

Auswertung P2-51 – Widerstandskennlinien

Michael Prim & Tobias Volkenandt

10. Juli 2006

Aufgabe 1 – R(T) Abhängigkeit des Halbleiterwiderstandes

Wir führten wie in der Vorbereitung dargestellt eine Messung des Widerstandes R_1 durch, so dass kein Strom über die Brücke in der Wheatstone'schen Brückenschaltung floss. Gleichzeitig notierten wir die zugehörige Temperatur am Halbleiterwiderstand.

Da wir zunächst fälschlicherweise den größten verfügbaren Widerstand als Referenzwiderstand R_N benutzten und der Kleinste dann nicht sofort auffindbar war, ist in Tabelle 1 auch jeweils der verwendete Widerstand R_N angegeben.

Wie in der Vorbereitung gezeigt ergibt sich der gesuchte Widerstand R_x dann aus:

$$R_x = \frac{R_N \cdot R_1}{R_2} \quad \text{wobei} \quad R_2 = 10k\Omega - R_1$$

R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	T [°C]	T [°K]	R_N [Ω]	R_x [Ω]
320	9680	33,4	306,4	5090	168,26
1240	8760	55,2	328,2	561	79,41
1080	8920	60,6	333,6	561	67,92
3170	6830	74,7	347,7	101	46,87
3080	6920	81,6	354,6	101	44,95
2370	7630	90,8	363,8	101	31,37
2005	7995	101,2	374,2	101	25,32
1695	8305	110,8	383,8	101	20,61
1390	8610	123,8	396,8	101	16,30
1090	8910	140,6	413,6	101	12,35
950	9050	150,8	423,8	101	10,60
830	9170	162,0	435,0	101	9,14
735	9265	172,7	445,7	101	8,01
650	9350	184,4	457,4	101	7,02
590	9410	194,0	467,0	101	6,33

Tabelle 1: Messwerte zur R(T) Abhängigkeit des Halbleiterwiderstandes

Trägt man nun den Logarithmus des Widerstandes $R_x(T)$ über dem Kehrwert der Temperatur auf, so kann man aus der sich ergebenden Geraden die gesuchten Koeffizienten a und b folgern.

$$R_x(T) = a \cdot \exp\left[\frac{b}{T}\right] \quad \rightarrow \quad \ln(R_x(T)) = \frac{b}{T} + \ln(a)$$

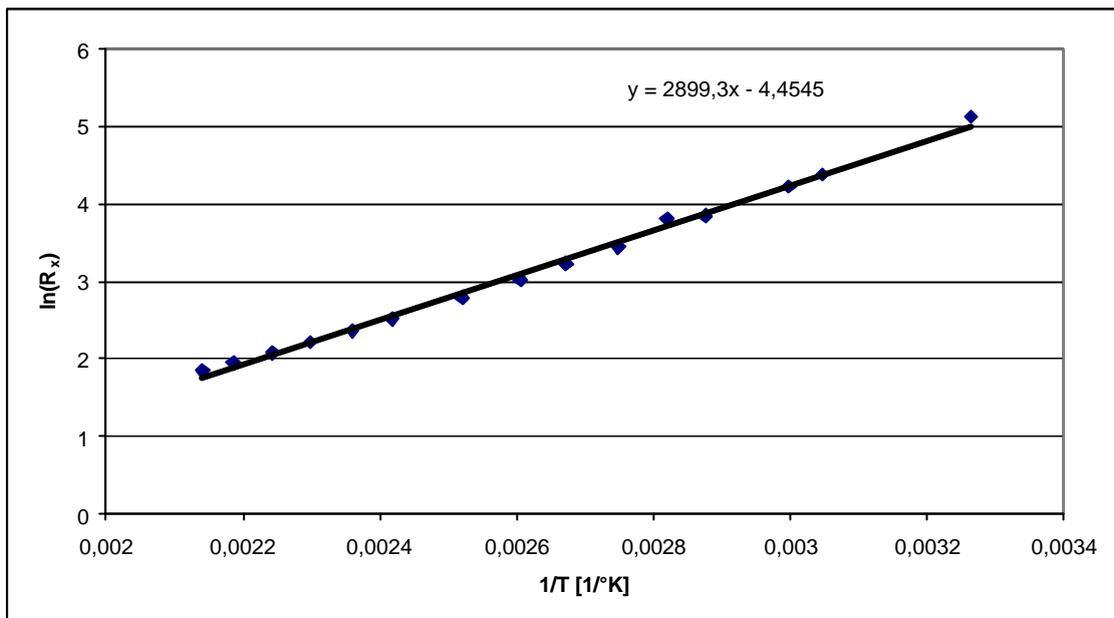


Diagramm 1: Logarithmus des Widerstandes über dem Kehrwert der Temperatur

Es ergibt sich damit für die gesuchten Koeffizienten:

$$b = 2899,3K$$

$$a = \exp[-4,4545] = 0,0116\Omega$$

Wie zu erwarten war, nimmt der Widerstand für hohe Temperaturen ab. Verschiedene Anwendungsmöglichkeiten hierfür, wurden bereits in der Vorbereitung vorgeschlagen.

