

535.4

НЕСКОЛЬКО ДЕМОНСТРАЦИЙ ПО ВОЛНОВОЙ ОПТИКЕ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫХ С ГАЗОВЫМ ЛАЗЕРОМ

Ниже описано несколько лекционных демонстраций основных интерференционных и дифракционных явлений с использованием газового лазера в качестве источника света. Направленность лазерного излучения, его монохроматичность и высокая интенсивность позволяют продемонстрировать эти явления для большой аудитории.

1. ДЕМОНСТРАЦИИ ЯВЛЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА ПРИ ЕГО ОТРАЖЕНИИ ОТ ГРАНИЦ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОГО СТЕКЛЯННОГО СЛОЯ

Мы осуществили два способа постановки подобных демонстраций. На рис. 1 представлена схема первого способа. Не — Ne-лазер 1 установлен навстречу рядам слушателей в аудитории и заслонен от них экраном 2 размером 30×30 см². В центре экрана имеется отверстие, достаточное для распространения сквозь него светового пучка от лазера. На обращенной к лазеру задней стороне экрана, против центра отверстия в экране, помещена положительная линза 3 с фокусным расстоянием 10 см.

Расходящийся из фокуса линзы световой пучок падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку 4, диаметром 100 мм и толщиной 15 мм, расположенную на расстоянии 2 м от экрана. Клинообразность пластинки порядка одной угловой секунды.

Качество полировки ее поверхности «одна десятая интерференционной полосы». Держатель пластинки обеспечивает возможность ее тонкой юстировки так, чтобы поверхности пластинки располагались нормально к оси светового конуса, падающего на пластинку. На рис. 1 показано два интерферирующих луча, образованных при отражении от передней и задней поверхностей пластинки. Эти лучи можно представить исходящими из двух мнимых изображений (S_1 и S_2) точечного источника света S , которым является фокальная точка линзы, используемой для создания расходящегося пучка лучей. Эти мнимые изображения образованы в результате отражения света от двух

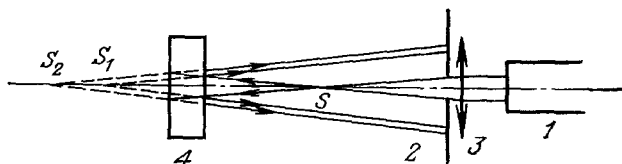


Рис. 1.

поверхностей пластинки, и располагаются они на оси системы. Расстояние между мнимыми источниками света равно $2d/n$, где d — толщина пластинки и n — ее показатель преломления. На экране 2 наблюдается система интерференционных колец.

При большом расстоянии между пластинкой и экраном интерферирующие лучи будут практически параллельны друг другу и наблюдаемые на экране интерференционные кольца будут являться полосами равного наклона.

Второй способ получения интерференционной картины является модификацией первого способа и позволяет плавно изменять расстояние между источниками света, создающими интерференционную картину. На рис. 2 представлена схема этого опыта.

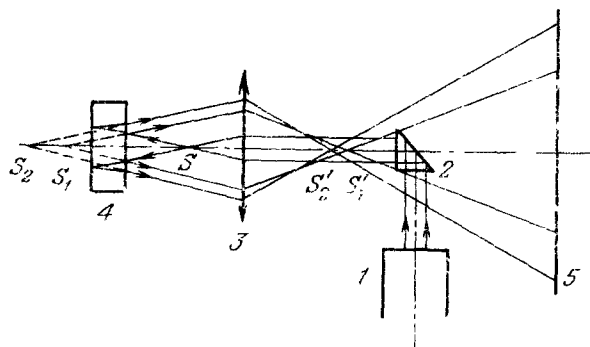


Рис. 2.

