

Задание для дистанционного обучения
по дисциплине:
« Основы физической и квантовой оптики»
Группа ТКС -18 (17-24 октября)

Лекция 6 часов

Тема: « *Физические основы усиления и генерации лазерного излучения*»

План

1. Основные особенности когерентной оптоэлектроники
2. Лазерное усиление
3. Населенность и инверсия населенности
4. Генерация излучения
5. Порог генерирования лазера

Тема: «*Конструкция, параметры и режимы работы лазеров*»

План

1. Конструкция лазеров
2. Основные параметры лазеров
3. Режим работы лазеров

Тема: «*Разновидности лазеров*»

План

1. Газовые лазеры
2. Твердотельные лазеры
3. Полупроводниковые лазеры
4. Сравнительные характеристики лазеров

Литература:

1. Принципы лазеров / Звелто Орацио ; пер.под науч. ред. Т. А. Шмаонова.-4 -е изд.- Санкт- Петербург: Лань, 2008. – 720 с.: ил.- (Учебные пособия для вузов. Специальная литература).
2. Оптоэлектроника / Э. Розеншер, Б. Винтер. – Москва : Техносфера, 2006. - 592 с. – ISBN 5-94836-031-8: 495-00 Количество экземпляров 5
3. Прикладная оптика: учеб. пособие/ под ред.Н.П. Закашова.- 3-е изд., стер.- Санкт-Петербург: Лань, 2009. - 320с.

По теме лекции предлагаю посмотреть видеоролики: <https://youtu.be/YhZaLwtfwIU>

<https://youtu.be/rwNqLwGhLG0>

<https://youtu.be/5KecmMBtzzk>

<https://youtu.be/dt3eiNfhiHk>

<https://youtu.be/8dkn6qAuOEo>

Лабораторное занятие 8 часов

Тема: Лабораторная работа №3 ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИИ СВЕТА В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ПУЧКЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1. Изучить теорию к лабораторной работе «ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИИ СВЕТА В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ПУЧКЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ» по пособию Лабораторные работы по основам физической и квантовой оптики Метод. указан. Чита: ЗабГУ, 2017, стр 22 -29

2. На сайте «Виртуальные лабораторные работы по физике» <http://mediadidaktika.ru/> открыть курс «Физический практикум по оптике» выполнить лабораторную работу «Определение длины волны с помощью дифракционной решетки». Оформить лабораторную работу в соответствии с требованиями: название работы, цель, оборудование, вывод рабочей формулы, таблицы результатов измерений, вычисления искомой величины и относительной и абсолютной погрешностей измерения, вывод.

Параметры для выполнения лабораторной работы брать из таблицы.

Описать изменения, которые произойдут в дифракционной картине, при изменении одного из параметров экспериментальной установки

ФИО	цвет	R, см	Изменение параметров экспериментальной установки
1. Казанцев Дмитрий	красный	61	Увеличить длину волны в 1,5 раза
2. Козыкин Сергей	оранжевый	60	Увеличить период решётки в два раза
3. Кибалин Евгений	желтый	62	Увеличить расстояние R в два раза
4. Комкин Дмитрий	зеленый	59	Уменьшить длину волны в 1,2 раза
5. Куринная Екатер	голубой	63	Заменить монохроматический свет на белый
6. Ненько Андрей	синий	58	Уменьшить расстояние R в два раза
7. Писаренко Алекс	фиолетовый	64	Заменить фиолетовый свет на зелёный
8. Рудаков Анатолий	красный	57	Заменить красный свет на фиолетовый
9. Соболев Сергей	оранжевый	65	Заменить оранжевый свет на красный
10. Харитонов Анат	желтый	56	Заменить монохроматический свет на белый
11. Шелопугин Серг	зеленый	66	Увеличить период решетки в 3 раза

Лабораторная работа №5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- Изучить теорию к лабораторной работе **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ** по пособию Лабораторные работы по основам физической и квантовой оптики Метод. указан. Чита: ЗабГУ, 2017, стр 38-44
- На сайте «Виртуальные лабораторные работы по физике» <http://mediadidaktika.ru/> открыть курс «Оптика» выполнить лабораторную работу «Изучение законов Малюса». Оформить лабораторную работу в соответствии с требованиями: название работы, цель, оборудование, вывод рабочей формулы, таблицы результатов измерений, вычисления искомой величины и относительной и абсолютной погрешностей измерения, вывод.
- Ответить письменно на вопросы теоретической части.

