

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

Нанопотоника

Направление подготовки магистратуры

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профиль подготовки магистратуры

«Диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация выпускника

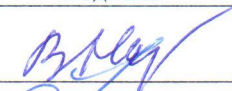
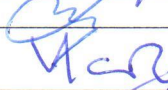
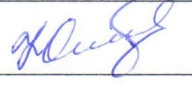
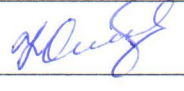
Магистр

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 «Нанопотоника» является формирование у магистрантов комплекса профессиональных знаний и умений и усвоение физических явлений, определяющих функционирование наноструктурированных устройств и протекающих при взаимодействии фотонов с наноразмерными объектами, а также практического применения этих явлений.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование знаний об особенностях процессов взаимодействия оптического излучения с полупроводниковыми структурами наноразмерного масштаба;
- формирование знаний об основных механизмах поглощения и генерации света в полупроводниковых наноструктурах;
- формирование знаний практического использования наноструктур при создании на их основе фотонных функциональных устройств нового поколения для электроники, наноэлектроники и в других областей науки и техники (биологии, медицины и т.д.);
- формирование умений теоретически решать задачи, связанные с разработкой различных фотонных приборов на основе полупроводниковых и металлических структур нанометровых размеров.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Нанопотоника» относится к дисциплинам по выбору 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 2 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные магистрантами знания по физике, математике, химии, электродинамике сплошных сред, квантовой механике, кристаллографии и кристаллофизике, физике полупроводников, квантовой и оптической электронике, технологии материалов электронной техники и подготавливает магистрантов к изучению в следующем семестре таких дисциплин, как физика фотонных кристаллов, бионаносенсорика, лазерные автодинные технологии для анализа нано- и биомедицинских систем.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<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>	<p><u>Знать</u> основные физические процессы взаимодействия излучения с полупроводниковыми структурами различной размерности;</p> <p>физические основы генерации и поглощения излучения в полупроводниковых наноструктурах различной размерности</p> <p><u>Уметь</u> теоретически решать задачи, связанные с разработкой фотонных приборов с использованием оптических свойств полупроводниковых и металлических наноструктур</p>
<p>ПК-2. Способен проводить анализ и выбор оптимальных вариантов технологических процессов производства приборов квантовой электроники на основе наноструктурированных материалов</p>	<p>1.1_М. ПК-2. Демонстрирует понимание базовых технологических процессов, используемых при производстве наноструктурированных материалов и приборов квантовой электроники.</p> <p>2.1_М. ПК-2. Адекватно оценивает состояние научно-технической проблемы по теме исследований в области квантовой электроники.</p> <p>3.1_М. ПК-2. Осуществляет выбор оптимальных вариантов технологических процессов производства приборов квантовой электроники на основе наноструктурированных материалов.</p>	<p><u>Владеть</u> методиками, методами и основными подходами к теоретическому описанию и экспериментальному исследованию наноструктур и фотонных устройств на их основе.</p>

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се-местр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу магистрантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1.	Введение	2	1			1		
2.	Оптические свойства гетероструктур с квантовыми ямами и сверхрешеток	2	1-2			3	10	опрос
3.	Оптические свойства гетероструктур с квантовыми проволоками	2	3			2	2	опрос
4.	Оптические свойства гетероструктур с квантовыми точками	2	4-5			4	4	опрос
5.	Наноплазмоника. Поверхностные плазмоны.	2	6-9			8	8	опрос
6.	Наноплазмоника. Локализованные плазмоны в металлических частицах нанометровых размеров.	2	10-12			6	4	опрос
7.	Свет в периодических структурах различной размерности	2	13			2	4	опрос
8.	Фотонные приборы на основе квантово-размерных структур	2	14-16			8	6	опрос
	Промежуточная аттестация							Зачет
	Итого:					34	38	
	Общая трудоемкость дисциплины					72		

Содержание дисциплины

1. Введение.

Предмет нанофотоники, основные определения, связь с другими областями знаний. Состояние и перспективы развития нанофотоники..

2. Оптические свойства гетероструктур с квантовыми ямами и сверхрешетками.

Фундаментальные физические явления, важные следствия для применения, важные технологические особенности в двумерных структурах. Связанные электронные состояния в квантовой яме.

Плотность энергетических состояний в структурах с ограничением движения электронов в одном измерении.

Оптические переходы в структурах с множеством квантовых ям и сверхрешетках. Межзонные и межподзонные (внутризонные) оптические переходы. Экситоны в пространствах пониженной размерности. Экситоны Ваннье -Мотта в структурах с квантовыми ямами. Влияние электрического поля на энергию связи экситонов. Эффект квантового ограничения Штарка.

3. Оптические свойства гетероструктур с квантовыми проволоками.

Фундаментальные физические явления, важные следствия для применения, технологические особенности в одномерных структурах.

Плотность энергетических состояний в структуре с ограничением движения электронов в двух измерениях. Экситоны в квантовых нитях. Явление диэлектрического усиления экситонов в квантовых нитях с диэлектрическими барьерами.

4. Оптические свойства гетероструктур с квантовыми точками.

