

# БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор БГУ по учебной работе

\_\_\_\_\_ А.Л.Толстик

(подпись)

\_\_\_\_\_ 27.09.2012г.

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 8268 /баз.

## **ТЕХНИКА ЛАЗЕРОВ**

**Учебная программа для специальности**

**1-31 04 01 Физика (по направлениям)**

**(1-31 04 01-01 научно-исследовательская деятельность)**

**(1-31 04 01-03 научно-педагогическая деятельность)**

**(1-31 04 01-04 управленческая деятельность)**

2012 г.

## **СОСТАВИТЕЛЬ:**

**А.П. Зажогин** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры лазерной физики и спектроскопии физического факультета Белорусского государственного университета

### *Рецензенты:*

**М.Б. Шундалов** — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физической оптики физического факультета Белорусского государственного университета;

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

### 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.П. Зажогин

Ответственный за выпуск: А.П. Зажогин

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

С создания первого лазера началось бурное развитие лазерной техники. Лазеры стали широко применяться в самых различных областях науки и техники. В мире существует огромное множество лазеров, работающих на разных активных средах, использующих различные способы накачки (инвертирования) этих сред, отличающихся размерами, данными выходной мощности или энергии и характеристиками самого излучения. В настоящее время основными лазерами, которые хорошо разработаны и нашли широкое применение, являются следующие типы лазеров: 1) твердотельные (на кристаллах и стеклах); 2) газовые; 3) лазеры на красителях; 4) химические; 5) полупроводниковые; 6) лазеры на центрах окраски; 7) лазеры на свободных электронах; 8) рентгеновские. В настоящем курсе лекций рассмотрены только три основных типа лазеров, физические принципы работы которых характерны для большого класса лазеров и которые нашли самое широкое применение в лазерной технологии. Это твердотельные, газовые и полупроводниковые лазеры.

Целью предлагаемого курса лекций является расширение и углубление знаний об общей природе оптических явлений, ознакомление студентов с современным состоянием и перспективами развития лазерной техники, изучение основ физики и техники лазеров, особенностей распространения и преобразования лазерного излучения оптическими элементами и системами, принципов действия и технических характеристик лазеров различных типов, освоение терминологии, применяемой в лазерной физике и технике, получение навыков практической работы с лазерами и исследований процессов в лазерах и характеристик их излучения, юстировки лазеров и техники безопасности при работе с лазерами.

Перечень вопросов, включенных в программу дисциплины, превосходит реальные возможности их изучения в объеме часов, установленном примерным учебным планом, и составлен с целью возможного их выбора и установления глубины их изучения при составлении рабочей программы для определенной специальности.

Часть разделов дисциплины может предлагаться студентам для самостоятельного изучения, выполнения контрольных работ и рефератов.

Предлагаемый курс ориентирован на физиков-управленцев, которые готовятся по специализации лазерная физика и спектроскопия. При этом учитывается то обстоятельство, что студенты имеют определенный уровень знаний в области лазерной физики и классической спектроскопии, оптоэлектроники.

Программа курса составлена в соответствии с требованиями образовательных стандартов.

Общее количество часов — 40; аудиторное количество часов — 26, из них: лекции — 18, контролируемая самостоятельная работа (КСР) студентов — 8. Форма отчетности — зачет.

Закрепление полученных знаний студентами осуществляется при прохождении ими лабораторного практикума по физике лазеров.

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов					Самост. работ
		Аудиторные					
		Лекции	Практич., семинар.	Лаб. занят.	КСР		
1	Введение. Устройство и основные элементы твердотельных лазеров. Активные элементы.	1	0	0	1	1	
2	Резонаторы.	1	0	0	0	1	
3	Системы оптической накачки.	1	0	0	1	1	
4	Источники питания импульсных ламп накачки.	1	0	0	1	1	
5	Отражатели. Системы термостабилизации активного вещества лазеров.	1	0	0	0	1	
6	Газовые лазеры малой и средней мощности. Атомарные газовые лазеры.	1	0	0	0	1	
7	Молекулярные газовые лазеры.	1	0	0	0	1	
8	Ионные газовые лазеры.	1	0	0	0	1	
9	Источники питания непрерывных газовых лазеров.	1	0	0	1	1	
10	Лазеры на самоограниченных переходах.	1	0	0	0	1	
11	Управление параметрами излучения лазера.	1	0	0	1	1	
12	Селекция мод.	1	0	0	1	1	
13	Методы юстировки лазеров. Измерения параметров лазеров.	2	0	0	0	1	
14	Техника безопасности при работе с лазерами.	1	0	0	0	0	
15	Генерация мощных и сверхмощных импульсов.	1	0	0	0	0	
16	Применение лазеров	1	0	0	1	0	
17	Полупроводниковые лазеры. Инжекционные лазеры. Гомолазеры. Гетеролазеры	1			1	1	
		18	0	0	8	14	

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

**Введение. Устройство и основные элементы твердотельных лазеров. Активные элементы** (состав, методы выращивания, условные обозначения, спектральные, оптические и генерационные характеристики).

**Резонаторы.** Конструкция резонатора. Типы резонаторов. Зеркала. Изготовление отражающих покрытий. Требования к юстировке резонаторов различных типов.

**Системы оптической накачки.** Конструкция газоразрядных ламп для оптической накачки активных элементов. Электрические и световые параметры газоразрядных ламп для оптической накачки. Светодиодная накачка.

**Источники питания импульсных ламп накачки.** Блок- схема источников питания. Накопители. Системы зарядки накопителей. Разрядный контур. Управление параметрами зарядки.

**Отражатели.** Конструкции отражателей. Изготовление отражателей и отражательных покрытий (зеркальных, диффузных). Методы повышения КПД отражателей.