Практическое занятие 6 часов

Тема: Сравнительная характеристика лазеров

1. Написать достоинства и недостатки современных полупроводниковых, твердотельный и газовых лазеров

2. Заполнить таблицу:

Параметры лазеров

Тип	Размер, см	КПД	$\Phi_e, \text{мВт}$	$\lambda_{\text{max}}, \text{мкм}$	$\Delta\lambda / \lambda_{\text{max}}$	θ_p	$U_{\text{пит}}, \text{В}$
газовый							
твердотельный							
полупроводниковый							

Тема: « Физические основы усиления и генерации лазерного излучения »

Ответить письменно на вопросы и решить задачи

Фамилия	Вопросы	Задачи
Казанцев Дмитрий	1. Какие фундаментальные явления взаимодействия фотонов с веществом используются для генерации лазерного излучения? 2. Запишите выражение, определяющие вероятность спонтанного, вынужденного излучения и поглощения фотона. 3. Расшифруйте аббревиатуру LASER.	1. Лазер, работающий в импульсном режиме, потребляет мощность 1 кВт. Длительность одного импульса 5 мкс, а число импульсов в 1 с равно 200. Найдите мощность одного импульса, если на излучение идет 0.1% потребляемой мощности 2. Импульсы фотонов двух пучков света связаны равенством $p_1 = 2p_2$. Длина волны излучения первого пучка 400 нм. Чему равна длина волны излучения второго пучка?
Козыкин Сергей	1. Какое условие должно выполняться в активной среде для усиления света? 2. Что такое центры окраски? 3. Свойства лазерного излучения	1. Какую протяженность в пространстве занимает лазерный импульс длительностью 10^{-12} с? 2. Длина волны красного света в 2 раза больше длины волны фиолетового света. Во сколько раз импульс фотона красного света меньше импульса фотона фиолетового света?

Кибалин Евгений	<p>1. Для чего используется режим модуляции добротности?</p> <p>2. Опишите конструкцию резонатора Фабри-Перо.</p> <p>3. Какие типы лазеров способны вызвать высокую мощность в непрерывном режиме излучения?</p>	<p>1. Гелий-неоновый лазер работает в непрерывном режиме, развивая мощность 2 мВт. Излучение лазера имеет длину волны 632 нм. Сколько фотонов излучает лазер за одну секунду?</p> <p>2. В вакууме распространяются две монохроматические электромагнитные волны. Энергия фотона первой волны в 2 раза больше энергии фотона второй волны. Определите отношение λ_1/λ_2 длин этих электромагнитных волн</p>
Комкин Дмитрий	<p>1. Какие существуют схемы создания инверсии заселенности энергетических уровней?</p> <p>2. Какой способ накачки используется в газовых лазерах?</p> <p>3. Какие лазеры способны осуществлять генерацию в УФ-диапазоне?</p>	<p>1. Лазер излучает в импульсе 10^{19} световых квантов. Средняя мощность импульса лазера 1100 Вт при длительности вспышки $3 \cdot 10^{-3}$ с. Определите длину волны излучения лазера.</p> <p>2. Лазер, работающий в импульсном режиме, потребляет мощность 1 кВт. Длительность одного импульса 5 мкс, а число импульсов в 1 с равно 200. Найдите излучаемую энергию за один импульс, если на излучение идет 0.1% потребляемой мощности.</p>
Куринная Екатер	<p>1. Какие лазеры обладают наибольшей мощностью в импульсном режиме?</p> <p>2. Опишите принцип работы оптоволоконного лазера.</p> <p>3. Объясните, почему полупроводниковые лазеры обладают наибольшей эффективностью?</p>	<p>1. Жидкостный лазер, работающий в импульсном режиме, излучает 0.1 Дж лучистой энергии за один импульс, длящийся 1 мкс. Расходимость излучения (т.е. плоский угол осевого сечения конуса излучения) 2 мрад. Найдите плотность потока лучистой энергии ($\text{кВт}/\text{м}^2$) на расстоянии 6 м от лазера и сравните с плотностью потока излучения Солнца, падающего на Землю, равного (без учета поглощения атмосферой) $1.36 \text{ кВт}/\text{м}^2$.</p> <p>2. Свет, состоящий из фотонов с энергией $1,3 \cdot 10^{-19}$ Дж, имеет частоту</p>

