

4.4.3 Die Röhrenfotodiode

Geräte:

1 Fotodiode 90 CV; 1 Fotodiode 90 CG; 2 Netzgeräte 6V/5A; 1 Reuterlampe 6V/5A (2x für Zusatzversuch); 1 Netzgerät 50V/300V 15mA; 1 Röhrensockel mit Halterung und Arbeitswiderstand 500 k Ω ; 1 Voltmeter 50V/300V; 1 Amperemeter 20 μ A (bzw. Messverstärker mit Amperemeter); 1 Regelwiderstand 3 Ω /5A; 1 Optische Bank mit Tischklemmen; diverse Kabel.

Versuchsziel:

1. Untersuchung der Abhängigkeit des Anodenstromes I_A von der Betriebsspannung U_B bei einer Vakuumfotodiode und bei einer gasgefüllten Fotodiode (Unterdruck).
2. Untersuchung der Abhängigkeit der Fotostromstärke von der Beleuchtungsstärke (qualitativ; für $U_B = \text{const.}$).

Vorbereitende Hausaufgaben:

1. Aufbau und Wirkungsweise von Elektronenröhren mit Glühkathoden (Diode, Triode, Braunsche Röhre). Auslösung von Elektronen aus der Glühkathode (warum ist das Kathodenmaterial mit Bariumoxid überzogen?). Was versteht man unter einer Kennlinie? Kennlinien von Elektronenröhren.
2. Auslösung von Elektronen aus Metallen durch Licht (äußerer Fotoeffekt).
3. Aufbau einer Röhrenfotodiode. Woraus besteht die Kathode? Wieso?
4. Warum werden Fotodioden auch mit Gas gefüllt? Art der Füllgase und Gasdruck.
5. Erläuterung des Leitungsmechanismus bei der Elektrizitätsleitung in Gasen. Unter welchen Bedingungen leiten Gase den elektrischen Strom? Technische Anwendung dieser Elektrizitätsleitung.
6. Wieso dürfen Röhrenfotodioden nur mit einem Schutzwiderstand betrieben werden? Wie muss der Schutzwiderstand geschaltet werden?
7. Wie müssen Röhre, Schutzwiderstand, Netzgerät und Messinstrumente zur Aufnahme der Kennlinie geschaltet werden? Zeichnen Sie ein Schaltbild. Wie sind Lampe und Regelwiderstand zur Regelung der Beleuchtungsstärke zu schalten? Bereiten Sie geeignete Messtabellen vor.

Vorsichtsmaßnahmen:

Die **Spannungen** an der Röhre bzw. am Netzgerät können **lebensgefährlich** sein! Greifen Sie niemals in die unter Spannung stehende Schaltung! Eine Hand bleibt stets auf dem Rücken. Regeln Sie bei Eingriffen in die Schaltung stets die Spannung an der Röhre auf Null herunter! Der Versuch darf erst dann begonnen werden, wenn der Lehrer die Schaltung geprüft hat!

Für die Röhren werden vom Hersteller **Grenzdaten** vorgeschrieben:

90 CV: $U_{A,\text{max}} = 250 \text{ V}$; $I_{A,\text{max}} = 12 \mu\text{A}$ 90 CG: $U_{A,\text{max}} = 90 \text{ V}$; $I_{A,\text{max}} = 12 \mu\text{A}$

Das Amperemeter für den Fotostrom erreicht bereits bei 20 μ A Vollausschlag. Es kann bei Überlastung beschädigt oder zerstört werden. Überprüfen Sie die Schaltung deshalb sorgfältig daraufhin, ob sie richtig im Stromkreis eingeschaltet ist. Außerdem müssen Sie die Betriebsspannung immer vorsichtig von Null aus langsam hochregeln. Vor einer Änderung der Beleuchtungsstärke der Fotokathode müssen Sie die Spannung herunterregeln!

