

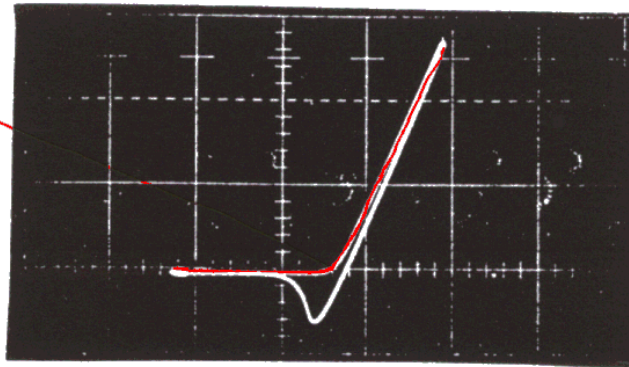
Leistungsnachweis Halbleiter - PhysikWS 1981/82Semester I₂ ;Termin 18.01.82 ;Zeit 9.45 - 10.30 Uh:

NOTE = 6 - Punkte

Aufgabe 1:

Die Kennlinie einer pn - Halbleiterdiode spaltet bei Anlegen einer Wechselspannung hoher Frequenz in die im unteren Bild gezeigten beiden Äste auf.

- a.) Zeichnen Sie mit Farbstift die Kennlinie für niedrige Frequenzen in das Diagramm ein.
- b) Beschreiben Sie die physikalischen Ursachen der Aufspaltung
- c) Welche Konsequenzen hat die Aufspaltung auf die Gleichrichtwirkung ?
- d) Durch welche Maßnahmen kann die Aufspaltung vermieden bzw. zu höheren Frequenzen verschoben werden ?

Aufgabe 2:

Die wesentlichen physikalischen Parameter eines elektrischen Leiters bzw. Halbleiters werden durch die Kombination eines Hall-Experiments mit einer Leitfähigkeitsmessung bestimmt.

- a) Skizzieren und beschreiben Sie die experimentelle Anordnung.
- b) Leiten Sie die Beziehungen zur Berechnung der Dichte, der Beweglichkeit und der mittleren Driftgeschwindigkeit der Ladungsträger ab.
- c) Bei einem n-Halbleiter mit bandförmiger Geometrie der Breite $b = 1 \text{ cm}$ wird bei der bekannten Driftgeschwindigkeit $v = 50$ der Elektronen eine Hall-Spannung $U_H = 1 \cdot 10^{-4} \text{ V}$ gemessen. Wie groß ist das Magnetfeld B ?

Aufgabe 3:

Für Leuchtanzeigen werden beispielsweise GaP - LED - Halbleiterbauelemente eingesetzt. Beschreiben Sie das physikalische Prinzip der Lichtemission. Wie groß ist die Energiedifferenz zwischen Valenz und Leitungsband, wenn das ausgesandte Licht eine Wellenlänge von 690 nm aufweist ? ($h = 4,13 \cdot 10^{-15} \text{ eV.s}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

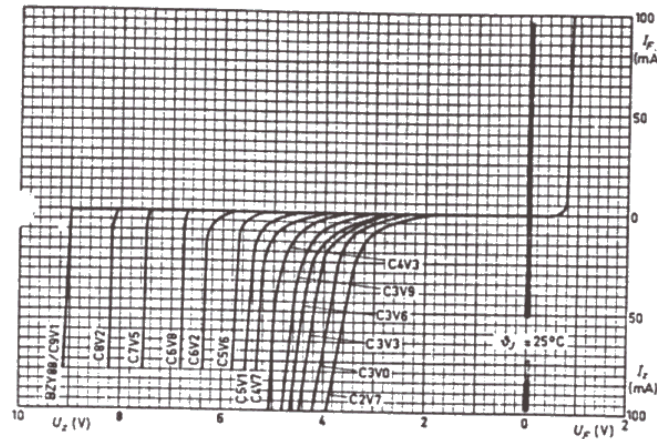
Aufgabe 4:

Zeichnen Sie das Prinzip eines Transistorverstärkers in Emitter-schaltung wenn die Steigung der Eingangskennlinie im Arbeitspunkt $dI_B / dU_{EB} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ A/V}$ die Stromverstärkung $B = 100$ und der Lastwiderstand $10 \text{ k}\Omega$ beträgt.

Aufgabe 5:

Z - Dioden werden bekanntlich zur Spannungsstabilisierung, z.B. in analogen Rechenschaltungen, eingesetzt. Problematisch ist jedoch die Temperaturabhängigkeit der Kennlinien.

