

## 2 | Diodenkennlinien

Angelo Brade<sup>\*1</sup> and Jonas Wortmann<sup>†1</sup>

<sup>1</sup>Rheinische Friedrich–Wilhelms–Universität Bonn

August 30, 2024

---

<sup>\*</sup>s72abrad@uni-bonn.de

<sup>†</sup>s02jwort@uni-bonn.de

## Contents

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>2</b>
2.1	Halbleiter, Dotierung . . . . .	2
2.2	Dioden . . . . .	2
2.3	Gleichrichter und Glättung . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Voraufgaben</b>	<b>4</b>
3.1	A . . . . .	4
3.2	B . . . . .	4
3.3	C . . . . .	4
3.4	D . . . . .	5
3.5	E . . . . .	5
3.6	F . . . . .	5
3.7	G . . . . .	5
3.8	H . . . . .	5
3.9	I . . . . .	6
3.10	J . . . . .	6
3.11	K . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>8</b>
4.1	Versuchsaufgabe 1: Statistische Messung der Diodenkennlinie . . . . .	8

## 1 Einleitung

In diesem Versuch werden verschiedene Arten von Dioden und die mit ihnen zu bauenden Schaltungen untersucht. Zudem werden Kennlinien von Dioden betrachtet und gemessen und Ein- und Zweiweggleichrichterschaltungen mit Glättung behandelt.

## 2 Theorie

### 2.1 Halbleiter, Dotierung

Halbleiter sind Materialien, zwischen deren Leitungs- und Valenzband eine gewissen Gap-Energie ist. Es ist Elektronen nicht möglich ohne die Aufnahme bzw. Abgabe von Energie, wie z.B. in Metallen, zwischen Valenz- und Leitungsband zu wechseln.

Es gibt zwei Arten von Halbleitern bzw. -übergängen

- Direkte Halbleiter: Wenn Energieminimum des Leitungsbands und Energiemaximum des Valenzbands direkt untereinander liegen, dann können Elektronen allein durch Aufnahme bzw. Abgabe eines Photons das Band wechseln.
- Indirekte Halbleiter: Wenn Energieminimum des Leitungsbands und Energiemaximum des Valenzbands nicht direkt untereinander liegen, sondern noch eine Verschiebung nach links oder rechts besitzen, dann müssen die Elektronen nicht nur ihre Energie mit Hilfe eines Photons ändern, sondern auch ihren Impuls durch Aufnahme eines Phonons.

Es ist möglich Halbleiter zu dotieren. Der Prozess der Dotierung beschreibt das Hinzufügen von gewollten Unreinheiten in einen Kristall, um die Leitungseigenschaften zu ändern. Die p-Dotierung beschreibt das Hinzufügen von Atomen in ein Gitter, die ein Valenzelektron weniger als die Atome des Kristalls besitzen. Das führt zu einem Ladungsüberschuss an „positiven Ladungen“, da nun eine freie Stelle im Gitter existiert, bei der Elektronen rekombinieren können. Die n-Dotierung beschreibt das Hinzufügen von Atomen in ein Gitter, die ein Valenzelektron mehr als die Atome des Kristalls besitzen. Das führt zu einem Ladungsüberschuss an negativen Ladungen, da diese Elektronen nicht mit anderen Atomen kombinieren.

### 2.2 Dioden

Dioden bestehen aus einem n- und einem p-dotierten Material, welche eine Grenzschicht bilden und sind die einfachsten nichtlinearen Zweipole mit Kennlinie

Es ist zu erkennen, dass die Diode Strom nur in eine Richtung fließen lässt. In die Durchlassrichtung muss eine Mindestspannung von ca. 6 V bis 7 V anliegen, um das Gegenfeld der Diode zu überwinden. Ist dieses Gegenfeld einmal überwunden, so kann ein großer Strom bei kleiner Spannung fließen. In die Sperrichtung kommen meist nur wenige  $\mu\text{A}$  bei einer sehr hohen Spannung durch.

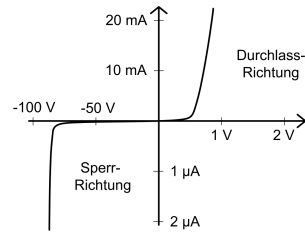


Figure 1: Kennlinie einer Diode; Abbildung 2.2 [1]

### 2.3 Gleichrichter und Glättung

Mit dieser Diode lassen sich Ein- und Zweiweggleichrichter bauen, die Wechselspannung in direkte Spannung umwandeln. Mit Hilfe eines

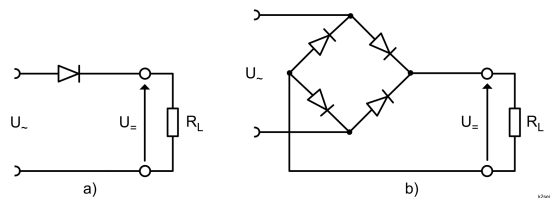


Figure 2: Ein- und Zweiweggleichrichter; Abbildung 2.4 [1]

Kondensators kann das noch vorhandene Brummen der Gleichspannung weitgehend unterdrückt werden. Dieses existiert weiterhin, da Gleichrichter nur die Polarität der Spannung kompensieren und nicht interpolieren.

