



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**«Институт автоматизации и процессов управления  
Дальневосточного отделения Российской академии наук»**  
(ИАПУ ДВО РАН)

**«СОГЛАСОВАНО»**

Руководитель направления  
подготовки аспирантов 03.06.01  
«Физика и астрономия», д.ф.-м.н.

Н.Г. Галкин

«14» августа 2014 г.

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Заместитель директора по научно-  
образовательной и инновационной  
деятельности, д.ф.-м.н.

Н.Г. Галкин

«14» августа 2014 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)**

**Актуальные проблемы интегральной и Фурье-оптики**

**Направление подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия»,  
профиль «Лазерная физика»**

**Образовательная программа «Лазерная физика»**

**Форма подготовки (очная)**

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК)

курс 2 семестр 4

лекции 36 час. / 1 з.е.

практические занятия – 18 час./ 0.5 з.е.

лабораторные работы – нет

всего часов аудиторной нагрузки 54 (час.) / 1.5 з.е.

самостоятельная работа 35 (час.) / 1 з.е.

контрольные работы нет

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены.

зачет          семестр

экзамен 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 867.

Рабочая программа обсуждена на заседании МК ПКВК,  
протокол № 1 от «14» августа 2014г.

Заведующий кафедрой: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин

Составитель: д-р физ.- мат. наук, профессор О.Б. Витрик, к.ф.-м.н. м.н.с. А.Ю. Жижченко.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Г. Галкин  
(подпись)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Г. Галкин  
(подпись)

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Актуальные проблемы интегральной и Фурье-оптики» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе «Лазерная физика» и входит в вариативную часть учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использован Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия», учебный план подготовки аспирантов по профилю «Лазерная физика».

**Цель** Основная цель изучения дисциплины – подготовка к сдаче кандидатского минимума по лазерной физике.

### **Задачи:**

1. Способствовать освоению аспирантами основных разделов курса «Актуальные проблемы интегральной и Фурье-оптики», необходимых для дальнейшей успешной научной деятельности.
2. Формирование компетенций, соответствующих профилю подготовки «Лазерная физика»

**Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины.**

Универсальные компетенции:

- УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях,

Общепрофессиональные компетенции:

- ОПК-1. Способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области лазерной физики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

Профессиональные компетенции:

ПК-1 Способность самостоятельно ставить и решать задачи в области электродинамики и лазерной физики с применением актуальных аналитических методов и численного моделирования на базе современной компьютерной техники и специализированного программного обеспечения.

ПК-2 Владение основными методами постановки и проведения экспериментов в области лазерной физики, фотоники и оптоэлектроники.

ПК-3 Владение навыками разработки и создания функциональных элементов и устройств лазерной физики, фотоники и оптоэлектроники.

### **Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.**

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

-знать:

- современное состояние науки в области интегральной и Фурье-оптики
- основные методы проектирования и расчёта характеристик интегрально-оптических элементов
- основные методы создания интегрально-оптических элементов
- основные типы лабораторных установок (оборудования) для экспериментального исследования и характеристики интегрально-оптических элементов

- основные методы исследования физических свойств интегрально-оптических элементов
- методы исследования функциональных характеристик интегрально-оптических элементов
- современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в области интегральной и Фурье-оптики.

Уметь:

- выбирать модели, необходимые для описания физических процессов, протекающих при создании интегрально-оптических элементов
- критически оценивать область применимости выбранных моделей для описания протекающих при создании интегрально-оптических элементов физических процессов
- обосновано выбирать методы формирования интегрально-оптических элементов с заданными параметрами
- использовать современное лабораторное оборудование для проведения эксперимента
- выбирать и применять методы исследования физических свойств интегрально-оптических элементов
- выбирать и применять методы исследования функциональных характеристик интегрально-оптических элементов
- рационально организовывать научную работу в выбранной области интегральной и Фурье-оптики
- представлять результаты научной работы
- готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в выбранной области интегральной и Фурье-оптики.