Фундаментальные физические явления, важные следствия для применения и технологические особенности в нульмерных структурах.

Плотность энергетических состояний электронов в квантовых точках.

Возможность реализации нульмерного полупроводникового лазера при помещении лазера на квантовых ямах в сильное магнитное поле (эффект квантовой точки). Энергетический спектр экситонов в квантовых точках в зависимости от радиуса квантовой точки.

5. Наноплазмоника. Поверхностные плазмоны.

Двумерные поверхностные плазмоны на плоской границе раздела «металл- диэлектрик», их возбуждение, распространение и детектирование. Поверхностные плазмоны в слоистых средах, их применение.

6. Наноплазмоника. Локализованные плазмоны в металлических частицах нанометровых размеров.

Оптические свойства (поглощение, рассеяние излучения) сферических металлических «голых» наночастиц, их зависимость от размера частиц и окружающей среды. Оптические свойства слоистых наночастиц(металлических наночастиц с диэлектрической оболочкой, частиц с диэлектрическим ядром и металлической оболочкой), их использование в электронике, медицине и биологии. Наноплазмоника.

7. Свет в периодических структурах различной размерности.

Фотонные кристаллы, их классификация по размерности, методы изготовления. Спектры оптического отражения и скорость света в фотонных кристаллах. Фо-

тонная запрещенная зона, методы управления фотонной запрещенной зоной, применение явлений.

8. Фотонные приборы на квантово-размерных структурах.

Полупроводниковые источники и детекторы электромагнитного излучения. Полупроводниковые лазеры с квантовыми ямами, проволоками, квантовыми точками. Модуляторы и переключатели излучения. Элементы оптической бистабильности. Биосенсоры на основе поверхностных плазмонов в двумерных слоистых структурах металл-диэлектрик. Биосенсоры на основе локализованных плазмонов в металлических наночастицах. Биосенсоры на квантовых точках.

9. Перспективы развития нанофотоники.

Нанофотоника и нанооптика. Эффекты взаимодействия света, локализованного в пространстве на размерах нанометрового масштаба, меньших длины света, с нанообъектами. Локальное взаимодействие полупроводниковых нанообъектов с оптическими полями ближнего поля (перенос и рассеяние энергии оптического излучения). Нанофотонные устройства, основанные на эффектах локального взаимодействия.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В преподавании дисциплины «Нанофотоника» 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 тем и проблем, изложенных в приведенном выше содержании 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 соответствии с содержанием дисциплины в течение всего периода обучения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к семинарским занятиям, в выполнении заданий преподавателя.

На самостоятельную работу магистрантов отводится 40 часов.

Тематика самостоятельной работы (см. содержание дисциплины):

1. Экситоны в структурах с квантовыми ямами. Влияние электрического поля на энергию связи экситонов. Эффект квантового ограничения Штарка и его применение.

2. Экситоны в квантовых нитях. Явление диэлектрического усиления экситонов в квантовых нитях с диэлектрическими барьерами.

3. Энергетический спектр экситонов в квантовых точках в зависимости от радиуса квантовой точки.

4. Поверхностные плазмоны, методы возбуждения и детектирования. Расчет зависимости коэффициента отражения структуры от угла падения излучения (в схеме возбуждения плазмонов Кречмана).

5. Локализованные плазмоны в металлических наночастицах. Расчеты спектральных зависимостей сечений поглощения и рассеяния наночастицами разных размеров (в дипольном приближении).

6. Фотонные кристаллы.

7. Фотонные приборы на квантово-размерных структурах. Светоизлучающие диоды. Биполярные и униполярные полупроводниковые лазеры. Электрооптические модуляторы света. Элементы оптической бистабильности. Фотодетекторы. Биосенсоры на поверхностных и локализованных плазмонах. Биосенсоры на квантовых точках.

При реализации программы дисциплины «Нанофотоника» магистрантам предлагается подготовить реферат.

Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Фундаментальные физические явления в двумерных наноструктурах.
2. Фундаментальные физические явления в одномерных наноструктурах.
3. Фундаментальные физические явления в нульмерных наноструктурах.
4. Оптические переходы в наноструктурах с множеством квантовых ям.
5. Полупроводниковые лазеры на квантовых ямах.
6. Инфракрасные детекторы на основе наноструктур.

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 по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Фундаментальные физические явления в двумерных и одномерных наноструктурах.
2. Фундаментальные физические явления в нульмерных структурах
3. Плотность энергетических состояний электронов в структурах с ограничением движения электронов в одном измерении.
4. Междузонные и межподзонные (внутризонные) оптические переходы в структурах с множеством квантовых ям.
5. Полупроводниковые лазеры на квантовых ямах.
6. ИК-детекторы на основе переходов между уровнями размерного квантования.
7. Экситоны в структурах с квантовыми ямами.
8. Влияние электрического поля на энергию связи экситонов в квантовых ямах.
9. Плотность энергетических состояний в структуре с ограничением движения электронов в двух измерениях.
10. Полупроводниковые лазеры на квантовых нитях, их основные особенности.
11. Экситоны в квантовых нитях.
12. Плотность энергетических состояний электронов в квантовых точках.
13. Полупроводниковые лазеры на квантовых точках, их основные особенности.
14. Энергетический спектр экситонов в квантовых точках.
15. Поверхностные плазмоны.
16. Локализованные плазмоны в металлических наночастицах.
17. Фотонные кристаллы.
18. Биосенсоры на поверхностных плазмонах.
19. Биосенсоры на локализованных плазмонах.
20. Биосенсоры на квантовых точках.

