

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №95

ЗНАКОМСТВО С РАБОТОЙ ГЕЛИЙ-НЕОНОВОГО ЛАЗЕРА И
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа №95

ЗНАКОМСТВО С РАБОТОЙ ГЕЛИЙ-НЕОНОВОГО ЛАЗЕРА И
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Цель работы – ознакомиться с принципом работы лазера; определить длину волны лазерного излучения; проверить поляризованность лазерного излучения.

Приборы и принадлежности: гелий-неоновый лазер, экран, дифракционная решётка, поляририд, фотоэлемент, микроамперметр, оптическая скамья, держатель экрана, держатель для блока фотоэлемента и дифракционной решётки.

Общие положения

Лазер (оптический квантовый генератор) – это источник когерентного электромагнитного излучения оптического диапазона, действие которого основано на использовании вынужденного излучения атомов и молекул.

Вынужденное (индуцированное) излучение – это излучение электромагнитных волн атомами или молекулами, находящимися в возбуждённом, т. е. неравновесном состоянии, под действием вынуждающего электромагнитного излучения. Вынужденное излучение по своим свойствам совершенно одинаково с тем излучением, которое вызывает его появление. Новый фотон, появившийся в результате того, что атом вещества переходит из возбуждённого состояния в основное под действием света, ничем не отличается от фотона, вызвавшего его появление. С точки зрения волновой оптики явление вынужденного излучения сводится к увеличению интенсивности электромагнитной волны, проходящей через вещество. При этом частота волны, направление ее распространения, фаза и поляризация волны остаются неизменными. Вынужденное излучение строго когерентно с вызвавшим его проходящим светом. Когерентность состоит в согласованном протекании во времени и пространстве волновых процессов.

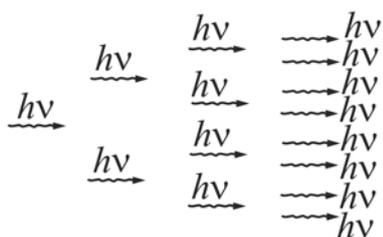


Рисунок 1

Новый фотон, появившийся в результате индуцированного излучения, усиливает свет, проходящий через среду. Два фотона, образовавшиеся в одном акте вынужденного излучения, при встрече с двумя атомами, находящимися в возбуждённом состоянии, переведут их с возбуждённого уровня на более низкий уровень, и в результате этого появится четыре одинаковых фотона и т.д. (рис. 1).

Но одновременно с индуцированным излучением происходит поглощение света. Среды называется усиливающей (активной средой), если процессы вынужденного излучения преобладают над процессами поглощения света. Усиливающая среда называется также средой с отрицательным поглощением света. В такой среде происходит быстрое возрастание интенсивности J проходящего света с увеличением толщины усиливающей среды за счёт лавинообразного нарастания числа фотонов (рис. 2).

Для получения среды с отрицательным поглощением света необходимо создать в среде необычное неравновесное (*инверсное*) состояние: число атомов на возбуждённом уровне должно быть больше, чем на нижнем уровне. Такое распределение атомов по уровням является «перевернутым» по сравнению с обычным. Обычно на верхних уровнях атомов меньше, чем на нижних.

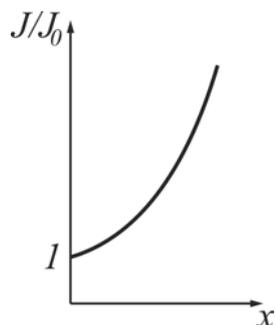


Рисунок 2

Процесс перевода среды в инверсное состояние называется *накачкой* усиливающей среды. Практически накачка осуществляется *по трехуровневой* схеме. В используемом лазере усиливающей средой служит плазма высокочастотного газового разряда, полученная в смеси гелия с неоном. На рис. 3 изображена упрощенная трехуровневая энергетическая диаграмма такого лазера.

Атомы гелия возбуждаются ударами электронов и переходят в возбуждённое состояние E_3 . При столкновениях возбуждённых атомов гелия с атомами неона последние также возбуждаются и переходят на один из возбуждённых уровней неона. Переход атомов неона с этого уровня на один из нижних уровней E_2 сопровождается лазерным излучением.

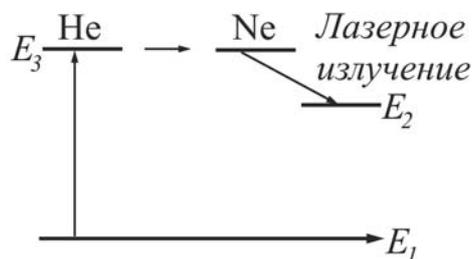


Рисунок 3

Эффект усиления света в лазерах увеличивается за счёт многократного прохождения усиливаемого света через один и тот же слой активной среды. Это достигается тем, что активную среду помещают между двумя зеркалами, установленными параллельно друг другу. Обычно газовые лазеры работают в непрерывном режиме.

Основными свойствами лазерного излучения являются: монохроматичность (постоянная частота излучения), высокая когерентность, поляризованность и острая направленность (малая расходимость) луча.

Методика эксперимента и описание экспериментальной установки

Длину волны лазерного излучения в данной лабораторной работе определяют, используя явление дифракции света. В случае нормального падения света на дифракционную решётку условие главных дифракционных максимумов выглядит так:

$$d \sin \varphi = m\lambda, \quad (1)$$

где d — постоянная дифракционной решётки, φ — угол дифракции; λ — длина световой волны, m — порядковый номер максимума ($m=0, 1, 2, 3\dots$).

