

AUSWERTUNG: ELEKTRISCHE WIDERSTÄNDE

TOBIAS FREY, FREYA GNAM

1. R(T)-ABHÄNGIGKEIT EINES HALBLEITERWIDERSTANDES

Mit Hilfe einer Wheatstoneschen Brückenschaltung wurde die Temperaturabhängigkeit eines Halbleiterwiderstandes bestimmt. Um eine möglichst genaue Messung durchführen zu können, haben wir das Verstärker-Multimeter, das als Brückeninstrument dient, in der empfindlichsten Einstellung benutzt. Mithilfe der Wheatstoneschen Gleichung kann nun der unbekannte Halbleiterwiderstand bestimmt werden. Mit zunehmender Temperatur fällt der Widerstand exponentiell ab (siehe Abbildung 1).

ABBILDUNG 1. R(T)-Abhängigkeit des Halbleiterwiderstandes

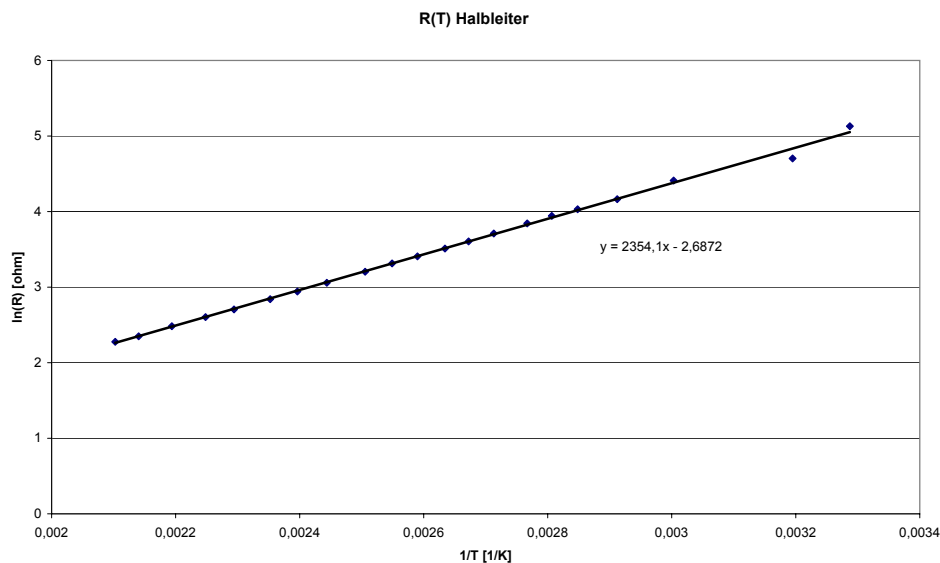
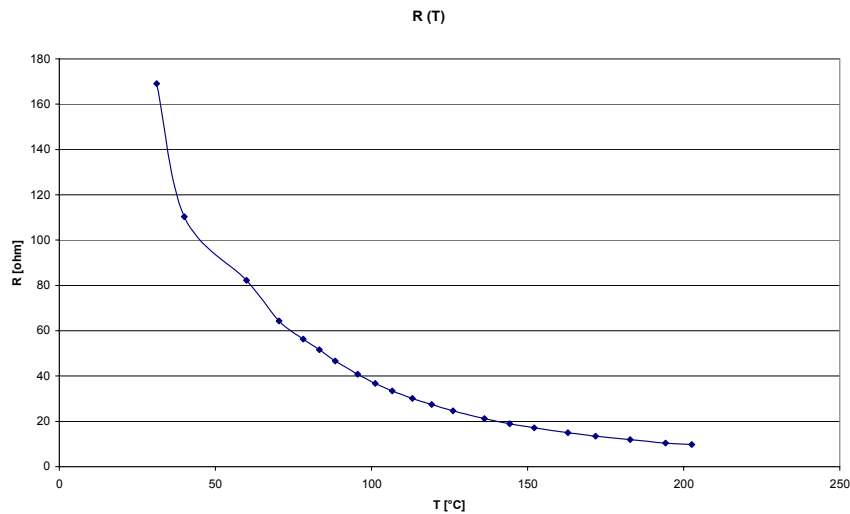


ABBILDUNG 2. Logarithmische Auftragung



Zur Bestimmung der temperaturabhängigen Widerstandsgleichung tragen wir den Logarithmus des Widerstandes über den Kehrwert der Temperatur auf (siehe Abbildung 2).

