

Vorbereitung

# Eigenschaften elektrischer Bauelemente

## Versuch P2-50

Iris Conradi und Melanie Hauck  
Gruppe Mo-02

16. Juni 2011



## Inhaltsverzeichnis

<b>Grundlagen</b>	<b>3</b>
<b>1 Temperaturabhängigkeit</b>	<b>4</b>
<b>2 Kennlinien</b>	<b>5</b>
<b>3 Phototransistor</b>	<b>6</b>
<b>4 Piezo-Element</b>	<b>6</b>
<b>5 Hochtemperatursupraleiter</b>	<b>7</b>
<b>Literatur</b>	<b>7</b>

## Grundlagen

**Metalle, Halbleiter und Bändermodell** Als Halbleiter werden Stoffe bezeichnet, deren Leitfähigkeit bei Zimmertemperatur zwischen der Leitfähigkeit von Isolatoren und Metallen liegt.

Durch thermische Anregung gelangen Elektronen vom vollbesetzten Valenzband in das leere Leitungsband. Damit sind beide Energiebänder teilweise besetzt. Die Elektronen können sich im Leitungsband bewegen. Die „Löcher“ können sich im Valenzband bewegen. So erhöht sich die Leitfähigkeit des Materials. Ein solcher Halbleiter wird intrinsisch (eigenleitend) genannt, er ist hoch rein.

Durch Dotierung (gezieltes Verunreinigen) können die Eigenschaften des Halbleiters verändert werden. Es können sowohl Donatoren als auch Akzeptoren in das halbleitende Material eingebracht werden. Ein Donator gibt ein Elektron ins Material ab, sodass ein Elektron als freier Ladungsträger zu Verfügung steht und zur Leitfähigkeit beiträgt. Ein Akzeptor nimmt ein Elektron auf, so hat der Halbleiter ein Loch (Elektronenlücke, wirken im Prinzip wie positive Ladungsträger), welches zur Leitfähigkeit beiträgt. Halbleiter in denen hauptsächlich Elektronen als freie Ladungsträger vorhanden sind, nennt man n-dotiert. Wenn überwiegend Löcher die freien Ladungsträger darstellen, so wird der Halbleiter als p-dotiert bezeichnet.

Die notwendige thermische Anregung, um die entsprechenden Ladungsträger von den Dotieratomen zu trennen, ist im Vergleich zu der thermischen Anregung, wie sie bei intrinsischen Halbleitern nötig ist, nur sehr gering.

Zwischen Leitungsband und Valenzband gibt es eine Bandlücke. Diese muss durch thermische Anregung überwunden werden. Bei Metallen ist die Lücke vernachlässigbar. Bei Isolatoren ist sie sehr groß.

**Halbleiterdiode, pn-Übergang** Wenn nun ein p-dotiertes und ein n-dotiertes Material aneinandergrenzen (beide natürlich zuvor elektrisch neutral) kommt ein Diffusionsprozess in Gang, bis ein Gleichgewicht mit der entstehenden Gegenspannung herrscht. Es entsteht also eine Raumladungszone in der sich aber keine freien Ladungsträger befinden. Eine Halbleiterdiode besteht aus einer solchen Grenzschicht. Der Anschluss am n-dotierten Bereich ist die Kathode, am p-dotierten Bereich die Anode.

Wenn an die Kathode nun der positive Pol angeschlossen wird und an die Anode der negative, so fließt nur ein geringer Strom, da keine Ladungsträger durch den an Ladungsträgern verarmten Bereich gelangen. Die Raumladungszone wird sogar noch größer. Nur die in der Raumladungszone neu entstehenden (thermische Aktivierung) freien Ladungsträger tragen zum Stromfluss bei. Eine in dieser Weise angeschlossene Diode wird also in Sperrrichtung betrieben. Je nach Material fließt ab einer gewissen Spannung doch ein Strom (Durchbruchspannung).

Wenn man die Diode andersherum anschließt (Durchlassrichtung), so fließen die freien Ladungsträger durch die Raumladungszone. Es existiert also ein spannungsabhängiger Strom.

**Photoeffekt** Dieser Effekt wird bei Photobaulementen ausgenutzt.

Die Energie die zum Wechsel vom Valenzband ins Leitungsband nötig ist wird durch Absorption eines Photons geleistet. Die geschieht wie beim bekannten Photoeffekt. Dazu muss die Energie des Photons größer sein als die Bandlücke.

## 1 Temperaturabhängigkeit

In diesem Versuch soll die Temperaturabhängigkeit verschiedener Halbleiterwiderstände mit Hilfe einer Wheatstoneschen Brückenschaltung gemessen werden.

Mit dieser Schaltung (vgl. Abbildung 1) kann ein unbekannter Widerstand sehr genau bestimmt werden, da kein Fehler durch den Innenwiderstand eines Messgerätes gemacht wird.

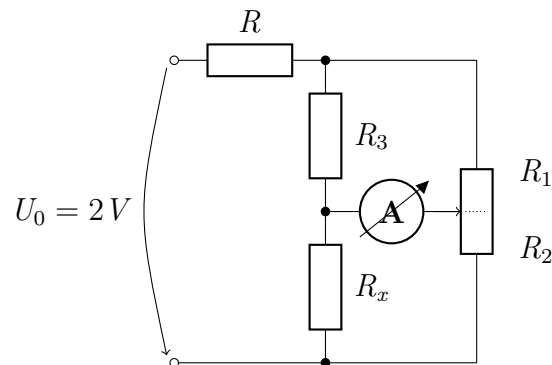
Ein regelbarer Widerstand wird so eingestellt, dass über die Brücke kein Strom fließt. Da der Potentialunterschied zwischen den Anschlussstellen der Brücke also Null ist, haben die beiden Spannungsteiler das gleiche Verhältnis. Der unbekannte Widerstand kann

---

über die Spannungsteilerregel bestimmt werden.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_x} \rightarrow R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1} \quad (1)$$

Der Vorwiderstand  $R$  ist nur zur Strombegrenzung nötig.



