

Versuch 1.8: I-U-Kennlinien an Halbleitern und Solarzellen

I. Physikalisches Institut

1 Aufgabenstellung

Aufnahme von typischen Bauelementkennlinien einer Diode, eines Bipolartransistors sowie eines Feldeffekttransistors. Ermittlung des Bauteiltyps sowie der für die Elektronik wichtigen Bauteileigenschaften. Bestimmung der üblichen Kenngrößen verschiedener Solarzellen durch die Aufnahme von Dunkel- und Hellkennlinien.

2 Vorbereitung auf den Versuch

Die folgenden Themen werden in Form eines Kolloquiums vor dem Versuch abgefragt:

- Ursache und Eigenschaften der Energiebandstruktur in Festkörpern sowie daraus resultierende elektronische Eigenschaften
- Generation und Rekombination von Ladungsträgern in einem Halbleiter
- Funktionsweise eines pn-Übergangs ohne und mit externem elektrischen Feld
- Diodengrundgleichung und Abweichungen im Realfall
- Bautypen von Dioden
- Kenngrößen einer Solarzelle
- Aufbau und Funktionsweise von Bipolartransistoren
- Bautypen und Funktionsweise von Feldeffekttransistoren

3 Anleitung zur Durchführung

Diode: Verbindet die Diode mit Hilfe des Steckbretts mit der Spannungsquelle U_2 . Um geeignete Parameter für die Aufnahme der Kennlinien zu finden, wechselt nun in das Unterprogramm *manuell* und erhöht schrittweise die Spannung. Behaltet dabei das Amperemeter I über dem Potentiometer im Auge. Setzt jetzt die Spannung wieder zurück auf 0 V, polt die Diode um und erhöht erneut schrittweise die Spannung. Hieran könnt ihr die charakteristische elektronische Eigenschaft von Dioden beobachten. Wechselt jetzt in das Unterprogramm *Diode*, stellt geeignete Parameter ein, nimmt die Kennlinie der Diode auf und speichert die Messdaten ab. Achtet hierbei auf die richtige Polung der Diode.

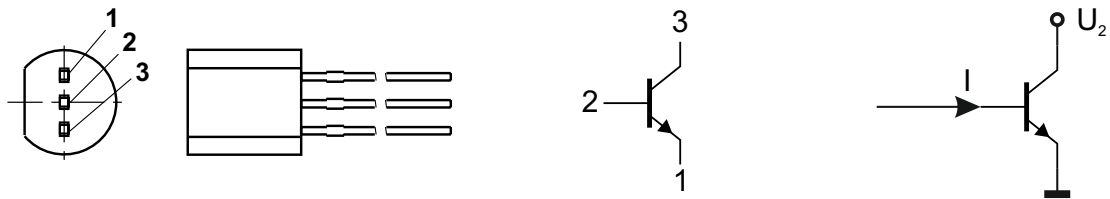


Abbildung 1: Pinbelegung und Schaltbild des Bipolartransistors vom Typ BC550

Bipolartransistor: Verbindet den Bipolar-Transistor vom Typ BC550 über das Steckbrett mit der Spannungsquelle U_2 und der Stromquelle I wie im Schaltbild in Abbildung 1 gezeigt. Variiert nun schrittweise im Unterprogramm *manuell* die Spannung U_2 , dann den Strom I , betrachtet dabei die beiden Amperemeter. Variiert nun abhängig von der Spannung U_2 den Strom I . Mit dem Basisstrom I steigt der um ein Vielfaches größere Kollektorstrom I_2 , man sagt ein kleiner Strom steuert einen Großen. Die äußere Beschaltung (d.h. der Einbau eines Transistors in eine elektrische Schaltung) bringt den Transistor in den gewünschten Arbeitsbereich (Strom- und Spannungsbereich, in dem der Transistor arbeitet). Zur praktischen Dimensionierung einer Schaltung müssen die Eigenschaften des Transistors bekannt sein, damit man sie durch eine geeignete Beschaltung optimal dem Anwendungszweck anpassen kann. Zur Charakterisierung dieser Eigenschaften werden Kennlinien aufgenommen. Allgemein beschreiben Kennlinien graphisch in einem Diagramm die typische Abhängigkeit zweier (oder mehrerer) Kenngrößen, z.B. die Abhängigkeit des Kollektorstroms I_2 vom Basisstrom I . Werden verschiedene Parameter variiert, so entstehen mehrere Kennlinien; man spricht von Kennlinienfeldern.