Aus der resultierenden Geradengleichung lassen sich die gesuchten Koeffizienten a und b bestimmen. Es gilt: $a = 68,1 \text{ m}\Omega$ und $b = 2354,1 \text{ K}$

Für die Widerstandsgleichung ergibt sich somit:

$$R(T) = 68 \text{ m}\Omega \cdot e^{\frac{2354 \text{ K}}{T}}$$

2. BESTIMMUNG VERSCHIEDENER WIDERSTÄNDE

2.1. I(U)-Abhängigkeit eines Edelmetallwiderstandes (oszillographisch). Mittels der Halbwellenschaltung des Experimentiergerätes wurde die I(U)-Abhängigkeit von Platin bei Zimmertemperatur bestimmt (siehe Messprotokoll). Wie wir vermutet haben besteht ein linearer Zusammenhang zwischen Spannung und Strom.

2.2. **Vergleich von Heiß- und Kaltwiderstand einer 60 W-Birne.** Wir messen einen Kaltwiderstand der Glühbirne von $64,13 \Omega$. Dies ist deutlich weniger als der notwendige Betriebswiderstand von 807Ω . Daher fließt nach dem Einschalten kurzzeitig ein sehr großer Strom. Durch die Erwärmung steigt der Widerstand dann rasch auf den Betriebswiderstand an.

2.3. **Kaltwiderstand einer 50 W-Kohlefadenlampe.** Wie in der vorherigen Aufgabe messen wir den Kaltwiderstand der Kohlefadenlampe mit dem Ohmmeter und vergleichen diesen mit dem Betriebswiderstand der Kohlefadenlampe. Wir messen einen Kaltwiderstand von 1690Ω . Der Betriebswiderstand beträgt nur 968Ω . Bei Kohlenstoff nimmt der Widerstand mit zunehmender Temperatur ab. Um auf den notwendigen Betriebswiderstand zu kommen muss die Kohlenstofflampe weniger heiß werden als die Wolframlampe. Man erkennt, dass sie sich nach dem Einschalten langsamer aufhellt als die Wolframlampe.

3. OSZILLOGRAPHISCHE BESTIMMUNG DER I(U)-ABHÄNGIGKEIT VERSCHIEDER DIODEN UND DES VARISTORS

Die Kennlinien der Dioden und des Varistors finden sich in unserem Messprotokoll skizziert. Sie entsprechen unseren Erwartungen. Bei der Aufzeichnung mussten wir beachten, dass der y-Eingang des Oszilloskop verpolt wurde, damit die Masse am gleichen Potential abgegriffen werden kann. Daher war im Oszillosgraphenbild der positive Strom auf der negativen y-Achse aufgezeichnet. Wir haben die Kennlinien jedoch gespiegelt und so aufgetragen, dass sich der richtige Verlauf ergibt.

Bei der Silizium- und Germaniumdiode konnten wir kein Strom in Sperrrichtung messen. Dies liegt daran, dass die Spannung der Halbwellenschaltung bei diesem Versuchsaufbau unterhalb der Durchbruchspannung bleibt. Bei der Zener-Diode war ein Strom in Sperrrichtung messbar, da für den Zener-Durchbruch bereits kleine Spannungen ausreichen.

Wir haben die Dioden mit einem Fön erwärmt, konnten jedoch keinen deutlichen Unterschied zum kalten Zustand beobachten.

