

1 Waferherstellung

1.1 Herstellung des Rohsiliciums

1.1.1 Ausgangsmaterial Siliciumdioxid

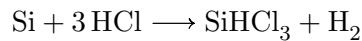
Silicium, das in der Halbleiterfertigung Verwendung findet, wird aus Quarz gewonnen. Dabei muss Sauerstoff, der sich bereits bei Raumtemperatur sehr schnell mit Silicium verbindet, und der auch beim Quarz in Verbindung mit Silicium als Siliciumdioxid vorliegt, entfernt werden. Das geschieht knapp über dem Schmelzpunkt von Silicium (1414 °C) in Öfen unter Verwendung von Kohlenstoff. Bei 1460 °C spaltet sich der Sauerstoff vom Silicium ab und reagiert mit Kohlenstoff (C) zu Kohlenmonoxid (CO):



Zugesetztes Eisen verhindert, dass sich Silicium mit Kohlenstoff zu Siliciumkarbid verbindet. Das Kohlenmonoxid ist bei diesen Temperaturen gasförmig, und kann leicht vom flüssigen Silicium getrennt werden. Jedoch ist das Rohsilicium noch stark verunreinigt. Es enthält noch bis zu 5 % Fremdstoffe, wie z.B. Eisen, Aluminium, Phosphor und Bor. Diese Stoffe müssen in weiteren Prozessen entfernt werden.

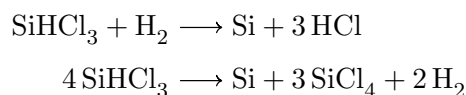
1.1.2 Reinigung von Rohsilicium

Mittels des Trichlorsilanprozesses werden viele Verunreinigungen durch Destillation herausgefiltert. Das Rohsilicium und Chlorwasserstoff (HCl) reagieren bei ca. 300 °C zu gasförmigem Trichlorsilan (SiHCl₃) und Wasserstoff (H₂):



Die Fremdstoffe, die sich ebenfalls mit dem enthaltenen Chlor verbinden, gehen erst bei höheren Temperaturen in den gasförmigen Zustand über. So lässt sich das Trichlorsilan abtrennen. Lediglich Kohlenstoff, Phosphor und Bor, die ähnliche Kondensationstemperaturen haben, können hier nicht herausgefiltert werden.

Der Trichlorsilanprozess lässt sich umkehren, so dass man anschließend das gereinigte Silicium in polykristalliner Form erhält. Dies geschieht unter Zugabe von Wasserstoff in einem Quarzgefäß, in dem sich beheizte, dünne Siliciumstäbe (Siliciumseelen) befinden, bei ca. 1100 °C:



Das Silicium schlägt sich auf den Siliciumseelen nieder, die dadurch auf über 300 mm dicke Stäbe anwachsen. Mit dem Czochralski-Verfahren könnte man dieses Polysilicium bereits in einen Einkristall umwandeln, jedoch ist der Reinheitsgrad für die Herstellung von Bauelementen noch immer nicht hoch genug.

1.1.3 Zonenreinigung

Um die Reinheit weiter zu erhöhen wird die Zonenreinigung verwendet. Um die Siliciumstäbe wird eine Spule gelegt, die hochfrequenter Wechselstrom durchfließt. Dadurch schmilzt das Silicium im Inneren der Stäbe und die Verunreinigungen sinken auf Grund der hohen Löslichkeit nach unten (die Oberflächenspannung des Siliciums verhindert, dass die Schmelze herausfließt). Durch mehrfache Wiederholung dieses Verfahrens wird der Gehalt der Fremdstoffe im Silicium so weit gesenkt, dass es zum Einkristall weiter verarbeitet werden kann.

Die Prozesse werden alle im Vakuum durchgeführt, um weitere Verunreinigungen zu verhindern.

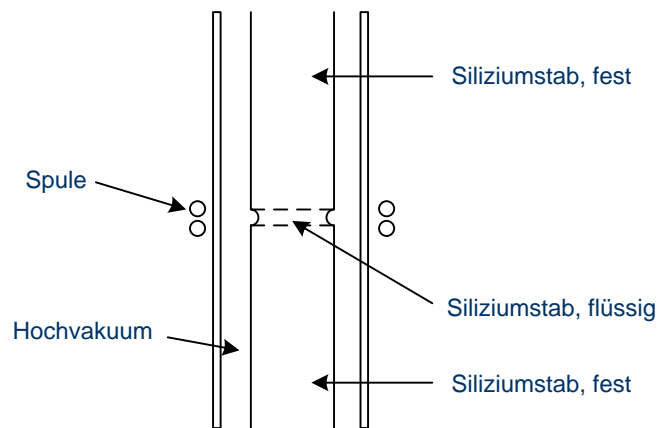


Abb. 1.1: Darstellung der Zonenreinigung

Am Ende dieser Prozesse hat das für die Halbleiterfertigung aufbereitete Silicium eine Reinheit von über 99,999999 %, dies entspricht weniger als einem Fremdatom pro 1 Mrd. Siliciumatomen.