

Программа межфакультетского курса
**«ЛАЗЕРЫ В СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»**

Предлагаемый лекционный курс познакомит слушателей с основными сведениями из истории создания лазеров, развития и совершенствования лазерной техники, принципах работы и важных приложениях лазерных источников света. В начале курса обсуждается сравнение характеристик лазерного и нелазерного (теплого) излучений, происходит знакомство с классическими представлениями о световых волнах в рамках электромагнитной теории и с квантовыми представлениями о взаимодействия света и вещества. Рассматриваются основные сведения о составе, принципах работы и характеристиках современных лазерных источников, приводится их классификация, даются необходимые пояснения, касающиеся особенностей процессов генерации в различных типах лазеров. Далее слушатели знакомятся с ключевыми сферами применения лазеров: в волоконно-оптических линиях связи, в лазерной обработке материалов, в медицине и биологии, в системах записи, хранения и обработки информации, в прецизионных измерительных системах, в лазерной локации и навигации.

Лекция 1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Монохроматичность. Когерентность. Высокая интенсивность. Направленность. Сравнение с классическими источниками света. Лазеры и современная оптика. Фотоника

Лекция 2. СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ.

Сведения из электромагнитной теории. Волновое решение уравнений Максвелла. Плоские и сферические волны. Поляризация. Энергия, мощность, интенсивность электромагнитного поля. Гауссов пучок - форма направленного распространения световой волны.

Лекция 3. ИЗЛУЧЕНИЕ. ВЕЩЕСТВО. КВАНТЫ.

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

Лекция 4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ ЛАЗЕРА.

Создание лазера. Состав и структура лазерного излучателя. Лазерные среды и лазерные переходы. Основные типы лазерных сред. Классификация лазеров.

Лекция 5. ЛАЗЕРНЫЕ РЕЗОНАТОРЫ.

Эталон Фабри-Перо как оптический резонатор. Продольные моды. Резонаторы со сферическими зеркалами и гауссовы пучки. Устойчивость резонатора. Поперечные моды. Резонансные частоты и спектр усиления. Внутррезонаторные элементы. Селекция продольных и поперечных мод.

Лекция 6. УСИЛЕНИЕ И ГЕНЕРАЦИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Взаимодействие излучения с активной средой. Термодинамическое равновесие и инверсия населенности. Накачка лазерного перехода. Усиление излучения. Коэффициент усиления. Ширина полосы усиления. Фазовый сдвиг. Пороговые условия генерации. Трех- и четырехуровневая схема накачки. Некоторые лазерные среды. Однородно и неоднородно уширенные лазерные переходы.

Лекция 7. ГЕНЕРАЦИЯ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ. УЛЬТРАКОРОТКИЕ ИМПУЛЬСЫ.

Непрерывная и импульсная накачка. Пичковая и стационарная генерация. Релаксационные колебания. Модуляция добротности – генерация импульсов длиннее времени обхода резонатора. Синхронизация мод – генерация импульсов короче времени обхода резонатора. Спектрально-ограниченный импульс. Фемтосекундные лазерные импульсы. Генерация октав. Понятие «чирпа». Усиление ультракоротких импульсов.

Лекция 8. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ.

Энергетические 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. Лазеры с вертикальными резонаторами. Матрицы лазерных диодов.

Лекция 9. ВОЛОКОННЫЕ ЛАЗЕРЫ

Конструкция и компоненты волоконного лазера. Активные волокна. Схемы накачки. Волоконные усилители. Брэгговские зеркала. Резонатор Фабри-Перо. Кольцевой резонатор. Непрерывное излучение. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Технологические применения.

Лекция 10. ЛАЗЕРЫ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ.

Лучи в оптических волокнах. Окна прозрачности. Полное внутренне отражение. Числовая апертура. Одномодовые и многомодовые волокна. Градиентные волокна. Дисперсия. Распространение лазерных импульсов. Нелинейно-оптические эффекты. Солитоны. Лазерная накачка оптических волоконных усилителей. Структура волоконно-оптического канала связи. Передатчики и приемники. Спектральное и поляризационное уплотнение. Мультиплексирование.

Лекция 11. ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ.

Основные физические процессы при лазерной микрообработке. Закон Буггера. Плавление. Абляция. Влияние длительности импульса. Термоупрочнение. Сварка. Резка. Сверление микроотверстий. Маркировка. Фотолитография. Аддитивные технологии. 3D печать.

Лекция 12. ЛАЗЕРЫ В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ.

Действие лазерного излучения на биоткань. Тепловые, фотохимические и нелинейные процессы. Типы лазеров, применяющихся в медицине. Лазерная диагностика. Лазерная терапия. Лазерная хирургия. Лазерный пинцет.

Лекция 13. ЛАЗЕРЫ В СИСТЕМАХ ЗАПИСИ, ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Использование лазерного излучения для повышения плотности записи информации на магнитных носителях. Магнитооптика. «Чисто» оптическая память - компакт диск и К°. Трехмерная (3D) оптическая память и голография: фоторефрактивные и фотохромные материалы. Лазерные ловушки.

Лекция 14. СИСТЕМЫ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ, ДАЛЬНОМЕТРИИ И НАВИГАЦИИ.

Лазерный уровень. Дальномер. Импульсная лазерная дальнометрия. Лазерная спутниковая локация. Лазерная локация Луны. Лазерная интерферометрия. Лазерные гироскопы. Дистанционные лазерные измерения и диагностика.

Примерные вопросы к зачету:

1. Какие свойства лазерного излучения обуславливают его уникальность и существуют ли источники лазерного излучения в природе?
2. Какие объекты являются источниками света?
3. Каково происхождение уравнений Максвелла?
4. Как связаны друг с другом энергия, мощность и интенсивность световой волны?
5. В чем отличие «электромагнитной волны» и «светового пучка»? Что у них общего?
6. Какие физические явления процессы лежат в основе работы лазера?
7. Какие характеристики лазеров используются для их классификаций?
8. Что такое «моды резонатора»?
9. В каких случаях излучение поглощается в среде, а в каких – усиливается?
10. Какую схему накачки – трех- или четырехуровневую – лучше применять в лазерах?
11. От каких характеристик лазера зависит длительность импульса при модуляции добротности?
12. От каких характеристик лазера зависит длительность импульса при синхронизации мод?
13. В чем сходство и различие светодиода и диодного лазера?
14. Каковы преимущества и недостатки волоконных лазеров по сравнению с твердотельными?
15. К чему приводит наличие дисперсии в оптическом волокне при распространении в нем излучения?
16. Почему возможно «спектральное уплотнение» в волоконно-оптических линиях связи?
17. Каковы ключевые требования к лазерам, используемым в микрообработке материалов?
18. Чем обуславливается выбор лазерного источника в медицинских приложениях?
19. С какими физическими явлениями связано ограничение на плотность записи информации в «чисто» оптической памяти?
20. Как происходит запись и считывание голограмм?
21. В чем преимущества и недостатки лазерной локации перед радиолокацией?