

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



12

2019 г.

Рабочая программа дисциплины
Физика фотонных кристаллов

Направление подготовки магистратуры
11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

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.		03.12.19
Председатель НМК	Михайлов А. И.		03.12.19
Заведующий кафедрой	Скрипаль Ал.В.		03.12.19
Специалист Учебного управления	Юшинова И. В.		03.12.19г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физика фотонных кристаллов» является формирование у магистрантов комплекса профессиональных знаний и умений и усвоение основных оптических свойств фотонных кристаллов и их практического использования для создания различных оптических устройств.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование знаний об особенностях распространения оптического излучения в периодических диэлектрических структурах с периодом, сравнимым с длиной волны света;
- формирование знаний об основных методах управления оптическими свойствами фотонных кристаллов;
- формирование знаний практического использования фотонных кристаллов при создании на их основе фотонных функциональных устройств нового поколения для электроники, наноэлектроники и в других областях науки и техники (биологии, медицины и т.д.);
- формирование умений теоретически решать задачи, связанные с расчетом оптических спектров отражения одномерных фотонных кристаллов.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Физика фотонных кристаллов» 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 3 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 используется магистрантами в ходе научно-исследовательской работы, а также при выполнении выпускной квалификационной работы при выборе соответствующей тематики исследований.

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> процессы распространения электромагнитного излучения в периодических диэлектрических структурах различной размерности; основные особенности оптических свойств фотонных кристаллов различной размерности; основы структурирования и систематизации информации в области фотонных кристаллов.</p> <p><u>Уметь</u> теоретически решать задачи, связанные с разработкой фотонных приборов с использованием оптических свойств полупроводниковых и металлических наноструктур; выявлять тенденции развития научных исследований и разработок, связанных с перспективными материалами и технологическими процессами в области фотонных кристаллов</p> <p><u>Владеть</u> методами и основными подходами к компьютерному моделированию оптических спектров отражения одномерных фотонных кристаллов; методикой поиска информации в информационных сетях.</p>

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	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	3	1	1				
2.	Фотонные кристаллы, особенности, классификация	3	1-3	2		2	2	опрос
3.	Методы изготовления фотонных кристаллов	3	4	2			4	опрос
4.	Световые волны в периодических диэлектрических структурах различной размерности	3	5-6	2		2	4	опрос
5.	Методы управления оптическими свойствами фотонных кристаллов.	3	7-10	4		4	8	опрос
6.	Методы расчета оптических спектров отражения фотонных кристаллов	3	11-15	5		6	10	опрос
7.	Применение фотонных кристаллов	3	16-18	2		4	8	Опрос, контрольная работа
	Итого:			18	0	18	36	
	Промежуточная аттестация	3						Зачет
	Общая трудоемкость дисциплины			72				

Содержание дисциплины

1. Введение.

Проблема управления оптическими свойствами материалов. Цели и задачи дисциплины

2. Фотонные кристаллы, особенности, классификация.

Определение фотонных кристаллов, их классификация по размерности, материалам, оптическим и другим свойствам.

3. Методы изготовления фотонных кристаллов.

Методы изготовления одномерных фотонных кристаллов. Методы изготовления двумерных и трехмерных фотонных кристаллов, состояние, проблемы, перспективы.

4. Световые волны в периодических диэлектрических структурах различной размерности.

Соотношение между волновой квантовой механикой (для электронов) и волновой оптикой (для фотонов). Спектры оптического отражения. Полные и неполные фотонные запрещенные зоны в фотонных кристаллах на основе периодических диэлектрических структур различной размерности. Скорость света в фотонных кристаллах. Локализация и каналирование света в фотонных кристаллах. Явления подавления спонтанного излучения света атомами и молекулами и безинверсной генерации когерентного излучения в фотонных кристаллах.

5. Методы управления оптическими свойствами фотонных кристаллов.

Использование температуры, электрического и магнитного полей. Применение оптического воздействия и действия акустических волн. Линейные и нелинейные фотонные кристаллы.

6. Методы расчета оптических спектров отражения фотонных кристаллов.

Методы расчета дисперсионных характеристик фотонных кристаллов. Метод матриц передачи для расчета спектров отражения одномерных фотонных кристаллов (примеры компьютерного моделирования). Метод связанных мод (волн) в применении к бездефектным и дефектным одномерным диэлектрическим фотонным кристаллам (примеры компьютерного моделирования).

7. Применение фотонных кристаллов.

Применение фотонных кристаллов в электронике, наноэлектронике и других областях науки и техники (нанофотоника, сенсорика, биология, медицина). Микрорезонаторы, микролазеры. Управляемые оптические фильтры и переключатели. Фотонно-кристаллические оптические волокна. Сенсоры на основе фотонных кристаллов. Перспективы использования фотонных кристаллов при разработке и создании квантовых компьютеров.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В преподавании дисциплины «Физика фотонных кристаллов» 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.

Тематика самостоятельной работы (см. содержание дисциплины):

1. Фотонные кристаллы. Классификация фотонных кристаллов.
2. Методы изготовления фотонных кристаллов.
3. Распространение света в периодических диэлектрических структурах различной размерности.
4. Методы управления оптическими свойствами фотонных кристаллов.
5. Методы расчета оптических спектров отражения фотонных кристаллов. Матричный метод расчета. Метод связанных мод (волн). Компьютерное моделирование оптических спектров отражения одномерных фотонных кристаллов.
6. Применение фотонных кристаллов.

При реализации программы дисциплины «Физика фотонных кристаллов» магистрантам предлагается подготовить реферат.

Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Основные оптические явления в фотонных кристаллах.
2. Методы управления фотонными запрещенными зонами в фотонных кристаллах.

3. Основные методы расчета спектров отражения одномерных фотонных кристаллов.
4. Основные области применения фотонных кристаллов.
5. Влияние дефектов на оптические свойства фотонных кристаллах.

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. Фотонные кристаллы, определение, классификация.
2. Методы изготовления фотонных кристаллов.
3. Основные оптические явления в фотонных кристаллах.
4. Методы управления оптическими свойствами фотонных кристаллов. Использование температуры.
5. Методы управления оптическими свойствами фотонных кристаллов. Использование электрического поля.
6. Методы управления оптическими свойствами фотонных кристаллов. Использование оптического воздействия.
7. Анализ методов расчета оптических характеристик фотонных кристаллов.
8. Матричный метод расчета спектров оптического отражения одномерных диэлектрических бездефектных фотонных кристаллов. Пример расчета.
9. Расчет спектров отражения одномерных диэлектрических дефектных фотонных кристаллов матричным методом. Пример компьютерного моделирования.
10. Метод связанных мод при расчете спектров оптического отражения одномерного фотонного кристалла. Применимость метода связанных мод. Пример компьютерного моделирования.

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
3	20	0	20	20	0	10	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

3 семестр

Лекции

Посещаемость:

- не менее 91% лекций – 20 баллов
- от 61% до 90% лекций – 10-19 баллов
- от 31% до 60% лекций – 5-9 баллов
- менее 30% лекций – 0-4 балла

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Участие в обсуждении тем практических занятий:

- не менее 91% тем – 20 баллов
- от 61% до 90% тем – 10-19 баллов
- от 31% до 60% тем – 5-9 баллов
- менее 30% тем – 0-4 балла

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:

Контрольная работа - от 0 до 10 баллов

Промежуточная аттестация (зачёт) – от 0 до 30 баллов

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 3 семестр по дисциплине «Физика фотонных кристаллов» составляет **100** баллов.

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

60 баллов и более	«зачтено»
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. Названов В. Ф. Фотонные кристаллы в примерах и задачах. - Саратов : Новый ветер, 2015. – 143 с. (в НБ СГУ 5 экз).
2. 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 НБ СГУ 10 экз.)
3. Оптоэлектроника [Текст] / Э. Розеншер, Б. Винтер ; пер. с фр. под ред. О. Н. Ермакова. - 2-е изд., испр. - Москва : Техносфера, 2006. – 588 с. (в НБ СГУ 14 экз).
4. Белотелов В.И., Звездин А.К. Фотонные кристаллы и другие метаматериалы.- М.: Бюро Квантум, 2006.-142 с. (в НБ СГУ 2 экз).
5. Манцызов Б. И. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов: учеб. пособие. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 206 с. **Гриф УМО** (в НБ СГУ 30 экз)
6. Манцызов Б.И. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов [Электронный ресурс]/ Манцызов Б.И.— ЭБС «ЛАНЬ»
7. Оптические солитоны. От световодов к фотонным кристаллам = Optical Solitons / Ю. С. Кившарь, Г. П. Агравал ; пер. с англ. под ред. Н. Н. Розанова. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 647 с. (в НБ СГУ 17 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. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Пономарёв Д.В. Фотонные кристаллы СВЧ-диапазона и их использование для измерения параметров материалов. Саратов, 2014. –32 с. – Режим доступа:
http://www.sgu.ru/sites/default/files/textdocsfiles/2014/11/27/photon_crystals_-_mw.pdf
5. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Куликов М.Ю., Пономарёв Д.В. Микрополосковые фотонные кристаллы и их использование для измерения электрофизических свойств жидких диэлектриков. Саратов, 2014. –35 с. – Режим доступа:
http://www.sgu.ru/sites/default/files/textdocsfiles/2014/11/28/microstrip_photonic_crystals.pdf

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Физика фотонных кристаллов» 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 микроэлектроника» с учётом профиля подготовки «Диагностика нано- и биомедицинских систем».

Автор
профессор Названов В.Ф.

Программа одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 03 декабря 2019 года, протокол № 4.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература:

1. Названов В.Ф. Фотонные кристаллы в примерах: учебное пособие для вузов.- Лос -Анджелес: Типография Альтруист Капитал при содействии Лулу Паблишинг, 2010. -57 с. (в НБ СГУ 1 экз)
2. Названов В.Ф. Одномерные фотонные кристаллы в задачах: учебное пособие для вузов .- Лос-Анджелес: Типография Альтруист Капитал при содействии Лулу Паблишинг, 2010. -60 с. (в НБ СГУ 1 экз)
3. Фотонные и фононные кристаллы: формирование и применение в опто- и акустоэлектронике / А. В. Голенищев-Кутузов, В. А. Голенищев-Кутузов, Р. И. Калимуллин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 157 с. (в НБ СГУ 1 экз)
4. Шабанов В.Ф., Веторв С.Я., Шабанов А.В. Оптика реальных фотонных кристаллов. Жидкокристаллические дефекты, неоднородности.- Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005.
5. Желтиков А.М. Оптика микроструктурированных волокон.-М.: Наука, 2004.
6. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах-М.: Мир,1987.
7. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука,1970.
8. Хаус Х. Волны и поля в оптоэлектронике.-М.: Мир, 1988.- 432.
9. Волноводная оптоэлектроника: Пер. с англ. /Под ред. Т.Тамира.- М.:Мир, 1991, глава 5.