

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



А.Л. Толстик

(подпись)

15 июля 2015 г.

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 758 /уч.

ТЕХНИКА ЛАЗЕРОВ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям)
направления специальности 1-31 04 01-01
Физика (научно-исследовательская деятельность)**

Минск 2015 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 01-2013; учебных планов №G31-163/уч. и №G31и-174/уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

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

К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета
Белорусского государственного университета
(протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.);

Советом физического факультета
(протокол № 10 от 18 июня 2015 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа курса "Полупроводниковые лазеры" разработана для специализации 1-31 04 01-01 05 Лазерная физика и спектроскопия.

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-исследователей, 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.

Материал курса основан на знаниях и представлениях, заложенных в следующих дисциплинах: «Оптические спектры атомов»,

«Оптоэлектроника», «Экспериментальная спектроскопия», «Физика лазеров».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные положения физики и техники лазеров;
- основные принципы действия и технических характеристик лазеров различных типов;

уметь:

- работать с лазерами, исследовать процессы в лазерах и характеристики их излучения,

владеть:

- методами юстировки лазеров и основами техники безопасности при работе с лазерами;.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины — 58, из них количество аудиторных часов — 28. Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и КСР. На проведение лекционных занятий отводится 24 часов, на КСР — 4 часа.

Форма получения высшего образования — очная, дневная.

Занятия проводятся на 4-м курсе в 8-м семестре.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — экзамен (совместно с дисциплинами «Полупроводниковые лазеры» и «Оптика СКИ»).

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. **Устройство и основные элементы твердотельных лазеров.**
2. **Активные элементы** (состав, методы выращивания, условные обозначения, спектральные, оптические и генерационные характеристики).
3. **Резонаторы.** Конструкция резонатора. Типы резонаторов. Зеркала. Требования к качеству изготовления подложек зеркал. Изготовление отражающих покрытий (коэффициенты отражения металлических отражающих слоев, элементы однолучевой и многолучевой интерференции, изготовление просветляющих и отражающих многослойных интерференционных зеркал). Требования к юстировке резонаторов различных типов.
4. **Системы оптической накачки.** Конструкция газоразрядных ламп для оптической накачки активных элементов. Обозначения. Характеристики газов для заполнения ламп. Влияние вида и давления газа на оптический выход. Спектральное распределение оптического излучения и зависимость его от вводимой энергии. Электрические и световые параметры газоразрядных ламп для оптической накачки. Светодиодная накачка.
5. **Источники питания импульсных ламп накачки.** Блок- схема источников питания. Накопители. Системы зарядки накопителей. Разрядный контур. Управление параметрами зарядки. Требования к поджигу ламп. Системы поджига (параллельный, последовательный, дежурная дуга).
6. **Отражатели.** Системы термостабилизации активного вещества лазеров. Конструкции отражателей (цилиндрического, эллиптического, полиэллиптических, по принципу плотной упаковки). Изготовление отражателей и отражательных покрытий (зеркальных, диффузных). Методы повышения КПД отражателей.
7. **Способы термостабилизации.** Замкнутые жидкостные и газовые системы охлаждения. Характеристики и требования к жидкостным и газовым хладагентам. Конструкции контактных систем охлаждения твердотельных активных элементов.
8. **Газовые лазеры малой и средней мощности. Атомарные газовые лазеры.** Конструкции излучателей. Требования к материалам для изготовления газоразрядной трубки и окошек гелий-неонового лазера. Общее давление смеси газов гелия и неона, и их оптимальное соотношение. Влияние диаметра капилляра на эффективность работы лазера. Обоснование оптимального произведения общего давления газовой среды на диаметр капилляра. Методы селекции излучения. Коэффициенты усиления и требования к коэффициентам отражения зеркал для различных линий генераций.
9. **Молекулярные газовые лазеры.** Конструкции излучателей. Требования к материалам для изготовления газоразрядной трубки и окошек лазера ИК диапазона на CO_2 . Общее давление смеси газов гелия, азота и углекислого газа, и их оптимальное соотношение. Влияние диаметра

капилляра на эффективность работы лазера. Обоснование оптимального произведения общего давления газовой среды на диаметр капилляра. Методы селекции излучения. Коэффициенты усиления и требования к коэффициентам отражения зеркал для различных линий генераций.

10. 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. Обоснование оптимального произведения общего давления газовой среды на диаметр капилляра. Методы селекции излучения. Коэффициенты усиления и требования к коэффициентам отражения зеркал для различных линий генераций.

11. 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 (стабилизация с помощью балластного резистора, параметрические стабилизаторы тока, умножители напряжения). Управляемые выпрямители как источники питания дугового разряда.

12. 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. Требования к конденсаторам. Методы повышения частоты повторения импульсов генерации

13. Управление параметрами излучения лазера. Селекция мод. Внутррезонаторное управление параметрами излучения лазера. Принципы работы лазеров с модулированной добротностью. Механические модуляторы (дисковые, призмные) и их характеристики. Электрооптические модуляторы на эффекте Поккельса и их характеристики. Фототропные затворы на растворах красителей. Требования к красителям.

14. Селекция мод. Принципы селекции мод (внутррезонаторные и внerezонаторные селекторы и требования к ним). Селекция поперечных мод (внутррезонаторная- растройкой резонатора, введением диафрагмы, призмы полного внутреннего отражения, внerezонаторная - введением диафрагмы). Селекция продольных мод (внутррезонаторная и внerezонаторная).

15. 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 CO_2 и J).

16. **Методы юстировки лазеров.** Измерения параметров лазеров. Техника безопасности при работе с лазерами. Методы юстировки лазеров. Требования к юстировке различных типов лазеров (твердотельные- рубин, гранат, стекло, газовые). Автоколимационный метод юстировки (устройство АКТ-200, предел юстировки). Юстировка методом оптического рычага с помощью вспомогательного гелий-неонового лазера. Интерференционный метод юстировки.

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

18. **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.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	КСР		
1	Введение. Устройство и основные элементы твердотельных лазеров. Активные элементы	2						
2	Резонаторы	2						
3	Системы оптической накачки	2						
4	Источники питания импульсных ламп накачки	2						Устный опрос
5	Отражатели. Системы термостабилизации активного вещества лазеров	2						
6	Газовые лазеры малой и средней мощности. Атомарные газовые лазеры. Молекулярные газовые лазеры	2				2		
7	Ионные газовые лазеры	2						
8	Источники питания непрерывных газовых лазеров	2						Устный опрос
9	Лазеры на самоограниченных переходах	2						
10	Управление параметрами излучения лазера. Селекция мод	2						
11	Генерация мощных и сверхмощных импульсов	2				2		Контрольная работа
12	Методы юстировки лазеров. Измерения параметров лазеров. Техника безопасности при работе с лазерами	2						
		24				4		Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

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. Оптико-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.

Перечень дополнительной литературы

1. Ф. Качмарек. Введение в физику лазеров. - М.: Мир. 1981.
2. В.И.Донин. Мощные ионные лазеры. - Новосибирск. Наука.
3. В.Витteman. СО2-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.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Контрольная работа;
2. Устные опросы.

Примерный перечень тем контрольных работ

1. Расчет просветляющих многослойных диэлектрических покрытий.
2. Расчет зеркальных многослойных диэлектрических покрытий.
3. Физические основы лазерной технологии обработки материалов.
4. Физические основы фототропных затворов на твердом теле.
5. Применение лазеров в экологических исследованиях.
6. Селективная фотохимия. Разделение изотопов.
7. Использование лазеров в промышленности (резка, сварка, пробивка отверстий, закалка и т.д.).
8. Применение лазеров в экологических исследованиях.
9. Электрооптические модуляторы на поперечном эффекте Поккельса и их характеристики.
10. Фототропные затворы.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать контрольные работы по разделам дисциплины, устные опросы. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Контрольная работа проводится в письменной форме и включает в себя 2 вопроса. На выполнение контрольной работы отводится 90 мин. По согласованию с преподавателем при подготовке ответа разрешается использовать справочные и учебные издания. Оценка каждой из контрольных работ проводится по десятибалльной шкале. Оценка текущей успеваемости рассчитывается по формуле:

$$\text{текущая} = 0,8 \cdot \left(\frac{\text{контр} + \text{устн}}{2} \right) + \text{ПБ} - \text{ШБ},$$

где *текущая* – это оценка текущей успеваемости, *контр* – оценка по десятибалльной шкале за контрольную работу, *устн* – оценка по десятибалльной шкале за устный ответ; *ПБ* – поощрительные баллы, начисляемые за выполнение дополнительных (необязательных) заданий, активность на занятиях (максимум 2 балла за семестр), *ШБ* – штрафные баллы, которые начисляются за пропуски занятий, систематическое опоздание, нарушение учебной дисциплины.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена (совместно с дисциплинами «Полупроводниковые лазеры» и «Оптика СКИ»), к экзамену допускаются студенты, чья оценка текущей успеваемости не ниже 4 баллов. Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Итоговая оценка рассчитывается по формуле:

$$\text{итог} = 0,3 \cdot \text{текущая} + 0,7 \cdot \text{экзамен}$$

где *итог* – итоговая оценка, *текущая* – оценка текущей успеваемости, *экзамен* – экзаменационная оценка, 0,3 и 0,7 – весовые коэффициенты текущей успеваемости и экзаменационной оценки соответственно.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Экспериментальная спектроскопия	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.)
Оптические спектры атомов	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.)
Физика лазеров	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.)
Оптоэлектроника	Кафедра лазерной физики и спектроскопии		Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____/____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой
лазерной физики и спектроскопии
д.ф.-м.н., профессор

_____ Е.С. Воропай

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.М. Анищик