборы на квантовых эффектах: технология и материалы» 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 по дисциплине «Приборы на квантовых эффектах: технология и материалы» составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Приборы на квантовых эффектах: технология и материалы» в оценку на экзамене осуществляется в соответствии с Таблицей 2.

Таблица 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

а) основная литература:

1. Газенаур, Е.Г. Методы исследования материалов. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / Е.Г. Газенаур, Л.В. Кузьмина, В.И. Крашенинин. — Электрон. дан. — Кемерово : КемГУ, 2013. — 336 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/44317>

2. 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 .


б) дополнительная литература:

3. 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.

4. 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

5. 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.

6. 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, 

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Электронные и ионные методы в исследовании 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» и с профи-

«Функциональные и интеллектуальные материалы и структуры для электроники и биомедицины».

Автор профессор



А.Г. Роках

Программа одобрена на заседании кафедры физики полупроводников 28 февраля 2014 г., протокол № 8.

Актуализированная программа одобрена на заседании кафедры физики полупроводников 28 марта 2016 г., протокол № 9.

Зав. кафедрой физики полупроводников,
профессор



А.И. Михайлов

« _____ » _____ 2016 г.

Декан факультета nano- и биомедицинских технологий, профессор



С.Б. Вениг

« _____ » _____ 2016 г.