

VERSUCH NUMMER 504

Thermische Elektronenemission

Tim Alexewicz
tim.alexewicz@udo.edu

Sadiah Azeem
sadiah.azeem@udo.edu

Durchführung: 26.04.2022

Abgabe: 03.05.2022

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	3
2	Theorie	3
2.1	Austrittsarbeit	3
2.2	Richardson-Gleichung	3
2.3	Langmuir-Schottkysche Raumladungsgleichung	3
2.4	Anlaufstromgebiet	4
3	Aufbau und Durchführung	5
4	Auswertung	6
5	Diskussion	6
	Literatur	6

1 Zielsetzung

Ziel des Versuches ist die Untersuchung der Temperaturabhängigkeit der thermischen Elektronenemission und die Bestimmung der materialspezifischen Austrittsarbeit von Wolfram.

2 Theorie

2.1 Austrittsarbeit

In der Gitterstruktur eines Metalls sind die Elektronen nicht an einzelne Atome gebunden. Daher können die Potentiale inner- und außerhalb als konstant angenommen werden. Das innen liegende Potential ist geringer als das äußere.

Um das Metall zu verlassen muss also eine bestimmte Energie aufgewendet werden.

Diese wird als Austrittsarbeit bezeichnet und durch $W_A = e_0\phi$ berechnet. Hier ist $\phi = \Phi_A - \Phi_I$ die Differenz zwischen innerem und äußeren Potential und e_0 die Elementarladung.

2.2 Richardson-Gleichung

Die Sättigungsstromdichte beschreibt die Anzahl der Elektronen, die das Metall je Zeit- und Flächeneinheit verlassen.

Ihre Abhängigkeit von der Temperatur wird durch die Richardsongleichung

$$j_S(T) = 4\pi \frac{e_0 m_0 k^2}{h^3} T^2 \exp\left(\frac{-e_0\phi}{kT}\right), \quad (1)$$

mit der aus der Temperatur T sowie den Konstanten e_0 (Elementarladung), m_0 (Elektronenruhemasse), k (Boltzmann-Konstante) und h (Planksches Wirkungsquantum) beschrieben.

2.3 Langmuir-Schottkysche Raumladungsgleichung

Der Anodenstrom der Diode ist abhängig von der Anodenspannung.

Bei zu geringer Anodenspannung werden nicht alle Elektronen ausreichend beschleunigt, um die Anode zu erreichen. Daher ist der Anodenstrom ab einem Schwellwert unabhängig von der angelegten Spannung.

Damit ist das Ohmsche Gesetz für Dioden ungültig.

Stattdessen wird eine neue Gesetzmäßigkeit aus der Kontinuitätsbedingung

$$j = -\rho v$$

hergeleitet. Zusammen mit der Poissongleichung

$$\Delta V = -\frac{1}{\epsilon_0} \rho$$

und der Energieerhaltung $E_{pot} = E_{kin}$ wird das Potential

$$U(x) = \left(\sqrt{\frac{j}{4\epsilon_0 \sqrt{\frac{2e}{m}}}} x \right)^{\frac{4}{3}}.$$

bestimmt. Hier ist x die Ortskoordinate.

Es folgt für die Stromdichte das Langmuir-Schottkysche Raumladungsgesetz

$$j(\Phi_A) = \frac{4}{9} \epsilon_0 \sqrt{\frac{2e_0}{m_0}} \frac{\Phi_A^{\frac{3}{2}}}{a^2}. \quad (2)$$

2.4 Anlaufstromgebiet

Theoretisch sollte nach Gleichung 2 ohne angelegte Spannung auch kein Anodenstrom zu messen sein.

Im Experiment zeigt sich jedoch der sogenannte Anlaufstrom. Er wird durch Elektronen erzeugt, deren Energie die Austrittsenergie übersteigt.

Um die Anode zu erreichen, muss die Energie mindestens $E \geq e_0(\phi + U)$ betragen. Mit Abbildung 1 lässt sich die Anlaufstromstärke

$$j(\Phi_A) = j_0 \cdot e^{-\frac{e_0(\phi_A + U)}{kT}} \propto e^{-\frac{e_0 U}{kT}} \quad (3)$$

herleiten.

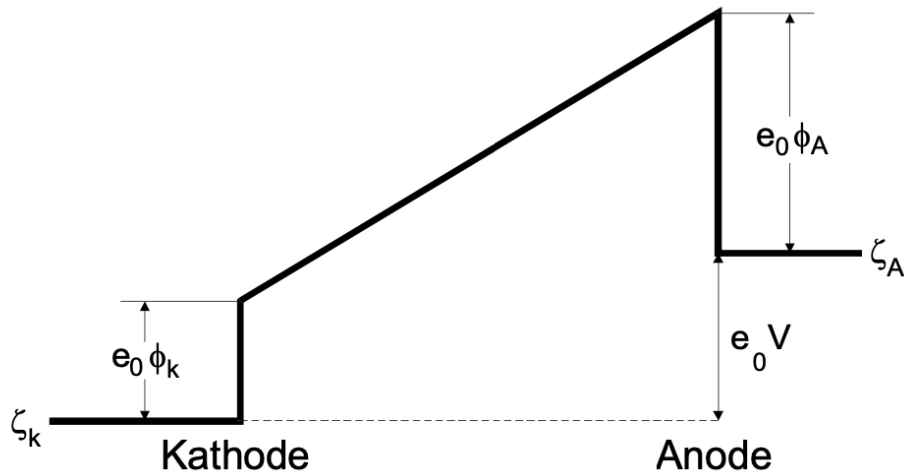


Abbildung 1: Diagramm der Potentialverhältnisse der Diode im Bereich des Anlaufstromgebietes.[1]

3 Aufbau und Durchführung

Im ersten Teil der Messung wird zwecks Untersuchung der Temperaturabhängigkeit des Sättigungsstroms bei fünf verschiedene Heizleistungen jeweils die Diodenspannung kleinschrittig erhöht und die Stromstärke der emittierten Elektronen abgelesen. Es wird die Schaltung in Abbildung 2 verwendet.

