

Organisation

Gruppeneinteilung nach Plan / Zeit für die Bearbeitung: 60 Minuten

Lernziele

- Die Funktionsweise und das Schaltverhalten einiger Diodentypen angeben können
- Schaltkreise mit Dioden aufbauen und erklären können

Materialliste

1 Netzgerät (2 x 0..30V=)
je 1 Diode 1N4003 (Si), OA 85 (Ge), BZX 97 C6V8 (Zener)
2 Multimeter
Widerstände (1k , 2k Trimmer)
Experimentierplatte KIT 102
Drähte

Programm

Klären Sie folgende Begriffe:

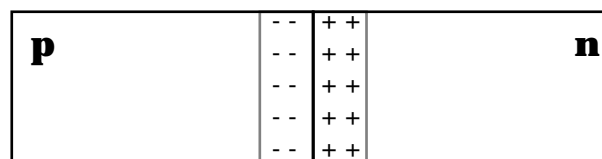
- Halbleiter
- Eigenleitung
- Störstellenleitung
- Donator
- Akzeptor
- n-Leiter
- p-Leiter

Metzler: Physik: 12.1.2 Halbleiter und Dotierung (S. 440)

Geben Sie an, welche ortsfesten Ionen vorübergehend im n-Leiter und im p-Leiter entstehen können, wenn Strom fließen soll.

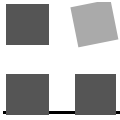
Der pn-Übergang

Halbleiterbauelemente bestehen aus Schichten von p- und n-Leitern. Als einfachste Kombination können wir die Aneinanderfügung eines n- und eines p-Leiters betrachten. Es entsteht dabei ein pn-Übergang.



Im Grenzbereich der n-leitenden Zone und der p-leitenden Zone wandern Elektronen wegen der Wärmebewegung in des Kristalls vom Donator der n-Zone zum Akzeptor der p-Zone. Die Grenzschicht im p-Leiter wird dabei etwas negativ geladen, jene im n-Leiter dagegen positiv (Raumladung). Durch die Raumladung wird eine Spannung aufgebaut, die ein weiteres Eindringen von Elektronen in den p-Leiter verhindert (Gleichgewicht). Die Diffusion der Ladungsträger in den p-Leiter hängt von der Temperatur des Materials ab. Bei hoher Temperatur wird die Grenzschicht breiter.

Die Grenzschicht hat aber wegen der Diffusion der Elektronen über die Grenze und Besetzung der Löcher keine freien ladungsträger mehr. Es fehlt also die Voraussetzung für das Fließen von elektrischem Strom. Erst wenn eine äussere Spannung angelegt wird, welche die Elektronen wieder zurück holt, wird der Kristall wieder leitfähig (Minus an n-Leiter: Durchlassschaltung). Bei umgekehrter Polung wird die Grenzschicht, die auch als Sperrschicht bezeichnet wird, breiter und lässt keine weitere Diffusion von Elektronen vom Donator zum Akzeptor zu (Sperrschaltung). Eine ganz geringe Leitfähigkeit bleibt allerdings wegen der Eigenleitung im Kristall dennoch gegeben.



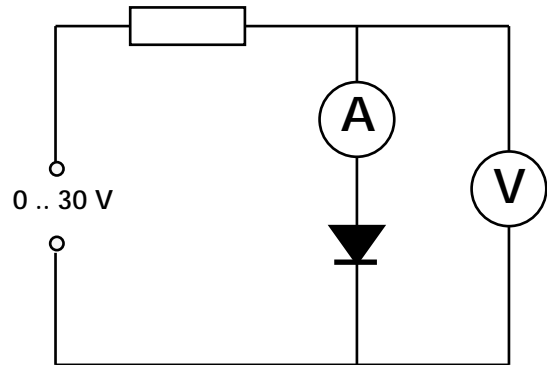
Versuch: (gruppenweise)

Bauen Sie die nebenstehende Schaltung auf:

Schalten Sie nacheinander die Dioden in den Kreis ein. Achten Sie darauf, dass der Strom nicht über 50 mA steigt.

