

**Глава 15  
Лазеры**

- 15.1. Теория лазерной генерации
  - 15.1.1. Оптическое усиление и обратная связь
  - 15.1.2. Условия лазерной генерации
- 15.2. Выходные характеристики лазера
  - 15.2.1. Мощность
  - 15.2.2. Спектральное распределение
  - 15.2.3. Пространственное распределение и поляризация
  - 15.2.4. Селекция мод
- 15.3. Распространенные лазеры
  - 15.3.1. Твердотельные лазеры
  - 15.3.2. Газовые лазеры
  - 15.3.3. Другие лазеры
  - 15.3.4. Таблица характеристик
- 15.4. Импульсные лазеры
  - 15.4.1. Методы получения импульсной генерации
  - \*15.4.2. Анализ переходных эффектов
  - \*15.4.3. Модуляция добротности
  - 15.4.4. Синхронизация мод

**Глава 16  
Оптика полупроводников**

- 16.1. Полупроводники
  - 16.1.1. Энергетические зоны и носители заряда
  - 16.1.2. Полупроводниковые материалы
  - 16.1.3. Концентрации электронов и дырок
  - 16.1.4. Генерация, рекомбинация и инжекция
  - 16.1.5. Переходы
  - 16.1.6. Гетеропереходы
  - 16.1.7. Квантово-размерные структуры
- 16.2. Взаимодействие фотонов с носителями заряда
  - 16.2.1. Взаимодействие фотонов с объемными полупроводниками
  - 16.2.2. Межзонные переходы в объемных полупроводниках
  - 16.2.3. Поглощение, испускание и усиление в объемных полупроводниках
  - 16.2.4. Взаимодействие фотонов с квантово-размерными структурами
  - 16.2.5. Показатель преломления

**Глава 17  
Полупроводниковые источники фотонов**

- 17.1. Светоизлучающие диоды
  - 17.1.1. Инжекционная электролюминесценция
  - 17.1.2. Характеристики СИД
  - 17.1.3. Материалы и структуры устройств
- 17.2. Полупроводниковые оптические усилители
  - 17.2.1. Усиление и ширина полосы
  - 17.2.2. Накачка
  - 17.2.3. Гетероструктуры

- 17.2.4. Структуры с квантовыми ямами
- 17.2.5. Сверхлюминесцентные диоды
- 17.3. Лазерные диоды
  - 17.3.1. Усиление, обратная связь и генерация
  - 17.3.2. Мощность и коэффициент преобразования
  - 17.3.3. Спектральные и пространственные характеристики
- 17.4. Квантово-размерные лазеры и лазеры с микрорезонаторами
  - 17.4.1. Квантово-размерные лазеры
  - 17.4.2. Лазеры с микрорезонаторами
  - 17.4.3. Материалы и структуры устройств

## **Глава 18**

### **Полупроводниковые детекторы фотонов**

- 18.1. Фотоприемники
  - 18.1.1. Внешний и внутренний фотоэффект
  - 18.1.2. Общие свойства
- 18.2. Фотопроводники
  - 18.2.1. Собственные полупроводники
  - 18.2.2. Примесные материалы
  - 18.2.3. Гетероструктуры
- 18.3. Фотодиоды
  - 18.3.1.  $p-n$ -Фотодиод
  - 18.3.2.  $p-i-n$ -Фотодиод
  - 18.3.3. Гетероструктуры
- 18.4. Лавинные фотодиоды
  - 18.4.1. Принципы действия
  - 18.4.2. Усиление и токовая чувствительность
  - 18.4.3. Время отклика
  - 18.4.4. Лавинные диоды для регистрации одиночных фотонов (SPAD)
- 18.5. Матричные детекторы
- 18.6. Шум в фотодетекторах
  - 18.6.1. Фотоэлектронный шум
  - 18.6.2. Шум усиления
  - 18.6.3. Шум схемы
  - 18.6.4. Отношение сигнал—шум и обнаружительная способность приемника
  - 18.6.5. Частота появления ошибочных битов и обнаружительная способность приемника

## **Глава 19**

### **Акустооптика**

- 19.1. Взаимодействие света и звука
  - 19.1.1. Дифракция Брэгга
  - \*19.1.2. Теория связанных волн
  - 19.1.3. Брэгговская дифракция пучков
- 19.2. Акустооптические устройства
  - 19.2.1. Модуляторы
  - 19.2.2. Сканеры
  - 19.2.3. Пространственные переключатели
  - 19.2.4. Фильтры, преобразователи частоты и вентили
- \*19.3. Акустооптика анизотропных сред

## **Глава 20**

### **Электрооптика**

- 20.1. Принципы электрооптики
  - 20.1.1. Эффекты Поккельса и Керра
  - 20.1.2. Электрооптические модуляторы и переключатели
  - 20.1.3. Сканеры
  - 20.1.4. Направленные ответвители
  - 20.1.5. Пространственные модуляторы света
- \*20.2. Электрооптика анизотропных сред
  - 20.2.1. Эффекты Поккельса и Керра
  - 20.2.2. Модуляторы
- 20.3. Электрооптика жидких кристаллов
  - 20.3.1. Фазовые пластинки и модуляторы
  - 20.3.2. Пространственные модуляторы света
- \*20.4. Фоторефрактивность
- 20.5. Электропоглощение