Ввиду монохроматичности излучения, на экране, установленном за дифракционной решёткой, можно наблюдать несколько дифракционных максимумов.

Наиболее яркий центральный максимум соответствует нулевому порядку ($m=0$). Его образуют лучи, угол дифракции φ для которых равен нулю. Осталь-

ные максимумы расположены справа на расстояниях l'_1, l'_2, l'_3 от центрального и слева на расстояниях l''_1, l''_2, l''_3 от центрального (рис. 4). Угол дифракции можно определить, измерив расстояния L и l . Так как угол φ мал, то:

$$\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi = \frac{l}{L}. \quad (2)$$

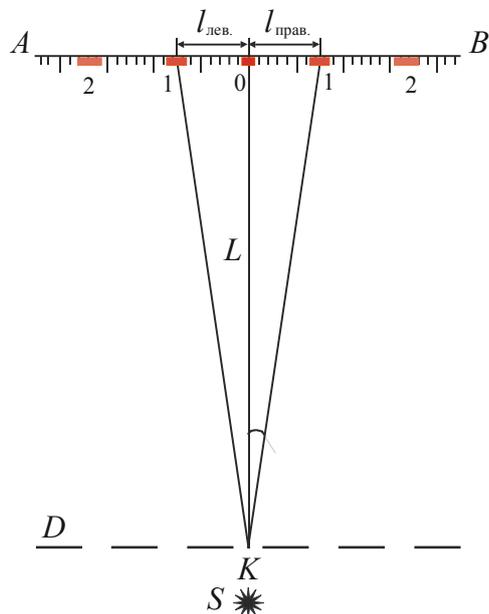


Рисунок 4

Сделав замену в (1), получим формулу для расчёта длины волны:

$$\lambda = \frac{ld}{mL}. \quad (3)$$

Излучение гелий-неонового лазера плоско поляризовано. После прохождения анализатора интенсивность поляризованного излучения изменяется по закону Малюса:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \quad (4)$$

где I_0 – интенсивность света вышедшего из лазера; I – интенсивность света, прошедшего анализатор; α – угол между главной осью анализатора и плоскостью

поляризации световой волны.

Сила тока, регистрируемая микроамперметром, прямо пропорциональна интенсивности света, падающего на фотозащитный элемент, который расположен за анализатором. Поэтому график зависимости силы тока от угла поворота анализатора воспроизводит зависимости интенсивности от угла поворота, только в другом масштабе.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Запишите формулу, о которой Вы будете рассчитывать длину волны, поясните смысл обозначений.
4. Какой график необходимо построить по результатам эксперимента?

Выполнение работы

Задание 1. Определение длины волны лазерного излучения

1. Включить лазер в сеть.
2. Записать значение постоянной решётки d , указанное на решётке. Значение дано в миллиметрах.

3. Установить дифракционную решётку в держатель, который находится между лазером и экраном. Решётка должна быть расположена перпендикулярно лазерному лучу.
4. Измерить расстояние L между экраном и решёткой.
5. Измерить расстояния l' и l'' для каждого максимума.
6. Изменить расстояние L , передвинув держатель с решёткой. Повторить измерения согласно пп. 4, 5.

Задание 2. Проверка поляризованности лазерного излучения

1. Вынуть дифракционную решётку из держателя.
2. Расположить блок фотоэлемента так, чтобы луч лазера попал в центр анализатора (слюдяной пластинки). Установить стрелку угла поворота анализатора на нуль.
3. Выключить лазер.
4. Включить микроамперметр в сеть. Установить съёмную шкалу. Нажать кнопку « $\times 10$ » и юстировочным винтом установить световой индикатор на нуль.
5. Включить лазер.
6. Вращая анализатор вокруг оси, снять показания фототока через каждые 10° для всех углов от 0 до 360° .

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Определить среднее значение l для каждого максимума по формуле:

$$l = \frac{l' + l''}{2}.$$

2. Рассчитать длину волны λ лазерного излучения для каждого максимума по формуле (3).
3. Найти среднее значение длины волны $\lambda_{\text{ср}}$.
4. Рассчитать абсолютную погрешность как для прямых измерений.
5. Найти относительную погрешность измерений. Результат записать в виде:

$$\lambda = \lambda_{\text{ср}} \pm \Delta\lambda.$$

6. Построить график зависимости силы тока от угла поворота анализатора $i = f(\alpha)$.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое излучение называется вынужденным? Каковы его свойства?
2. Какое состояние называется инверсным? Как его получают?
3. Перечислите основные свойства лазерного излучения. Какие из них изучались в данной работе?
4. Сформулируйте закон Малюса. Запишите формулу.
5. Какой вывод можно сделать из полученного графика $i = f(\alpha)$?

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе №95

Выполнил(а) _____

Группа _____

Задание 1

Постоянная дифракционной решётки: $d =$ _____

№ п/п	m	L , см	l' , мм	l'' , мм	l , мм	λ , нм

Задание 2

α°	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
i , дел										

α°	100	110	120	130	140	150	160	170	180
i , дел									

α°	190	200	210	220	230	240	250	260	270
i , дел									

α°	280	290	300	310	320	330	340	350	360
i , дел									

Дата _____

Подпись преподавателя _____