Grenzwerte:
1N4007 (1A), OA 85 (50 mA), BZX 97 (50 mA)

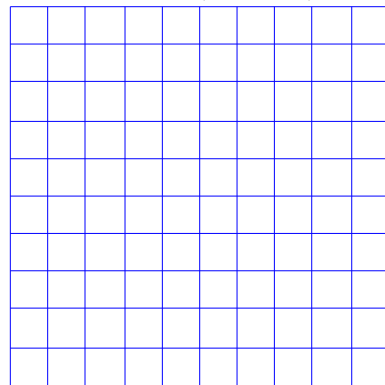
Beobachten Sie beim langsamen Anstieg der Spannung die Entwicklung des Stromes durch die Diode. (Falls gar kein Strom fließt, könnte die Diode verkehrt geschaltet sein.)



Nehmen Sie nun einige Messwerte (5 - 6 Wertepaare U/I) auf und zeichnen Sie die Punkte in das Diagramm ein. Wiederholen Sie das Experiment mit der Ge-Diode und mit der Zener-Diode

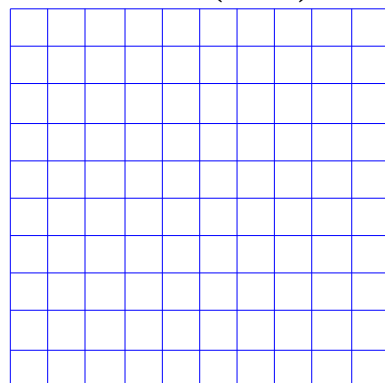
U/V	I/mA

Si-Diode (1N 4003)



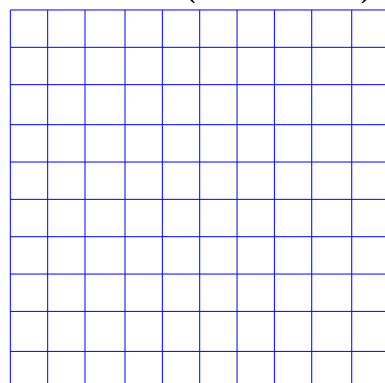
U/V	I/mA

Ge-Diode (OA 85)



U/V	I/mA

Zener-Diode (BZX 97 C3V9)

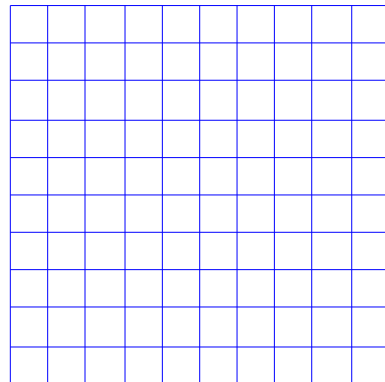




Wiederholen Sie das Experiment bei alle drei Dioden mit umgekehrter Polung.

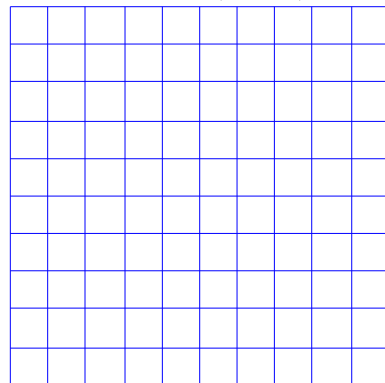
U/V	I/mA

Si-Diode (1N 4003)



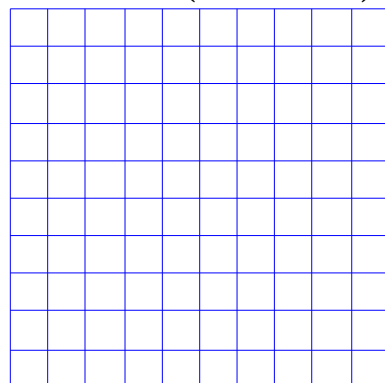
U/V	I/mA

Ge-Diode (OA 85)



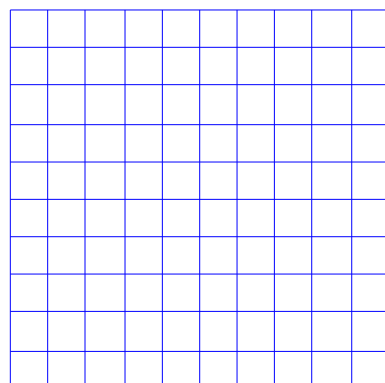
U/V	I/mA

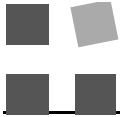
Zener-Diode (BZX 97 C3V9)



