

Перестраиваемая нанофотоника

Содержание курса:

- 1) Введение.** Уравнения Максвелла и материальные уравнения для разных типов сред. Связь пространственно-временного и спектрального представления. Импульс и его спектр. Формирование фемтосекундных и предельно-коротких импульсов. Прохождение импульса через диспергирующую среду. Чирпированные импульсы. Суперконтинуум. Оптические частотные гребенки. Оптический пучок и его угловой спектр, дифракция, фокусировка и оптический предел. Оптические вихри и недифрагирующие пучки.
- 2) Фотонные кристаллы.** Геометрия Брэгга и геометрия Лауэ. Теорема Блоха. Зона Бриллюэна. Дисперсионные диаграммы. Приближение пустой решетки. Запрещенные зоны. Распространение волн внутри фотонных кристаллов. Медленный свет. Дефектные моды. Таммовские состояния. Нелинейные оптические эффекты в фотонных кристаллах. Применения фотонных кристаллов.
- 3) Оптика метаматериалов.** Понятие о метаматериалах. Среды с отрицательным показателем преломления. Распространение и преломление волн в «левой» среде. Фазовая и групповая скорости в «левой» среде. Оптические свойства «левых сред». Эффект Допплера и эффект Вавилова-Черенкова в «левой» среде. Закон сохранения энергии для «левой» среды. Применение метаматериалов с отрицательным показателем преломления. Линза Веселаго. Соотношения Крамерса-Кронига и фундаментальные ограничения. Методы эффективной среды. Метод Максвелла-Гарнетта. Метод Бруггемана. Реализация «левой» среды в микроволновом диапазоне частот. Система металлических стержней и расщепленных кольцевых резонаторов. Магнитоиндуктивные волны. Реализация «левой» среды в оптическом диапазоне частот. Трансформационная оптика. Плащ-невидимка. Гиперболические метаматериалы. Гиперлинза. Среды с нулевой диэлектрической проницаемостью.
- 4) Оптические свойства металлов. Объемные плазмоны.** Диэлектрическая проницаемость металлов. Модель Друде-Зоммерфельда. Модель Друде-Лоренца. Объемные плазмоны.
- 5) Поверхностные плазмон-поляритоны.** Поверхностные плазмон-поляритоны на одиночной границе. Поверхностные плазмон-поляритоны в многослойных системах. Таммовские плазмоны. Поверхностные плазмон-поляритоны на поверхности метаматериалов, анизотропных и гиротропных сред. Фонон-поляритоны в полупроводниках. Методы возбуждения поверхностных плазмон-поляритонов. Призмный ввод: методы Отто и Кретчмана. «Ложные плазмоны» в схеме Кретчмана. Решеточный ввод. Дифракционные методы: ближнепольный, фокусированные оптические пучки. Возбуждение за счет оптической нелинейности. Визуализация поверхностных плазмон-поляритонов. Терагерцовая плазмоника. Плазмон-поляритоны в графене. Моды Зоммерфельда-Зенека. Поверхностные плазмоны на границе полупроводника. «Ложные» плазмоны на структурированной поверхности.
- 6) Плазмонные кристаллы.** Дифракция света на субволновых отверстиях. Теория Бете-Боукампа. Экстраординарное оптическое пропускание. Поверхностные плазмон-поляритоны в решетках. Плазмонные кристаллы. Аномалии Вуда. Аномалии Рэлея. Полное поглощение в металлических решетках. Плазмонные резонансы Фабри-Перо в плазмонных кристаллах. Описание свойств плазмонных кристаллов с помощью матрицы рассеяния. Резонансы Фано.
- 7) Локализованные плазмоны.** Локализованные поверхностные плазмоны. Моды электромагнитного поля в наночастицах. Локализованные плазмоны в сферической металлической наночастице. Рассеяние и поглощение света в металлических наночастицах. Теория Ми. Связанные локализованные плазмоны. Локализованные плазмоны в плазмонных кристаллах. Поверхностный решеточный резонанс. Квантовые явления в плазмоне.
- 8) Активная плазмоника. Применение плазмоники.** Активная плазмоника. Управляемые плазмоны: электроплазмоника, магнитоплазмоника, акустоплазмоника, оптически управляемые плазмоны. Применения плазмоники. Плазмонная сенсорика. Термомагнитная запись информации. Плазмонные наноантенны, волноводы. Суперлинза. Фотовольтаика. Термоплазмоника. Применения в медицине. Плазмонные методы визуализации.
- 9) Планарные волноводы и оптические волокна.** Моды планарных волноводов и оптических волокон, дисперсия, отсечка. Интегральная оптика. Оптические волокна. Градиентные волноводы. Фотонно-кристаллические волокна. Одномодовые и многомодовые оптические волокна. Передача информации по оптическому волокну. Оптоволоконные датчики. Применение оптических волокон в медицине.
- 10) Диэлектрическая нанофотоника.** Волноводные моды диэлектрических структур. Локализованные моды диэлектрических наночастиц. Моды шепчущей галереи. Топологическая фотоника. Связанные состояния в континууме.

