

ПРОГРАММА
специального курса кафедры квантовой электроники

"Физика лазеров"

(4 курс, 7 семестр, 36 часов)

I. Основы физики лазеров

1. **Принципиальная схема оптического квантового генератора.** Усилитель, обратная связь, частотная селекция, источники энергии.
2. **Излучение абсолютно-черного тела.** Собственные моды резонатора, плотность мод поля. Плотность энергии поля. Формула Планка. Вырождение мод, число фотонов в моде поля.
3. **Индукцированные и спонтанные переходы в двухуровневой системе.** Дипольный момент перехода двухуровневой системы. Коэффициенты Эйнштейна. Вывод формулы Планка (подход Эйнштейна). Вычисление коэффициентов Эйнштейна для индуцированных и спонтанных переходов в двухуровневой системе. Когерентность индуцированного излучения
4. **Ширина линии.** Естественная ширина Однородное уширение Лоренцева форма линии. Неоднородное уширение. Гауссова форма линии. Механизмы однородного и неоднородного уширения. Вероятность индуцированных переходов при монохроматическом излучении и при учете конечности спектральной ширины действующего на систему поля.
5. **Усиление и генерация света.** Поглощение и усиление. Сечение поглощения. Коэффициент поглощения, коэффициент усиления. Условия усиления, инверсия населенности уровней, "отрицательная температура". Эффект насыщения, интенсивность насыщения. Активные среды Предельный коэффициент усиления, предельная мощность на выходе из усилителя. Предельная длина активной среды. Шумы квантового усилителя, шумовая и спиновая температуры. Усиление и генерация. Условия самовозбуждения. Полоса пропускания. Частота генерации.
6. **Открытые резонаторы.** Резонаторы в радиотехнике. Добротность. Добротность и модовый состав закрытых объемных резонаторов. Мода (собственное колебание) закрытого резонатора межмодовое расстояние (по частоте). Его зависимость от номера моды. Открытые резонаторы и прореживание спектра. Моды пассивного открытого резонатора. Дифракционные потери. Метод Фокса-Ли. Устойчивые конфигурации открытых резонаторов. Диаграмма устойчивости. Конфокальные и концентрические резонаторы. Неустойчивые резонаторы, Конкретные схемы, их свойства, достоинства и недостатки. Матричный метод расчета оптических систем. Примеры передаточных функций для распространенных оптических систем.
7. **Гауссовы пучки,** Основные характеристики: размер перетяжки, расходимость, кривизна волнового фронта. Преобразование и оптика гауссовых пучков.
8. **Режимы работы лазеров.** Непрерывный режим. Свободная генерация. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Спектр продольных мод открытого резонатора. Длительность и период следования импульсов при синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация. Самосинхронизация при эффекте насыщения и при самовоздействии (керровская линза).

II. Лазеры

1. **Газовые лазеры.** Особенности газообразных активных сред. Основные методы возбуждения: электрический разряд, газодинамическое и химическое возбуждение, фотодиссоциация, оптическая накачка. Гелий-неоновый лазер Высоковольтный разряд. Резонансный столкновительный механизм передачи энергии. Схема уровней. Конкуренция линий. Параметры разряда, параметры лазера. Аргонный лазер. Дуговой разряд. Ионные лазеры. Схема уровней. Условие инверсии. Перекачка газа в разряде. Параметры разряда, параметры лазера
2. **Лазеры на парах металлов.** Гелий - кадмиевый лазер. Пеннинговий механизм ионизации и возбуждения. Электрофорез. Схема уровней. Параметры разряда, параметры лазера. Самоограниченные переходы. Лазеры на самоограниченных переходах. Лазер на парах меди. Схема уровней. Параметры разряда, параметры лазера. Другие примеры лазеров на парах металлов
3. **Молекулярные лазеры.** Колебательно - вращательные спектры молекул. Правила отбора. P-, Q-, R- ветви. Нормальные колебания многоатомных молекул. CO₂ - лазер. Механизм инверсии. Роль азота и гелия. Продольная накачка. Спектральные свойства CO₂ - лазеров. Вращательная структура. Перестройка частоты излучения. Импульсный разряд. TEA CO₂ - лазеры. Самостоятельные и несамостоятельные разряды. CO- лазер. Особенности строения энергетической структуры CO. Параметры лазеров
4. **Газодинамические лазеры.** Принципы построения. Основные параметры.
5. **Химические лазеры.** Принципы действия. Основные параметры
6. **Твердотельные лазеры.** Трехуровневые и четырехуровневые схемы генерации. Матричные эффекты в твердотельных активных средах. Рубиновый лазер Уровни энергии иона хрома в корунде. Неодимовый лазер Уровни иона неодима в стекле и гранате.
7. **Лазеры с перестраиваемой частотой генерации** Лазеры на красителях. Лазеры на центрах окраски. Лазер на сапфире с ионами титана. Фемтосекундный режим генерации титан-сапфирового лазера.
8. **Полупроводниковые лазеры.** Механизмы рекомбинации и инжекции носителей в гомо- и гетероструктурах. Каскадные лазеры на квантовых ямах, терагерцевые лазеры.
9. **Лазеры на модах "шепчущей галереи"**
10. **Лазеры на свободных электронах, рентгеновские лазеры, аттосекундные лазерные системы.**

Литература

1. Н.В. Карлов «Лекции по квантовой электронике», Москва, Наука, 1988.
2. Д.Н. Клышко «Физические основы квантовой электроники», Москва, Наука, 1986.
3. "Квантовая электроника - Маленькая энциклопедия», Москва, Наука, 1969.
4. О.Звелто «Принципы лазеров», Москва, Наука, 1990.
5. УНЦ «Фундаментальная спектроскопия», Сборник лекций, выпуск. 1, 2, Москва 1998, 1999.
6. Ф.Бертен «Основы квантовой электроники», Москва, МИР. 1971.
7. В.П.Быков, О.О.Силичев «Лазерные резонаторы», Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2003.
8. А.Н. Пихтин «Оптическая и квантовая электроника», Москва, Высшая школа, 2001.
9. У. Льюиселл. «Излучение и шумы в квантовой электронике», Москва, Наука, 1972.
10. П.Г. Крюков. «Непрерывные фемтосекундные лазеры», УФН, т.183, №9, с.897, 2013.