

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ А.Л. Толстик
(подпись) (И.О.Фамилия)

_____ 27.09.2012г.
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 8262 /баз.

ФИЗИКА ЛАЗЕРОВ

Учебная программа для специальности 1-31 04 01 «Физика»

2012г.

Составитель:

А.Л. Толстик – проректор по учебной работе Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

Рецензенты:

К.А.Саечников – заведующий кафедрой информатики и электроники Государственного учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка», кандидат физико–математических наук, доцент;

В.В. Могильный – профессор кафедры физической оптики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета (протокол № 12 от 20 апреля 2012);

Учебно-методической комиссией физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 15.05 2012 г.).

Рассмотрена научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 28.05 2012 г.).

Ответственный за редакцию: А.Л. Толстик

Ответственный за выпуск: А.Л. Толстик

I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Повышенный интерес к лазерам и лазерным комплексам связан с все расширяющейся сферой их практического использования в науке, технике, медицине и военном деле. В последнее десятилетие особое место занимает использование лазеров в информационных системах для хранения и передачи информации. Разнообразные сферы применения лазеров определили необходимость создания как миниатюрных полупроводниковых лазеров и лазерных чипов размером от нескольких микрон до нескольких миллиметров, так и мощных лазерных комплексов, занимающих помещения площадью в сотни квадратных метров. Лазерные комплексы, используемые, например, в целях термоядерного синтеза, позволяют получать энергию отдельного наносекундного импульса в сотни килоджоулей. При фокусировке такого импульса на мишень достигается напряженность поля световой волны, на несколько порядков превышающая напряженность внутриатомного поля. Такие высокоинтенсивные поля обеспечивают проявление принципиально новых нелинейных процессов взаимодействия света с веществом, расширяя наши представления об окружающем мире.

Практически любая область профессиональной деятельности специалиста физического профиля так или иначе связана с применением лазеров. В этой связи актуальным становится вопрос не только понимания общих принципов работы лазеров, но и возможности целенаправленного использования их уникальных свойств для решения научных и производственных задач.

Цель курса — дать студентам теоретические основы физики лазеров, ознакомить их с наиболее распространенными лазерными средами и системами, а также дать представление о применениях лазерной техники в научных исследованиях и технологии.

Предлагаемая программа в полной мере решает поставленные задачи. В процессе изучения курса углубляются и развиваются представления, основы которых получены из разделов курса общей физики («Оптика», «Атомная физика») и спецкурсов по атомной и молекулярной спектроскопии, люминесценции. На примерах конкретных лазерных сред закрепляются квантово-механические представления, полученные в курсе квантовой механики. Сведения, приобретенные в ходе изучения курса, важны для более глубокого и качественного усвоения ряда дисциплин специализации (нелинейная оптика, когерентная оптика и голография, оптическая обработка информации).

Спецкурс "Физика лазеров" рассчитан на студентов четвертого курса и предполагает знакомство с физикой процессов в лазерных средах, оптическими резонаторами и принципами получения коротких и сверхкоротких лазерных импульсов, перестройки частоты лазерного излучения. В рамках курса изучаются наиболее распространенные лазерные системы и актуальные вопросы применения лазеров. Программа курса рассчитана на 34 часа лекций, 8 часов контролируемой самостоятельной работы студентов и 64 часа лабораторных занятий. Форма отчетности – экзамен (теоретический курс), зачет (лабораторный практикум).

II. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

а) Программа лекционного курса

Введение. История создания лазеров. Принцип работы лазера. Основные свойства и характеристики лазерного излучения: монохроматичность, когерентность, направленность, яркость.

Активная среда лазера. Понятие активной среды. Способы накачки активной среды (оптическая, электрическая, тепловая, химическая, рекомбинационная и др.).

Особенности оптической накачки. Взаимодействие монохроматического излучения с резонансной средой. Коэффициент усиления. Эффект насыщения. Трех- и четырехуровневые схемы оптической накачки. Усиление в растворах сложных органических соединений (красителей). Специфика усиления в средах с однородным и неоднородным уширением. Эффект насыщения усиления. Выжигание «спектрального провала».

Оптический резонатор. Открытый резонатор. Типы резонаторов. Условие устойчивости резонатора. Потери в открытых резонаторах. Добротность резонатора. Продольные и поперечные моды резонатора. Селекция мод лазера.

Стационарный режим работы лазера. Условия перехода к лазерной генерации. Мощность генерации. Порог генерации. Оптимальная связь резонатора при стационарной генерации. Спектр генерации.

Режим свободной генерации. Кинетические уравнения для лазерной генерации. Работа лазера в режиме свободной генерации. Пичковая структура излучения.

Режим модуляции добротности. Модуляция добротности оптического резонатора. Математическое описание режима генерации. Методы активной и пассивной модуляции добротности оптического резонатора. Оптические затворы.

Режим синхронизации мод. Методы активной и пассивной синхронизации мод.

Перестраиваемые лазеры. Способы перестройки частоты излучения. Перестраиваемые лазеры с использованием дифракционной решетки, призмы, интерферометра Фабри – Перо. Лазеры на красителях и F-центрах. Лазеры с распределенной обратной связью.

