

## HERSTELLUNG VON SILIZIUM-EINKRISTALLEN (INGOTS)

Das Element Silicium ist seit Jahrzehnten das führende Halbleitermaterial für mikroelektronische Schaltungen. Es lässt sich einkristallin in extrem reiner Form herstellen und gezielt mit Fremdstoffen dotieren, was die Einstellung der elektrischen Leitfähigkeit über ca. sechs Größenordnungen erlaubt. Ein großer Vorteil von Silicium gegenüber anderen Halbleitermaterialien wie Germanium oder Galliumarsenid ist die Möglichkeit, durch gezielte thermische Oxidation zu  $\text{SiO}_2$  integriert aus dem Substrat selbst einen chemisch sehr stabilen, elektrischen Isolator mit hoher Durchbruchfeldstärke zu erzeugen. Als Substrat für mikroelektronische Schaltkreise muss Silicium einkristallin in Reinstform vorliegen, wie in diesem Kapitel beschrieben.

### Vom Quarz-Sand zum hochreinen Silicium

#### Herkunft und Vorkommen von Silicium

Silicium fusioniert im Inneren massereicher Sonnen bei Temperaturen oberhalb  $10^9$  K aus Sauerstoffkernen und wird am Ende des Sternenlebens bei Supernova-Explosionen ins Weltall geschleudert. Von der von Wasserstoff und Helium dominierten sichtbaren Materie im Universum bildet Silicium weniger als 0,1 % der Gesamtmasse (Abb. 1).

In unserem aus der „Asche“ früherer Sternexplosionen gebildeten Sonnensystem hat sich Silicium v. a. in den inneren Planeten, die durch die Nähe zur zentralen Sonne den größten Teil flüchtiger Elemente verloren haben, angereichert. In der gesamten Erdkugel ist Silicium mit ca. 17 % das nach Eisen und Sauerstoff dritthäufigste Element, dicht gefolgt von Magnesium. Im vorwiegend aus Eisen bestehenden Erdkern steht Silicium mit ca. 7 % an zweiter Stelle.

Die ca. 40 km dicke Erdkruste enthält als nach Sauerstoff zweithäufigstes Element etwa 28 % Silicium in Form silikatischer Minerale oder Quarz ( $\text{SiO}_2$ ), sowie als Kieselsäure ( $\text{Si(OH)}_4$ ) gelöst in den Weltmeeren. Die natürlichen Vorkommen von gediegenem, also elementarem Silicium spielen dagegen mengenmäßig keine Rolle.

#### Herstellung und Verwendung von Rohsilicium

Zur Herstellung von elementarem Silicium wird Quarzsand ( $\text{SiO}_2$ ) in Schmelz-Reduktionsöfen bei ca.  $2000^\circ\text{C}$

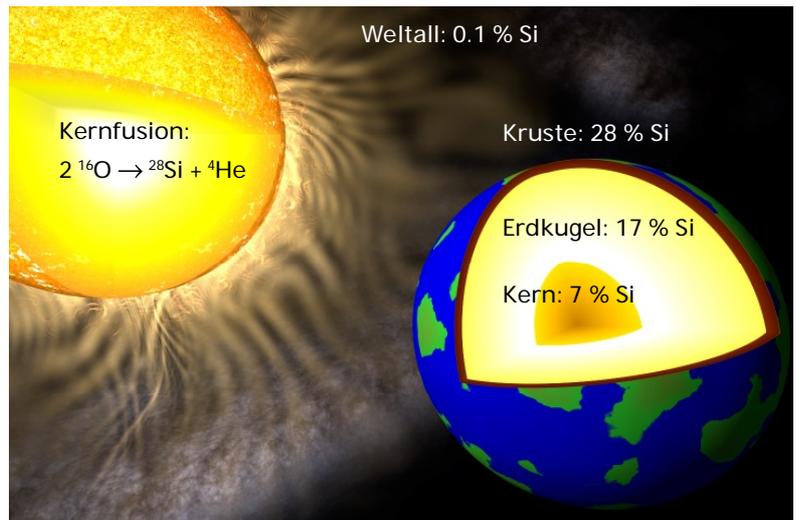
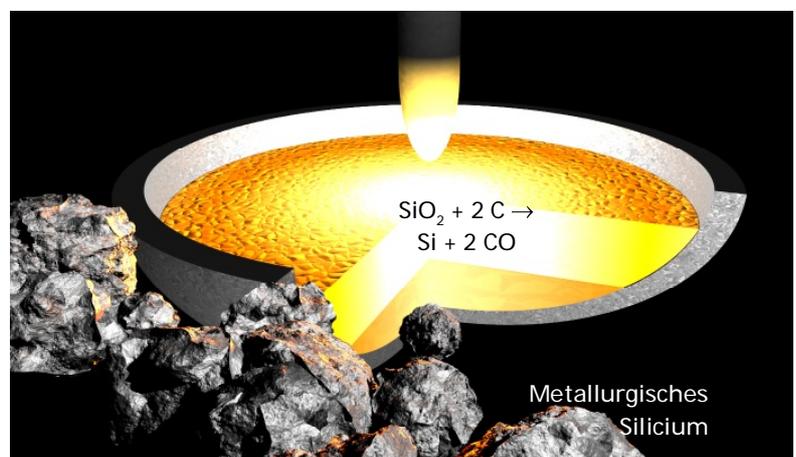


Abb. 1: Die Entstehung von Silicium im Inneren massereicher Sonnen und dessen Vorkommen im gesamten Universum sowie der Erde



Abb. 2: Quarzsand (oben) wird mit Grafit in Schmelz-Reduktionsöfen (rechts: Schema eines Lichtbogenofens) zu Rohsilicium reduziert.



mit Kohlenstoff zu Rohsilicium (auch *metallurgisches Silicium* genannt) mit einer Reinheit von ca. 98 - 99 %, durch die Verwendung reinerer Ausgangsstoffe und Elektroden auch deutlich darüber, reduziert (Abb. 2). Der größte Teil der vorwiegend in China und Russland statt findenden Weltproduktion (im Jahr 2014 ca. 7 Mio. Tonnen) findet als Legierungsbestandteil für Stähle und Aluminium sowie als Ausgangsstoff zur Herstellung von Silikon Verwendung.