4. WIEDERHOLUNG DER I(U)-ABHÄNGIGKEIT DES VARISTORS DURCH PUNKTWEISE STROM- UND SPANNUNGSMESSEUNG

Wir haben wie schon in Aufgabe 3.4 die Kennlinie eines Varistors bestimmt, diesmal aber durch punktweise Strom- und Spannungsmessung (siehe Abbildung 3). Diese Messkurve ist von der Form $U = c \cdot I^b$. Wir erhalten aus der logarithmischen Auftragung (siehe Abbildung 4) die Werte für b und c . Es gilt:

$$U = 3,624 \cdot I^{0,3553}$$

ABBILDUNG 3. I(U)-Abhängigkeit des Varistors

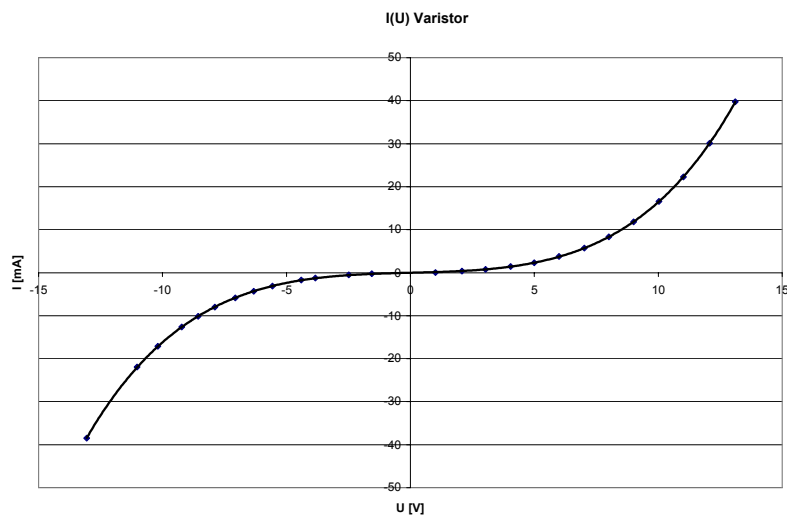


ABBILDUNG 4. Logarithmische Auftragung Varistor

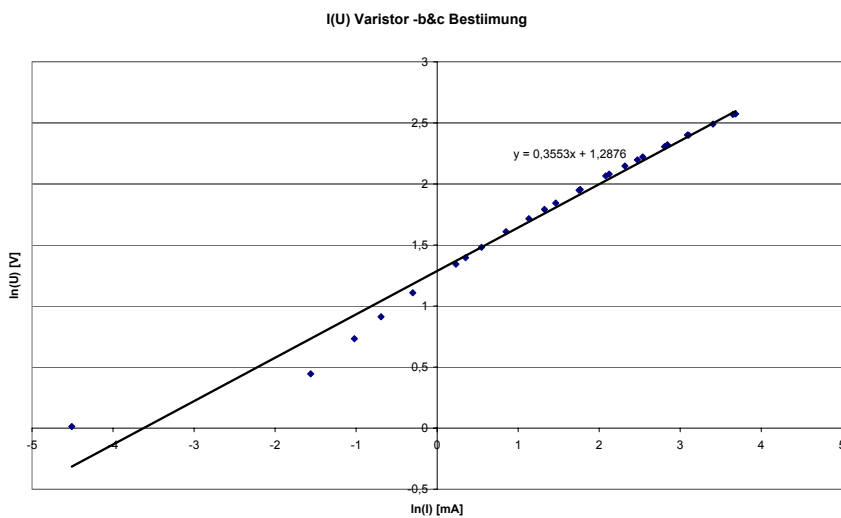
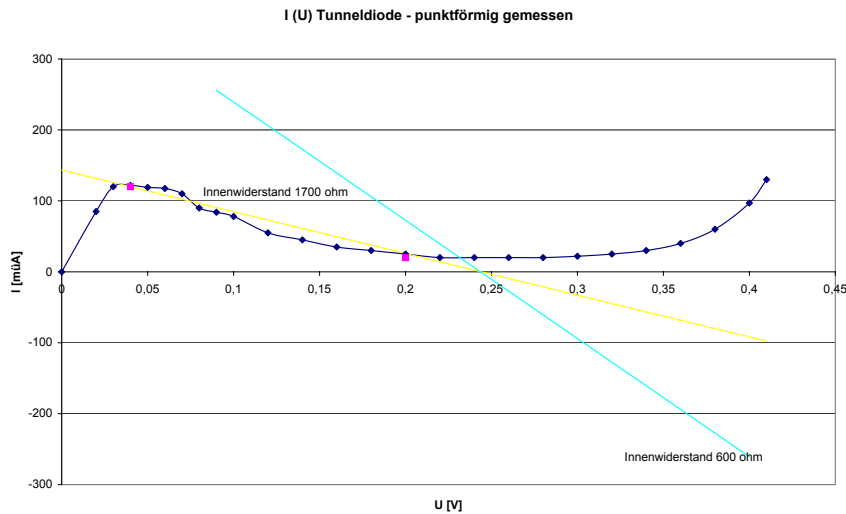