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
2	0	0	40	20	0	10	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

2 семестр

Лекции

Не предусмотрены.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Участие в обсуждении тем практических занятий:

не менее 91% тем – 40 баллов

от 61% до 90% тем – 20-39 баллов

от 31% до 60% тем – 10-19 баллов

менее 30% тем – 0-9 баллов

Самостоятельная работа

- Правильное выполнение не менее 91% заданий на самостоятельную работу – 20 баллов
- Выполнение от 61% до 90% заданий – 15-19 баллов
- Выполнение от 31% до 60% заданий – 5-14 баллов
- Выполнение менее 30% заданий – 0-4 балла

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Реферат - от 0 до 10 баллов

Промежуточная аттестация (зачёт)

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

при проведении промежуточной аттестации

ответ на «зачтено» оценивается от 10 до 30 баллов;

ответ на «не зачтено» оценивается от 0 до 9 баллов;

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 семестр по дисциплине «дисциплине «Нанофотоника» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Нанофотоника» в оценку (зачет):

60 баллов и более	«зачтено» (при недифференцированной оценке)
меньше 60 баллов	«не зачтено»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в середине и в конце семестра.

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими зачёта на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) литература:

1. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда; пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 367 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз), 2009 (2 экз.)
2. Оптические свойства наноструктур: учеб. пособие / Л. Е. Воробьев [и др.] .- С.-Пб.: Наука, 2001.- 188 с. (в ЗНБ СГУ 12 экз.).
3. Наноплазмоника в наносенсорике и нанофотонике: учебное пособие / В. Ф. Названов. - Саратов: Новый ветер, 2015. – 85 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз).
4. Фотонные кристаллы в примерах и задачах / В.Ф. Названов.- Саратов: Новый ветер, 2015.-144с. (в ЗНБ СГУ 5 экз).
5. Физика низкоразмерных систем [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов по направлению "Техн. физика" / А. Я. Шик [и др.] ; . - Санкт-Петербург : Наука, 2001. - 154, [6] с. (в ЗНБ СГУ 12 экз.)
6. Оптоэлектроника / Э. Розеншер, Б. Винтер ; пер. с фр. под ред. О. Н. Ермакова. - 2-е изд., испр. - М. : Техносфера, 2006. – 588 с. (в ЗНБ СГУ 14 экз).
7. Наноструктуры в электронике и фотонике / Под ред. Ф. Рахмана.-М.: Техносфера, 2010. - 354 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз).
8. Астапенко В.А. Электромагнитные процессы в среде, наноплазмоника и метаматериалы: учебное пособие. Издательский Дом ИНТЕЛЛЕКТ. 2012. – 583 с. (в ЗНБ СГУ 10 экз).
9. Оптика и фотоника. Принципы и применения: учеб. пособие : в 2 т. / Б. Е. А. Салех, М. К. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный: Изд. дом "Интеллект", 2012. (в ЗНБ СГУ 10 экз.)
- 10.Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2011. – 538 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 12 экз.)
- 11.Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [**Электронный ресурс**]: учеб. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 596 с. - ЭБС "ЛАНЬ".
- 12.Нанотехнологии: учеб. Пособие / Ч.П. Пул,Ф. Дж. Оуэнс; пер.с англ. под ред. Ю.И. Головина. -5-е изд.,доп.- М.: Техносфера, 2010. - 330 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз), 2007 (5 экз.)

б) 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 (<http://window.edu.ru>)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Нанопотоника» проводятся в аудиториях, оснащенных современной компьютерной техникой, интерактивной доской, наглядными демонстрационными материалами и пр. (презентации, плакаты).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» 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. Основы нанооптики = Principles of Nano-Optics : [учебник] / Л. Новотный, Б. Хехт ; пер. с англ. А. А. Коновко, О. А. Шутовой ; под ред. В. В. Самарцева. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 482 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз)
2. Алферов Ж.И. Двойные гетероструктуры: Концепция и применения (нобелевская лекция)//УФН. 2002. –Т.172. №9. С. 1072-1985.
3. Климов В. В. Наноплазмоника. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 480 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз)
4. Елисеев П.Г. Полупроводниковые лазеры – от гомопереходов до квантовых точек // Квантовая электроника. 2002. Т. 32. № 12. С. 1085-1098.
5. Воробьев Л.Е., Данилов С.Н., Зегря Г.Г. Фотоэлектрические явления в полупроводниках и размерно-квантованных структурах. – С.Пб.: Наука, 2001.- 198 с.
6. Рогальский А. Инфракрасные детекторы: Пер. с англ. /Под ред. проф.А.В. Войцеховского-Новосибирск: Наука, 2003. – 636с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)