Nur ca. 2 % des Rohsiliciums werden wie im folgenden Abschnitt beschrieben zu Reinstsilicium aufbereitet, wovon ca. 90 % zur Herstellung von Silicium Solarzellen verwendet werden. Einige 100 Tonnen pro Jahr schließlich gehen in die Herstellung von Silicium-Wafern für den Halbleiter-Sektor ein, denen dieses Kapitel gewidmet ist.

### Aufbereitung von Rohsilicium zu Reinstsilicium

Für einen Einsatz als Halbleiter in der Mikroelektronik oder Photovoltaik ist die Konzentration von Verunreinigungen im Rohsilicium noch um viele Größenordnungen zu hoch. Um die erforderlichen elektronischen Eigenschaften zu erzielen muss das Rohsilicium daher zu Reinstsilicium „veredelt“ werden.

Im ersten Schritt dieser Aufbereitung zu Reinstsilicium wird Rohsilicium bei ca. 300°C mit HCl in Trichlorsilan ( $\text{HSiCl}_3$ ) über  $\text{Si} + 3 \text{HCl} \rightarrow \text{HSiCl}_3 + \text{H}_2$  umgewandelt, wobei bereits viele Verunreinigungen wie Eisen, welche keine bei diesen Temperaturen flüchtigen Chlor-Verbindungen bilden, zurück bleiben. Das mit anderen Chlorverbindungen verunreinigte Trichlorsilan wird durch mehrfache Destillation auf einen Reinheitsgrad bis 99,9999999 % („9N“) gebracht und anschließend thermisch zu polykristallinem Silicium zersetzt.

Dies geschieht im sogenannten Siemens-Prozess (Abb. 3): Hierbei wird das hochreine Trichlorsilan zusammen mit Wasserstoff an einem auf ca. 1100°C erhitzten Si-Stab, der *Silicium-Seele* via  $\text{HSiCl}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{Si} + 3 \text{HCl}$

zu polykristallinem Silicium und HCl zersetzt, was der Umkehrreaktion der Trichlorsilan-Bildung entspricht.

### Polykristallines und einkristallines Silicium

Das im Siemens-Prozess gewonnene polykristalline Silicium weist mit einer Fremdatomkonzentration von  $< 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  zwar einen hohen Reinheitsgrad, jedoch kristalline Korngrenzen auf, welche elektronische Störstellen bilden die den Wirkungsgrad daraus hergestellter Solarzellen verringern und einen Einsatz im Bereich der Mikroelektronik ausschließen.

Als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Silicium-Wafern als Substrate für mikroelektronische Bauteile kommt nur einkristallines Silicium in Frage, welches wie in den folgenden Abschnitten beschrieben, im Czochralski- oder Float-Zone-Verfahren aus polykristallinem Silicium hergestellt wird.

Hierbei erfolgt auch die gezielte Dotierung des Siliciums mit Fremdatomen, um die elektrische Leitfähigkeit der daraus hergestellten Wafer homogen einzustellen.

### Kristallzucht mit dem Czochralski-Verfahren

#### Prinzip des Czochralski-Verfahrens

Beim Czochralski-Verfahren wird wie in Abb. 4

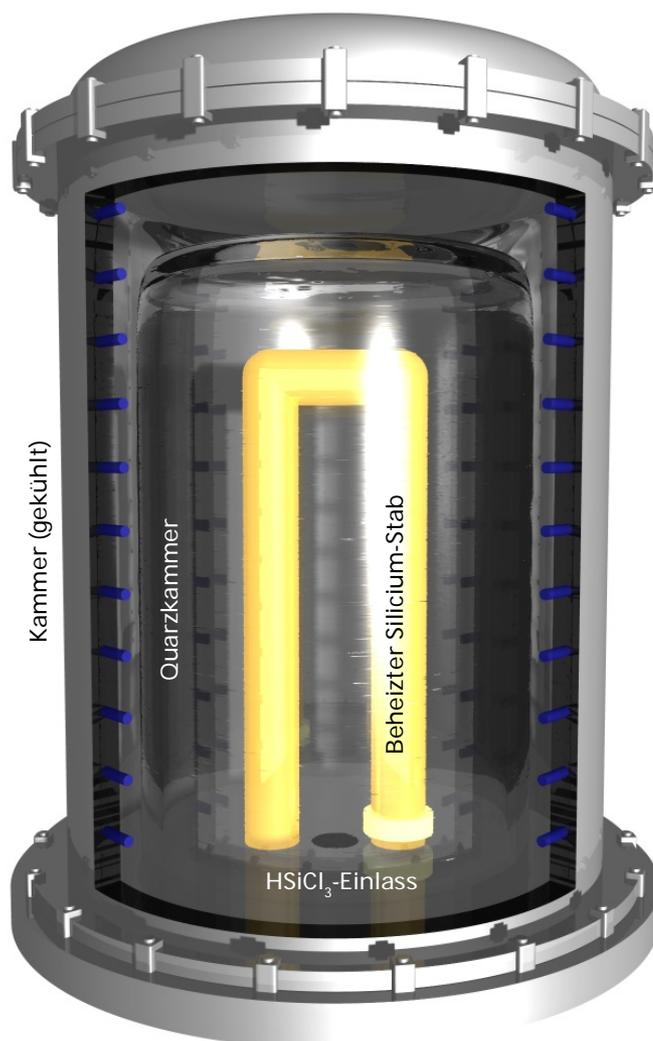


Abb. 3: Die Abscheidung von polykristallinem Silicium aus der Gasphase aus hochreinem Trichlorsilan und Wasserstoff im sog. Siemens-Prozess

schematisch dargestellt ein zylindrischer Silizium-Einkristall aus einer Si-Schmelze gezogen.