<p>Ненько Андрей</p>	<p>1. Почему для стереолитографии необходимо использовать лазер с наименьшей длиной волны? 2. Назовите Нобелевских лауреатов в области физики лазеров. 3. На каких активных средах изготавливаются твердотельные лазеры?</p>	<p>1. Лазер дает импульс света, имеющий длину волны 600 нм и длительность 10^{-12} с. Сколько электромагнитных колебаний произойдет на протяжении импульса? 2. Чему равна энергия фотона в световой волне частотой $0,45 \cdot 10^{15}$ Гц?</p>
<p>Писаренко Алекс</p>	<p>1. В каких лазерах существует возможность перестройки частоты излучения? 2. Какова толщина скин-слоя для металлах? 3. Почему металлы обладают высокой отражательной способностью?</p>	<p>1. Максимальный уровень энергии при возбуждении атомов в рубиновом лазере происходит при поглощении световых волн длиной 560 нм, лазер при этом генерирует световые волны длиной 694 нм. Определите разность энергетических уровней атома между состояниями возбуждения и состояния излучения. 2. Чему равна энергия фотона частотой $\nu = 6 \cdot 10^{14}$ Гц?</p>
<p>Рудаков Анатолий</p>	<p>1. Как коэффициент отражения излучения поверхностью металлов зависит от длины волны лазера? 2. Основные принципы возникновения вынужденного излучения в конденсированных средах. 3. Каким образом форма линии излучения влияет на усиления света?</p>	<p>1. Рубиновый лазер излучает в одном импульсе $3,5 \cdot 10^{19}$ фотонов на длине волны 694 нм. Какова средняя мощность вспышки лазера, если ее длительность 1 мс? 2. В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6$ эВ) поглощает фотон и ионизируется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра со скоростью $v = 1000$ км/с. Какова энергия поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь</p>

Соболев Сергей	<p>1. Каковы особенности взаимодействия электромагнитного излучения с веществом?</p> <p>2. Какова роль резонатора при возникновении лазерного излучения?</p> <p>3. Какие типы резонаторов используется в оптическом диапазоне?</p>	<p>1. Пороговая чувствительность сетчатки человеческого глаза к видимому свету составляет $1,65 \cdot 10^{-18}$ Вт, при этом на сетчатку глаза каждую секунду попадает 5 фотонов. Определите, какой длине волны это соответствует.</p> <p>2. Электрон, имеющий импульс $p = 2 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с, сталкивается с покоящимся протоном, образуя атом водорода в состоянии с энергией E_n ($n = 2$). В процессе образования атома излучается фотон. Найдите частоту ν этого фотона, пренебрегая кинетической энергией атома. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -13,6n^2$ эВ, где $n = 1, 2, 3, \dots$.</p>
Харитонов Анатолий	<p>1. Методы синхронизации мод и модуляция добротности резонаторов лазеров.</p> <p>2. Типы лазеров по типу используемых активных сред.</p> <p>3. В чем особенности генерации лазерного излучения на твердотельных лазерах?</p>	<p>1. Зелёный свет ($\lambda = 550$ нм) переходит из воздуха в стекло с показателем преломления 1,5. Определите отношение энергии фотона в воздухе к его энергии в стекле.</p> <p>2. Какова энергия фотона, излучаемого атомом при переходе с четвёртого уровня на второй?</p>
Шелопугин Сергей	<p>1. Принципы селекции частот и перестройки частоты лазерного излучения.</p> <p>2. Условия генерации лазерного излучения в полупроводниковых структурах.</p> <p>3. Методы преобразования частот лазерного излучения.</p>	<p>1. Частота красного света примерно в 2 раза меньше частоты фиолетового света. Во сколько раз энергия фотона фиолетового света больше энергии фотона красного света?</p> <p>2. Источник в монохроматическом пучке параллельных лучей за время $\Delta t = 8 \cdot 10^{-4}$ с излучает $N = 5 \cdot 10^{14}$ фотонов. Лучи падают по нормали на площадку $S = 0,7$ см² и создают давление $P = 1,5 \cdot 10^{-5}$ Па. При этом 40% фотонов отражается, а 60% поглощается. Определите длину волны излучения.</p>

Тема: Модуляция лазерного излучения

Решить задачи:

1. Определить коэффициент эффективности модуляции электронного потока в сеточном зазоре резонатора, если расстояние между сетками резонатора равно 1,5 мм. Напряжение на резонаторе 900 В и рабочая частота 3 ГГц.
2. Определить поток электронов на входе сетчатый зазор резонатора, а так же минимальную и максимальную скорость электронов, после пролета этого зазора, если постоянное напряжение на зазоре резонатора 800 В, а коэффициент модуляции 0,8.

3. Определить время, необходимое сгустку электронов для возвращения в резонатор, если расстояние от середины резонатора до отражателя, на которое подано напряжение 90 В, 8 см. Рабочая частота 12 ГГц.

