Schattenkreuzröhre

DEMONSTRATION DER GERADLINIGEN AUSBREITUNG VON ELEKTRONEN IM FELDFREIEN RAUM.

- Demonstration der geradlinigen Ausbreitung von Elektronen im feldfreien Raum.
- Demonstration der Ablenkung von Elektronen in einem Magnetfeld.
- Einführung in die Elektronenoptik.

UE307030

06/06 JS

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

In einer Schattenkreuzröhre wird das divergente Elektronenbündel einer Elektronenkanone auf einem Leuchtschirm als Leuchterscheinung beobachtet, in der ein für die Elektronen undurchlässiges Hindernis (Malteserkreuz) einen Schatten wirft. Die Lage des Schattens ändert sich, wenn die geradlinige Ausbreitung der Elektronen auf ihrem Weg zum Leuchtschirm gestört wird.

Liegen Anode A und Malteserkreuz M auf dem gleichen Potential, so ist der Raum feldfrei und die Elektronen breiten sich geradlinig aus (siehe Fig. 1). Der Elektronenschatten des Malteserkreuzes auf dem Leuchtschirm S ist dann deckungsgleich mit dem Lichtschatten, der auf das von der Glühkathode C emittierte Licht zurückzuführen ist.

Die Störung der geradlinigen Ausbreitung im nicht feldfreien Raum kann sehr einfach durch Unterbrechung der leitenden Verbindung zwischen Anode und Hindernis demonstriert werden: Die so bewirkte statische Aufladung des Hindernisses ruft einen unscharfen Elektronenschatten auf dem Leuchtschirm hervor.

Werden die Elektronen auf ihrem Weg zum Leuchtschirm in einem Magnetfeld abgelenkt, so beobachtet man eine Verschiebung oder Drehung des Elektronenschattens.

Die ablenkende Kraft $\boldsymbol{F}$ hängt ab von der Geschwindigkeit $\boldsymbol{v}$ und vom Magnetfeld $\boldsymbol{B}$ und ist gegeben durch die Lorentz-Kraft:

$$\boldsymbol{F} = -e \cdot \boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B} \qquad (1)$$

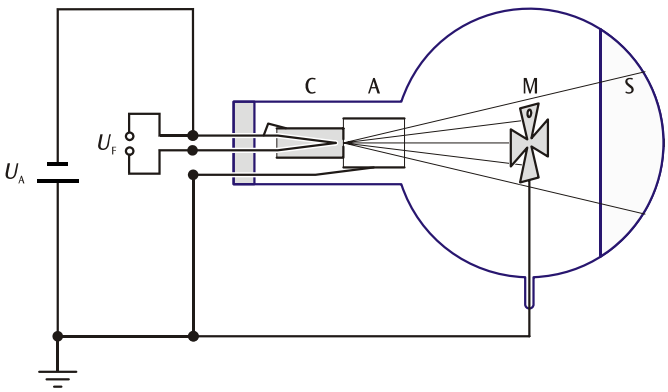

Fig. 1: Schematische Darstellung der geradlinigen Ausbreitung von Elektronen in der Schattenkreuzröhre

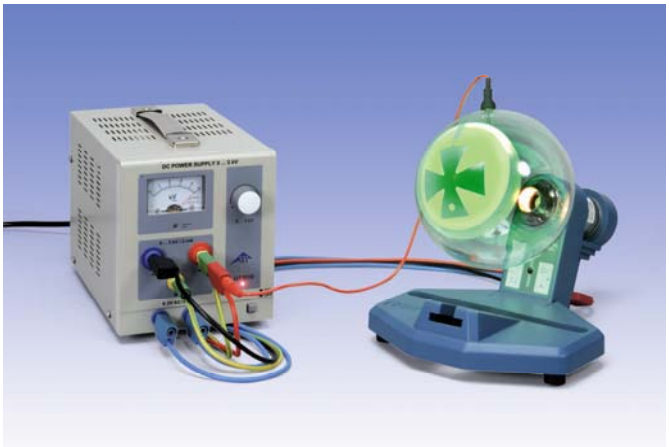

Fig. 2 Experimenteller Aufbau zur Demonstration der geradlinigen Ausbreitung von Elektronen mit der Schattenkreuzröhre

GERÄTELISTE

1	Schattenkreuzröhre S	U18553
1	Röhrenhalter S	U185001
1	Hochspannungs-Netzgerät, 5 kV	U33010
1	Satz 15 Sicherheits-Experimentierkabel	U138021

Zusätzlich empfohlen:

1	Helmholtz-Spulenpaar S	U185051
1	DC-Netzgerät, 16 V, 5 A, z.B.	U33020

SICHERHEITSHINWEISE

Glühkathodenröhren sind dünnwandige, evakuierte Glaskolben. Vorsichtig behandeln: Implosionsgefahr!

