

1 Waferherstellung

1.1 Herstellung des Einkristalls

1.1.1 Der Einkristall

Ein Einkristall (Monokristall), wie er in der Halbleiterfertigung benötigt wird, ist eine regelmäßige Anordnung von Atomen. Daneben gibt es polykristallines (Zusammensetzung von vielen kleinen Einkristallgittern) und amorphes Silicium (ungeordnete Struktur). Je nachdem, welche Lage das Gitter im Raum hat, besitzen Siliciumscheiben unterschiedliche Oberflächenstrukturen, die Einfluss auf verschiedene Parameter, wie die Ladungsträgerbeweglichkeit, von Bauelementen haben.

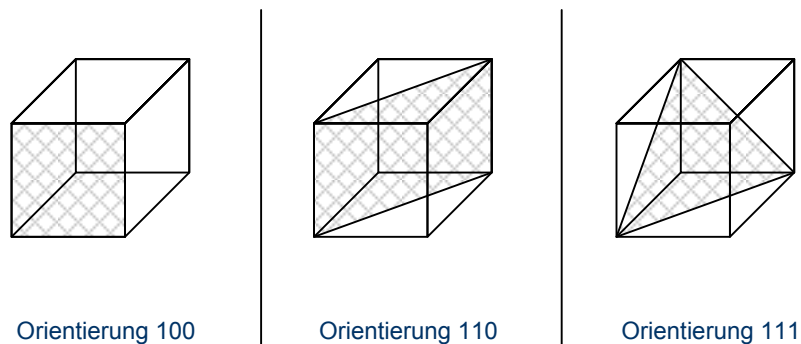


Abb. 1.1: Kristallorientierungen

Auch in der Mikromechanik ist die Kristallorientierung von besonderer Bedeutung. So lassen sich auf (110)-Silicium Mikrokanäle mit senkrechten Wänden herstellen, wohingegen sich bei (100)-Orientierung Flankenwinkel von $54,74^\circ$ ergeben.

1.1.2 Kristallziehverfahren nach Czochralski

Das polykristalline Silicium, wie es nach der Zonenreinigung vorliegt, wird in einem Quarztiegel knapp über dem Schmelzpunkt von Silicium verflüssigt. Der Schmelze können jetzt Dotierstoffe (z.B. Bor oder Phosphor) hinzugefügt werden, um entsprechende elektrische Eigenschaften des Einkristalls zu erzielen.

Ein Impfkristall (Einkristall) an einem drehbaren Stab wird an die Oberfläche der Siliciumschmelze gebracht. Dieser Keim gibt die Orientierung des Kristalls vor. Beim Kontakt des Keims mit der Schmelze lagert sich Silicium am Keim an und übernimmt dessen Kristallstruktur. Dadurch, dass die Tiegeltemperatur nur wenig über dem Schmelzpunkt von Silicium liegt, erstarrt das angelagerte Silicium sofort am Keimling und der Kristall wächst.

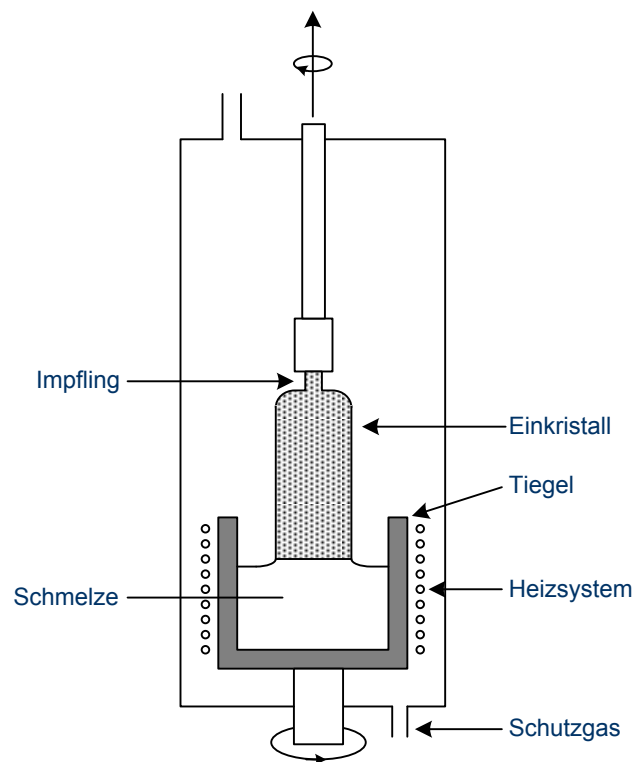


Abb. 1.2: Kristallziehen nach Czochralski

Der Keim wird unter ständigem Drehen langsam nach oben gezogen, wobei stetiger Kontakt zur Schmelze besteht. Der Tiegel dreht sich dabei entgegengesetzt zum Impfkristall. Eine konstante Temperierung der Schmelze ist unerlässlich, um ein gleich-