Aufgabe 2.1 – I(U) Abhängigkeit eines Edelmetallwiderstandes

Mit Hilfe des Oszilloskops nahmen wir die Kennlinie eines Edelmetallwiderstandes auf. Das entsprechende Bild, befindet sich im Messprotokoll. Aus diesen Daten und der Tatsache, dass der Strom als Spannung über einem Referenzwiderstand von $R_N = 101\Omega$ gemessen wurde, lässt sich ein Edelmetallwiderstand von $R = 110,02\Omega$ ermitteln.

Eine Erwärmung des Widerstandes mit dem Föhn hatte eine Kippbewegung entgegen dem Uhrzeigersinn zur Folge, womit die Steigung der Kennlinie flacher wird und sich damit ein höherer Widerstand ergeben würde.

Aufgabe 2.2 – Kalt- und Betriebswiderstand einer 60W Wolfram-Glühbirne

Eine Messung des Kaltwiderstandes einer 60W Wolfram-Glühbirne, ergab $R_K = 64\Omega$. In der Vorbereitung wurde für den Betriebswiderstand $R_B = 882\Omega$ berechnet. Dies entspricht einem um den Faktor 13,78 höherem Betriebswiderstand.

Aufgabe 2.3 – Kalt- und Betriebswiderstand einer 50W Kohlefadenlampe

Eine Messung des Kaltwiderstandes einer 50W Kohlefadenlampe, ergab $R_K = 1690\Omega$. In der Vorbereitung wurde für den Betriebswiderstand $R_B = 1058\Omega$ berechnet. Dies entspricht einem um den Faktor 0,63 kleineren Betriebswiderstand.

Aufgabe 3.1 – I(U) Abhängigkeit bzw. Kennlinie einer Siliziumdiode (SID)

Die Kennlinie der Siliziumdiode ist im Messprotokoll zu finden. In Durchlassrichtung ermittelten wir eine Durchlassspannung von $U_{DL} \approx 0,5V$. In Sperrrichtung war die Durchbruchspannung U_{DB} , wie erwartet, nicht zu erreichen.

Aufgabe 3.2 – I(U) Abhängigkeit bzw. Kennlinie einer Zenerdiode (ZED)

Die Kennlinie der Zenerdiode ist im Messprotokoll zu finden. In Durchlassrichtung ermittelten wir eine Durchlassspannung von $U_{DL} \approx 0,6V$. In Sperrrichtung ermittelten wir eine Durchbruchspannung von $U_{DB} \approx 6,4V$, die wie erwartet deutlich größer als die Durchlassspannung ist.

Aufgabe 3.3 – I(U) Abhängigkeit bzw. Kennlinie einer Germaniumdiode (GED)

Die Kennlinie der Germaniumdiode ist im Messprotokoll zu finden. In Durchlassrichtung ermittelten wir eine Durchlassspannung von $U_{DL} \approx 0,25V$. In Sperrrichtung war die Durchbruchspannung U_{DB} , wie erwartet, nicht zu erreichen.

Aufgabe 3.4 – I(U) Abhängigkeit bzw. Kennlinie eines Varistors (VDR)

Die Kennlinie des Varistors ist im Messprotokoll zu finden. Wie erwartet, ergab sich ein symmetrisches Verhalten für Sperr- und Durchlassrichtung.

Aufgabe 4 – Punktweise Messung der I(U) Abhängigkeit eines Varistors

Wir führten nun eine erneute Messung der Kennlinie des Varistors durch. Diesmal jedoch Punktweise, wobei sich die in Tabelle 2 aufgeführten Messwerte ergaben. Analog zur Aufgabe 1, können die gesuchten Koeffizienten ermittelt werden, indem man den Logarithmus der Spannung über dem Logarithmus des Stroms, wie in Diagramm 2, aufträgt.

$$U = c \cdot I^b \quad \rightarrow \quad \ln(U) = b \cdot \ln(I) + \ln(c)$$

U [V]	I [mA]
12,9	38,940
12,4	34,150
12,0	30,830
11,5	26,640
11,0	22,640
10,5	19,600
10,0	16,690
9,5	13,860
9,0	12,170
8,5	10,220
8,0	8,690
7,5	7,180
7,0	5,910
6,5	4,780
6,0	3,810
5,5	3,070
5,0	2,400
4,5	1,860
4,0	1,410
3,5	1,030
3,0	0,680
2,5	0,506
2,0	0,326
1,5	0,196
1,0	0,104
0,5	0,040