Sie haben jetzt die Diagramme für den Vorwärtsstrom und für den Sperrstrom aufgezichnet. Nun soll das generelle Prinzip für die Ausgestaltung der Kennlinie (U-I-Diagramm) gefunden werden. Wie verläuft bei Halbleiterdioden die Kurve im Vorwärts- bzw. im Sperrbereich. Zeichnen Sie im nächsten Diagramm eine Prinzipkurve:

Kennlinie der HL-Diode:

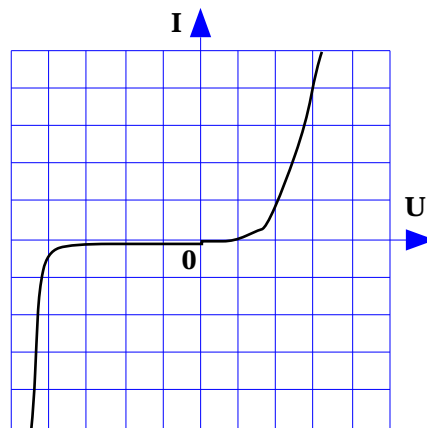


**Arbeitspunkt einer Halbleiterdiode:**

Je nach anliegender Spannung erhält man einen anderen Punkt auf der Kennlinie einer Diode. Man nennt das entsprechende Wertepaar (Spannung U /Strom I) den Arbeitspunkt der Diode. Eigentlich ist der Gleichstromwiderstand R der Diode im Arbeitspunkt gleich dem Anstieg der Tangente in diesem Punkt. Praktisch wird die Steigung der Sekante zu einem benachbarten Punkt ermittelt. Für R (differentieller Widerstand) erhält man somit:

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

Wegen der unterschiedlichen Krümmung der Kennlinie an verschiedenen Stellen ist der Gleichstromwiderstand von der Wahl des Arbeitspunktes abhängig.

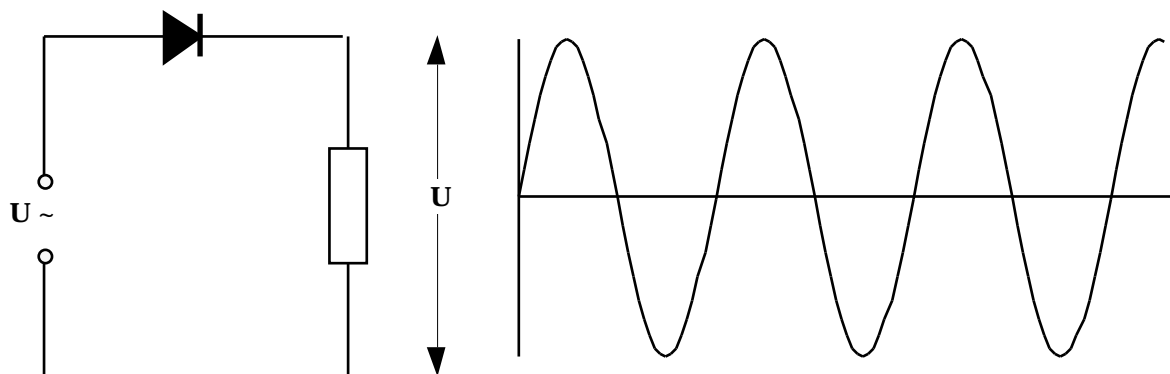
**Metzler-Physik: Der p-n-Übergang**

Lesen Sie im Buch Kapitel 12.1.3 p-n-Übergang und Dioden.

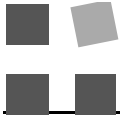
Gleichrichterdioden

Da Dioden in der einen Richtung leiten und in der anderen sperren (d.h. bis auf den Sperrstrom keinen Strom fließen lassen), werden Sie für die Gleichrichtung von Wechselstrom verwendet.