Hierzu wird zunächst polykristallines Silizium (z. B. aus dem Siemens-Prozess stammend) zusammen mit Dotierstoffen in einem Quarztiegel oberhalb 1400°C in einer Inertgas-Atmosphäre (z. B. Argon) eingeschmolzen. Der Quarztiegel sitzt hierbei bündig in einem Grafittiegel, welcher aufgrund seiner sehr hohen Wärmeleitfähigkeit die Temperatur der Heizwandung gleichmäßig auf den Quarztiegel überträgt.

In diese nun nahe über dem Schmelzpunkt von Silizium gehaltene Si-Schmelze taucht ein Si-Einkristall („Impfkristall“ bzw. „Impfling“) der gewünschten Kristall-Orientierung (z. B.  $\langle 100 \rangle$ ,  $\langle 110 \rangle$  oder  $\langle 111 \rangle$ ), woran das geschmolzene Silizium durch die Wärmeabfuhr über den Impfling auszukristallisieren beginnt.

Der Impfling wird langsam aus der Schmelze gezogen, wobei der wachsende Kristall und der Tiegel zur Optimierung der Homogenität des Kristalls und dessen Dotierung gegenläufig rotieren. Die Ziehgeschwindigkeit von typ. einigen cm/Stunde bestimmt dabei den möglichst konstant gehaltenen Durchmesser des wachsenden Si-Zylinders.

Vor dem Ende des Kristallwachstums wird dessen Durchmesser durch eine Zunahme der Ziehgeschwindigkeit kontinuierlich auf Null verringert um thermische Spannungen im Kristall durch ein abruptes Heben aus der Schmelze zu vermeiden.

#### Vor- und Nachteile des Czochralski-Verfahrens

Die Vorteile des Czochralski-Verfahrens sind große mögliche Kristalldurchmesser (derzeit bis 18 Zoll = 46 cm) sowie – verglichen mit dem im nächsten Abschnitt erläuterten Float-Zone-Verfahren – geringere Kosten der

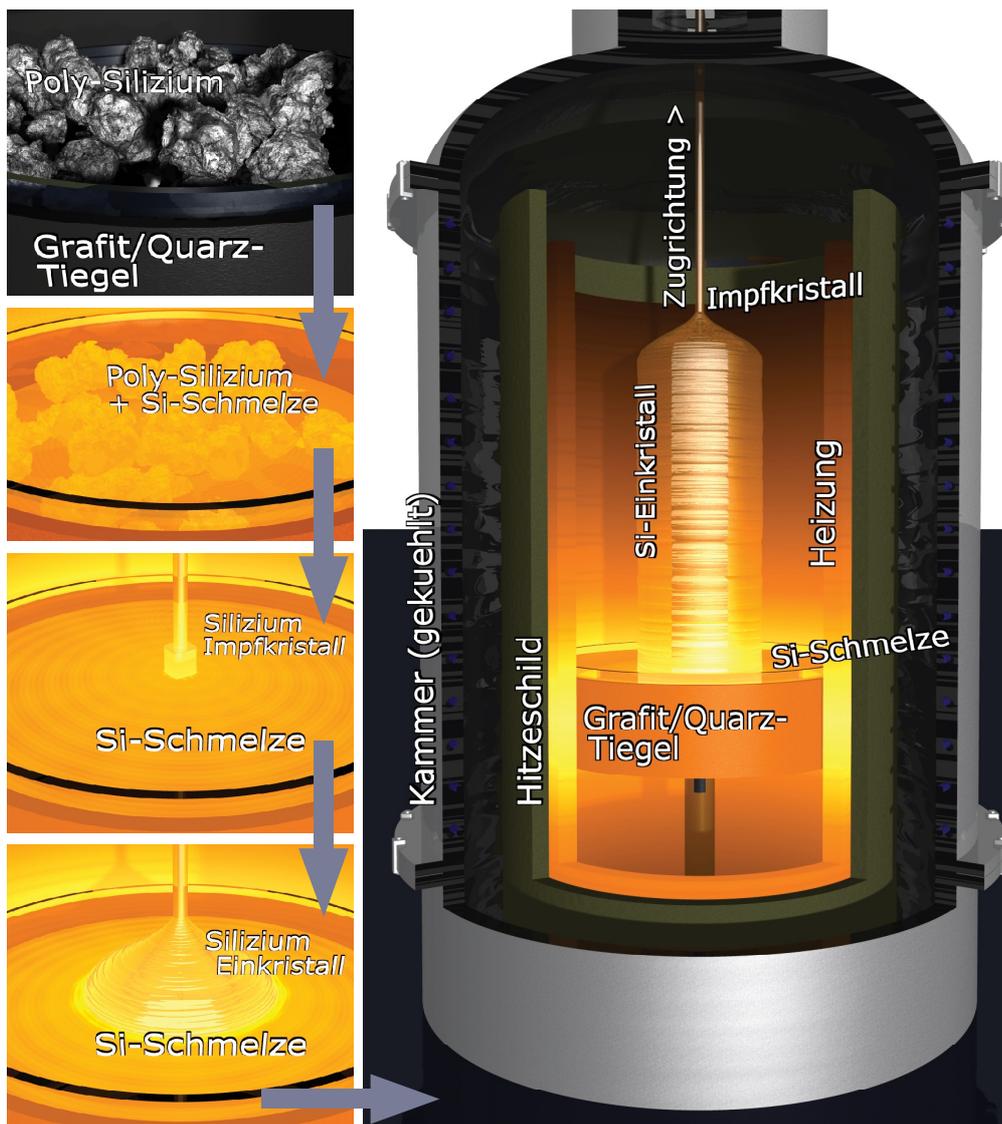


Abb. 4: Eine schematische Darstellung des Czochralski-Verfahrens:

Ganz links oben: Ein mit aus dem Siemens-Prozess stammenden polykristallinen Silizium-Bruchstücken gefüllter Quarztiegel  
Ganz links 2. v. oben: Die Silizium-Stücke werden zusammen mit Dotiermaterial eingeschmolzen

Ganz links 3. v. oben: In das geschmolzene Silizium taucht ein einkristalliner Impfkristall

Ganz links unten: Der Impfkristall zieht einen dotierten Silizium-Einkristall aus der Schmelze

Großes Bild links: Der schematische Aufbau einer Kammer zur Kristallzucht im Czochralski-Verfahren

daraus hergestellten Wafer.

Ein Nachteil des Czochralski-Verfahrens sind Verunreinigungen durch die Tiegelwand mit Sauerstoff (ca.  $10^{18}$   $\text{cm}^{-3}$ ), Kohlenstoff (ca.  $10^{17}$   $\text{cm}^{-3}$ ) und Metallen welche die Minoritäten-Lebensdauer im Silizium herabsetzen. Ein weiterer Nachteil ist die relativ ungleichmäßige Dotierung über das gesamte Kristall-Volumen, wodurch keine gleichmäßig sehr gering dotierten, hochohmigen CZ-Wafer mit Widerständen über ca. 100 Ohm  $\text{cm}$  möglich sind. Ein Magnetfeld am Ort der Schmelze („Magnetic Czochralski“, MCZ) kann nicht-stationäre Strömungen der Schmelze unterdrücken, was die Homogenität der im Kristall eingebauten Dotierstoffkonzentration deutlich verbessert und so hoch-ohmige CZ-Wafer möglich macht.

## Kristallzucht mit dem Float-Zone Verfahren

### Prinzip des Float-Zone Verfahrens

Beim Float-Zone- (FZ) bzw. Zonenschmelzverfahren wird wie in Abb. 5 schematisch dargestellt ein einkristalliner Silicium-Impfkristall mit einem polykristallinen Si-Zylinder in Berührung gebracht. Von dieser Stelle ausgehend bringt eine Induktionsspule das Poly-Silizium in einer räumlich begrenzten Zone zum Schmelzen. Beim Abkühlen kristallisiert die Schmelze und nimmt hierbei die Kristallorientierung (z. B.  $\langle 100 \rangle$ ,  $\langle 110 \rangle$  oder  $\langle 111 \rangle$ ) des Impflings an.

Verunreinigungen sind beim Einbau in das entstehende Kristallgitter gegenüber Silizium energetisch benachteiligt (geringeres chemisches Potenzial), so dass diese sich in der Schmelze anreichern und nach Abschluss des Zonenschmelzverfahrens am Ende des Kristalls konzentriert vorliegen, wo sie abgetrennt werden können.

Die Dotierung erfolgt über der Schutzgasatmosphäre zugesetztes Phosphin ( $\text{PH}_3$ ), Arsin ( $\text{AsH}_3$ ) oder Diboran ( $\text{B}_2\text{H}_6$ ).

### Vor- und Nachteile des Float-Zone Verfahrens

Der Hauptvorteil des Float-Zone Verfahrens ist die Möglichkeit, die Dotierstoffkonzentration auch auf sehr geringem Level mit großer Homogenität vorzugeben, wodurch sehr hoch-ohmige (1.000 - 10.000 Ohm  $\text{cm}$ ) und bzgl. des Widerstands sehr eng spezifizierte Wafer realisierbar sind. Zudem ist die Verunreinigung mit Fremdstoffen wesentlich geringer (Sauerstoff und Kohlenstoff  $< 10^{16}$   $\text{cm}^{-3}$ ) als beim CZ-Verfahren, da die Si-Schmelze nicht mit Quarz in Kontakt kommt und keine Grafitiegel verwendet werden.

Ein Nachteil des FZ-Verfahrens sind die relativ hohen Kosten, verglichen mit dem Czochralski-Verfahren typischerweise ein Drei- bis Vierfaches bezogen auf den fertigen Wafer. Aus technischen Gründen ist der Durchmesser des Einkristalls begrenzt und erlaubt beim derzeitigen Stand der Technik max. acht Zoll durchmessende FZ-Wafer.

