

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:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11cabbf73e9430f484851fa76dd089

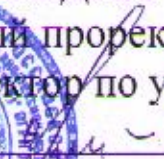
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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» 12 2010 г.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

Методические указания по выполнению лабораторной работы
№ 72 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)

Составитель Л.А. Желанова

Рецензент

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

Определение длины волны лазерного излучения с помощью дифракционной решётки: методические указания по выполнению лабораторной работы № 72 / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Л.А. Желанова. Курск, 2010. 7 с.

Содержат сведения о физических основах работы лазера, принципах создания когерентного излучения и об определении длины волны лазерного излучения с помощью дифракционной решетки

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. 0,3 . Тираж 100 экз. Заказ.595 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 определения длины волны лазерного излучения с помощью дифракционной решётки.

Принадлежности: оптический лазер, дифракционная решетка.

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.

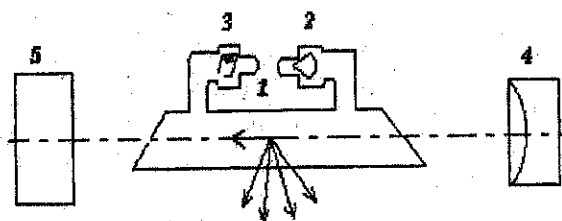


Рис. 1. Разрядная трубка

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 по отношению друг к другу. Эта фазировка колебаний атомов обу-

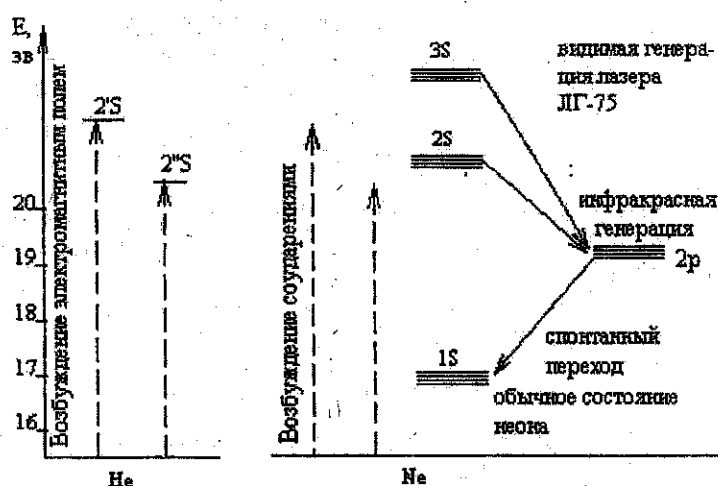


Рис. 2. Схема энергетических уровней He и Ne

славливается индуцированным испусканием и наличием резонатора. Когда переход возбужденного атома Ne на более низкий уровень индуцируется ("на-

водится") квантом света, то этот атом Ne излучает фотон той же частоты и фазы, что индуцирующий фотон, испущенный каким-либо атомом Ne.

Это позволяет сфазировать 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.

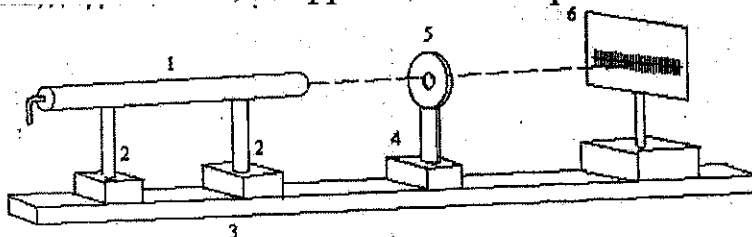


Рис. 3. Схема установки

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. Измерение длины волны излучения лазера с помощью дифракционной решетки.

Для этого устанавливаем щелевую диафрагму 5 (рис.3), полностью раскрываем винтом, либо убираем, и вместо неё ставим дифракционную решетку с постоянной d . Объектив снимаем со скамьи 3. Включаем лазер и устанавливаем экран перпендикулярно пучку и дифракционной решетке (добиваемся совпадения светового блика, отраженного от решетки, с центром лазерного пучка).

На экране наблюдается множество неперекрывающихся спектров разных порядков. В центре располагается спектр нулевого по-

рядка ($k = 0$). Под расстоянием между дифракционными спектрами понимают расстояние между серединами спектров (полосок). Длина волны определяется по формуле $d \cdot \sin \varphi = k\lambda$ ($k = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm k_{\max}$), где φ - угол дифракции (рис. 4).

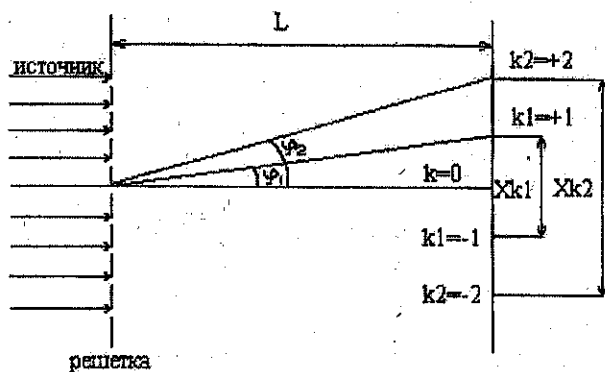


Рис. 4. К определению угла дифракции

Угол φ определяется из соотношения: $X_k / 2L = \operatorname{tg} \varphi_k$, где X_k - расстояние между левым и правым максимумом порядка k . Расстояние от дифракционной решетки до плоскости экрана

$$L = \ell \pm \Delta \ell_1 \pm \Delta \ell_2.$$

Основной отрезок ℓ - расстояние между рейтором 5 (рис.3) и экраном 6 отсчитывается по шкале скамьи. Отрезок $\Delta \ell_1$ - расстояние между дифракционной решеткой и отсчетной пластинкой с риской на корпусе рейтора 5. Расстояние $\Delta \ell_2$ измеряется между экраном и отсчетной пластинкой с риской на рейторе. Для $k > 0$ и $k < 0$ измеряется X_k . Для каждого X_k рассчитывают λ . Затем находят λ среднее из всех измерений.

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 дифракционной решетке.

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