Основные типы лазеров. Классификация лазеров по виду активной среды (рубиновый, неодимовый, гелий-неоновый и др.) и способу накачки (газодинамические, эксимерные, химические, полупроводниковые, на свободных электронах).

Применения лазеров. Использование лазерного излучения в науке, технике, производстве, военном деле, информационных системах и медицине.

б) Рекомендуемые темы для самостоятельной работы

1. Теория гауссовых пучков и распределение поля в конфокальном резонаторе. Особенности фокусировки лазерного излучения. Продольный и поперечный размеры фокальной области.
2. Оптимизация условий генерации. Максимальная выходная мощность лазера при стационарной генерации. Потери в устойчивых и неустойчивых резонаторах. Время жизни фотона в резонаторе.
3. Мощность, энергия и длительность импульса генерации лазера при активной модуляции добротности.
4. Динамические процессы в лазерах. Пространственно-временная структура лазерной генерации. Новые применения лазеров.

в) Рекомендуемые темы реферативных работ

1. Рубиновые лазеры.
2. Неодимовые лазеры.
3. Гелий-неоновые лазеры.
4. Лазеры на иттрий-алюминиевом гранате.
5. Аргоновые лазеры.
6. Лазеры на углекислом газе.
7. Лазеры на красителях.
8. Лазеры на F-центрах.
9. Полупроводниковые лазеры.
10. Газодинамические лазеры.
11. Химические и эксимерные лазеры.
12. Лазеры на свободных электронах.
13. Лазеры с распределенной обратной связью.
14. Использование лазерного излучения в науке и информационных системах.
15. Использование лазерного излучения в технике, производстве и военном деле.
16. Использование лазерного излучения в медицине.

г) Рекомендуемые темы контрольных работ

1. Насыщение коэффициента усиления в однородно и неоднородно уширенной активной среде.
2. Спектр генерации и когерентные свойства излучения конкретных лазерных систем.
3. Гауссовы пучки и расчет расходимости нулевой моды лазерного излучения.

4. Оптимальная связь резонатора и расчет оптимального коэффициента отражения зеркал резонатора.
5. Длительность и пиковая мощность генерации лазера, работающего в режиме активной модуляции добротности.
6. Длительность импульса генерации лазера, работающего в режиме синхронизации мод.
7. Спектральные и когерентные характеристики генерации лазера с дисперсионным резонатором при использовании призмы, дифракционной решетки, интерферометра Фабри – Перо.

д) Рекомендуемые темы лабораторных занятий

1. Модовая структура излучения *He-Ne* лазера;
2. Лазер на алюмоиттриевом гранате с неодимом. Режим свободной генерации;
3. Режим активной модуляции добротности лазерного резонатора;
4. Режим пассивной модуляции добротности;
5. Режим синхронизации мод;
6. Перестраиваемые лазеры;
7. Рубиновый лазер;
8. Полупроводниковые лазеры и светоизлучающие диоды.

III. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

а) Основная

1. Н.В. Карлов. Лекции по квантовой электронике. М., Наука. 1983, 1988.
2. А.Ярив. Квантовая электроника. М., Мир. 1980.
3. Ф.Качмарек. Введение в физику лазеров. М., Мир. 1981.
4. А.Ярив. Введение в оптическую электронику. М., Мир. 1983.
5. О. Звелто. Принципы лазеров. М., Мир. 1984, 1990.
6. А.Л.Толстик, И.Н.Агишев, Е.А.Мельникова. Лазерная физика. Лабораторный практикум. Мн.: БГУ, 2006.

б) Дополнительная

1. Б.И.Степанов. Методы расчета оптических квантовых генераторов: Т. 1–2, Мн., Наука и техника. 1966, 1968.
2. В.А.Пилипович, А.А.Ковалев. Оптические квантовые генераторы с просветляющимися фильтрами. Мн., Наука и техника. 1975.
3. Сверхкороткие световые импульсы. Под ред. С.Шапино. М., Мир. 1981.
4. Л.В. Тарасов. Лазеры и их применение. М. Радио и связь. 1983.
5. Г.М.Зверев, Ю.Д.Голяев, Е.А.Шалаев, А.А.Шокин. Лазеры на алюмоиттриевом гранате с неодимом. М., Радио и связь. 1985.
6. Й.Херман, Б.Вильгельми. Лазеры сверхкоротких световых импульсов. М., Мир. 1986.
7. Б.Ф.Федоров. Лазеры. Основы устройства и применение. М., ДОСААФ. 1988.
8. А.А.Мак, Л.Н.Сомс, В.А.Фромзель, В.Е.Яшин. Лазеры на неодимовом стекле. М., Наука. 1990.
9. С.М.Копылов, Б.Г.Лысой, С.Л.Серегин, О.Б.Чередниченко. Перестраиваемые лазеры на красителях и их применение. М., Радио и связь. 1991.
10. Г.М. Зверев, Ю.Д. Голяев. Лазеры на кристаллах и их применение. М., 1994.