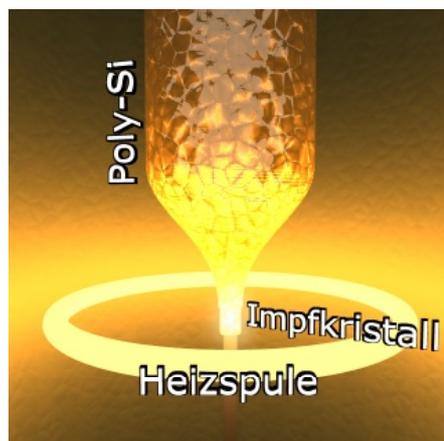
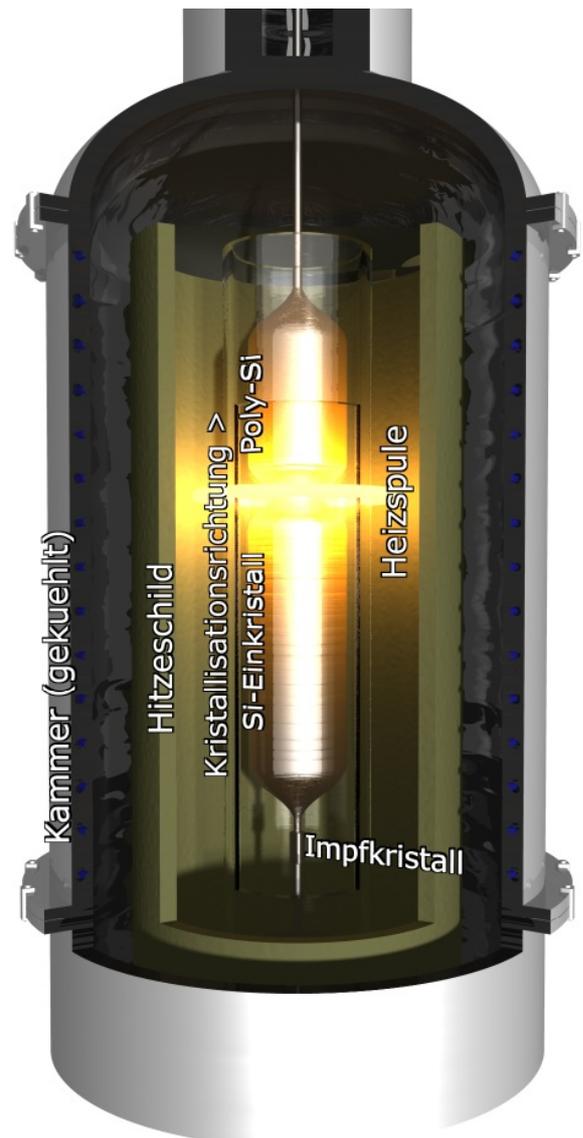


Abb. 5: Beim Zonenschmelzverfahren schmilzt eine Induktionsspule einen polykristallinen Silicium-Kristall der Länge nach auf, welcher dahinter beim Abkühlen einkristallin erstarrt.



## Unsere Fotolacke: Anwendungsbereiche und Kompatibilitäten

Anwendungsbereiche <sup>1</sup>		Lackserie	Fotolacke	Schichtdicke <sup>2</sup>	Empfohlene Entwickler <sup>3</sup>	Empfohlene Remover <sup>4</sup>
Positiv	Hohe Haftung für nasschemisches Ätzen, kein Fokus auf senkrechte Lackflanken	AZ <sup>®</sup> 1500	AZ <sup>®</sup> 1505 AZ <sup>®</sup> 1512 HS AZ <sup>®</sup> 1514 H AZ <sup>®</sup> 1518	≈ 0,5 µm ≈ 1,0 - 1,5 µm ≈ 1,2 - 2,0 µm ≈ 1,5 - 2,5 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> Developer	AZ <sup>®</sup> 100 Remover TechniStrip <sup>®</sup> P1316 TechniStrip <sup>®</sup> P 1331
		AZ <sup>®</sup> 4500	AZ <sup>®</sup> 4533 AZ <sup>®</sup> 4562	≈ 3 - 5 µm ≈ 5 - 10 µm	AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
		AZ <sup>®</sup> P4000	AZ <sup>®</sup> P4110 AZ <sup>®</sup> P4330 AZ <sup>®</sup> P4620 AZ <sup>®</sup> P4903	≈ 1 - 2 µm ≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 20 µm ≈ 10 - 30 µm	AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
		AZ <sup>®</sup> PL 177	AZ <sup>®</sup> PL 177	≈ 3 - 8 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
	Sprühbelackung	AZ <sup>®</sup> 4999		≈ 1 - 15 µm	AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
	Tauchbelackung	MC Dip Coating Resist		≈ 2 - 15 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
	Steile Flanken, hohe Auflösung und großes Aspektverhältnis für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ <sup>®</sup> ECI 3000	AZ <sup>®</sup> ECI 3007 AZ <sup>®</sup> ECI 3012 AZ <sup>®</sup> ECI 3027	≈ 0,7 µm ≈ 1,0 - 1,5 µm ≈ 2 - 4 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> Developer	
		AZ <sup>®</sup> 9200	AZ <sup>®</sup> 9245 AZ <sup>®</sup> 9260	≈ 3 - 6 µm ≈ 5 - 20 µm	AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF	
Hoher Erweichungspunkt und hochauflösend für z. B. Trockenätzen	AZ <sup>®</sup> 701 MiR	AZ <sup>®</sup> 701 MiR (14 cPs) AZ <sup>®</sup> 701 MiR (29 cPs)	≈ 0,8 µm ≈ 2 - 3 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> Developer		
Positiv (chem. verstärkt)	Steile Flanken, hohe Auflösung und großes Aspektverhältnis für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ <sup>®</sup> XT	AZ <sup>®</sup> 12 XT-20PL-05 AZ <sup>®</sup> 12 XT-20PL-10 AZ <sup>®</sup> 12 XT-20PL-20 AZ <sup>®</sup> 40 XT	≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 10 µm ≈ 10 - 30 µm ≈ 15 - 50 µm	AZ <sup>®</sup> 400K, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF	AZ <sup>®</sup> 100 Remover TechniStrip <sup>®</sup> P1316 TechniStrip <sup>®</sup> P1331
		AZ <sup>®</sup> IPS 6050		≈ 20 - 100 µm		
Image reversal	Hoher Erweichungspunkt und unterschrittene Lackprofile für Lift-off	AZ <sup>®</sup> 5200	AZ <sup>®</sup> 5209 AZ <sup>®</sup> 5214	≈ 1 µm ≈ 1 - 2 µm	AZ <sup>®</sup> 351B, AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF	TechniStrip <sup>®</sup> Micro D2 TechniStrip <sup>®</sup> P1316 TechniStrip <sup>®</sup> P1331
		TI	TI 35ESX TI xLift-X	≈ 3 - 4 µm ≈ 4 - 8 µm		
Negativ (quervernetzend)	Unterschnittene Lackprofile und dank Quervernetzung kein thermisches Erweichen für Lift-off	AZ <sup>®</sup> nLOF 2000	AZ <sup>®</sup> nLOF 2020 AZ <sup>®</sup> nLOF 2035 AZ <sup>®</sup> nLOF 2070	≈ 1,5 - 3 µm ≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 15 µm	AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	TechniStrip <sup>®</sup> NI555 TechniStrip <sup>®</sup> NF52 TechniStrip <sup>™</sup> MLO 07
		AZ <sup>®</sup> nLOF 5500	AZ <sup>®</sup> nLOF 5510	≈ 0,7 - 1,5 µm		
	Hohe Haftung, steile Lackflanken und große Aspektverhältnisse für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ <sup>®</sup> nXT	AZ <sup>®</sup> 15 nXT (115 cPs) AZ <sup>®</sup> 15 nXT (450 cPs)	≈ 2 - 3 µm ≈ 5 - 20 µm	AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF	
AZ <sup>®</sup> 125 nXT			≈ 20 - 100 µm	AZ <sup>®</sup> 326 MIF, AZ <sup>®</sup> 726 MIF, AZ <sup>®</sup> 826 MIF		

