

Vorbereitung des Versuches
P2-52
Widerstandskennlinien

Manuel Schmidberger

Markus Engelhardt

2005-05-30

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
1.1	Dotierte Halbleiter	3
1.2	Halbleiterdioden	3
2	Temperaturabhängigkeit eines Halbleiterwiderstandes	3
3	Verschiedene Widerstände	4
3.1	Kennlinie eines Edelmetallwiderstandes	4
3.2	Kennlinie eines Kaltwiderstandes	4
3.3	Vergleich eines Kaltwiderstandes mit einem Betriebswiderstand	4
4	Messung von $I(U)$-Abhängigkeiten verschiedener Dioden	5
4.1	Siliziumdiode (SID) in Durchlass- und Sperrrichtung	5
4.2	Zenerdiode (ZED) in Durchlass- und Sperr(Zener-)richtung .	5
4.3	Germaniumdiode (GED) in Durchlass- und Sperrrichtung . .	5
4.4	Varistor (VDR)	5
5	Kennlinie des Varistors durch punktweise Strom- und Spannungsmessung	6
6	Tunneldioden (GED)	6
6.1	Kennlinie einer Tunneldiode	6
6.2	Sprungverhalten des Stromes	6
6.3	Spannungserhöhung	7
7	Feldplatte	7

1 Einführung

1.1 Dotierte Halbleiter

Halbleiter sind Elemente, deren Leitfähigkeit zwischen den Metallen und den Nichtmetallen liegen. Ihre elektrische Leitfähigkeit erhöht sich mit zunehmender Temperatur.

Durch Einbau von Verunreinigungen (Dotieren) lässt sich die Leitfähigkeit von Halbleitern steigern. Dabei gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Beim Einbau eines Elementes mit einer um 1 erhöhten Valenzelektronenzahl entsteht ein freies Elektron, welches an keiner Bindung beteiligt ist (N-Dotierung)
2. Beim Einbau eines Elementes mit einer um 1 verminderten Valenzelektronenzahl entsteht eine so genannte Elektronenlücke, die von einem Elektron des benachbarten Atomes gefüllt wird (P-Dotierung)

1.2 Halbleiterdioden

Eine Halbleiterdiode ist eine Kombination aus einem P-dotierten und einem N-dotierten Halbleiter. Sie ermöglicht den Strom in nur eine Richtung fließen zu lassen.

Liegt der Pluspol an der P-Schicht, so lässt die Diode den Strom durch (Durchflussstrom).

Liegt der Pluspol hingegen an der N-Schicht, so sperrt die Diode. Hierbei fließt nur ein vergleichsweise sehr geringer Sperrstrom.

2 Temperaturabhängigkeit eines Halbleiterwiderstandes

Bei diesem Versuch geht es darum, die Temperaturabhängigkeit eines Halbleiterwiderstandes zu demonstrieren. Gemessen wird der Widerstand hierbei mit Hilfe der Wheatstoneschen Brückenschaltung. Dabei wird der Regelwiderstand R_R so eingestellt, dass kein Strom mehr durch die Brücke fließt. Für den gesuchten Widerstand R_X gilt nun:

$$R_X = \frac{R_R}{R_N} \cdot R_2$$

Für die Temperaturabhängigkeit eines Widerstandes gilt folgende Beziehung:

$$R(T) = a \cdot e^{\frac{b}{T}}$$

Der wesentliche Teil der Aufgabe besteht darin, die Koeffizienten a und b zu bestimmen. Wendet man auf beiden Seiten den Logarithmus an, so folgt die Gleichung einer logarithmischen Geraden:

$$\ln(R(T)) = \frac{b}{T} \cdot \ln(a)$$

Trägt man also $\ln(R(T))$ über $\frac{1}{T}$ auf, erhält man b durch die Steigung der Geraden und $\ln(a)$ als y-Achsenabschnitt.