- **СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36 часов)**

**1. Временной и пространственный спектр оптического сигнала (6 часов).** Двумерный анализ Фурье. Ряды Фурье. Нахождение коэффициентов Фурье. Физическая интерпретация членов Фурье. Линза как элемент, выполняющий преобразование Фурье. Пространственная фильтрация.

**2. Основы скалярной теории дифракции (6 часов).** Принцип Гюйгенса-Френеля. Теория дифракции Кирхгофа. Приближённые методы расчёта дифракции света. Приближения Френеля. Приближения Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера как пространственное преобразование Фурье. Примеры дифракционных картин Френеля и Фраунгофера. Преобразование Фурье и дифракция света. Дифракционная решётка. Дифракция Брэгга.

**3. Предмет и области приложений современной интегральной оптики (4 часа).** Место интегральной оптики и фотоники в современной физике. Актуальные проблемы и последние достижения фотоники, интегральной оптики и оптических технологий (миниатюризация оптических и лазерных компонентов, нанотехнологии в оптике, высокоточные оптические измерения).

**4. Геометрическая теория планарных диэлектрических волноводов (4 часа).** Геометрическая оптика планарных диэлектрических волноводов. Преломление и отражение. Волноводные моды. Эффективная толщина волновода. Эффект Гуса-Хенхенса.

**5. Волновая теория планарных диэлектрических волноводов (4 часа).** Волновое уравнение для планарных диэлектрических волноводов. Направляемые моды симметричного и несимметричного

планарного волновода. Дисперсионное уравнение. Свойства мод. Планарные волноводы с плавно изменяющимся профилем показателя преломления.

**6. Пассивные элементы интегральной оптики (4 часа).** Полосковые волноводы. Волноводные линзы. Элементы связи. Мультиплексоры и ответвители. Волноводные переходы и рупоры. Кольцевые и дисковые резонаторы.

**7. Нерегулярные оптические волноводы (4 часа).** Планарный волновод с искажениями стенки. Изменение толщины волновода. Изогнутые волноводы. Потери в оптических волноводах. Теория связанных мод. Направленные ответвители. Волноводы с периодической модуляцией параметров. Решёточные элементы связи. Спектральные фильтры. Фотонные кристаллы.

**8. Материалы и современные технологии интегральной оптики (4 часа).** Требования к оптическим материалам для интегральной оптики. Монокристаллические диэлектрики и полупроводники. Методы эпитаксии. Методы создания буферного слоя. Стёкла. Методы вакуумного напыления. Методы диффузии. Метод ионного обмена. Метод ионной имплантации. Полимерные соединения. Метод центрифугирования. Методы горячего и холодного тиснения. Методы лучевой литографии. Методы травления.

- **ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ (18 часов)**

1. Расчёт спектров от простых сигналов, наиболее часто встречаемых в оптике: суммы конечного числа гармонических колебаний, экспоненциально затухающего гармонического колебания, гармонического колебания с периодически изменяющейся амплитудой. П-образного сигнала, периодической

последовательности П-образных сигналов, сигнала гауссовой формы.

2. Расчёт дифракции Фраунгофера на: щели, прямоугольном отверстии, многогранном отверстии, круглом отверстии, круглом диске, фазовом цилиндре.

3. Рассчитать оптимальную толщину одномодового несимметричного планарного волновода на основе плёнки с  $n_{пл} = 1.5$ , нанесённой на подложку с  $n_{подл} = 1.45$ .

4. Построить дисперсионные кривые для симметричного и несимметричного волновода на основе плёнки толщиной 2 мкм с  $n_{пл} = 1.5$  и буферного слоя с  $n_б = 1.45$ .

5. Расчёт минимальной длины адиабатического рупора для связи одномодовых полосковых волноводов с шириной 1.5 мкм и 50 мкм при толщине 1.5 мкм. Показатели преломления волновода и буферного слоя соответственно 1.5 и 1.45.

6. Расчёт минимального радиуса изгиба для полимерного ( $n=1.5$ ) и кремниевого ( $n=3.5$ ) одномодовых полосковых световодов на кварцевой подложке ( $n=1.45$ ).

7. Расчёт периода для решёточного элемента ввода для одномодового полимерного волновода ( $n=1.5$ ) на кварцевой подложке ( $n = 1.45$ ).