<sup>1</sup> Theoretisch können alle Lacke für nahezu alle Anwendungen eingesetzt werden. Mit dem Anwendungsbereich sind hier die besonderen Eignungen der jeweiligen Lacke gemeint.  
<sup>2</sup> Mit Standardequipment unter Standardbedingungen erzielbare und prozessierbare Lackeschichtdicke. Manche Lacke können für geringere Schichtdicken verdünnt werden, mit entsprechendem Mehraufwand sind auch dickere Lackeschichten erziel- und prozessierbar.  
<sup>3</sup> Metallionenfremde (MIF-) Entwickler sind deutlich teurer und dann sinnvoll, wenn metallionenfremd entwickelt werden muss.

## Unsere Entwickler: Anwendungsbereiche und Kompatibilitäten

### Anorganische Entwickler

(typischer Bedarf bei Standard-Prozessen: ca. 20 L Entwickler je L Fotolack)

**AZ<sup>®</sup> Developer** basiert auf Na-Phosphat und Na-Metasilikat, ist auf minimalen Aluminiumabtrag optimiert und wird 1 : 1 verdünnt in DI-Wasser für hohen Kontrast bis unverdünnt für hohe Entwicklungsraten eingesetzt. Der Dunkelabtrag ist verglichen mit anderen Entwicklern etwas höher.

**AZ<sup>®</sup> 351B** basiert auf gepufferter NaOH und wird üblicherweise 1 : 4 mit Wasser verdünnt angewandt, für Dicklacke auf Kosten des Kontrasts bis ca. 1 : 3

**AZ<sup>®</sup> 400K** basiert auf gepufferter KOH und wird üblicherweise 1 : 4 mit Wasser verdünnt angewandt, für Dicklacke auf Kosten des Kontrasts bis ca. 1 : 3

**AZ<sup>®</sup> 303** speziell für den AZ<sup>®</sup> 111 XFS Fotolack basiert auf KOH / NaOH und wird üblicherweise 1 : 3 - 1 : 7 mit Wasser verdünnt angewandt, je nach Anforderung an Entwicklungsrate und Kontrast.

### Metallionenfremde Entwickler (TMAH-basiert)

(typischer Bedarf bei Standard-Prozessen: ca. 5 - 10 L Entwicklerkonzentrat je L Fotolack)

**AZ<sup>®</sup> 326 MIF** ist eine 2.38 %ige wässrige TMAH- (TetraMethylAmmoniumHydroxid) Lösung.

**AZ<sup>®</sup> 726 MIF** ist 2.38 % TMAH in Wasser, mit zusätzlichen Netzmitteln zur raschen und homogenen Benetzung des Substrates z. B. für die Puddle-Entwicklung.

**AZ® 826 MIF** ist 2.38 % TMAH in Wasser, mit zusätzlichen Netzmitteln zur raschen und homogenen Benetzung des Substrates z. B. für die Puddle-Entwicklung und weiteren Additiven zur Entfernung schwer löslicher Lackbestandteile (Rückstände bei bestimmten Lackfamilien), allerdings auf Kosten eines etwas höheren Dunkelabtrags.

## Unsere Remover: Anwendungsbereiche und Kompatibilitäten

**AZ® 100 Remover** ist ein Amin-Lösemittel Gemisch und Standard-Remover für AZ® und TI Fotolacke. Zur Verbesserung seiner Performance kann AZ® 100 Remover auf 60 - 80°C erhitzt werden. Da der AZ® 100 Remover mit Wasser stark alkalisch reagiert eignet er sich für diesbezüglich empfindliche Substratmaterialien wie z. B. Cu, Al oder ITO nur wenn eine Kontamination mit Wasser ausgeschlossen werden kann.

**TechniStrip® P1316** ist ein Remover mit sehr starker Lösekraft für Novolak-basierte Lacke (u. a. alle AZ® Positivlacke), Epoxy-basierte Lacke, Polyimide und Trockenfilme. Bei typischen Anwendungstemperaturen um 75°C kann TechniStrip® P1316 auch z. B. durch Trockenätzen oder Ionenimplantation stärker quervernetzte Lacke rückstandsfrei auflösen. TechniStrip® P1316 kann auch im Sprühverfahren eingesetzt werden. Nicht kompatibel mit Au oder GaAs.