3 Verschiedene Widerstände

3.1 Kennlinie eines Edelmetallwiderstandes

Im Folgenden wird die Spannungsabhängigkeit der Stromstärke eines Edelmetallwiderstandes am Oszillator dargestellt. Dabei sollte der Strom maximal 50 mA erreichen. Trägt man I über U auf, so erhält man nach dem ohmschen Gesetz ($I(U) = \frac{U}{R}$) eine Funktion deren Steigung der Kehrwert des Widerstandes ist.

3.2 Kennlinie eines Kaltwiderstandes

Hierbei wird eine gewöhnliche 60 W-Glühbirne verwendet (Wolfram-Glühwendel). Betrieben wird diese mit der herkömmlichen Haushaltsspannung von $U = 220 \text{ V}$. Mit

$$P = U \cdot I \quad \text{und} \quad I = \frac{U}{R}$$

folgt

$$R = \frac{U^2}{P} = \underline{806,7 \Omega}$$

3.3 Vergleich eines Kaltwiderstandes mit einem Betriebswiderstand

Benutzt wird in diesem Versuch eine 50 W-Kohledampflampe, aus deren Nenndaten sich der Betriebswiderstand analog zu 3.2 berechnen lässt. Es folgt

$$R = \underline{968 \Omega}$$

Nun wird mittels eines Ohmmeters der Kaltwiderstand der Lampe gemessen. Da die Kohledampflampe bei selber Leistung nicht so hell wird wie eine handelsübliche Glühbirne, ist für den Kaltwiderstand ein höherer Wert zu erwarten (Kohlenstoff = Heißleiter).

4 Messung von $I(U)$ -Abhängigkeiten verschiedener Dioden

4.1 Siliziumdiode (SID) in Durchlass- und Sperrrichtung

Es wird nun die Kennlinie einer Siliziumdiode betrachtet. Eine Siliziumdiode hat eine Sperr- und eine Durchlassrichtung. Die Diffusionsspannung einer SID liegt bei ca. $U_{Diff} = 0,6 \text{ V} - 0,7 \text{ V}$. Diese Spannung ist nötig, um einen Durchlass zu erreichen. Trägt man nun I über U auf, so erhält man die Kennlinie der SID. Ferner soll die Temperaturabhängigkeit der Diode überprüft werden. Dazu wird die Diode aufgeheizt.

4.2 Zenerdiode (ZED) in Durchlass- und Sperr(Zener-)richtung

Betrachtet werden soll nun die Kennlinie einer Zenerdiode (einer besonderen Arte der SID). Bei einer ZED kommt der Sperrkennlinie im niederohmigen Teil besondere Bedeutung zu. Erreicht die in Sperrrichtung angelegte Spannung die Abbruchspannung, steigt der Sperrstrom stark an. Hervorgerufen wird dies von nur zwei Effekten. Zum einen durch den Zenereffekt und zum anderen durch den Lawineneffekt. Das Prinzip des Zenereffekts wird im Folgenden kurz erläutert.

Die Sperrspannung baut ein elektrisches Feld in Sperrrichtung auf. Dieses Feld ruft wiederum eine Kraft hervor, die auf die Elektronen wirkt. Erreicht das Feld etwa eine Stärke von $20 \frac{\text{V}}{\mu\text{m}}$, werden Elektronen von ihren Bindungen losgerissen. Diese freien Elektronen bilden von nun an einen elektrischen Strom.

Die freien Elektronen werden nun durch das anliegende E-Feld stark beschleunigt. Ihre hohe kinetische Energie ist dabei in der Lage weitere Atome aus ihren Verankerungen zu reißen. Dies bezeichnet man als Lawineneffekt. Trägt man nun wiederum I über U auf, erhält man die Kennlinie einer ZED.

4.3 Germaniumdiode (GED) in Durchlass- und Sperrrichtung

Die Kennlinie einer GED ist der einer SED relativ ähnlich. Die Diffusionsspannung einer GED beträgt jedoch nur $U_{Diff} = 0,3 \text{ V}$. Sie wird gefunden in dem man die Asymptote bis zur U -Achse verlängert. Dies ist der Grund warum eine Germaniumdiode gegenüber einer SED bevorzugt wird.