- 5 a) Zeichnen Sie in das untenstehende Diagramm qualitativ die Kennlinie der Z - Dioden C9V1, C2V7 und C5V6 bei gegenüber der angegebenen Sperrschichttemperatur von 25°C erhöhter Temperatur, z.B. ca. 80°C, ein.
- 10 b) Nennen und erläutern Sie die beiden physikalischen Effekte, die zu der jeweiligen temperaturabhängigen Änderung der Kennlinie führen.



Beispiel von Z-Diodenkennlinien (Serie BZY 88), bei konstanter Sperrschichttemperatur θ_J

Aufgabe 6:

- 10 Eine Kapazitätsdiode weist bei einer Sperrspannung von - 2 V eine Kapazität von 100 pF auf. Wie groß ist ihre Kapazität bei einer Spannung von - 4 V ?

Aufgabe 7:

- 10 a) Erläutern Sie die Funktion eines bipolaren Transistors unter Berücksichtigung
- der Dotierung in Emitter und Basis
 - der Basisdicke
- 5 b) Welche Vor- bzw. Nachteile weist ein bipolarer Transistor im Vergleich zu einem MOS - Transistor auf ?

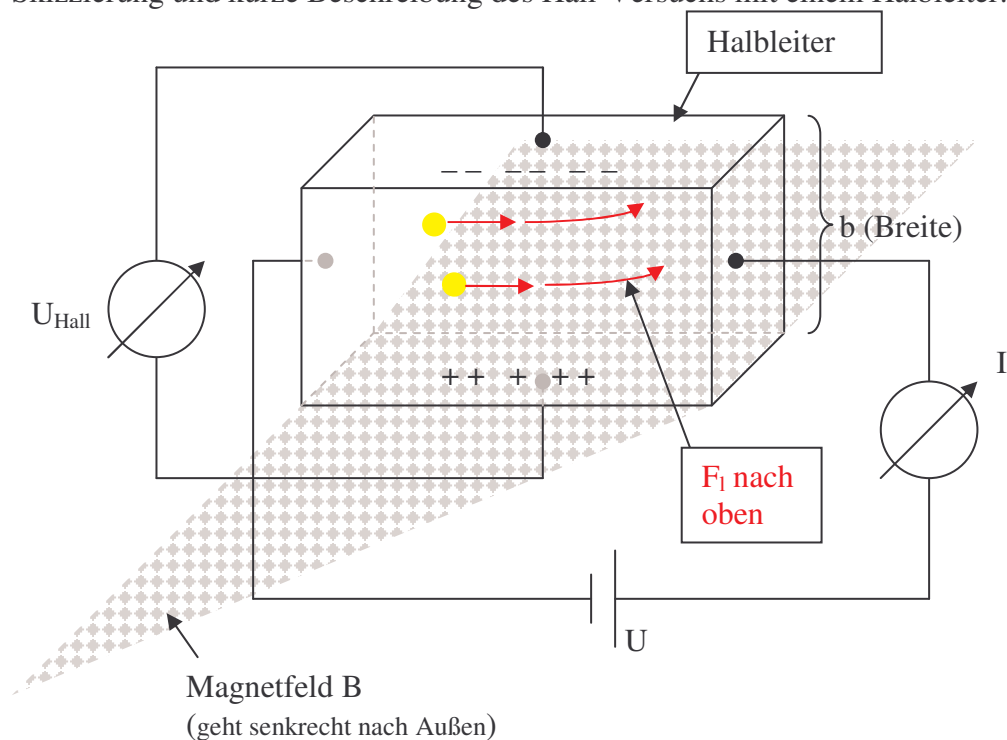
Aufgabe 8:

- 10 Beschreiben Sie den Aufbau und das physikalische Prinzip von Solarzellen.

gez. Krieg

105 P

1. a. Siehe rote Kurve auf der ersten Seite.
1. b. Physikalische Ursachen für die Aufspaltung:
Ist die Diode in Durchlassrichtung gepolt, fließt normaler Strom. Die durch den Wechselstrom bedingte Umpolung bewirkt, dass die Elektronen in der Mitte des Halbleiters die Richtung ändern und wieder zurück fließen (sprich: sie werden umgepolt). Die Folge: Negativer Strom entsteht.
1. c. Konsequenz beim Gleichrichter:
Er lässt kurzzeitig Strom in Sperr-Richtung durch, was nicht sein soll und Gift für die angeschlossenen Geräte ist.
1. d. Wie lässt sich dies vermeiden oder die höhere Frequenz verschieben?
Indem die Kapazitäten durch Plattenverkleinerung verringert wird. Dies geschieht aber ohnehin im Lauf der Zeit, da die Technik auf immer kleinerem Raum Platz findet.
2. a. Skizzierung und kurze Beschreibung des Hall-Versuchs mit einem Halbleiter:



2. b. Ableitung der Lorentzkraft, Driftgeschwindigkeit der Elektronen und Dichte der Elektronen:
 $I = n \cdot e \cdot v \cdot A$ (n (Dichte der Elektronen) und v (Driftgeschwindigkeit) sind beide unbekannt)

Lorentzkraft: $F_L = e \cdot v \cdot B = e \cdot \frac{U_{Hall}}{b} \Rightarrow v = \frac{U_{Hall}}{b \cdot B}$ = Driftgeschwindigkeit

Dichte der Elektronen: $n = \frac{I}{e \cdot v \cdot A}$ | v ersetzen mit Formel für Driftgeschwindigkeit $\Rightarrow \frac{I \cdot b \cdot B}{e \cdot U_{Hall} \cdot A}$

Beweglichkeit: $v = \mu \cdot E = \mu \cdot \frac{U}{l}$; $\mu = \frac{v \cdot l}{U}$ | v ersetzen mit Formel für Driftgeschwindigkeit $\Rightarrow \mu = \frac{U_{Hall} \cdot l}{b \cdot B \cdot U}$

2. c. Gegeben: $b = 1 \text{ cm}$; $v = 50 \text{ cm/s}$; $U_{Hall} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ V}$; Gesucht: B

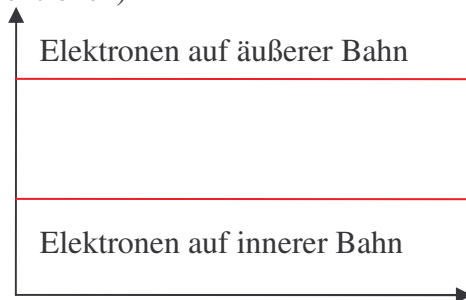
$$v = \frac{U_{Hall}}{b \cdot B} \Rightarrow B = \frac{U_{Hall}}{b \cdot v} = \frac{1 \cdot 10^{-4} \text{ V}}{1 \text{ cm} \cdot 50 \text{ cm/s}} = \frac{1 \cdot 10^{-4} \text{ V}}{1 \text{ cm} \cdot 50 \text{ cm/s}} = \frac{1 \cdot 10^{-4} \text{ Vs}}{50 \text{ cm}^2} = 0,2 \cdot 10^{-5} \text{ Vs/cm}^2 = 0,2 \text{ T}$$

3. Physikalisches Prinzip:

Ein P-N-Halbleiter wird in Durchlassrichtung geschaltet und an eine Stromquelle angeschlossen. Elektronen und Defektelektronen bewegen sich im Halbleiter aufeinander zu, treffen aufeinander und es kommt zur Rekombination, wobei Licht entsteht (nur in einer gewissen Rekombinationszone, **nicht auf dem gesamten Halbleiter!**).

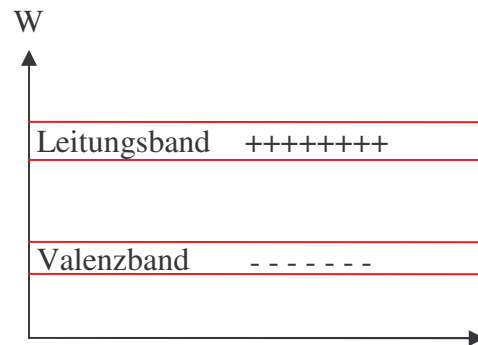
Anwendung finden solche P-N-Halbleiterdioden bei 7-Segment-Anzeigen

W (Energie der Elektronen)



Elektronen in der inneren Bahn brauchen weniger Energie aufzubringen als die Elektronen in der äußeren Bahn, wenn sie (theoretisch gesehen) nebeneinander um den Atomkern kreisen.

Beim Halbleiter:



Wird nun Strom durch den Halbleiter geschickt, werden die Elektronen auf die Defektelektronen „geschoben“, treffen aufeinander und Licht entsteht.

