

Aufgabe 10.1 Beschreiben Sie sowohl die trockene als auch die feuchte Oxidation. Welche Vor- und Nachteile besitzen diese Verfahren?

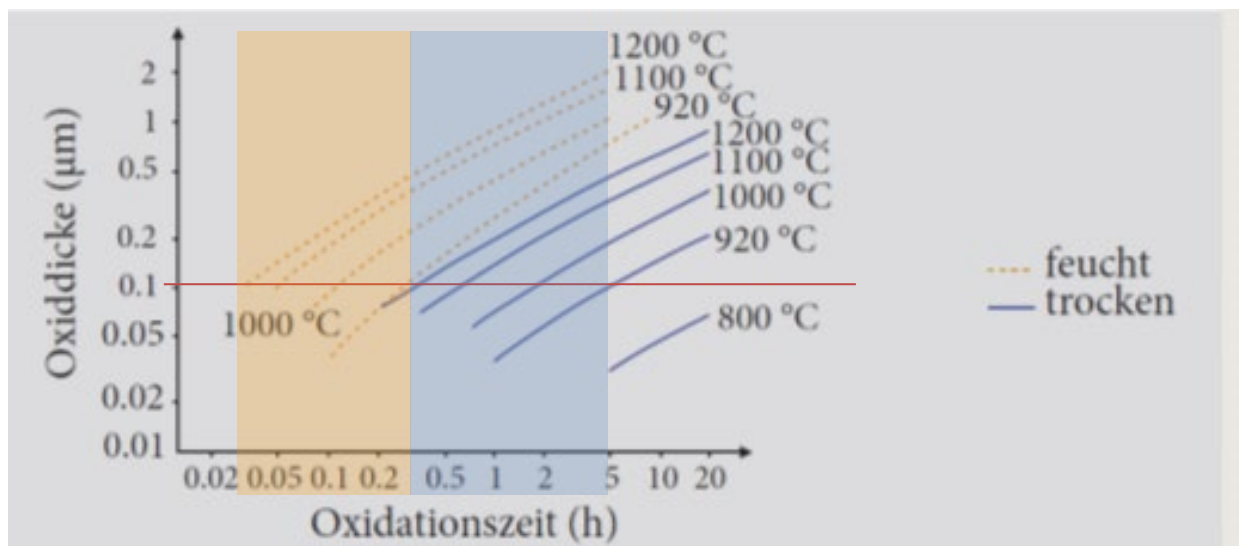
Bei der trockenen Oxidation wird lediglich Sauerstoff bei hoher Prozesstemperatur verwendet, während bei der feuchten Oxidation zusätzlich Wasser(-dampf) mittels Bubbler zugesetzt wird.

	Vorteil	Nachteil
Trockene Oxidation	Hohe Schichtqualität	Niedrige Schichtrate
Feuchte Oxidation	Hohe Schichtrate	Niedrige Schichtqualität

Aufgabe 10.2 Wann kann die thermische Oxidation eingesetzt werden?

Die thermische Oxidation kann eingesetzt werden, wenn zum einen die Silicium-Waferoberfläche freiliegt und zum anderen die vielleicht schon vorhandenen Strukturen die auftretenden Temperaturen aushalten.

Aufgabe 10.3 Schätzen Sie die Zeit, welche benötigt wird, um eine Oxidschichtdicke von 0,1 µm mit trockener und feuchter Oxidation herzustellen.



Bei der feuchten Oxidation werden je nach Temperatur zwischen 0,03 und 0,3 Stunden benötigt. Die trockene Oxidation benötigt hingegen 0,3 bis 5 Stunden.

Aufgabe 10.4 Warum ist die Konzentration an SiCl_4 bei der Silicium-Gasphasen-Epitaxie von entscheidender Bedeutung?

Die SiCl_4 Konzentration ist von entscheidender Bedeutung, da je nach Anteil die Silicium-Gasphasen-Epitaxie einen schichtabtragenden oder schichtaufwachsenden Charakter hat.

Aufgabe 10.5 Skizzieren Sie eine Sputteranlage und erläutern Sie stichpunktartig den Prozessablauf.

- Anlegen einer negativen Spannung am Target
- Ladungsträger innerhalb des Prozessgases werden beschleunigt
- Ausbildung eines Plasmas (Erzeugung von freien Elektronen und Gasionen; nach außen neutral)
- Positiv geladene Edelgas-(Ar-)Ionen werden aufs Target beschleunigt
- Auslösen des Targetmaterials, welches auf dem Substrat als Schicht aufwächst

Aufgabe 10.6 Begründen Sie, warum im Ultrahochvakuum kein Sputterprozess durchgeführt werden kann.