**Системы термостабилизации активного вещества лазеров.** Способы термостабилизации. Замкнутые жидкостные и газовые системы охлаждения. Характеристики и требования к жидкостным и газовым хладагентам. Конструкции контактных систем охлаждения твердотельных активных элементов.

**Газовые лазеры малой и средней мощности. Атомарные газовые лазеры.** Конструкции излучателей. Общее давление смеси газов гелия и неона, и их оптимальное соотношение. Обоснование оптимального произведения общего давления газовой среды на диаметр капилляра. Коэффициенты усиления и требования к коэффициентам отражения зеркал для различных линий генераций.

**Молекулярные газовые лазеры.** Конструкции излучателей. Требования к материалам для изготовления газоразрядной трубки и окошек лазера ИК диапазона на  $\text{CO}_2$ . Общее давление смеси газов гелия, азота и углекислого газа, и их оптимальное соотношение. Обоснование оптимального произведения общего давления газовой среды на диаметр капилляра.

**Ионные газовые лазеры.** Конструкции излучателей. Требования к материалам для изготовления газоразрядной трубки и окошек аргонового лазера. Эффект увеличения давления газа у катода при работе лазера и его устранение. Влияние величины магнитного поля на генерационные характеристики. Влияние давления на эффективность генерации. Влияние диаметра капилляра на эффективность работы лазера. Методы селекции излучения.

**Источники питания непрерывных газовых лазеров.** Характеристики тлеющего и дугового разряда. Обоснование выбора типа источника питания для лазеров, использующих тлеющий разряд для возбуждения газовой среды (атомарные, молекулярные) и дуговой (ионные). Электрические схемы питания тлеющего разряда. Управляемые выпрямители как источники питания дугового разряда.

**Лазеры на самоограниченных переходах.** Требования к активным средам. Лазер на молекулярном азоте. Конструкции лазерных головок с продольной, поперечной накачкой. Повышение мощности генерации за счет повышения давления газа и явления контракции разряда. Методы устранения возможности контракции разряда. Источники получения высоковольтных наносекундных электрических импульсов для возбуждения генерации.

**Управление параметрами излучения лазера.** Принципы работы лазеров с модулированной добротностью. Механические модуляторы (дисковые, призмные) и их характеристики. Электрооптические модуляторы на эффекте Поггеля и их характеристики. Фототропные затворы.

**Селекция мод.** Принципы селекции мод (внутрирезонаторные и внерезонаторные селекторы и требования к ним). Селекция поперечных мод (внутрирезонаторная - расстройкой резонатора, введением диафрагмы, призмы полного внутреннего отражения, внерезонаторная - введением диафрагмы). Селекция продольных мод (внутрирезонаторная и внерезонаторная).

**Методы юстировки лазеров.** Требования к юстировке различных типов лазеров (твердотельные- рубин, гранат, стекло, газовые). Автоколлимационный метод юстировки (устройство АКТ-200, предел юстировки). Юстировка методом оптического рычага с помощью вспомогательного лазера. Интерференционный метод юстировки.

**Измерения параметров лазеров.** Методы измерения энергии и мощности лазеров. Измерители мощности. Измерение расходимости лазерного излучения (понятие о ближней и дальней зонах). Временные измерения.

**Техника безопасности при работе с лазерами.** Физиологические эффекты. Санитарные нормы и стандарты безопасной работы с лазерами и лазерным излучением. Основные требования и ограничения к защитным устройствам при работе с лазерным излучением. Дозиметрия лазерного излучения.

**Генерация мощных и сверхмощных импульсов.** Методы построения оптических схем мощных и сверхмощных лазерных установок. Усилители лазерного излучения. Элементы развязки (затворы на эффектах Покельса и Фарадея). Методы деления лучи задающего лазера на  $n$ -ое количество каналов усиления. Твердотельные лазеры. Лучевая прочность твердотельных сред. Газовые лазеры (лазеры на  $\text{CO}_2$  и J).

**Практическое применение лазеров.** Селективная фотохимия. Разделение изотопов. Использование в промышленности (резка, сварка, пробивка отверстий, закалка и т.д.). Применение в экологических исследованиях.

**Полупроводниковые лазеры.** Инжекционные лазеры. Гомолазеры. Гетеролазеры.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### *Формы контроля знаний*

1. Реферативные работы

### *Темы реферативных работ*

1. Расчет просветляющих многослойных диэлектрических покрытий.
2. Расчет зеркальных многослойных диэлектрических покрытий.
3. Физические основы лазерной технологии обработки материалов.
4. Физические основы работы фототропных затворов на твердом теле.
5. Применение лазеров в экологических исследованиях:

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *а) Основная*

1. Ю.В.Байборodin. Введение в лазерную технику. -Киев.: Техника. 1977
2. С.Г.Рябов, Г.Н.Торопкин, И.Ф.Усольцев. Приборы квантовой электроники. - М.: Радио и связь. 1985
3. И.И.Пахомов, О.В.Рожков, В.Н.Рождествин. Оптики-электронные квантовые приборы. - М.: Радио и связь.1982
4. Дж. Реди. Промышленные применения лазеров. - М.: Мир.1981
5. О.Звелто. Принципы лазеров. - М.: Мир. 1984

### *б) Дополнительная*

1. Ф. Качмарек. Введение в физику лазеров. - М.: Мир. 1981.
2. В.И.Донин. Мощные ионные лазеры. - Новосибирск.: Наука
3. В.Виттеман. СО<sub>2</sub>-лазер. - М.:Мир. 1991
4. Н.И.Коротеев, И.Л.Шумай. Физика мощного лазерного излучения.- М.:Наука. 1990
5. Технологические лазеры. В 2 томах. - М.:Машиностроение. 1991