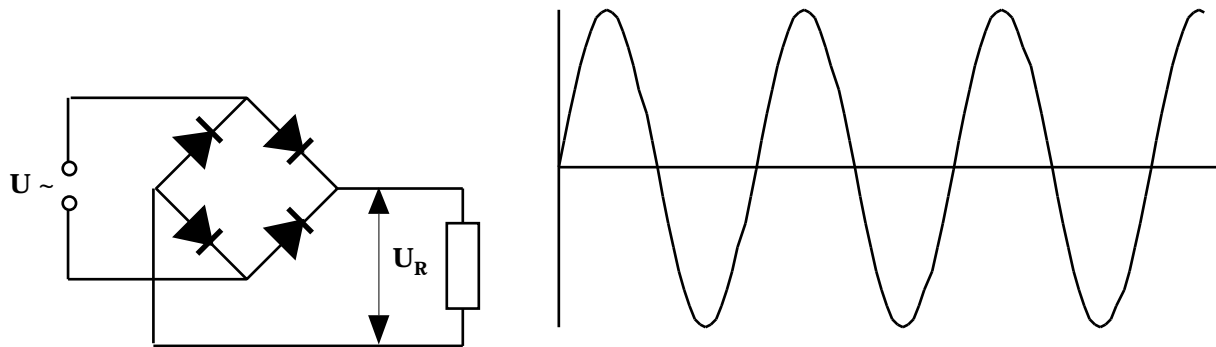
Die unten aufgezeichnete Schaltung bewirkt eine Gleichrichtung der Wechselspannung. Die angegebene Sinuskurve ist die Wechselspannung an der Quelle. Zeichnen Sie mit Farbe in dasselbe Diagramm den Spannungsverlauf am Widerstand ein.



Das vorhergehende Beispiel zeigt, dass beim Gleichrichten mit einer Diode immer eine halbe Periode lang kein Strom fließt. Besser wäre es, wenn man die Totzeiten auch nützen könnte, indem der Strom irgendwie umgeleitet würde. Es gibt tatsächlich eine Schaltung mit 4 Dioden, welche die ganze Periode der Sinuskurve ausnützt (Graetz-Schaltung). Versuchen Sie eine Vollweggleichrichtung mit 4 Dioden zu entwerfen. Falls Sie innerhalb nützlicher Zeit keinen Erfolg haben, lesen Sie auf der nächsten Seite weiter.

**Vollweggleichrichter nach Graetz (Brückenschaltung):**

Bei der Graetz'schen Brückenschaltung sorgen die Dioden dafür, dass gleich welche Polung die Quelle hat, der Strom immer von oben nach unten durch den Widerstand fließt. Zeichnen Sie mit Farbe im Diagramm mit der Sinuskurve den Spannungsverlauf am Widerstand ein.

**Zenerdioden**

In Versuch 1 wurde bei der Diode BZX 97 C6V8 ein steiler Anstieg des Stromes in Sperrrichtung bei ca. 6,5 bis 7 V beobachtet. Diese Erscheinung soll jetzt geklärt werden.

Zenerdioden sind eine Sonderform der Siliziumdioden. Sie werden in Sperrrichtung betrieben und leiten ab einer gewissen Spannung. Im Vorwärtsbetrieb verhalten sie sich wie gewöhnliche Siliziumdioden.

Die Spannung, bei welcher der rasante Anstieg der Leitfähigkeit im Sperrbereich auftritt, heisst Zenerspannung. Dieser Durchbruch (Zenereffekt) wird durch den Lawineneffekt hervorgerufen. Die Breite der Sperrschicht nimmt nur langsam und nicht proportional mit der Sperrspannung zu, sodass bei hoher Sperrspannung in der Sperrschicht eine extrem grosse elektrische Feldstärke entsteht. Dadurch wird die Kraft auf die Elektronen im p-dotierten Bereich so gross, dass sich einzelne sich vom Atom losreissen können und durch den Kristall hindurch fliegen. Unterwegs reissen sie weitere Elektronen mit (Stossionisation), es entsteht eine Kettenreaktion, lawinenartig bilden sich neue Ladungsträger.

Durch geeignete Dotierung kann man in einem weiten Bereich die Durchbruchspannung bei Zenerdioden einstellen.