Versuchsdurchführung:

V1 Aufnahme der Kennlinien:

Die Lampe und die Halterung der Fotodiode werden so auf der optischen Bank montiert, dass die Fotokathode der Röhre mit der Lampe beleuchtet wird. Die Geräte werden nach der (vom Lehrer überprüften) Schaltskizze geschaltet. Die Beleuchtungsstärke wird mit dem Regelwiderstand eingestellt. Achten Sie besonders darauf, dass bei der Versuchsdurchführung kein Fremdlicht auf die Fotokathode fällt (Verdunkelung, keine hellen oder reflektierenden Gegenstände in der Umgebung, keine Bewegungen der Experimentatoren!).

- a) **Vakuumbfotodiode 90 CV:** Bei $U_B = 20\text{ V}$ wird der Abstand zwischen Lampe und Fotodiode so eingestellt, dass der Fotostrom ca. $12\text{ }\mu\text{A}$ beträgt (Lampenspannung ca. 4 V). Messung von I_A in Abhängigkeit von U_B : von 0 bis 10 V in Schritten von 1 V ; von 10 V bis 70 V in Schritten von 5 V ; Eintragung der Messwerte in die vorbereitete Tabelle. Weitere Messung mit veränderter Beleuchtungsstärke bei der Einstellung $20\text{ V}/6\text{ }\mu\text{A}$.
- b) **Gasgefüllte Fotodiode 90 CG:** Aufnahme der Kennlinie von 0 bis 70 V bei der Anfangseinstellung $20\text{ V}/8\text{ }\mu\text{A}$ in Schritten von 1 V bzw. 5 V wie in Teil a) beschrieben.

V2 Zusammenhang Fotostrom - Beleuchtungsstärke (Vakuumbfotodiode 90 CV):

Die Fotodiode wird zuerst mit einer Lampe bei $100\text{ V}/7\text{ }\mu\text{A}$, dann mit der zweiten Lampe bei $100\text{ V}/5\text{ }\mu\text{A}$ und schließlich mit beiden Lampen gemeinsam beleuchtet. (Die Anordnung der Lampen darf beim Versuch nicht geändert werden. Damit die Beleuchtungsstärke der Einzellampen nicht sinkt, sind getrennte Stromquellen zu benutzen; Einfluss von Fremdlicht ausschließen!).

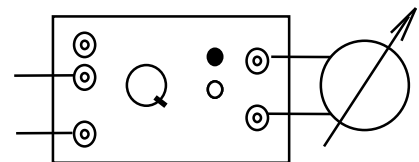
Versuchsauswertung:

- Zeichnen Sie die Kennlinien auf Millimeterpapier.
- Erklären Sie den Kennlinienverlauf:
 - Erklären Sie die Kennlinienbereiche bei der Röhre 90 CV.
 - Wieso fließt bei 0 V ein Fotostrom? Wie groß ist die Fotoelektronenenergie bei 0 V ?
 - Erklären Sie die Unterschiede im Kennlinienverlauf zwischen 90 CV und 90 CG.
- Wie wirkt sich der Widerstand von $0,5\text{ M}\Omega$ im Fotostromkreis auf die Kennlinien aus? Warum ist der Schutzwiderstand insbesondere bei der gasgefüllten Fotodiode nötig?
- Bestimmen Sie den inneren Widerstand der Fotodioden im linearen Bereich. Wie ist dieser innere Widerstand (differenzieller Widerstand) R_i definiert? Zeichnen Sie für jede Röhre ein $R_i - U_B$ - Schaubild.
- Wie hängt der Fotostrom von der Beleuchtungsstärke ab? Wie hängt der innere Widerstand der Röhre 90 CV von der Beleuchtungsstärke ab?

Hinweis zur Messung der Stromstärke:

Falls kein geeignetes Amperemeter $20\text{ }\mu\text{A}$ zur Verfügung steht, kann die Fotostromstärke I_A auch mit einem Messverstärker und angeschlossenem Amperemeter 3 mA oder Voltmeter 3 V gemessen werden. Geeigneten Messbereich $10\text{ }\mu\text{A}$ oder $30\text{ }\mu\text{A}$ am Messverstärker wählen.

Schaltung: Messverstärker:



Beachten Sie:

Bei der Messung sollte eine Bereichsumschaltung vermieden werden, da sich dabei große Messfehler ergeben können. Die im Messverstärker eingebaute Batterie darf nicht verbraucht sein. Der Messverstärker kann bei Überlastung zerstört werden!

Versuchsaufbau:

