

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, профессор

С.Б. Вениг

"25" 04 2019 г.



Рабочая программа дисциплины

Физика неупорядоченных полупроводников

Направление подготовки магистратуры

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профиль подготовки магистратуры

«Диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация выпускника

Магистр

Форма обучения

очная

Саратов,
2019 г.

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Названов В.Ф.		24.04.19
Председатель НМК	Михайлов А. И.		24.04.19
Заведующий кафедрой	Усанов Д. А.		24.04.19
Специалист Учебно-го управления	Юшинова И. В.		24.04.19г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физика неупорядоченных полупроводников» является формирование у магистрантов знаний и умений (владений) по физическим свойствам, основным характеристикам и практическому применению неупорядоченных полупроводников в электронике и других областях науки и техники.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний об основных направлениях развития физики неупорядоченных полупроводников;
- формирование знаний об основных особенностях неупорядоченных сред;
- формирование знаний об основных моделях плотности энергетических состояний и механизмах переноса носителей заряда в неупорядоченных полупроводниках;
- формирование знаний практического использования неупорядоченных полупроводников при разработке и создании различных микро- и оптоэлектронных приборов на их основе.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Физика неупорядоченных полупроводников» относится к обязательным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается магистрантами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению «Электроника и наноэлектроника» профиль подготовки «Диагностика нано- и биомедицинских систем», в течение 1 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные магистрантами знания по физике, математике, химии, термодинамике, электродинамике сплошных сред, физике полупроводников, микроэлектронике, технологии материалов и структур электроники, квантовой и оптической электронике и подготавливает магистрантов к изучению в следующих семестрах таких дисциплин, как актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники, физика фотонных кристаллов, бионаносенсорика,

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий</p>	<p>1.1_М.УК-1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.</p> <p>1.2_М.УК-1. Осуществляет поиск алгоритмов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации. Определяет в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей детальной разработке. Предлагает способы их решения.</p> <p>1.3_М.УК-1. Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности</p>	<p><u>Знать</u> общие особенности неупорядоченных систем, основные модели плотности энергетических состояний электронов в неупорядоченных полупроводниках.</p> <p><u>Уметь</u> теоретически анализировать основные механизмы переноса носителей заряда в неупорядоченных полупроводниках.</p> <p><u>Владеть</u> методиками решения практических задач, связанных с исследованиями и разработкой микро - и оптоэлектронных приборов на основе неупорядоченных полупроводников.</p>
<p>ПК-1. Способен проводить оценку направлений научного развития исследований и разработок, связанных с перспективными материалами, технологическими процессами и оборудованием</p>	<p>1.1_М. ПК-1. Разбирается в основах структурирования и систематизации информации.</p> <p>2.1_М. ПК-1. Выявляет тенденции развития научных исследований и разработок, связанных с перспективными материалами, технологическими процессами и оборудованием.</p> <p>3.1_М. ПК-1. Применяет средства поиска информации в информационных сетях.</p>	

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се- местр	Неделя семест- ра	Виды учебной работы, включая самостоя- тельную работу маги- странтов и трудоем- кость (в часах)				Формы те- кущего контроля успеваемо- сти (по неделям се- местра) Формы промежу- точной ат- тестации (по семест- рам)
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1.	Введение	1	1			1		
2.	Особенности неупорядоченных систем	1	1-2			2	6	опрос
3.	Энергетический спектр неупорядоченных полупроводников	1	3-6			8	8	опрос
4.	Основные механизмы переноса в неупорядоченных полупроводниках	1	7-13			14	14	опрос
5.	Оптические переходы в неупорядоченных полупроводниках	1	14-15			4	2	опрос
6.	Применение неупорядоченных полупроводников	1	16-18			7	6	опрос
	Контроль	1		36				
	Промежуточная аттестация	1						Экзамен
	Итого:	1				36	36	
	Общая трудоемкость дисциплины			108				

Содержание дисциплины

1. Введение. Физика неупорядоченных систем - один из главных разделов современной физики конденсированной среды.
2. Особенности неупорядоченных систем
 - 2.1. Определение неупорядоченной системы. Примеры.
 - 2.2. Основные типы беспорядка в неупорядоченных системах. Аморфные полупроводники.

2.3. Экспериментальные данные по исследованию оптических и электрических свойств неупорядоченных полупроводников.

2.4. Общие особенности неупорядоченных систем.

3. Энергетический спектр неупорядоченных полупроводников.

3.1. Плотность состояний.

3.2. Существование локализованных состояний в неупорядоченных полупроводниках. Критерии существования локализованных состояний по Андерсону и Мотту.

3.3. Локализация по Андерсону. Модель Андерсона (вертикальный беспорядок). Переход Андерсона металл - диэлектрик.

3.4. "Горизонтальный беспорядок" (на примере сильнолегированных полупроводников). Переход Мотта.

3.5. Модели плотности состояний в неупорядоченных полупроводниках.

Модели Мотта-Дэвиса, Мотта - Стрита, Коэна - Фритцше- Овшинского, Адлера и др.

