

Цель эксперимента: определение постоянной Планка на основе измерения напряжения включения полупроводникового лазера и длины волны излучаемого им света.

Оборудование:

- Платформа с лазером и схемой питания
- Линейка с магнитами
- Дифракционная решетка
- Метр демонстрационный
- Цифровой вольтметр демонстрационный

Как известно, разрешенные значения энергии электронов в атоме отделены друг от друга широкими областями запрещенных энергий. При объединении атомов в твердое тело энергетические состояния электронов изолированных атомов изменяются. Вместо разрешенных энергетических уровней возникают энергетические полосы, или зоны разрешенных значений энергии, которые по-прежнему остаются отделенными друг от друга областями, соответствующими запрещенным значениям энергии. В наибольшей степени это касается внешних, валентных электронов, которые слабее связаны со своими ядрами.

Подобно тому, как в изолированном атоме электроны могут совершать переходы между энергетическими уровнями, электроны в кристаллах могут переходить из одной зоны в другую. В примесных полупроводниках, как электронных, так и дырочных, такой переход осуществляется под воздействием электрического поля источника тока. Обратный процесс перехода электрона может сопровождаться излучением кванта света.

Излучение света при переходе электрона из состояния с более высокой энергией в состояние с меньшей энергией лежит в основе работы светодиодов и полупроводниковых лазеров.

Для того чтобы электрон мог совершить переход в разрешенное состояние с более высокой энергией, он должен приобрести в электрическом поле энергию, равную ширине запрещенной зоны. Энергия, приобретаемая электроном в электрическом поле, составляет eU . Энергия фотона $h\nu$, излучаемого при обратном переходе электрона в нижнее энергетическое состояние также приблизительно равна ширине запрещенной зоны. Таким образом, можно записать, что $h\nu = eU$, где h – постоянная Планка, ν – частота света, излучаемого полупроводниковым переходом, e – заряд электрона, U – напряжение, приложенное к $p-n$ -переходу.

Таким образом, для определения постоянной Планка необходимо измерить длину волны излучаемого полупроводниковым прибором света и измерить напряжение, при котором $p-n$ -переход начинает излучать световые кванты.

В предлагаемом эксперименте длина волны излучения определяется с помощью дифракционной решетки с известным числом штрихов (150 штрихов/мм , точное значение периода указано на оправке дифракционной решетки). Если падающий луч перпендикулярен поверхности решетки (угол падения равен нулю), то длина волны излучения λ , период решетки d , угол ϕ и порядок n дифракции связаны соотношением: $d \sin \phi = n \lambda$.

Порядок выполнения эксперимента

1. Электрическая схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Все элементы этой цепи за исключением вольтметра смонтированы на платформе. Напряжение на полупроводниковом лазере регулируется с помощью

переменного резистора. Для измерения напряжения используется демонстрационный цифровой вольтметр (из комплекта цифровых измерителей тока и напряжения), который подключается к имеющимся на платформе клеммам. Напряжение должно измеряться с точностью 0.1 В ;

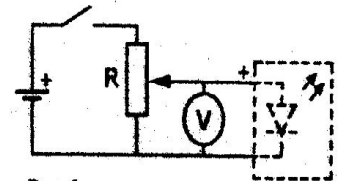


Рис 1

2. Соберите оптическую схему экспериментальной установки, представленную на рис. 2. Платформа с полупроводниковым лазером устанавливается в левом нижнем углу классной доски. Включите лазер и установите напряжение питания 3 В . Направьте луч лазера вертикально

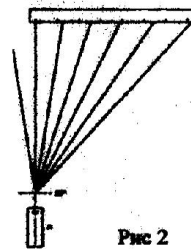


Рис 2

вверх параллельно боковому краю доски. Линейка для измерения угла дифракции закрепляется с помощью имеющихся на ней магнитов в верхнем углу доски (и ориентируется параллельно верхней кромке доски (такое расположение обеспечивает перпендикулярность линейки направлению распространения луча лазера). Начало шкалы линейки совмещается с точкой пересечения луча с линейкой.

3. Установите дифракционную решетку на второй магнитный держатель, имеющийся на платформе. Решетка поворачивается таким образом,

чтобы плоскость дифракции была параллельна плоскости доски. При этом дифракционные максимумы должны попасть на линейку.

4. Определите угол между нулевым и, например, третьим порядком дифракции. В соответствии со схемой, приведенной на рис. 2, тангенс этого угла вычисляется по формуле $\tan \phi = a/b$, где a – расстояние от нулевого порядка дифракции до выбранного порядка дифракции (измеряется по линейке, установленной в верхней части доски), а b – расстояние от дифракционной решетки до пятна, создаваемого на линейке лучом лазера в нулевом порядке дифракции (измеряется с помощью обычной линейки или демонстрационного метра).

5. Вычислите длину волны λ и частоту ν излучения лазера ($\lambda = d \sin \phi / n$, $\nu = c/\lambda$, c – скорость света).

6. Уберите дифракционную решетку из оптической схемы и обратите внимание учащихся на яркость красного пятна вблизи нулевого деления шкалы линейки и на значение напряжения, которое показывает цифровой измерительный прибор. Вращая ручку потенциометра, плавно уменьшайте напряжение питания до тех пор, пока пятно на экране станет едва заметным. Показание вольтметра в этот момент можно считать равным пороговому напряжению включения лазера.

7. Определите значение постоянной Планка на основе соотношения $h\nu = eU$ ($h = eU/\nu$). В заключение Вы можете обсудить с учащимися влияние погрешности в определении различных величин (угла ϕ , напряжения включения лазера) на точность определения постоянной Планка.

Лаборатория L-микро



ОПРЕДЕЛЕНИЕ

ПОСТОЯННОЙ ПЛАНКА

Руководство по выполнению экспериментов