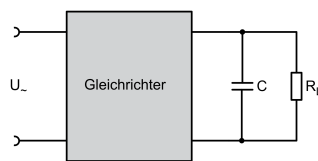


Figure 3: Glättungskondensator; Abbildung 2.5 [1]

Die Kapazität des Kondensators sollte möglichst so gewählt sein, dass die Restspannung ausreicht, um die Zeit zwischen den Wellen zu überbrücken, aber auch nicht zu groß, dass der Kondensator länger als ein Wellenberg auflädt. Ist die Kapazität zu klein, so wird das Brummen weniger stark ausgeglichen und die Spannung fällt schneller ab.

### 3 Voraufgaben

#### 3.1 A

Die Dicke der Grenzschicht eines p–n–Halbleiters ist bestimmt durch die Dichte der Dotierung. Je höher die Dotierung auf der einen Seite der Grenzschicht ist, desto kleiner ist die Verarmungszone auf der anderen Seite.

#### 3.2 B

Wird eine Spannung in Sperrrichtung einer Diode angelegt, so vergrößert sich die Grenzschicht, was dazu führt, dass sich die Kapazität der Diode verringert.

#### 3.3 C

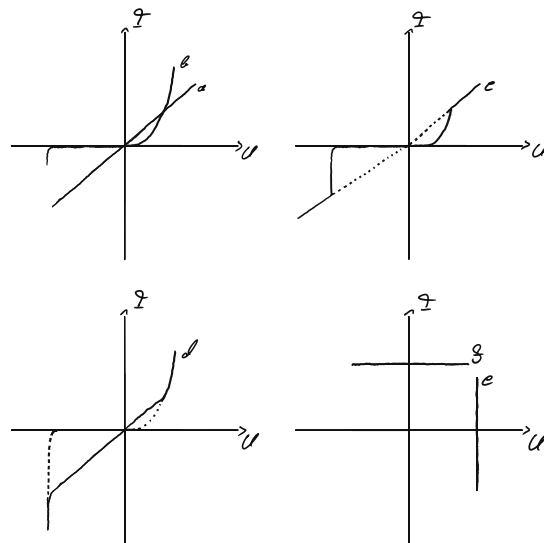


Figure 4: Kennlinienverlauf verschiedener Bauelemente; *a* OHM'scher Widerstand, *b* Diode, *c* Diode und OHM'scher Widerstand in Reihenschaltung, *d* Diode und OHM'scher Widerstand in Parallelschaltung, *e* ideale Spannungsquelle, *f* ideale Stromquelle

Die Widerstände in *c* und *d* sind jeweils verantwortlich für die Rück- und Hinrichtung des Stroms, wenn sie in reihe oder parallel geschaltet sind.

### 3.4 D

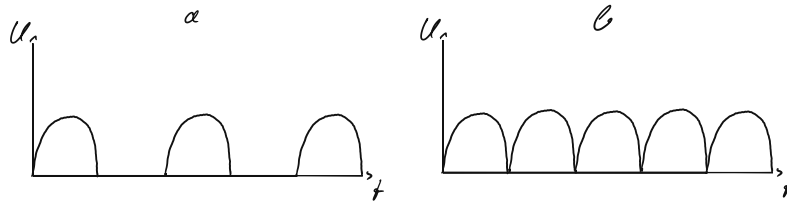


Figure 5: Ein- und Zweiweggleichrichter mit einer Eingangsspannung weit über der Durchlassspannung.

### 3.5 E

Die Kapazität eines nach einem Gleichrichter geschalteten Kondensators muss so groß sein, dass sie über die Dauer, die die Spannung abfällt, ausreichend Energie gespeichert hat, um weiterhin eine konstante Spannung zu liefern. Insofern sind größere Kapazitäten besser zum Ausgleich der Welligkeit.

### 3.6 F

Das Strommessgerät muss zur Messung der Kennlinie einer Diode in Durchlassrichtung *hinter* der Diode und für die Kennlinie in Sperrrichtung *vor* der Diode angeschlossen werden. Das Spannungsmessgerät bleibt immer parallel zur Diode geschaltet.

### 3.7 G

Eine zum Strom proportionale Spannung lässt sich über einen OHM'schen Widerstand herstellen, da die Relation

$$U = RI \quad (3.1)$$

gilt.