Einige Frequenzen:

blau $\rightarrow \lambda = 450 \cdot 10^{-9} \text{ mm}$ (Material: SiC = Siliziumcarbit)

grün $\rightarrow \lambda = 550 \cdot 10^{-9} \text{ mm}$ (Material: Si = Silizium)

rot $\rightarrow \lambda = 650 \cdot 10^{-9} \text{ mm}$ (Material: GaAs = Galliumarsenid)

infrarot $\rightarrow \lambda = 1500 \cdot 10^{-9} \text{ mm}$ (Material: Ge = Germanium)

fernes infrarot $\rightarrow \lambda = 10.000 \cdot 10^{-9} \text{ mm}$ (Material: HgCdTe = Quecksilbercadmiumtelur)

Ermittlung der Energiedifferenz zwischen Valenzband und Leitungsband:

Gegeben: Wellenlänge $\lambda = 690 \text{ nm}$; Plank-Konstante $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ (wurde seit Aufgabenstellung geändert lt. Hr. Krieg, wie auch die Einheit Joule-Sekunde); $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ (Lichtgeschwindigkeit)

Gesucht: $W_L - W_V$

$$\left. \begin{aligned} W_L - W_V &= h \cdot f \\ c &= \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \end{aligned} \right\} W_L - W_V = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{690 \cdot 10^{-9} \text{ mm}} = 2,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Anwendung findet dieses Verfahren als Bahnsensoren, die in regelmäßigen Abständen die Achsen der Bahn prüfen, ob sie zu heiß und somit bruchgefährdet sind.

4. Nicht Klausurrelevant und auch nicht besprochen

5. Da mir persönlich das, was uns Hr. Krieg sagte, als Erklärung nicht ausreichte und mir irgendwie der Bezug dazu fehlte, habe ich mal Google gefragt und dabei folgendes gefunden:

Eine normale Diode hat die Eigenschaft, in Durchlassrichtung ab zirka 0,6 Volt zu leiten. In entgegengesetzter Richtung sperrt die Diode.

Erst bei extrem hohen Spannungen (mehrere hundert bis über tausend Volt) reißen sich die Elektronen von ihrem Kern los und ein Stromfluss beginnt. Da der Strom dann sehr schnell ansteigt, wird die Strombahn überlastet und das Material verdampft. Die Diode ist kaputt.

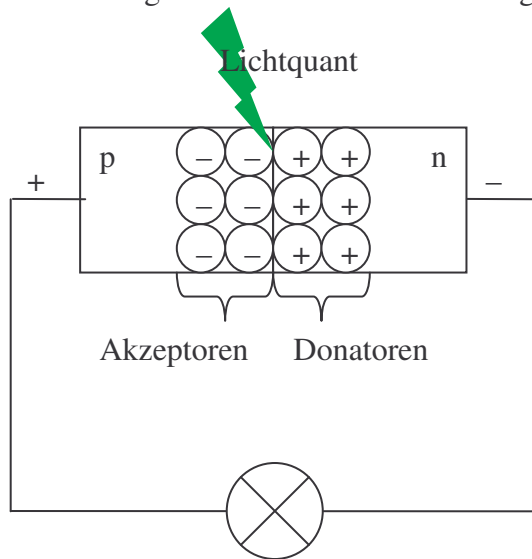
*Wird eine Diode höher dotiert, tritt dieser Effekt schon viel früher ein. Er führt bei kleinen Spannungen bis etwa 6 Volt zum **Zenerdurchbruch**. Findet der Durchbruch bei Spannungen*

über 6 Volt statt, handelt es sich um einen anderen Effekt (Avalanche- oder **Lawinendurchbruch**), der den scharfen Kennlinienknick verursacht.

Dabei wird ein freies Elektron auf seinem Weg durch die Sperrschicht so stark beschleunigt, dass es in der Lage ist, beim Aufprall auf ein anderes Atom mehrere Elektronen aus dem Atomverband herauszuschlagen. Diese neu entstandenen Elektronen werden ihrerseits wieder mehrere Elektronen frei machen und so vermehren sich die Elektronen lawinenartig (Avalanche-Effekt = Lawineneffekt).

Quelle: <http://www.qsl.net/dj4uf/schule/elk/diode3/diode3.htm>

6. Nicht Klausurrelevant und auch nicht besprochen
7. Nicht Klausurrelevant und auch nicht besprochen
8. Skizzierung des Aufbaus einer Schaltung mit einer Solarzelle und einem Verbraucher:



Funktionsweise:

Licht trifft auf die Solarzelle. Da das Licht das Ergebnis einer Rekombination von Elektronen und Defektelektronen ist, findet, wenn es auf die Solarzelle trifft, eine so genannte „Paar-Erzeugung“ statt (Es werden Paare von Elektronen und Defektelektronen erzeugt). Diese neu entstandenen Paare bewirken, dass die bereits vorhandenen Elektronen und Defektelektronen beginnen, ihrer Polung entsprechend zu wandern und somit die Solarzelle die Funktion einer Batterie übernimmt.