Vermisst und speichert anschließend im Unterprogramm *Transistor*:

- **Eingangskennlinienfeld:** Zusammenhang von Basisstrom I_B und Basis-Emitter-Spannung U_{BE}
- **Stromverstärkungskennlinienfeld:** Zusammenhang von Kollektorstrom I_C und Basisstrom I_B
- **Ausgangskennlinienfeld:** Zusammenhang von Kollektorstrom I_C und ansteigender Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE} bei verschiedenen, aber festen Basisströmen I_B
- **Spannungsrückwirkungskennlinienfeld:** Zusammenhang von Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE} und Basis-Emitter-Spannung U_{BE} bei verschiedenen, aber festen Basisströmen I_B

Feldeffekttransistor: Verbindet den Feldeffekt-Transistor über das Steckbrett mit den zwei Spannungsquellen wie im Schaltbild in Abbildung 2 gezeigt. Variiert nun die Gate-Source-Spannung U_1 und die Drain-Source-Spannung U_2 , betrachtet dabei die beiden Amperemeter. Es fließt kein Strom auf der Gate-Source Strecke, die Spannung U_1 ist also maßgeblich für die Änderung des Drain-Source-Stromes I_2 verantwortlich.

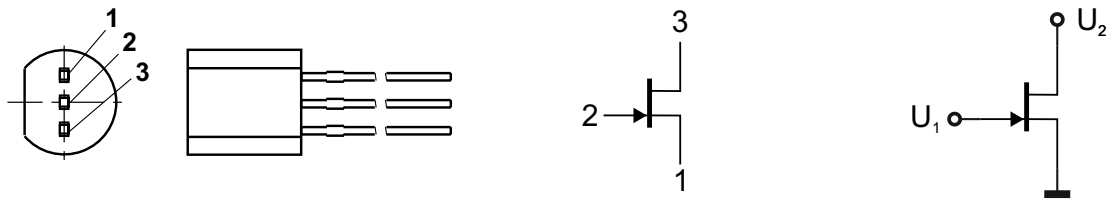


Abbildung 2: Pinbelegung und Schaltbild des Feldeffekttransistors vom Typ BS108

Wechselt jetzt in das Unterprogramm *FET*, nimmt die Kennlinienfelder auf und speichert diese im Anschluß:

- **Eingangskennlinienfeld:** Zusammenhang von Drain-Source-Strom I_{DS} und Gate-Source-Spannung U_{GS}
- **Ausgangskennlinienfeld:** Zusammenhang von Drain-Source-Strom I_{DS} und ansteigender Drain-Source-Spannung U_{DS} bei verschiedenen aber festen Gate-Source-Spannungen U_{GS}

Solarzellen: Bei Solarzellen geht es darum, aus Lichtenergie elektrische Energie zu gewinnen. Zur Charakterisierung von Solarzellen werden üblicherweise bestimmte Kenngrößen ermittelt. Hierzu zählen:

- Kurzschlußstrom I_{SC}
- Leerlaufspannung V_{OC}
- Füllfaktor FF
- Idealitätsfaktor n
- Sättigungsstrom I_S
- Wirkungsgrad η

Beginnt zunächst mit der Aufnahme von Dunkelkennlinien. Wechselt dazu in das Unterprogramm *Solar* nimmt diese auf und speichert sie anschließend. Jetzt werden Kennlinien unter Beleuchtung aufgenommen, gespeichert. Achtet darauf, dass Ihr hinreichend viel Abstand zur Lichtquelle einhält, da die Zelle sonst mehr Strom generiert als die Messelektronik verträgt (100 mA maximal).

4 Anleitung zur Auswertung

Theorie: Da die Theorie bereits im Kolloquium abgefragt wurde, kann in der Auswertung auf einen Theorie-Abschnitt verzichtet werden. Nur die für die Auswertung relevanten Formeln sollen in den entsprechenden Abschnitten der Auswertung angegeben werden.

Auswertung

- **Diode:** Diodengleichung (Formel), Erklärung der auftretenden Größen, typische Werte, Darstellung der Kennlinie, Bestimmung von Idealitätsfaktor und Sättigungsstrom durch einen Fit mit der Diodengleichung. Bestimmung der Durchbruchspannung, um welchen Diodentyp handelt es sich?
- **Bipolartransistor:** Definition der Vierpolparameter (Formeln), Darstellung der vier Kennlinienfelder, Bestimmung der Vierpolparameter an einem zu wählenden Arbeitspunkt.
- **Feldeffekttransistor:** Darstellung der Kennlinienfelder, um welchen FET-Typ handelt es sich?
- **Solarzelle:** Kenngrößen einer Solarzelle (Formeln), Darstellung der Hell- und Dunkelkennlinie, Bestimmung des Sättigungsstroms und Idealitätsfaktors aus den Dunkelkennlinien, woher kommen eventuelle Abweichungen vom Verlauf der Diodengleichung bzw. hohe Werte, Bestimmung von Kurzschlußstrom pro Fläche, Leerlaufspannung pro Zelle, Füllfaktor und relativer Effizienz aus den Hellkennlinien. Welche Solarzelle arbeitet am effektivsten?

5 Literatur

- C. KITTEL, *Einführung in die Festkörperphysik*, Oldenbourg Wissenschaftsverlag (Grundlagen)
- S. HUNKLINGER, *Festkörperphysik*, Oldenbourg Wissenschaftsverlag (Grundlagen)
- S. M. SZE, *Physics of Semiconductor Devices*, John Wiley & Sons (Grundlagen)
- K. BEUTH, *Elektronik 2 – Bauelemente*, Vogel Buchverlag (Bauelemente)