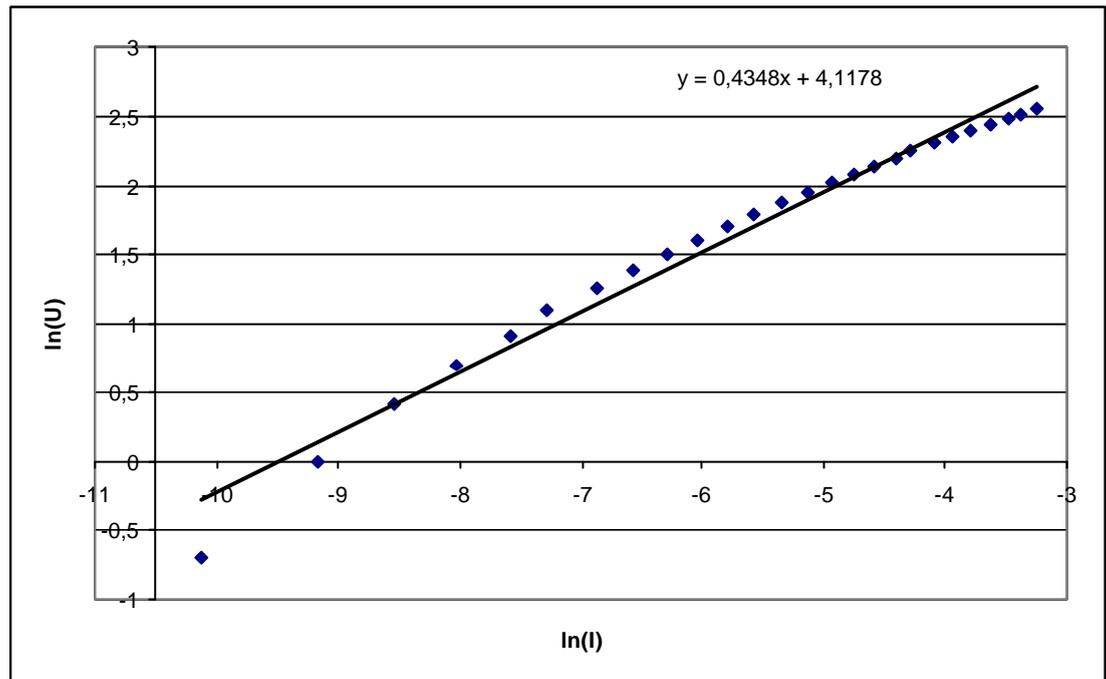


Tabelle 2: Messwerte zur Punktweise Messung der Kennlinie des Varistors
Diagramm 2: Logarithmus der Spannung über dem Logarithmus des Stroms

Es ergibt sich damit für die gesuchten Koeffizienten:

$$b = 0,4348$$

$$c = \exp[4,1178] = 61,42\Omega$$

Wie erwartet, war die Punktweise Messung wesentlich zeitaufwendiger. Entgegen der Messung am Oszilloskop ist sie jedoch wesentlich genauer, da das Ablesen am Schirm stets fehlerbehaftet ist.

Aufgabe 5.1 – Punktweise Messung der I(U) Abhängigkeit einer Tunnelodiode

Leider war uns die Durchführung dieses Aufgabenteils nicht möglich, da das einzige Messgerät, mit dem diese Aufgabe durchgeführt werden konnte, wiederholt seltsame Störungen hatte, die auch durch eine Rekalibrierung des Nullpunktes und einen Batteriewechsel, beide durch den Techniker, nur kurzzeitig beseitigt werden konnten.

Auch eine Übernahme der Messwerte der Parallelgruppe war nicht möglich, da offensichtlich auch dort das Messgerät falsche Ergebnisse geliefert hat, wie sich im Nachhinein herausstellte.

In einer kurzen funktionstüchtigen Phase, direkt nach dem Batteriewechsel, konnten wir jedoch Aufgabenteil 5.2 bearbeiten.

Aufgabe 5.2 – Sprungverhalten des Stroms

Im $100\mu\text{A}$ Bereich des Multizet konnten wir das Sprungverhalten der Tunnelodiode beobachten, indem wir langsam die Spannung nach oben regelten. Wobei sich dann ein Sprung von außerhalb der Skala auf $85\mu\text{A}$ ergab und einer von $51\mu\text{A}$ auf $31\mu\text{A}$. Anschließend folgte der Strom dem eigentlichen Verlauf.

Beim Runterregeln der Spannung ergab sich ein Sprung von $38\mu\text{A}$ auf $58\mu\text{A}$ und einer von $90\mu\text{A}$ nach außerhalb der Skala. Von dort fiel der Strom dann, wie erwartet, beim weiter Runterregeln der Spannung ab.

Aufgabe 5.3 – Spannungsüberhöhungen mit einer Spule an der Tunnelodiode

Wie erwartet, stellte sich beim Erhöhen des Stromes die Schwingung durch die Induktionseffekte ein. An den in Aufgabe 5.2 beobachteten Sprungpunkten erzeugt die rapide Änderung eine starke Induktion von Spannung in der Spule. Diese ist der eigentlichen Spannung entgegengerichtet und erzeugt somit einen Abfall eben jener, welche anschließend wieder ansteigt und erneut den Sprungpunkt erreicht, womit der Effekt sich wiederholt.

Wir ermittelten die Schwingungsdauer am Oszilloskop für beide vorhandenen Spulen.

L [μH]	T [μs]
330	1,5
47	0,5

Tabelle 3: Schwingungsdauer bei Spannungsüberhöhungen an der Tunnelodiode