

4 Dioden

In Abschnitt 2.5 wurde das grundsätzliche Verhalten eines pn-Übergangs physikalisch und mathematisch beschrieben. Die Diode besteht im Wesentlichen aus solch einem pn-Übergang. In den folgenden Ausführungen sollen die Eigenschaften realer Dioden, die für die technischen Anwendungen von Bedeutung sind, näher beschrieben werden.

Das Schaltzeichen der Diode und die Grundschaltungen für Durchlass- und Sperrrichtung zeigt **Bild 4-1**.

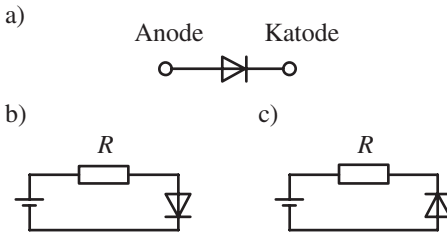


Bild 4-1 Diodenschaltung

- a) Schaltzeichen
- b) Diode in Durchlassrichtung
- c) Diode in Sperrrichtung

4.1 Eigenschaften der Dioden

Halbleiterdioden zeigen im Sperrbereich bei einer bestimmten Spannung je nach Typ der Diode einen Durchbrucheffect, d. h., der Strom steigt plötzlich sehr stark an. Von 0 bis 5 V ist dieser Durchbruch mit dem Feldstärkeeffect, auch mit Tunnel- oder Zenereffect bezeichnet, zu erklären. Bei hoher Dotierung tritt in der sehr dünnen Sperrschicht eine relativ hohe Feldstärke auf. Überlagert sich diese noch mit einer von außen angelegten Sperrspannung, so steigt die Feldstärke noch weiter an. Bei etwa $E = 10^5$ V/cm ist die Feldstärke so weit angewachsen, dass die Kraft ausreicht, gebundene Ladungsträger aus ihrem Atomverbund zu lösen, womit plötzlich viele freie Ladungsträger zur Verfügung stehen. Erfolgt der Durchbruch bei Sperrspannungen > 7 V, dann ist der so genannte Avalanche-Effekt (Lawinen-Effekt) hierfür maßgebend. Dabei geht man von der Annahme aus, dass bei großen Sperrspannungen bereits vorhandene Ladungsträger auf eine derartig hohe Geschwindigkeit

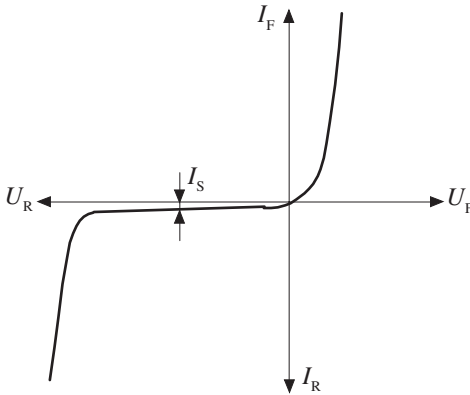


Bild 4.1-1 Strom-Spannungs-Kennlinie für eine Halbleiterdiode aus Silizium

beschleunigt werden, dass sie bei einem Zusammenstoß mit Atomen dort einen oder mehrere Ladungsträger herausschlagen, die dann wieder als freie Ladungsträger verfügbar sind usw. In **Bild 4.1-1** ist die vollständige Strom-Spannungs-Kennlinie einer realen Halbleiterdiode angegeben [2].

Die in Bild 4.1-1 angegebenen Formelzeichen haben folgende Bedeutung:

- I_F Durchlassstrom (forward current),
- U_F Durchlassspannung (forward voltage),
- I_R Sperrstrom (reverse current),
- U_R Sperrspannung (reverse voltage),
- I_S Sperrstrom ($I_S \approx 100 \mu\text{A}$).

Der Durchlassstrom einer Diode berechnet sich dann nach der Shockley'schen Diodengleichung zu

$$I_F = I_S \cdot \left(e^{\frac{U_F}{U_T}} - 1 \right) \quad (4.1-1)$$

In Gl. (4.1-1) ist U_T die Temperaturspannung. Für 300 K ist $U_T = 0,026 \text{ V}$.

Der Verlauf der Diodenkennlinie im Durchlassbereich ist von der Temperatur abhängig, wie **Bild 4.1-2** zeigt.

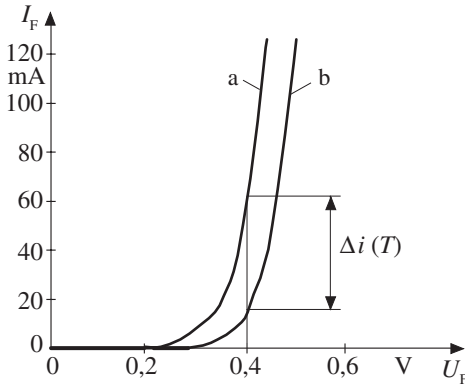


Bild 4.1-2 Temperaturabhängigkeit der Diodenkennlinie im Durchlassbereich. Die Diodentemperatur bei der Kennlinie a ist höher als die bei der Kennlinie b.

Im Durchlassbereich weist die Diodenkennlinie stark unterschiedliche Steigungen auf. Deshalb ist auch der differentielle Widerstand $\Delta R = \Delta u / \Delta i$ nicht konstant, wie dies **Bild 4.1-3** zeigt.

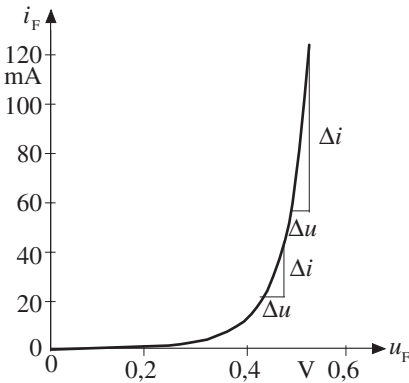


Bild 4.1-3 Darstellung unterschiedlicher differentieller Widerstände an der Diodenkennlinie

4.1.1 Arbeitspunktbestimmung

Sind in einer Schaltung ein Widerstand und eine Diode in Reihe geschaltet, so ist der Arbeitspunkt zu ermitteln. Dazu zeichnet man in das Diagramm mit der Diodenkennlinie die Widerstandsgerade ein. In diesem Fall schneidet die Widerstands-