

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 11.02.2021 20:23:14
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eab0f76e94307448511ca16b0039

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ



Первый проректор –
Проректор по учебной работе
Е.А. Кудряшов
« 9 » _____ 2010 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ДИФРАКЦИИ
И ИНТЕРФЕРЕНЦИИ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРА**

Методические указания по выполнению лабораторной работы
№ 73 по курсу «Физика» для студентов инженерно-технических
специальностей всех форм обучения

Курск 2010

УДК 621.373.826:535.4+535.4:621.373.826 (07)

Составители: Л.А. Желанова, А.А. Родионов

Рецензент

Кандидат физико-математических наук, доцент *Г.В. Карпова*

Исследование явления дифракции и интерференции с помощью лазера: методические указания по выполнению лабораторной работы №73 / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Л.А. Желанова, А.А. Родионов. Курск, 2010. 7 с.

Содержат сведения о физических основах работы лазера, принципах создания когерентного излучения и об изучении дифракции и интерференции с помощью лазера.

Предназначены для студентов инженерно-технических специальностей всех форм обучения

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 9.12.10. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л. 0,4. Уч.-изд.л. 0,4. Тираж 100 экз. Заказ.597 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: знакомство с конструкцией и принципом действия лазера, а также использование его для изучения интерференции и дифракции света.

Принадлежности: оптический лазер, щелевая диафрагма, непрозрачный экран.

Теоретическое введение

1. Физические основы работы гелий-неонового лазера.

Основной элемент лазера - разрядная трубка 1 (рис. 1) с накачиваемым катодом 2 и анодом 3. В трубке находится гелий и неон с парциальным давлением 130 и 13 Па соответственно. За счет разогрева катода при разности потенциалов между анодом и катодом 2-2,5 кВ через трубку идет ток 40 мА. При этом неон дает видимое излучение за счет возбуждения атомами гелия. Атомы гелия возбуждаются электронами, возникающими при газовом разряде в трубке.

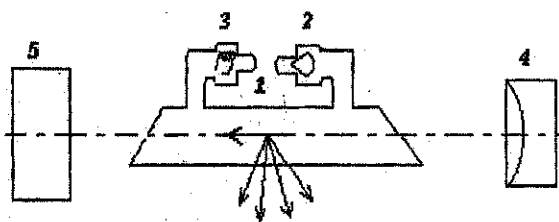


Рис. 1. Разрядная трубка

Схема энергетических уровней He и Ne представлены на рис.2. Обычно отдельные возбужденные атомы переходят самопроизвольно на более низкие энергетические уровни независимо друг от друга, поэтому свет, излученный всей группой атомов не когерентен. В лазере эти атомы совершают переход упорядоченно

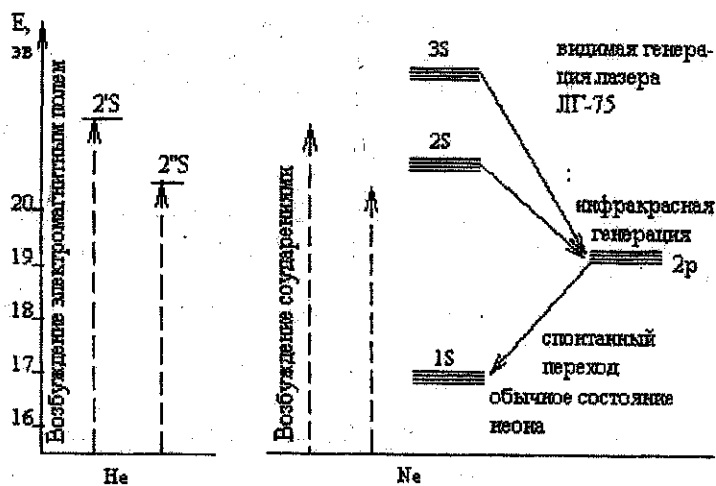


Рис. 2. Схема энергетических уровней He и Ne

по отношению друг к другу. Эта фазировка колебаний атомов обуславливается индуцированным испусканием и наличием резонатора. Когда переход возбужденного атома Ne на бо-

лее низкий уровень индуцируется ("наводится") квантом света, то этот атом Ne излучает фотон той же частоты и фазы, что индуцирующий фотон, испущенный каким-либо атомом Ne.