mäßiges Wachstum zu gewährleisten. Der Durchmesser des Einkristalls wird durch die Ziehgeschwindigkeit, die 2-25 cm/h beträgt, bestimmt. Je schneller gezogen wird, desto dünner wird der Kristall. Die gesamte Apparatur befindet sich in einer Schutzgasatmosphäre, damit es nicht zu einer Oxidation des Siliciums kommt.

Der Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch, dass sich die Schmelze während des Vorgangs immer mehr mit Dotierstoffen anreichert (bessere Löslichkeit der Dotierstoffe in der Schmelze als im Festkörper), so dass die Dotierstoffkonzentration entlang eines Siliciumstabes nicht konstant ist. Zudem können sich Verunreinigungen oder Metalle aus dem Tiegel lösen.

Die Vorteile dieses Verfahrens sind die geringen Kosten, und die Möglichkeit größere Wafer als beim Zonenziehen herzustellen.

1.1.3 Tiegelfreies Zonenziehen

Im Gegensatz zum Kristallziehverfahren nach Czochralski wird beim tiegelfreien Zonenziehen nicht das gesamte Polysilicium geschmolzen, sondern, wie bei der Zonenreinigung, nur ein kleiner Bereich (wenige Millimeter).

Auch hier sorgt ein Impfkristall, der an das Ende des polykristallinen Siliciumstabs herangeführt wird, zur Vorgabe der Kristallstruktur. Der Kristall wird aufgeschmolzen und übernimmt die Struktur des Keimlings. Die Heizzone wird langsam am Stab entlang geführt, der polykristalline Siliciumstab wandelt sich langsam in einen Einkristall um.

Da nur ein kleiner Bereich des polykristallinen Siliciums aufgeschmolzen wird, können sich kaum Verunreinigungen anlagern (wie bei der Zonenreinigung verlagern sich die Fremdatome ans Ende des Siliciumstabs). Die Dotierung erfolgt hier durch Zusätze der Dotierstoffe ins Schutzgas (z.B. mit Diboran oder Phosphin), welches die Apparatur umströmt.

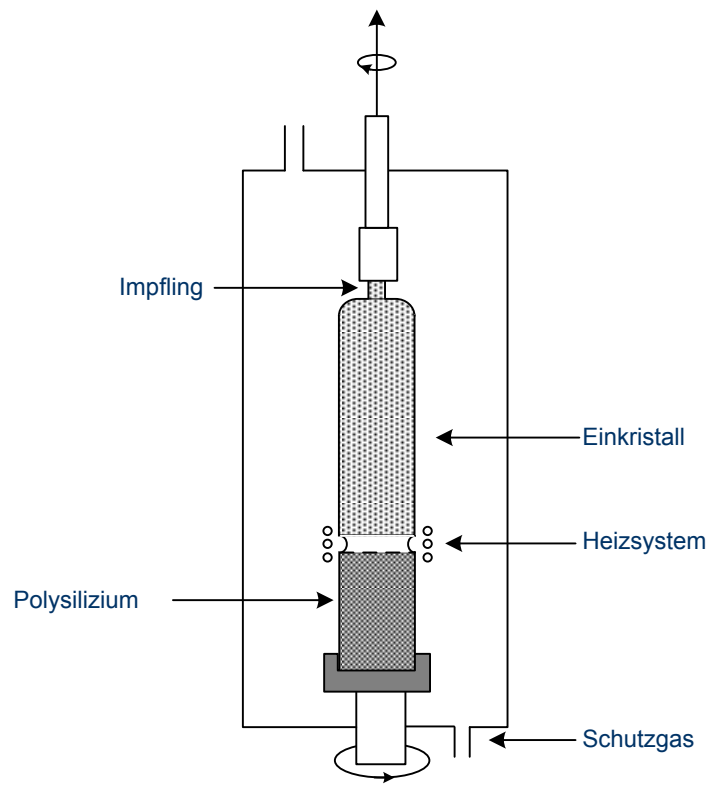


Abb. 1.3: Tiegelfreies Zonenziehen