11) Нелинейная нанофотоника и плазмоника. Нелинейная плазмоника. Генерация гармоник, оптическое переключение и усиление нелинейных оптических эффектов в плазмонных и нанофотонных структурах. Поверхностно-усиленное комбинационное рассеяние.

12) Оптические явления в полупроводниковых наноструктурах. Генерация и поглощение излучения в гетероструктурах с квантовыми слоями, нитями и точками. Экситоника. Плазмон-экситонное взаимодействие

13) PT-симметрия в нанофотонике.

14) Основы магнитооптики. Распространение электромагнитного излучения в однородной магнитной среде. Гиротропные среды. Феноменология магнитооптических эффектов. Эффект Фарадея. Полярный, меридиональный и экваториальный эффекты Керра. Эффект Фохта (Коттона-Мутона). Магнитный круговой дихроизм. Эллиптическая поляризация излучения.

15) Микромагнитная природа магнитооптических эффектов. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Гистерезис. Спин-орбитальное взаимодействие. Обменный интеграл. Продольный и поперечный эффекты Зеемана. Квантовые переходы в магнитном поле. Диамагнитные и парамагнитные переходы. Гиротропия металлов и редкоземельных гранатов.

16) Обратные магнитооптические эффекты. Обратные эффекты Фарадея и Коттона-Мутона. Вывод выражений для обратных магнитооптических эффектов из термодинамического подхода. Микроскопическая природа. Комбинационное рассеяние света на спиновых волнах. Экспериментальное наблюдение обратных магнитооптических эффектов.

17) Магнитные микро и наноструктуры. Магнитные домены. Магнитные наноструктуры: доменные границы, вертикальные линии Блоха, точки Блоха и Нееля. Магнитные вихри и скирмионы.

18) Экспериментальное наблюдение магнитооптических эффектов. Методы измерения магнитооптических эффектов. Применение магнитооптических эффектов для наблюдения магнитных структур. Визуализация наноструктур. Метод анизотропного темного поля. Критерий Рэлея. Идея получения оптического сверхразрешения. Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля. Особенности визуализации магнитных наноструктур. Расчет оптического ближнего поля. Метод тензорных функций Грина.

19) Магнитоплазмонные эффекты. Плазмон-поляритоны в металлodieлектрических дифракционных решетках. Усиление эффекта Фарадея. Магнитоплазмоны. Экваториальный эффект Керра в плазмонных решетках. Применения плазмонных гетероструктур в информационных и энергосберегающих технологиях.

20) Диэлектрические магнитофотонные структуры. Волноводные моды и резонансы Ми в магнитных наноструктурах. Особенности магнитооптических эффектов в диэлектрических наноструктурах.

21) Магнитофотонные функциональные устройства. Оптический изолятор. Модулятор интенсивности света. Магнитооптический циркулятор. Магнитооптический дефлектор. Сенсор магнитного поля. Невзаимный волновод. Магнитоплазмонный биосенсор. Плазмонные структуры для оптической записи информации.

22) Введение в акустику кристаллических сред. Обзор акустооптики объемных сред. Элементы кристаллографии, симметрия кристаллов. Напряжение, деформация и их связь. Тензорное представление физических свойств кристаллов. Ограничения, налагаемые на число независимых модулей упругости симметрией кристаллов. Упругие волны в неограниченном кристалле. Отражение и преломление акустических волн в анизотропных средах. Поверхностные волны. Пьезоэффект. Методы возбуждения ультразвука. Фотоупругий эффект. Уравнение Рамана-Ната. Режимы дифракции Рамана-Ната и Брэгга. Понятие вектора расстройки. Векторные диаграммы. Анизотропное акустооптическое взаимодействие. Акустооптические материалы. Конструкция акустооптической ячейки. Модуляторы, дефлекторы, фильтры и их применение. Параметрическая акустооптическая рефракция. Невзаимные эффекты в акустооптике.

23) Акустооптика и оптоакустика неоднородных сред. Воздействие акустических колебаний на спектры отражения плазмонных и фотоннокристаллических структур. Задача об отражении света от металл-диэлектрической структуры, возмущенной акустической волной. Модуляция света на сверхвысоких частотах. Понятие оптоакустического эффекта. Механизмы преобразования оптического излучения в ультразвук. Термооптическое преобразование фемтосекундных лазерных импульсов в ультразвук в металлических пленках. Усиление эффективности преобразования в плазмонных структурах. Электрострикционный механизм оптоакустического преобразования и его усиление в структурированных средах.

24) Методы расчета оптических свойств наноструктур. Метод плоских волн. Метод матриц перехода. Метод конечных разностей во временной области. Метод конечных элементов. Приближение дискретных диполей. Метод связанных мод в пространстве Фурье. Метод матриц рассеяния.