Aufgrund des Paschen Gesetzes ist die Zündspannung $U = p \cdot d$ vorgegeben und eine Funktion von Druck und Elektrodenabstand (Abstand Kathode - Anode). Bei sehr niedrigem Druck ist entweder eine extrem hohe Spannung erforderlich; ferner ist die Ladungsträgerdichte nicht ausreichend um die Entladung aufrecht zu erhalten.

Aufgabe 10.7 Nennen Sie Voraussetzungen zur Durchführung einer chemischen Gasphasenabscheidung.

- Schichtbildendes Material muss als gasförmige Verbindung existieren
- Schichtbildendes Material muss mittels Energiezufuhr aus der gasförmigen Verbindung abgeschieden werden können und alle restlichen Reaktionsprodukte müssen zum Abtransport wieder gasförmig sein.

Aufgabe 10.8 Erläutern Sie den Unterschied zwischen Homo-und Heteroepitaxie.

Bestehen das Substrat und die abgeschiedene Schicht eines Epitaxie Prozesses aus demselben Material wird dieses Homoepitaxie, bei unterschiedlichen Materialien Heteroepitaxie genannt.

Aufgabe 10.9 Stellen Sie in einer Tabelle die Vor-und Nachteile der Beschichtungsverfahren zusammen. Kriterien: Schichthftung, Materialien, Konformität, technischer Aufwand

Kriterien	Thermische Oxidation	PVD	CVD	Galvanik
Schichthftung	Sehr gut	gut	befriedigend	Gut bis befriedigend
Anzahl mögl. Materialien	gering	Sehr hoch	hoch	befriedigend
Konformität	sehr hoch	gering	hoch	*
Technischer Aufwand	Hoch	Hoch	Hoch	Gering

*Typischerweise strukturierte Beschichtung und deshalb keine Aussage

Aufgabe 10.10 Beschreiben und skizzieren Sie den galvanischen Prozess.

- Anlegen einer Spannung an Anode und Kathode, welche sich in einem Elektrolyten befinden
- Ausbildung eines elektrischen Stromes (Ladungsaustausch an den Oberflächen)
- Oxidation der Anode
- Reduktion der Kathode
- Dadurch Abscheidung einer Schicht

Aufgabe 10.11 Berechnen Sie analog zum Beispiel in *Abschnitt 10.3.1* die benötigte Beschichtungszeit für eine galvanische Beschichtung, wenn die Stromdichte 0,05 A/cm² und die Schichtdicke 5 µm betragen soll.

Aus dem Beispiel:

$$\frac{I}{A} = \frac{d \cdot \rho \cdot z \cdot F}{M \cdot t} \text{ hieraus folgt } t = \frac{A \cdot d \cdot \rho \cdot z \cdot F}{M \cdot I},$$

$$\text{Stromdichte: } \frac{I}{A} = 0,05 \frac{\text{A}}{\text{cm}^2}$$

Dichte der abgeschiedenen Schicht: $\rho = 8,96 \text{ g/cm}^3$

Wertigkeit des Ions: $z = 2$

Faraday-Konstante: $F = 9,64853 \cdot 10^4 \text{ C/mol}$

Molare Masse: $M = 63,5 \text{ g/mol}$

Schichtdicke: $d = 5 \text{ µm} = 0,0005 \text{ cm} !!$

eingesetzt ergibt sich $t \approx 270 \text{ s}$

Aufgabe 10.12 Erläutern Sie den Unterschied zwischen Galvanik und außenstromloser Abscheidung. Der Hauptunterschied der beiden Verfahren ist die Zuführung der Elektronen. Bei der Galvanik erfolgt diese über eine äußere Stromquelle, während bei der außenstromlosen Abscheidung diese durch chemische Reaktionen innerhalb des Elektrolyten freigesetzt werden.

Aufgabe 10.13 Was ist ein Plasma und wie wird es technisch erzeugt?

Plasma ist der vierte Aggregatzustand und beschreibt ein ionisiertes Gas, welches nach außen hin elektrisch neutral ist. Die technische Erzeugung erfolgt meist durch Anlegen einer elektrischen Spannung an zwei Elektroden.

Aufgabe 10.14 Nennen Sie Prozesse in der Mikrotechnologie, in denen ein Plasma eingesetzt wird.

- Sputtern
- PECVD

Aufgabe 10.15 Beschreiben Sie drei Möglichkeiten, die beim Beschuss einer Oberfläche mit Ionen auftreten können.

Beim Beschuss einer Oberfläche mit Ionen können diese reflektiert, implantiert oder ein Atom aus der Oberfläche auslösen (Sputtern). Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass Sekundärelektronen ausgelöst oder Gitterdefekte erzeugt werden.