

Die Halbleiterdiode als Gleichrichter

Gegenstand:

In vielen Lehrbüchern wird behauptet, für den Gleichrichtereffekt sei ein an beweglichen Ladungsträgern mehr oder weniger verarmter Bereich beiderseits der Kontaktfläche zwischen p- und n-Gebiet verantwortlich:

“Bei einem PN-Übergang entsteht durch Diffusion und gleichzeitige Rekombination der Ladungsträger im Grenzgebiet eine hochohmige Sperrzone...”

“Es bildet sich eine Sperrschicht, bei Durchlasspolung verschwindet sie.”

“Wenn die n-Schicht mit dem Pluspol und die p-Schicht mit dem Minuspol der Quelle verbunden ist, wird dadurch die Sperrschicht breiter. Die Diode sperrt.”

“Wird stattdessen die p-Schicht der Diode an den Pluspol und die n-Schicht an den Minuspol der Quelle angeschlossen, so dringen freie Elektronen und Elektronenfehlstellen in die Sperrschicht ein. Sie verliert ihre Wirkung und die Diode leitet.”

“...wird bei Polung in Sperrichtung die Raumladungsschicht verbreitert und damit der Widerstand erhöht.“

Mängel:

Tatsächlich ändert die Raumladungsschicht ihre Dicke mit der angelegten Spannung, sodass der Schluss plausibel scheint. Dieser Schluss von der Ladungsträgerkonzentration auf den Widerstand ist aber nur dann eindeutig, wenn die Ladungsträger auf dem betrachteten Weg ihre Identität bewahren. Er ist nicht mehr zulässig, wenn die Ladungsträger an Reaktionen teilnehmen. Genau das ist aber im pn-Übergang der Fall. Bei Durchlasspolung reagieren Elektronen und Defektelektronen zu Photonen und Phononen. Bei Polung in Sperrichtung läuft die Reaktion in die andere Richtung – allerdings mit viel geringerer Reaktionsrate, denn bei normalen Temperaturen sind nur wenige Phononen und Photonen vorhanden. Es ist diese Unsymmetrie im Reaktionsumsatz die die Unsymmetrie des Widerstandes der Diode bewirkt.

Die Dicke der Raumladungsschicht beträgt übrigens nur etwa 1/1000 der Dicke der Diffusionszone, d.h. des für den Gleichrichtereffekt tatsächlich zuständigen Bereichs.

Herkunft:

Die traditionelle Abneigung der Physiker gegenüber der Chemie. Sie führt zu dem aussichtslosen Versuch, das Geschehen in der Halbleiterdiode allein mit Ohmschem Gesetz und Elektrostatik zu erklären, d.h. mit den üblichen Werkzeugen der Elektrizitätslehre. Tatsächlich kommt man bei der Erklärung der Diode, sowie auch des pnp- und npn-Transistors ohne die Mittel der Chemie nicht aus. Am elegantesten wird die Erklärung, wenn man das chemische Potenzial als eine dem elektrischen Potenzial gleichwertige Triebkraft benutzt.

Hier trifft auch wörtlich das in Altlast 31 unter “Herkunft” gesagte zu.

Entsorgung:

Man erklärt Halbleiter-Gleichrichter und Leuchtdiode etwa so: Bei Polung in Durchlassrichtung fließen aus dem n-Gebiet Elektronen und aus dem p-Gebiet Löcher zum pn-Übergang hin und reagieren dort zu Photonen und Phononen. Die Diode ist für den elektrischen Strom durchlässig. Leuchtdioden sind so optimiert, dass möglichst wenige Phononen und möglichst viele Photonen entstehen. Bei Polung in Sperrichtung müssten die Ladungsträger von der Mitte weg nach außen fließen. Da aber vom pn-Übergang keine Elektronen und Löcher nachgeliefert werden, können auch keine wegfließen. Die Diode sperrt den elektrischen Strom, und sie emittiert kein Licht. Sieht man genauer hin, so stellt man fest, dass durch die thermische Umgebungsstrahlung Elektronen und Löcher mit sehr geringer Rate erzeugt werden. Diese Ladungsträger bilden den Sperrstrom.