

## **Halbleiter, Alleskönner in Elektronik und Licht**

### **Vortrag von Prof. Dr. Dietrich R. T. Zahn TU Chemnitz**

Halbleiter sind aus unserem heutigen Leben nicht mehr weg zu denken. Vor rund 60 Jahren begann die rasante Entwicklung der Halbleiter vom Makro bis heute zum Nano, also in den Größenbereichen von Zentimeter über Millimeter bis zu den Nanometerbereich ( $10^{-9}$  m).

Zu Zeit ist Silizium mit Abstand der wichtigste Halbleiter.

Silizium als Halbleiter ist vom Namen her ein Stoff dessen Leitfähigkeit zwischen den von Metallen und Isolatoren liegt. Dieses Element ist deshalb so prominent, da es schon eine lange Entwicklungszeit hinter sich hat und der Rohstoff wie Sand am Meer zur Verfügung steht. Das Silizium wird aus Quarzsand (Siliziumdioxid) gewonnen. Pures Silizium nutzt nicht viel. Es ist schlecht leitend bei Raumtemperatur. Aus diesem Grunde strebt man eine gezielte Verunreinigung an, in dem Fremdstoffe mit hinein gegeben werden wie z.B. Arsen (5-wertig), Indium (3-wertig), Silizium (4-wertig).

Diese Vermischung bewirkt Veränderung im Elektronenaufbau. Es entsteht ein Elektronenüberschuss. Dadurch kann die Leitfähigkeit verändert werden. Ungefähr  $10^{23}$  Atome sind in einem  $\text{cm}^3$  Siliziumkristall enthalten. Durch das Beimischen von Fremdstoffen werden ca.  $10^{15}$  bis  $10^{19}$  Atome mit hinein gebracht.

Silizium hat die gleiche Struktur wie ein Diamant. Die Atome sind exakt geordnet. Sie haben eine Tetraeder Bindung.

Wenn man vom Atom zum Festkörper übergeht, bilden die Atome im Festkörper eine Hybridorbitalstruktur. das ist die Grundstruktur für alle Kristalle.

Spaltet man z.B. die Bindung von 2 Atomen Silizium auf erhält man ein bindendes und ein antibindendes Atom. Werden nun viele Atome zusammen gebracht, spaltet sich das in ein Leitungs- und in ein Valenzband auf. Das Leitungsband ist normalerweise leer, während das Valenzband mit Elektronen gefüllt ist. Es ist eine Energielücke vorhanden und die nennt man Bandlücke.

Diese Bandlücke ist eine wichtige Größe, die Auskunft über die Eigenschaften der Halbleiter gibt.

Der Bereich der Bandlücken bewegt sich zwischen

0,3 - 6 eV (Elektronenvolt) für Halbleiter.

> 6 eV geht es in den bereich der Isolatoren.

(Ein Elektronenvolt bedeutet die Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen einer Potentialdifferenz von 1 V gewinnt.)

Darüber hinaus gibt es auch Halbleiter, wie Gallium, Arsenit und Germanium (das 1886 von Dehmert Winkler entdeckt wurde). Diese Elemente befinden sich im Periodensystem in unmittelbarer Nähe zum Silizium.

Das Galliumarsenid spielt eine wichtige Rolle, es hat Eigenschaften für das Licht, was dem Silizium fehlt.

Heute werden dem Silizium z. B. auch Aluminium, Gallium, Arsenid und Phosphor zu gemischt.

Seit einiger Zeit spielt Stickstoff eine immer größere Rolle. Stickstoffverbindungen mit z.B. Galliumnitrid galten lange als sehr schwierig in guter Qualität herstellbar.

Technologisch hat man nun einen brauchbaren Weg gefunden.

Zunehmend von Bedeutung sind Materialien, die eine Bandlücke von 2 bis 3 eV aufweisen, weil sie in der Lage sind Licht auszuwerfen bzw. zu reflektieren.

Wenn das Valenzband und das Leitungsband mit ihrem Maximum und Minimum direkt übereinander liegen, wie beim Galliumarsenid, dann ist es ein direkter Halbleiter.

Stimmt das nicht über ein, also versetzt, wie beim Silizium, dann spricht man von einem indirekten Halbleiter.

Indirekte Halbleiter haben Schwierigkeiten mit dem Licht. Mit dem Silizium lassen sich schlecht Bauelemente realisieren, um Licht zu bekommen. Daran wird noch gearbeitet.

### **Meilensteine in der Entwicklung der Halbleiter**

1947 veröffentlichten die Herren ,Bardeen, Shockley and Brattain den bipolar Transistor.

Patentanmeldungen blieben nicht aus.

1959 bringt Kilby einen neuen Transistor auf den Markt. Der Weg für eine maschinelle Massenanfertigung war eingeleitet.

1962 entsteht der erste MOS Transistor

1971 entwickelt die Firma Intel den Microprozessor für eine japanische Firma. Pro Jahr steigt die Produktion an Halbleitern ums Doppelte an.

Etwa um 1980 beginnt die Entwicklung der Halbleiter auf organischer Basis. Diese Entwicklung scheint revolutionär zu werden. Die ersten Anwendungen sind bereits in der Praxis sichtbar, so z.B. die Verkehrsampeln oder der Color Display. Vorstellbar ist auch eine flexible elektronische Zeitung, die vom Satellit aus aktualisiert wird oder flexible Leiterplatte. Es scheint, als gäbe es in der Anwendung solcher Halbleiter keine Grenzen.

Dabei darf man nicht vergessen, dass erst durch den technischen Fortschritt es möglich geworden ist, die Halbleiter, die damals im Zentimeterbereich lagen, heute im Bereich der Nanometer produziert werden können.

Sehr erfreulich ist, dass die Technische Universität Chemnitz, unter der Leitung von Prof. Dietrich RT Zahn, in der Entwicklung der organischen Halbleiter mit eingebunden ist.

siehe auch : [http:// www.tu-chemnitz.de/physik/HLPH/](http://www.tu-chemnitz.de/physik/HLPH/)