ABBILDUNG 5. I(U)-Abhängigkeit der Tunnelodiode



5. TUNNELDIODE

5.1. I(U)-Abhängigkeit der Tunnelodiode durch punktweise Strom- und Spannungsmessung. Um die I(U)-Abhängigkeit der Tunnelodiode zu bestimmen, haben wir die Spannungsteilerschaltung am Experimentiergerät verwendet. Die Messung erfolgte im $300 \mu\text{A}$ - Bereich. Daher liegt der Innenwiderstand des Strommessgerätes bei $R_i = 600 \Omega$, weshalb die Arbeitsgerade des Multizets die Kurve der Tunnelodiode nur in einem Punkt schneidet. Dadurch tritt kein Sprungverhalten der Stromstärke auf. Der Stromverlauf in Abhängigkeit der Spannung ist in Abbildung 5 aufgetragen.

Die Eigenschaften einer Tunnelodiode sind gut erkennbar. Das lokale Maximum des Tunneleffektes liegt bei $I = 0,03 \mu\text{A}$ und $U = 120 \text{ mV}$ (Höckerspannung). Hier ist es für die Elektronen energetisch am günstigsten vom Valenzband zum Leitungsband zu tunneln. Mit zunehmender Spannung benötigen die Elektronen weniger Energie um die Grenzschicht zu umlaufen, als dafür, sie zu durchtunneln. Dies zeigt sich in dem zweiten Anstieg der Stromstärke. Das lokale Minimum der Leitfähigkeit liegt bei $I = 0,25 \mu\text{A}$ und $U = 20 \text{ mV}$ (Talspannung).