**TechniStrip® P1331** ist im Falle alkalisch empfindlicher Materialien eine Alternative zum TechniStrip® P1316. Nicht kompatibel mit Au oder GaAs.

**TechniStrip® NI555** ist ein Stripper mit sehr starker Lösekraft für Novolak-basierte Negativlacke wie dem AZ® 15 nXT und der AZ® nLOF 2000 Serie und sehr dicke Positivlacken wie dem AZ® 40 XT. TechniStrip® NI555 wurde dafür entwickelt, auch quervernetzte Lacke nicht nur abzulösen, sondern rückstandsfrei aufzulösen. Dadurch werden Verunreinigungen des Beckens und Filter durch Lackpartikel und -häutchen verhindert, wie sie bei Standard-Strippern auftreten können. Nicht kompatibel mit GaAs.

**TechniClean™ CA25** ist ein Remover für post etch residue (PER) removal. Äußerst effizient beim selektiven Entfernen organo-metallischer Oxide von Al, Cu, Ti, TiN, W und Ni.

**TechniStrip™ NF52** ist ein Sehr effizienter Remover für Negativlacke (Flüssiglacke als auch Trockenfilme). Durch seine Zusammensetzung und speziellen Additive kompatibel mit Metallen üblicherweise eingesetzt für BEOL interconnects oder WLP bumping.

**TechniStrip™ Micro D2** ist ein Vielseitig einsetzbarer Stripper für Lift-off Prozesse oder generell dem Auflösen von Positiv- und Negativlacken. Seine Zusammensetzung zielt auf eine verbesserte Kompatibilität zu vielen Metallen sowie III/V Halbleitern.

**TechniStrip™ MLO 07** Hoch-effizienter Remover für Positiv- und Negativlacke eingesetzt in den Bereichen IR, III/V, MEMS, Photonic, TSV mask und solder bumping. Kompatibel zu Cu, Al, Sn/Ag, Alumina und einer Vielzahl organischer Substrate.

## Unsere Wafer und ihre Spezifikationen

### Silicium-, Quarz-, Quarzglas und Glaswafer

Silicium-Wafer werden aus über das Czochralski- (CZ-) oder Floatzone- (FZ-) Verfahren hergestellten Einkristallen gefertigt. Die deutlich teureren FZ-Wafer sind in erster Linie dann sinnvoll, wenn sehr hochohmige Wafer (> 100 Ohm cm) gefordert werden welche über das CZ-Verfahren nicht machbar sind.

Quarzwafer bestehen aus einkristallinem SiO<sub>2</sub>, Hauptkriterium ist hier die Kristallorientierung bzgl. der Waferoberfläche (z. B. X-, Y-, Z-, AT- oder ST-Cut)

Quarzglaswafer bestehen aus amorphem SiO<sub>2</sub>. Sog. JGS2-Wafer sind im Bereich von ca. 280 - 2000 nm Wellenlänge weitgehend transparent, die teureren JGS1-Wafer bei ca. 220 - 1100 nm.

Unsere Glaswafer bestehen wenn nicht anders angegeben aus im Floatverfahren hergestelltem Borosilikatglas.

### Spezifikationen

Für alle Wafer relevant sind Durchmesser, Dicke und Oberfläche (1- oder 2-seitig poliert). Bei Quarzglaswafern ist die Frage nach dem Material (JGS1 oder JGS2) zu klären, bei Quarzwafern die Kristallorientierung. Bei Silicium-Wafern gibt es neben der Kristallorientierung (<100> oder <111>) die Parameter Dotierung (n- oder p-Typ) sowie die elektrische Leitfähigkeit (in Ohm cm)

### Prime- Test- und Dummy-Wafer

Bei Silicium-Wafern gibt neben dem üblichen „Prime-grade“ auch „Test-grade“ Wafer, die sich meist nur in einer etwas breiteren Partikelspezifikation von Prime-Wafern unterscheiden. „Dummy-Wafern“ erfüllen aus unterschiedlichen Gründen (z. B. sehr breite oder fehlenden Spezifizierung bestimmter Parameter, evtl. auch Reclaim-Wafer und solche völlig ohne Partikelspezifikation) weder Prime- noch Test-grade, können jedoch für z. B. Belackungstests oder das Einfahren von Equipment eine sehr preiswerte Alternative sein.

### Unsere Silicium-, Quarz-, Quarzglas und Glaswafer

Eine ständig aktualisierte Liste der aktuell verfügbaren Wafer finden Sie hier:

☞ [www.microchemicals.com/de/produkte/wafer/waferlist.html](http://www.microchemicals.com/de/produkte/wafer/waferlist.html)

## Weitere Produkte aus unserem Portfolio

### Galvanik

Elektrolyte und Hilfsstoffe für die elektrochemische Abscheidung von z. B. Gold, Kupfer, Nickel, Zinn oder Palladium: ☞ [www.microchemicals.com/de/produkte/galvanik.html](http://www.microchemicals.com/de/produkte/galvanik.html)

### Lösemittel (MOS, VLSI, ULSI)

Aceton, Isopropanol, MEK, DMSO, Cyclopentanon, Butylacetat, u. a.

☞ [www.microchemicals.com/de/produkte/loesungsmittel.html](http://www.microchemicals.com/de/produkte/loesungsmittel.html)

### Säuren und Basen (MOS, VLSI, ULSI)

Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, KOH, TMAH, u. a.

☞ [www.microchemicals.com/de/produkte/saeuren\\_basen.html](http://www.microchemicals.com/de/produkte/saeuren_basen.html)

### Ätzmischungen

Für z. B. Chrom, Gold, Silicium, Kupfer, Titan, Titan / Wolfram u. a.

