

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

С.М. Шандаров

**ФОТОРЕФРАКТИВНАЯ И НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА**  
Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе для  
студентов технических направлений подготовки

Томск 2024

УДК 535:53  
ББК 22.34  
Ш201

**Шандаров, Станислав Михайлович**

Ш201 Фоторефрактивная и нелинейная оптика: методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе для студентов технических направлений подготовки / С.М. Шандаров. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2024. – 7 с.

Представленные методические указания предназначены для практических занятий и самостоятельной работы студентов. Приведены разделы и их краткое содержание, примерные тесты для проверки знаний во время контрольных точек.

Одобрено на заседании каф. ЭП, протокол № 05-24 от 08.05.2024 г.

УДК 535:53  
ББК 22.34

© Шандаров С.М. 2024  
© Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2024

## Оглавление

Введение .....	4
Раздел 1 Введение .....	5
Раздел 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики.....	5
Раздел 3 Генерация второй оптической гармоники.....	5
Раздел 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография .....	5
Раздел 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики .....	5
6 Темы практических занятий .....	5
7 Примерный перечень тестовых заданий.....	5
8 Примерный перечень вопросов для экзамена .....	7
Список рекомендуемой литературы .....	7

## **Введение**

### **Цели изучения дисциплины:**

Приобретение студентами глубоких и современных знаний по физическим основам фоторефрактивной и нелинейной оптики и по принципам использования нелинейно-оптических явлений в квантовой и оптической электронике.

### **Задачи дисциплины**

Расширение и углубление знаний кристаллооптики, электрооптических, акустооптических, магнитооптических эффектов, физических механизмов нелинейно-оптических явлений, условий их осуществления в реальных средах.

Раскрыть принципы дескрипции, математического моделирования и анализа нелинейно-оптических явлений, а также способов их использования в приборах квантовой и оптической электроники.

### **Требования к результатам практической и самостоятельной работы студентов по дисциплине:**

Знание методики поиска научно-технической информации по разработке оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

Умение осуществлять системный, модельный и экспериментально-методический подходы к нелинейно-оптическим явлениям, проводить оценку границ применимости нелинейных моделей.

Владение навыками обработки и анализа результата исследований в области фотоники.

## **Раздел 1 Введение**

Световые волны в анизотропных средах. Линейная и нелинейная поляризация среды.

## **Раздел 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики**

Механизмы модуляции оптических свойств фоторефрактивных кристаллов динамическими голограммами. Дифракция света на объемных фазовых голограммах. Уравнения связанных волн.

## **Раздел 3 Генерация второй оптической гармоники**

Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в одноосных и двуосных кристаллах. Генерация второй гармоники в условиях истощения волны накачки

## **Раздел 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография**

Зонные модели перераспределения заряда в фоторефрактивных кристаллах. Формирование фоторефрактивных динамических голограмм. Самодифракция световых волн на динамических голограммах в фоторефрактивных кристаллах

## **Раздел 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики**

Адаптивная интерферометрия с использованием динамических фоторефрактивных голограмм

## **6 Темы практических занятий**

Перед практическими занятиями студент должен повторить лекционный материал. Темы практических занятий приведены ниже:

1. Световые волны в анизотропных средах. Линейная и нелинейная поляризация среды.
2. Механизмы модуляции оптических свойств фоторефрактивных кристаллов динамическими голограммами. Электродинамика сред с отрицательным показателем преломления.
3. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в одноосных и двуосных кристаллах. Генерация второй гармоники в условиях истощения волны накачки.
4. Самодифракция световых волн на динамических голограммах в фоторефрактивных кристаллах.
5. Адаптивная интерферометрия с использованием динамических фоторефрактивных голограмм.

## **7 Примерный перечень тестовых заданий**

1. Нелинейно-оптические эффекты обнаруживаются по ...
  - а) влиянию интенсивности светового поля на характер оптических явлений
  - б) влиянию длины волны света на показатель преломления оптических материалов
  - в) влиянию поляризации света на оптическое поглощение в оптических материалах
  - г) влиянию степени монохроматичности света на контраст интерференционной картины
2. Фоторефрактивный эффект заключается ...