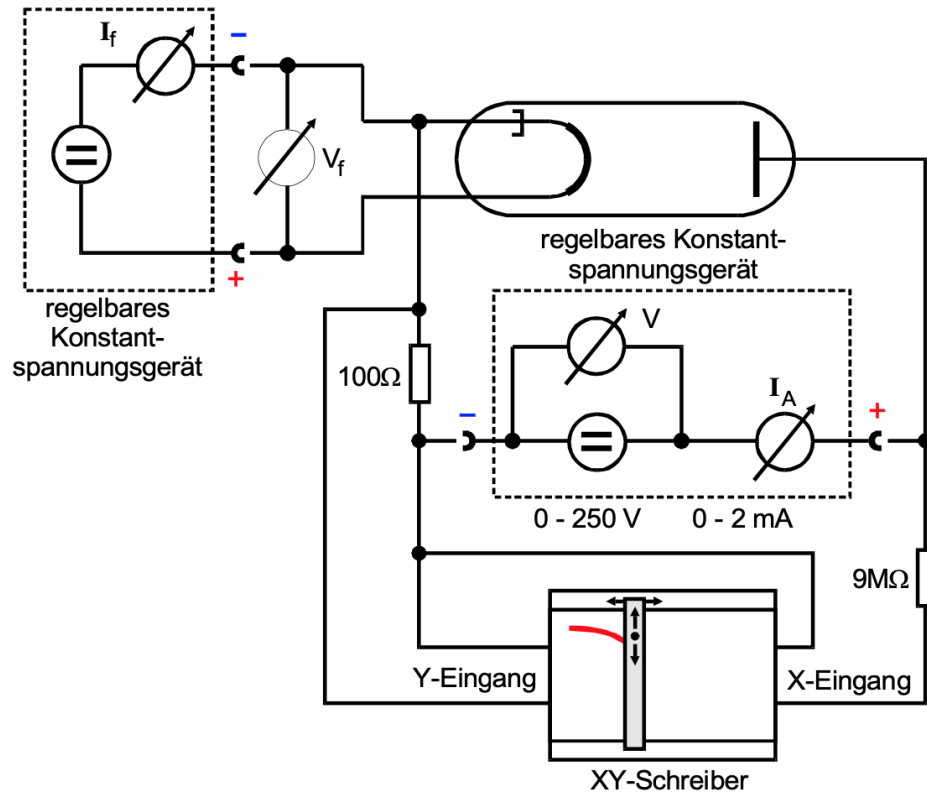


Abbildung 2: Ersatzschaltbild des Aufbaus zur Bestimmung der Temperaturabhängigkeit.[1]

Im zweiten Teil, zur Untersuchung der Anlaufstromkurve wird die folgende Schaltung verwendet.

Es wird bei maximaler Heizleistung die Anodenspannung kleinschrittig erhöht und der Anodenstrom notiert.

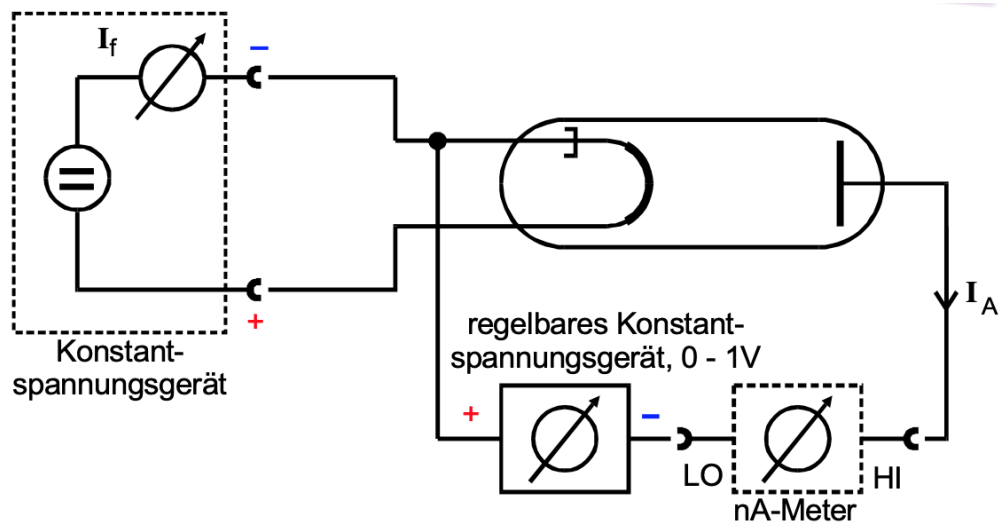


Abbildung 3: Ersatzschaltbild des Aufbaus zur Untersuchung der Anlaufstromkurve.[1]

4 Auswertung

5 Diskussion

Literatur

- [1] *Thermische Elektronenemission*. TU Dortmund, Fakultät Physik.