Это позволяет фазировать колебания атомов между собой, а с другой стороны, когерентно усиливать свет. Любой квант света, возникший в результате самопроизвольного перехода атома Ne с верхнего уровня на нижний, будет размножен индуцированным излучением той же частоты (и фазы) других возбужденных атомов Ne. Так образуется лавина фотонов, что дает мощное когерентное излучение высокой степени монохроматичности. Роль резонатора (как и звуковых волн в резонаторе Гельмгольца) сводится к выделению из всего возможного спектра только тех типов колебаний (мод), на которые он настроен.

Для успешной работы этого механизма усиления света нужно, чтобы число индуцированных (наведенных) переходов с испусканием фотонов было больше числа переходов с поглощением фотонов той же частоты, а для этого нужно, чтобы число атомов Ne с электронами на верхнем уровне было больше числа невозбужденных атомов. Такое состояние системы атомов называют состоянием инверсной заселенности (или отрицательной температуры) по этим двум уровням. В лазерах активная среда и представляет собой такую систему, эта среда играет роль усилителя в радиотехнических генераторах, самопроизвольное излучение - роль шума, а резонатор - роль системы обратной связи с фазирующей цепью (например, ламповый генератор незатухающих колебаний).

Резонатором является система плоских зеркал 4, 5 (рис.1) параллельных друг другу. Многократное прохождение излучения вдоль оси разрядной кварцевой трубки 1 приводит к формированию когерентного излучения при исключительной его направленности. Точность обработки плоскости зеркал $\approx 0,01$ мкм. Угол между зеркалами 4 и 5 не больше $0,5''$. Коэффициент отражения зеркал $\geq 99\%$. Разряд в трубке (возбуждение атомов Ne) осуществляется на частоте 27 МГц. Стабильность частоты излучения лазера не ниже 20 Гц за несколько секунд. Расходимость пучка около $20''$.

Инверсия заселенности создается за счет использования верхних уровней атомов неона 2S (рис.2). Перевод же атомов Ne в 2S состояние производится с возбужденного уровня Ne 2'S, очень

близкого к уровням неона $2S$, при соударении атомов He и Ne. В гелий-неоновом лазере используется переход $3S \rightarrow 2p$.

2. Схема установки и порядок работы с лазером.

Применяемый в данной работе газовый лазер состоит из трубки 1 на рейторах 2, перемещающихся по оптической скамье 3 и блока питания (рис. 3). На рейторе 4 крепится регулируемая щелевая диафрагма 5. На скамье устанавливается экран 6 с миллиметровой шкалой, дифракционная решетка и линза.

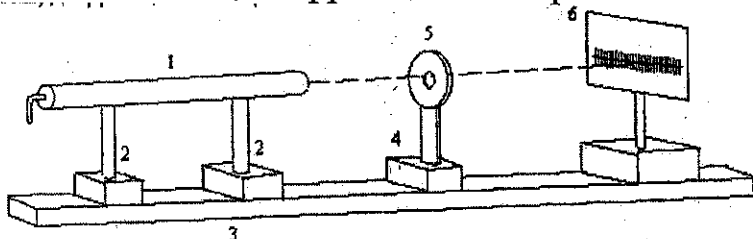


Рис. 3. Схема установки

Включение лазера

Включаем тумблер "сеть" на панели блока питания. После этого лазер включается.

НАДО ПОМНИТЬ!

1. Прямое попадание лазерного луча в глаз недопустимо (вызывает слепоту), поэтому надо пользоваться экранами с рассеивающей поверхностью и ни в коем случае зеркальной.
2. Включать лазер может только лаборант или преподаватель.
3. Всякое перемещение трубки включенного лазера недопустимо!

Задание 1. Наблюдение явления дифракции на щели.