## **Глава 21**

### **Нелинейная оптика**

- 21.1. Нелинейные оптические среды
- 21.2. Нелинейная оптика второго порядка
  - 21.2.1. Генерация второй гармоники (ГВГ) и оптическое выпрямление
  - 21.2.2. Электрооптический эффект
  - 21.2.3. Трехволновое смешение
  - 21.2.4. Фазовый синхронизм и кривые настройки
  - 21.2.5. Квазисинхронизм
- 21.3. Нелинейная оптика третьего порядка
  - 21.3.1. Генерация третьей гармоники (ГТГ) и оптический эффект Керра
  - 21.3.2. Самомодуляция фазы (СМФ), самофокусировка и пространственные солитоны
  - 21.3.3. Фазовая кросс-модуляция (ФКМ)
  - 21.3.4. Четырехволновое смешение (ЧВС)
  - 21.3.5. Обращение волнового фронта (ОВФ)
- \*21.4. Нелинейная оптика второго порядка: теория связанных волн
  - 21.4.1. Генерация второй гармоники (ГВГ)
  - 21.4.2. Преобразование оптической частоты (ПОЧ)
  - 21.4.3. Параметрическое усиление (ПУ) и параметрическая генерация (ПГ) света
- \*21.5. Нелинейная оптика третьего порядка: теория связанных волн
  - 21.5.1. Четырехволновое смешение (ЧВС)
  - 21.5.2. Трехволновое смешение и генерация третьей гармоники (ГТГ)
  - 21.5.3. Обращение волнового фронта (ОВФ)
- \*21.6. Анизотропные нелинейные среды
- \*21.7. Нелинейные среды с дисперсией

## **Глава 22**

### **Оптика сверхбыстрых процессов**

- 22.1. Характеристики импульсов
  - 22.1.1. Временные и спектральные характеристики
  - 22.1.2. Гауссовы импульсы и гауссовы импульсы с чирпом

- 22.1.3. Пространственные характеристики
- 22.2. Формирование и компрессия импульсов
  - 22.2.1. Фильтры с чирпом
  - 22.2.2. Осуществление фильтрации с изменением чирпа
  - 22.2.3. Сжатие импульсов
  - 22.2.4. Формирование импульсов
- 22.3. Распространение импульсов в оптических волноводах
  - 22.3.1. Оптическое волокно как фильтр с чирпом
  - 22.3.2. Распространение гауссова импульса в оптическом волокне
  - \*22.3.3. Уравнение диффузии для медленной огибающей
  - \*22.3.4. Аналогия между дисперсией и дифракцией
- 22.4. Линейная оптика ультракоротких импульсов
  - 22.4.1. Оптика лучей
  - \*22.4.2. Волновая и Фурье-оптика
  - \*22.4.3. Оптика пучков
- 22.5. Нелинейная оптика ультракоротких импульсов
  - 22.5.1. Импульсные параметрические процессы
  - 22.5.2. Оптические солитоны
  - \*22.5.3. Суперконтинуум
- 22.6. Детектирование импульсов
  - 22.6.1. Измерение интенсивности
  - 22.6.2. Измерение спектральной интенсивности
  - 22.6.3. Измерение фазы
  - \*22.6.4. Измерение спектрограмм

## **Глава 23**

### **Оптические межсоединения и коммутаторы**

- 23.1. Оптические межсоединения
  - 23.1.1. Межсоединения в свободном пространстве на основе рефракции и дифракции
  - 23.1.2. Волноводные межсоединения
  - 23.1.3. Невзаимные оптические межсоединения
  - 23.1.4. Оптические межсоединения в микроэлектронике
- 23.2. Пассивные оптические маршрутизаторы
  - 23.2.1. Маршрутизаторы с разделением по длине волны
  - 23.2.2. Маршрутизаторы с разделением по поляризации, фазе и интенсивности
- 23.3. Фотонные коммутаторы
  - 23.3.1. Архитектуры пространственных коммутаторов
  - 23.3.2. Конструкции оптических пространственных коммутаторов
  - 23.3.3. Полностью оптические пространственные коммутаторы
  - 23.3.4. Коммутаторы с разделением по длине волны
  - 23.3.5. Коммутаторы с разделением по времени
  - 23.3.6. Коммутаторы пакетов
- 23.4. Оптические логические элементы
  - 23.4.1. Бистабильные системы
  - 23.4.2. Основы оптической бистабильности
  - 23.4.3. Бистабильные оптические устройства

## **Глава 24**

### **Волоконно-оптические системы связи**

- 24.1. Волоконно-оптические компоненты

- 24.1.1. Оптические волокна
- 24.1.2. Источники для оптических передатчиков
- 24.1.3. Оптические усилители
- 24.1.4. Детекторы для оптических приемников
- 24.2. Волоконно-оптические системы связи
  - 24.2.1. Эволюция волоконно-оптических систем связи
  - 24.2.2. Эксплуатационные показатели оптических волоконных систем
  - 24.2.3. Системы, ограниченные по ослаблению и дисперсии
  - 24.2.4. Компенсация ослабления и дисперсии и управление ими
  - 24.2.5. Солитонная оптическая связь
- 24.3. Модуляция и мультиплексирование
  - 24.3.1. Модуляция
  - 24.3.2. Мультиплексирование
  - 24.3.3. Мультиплексирование с разделением по длине волны (WDM)
- 24.4. Волоконно-оптические сети
  - 24.4.1. Топологии сетей и коллективный доступ
  - 24.4.2. Сети, использующие мультиплексирование с разделением по длине волны (WDM)
- 24.5. Когерентная оптическая связь

## **Приложение А. Преобразование Фурье**

- А.1. Одномерное преобразование Фурье
- А.2. Длительность и спектральная ширина
- А.3. Двумерное преобразование Фурье

## **Приложение Б. Линейные системы**

- Б.1. Одномерные линейные системы
- Б.2. Двумерные линейные системы

## **Приложение В. Моды линейных систем**

- В.1. Моды дискретной линейной системы
- В.2. Моды непрерывной системы, описываемой интегральным оператором
- В.3. Моды системы, описываемой обыкновенными дифференциальными уравнениями
- В.4. Моды системы, описываемой дифференциальным уравнением в частных производных