

Межфакультетский курс
«СОВРЕМЕННЫЕ ЛАЗЕРЫ: НОВЫЕ ГРАНИ СВЕТА»
В.Б.Морозов, А.Н.Оленин

ПРОГРАММА КУРСА

Раздел 1. УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Что такое лазер? Основные особенности лазерных источников света. Сравнение с нелазерными источниками. Монохроматичность. Когерентность. Высокая интенсивность. Направленность. Фокусировка. Световые импульсы, их длительность и спектр. Лазеры и современная оптика. Фотоника. Научные, технологические, медицинские, информационные, телекоммуникационные и другие важнейшие области применения лазеров.

Раздел 2. СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ.

Важнейшая роль света в передаче и восприятии информации. Развитие представлений о природе света. Скорость света. Сведения из электромагнитной теории. Волны как форма существования света. Поляризация, энергия, мощность, интенсивность световых волн. Плоские, сферические волны. Световой пучок - форма ограниченной в пространстве световой волны. Гауссов пучок. Распространение и фокусировка. Другие виды пучков. Вихревые пучки.

Раздел 3. ИЗЛУЧЕНИЕ И ВЕЩЕСТВО. СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ.

Исследования и открытия, предшествующие созданию лазера. Взаимодействие излучения со средой. Квантовая природа света. Спонтанные и вынужденные переходы. Возможность усиления света. Усиление микроволнового излучения. Мазеры. Космические мазеры.

Раздел 4. СОЗДАНИЕ ЛАЗЕРА И ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЕГО УСТРОЙСТВЕ.

Из истории создания лазера. Состав и структура лазерного излучателя. Лазерная активная среда и лазерный переход. Резонатор лазера. Система накачки. Основные типы лазеров. О классификации лазеров.

Раздел 5. ЛАЗЕРНЫЕ РЕЗОНАТОРЫ.

Резонаторы в природе, технике и искусстве. Добротность резонатора. Эталон Фабри-Перо – интерферометр и лазерный резонатор. Металлические и диэлектрические зеркала. Продольные моды. Поперечные моды. Гауссовы пучки в резонаторе. Резонатор со сферическими зеркалами и обращение волнового фронта. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Спектр усиления и резонансные частоты. Селекция продольных и поперечных мод. Кольцевой резонатор. Микрорезонаторы.

Раздел 6. УСЛОВИЯ ЛАЗЕРНОГО УСИЛЕНИЯ И ГЕНЕРАЦИИ.

Взаимодействие излучения с активной средой. Инверсия населенности. Накачка. Трех- и четырехуровневая схемы накачки. Усиление излучения. Коэффициент усиления. Порог генерации. Ширина полосы усиления. Фазовый сдвиг. Однородно и неоднородно уширенные лазерные переходы. Лазерные среды. Системы накачки. Эффективность лазерной генерации.

Раздел 7. ГЕНЕРАЦИЯ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ. УЛЬТРАКОРОТКИЕ ИМПУЛЬСЫ.

Развитие генерации при включении накачки. Генерация пачек. Релаксационные колебания и стационарная генерация. Лазерная генерация как иллюстрация модели эволюции «хищники-жертвы». Модуляция добротности – генерация импульсов длиннее

времени обхода резонатора. Синхронизация мод – генерация импульсов короче времени обхода резонатора. Спектр усиления и длительность импульса. Спектрально-ограниченный импульс. Генерация октав и оптический стандарт частоты. «Чирп» и усиление ультракоротких импульсов. Ультракороткие импульсы и сверхбыстрые процессы в физике, химии, биологии.

Раздел 8. НЕЛИНЕЙНООПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Распространение излучения в кристаллах. Генерация второй гармоники, сложение частот. Параметрическое рассеяние. Рассеяние света молекулами. Вынужденное комбинационное рассеяние.

Раздел 9. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ.

Зоны в твердых телах. Полупроводниковые материалы. Электроны и дырки. Легирование. Полупроводниковый p-n-переход. Инжекция и излучательная рекомбинация. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Полупроводниковые источники фотонов: светодиоды и лазерные диоды. Лазеры на гетеропереходах. Лазеры на квантово-размерных структурах. Типы полупроводниковых лазеров. Матрицы лазерных диодов.

Раздел 10. ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА И ВОЛОКОННЫЕ ЛАЗЕРЫ

Оптические волокна. Основные параметры и типы оптических волокон. Одномодовые и многомодовые волокна. Производство оптических волокон. Активные волокна. Конструкция и основные компоненты волоконного лазера. Схемы накачки. Непрерывные и импульсные волоконные лазеры. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Предельные параметры волоконных лазеров. Технологические применения.

Раздел 11. ЛАЗЕРЫ В ЛИНИЯХ СВЯЗИ.

Лазеры в воздушных и волоконных линиях. Окна прозрачности оптических волокон. Дисперсия. Распространение лазерного импульса в волокне. Структура волоконно-оптического канала связи. Источники и приемники света в волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС). Спектральное и поляризационное уплотнение. Мультиплексирование. Поколения ВОЛС. Лазеры в квантовых каналах связи.

Раздел 12. ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ.

Эволюция технологических лазеров. Основные физические процессы при лазерной обработке. Закон Буггера. Тепловое и нетепловое воздействие. Роль длительности импульсов, механизм абляции. Диаграмма процессов лазерной обработки материалов: отжиг, упрочнение, сварка, резка, сверление микроотверстий, маркировка, инженерия микро/наномодификация поверхности. Аддитивные лазерные технологии. 3D печать. Фотолитография.

Раздел 13. ЛАЗЕРЫ В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ.

Биоткань и лазерное излучение. Проблема порога воздействия. Взаимодействие света с биомолекулами. Тепловые эффекты при лазерном облучении биотканей. Лазерно индуцированные фотохимические реакции. Нелинейные процессы. Лазеры для медицины.. Лазерная диагностика. Лазерная терапия. Лазерная хирургия, офтальмология, косметология. Лазерный пинцет.

Раздел 14. ЛАЗЕРЫ В СИСТЕМАХ ЗАПИСИ, СЧИТЫВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Лазеры в современной микроэлектронике. Оптические методы записи и считывания информации. Оптические диски. Магнитооптика. Лазеры в перспективных системах магнитной памяти. Трехмерная оптическая память. Фоторефрактивные и фотохромные

материалы. Голографические устройства памяти. Оптические компьютеры. Квантовый компьютер

Раздел 15. СИСТЕМЫ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ, ДАЛЬНОМЕТРИИ И НАВИГАЦИИ. УДАЛЕННАЯ ЛАЗЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА.

Лазерная импульсная дальнометрия. Лазерная интерферометрия. Импульсная дальнометрия. Лазерная спутниковая локация. Лазеры в GPS, ГЛОНАСС, других системах глобального позиционирования. Лазерная локация Луны. Лазерный гироскоп. Лазерная рулетка. Дистанционные лазерные измерения и диагностика. Лидары.

Лекция 16. УНИКАЛЬНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ. ДРУГИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРОВ.

Лазеры предельных мощностей. Рентгеновские лазеры. Лазеры в энергетике. Дистанционные лазерные измерения и диагностика. Лазеры в охранных системах и системах безопасности. Военные применения лазеров.