**Abbildung 1:** Wheatstonsche-Brückenschaltung

Halbleiterwiderstände können heißleitend (NTC) oder kaltleitend (PTC) sein. In diesem Versuch soll die Temperaturabhängigkeit von jeweils einem solchen Material bestimmt werden. Die zu erwartende Temperaturabhängigkeit ist auf dem Aufgabenblatt angegeben.

Um bei den Messungen keine Temperatureffekte an den anderen Widerständen mit zu beobachten, verwendet man einen Taster um die Spannung nur kurzzeitig anzulegen.

## 2 Kennlinien

Wenn man zu einem Bauteil Strom gegen Spannung aufträgt, lassen sich charakteristische Eigenschaften an der entstehenden Kurve erkennen. Diese Kurve bezeichnet man als Kennlinie.

Man muss jedoch beachten, dass man den Strom nur indirekt über seine Proportionalität zur Spannung über einen Widerstand am Oszilloskop betrachten kann. Beim Aufnehmen der Kennlinien wird der XY-Betrieb des Oszilloskops verwendet. Die Spannung wird über dem Bauteil gemessen. Mit dem anderen Kanal nimmt man die Spannung über einem in Reihe geschalteten Widerstand auf. Diese Spannung ist proportional zum Strom.

Eine Zener-Diode sperrt bei niedrigen Spannungen in beide Richtungen. In Durchlassrichtung wird jedoch bei noch recht niedrigen Spannungen der Widerstand der Diode

sehr niedrig, es fließt ein sehr hoher Strom. In Sperrichtung ist die nötige Spannung um einen Stromfluss zu erreichen deutlich höher. Jedoch hat auch diese Spannung einen definierten Wert. Eine 4V-Z-Diode beispielsweise hat diesen Punkt in Sperrichtung bei 4V. Im Vergleich zu normalen Dioden geht eine Zener-Diode nicht kaputt, wenn diese Spannung überschritten wird.

Mit einer in Sperrichtung geschalteten Zenerdiode kann man eine Spannungsstabilisierung durchführen, wenn man sie in einem Spannungsteiler mit einem festen Widerstand verwendet. Über der Zener-Diode liegt die Zenerspannung (Durchbruchspannung) an. Wenn sich die Spannung der Spannungsquelle etwas ändert, so variiert der Widerstand der Zenerdiode sodass wieder die Zenerspannung anliegt.

Ein Varistor ändert seinen Widerstand abhängig von der angelegten Spannung. An einer gewissen Schwellenspannung sinkt der Widerstand schlagartig.

Diese Eigenschaft kann man ausnutzen, um Schaltungen mit stromempfindlichen Bauteilen vor Überspannungen zu schützen. Der Varistor wird parallel zu Überspannungsquelle und restlicher Schaltung eingebaut. Wenn eine Überspannung vorliegt, so wird der Varistor niederohmig und der hohe Strom fließt nicht durch die Schaltung sondern über den Varistor.

## 3 Phototransistor

Bei einem Phototransistor wird der Photoeffekt am pn-Übergang zwischen Basis und Emitter hervorgerufen. Es entsteht ein Photostrom. Dieser kleine Basisstrom steuert den größeren Kollektorstrom. Man erhält also eine Versträrkung des Photostroms. Ein Phototransistor ist also deutlich empfindlicher als eine Photodiode.

## 4 Piezo-Element

Man unterscheidet den piezoelektrischen Effekt und den inversen piezoelektrischen Effekt.

Bei piezoelektrischen Materialien können durch gerichtete Krafteinwirkung die zunächst zusammenfallenden Ladungsschwerpunkte gegeneinander verschoben werden. Damit entstehen im Inneren der Einheitszellen Dipole. Man kann somit eine Spannung über dem Material messen.

Beim inversen Piezoeffekt kann durch eine äußere Spannung eine Verformung der Kristallstruktur bewirkt werden.

In diesem Versuch sollen diese Effekte demonstriert werden.

---

## 5 Hochtemperatursupraleiter

In diesem Versuch soll die Sprungtemperatur eines Hochtemperatursupraleiters bestimmt werden. An dieser Temperatur verliert das Material schlagartig seinen Widerstand. Dies ist auf die Bildung sogenannter Cooper-Paare zurückzuführen. Sie wechselwirken nicht mehr mit Gitterschwingungen und -fehlern. Daher haben die Elektronen in diesem gekoppelten Zustand keinen elektrischen Widerstand mehr.

Während des Versuches wird der Strom durch den Supraleiter konstant gehalten. Durch Messung der Spannung über dem Supraleiter kann auf seinen Widerstand geschlossen werden.

Da der Widerstand des Supraleiters sehr klein ist, kann zu dieser Messung der Widerstand der Kabel vernachlässigt werden. Daher wird das Spannungsmessgerät direkt am Supraleiter angeschlossen. Da ein Spannungsmessgerät idealisiert einen unendlich hohen Innenwiderstand besitzt, fließt durch die Zuleitungen zum Messgerät kein Strom. Daher ist der Leitungswiderstand in diesen Zuleitungen nicht von Bedeutung. Diese Messmethode bezeichnet man als Vierleiterschaltung.

### Literatur

- Vorbereitungshilfe
- einige unserer Protokolle aus dem P1