

## Röhrendiode

### AUFNAHME DER KENNLINIE EINER RÖHRENDIODE.

- Aufnahme der Kennlinien einer Röhrendiode für drei verschiedene Kathoden-Heizspannungen.
- Identifizierung von Raumladungs- und Sättigungsbereich.
- Bestätigung des *Schottky-Langmuir*-Gesetzes.

UE3070100

02/17 UK

### ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Eine Röhrendiode ist ein evakuiertes Glasgefäß, in dem sich zwei Elektroden befinden: eine beheizte Kathode, aus der Elektronen durch den glühelektrischen Effekt freigesetzt werden, und eine Anode (siehe Fig. 1). Durch eine positive Spannung zwischen Kathode und Anode wird ein von den freien Elektronen getragener Emissionsstrom zur Anode (Anodenstrom) erzeugt. Ist diese Spannung niedrig, so wird der Anodenstrom behindert durch die Raumladung der freigesetzten Elektronen, da diese das elektrische Feld vor der Kathode abschirmen. Mit steigender Anodenspannung greifen die Feldlinien tiefer in den Raum vor der Kathode ein und der Anodenstrom nimmt zu. Der Anstieg erfolgt solange, bis die Raumladung vor der Kathode abgebaut und damit der Sättigungswert des Anodenstroms erreicht ist. Dagegen können die Elektronen nicht zur Anode gelangen, wenn eine genügend große negative Spannung an der Anode anliegt, der Anodenstrom ist dann Null.

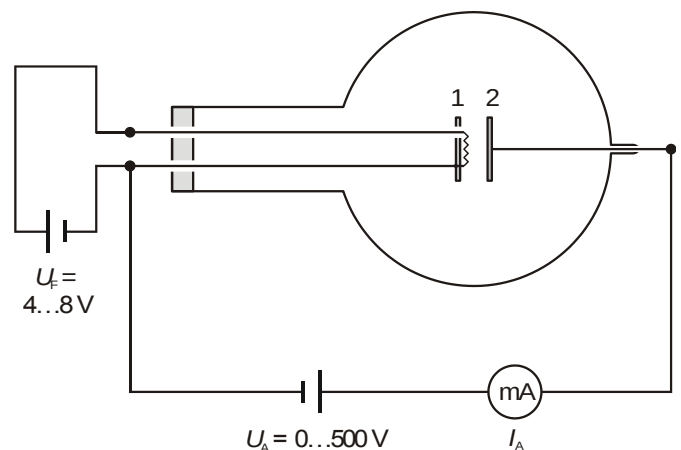


Fig. 1: Schaltung (oben) und experimenteller Aufbau (unten) zur Aufnahme der Kennlinien einer Röhrendiode für verschiedene Kathoden-Heizspannungen. (1) Kathode, (2) Anode



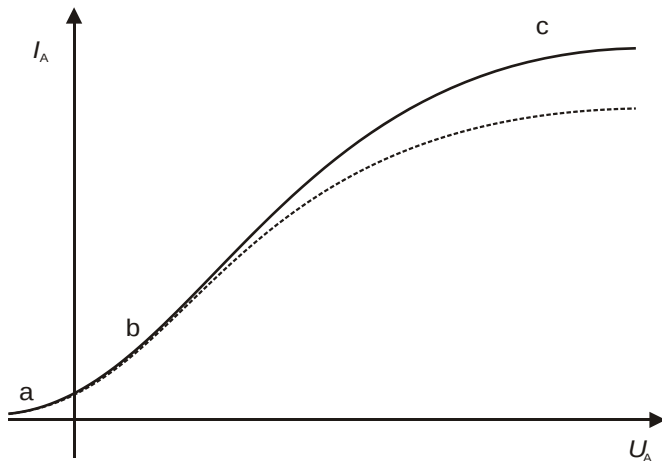


Fig. 2: Kennlinie einer Röhrendiode. (a) Anlaufstrombereich, (b) Raumladungsbereich, (c) Sättigungsbereich

Die Abhängigkeit des Anodenstroms  $I_A$  von der Anodenspannung  $U_A$  wird als Kennlinie der Röhrendiode bezeichnet (siehe Fig. 2). Man unterscheidet den Gegenspannungsbereich, den Anlaufstrombereich, den Raumladungsbereich und den Sättigungsbereich).

Im Gegenspannungsbereich befindet sich die Anode gegenüber der Kathode auf negativem Potential. Die Elektronen können nicht gegen das elektrische Feld anlaufen und daher fließt kein Anodenstrom.

Im Anlaufstrombereich ist die Anodenspannung negativ, aber dem Betrag nach kleiner als 1 V. Einige schnelle Elektronen können trotz der Gegenspannung die Anode erreichen. Es fließt ein Anodenstrom  $I_A$ , dessen Abhängigkeit von der Anodenspannung  $U_A$  sich als Exponentialfunktion darstellen lässt.