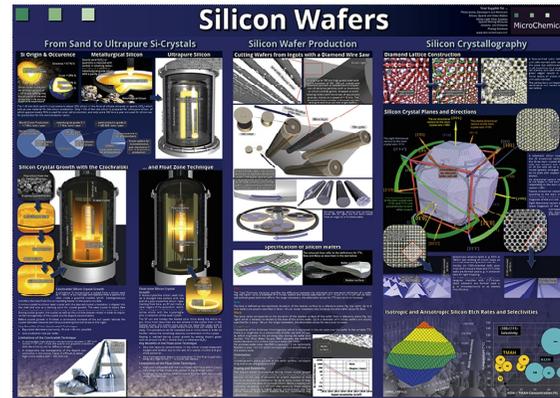
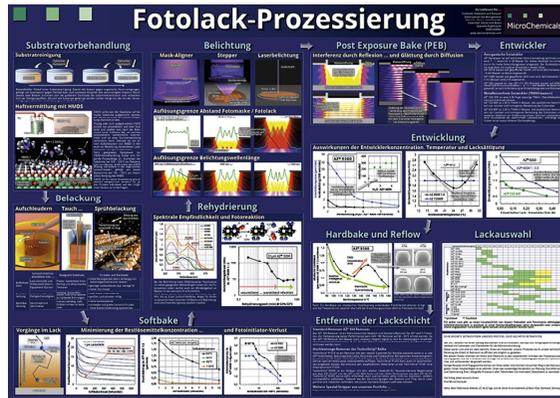
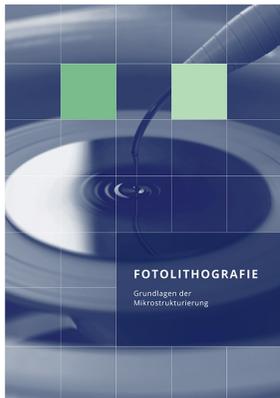
☞ [www.microchemicals.com/de/produkte/aetzmischungen.html](http://www.microchemicals.com/de/produkte/aetzmischungen.html)

## Weiterführende Informationen

Technische Datenblätter: [www.microchemicals.com/de/downloads/technische\\_datenblaetter/fotolacke.html](http://www.microchemicals.com/de/downloads/technische_datenblaetter/fotolacke.html)

Sicherheitsdatenblätter: [www.microchemicals.com/de/downloads/sicherheitsdatenblaetter/sicherheitsdatenblaetter.html](http://www.microchemicals.com/de/downloads/sicherheitsdatenblaetter/sicherheitsdatenblaetter.html)

## Unsere Lithografiebücher und -Poster



Wir sehen es als unsere Aufgabe, Ihnen möglichst alle Aspekte der Mikrostrukturierung anwendungsorientiert verständlich zu machen.

Diesen Anspruch umgesetzt haben wir derzeit mit unserem Buch **Fotolithografie** auf über 200 Seiten, sowie ansprechend gestalteten DIN A0 **Postern** für Ihr Büro oder Labor.

Beides senden wir Ihnen als unser Kunde gerne gratis zu (ggfalls. berechnen wir für außereuropäische Lieferungen Versandkosten):

[www.microchemicals.com/de/downloads/broschueren.html](http://www.microchemicals.com/de/downloads/broschueren.html)

[www.microchemicals.com/de/downloads/poster.html](http://www.microchemicals.com/de/downloads/poster.html)

Vielen Dank für Ihr Interesse!

## Gewährleistungs- und Haftungsausschluss & Markenrechte

Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen, Prozessbeschreibungen, Rezepturen etc. sind nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Dennoch können wir keine Gewähr für die Korrektheit der Angaben übernehmen. Insbesondere bezüglich der Rezepturen für chemische (Ätz-)Prozesse übernehmen wir keine Gewährleistung für die korrekte Angabe der Bestandteile, der Mischverhältnisse, der Herstellung der Ansätze und deren Anwendung. Die sichere Reihenfolge des Mischens von Bestandteilen einer Rezeptur entspricht üblicherweise nicht der Reihenfolge ihrer Auflistung.

Wir garantieren nicht für die vollständige Angabe von Hinweisen auf (u. a. gesundheitliche, arbeitssicherheitstechnische) Gefahren, die sich bei Herstellung und Anwendung der Rezepturen und Prozesse ergeben. Die Angaben in diesem Buch basieren im Übrigen auf unseren derzeitigen Erkenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verwender wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Eine Garantie bestimmter Eigenschaften oder die Eignung für einen konkreten Einsatzzweck kann aus unseren Angaben nicht abgeleitet werden. Grundsätzlich ist jeder Mitarbeiter dazu angehalten, sich im Zweifelsfall in geeigneter Fachliteratur über die angedachten Prozesse vorab ausreichend zu informieren, um Schäden an Personen und Equipment auszuschließen. Alle hier vorliegenden Beschreibungen, Darstellungen, Daten, Verhältnisse, Gewichte, etc. können sich ohne Vorankündigung ändern und stellen nicht eine vertraglich vereinbarte Produktbeschaffenheit dar. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Rechtsvorschriften sind vom Verwender unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Merck, Merck Performance Materials, AZ, the AZ logo, and the vibrant M are trademarks of Merck KGaA, Darmstadt, Germany

MicroChemicals GmbH  
Nicolaius-Otto-Str. 39  
89079, Ulm  
Germany

Fon: +49 (0)731 977 343 0  
Fax: +49 (0)731 977 343 29  
e-Mail: [info@microchemicals.net](mailto:info@microchemicals.net)  
Internet: [www.microchemicals.net](http://www.microchemicals.net)