Световой пучок, исходящий из лазера I , поворачивается в горизонтальной плоскости призмой полного внутреннего отражения 2 на 90° . Используется призма минимальных размеров (лишь бы в ее грани вписалось сечение лазерного светового пучка). Призма укреплена на шариковой головке тонкого вертикального стержня, допускающей юстировку ориентации призмы. На расстоянии 2 м от призмы установлена линза 3, оптическая ось которой наклонена в вертикальной плоскости под небольшим углом к горизонтальному световому пучку, распространяющемуся через призму. Наклон оси линзы сделан для того, чтобы световые пучки, отраженные от обеих поверхностей линзы, не попали на ту часть экрана 5, где наблюдается интерференционная картина, а были бы отброшены на его верхнюю часть. Линза имеет фокусное расстояние 12 см. На расстоянии 30 см от линзы на таком же держателе, как и в первом методе, укреплена плоскопараллельная стеклянная пластинка 4. Диаметр этой пластинки 50 мм, толщина ее 10 мм. Требования к качеству этой пластинки те же, что и к пластинке, описанной выше.

Выходящие из линзы световые лучи испытывают отражения от обеих поверхностей стеклянной пластинки и распространяются назад через ту же линзу, образуя на экране интерференционную картину кольцевых полос. Картина прорезана тенью поворотной призмы и поддерживающего ее стержня. При расстоянии 3 м от стеклянной пластинки до экрана интерференционные кольца достигают диаметра 1 м.

В этом способе получения интерференционной картины линза играет двоякую роль. Во-первых, она создает расходящийся пучок лучей падающий на пластинку.

Во-вторых, прохождение отраженных от пластинки лучей через ту же линзу приводит к образованию справа от линзы двух действительных изображений (S'_1 , S'_2) мнимых источников света S_1 и S_2 . Расстояние между S' и S'_2 зависит от расстояния от линзы до пластинки и уменьшается при увеличении этого расстояния, что приводит к образованию на экране интерференционных колец, расстояния между которыми значительно больше, чем в первом способе.

2. ДЕМОНСТРАЦИЯ ДИФРАКЦИИ СВЕТА НА НЕПРОЗРАЧНОМ ШАРЕ И КРУГЛЫХ ОТВЕРСТИЯХ

Демонстрация пятна Пуассона производилась следующим образом. В качестве круглых объектов, на которых происходит дифракция лазерного излучения, были использованы шарики от подшипника. Диаметр шарика 2 мм. Шарик наклеивался на поверхность линзы с фокусным расстоянием 5 см. Увеличенная дифракционная картина наблюдалась на экране, расположенном на расстоянии 4 м от линзы. В этом случае диаметр области геометрической тени шарика на экране был равен 25 см, а пятно Пуассона в ее центре 25 мм. За пределами области геометрической тени располагались внешние дифракционные кольца, видимость которых невысока.

Учитывая неоднородность распределения света в поперечном сечении первичного лазерного светового пучка, необходимо снабдить линзу с прикрепленным к ней шариком микрометрическими поперечными (по отношению к направлению распространения света) юстировочными приспособлениями и с их помощью отыскивать оптимальные качества дифракционной картины.

Для наблюдения дифракции на круглых отверстиях в лазерный световой пучок с помощью микрометрических юстировочных винтовых подач вводятся поочередно металлические пластинки-диафрагмы с круглыми отверстиями диаметром 0,5 и 0,75 мм. Края отверстий сделаны ножевидными так, как это делается у коллиматорных входных щелей спектрографов. Неточности круговой формы при сверлении диафрагм $\Delta R/R$ не должны превышать 0,01.

Диафрагмы наклеивались на отрицательные линзы с фокусным расстоянием 2 см. Экран для наблюдения дифракционной картины располагался перпендикулярно оси отверстия диафрагмы на расстоянии 4 м от нее. Для увеличения размеров дифракционной картины от диаметра 10–15 см до больших размеров за отрицательной линзой можно было дополнительно помещать еще одну линзу с $f = 3,5$ см. Положение диафрагмы и линзы в сечении светового пучка тщательно юстируется микрометрическими подачами.

Чередую в ходе опыта диафрагмы с отверстиями разного диаметра, существенно показать, что в центре аксиально-симметричной дифракционной картины может быть как светлое, так и темное пятно. Эти вариации являются характерными признаками френелевой дифракционной картины.

*О. А. Шустин, Т. С. Величина,
Л. Ф. Михеева, И. А. Яковлев*

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова