

ПРОГРАММА

специального курса лекций "Введение в физику лазеров"
(физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
кафедра общей физики и волновых процессов, 7 семестр, экзамен)

Лекция 1. Цель курса. Литература. Историческая справка. Свойства лазерного излучения: монохроматичность, поляризация, направленность, когерентность. Блок-схема лазера и ее аналогия с генератором радиочастотного диапазона. Необходимость учета нелинейности амплитудно-частотной характеристики. Потери и эффективное время жизни фотона в резонаторе. Порог генерации и устойчивость, ее связь с насыщением коэффициента усиления. Режимы генерации.

Лекция 2. Спонтанные и индуцированные переходы и их вероятности. Коэффициенты Эйнштейна, их связь. Термодинамическое равновесие с электромагнитным вакуумом. Безызлучательные переходы. Балансные уравнения. Двухуровневая система: коэффициент поглощения, насыщение, невозможность создания инверсной заселенности за счет оптической накачки. Отрицательная температура. 3-х и 4-х уровневые системы переходов: разность населенностей, условия получения инвертированного состояния.

Лекция 3. Уравнение Шредингера и волновая функция. "Чистые" и "смешанные" состояния. Оператор и матрица плотности, уравнение Лиувилля. Система уравнений для диагональных и недиагональных элементов матрицы плотности. Поляризация среды. Дипольное приближение. Резонанс - приближение "вращающейся волны". Быстрая фазовая релаксация и переход к балансным уравнениям. Механизмы релаксации, однородное и неоднородное уширение, эффект Доплера, лоренцевский и гауссовский контуры линий.

Лекция 4. Излучение в пустом резонаторе. Уравнения Максвелла, волновое уравнение. Объемный резонатор. Собственные типы колебаний - моды. Пространственная структура поля, собственные частоты и поляризационные характеристики. Специфика оптического диапазона: поперечные и продольные моды, открытые резонаторы и световые пучки. Дифракционные потери и зависимость их величины от индексов мод. Селекция мод, роль дифракционных потерь. Взаимодействие и конкуренция мод.

Лекция 5. Гауссов пучок как основная поперечная мода аксиально-симметричного резонатора. Перетяжка пучка и конфокальный параметр. Зависимость радиуса пучка и кривизны волнового фронта от расстояния до плоскости перетяжки. Комплексный параметр пучка. Закон ABCD. Лучевая матрица как решение системы линейных уравнений для параметров пучка в параксиальном приближении: свободное пространство, тонкая линза, граница раздела диэлектриков. Фокусировка пучка.

Лекция 6. Обращение волнового фронта в резонаторе с обычными и нелинейными зеркалами. Матричный расчет линейного резонатора и области существования решений в резонаторе, образованном двумя плоскими зеркалами и тонкой линзой. Оптимальное заполнение активного элемента. Обобщенный сферический резонатор и диаграмма его устойчивости. Параметры Френеля. Их связь с дифракционными потерями и оптимальные значения. Эквивалентные резонаторы.

Лекция 7. Спектр генерации: продольные и поперечные моды, спектральная полоса усиления активной среды. Интервал частот между соседними продольными модами, их число для лазеров на растворах красителей, стеклах, активированных кристаллах и газах. Сужение спектра генерации: уменьшение длины резонатора, применение дисперсионных элементов. Эталон Фабри-Перо, призмы, дифракционные решетки. Трехзеркальные резонаторы. Поляризационная селекция.

Лекция 8. Специальные резонаторы. Кольцевые резонаторы: лучевые матрицы для внеосевых пучков и астигматизм, однонаправленная генерация и оптические вентили. Эффект Фарадея. Неустойчивые резонаторы: используемые варианты схем, их положение с точки зрения диа-

граммы устойчивости и числа Френеля, вывод излучения из резонатора, геометрическая оптика и расчет коэффициента телескопирования.

Лекция 9. Скоростные уравнения: усреднение поля по объему резонатора и времени обхода, область применимости. Уравнения для 3-х и 4-х уровневых схем переходов. Непрерывный режим генерации. Зависимость инверсии населенности и числа фотонов в резонаторе от скорости накачки. Пороговая скорость накачки и выходная мощность, оптимальная обратная связь. Примеры: лазер на рубине и алюмо-иттриевом гранате. Релаксационные колебания: их частота и скорость затухания.

Лекция 10. Режим свободной генерации и конкуренция мод. Режим модуляции добротности при генерации гигантских импульсов. Оптические затворы: электромеханические, электрооптические, акустооптические, пассивные. Этапы генерации: балансные уравнения для этапов подготовки активной среды и развития генерации. Решение системы скоростных уравнений в случаях 3-х и 4-х уровневых схем переходов. Пиковая мощность, энергия и длительность переднего и заднего фронтов выходного импульса.

Лекция 11. Синхронизация мод и сверхкороткий световой импульс. Связь предельных параметров импульса с характеристиками активной среды. Качество сверхкороткого импульса, пиковая и средняя мощности. Методы активной синхронизации мод: амплитудная и фазовая модуляции, режим синхронной накачки. Спектральное и временное представления. Необходимые условия для реализации режима синхронизации мод. Пассивные затворы.

Лекция 12. Классификация лазеров: типы активных сред и методы их накачки. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные, молекулярные, на парах металлов и эксимерные. Твердотельные лазеры: лазеры на активированных кристаллах, стеклах, кристаллах с центрами окраски. Полупроводниковые лазеры и лазеры на растворах органических красителей. Лазер на титан-сапфире.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. Качмарек. Введение в физику лазеров.- М.: Мир, 1981.
2. О. Звелто. Физика лазеров.- М.: Мир, 1979.
3. А. Мэйтлэнд, М. Данн. Введение в физику лазеров.- М.: Наука, 1978.
4. Л.В.Тарасов. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. – М.: Радио и связь, 1981.
5. И.И.Кондиленко, П.А.Коротков, А.И.Хижняк. Физика лазеров. – Киев, «Вища школа», 1984.
6. Сверхкороткие световые импульсы / Под ред. С. Шапиро.- М.: Мир, 1981.
7. Й. Херман, Б. Вильгельми. Лазеры сверхкоротких импульсов.- М.: Мир, 1986.
8. М. Лэкс. Флуктуации и когерентные явления.- М.: Мир, 1974.
9. Справочник по лазерам в 2-х томах.- М.: Сов. радио, 1978.
10. Справочник по лазерной технике.- Киев: Техника, 1978.
11. В. Бруннер. Справочник по лазерной технике. Энергоатомиздат, 1991.
12. Добро пожаловать в Википедию (<http://ru.wikipedia.org>)
13. Encyclopedia of Laser Physics and Technology (<http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>)

Профессор,

доктор физ.- мат. наук

В.В. Шувалов

Корпус нелинейной оптики, к.5-07

Тел. (495)939-5035

E-Mail: vsh@vsh.phys.msu.su