Im Raumladungsbereich ist die Anodenspannung positiv und liegt deutlich unter 100 V. Die Abhängigkeit des Anodenstroms  $I_A$  von der Anodenspannung  $U_A$  wird durch das Schottky-Langmuir-Gesetz beschrieben:

$$I_A \sim U_A^{\frac{3}{2}} \text{ bzw. } I_A^{\frac{2}{3}} \sim U_A \quad (1)$$

Im Sättigungsbereich ist der Anodenstrom abhängig von der Temperatur der Kathode. Sie kann durch eine Erhöhung der Heizspannung  $U_F$  erhöht werden.

## GERÄTELISTE

|                                          |                      |
|------------------------------------------|----------------------|
| 1 Diode S                                | 1000613 (U185501)    |
| 1 Röhrenhalter S                         | 1014525 (U185001)    |
| 1 DC-Netzgerät 0–500 V @230 V oder       | 1003308 (U33000-230) |
| 1 DC-Netzgerät 0–500 V @115 V            | 1003308 (U33000-115) |
| 1 Analog-Multimeter Escola 100           | 1013527 (U8557380)   |
| 1 Satz 15 Sicherheits-Experimentierkabel | 1002843 (U138021)    |

## SICHERHEITSHINWEISE

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

- Diode keinen mechanischen Belastungen aussetzen.
- Anoden-Anschlusskabel keinen Zugbelastungen aussetzen.

Beim Betrieb der Diode mit dem 500 V DC-Netzgerät können am Anschlussfeld berührungsgefährliche Spannungen anliegen.

- Für Anschlüsse nur Sicherheits-Experimentierkabel verwenden.
- Schaltungen nur bei ausgeschaltetem Versorgungsgerät vornehmen.
- Diode nur bei ausgeschaltetem Versorgungsgerät ein- und ausbauen.

Im Betrieb wird der Röhrenhals erwärmt.

- Diode vor dem Ausbau abkühlen lassen.

## AUFBAU

Hinweis: 500 V DC-Netzgerät ausschalten (Kippschalter auf „0“ stellen), alle Stellknöpfe zum linken Anschlag drehen und Gerät erst nach Abschluss der Verkabelung an das Netz anschließen!

### Einbau der Diode:

- Diode 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.

### Anschluss der Heizspannung:

- Die Buchsen F3 und F4 des Röhrenhalters mittels Sicherheits-Experimentierkabeln mit dem Heizspannungsausgang 4-8 V des 500 V DC-Netzgerätes verbinden.

### Beschleunigungsspannung / Anodenstrom:

- Die Buchse C5 des Röhrenhalters mittels Sicherheits-Experimentierkabel mit dem Minus-Pol (schwarze Buchse) des 0-500 V-Ausganges des 500V DC-Netzgerätes verbinden (Anschlüsse C5 und F4 sind innerhalb der Röhre miteinander verbunden).
- Den Pluspol (rote Buchse) mittels Sicherheits-Experimentierkabel mit dem Plus-Eingang des DC-Amperemeters verbinden.
- Das Anodenkabel (rotes Kabel am Glaskolben der Diode) mit dem Minus-Ausgang des DC-Amperemeters verbinden.

## DURCHFÜHRUNG

- 500 V DC-Netzgerät ans Netz anschließen und einschalten (Kippschalter auf „I“ stellen).
- Heizspannung  $U_F = 6 \text{ V}$  einstellen und ca. 1 min warten, bis die Endtemperatur erreicht ist.
- Anodenspannung  $U_A$  bei 0 V beginnend in Schritten von 20 V bis 100 V und weiter in Schritten von 50 bis 450 V erhöhen und jeweils den Anodenstrom  $I_A$  messen.
- Weitere Messreihen für  $U_F = 6,3 \text{ V}$  und  $6,6 \text{ V}$  aufzeichnen.
- Messpunkte aller drei Messreihen in ein gemeinsames  $I_A$ - $U_A$ -Diagramm eintragen.

## MESSBEISPIEL

Tab. 1: Anodenstrom  $I_A$  in Abhängigkeit von der Anodenspannung  $U_A$  für drei verschiedenen Heizspannungen  $U_F$ 

|                  | $U_F = 6,0 \text{ V}$ | $U_F = 6,3 \text{ V}$ | $U_F = 6,6 \text{ V}$ |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $U_A / \text{V}$ | $I_A / \text{mA}$     | $I_A / \text{mA}$     | $I_A / \text{mA}$     |
| 0                | 0,04                  | 0,06                  | 0,08                  |
| 20               | 0,55                  | 0,59                  | 0,71                  |
| 40               | 1,28                  | 1,42                  | 1,59                  |
| 60               | 1,62                  | 2,18                  | 2,54                  |
| 80               | 1,79                  | 2,50                  | 3,41                  |
| 100              | 1,80                  | 2,61                  | 3,95                  |
| 150              | 1,85                  | 2,75                  | 4,58                  |
| 200              | 1,90                  | 2,79                  | 4,70                  |
| 250              | 1,90                  | 2,82                  | 4,78                  |
| 300              | 1,94                  | 2,88                  | 4,82                  |
| 350              | 1,97                  | 2,90                  | 4,86                  |
| 400              | 1,98                  | 2,95                  | 4,90                  |
| 450              | 1,98                  | 2,97                  | 4,98                  |