### 3.8 H

Die größte Kapazität eines Kondensators in einer Glättung mit einer Si-Diode ( $I_{\max} = 1 \text{ A}$ ,  $U_{\max} = 400 \text{ V}$ ) mit einer anliegenden Wechselspannung (Steigung von  $0.01 \text{ V } \mu\text{s}^{-1}$ ) liegt bei

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{I \cdot \Delta t}{U} = \frac{1 \text{ A} \cdot 100 \mu\text{s}}{1 \text{ V}} = 100 \mu\text{F}. \quad (3.2)$$

## 3.9 I

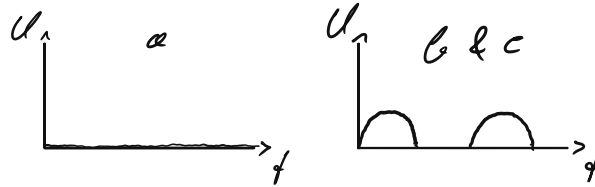


Figure 6: Ein- und Zweigleichrichter (Variationen)

## 3.10 J

Die Spannung über das Potentiometer ergibt sich aus

$$U' = U_0 \frac{R_L}{R_L + R}. \quad (3.3)$$

Der Extremwert für  $U'$  liegt bei  $U_0$ .



Figure 7: Spannungsabhängigkeit einer Spannungsteilerschaltung

## 3.11 K

Für die Schaltung mit Zenerdiode gilt die Knotenregel

$$I = I_{ZD} + I' \quad (3.4)$$

$$\Leftrightarrow \frac{U}{R} = I_{ZD} + \frac{U'}{R_L} \quad (3.5)$$

$$\Leftrightarrow \frac{U_0 - U_{ZD}}{R} = I_{ZD} + \frac{U'}{R_L} \quad (3.6)$$

$$\Leftrightarrow \frac{U_0 - U_{ZD}}{I_{ZD} + \frac{U'}{R_L}} = R \quad (3.7)$$



Mit  $U_0 \in [16 \text{ V}, 22 \text{ V}]$ ,  $R_L \in [200 \Omega, \infty \Omega]$ ,  $I_{\text{ZD}} \in [2 \text{ mA}, 100 \text{ mA}]$  und  $U' = 8.2 \text{ V}$  liegt der Wertebereich für den Widerstand bei

$$R \in [138 \Omega, 182 \Omega] . \quad (3.8)$$

## 4 Auswertung

### 4.1 Versuchsaufgabe 1: Statistische Messung der Diodenkennlinie

Für die Siliziumdiode MRA4004 und die SCHOTTKYdiode 10BQ015 wird mit einer statistischen Messung mit Hilfe von Strom- und Spannungsmessgerät die Kennlinie geplottet. Dazu werden die Dioden des Diodenschaltbretts verwendet

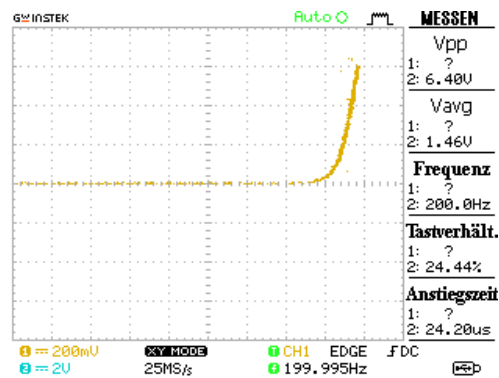


Figure 8: Kennlinie der Siliziumdiode MRA4004; max. Sperrspannung 400 V; max. Durchlassstrom 1000 mA

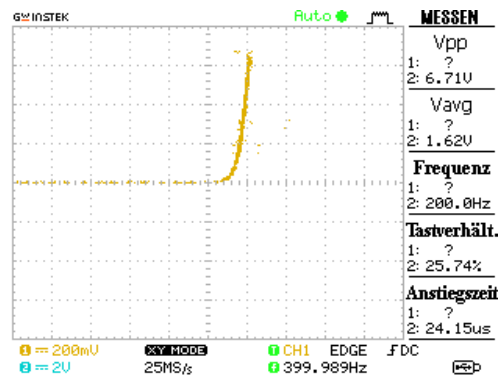


Figure 9: Kennlinie der SCHOTTKYdiode 10BQ015; max. Sperrspannung 15 V; max. Durchlassstrom 1000 mA

## List of Figures

1	Kennlinie einer Diode; Abbildung 2.2 [1] . . . . .	3
2	Ein- und Zweiweggleichrichter; Abbildung 2.4 [1] . . . . .	3
3	Glättungskondensator; Abbildung 2.5 [1] . . . . .	3
4	Kennlinienverlauf verschiedener Bauelemente . . . . .	4
5	Ein- und Zweiweggleichrichter . . . . .	5
6	Ein- und Zweigleichrichter (Variationen) . . . . .	6
7	Spannungsabhängigkeit einer Spannungsteilerschaltung . .	6
8	Kennlinie der Siliziumdiode MRA4004; max. Sperrspannung 400 V; max. Durchlassstrom 1000 mA . . .	9
9	Kennlinie der SCHOTTKYdiode 10BQ015; max. Sperrspannung 15 V; max. Durchlassstrom 1000 mA . . .	9

## List of Tables

## Source

- [1] Fabian Hügging. *Elektronik-Praktikum Versuchsanleitung*.  
Universität Bonn, kurs b edition, 2024.