- а) в изменении коэффициента поглощения прозрачных материалов под действием света
  - б) в изменении показателя преломления прозрачных материалов под действием света
  - в) в изменении коэффициента отражения от непрозрачных материалов под действием света
  - г) в зависимости показателя преломления оптических материалов от поляризации света
3. Фоторефрактивный эффект в электрооптических кристаллах обусловлен
- а) перераспределением зарядов по дефектным центрам при неоднородном освещении и квадратичным электрооптическим эффектом
  - б) фотоиндуцированным дрейфом ионов при неоднородном освещении и фотоупругим эффектом
  - в) изменением температуры кристалла при неоднородном освещении и термоупругими напряжениями
  - г) перераспределением зарядов по дефектным центрам при неоднородном освещении и линейным электрооптическим эффектом
4. Условием проявления оптической нелинейности среды является зависимость относительной диэлектрической проницаемости материала от:
- а) напряженности светового поля
  - б) длины волны света
  - в) поляризации светового излучения
  - г) начальной фазы световой волны
5. Самофокусировки светового пучка происходит в среде, где ...
- а) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине увеличиваются с интенсивностью света
  - б) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине уменьшаются с интенсивностью света
  - в) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют положительный знак и увеличиваются с интенсивностью света
  - г) показатель преломления не зависит от интенсивности светового пучка
6. Под действием света в электрооптическом кристалле наблюдается изменение показателя преломления. Это:
- а) фоторефрактивный эффект
  - б) пьезоэлектрический эффект
  - в) исключительно квадратичный электрооптический эффект Керра
  - г) исключительно пьезоэлектрический эффект
7. Электрооптический эффект обусловлен изменением показателя преломления кристалла
- а) под действием светового поля
  - б) под действием создаваемых в нем упругих деформаций
  - в) под действием температурного поля
  - г) под действием электрического поля
8. Мощность второй гармоники при малой эффективности преобразования увеличивается
- а) прямо пропорционально квадрату длины взаимодействия
  - б) обратно пропорционально квадрату длины взаимодействия
  - в) прямо пропорционально длине взаимодействия
  - г) обратно пропорционально длине взаимодействия
9. Самодефокусировки светового пучка происходит в среде, где ...
- а) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине увеличиваются с интенсивностью света
  - б) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине уменьшаются с интенсивностью света
  - в) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют положительный знак и увеличиваются с интенсивностью света
  - г) показатель преломления не зависит от интенсивности светового пучка

10. Длиной когерентности для генерации второй гармоники называется расстояние взаимодействия, при котором:

- а) мощность данной гармоники увеличивается от нуля до первого максимального значения
- б) мощность данной гармоники увеличивается линейно
- в) мощность данной гармоники увеличивается квадратично
- г) мощность данной гармоники достигает первого минимума»

### 8 Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Адаптивные голографические корреляторы
2. Линейная и нелинейная поляризация среды
3. Дифракция света на объемных фазовых голограммах
4. Уравнения связанных волн
5. Генерация второй гармоники в условиях истощения волны накачки
6. Зонные модели перераспределения заряда в фоторефрактивных кристаллах
7. Формирование фоторефрактивных динамических голограмм
8. Самодифракция световых волн на динамических голограммах в фоторефрактивных кристаллах
9. Адаптивная интерферометрия с использованием динамических фоторефрактивных голограмм
10. Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники
11. Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах
12. Диффузионный и фотогальванический механизмы записи фоторефрактивных голограмм
13. Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах
14. Модели зонного переноса
15. Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике
16. Основные эффекты динамической голографии
17. Параметрическое усиление и генерация
18. Световые волны в анизотропных средах
19. Способы обращения волнового фронта и реализации оптической бистабильности и их применения
20. Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка

### Список рекомендуемой литературы

1. Ярив А. Оптические волны в кристаллах / А. Ярив, П. Юх. – М.: Мир, 1987. – 616 с.
2. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. Учебник для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 2001. – 574 с.
3. Звелто О. Принципы лазеров / О. Звелто. – СПб-б. : Лань, 2008. – 720 с.
4. Панов М.Ф. Физические основы интегральной оптики : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / М.Ф. Панов, А.В. Соломонов, Ю.В. Филатов. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 432 с.
5. Климов, В. В. Наноплазмоника / В. В. Климов. — 2-е изд., испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 480 с.
6. Айхлер Ю., Айхлер Г.Н. Лазеры. Исполнение, управление, применение. М.: Техносфера, 2012. – 496 с.
7. Шандаров, С. М. Введение в оптическую физику: Учебное пособие [/ С. М. Шандаров, Н. И. Буримов, А. С. Акрестина. – Томск: ТУСУР, 2023. – 252 с. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/11001> (Дата обращения: 06.05.2024)