## **КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

### **Вопросы к экзамену:**

1. Временной и пространственный спектр оптического сигнала.  
Двумерный анализ Фурье. Ряды Фурье. Нахождение коэффициентов Фурье.



2. Физическая интерпретация членов Фурье. Линза как элемент, выполняющий преобразование Фурье. Пространственная фильтрация.
3. Основы скалярной теории дифракции. Принцип Гюйгенса-Френеля. Теория дифракции Кирхгофа. Приближённые методы расчёта дифракции света.
4. Приближения Френеля. Приближения Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера как пространственное преобразование Фурье. Примеры дифракционных картин Френеля и Фраунгофера. Преобразование Фурье и дифракция света. Дифракционная решётка. Дифракция Брэгга.
5. Актуальные проблемы и последние достижения фотоники, интегральной оптики и оптических технологий (миниатюризация оптических и лазерных компонентов, нанотехнологии в оптике, высокоточные оптические измерения).
6. Геометрическая теория планарных диэлектрических волноводов. Геометрическая оптика планарных диэлектрических волноводов.
7. Преломление и отражение. Волноводные моды. Эффективная толщина волновода. Эффект Гуса-Хенхенса.
8. Волновая теория планарных диэлектрических волноводов. Волновое уравнение для планарных диэлектрических волноводов.
9. Направляемые моды симметричного и несимметричного планарного волновода.
10. Дисперсионное уравнение. Свойства мод.
11. Планарные волноводы с плавно изменяющимся профилем показателя преломления.
12. Полосковые волноводы. Волноводные линзы.
13. Элементы связи.

14. Мультиплексоры и ответвители.
15. Волноводные переходы и рупоры.
16. Кольцевые и дисковые резонаторы.
17. Фотонные кристаллы.
18. Нерегулярные оптические волноводы. Планарный волновод с искажениями стенки. Изменение толщины волновода.
19. Потери в оптических волноводах. Изогнутые волноводы.
20. Теория связанных мод. Направленные ответвители. Волноводы с периодической модуляцией параметров.
21. Решёточные элементы связи. Спектральные фильтры. Волноводы на брэгговском отражении.
22. Материалы и современные технологии интегральной оптики. Требования к оптическим материалам для интегральной оптики. Монокристаллические диэлектрики и полупроводники. Методы эпитаксии. Методы создания буферного слоя.
23. Стёкла. Методы вакуумного напыления. Методы диффузии. Метод ионного обмена. Метод ионной имплантации.
24. Полимерные соединения. Метод центрифугирования. Методы горячего и холодного тиснения. Методы лучевой литографии. Методы травления.

- **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Основная литература**

1. Стюард И. Г. Введение в Фурье-оптику. -М. Мир, 1988. -182 с
2. Гудмен. Введение в Фурье-оптику.- М.: Мир, 1970.-364с.

3. Тамир Т. Интегральная оптика. – Москва: перевод с англ. издательство «Мир», 1978. – 344 с.
4. Барноски М. Введение в интегральную оптику. – Москва: перевод с англ. издательство «Мир», 1977. – 367 с.
5. Снайдер А., Лав Д. Теория оптических волноводов. – Радио и связь, 1987.
6. Никоноров Н. В., Шандаров С. М. Волноводная фотоника //Учебное пособие, курс лекций. СПб: СПбГУ ИТМО. – 2008.
7. Гончаренко А., Карпенко В., Гончаренко И. Основы теории оптических волноводов. – Litres, 2014.
8. Семенов А. С., Смирнов В. Л., Шмалько А. В. Интегральная оптика для систем передачи и обработки информации. – Радио и связь, 1990.
9. Сидоров А. И., Никоноров Н. В. Материалы и технологии интегральной оптики //Учебное пособие, курс лекций. СПб: СПбГУ ИТМО. – 2009.

#### **Дополнительная литература**

1. Новотный Л., Хехт Б. Основы нанооптики //М.: Физматлит. – 2009. – С. 270.
2. Майер С. А. Плазмоника: Теория и приложения //М.: РДХ. – 2011.