3.6. Искривление энергетических зон в полупроводниках со случайным полем. Энергети-

ческая схема неупорядоченного полупроводника. Оптическая и электрическая ширины

запрещенной зоны в неупорядоченных полупроводниках.

4. Основные механизмы переноса в неупорядоченных полупроводниках.

4.1. Перенос носителей заряда по распространенным состояниям.

4.2. Перенос по локализованным состояниям, случаи высоких и низких температур. Формула Мотта.

4.3. Учет эффектов слабой локализации носителей заряда в неупорядоченных системах. Мезоскопика.

4.4. О теории протекания (перколяции) при решении задач по проводимости неупорядоченных полупроводников. Уровни протекания для электронов и дырок в неупорядоченных полупроводниках с крупномасштабными флуктуациями потенциала.

5. Оптические переходы в неупорядоченных полупроводниках

5.1. Некоторые особенности, связанные с генерацией и рекомбинацией носителей заряда в полупроводниках со случайным полем.

5.2. Эффекты поглощения света в полупроводнике со случайным полем.

Междузонные оптические переходы в неупорядоченных полупроводниках. Об экситонах в неупорядоченных полупроводниках

6. Применение неупорядоченных полупроводников.

6.1. Применение неупорядоченных полупроводников в микроэлектронике, оптоэлектронике, сенсорике.

6.2. Пленки аморфного кремния и других материалов. Методы получения, основные свойства, применение.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В преподавании дисциплины «Физика неупорядоченных полупроводников» используются следующие образовательные технологии:

- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

В процессе обучения предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий: адресация аудитории вопросов и коллективный поиск ответов на них в форме дискуссий, встречи с известными специалистами и экспертами.

При проведении практических (семинарских) занятий в активной форме проводится детальный анализ вопросов физики неупорядоченных полупроводников соответствии с приведенными выше структурой и содержанием дисциплины.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

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

Самостоятельная работа магистрантов по дисциплине проводится в течение всего периода освоения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовки к семинарским занятиям, в выполнении отдельных заданий преподавателя.

Рекомендуется при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткие конспекты

по вопросам тем (из содержания дисциплины), изучать рекомендуемую и дополнительную литературу.

На самостоятельную работу магистрантов отводится 36 часов, при этом предлагается следующее распределение времени между основными темами дисциплины:

№№	Основные разделы дисциплины	Количество часов самостоятельной работы
1.	Особенности неупорядоченных систем	6
2.	Энергетический спектр неупорядоченных полупроводников	8
3.	Основные механизмы переноса в неупорядоченных полупроводниках	14
4.	Оптические переходы в неупорядоченных полупроводниках	2
5.	Применение неупорядоченных полупроводников	6

Развернутая характеристика тем:

1. Особенности неупорядоченных систем. Определение неупорядоченной системы. Основные типы беспорядка в неупорядоченных системах Экспериментальные данные по исследованию основных оптических и электрических свойств неупорядоченных полупроводников. Общие особенности неупорядоченных систем.
2. Энергетический спектр неупорядоченных полупроводников. Существование локализованных состояний в неупорядоченных полупроводниках, критерии существования. Локализация по Андерсону. Переход Андерсона металл – диэлектрик. Переход Мотта в сильнолегированных полупроводниках. Модели плотности состояний в неупорядоченных полупроводниках. Энергетическая схема неупорядоченного полупроводника.
3. Основные механизмы переноса носителей заряда в неупорядоченных полупроводниках. Перенос носителей по распространенным состояниям. Перенос носителей заряда по локализованным состояниям, случаи высоких и низких температур. Формула Мотта. Учет эффектов слабой локализации носителей заряда в неупорядоченных системах. Теория протекания (перколяции) при решении задач по проводимости неупорядоченных полупроводников. Уровни протекания для электронов и дырок.
4. Оптические переходы в неупорядоченных полупроводниках. Особенности связанные с генерацией и рекомбинацией носителей заряда в полупроводниках

со случайным полем. Поглощение света в полупроводнике со случайным полем. Междузонные оптические переходы в неупорядоченных полупроводниках. Оптическая и электрическая ширины запрещенной зоны в неупорядоченных полупроводниках. Фононы и экситоны в неупорядоченных полупроводниках.

5. Применение неупорядоченных полупроводников. Применение неупорядоченных полупроводников в микроэлектронике, оптоэлектронике, сенсорике. Пленки аморфного кремния и других материалов, методы получения, основные свойства, применение.

При реализации программы дисциплины «Физика неупорядоченных полупроводников» магистрантам предлагается подготовить реферат.

Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Основные особенности оптических свойств неупорядоченных полупроводников .
2. Основные особенности электрических свойств неупорядоченных полупроводников.
3. Локализация Андерсона в неупорядоченных полупроводниках.
4. Переход Мотта на примере сильнолегированных полупроводников.
5. Применение неупорядоченных полупроводников в микро-, опто- электронике и сенсорике.

Рефераты выполняются под руководством преподавателя и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы. Рефераты следует выполнять в течение всего семестра с периодическим обсуждением результатов с преподавателем.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

1. Определение и примеры неупорядоченных систем.
2. Основные особенности оптических свойств неупорядоченных полупроводников (по экспериментальным данным).
3. Основные особенности электрических свойств неупорядоченных полупроводников (по экспериментальным данным).
4. Критерии существования локализованных состояний в неупорядоченных полупроводниках.