4.4 Varistor (VDR)

Bei einem Varistor handelt es sich um eine Art "spannungsgesteuerte" Diode. Bei niedrigen Spannungen lässt der Varistor keinen Strom durch. Erhöht man die Spannung, baut sich ein elektrisches Feld auf und immer mehr Sperrschichten werden abgebaut.

Ein Varistor ist aus Siliziumkarbidkristallen aufgebaut. Diese haben dabei keine bestimmte Ausrichtung, sondern funktionieren als parallele oder in Reihe geschaltene Dioden. Somit ist es egal in welche Richtung der Strom fließt. Das I-U Diagramm ist somit punktsymmetrisch zum Origo.

5 Kennlinie des Varistors durch punktweise Strom- und Spannungsmessung

Im Vergleich zu Aufgabe 4.3 wird diese Messung nicht am Oszilloskop durchgeführt. Hier wird eine Kennlinie durch punktweise Messung von Strom und Spannung aufgenommen. Diese ist zwar aufwendig, aber dafür genauer als die oszilloskopische Messung.

Zwischen Strom und Spannung besteht folgender Zusammenhang:

$$U = c \cdot I^b$$

Wie schon in 2. wird auf beiden Seiten einfach der Logarithmus angewandt. Es ergibt sich also:

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

Man erhält also eine Geradengleichung mit Steigung b und $\ln c$ als y-Achsenabschnitt.

6 Tunneldioden (GED)

Eine Tunneldiode ist eine Germaniumdiode bei der der n- bzw. p-Bereich sehr stark dotiert ist. Durch diese Eigenschaft ist die Sperrschicht besonders dünn, sodass Elektronen auf einem bestimmten Energieniveau diese durchlaufen können. Legt man nur eine geringe Spannung an die Diode (in Durchlassrichtung) fließt schon ein Strom, da die energetisch günstigen Elektronen durch die Sperrschicht tunneln.

6.1 Kennlinie einer Tunneldiode

Es soll nun (wiederum punktweise) die Kennlinie einer Diode aufgenommen werden. Dargestellt werden sollen der Strom über die Spannung, sowie der Widerstand R und $\frac{dU}{dI}$ über die Spannung.

6.2 Sprungverhalten des Stromes

Um das Sprungverhalten des Stromes zu untersuchen, wird das Strommessgerät auf den $100 \mu A$ -Bereich gestellt. Dabei wird die Spannung von Null

an hochgeregelt.

Des Weiteren gilt es die Arbeitsgerade in das $I(U)$ -Diagramm einzuzeichnen.

Diese ist gegeben durch

$$I = \frac{U_0 - U}{R}$$

6.3 Spannungserhöhung

Die eben benutzte Schaltung wird in diesem Experiment um eine Spule erweitert. Wie in 6.2 wird auch hier langsam die Spannung bis zur Sprungstelle hochgeregelt. Es sollte zu beobachten sein, dass sich der Strom hier sprunghaft ändert. Die Spule wirkt dem Stromsprung entgegen, sodass der Strom wieder zurück springt. Da die Spule diesem aber wieder entgegenwirken müsste, sollten sich permanente Sprünge ergeben.

7 Feldplatte

Die Feldplatte ist ein durch ein magnetisches Feld steuerbarer Halbleiterwiderstand. Als Widerstandsmaterial findet eine dünne Schicht aus Indium-Antimonid Verwendung. In dieser Indium-Schicht befindet sich als leitendes Material Nickel-Antimonid, das den Strom unter Einfluss eines magnetischen Feldes ablenkt und dadurch den Weg durch das Halbleitermaterial verlängert. Steigt die magnetische Flussdichte (B), erhöht sich somit der Widerstandswert.

Man misst nun also den Widerstand der Platte mit und ohne Magnetfeld. Daraus berechnet man mittels gegebener Formel die Empfindlichkeit der Platte. Es gilt

$$\alpha_{rel} = \frac{\Delta R}{R \cdot \Delta B}$$