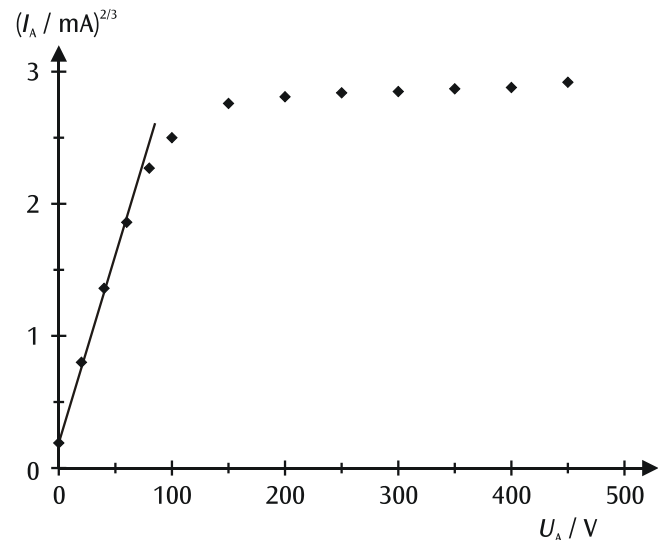
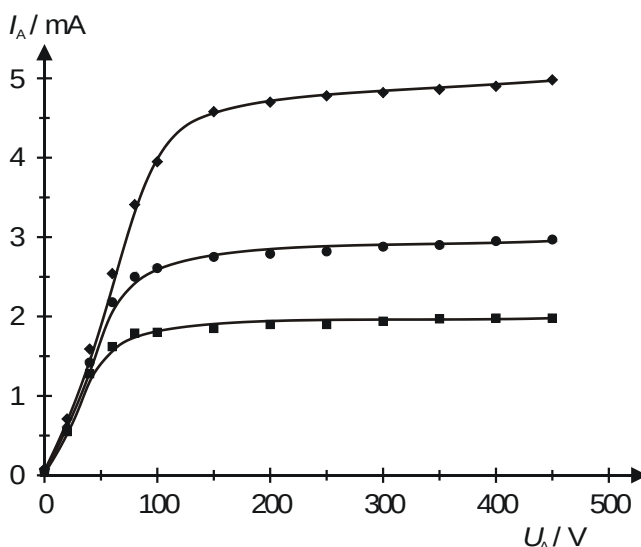
Fig. 4: Darstellung  $I_A^{2/3}$  in Abhängigkeit von  $U_A$  für  $U_F = 6,6 \text{ V}$ . In Übereinstimmung mit dem Schottky-Langmuir-Gesetz ist der Verlauf im Raumladungsbereich linear.

Fig. 3 zeigt die Messwerte der Tab. 1 in grafischer Darstellung. Raumladungsbereich und Sättigungsbereich sind deutlich zu erkennen. Der Sättigungsstrom nimmt mit steigender Heizspannung  $U_F$  zu.

Die bei der Heizspannung  $U_F = 6,6 \text{ V}$  gemessenen Ströme  $I_A$  sind in Fig. 4 in die Werte  $I_A^{2/3}$  umgerechnet. In Übereinstimmung mit dem Schottky-Langmuir-Gesetz ist die Abhängigkeit von der Anodenspannung  $U_A$  bis zu Spannungen von 50 V linear.

## AUSWERTUNG

Fig. 3: Kennlinien der Röhrendiode für die Heizspannungen  $U_F = 6,0 \text{ V}$  (Quadrat),  $6,3 \text{ V}$  (Kreis) und  $6,6 \text{ V}$  (Raute).

## ERGEBNIS

**Gegenspannungs- und Anlaufstrombereich:** Da die Elektronen mit einer kinetischen Energie  $E_{\text{kin}} > 0$  aus der Kathode austreten, fließt so lange ein Anodenstrom, bis die negative Anodenspannung so groß ist, dass auch die schnellsten Elektronen die Anode nicht mehr erreichen können.

**Raumladungsbereich:** Bei kleinen Feldstärken können nicht alle aus der Glühkathode austretenden Elektronen fortgeführt werden. Sie umgeben die Kathode nach ihrem Austritt wie eine Wolke und bilden eine negative Raumladung. Bei kleinen Spannungen enden die von der Anode ausgehenden Feldlinien daher auf den Elektronen der Raumladung, nicht auf der Kathode selbst. Das von der Anode herrührende Feld wird somit abgeschirmt. Erst mit wachsender Spannung greifen die Feldlinien immer tiefer in den Raum um die Kathode ein, und der Anodenstrom nimmt zu. Der Anstieg des Stroms erfolgt so lange, bis die Raumladung um die Kathode herum abgebaut ist. Dann ist der Sättigungswert des Anodenstroms erreicht.

**Sättigungsbereich:** Im Sättigungsbereich ist der Emissionsstrom unabhängig von der Anodenspannung. Er kann aber gesteigert werden, indem man die Anzahl der pro Zeiteinheit aus der Kathode austretenden Elektronen erhöht. Das kann durch eine Erhöhung der Temperatur der Kathode geschehen. Der Wert des Sättigungsstroms ist somit abhängig von der Heizspannung.