5. Локализация Андерсона.
6. Переход Андерсона в неупорядоченных полупроводниках (в модели вертикального беспорядка).
7. Модель “горизонтального” беспорядка (на примере сильнолегированных полупроводников). Переход Мотта.
8. Модели плотности состояний в неупорядоченных полупроводниках.
9. Энергетическая схема неупорядоченного полупроводника.
10. Оптическая и электрическая ширины запрещенной зоны в неупорядоченных полупроводниках.
11. Перенос носителей заряда по локализованным состояниям. Случаи высоких и низких температур. Формула Мотта.
12. Уровни протекания для электронов и дырок в неупорядоченных полупроводниках с крупномасштабными флуктуациями потенциала.
13. Особенности генерации и рекомбинации носителей заряда в полупроводниках со случайным полем.
14. Эффекты поглощения света в полупроводнике со случайным полем.
15. Применение неупорядоченных полупроводников в микро-, оптоэлектронике и сенсорике.

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	0	0	30	20	0	10	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

1 семестр

Лекции

Не предусмотрены.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 30 баллов.

Самостоятельная работа

Выполнение заданий на самостоятельную работу – от 0 до 20 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Реферат – от 0 до 10 баллов.

Промежуточная аттестация (экзамен)

Экзамен проводится в устной форме и предполагает ответ на 2 вопроса билета.

При проведении промежуточной аттестации
ответ на «отлично» оценивается от – 21 до 40 баллов;
ответ на «хорошо» оценивается от – 11 до 20 баллов;
ответ на «удовлетворительно» оценивается от – 6 до 10 баллов;
ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 5 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 1 семестр по дисциплине «Физика неупорядоченных полупроводников» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчёта полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Физика неупорядоченных полупроводников» в оценку (экзамен):

86 - 100 баллов	«отлично»
70 - 85 баллов	«хорошо»
50 - 69 баллов	«удовлетворительно»
меньше 50 баллов	«неудовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) литература:

1. Названов В.Ф. Физика неупорядоченных полупроводников.- Изд-во Саратов. университета, 2004.-56 с. (в ЗНБ СГУ 6 экз.)
2. Забродский А.Г., Немов С.А., Равич Ю.И. Электронные свойства неупорядоченных систем.-Пб.: Наука, 2000.-70.с (в ЗНБ СГУ 12 экз.)
3. Шалимова К. В. Физика полупроводников: учебник. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург ; Москва : Краснодар : Лань, 2010. – 390 с. (в ЗНБ СГУ 43 экз.)
4. Шалимова К. В. Физика полупроводников [**Электронный ресурс**]: учебник. - 4-е изд., стер. - СПб.; М. ; Краснодар : Лань, 2010. – 390 с. - ЭБС "ЛАНЬ"
5. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие / А. И. Ансельм. - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с. (В ЗНБ СГУ 41 экз)
6. Введение в теорию полупроводников [**Электронный ресурс**] : учеб. пособие / А. И. Ансельм. - Москва : Лань", 2016. - 624 с. – **Гриф НМС МО.** – ЭБС «ЛАНЬ»
7. Физические процессы в барьерных структурах на основе неупорядоченных полупроводников [**Электронный ресурс**] : учебное пособие / С. П. Вихров, Н. В. Вишняков, В. Г. Мишустин. - Саратов : Вузовское образование, 2019. - 75 с. - ЭБС IPRbooks.
8. Процессы самоорганизации в неупорядоченных материалах [**Электронный ресурс**]: учебное пособие / Т. Г. Авачёва. - Саратов : Вузовское образование, 2007. - 54 с. - ЭБС IPRbooks.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. – URL: <http://window.edu.ru> (дата обращения: 20.04.2019).
5. ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕОРИЯ НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ / В.Л.Бонч-Бруевич, И.П.Звягин, Р.Кайпер, А.Г.Миронов, Р.Эндерлайн, Б.-М.Эссер. – URL: <http://www.bookshare.net/books/physics/bonch-bruvich-vl/1981/files/elektronnayateoriyaneuporyadochennih1981.pdf> (дата обращения 20. 04. 2019)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Физика неупорядоченных полупроводников» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, наглядными демонстрационными материалами и пр. (презентации, плакаты).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» и профилем подготовки «Диагностика нано- и биомедицинских систем».

Автор
профессор Названов В.Ф.

Программа одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 24 апреля 2019 года, протокол № 6.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература:

1. Названов В.Ф. Физика неупорядоченных полупроводников.-2-е изд.-Лос-Анджелес: Типография Альтруист Капитал при содействии Лулу Пабблишинг, 2010. - 71 с. (есть электронный вариант).
2. Гантмахер В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 232 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз.)
3. Займан Дж. Модели беспорядка: Теоретическая физика однородно неупорядоченных систем: Пер. с англ. М.: Мир, 1982.-592 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз.)
4. Маделунг О. Физика твердого тела. Локализованные состояния. Пер. с нем и англ.- М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1985.