Вместо дифракционной решетки ставим щелевую диафрагму, ширину которой берем такой, чтобы расстояние между левым и правым максимумами первого порядка было не более 40 мм. На основе соотношения условия наблюдения максимумов:

$$b \sin \varphi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \text{ зная } k \text{ и } \varphi_k = \arctg \frac{x_k}{2L},$$

находим ширину щели b для трех значений k . Определяем среднее значение b .

Задание 2. Изучение дифракции Френеля у прямолинейного края непрозрачного экрана.

В данном задании необходимо получить цилиндрическую волну, падающую на кромку препятствия. Получают ее так: щелевую диафрагму 5 (рис. 5) раздвигаем на 2 мм для получения прямоугольного пучка. Ставим объектив 6 3,7x0,11. Из его фокуса F распространяется цилиндрическая монохроматическая волна, попадающая на препятствие 7 на расстоянии 35 мм от него/

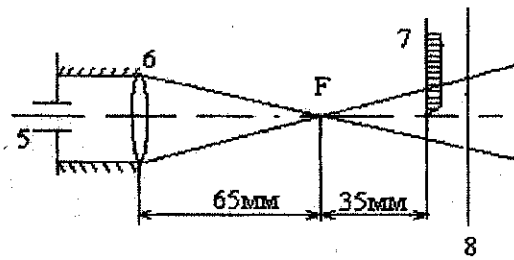


Рис. 5

Задание 3. Наблюдение полос равного наклона.

Длина цуга волны, излучаемой лазером, велика, поэтому можно наблюдать интерференцию при большой разности хода.

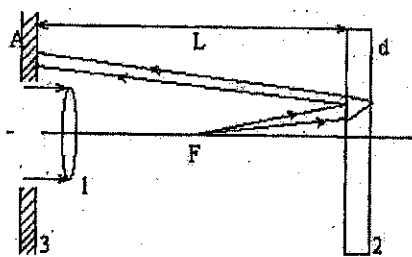


Рис. 6

Сферическая волна, выходящая из фокуса F (рис. 6) попадает на пластинку 2. Используется объектив 8x22.

Отражения от передней и задней поверхности пучка дают на экране 3 концентрические кольца (если линза 1 и пластинка 2 (рис.6) расположены перпендикулярно лазерному пучку). Центр картины должен

совпадать с осью объектива. Условие минимума для угла падения i запишется в виде $2 \cdot d \cdot n \cdot \cos(r) = k\lambda$, где d - толщина пластинки, $n = 1,511$ - показатель преломления стекла. Угол преломления r внутри пластины связан с углом падения на пластину $\sin i / \sin r = n$. При малых углах

$i / r \approx n$. Тогда $\cos(r) = 1$ и $2 \cdot d \cdot n = k\lambda$. То есть, измеряя d и k (номер темного кольца), можно вычислить λ ($k = 0$ для центрального кольца).

Если измерять радиусы темных колец R_k на экране 3 (рис. 6) и расстояние L , то $\text{tg}(i_k) = R_k / 2L$

Отсюда, зная n , находим R_k . Далее необходимо замерить все видимые диаметры светлых и темных колец и рассчитать углы r для них. Затем найти среднее значение λ излучения лазера.

Контрольные вопросы:

1. Физические основы работы гелий-неонового лазера.
2. Механизм возникновения индуцированного излучения.
3. Понятие об инверсной заселенности и отрицательных температурах.
4. Свойства лазерного излучения.
5. Лазеры непрерывного и импульсного действия. Твердотельные, жидкостные лазеры.
6. Условия возникновения дифракционных минимумов и максимумов на одиночной щели.
7. Дифракция Френеля от прямолинейного края непрозрачного экрана.
8. Схема наблюдения полос равного наклона с помощью лазера.

Библиографический список

1. Савельев И.В. Курс физики. М.: 2006. Т.3. С. 146-156.
2. Савельев И.В. Курс физики. М.: 2007. Т.2. С. 345-364, 378-402.
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: 2003. С. 419-430, 435-449, 570-576.