- Schattenkreuzröhre keinen mechanischen Belastungen aussetzen.
- Anschlusskabel des Schattenkreuzes keinen Zugbelastungen aussetzen.
- Für Anschlüsse nur Sicherheits-Experimentierkabel verwenden.
- Schaltungen nur bei ausgeschaltetem Versorgungsgerät vornehmen.
- Schattenkreuzröhre nur bei ausgeschaltetem Versorgungsgerät ein- und ausbauen.

AUFBAU

- Hochspannungs-Netzgerät ausgeschaltet lassen und Spannungssteller ganz zum linken Anschlag drehen.
- Schattenkreuzröhre in den Röhrenhalter einschieben. Dabei darauf achten, dass die Kontaktstifte der Röhre ganz in die dafür vorgesehenen Kontaktöffnungen des Halters einrasten. Der mittlere Führungsstift der Röhre muss leicht hinten am Halter herausragen.
- Die Buchsen F3 und F4 des Röhrenhalters mittels Sicherheits-Experimentierkabeln mit dem Heizspannungsausgang (blaue Buchsen) des Hochspannungs-Netzgerätes verbinden.
- Die Buchse C5 des Röhrenhalters mittels Sicherheits-Experimentierkabel mit dem Minus-Pol (schwarze Buchse) des Hochspannungs-Netzgerätes verbinden (Anschlüsse C5 und F4 sind innerhalb der Röhre miteinander verbunden).
- Die Buchse A1 mit dem Plus-Pol (rote Buchse) verbinden und dort zusätzlich das Anschlusskabel des Schattenkreuzes einstecken.

DURCHFÜHRUNG

Beobachtung des Lichtschattens:

- Hochspannungs-Netzgerät einschalten, so dass der glühende Heizfaden leuchtet.
- Den Lichtschatten des Schattenkreuzes auf dem Leuchtschirm beobachten.

Beobachtung des Elektronenschattens:

- Hochspannung langsam von 0 bis maximal 5 kV steigern und den Elektronenschatten in der zunehmend heller werdenden grünen Leuchterscheinung beobachten.
- Lage des Elektronenschattens mit der des Lichtschattens vergleichen.

Störung der feldfreien Ausbreitung:

- Anschlusskabel des Schattenkreuzes aus dem Pluspuol des Netzgerätes ziehen und isoliert ablegen.
- Verformung des Elektronenschattens beobachten.
- Anschlusskabel wieder anschließen und Permanentmagneten in die Nähe des Schattenkreuzes bringen.
- Verschiebung des Elektronenschattens beobachten.

Falls das Helmholtz-Spulenpaar und ein DC-Netzgerät zur Verfügung stehen:

- Eine Spule von vorne in den Röhrenhalter schieben und an das DC-Netzgerät anschließen (vgl. Fig. 3).
- Gleichspannung von 0 V beginnend langsam erhöhen und Drehung des Elektronenschattens beobachten.
- Zusätzlich auch die Hochspannung variieren und Einfluss auf den Elektronenschatten beobachten.

Fig. 3: Modifizierter experimenteller Aufbau mit zusätzlichem axialem Magnetfeld

AUSWERTUNG

Befinden sich Anode und Schattenkreuz auf dem gleichen Potential und liegt außerdem kein Magnetfeld an, so breiten sich die Elektronen im feldfreien Raum geradlinig aus. Der Elektronenschatten des Malteserkreuzes ist dann deckungsgleich mit dem Lichtschatten.

Trennt man die leitende Verbindung zwischen Anode und Schattenkreuz trennt und isoliert das Schattenkreuz gegen die Umgebung, so wird das Schattenkreuz durch die auftreffenden Elektronen elektrostatisch aufgeladen. Diese Aufladung ruft einen unscharfen Elektronenschatten auf dem Leuchtschirm hervor.

In einem Magnetfeld werden die Elektronen abgelenkt und der Elektronenschatten gegenüber dem Lichtschatten verschoben. Die ablenkende Kraft steht senkrecht zur Bewegungsrichtung der Elektronen und zum Magnetfeld.

Verläuft das Magnetfeld in axialer Richtung, werden die Elektronen auf Spiralbahnen ablenkt und der Elektronenschatten gedreht und ggf. verkleinert. Die ablenkende Lorentzkraft hängt zum einen vom Magnetfeld B und somit vom Strom durch die Spule und zum anderen von der Geschwindigkeit der Elektronen und somit von der an der Anode anliegenden Hochspannung U_A ab.

Bei geeigneter Wahl der Parameter U_A und B wird der Schatten nahezu punktförmig. Der divergente Elektronenstrahl wird also auf einen „Punkt“ fokussiert.

© Copyright 2008 3B Scientific GmbH