

Halbleitertechnologie von A bis Z

Waferherstellung

Silicium	3
<i>Eigenschaften von Silicium</i>	3

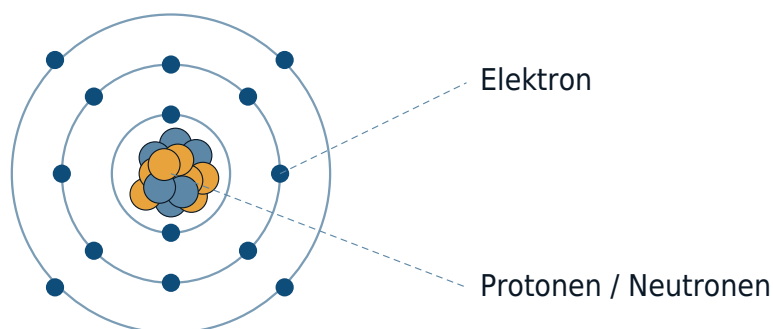
Silicium

Eigenschaften von Silicium

Silicium ist das chemische Element mit der Ordnungszahl 14 im Periodensystem der Elemente, es steht in der 4. Hauptgruppe und der 3. Periode. Silicium ist ein klassischer Halbleiter, seine Leitfähigkeit liegt also zwischen der von Leitern und Nichtleitern. Silicium (von lat. *silex* / *silicis*: Kieselstein) kommt in der Natur ausschließlich als Oxid vor: als Siliciumdioxid (SiO_2) in Form von Sand, Quarz oder als Silicat (Verbindungen von Silicium mit Sauerstoff, Metallen u.a.). Silicium gibt es also sprichwörtlich wie Sand am Meer, dementsprechend ist es ein sehr günstiges Ausgangsmaterial, dessen Wert erst mit der Verarbeitung bestimmt wird. Andere Halbleiter wie Germanium oder der Verbindungshalbleiter Galliumarsenid bieten teils wesentlich bessere elektrische Eigenschaften als Silicium: die Ladungsträgerbeweglichkeit und die daraus resultierenden Schaltgeschwindigkeiten sind bei Germanium und GaAs deutlich höher. Doch Silicium hat entscheidende Vorteile gegenüber anderen Halbleitern.

Diese Vorrangstellung gilt für integrierte Schaltungen, nicht für die Halbleitertechnik insgesamt. In der Leistungselektronik haben sich Siliciumcarbid und Galliumnitrid einen festen Platz erobert, weil sie höhere Spannungen, höhere Temperaturen und schnelleres Schalten vertragen. Und für alles, was Licht aussenden soll, ist Silicium ungeeignet: Sein Bandübergang gibt die Energie als Wärme ab statt als Licht, weshalb Leuchtdioden und Laser aus Verbindungshalbleitern bestehen.

Bohrsches Atommodell von Silicium



Auf einem Siliciumkristall lassen sich sehr leicht Oxidschichten erzeugen, das entstandene Siliciumdioxid ist ein hochwertiger Isolator, der sich gezielt auf

dem Substrat aufbringen lässt. Bei den angesprochenen Halbleitern Germanium und GaAs ist es dagegen sehr kostenintensiv ähnliche Isolationsschichten zu erzeugen. Auch die Möglichkeit, durch Dotierung ganz gezielt die Leitfähigkeit des reinen Siliciums zu verändern macht das Halbmetall so bedeutsam. Andere Stoffe sind zudem teilweise sehr giftig, und Verbindungen mit diesen Elementen nicht so langlebig und stabil wie bei Silicium. Voraussetzung für den Einsatz von Silicium in der Halbleiterfertigung ist jedoch, dass das Silicium in einer hochreinen Form als Einkristall vorliegt. Das bedeutet, dass die Siliciumatome im Kristallgitter absolut regelmäßig angeordnet sind und sich keine undefinierten Fremdatome im Kristall befinden.

Neben der einkristallinen Form gibt es noch Polysilicium (poly = viel) und amorphes Silicium (a-Si). Während das einkristalline Silicium als Wafer die Grundlage für die Mikroelektronik ist, wird polykristallines Silicium in verschiedenen Bereichen als Schicht auf dem Wafer erzeugt, um bestimmte Aufgaben zu erfüllen (z.B. Maskierschicht, Gate im Transistor u.a.). Es lässt sich einfach erzeugen und leicht strukturieren. Polysilicium setzt sich aus vielen einzelnen, zu einander unregelmäßig angeordneten Einkristallen zusammen. Amorphes Silicium besitzt keinen regelmäßigen Gitteraufbau sondern eine ungeordnete Gitterstruktur. In der Chipfertigung spielt es nur eine untergeordnete Rolle, außerhalb davon jedoch keineswegs: Weil es sich großflächig und bei niedriger Temperatur auf Glas abscheiden lässt, sind die Schaltelemente hinter jedem Flachbildschirm daraus aufgebaut, und auch in Dünnschichtsolarzellen wird es eingesetzt.