ABBILDUNG 6. Widerstand der Tunnel diode in Abhängigkeit von der Spannung

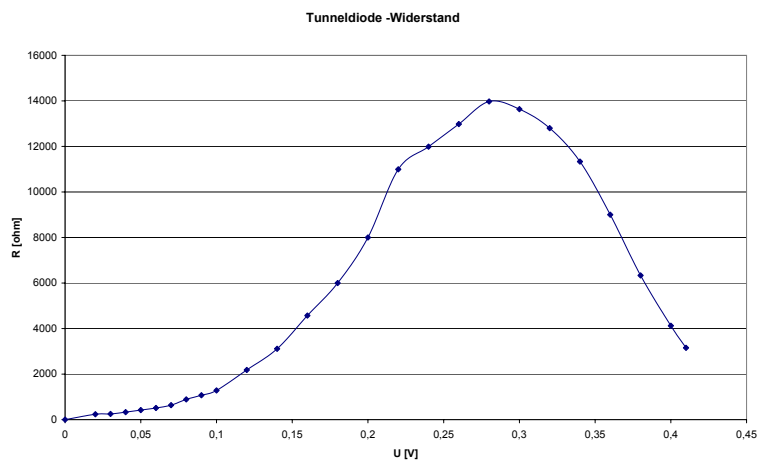
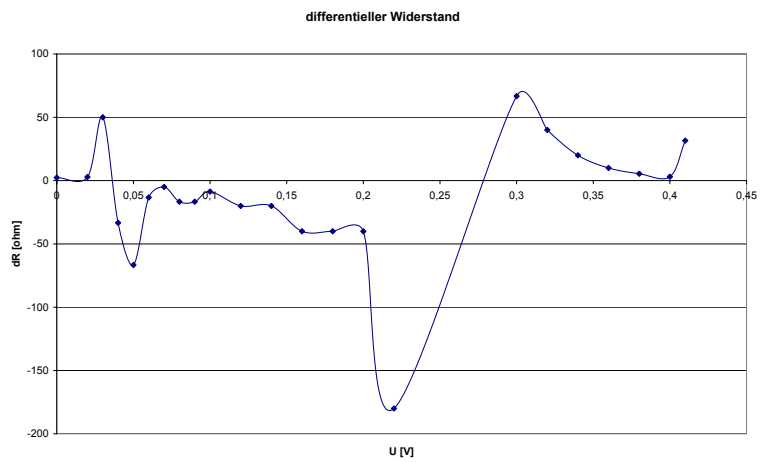


ABBILDUNG 7. Differentieller Widerstand in Abhängigkeit von der Spannung



Wir tragen nun den Widerstand und den differentiellen Widerstand über der Spannung auf (siehe Abbildung 6 und 7). Der differentielle Widerstand berechnet sich gemäß $dR = \frac{dU}{dI} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1}$.

5.2. Sprungverhalten des Stromes bei der Tunnelodiode. Der Messbereich des Strommessgerätes wurde nun auf $100 \mu A$ herabgesetzt und die Spannung erneut von Null hochgeregelt. Dabei konnten wir ein Sprungverhalten des Stromes beobachten.

Im gewählten Messbereich beträgt der Innenwiderstand des Strommessgerätes $R_i = 1700 \Omega$. Dadurch ergeben sich drei Schnittpunkte der Arbeitsgeraden mit der Kennlinie der Tunnelodiode. Wird die Stromstärke von Null langsam hochgeregelt, so springt sie beim Erreichen des ersten Schnittpunktes sofort auf den Wert des letzten Schnittpunktes. Zwischen den Schnittpunkten wählt die Stromstärke also den Weg der Arbeitsgeraden. Anschließend verläuft sie wieder entlang der Kennlinie.

5.3. Oszilloskopische Beobachtung der Spannung der Tunnelodiode. Wir haben dem Schaltkreis nun eine Spule hinzugefügt, so dass beim "Springen" des Stromes eine Spannungsüberhöhung statt fand. Die Spannung an der Tunnelodiode haben wir dann oszillosgraphisch beobachtet und dabei die Spannung am Spannungsteiler hochgeregelt.

In dem Augenblick in dem die Spannung den ersten Arbeitspunkt erreicht, fällt der Strom sehr schnell ab. Dadurch erzeugt die Spule eine gegengerichtete Induktionsspannung. Somit springt die Spannung der Tunnelodiode beim Erreichen des ersten Arbeitspunktes in den negativen Bereich. Anschließend baut sich die induzierte Spannung wieder ab und die Spannung der Diode läuft wieder entlang der Kennlinie zum Arbeitspunkt. Beim Erreichen des Arbeitspunktes wiederholt sich der Vorgang. Dadurch entsteht ein periodische Schwingungsverhalten. Es kann also somit aus einer Gleichspannung am Eingang nur mit Hilfe einer Diode und einer Spule eine Wechselspannung erzeugt werden.