

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА МЕТОДОМ МАГНЕТРОНА

Цель работы

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с методикой определения удельного заряда электрона при помощи магнетрона.

Описание установки и метода изучения процесса

В этой работе для определения удельного заряда электрона используется магнетрон - двухэлектродная генераторная лампа, в которой движение электронов в перекрещивающихся электрическом и магнитном полях обуславливает генерацию электромагнитного поля сверхвысокой частоты.

Магнетрон - лампа (диод 2Ц2С) с цилиндрическим анодом и расположенной по его оси нитью накала - катодом. Диод помещают внутрь соленоида, продольная ось которого совпадает с нитью. При таком расположении электродов электроны, которые вылетают из подогретого катода под действием электрического поля, возникающего за счет разности потенциалов между катодом и анодом, и движутся к аноду прямолинейно вдоль его радиусов, образуя ток в анодной цепи.

Если включить слабое магнитное поле соленоида, направленное параллельно катоду, то со стороны этого поля на электрон будет действовать сила, перпендикулярная направлению скорости электрона и напряженности магнитного поля, - сила Лоренца [1, 2], которая искривит траекторию электрона. Но и в этом случае траектория движения электрона будет начинаться у катода и кончатся у анода, так что анодный ток не изменится.

Чем сильнее магнитное поле соленоида (больше вектор магнитной индукции \vec{B}), тем меньше будет радиус кривизны траектории электронов. При некотором значении индукции магнитного поля, называемом критически $B = B_{кр}$, траектории электронов искривляются настолько, что не будут попадать на анод, а только касаться его, кривая траектория станет замкнутой. При этом анодный ток резко уменьшится.

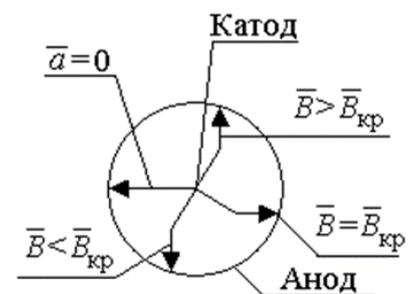


Рисунок 1

Поскольку радиус нити накала мал по сравнению с радиусом анода r_a максимальная напряженность электрического поля, а значит, и наибольшее ускорение движущегося электрона будут наблюдаться в области, близкой к катоду [2]. Дальнейший путь электрон пройдет с почти постоянной по величине скоростью, а его траектория будет близкой к окружности, диаметр которой равен радиусу анода, т.е. $2R = r_a$ (при условии $B = B_{кр}$) Поскольку радиус окружности R , по которой движется электрон в магнитном поле B , определяется соотношением [1, 2] $R = \frac{vm}{eB}$ (3.1) а скорость V электрона, ускоренного разностью потенциалов U , может быть рассчитана по формуле $V^2 = \frac{2eU}{m}$ (3.2) то для искомого отношения заряда электрона к его массе e/m получается $\frac{e}{m} = \frac{8U}{r_a^2 B_{кр}^2}$ (3.3)

здесь $B_{кр}$ та индукция поля соленоида, при которой исчезает анодный ток.

Таким образом, при величинах магнитного поля, меньших критической, электроны достигают анода и анодный ток не зависит от величины вектора магнитной индукции. При

величинах магнитного поля, больших критической, анодный ток должен стать равным нулю, так как электроны не будут достигать анода.

Но не все электроны, вылетевшие из катода, имеют одинаковую скорость. Поэтому сила анодного тока уменьшается постепенно. Вначале поле заворачивает медленные электроны, затем, с ростом вектора магнитной индукции, более быстрые.

За критическое значение индукции магнитного поля следует принять то, при котором происходит наиболее резкий спад анодного тока. Магнитная индукция критического поля находится по критическому току соленоида $I_s^{кр}$

$$B_{кр} = \mu_0 n_0 I_s^{кр} \quad (3.4)$$

где n_0 - число витков соленоида, приходящихся на единицу длины.

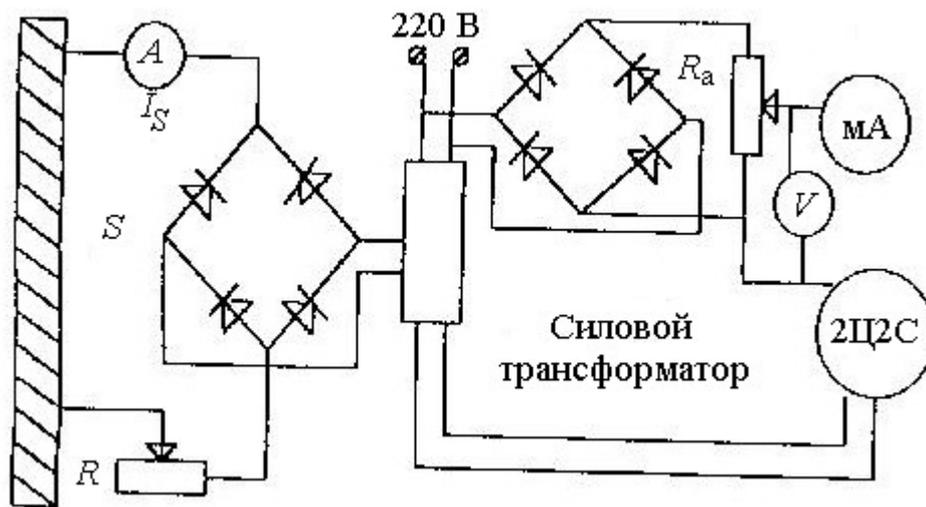


Рисунок 2

Измерение сводится к снятию так называемой сбросовой характеристики лампы, т.е. к снятию зависимости $I_a = f(I_s)$. Для экспериментального определения e/m используют электрическую схему, приведенную на рис. 2 (уже смонтированную на стенде).

Диод 2Ц2С помещен внутри длинного соленоида S, величина магнитного поля которого регулируется путем изменения силы тока I_s посредством реостата R. Цепь соленоида питается от источника постоянного тока, сила тока I_s измеряется амперметром, включенным на 1 А.

Накал нити магнетрона осуществляется за счет силового трансформатора. Напряжение накала в течение опыта поддерживается постоянным и равным $U_H = 2,5$ В автоматически.

Анодный ток I_a измеряется миллиамперметром мА. Анодная цепь питается от сети через трансформатор и выпрямитель. Миллиамперметр включен на 7,5 мА, вольтметр $V(U_a)$ включен на 150 В. Анодный ток и анодное напряжение измеряются одним прибором.

$$r_a = 0,96 \text{ см}, \quad n_0 = 100 \text{ см}^{-1}, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

Таблица №1

$$U = 30 \text{ В}$$

I_a	I_s
1,15	0,3
1	0,54
0,9	0,59
0,7	0,7
0,4	0,88

Таблица №2

$$U = 40 \text{ В}$$

I_a	I_s
1,5	0,54
0,8	0,62
0,6	0,7
0,3	0,83

Контрольные вопросы

1. Как влияет сила Лоренца на движение заряда в магнитном поле? Каковы ее величина и направление?
2. В каком случае траектория электрона будет окружностью и почему?
3. Каково устройство, принцип действия и назначение магнетрона?
4. Выведите формулу для вычисления e/m .
5. Что такое индукция магнитного поля?