Ответить письменно на вопросы

Фамилия	Вопросы
1.Казанцев Дмитрий	1.Какие фундаментальные явления взаимодействия фотонов с веществом используются для генерации лазерного излучения? 2. Запишите выражение, определяющие вероятность спонтанного, вынужденного излучения и поглощения фотона.
2. Козыкин Сергей	1. Какое условие должно выполняться в активной среде для усиления света? 2. Расшифруйте аббревиатуру LASER.
3.Кибалин Евгений	1.Какие существуют схемы создания инверсии заселенности энергетических уровней? 2. Свойства лазерного излучения.
4. Комкин Дмитрий	1.Для чего используется режим модуляции добротности? 2. Опишите конструкцию резонатора Фабри-Перо
5. Куринная Екатер	1.Какие типы лазеров способны вызвать высокую мощность в непрерывном режиме излучения? 2. Что такое центры окраски?
6. Ненько Андрей	1.Какой способ накачки используется в газовых лазерах? 2. Какие лазеры способны осуществлять генерацию в УФ- диапазоне?
7. Писаренко Алекс	1. Какие лазеры обладают наибольшей мощностью в импульсном режиме? 2. Опишите принцип работы оптоволоконного лазера.
8. Рудаков Анатолий	1.Объясните, почему полупроводниковые лазеры обладают наибольшей эффективностью? 2. Почему для стереолитографии необходимо использовать лазер с наименьшей длиной волны?
9. Соболев Сергей	1.Какова роль резонатора при возникновении лазерного излучения?. 2. На каких активных средах изготавливаются твердотельные лазеры
10. Харитонов Анатат	1.В каких лазерах существует возможность перестройки частоты излучения? 2.Какова толщина скин- слоя для металлах?
11. Шелопугин Сергей	1.Почему металлы обладают высокой отражательной способностью? 2. Как коэффициент отражения излучения поверхностью металлов зависит от длины волны лазера?

Экзамен принимается, только при условии зачета всех лабораторных и практических заданий, а также контрольной работы.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Техника безопасности труда при работе с лазером. Воздействие лазерного излучения на органы зрения человека
2. Техничко-гигиеническая оценка лазерных изделий в России.
3. Гигиеническое нормирование лазерного излучения. ПДУ лазерного излучения.
4. Требования безопасности при эксплуатации лазерных изделий
5. Волны де-Бройля. Волновая функция и ее физический смысл.
6. Принцип неопределенностей
7. Уравнение Шрёдингера. Квантование энергии.
8. Собственное значение энергии и волновой функции бесконечно глубокой потенциальной яме.
9. Энергетические уровни атомов и молекул в газах и твердых телах
10. Квантовые переходы, спонтанные и индуцированные. Коэффициенты Эйнштейна.
11. Населенность энергетических уровней и принцип квантового усиления электромагнитных волн.
12. Инверсная населенность и порог генерирования излучения.
13. Типовая структурная схема оптического квантового генератора.
14. Классификация лазерных устройств по типу материала активного элемента и по длительности излучения.
15. Пространственно-временные характеристики лазерного излучения.
16. Энергетические параметры лазерного излучения.
17. Оптические резонаторы. Принцип ПОС
18. Газовые ОКГ. Гелий-неоновый лазер.
19. Твердотельные лазеры. Механизм создания инверсии в твердой среде
20. Полупроводниковые лазеры. Инжекционный лазер.
21. Физические основы модуляции лазерного излучения.
22. Теория Бора, опыты Франка и Герца. Спектральные серии атома водорода.
23. Атом водорода в квантовой механике.
24. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям.
25. Лазер как источник света в спектральном анализе.
26. Ширина и контур спектральных линий.
27. Молекулярные газовые ОКГ
28. Рубиновый лазер.
29. Методы измерения параметров и характеристик ОКГ.
30. Конструкция и основные параметры лазеров.
31. Лазерное усиление в полупроводниковых лазерах.
32. Инжекционные лазеры.
33. Лазеры с гетерагенной структурой.
34. Оптические модуляторы.
35. Тонкопленочные и полупроводниковые модуляторы.

36. Дефлекторы

37. Пространственно-временные модуляторы

Лекции, экзамен и обсуждение лабораторный и практических задач будут проходить в режиме ВКС, ссылки будут отправлены старосте группы.

*Доцент кафедры ФитС Кузьмина Т.В.
Выполненные работы, отправлять до 16.10.20. на эл. почту
kuzmina-tat@mail.ru*