

Halbleitertechnologie von A bis Z

Trockenätzen

Verbindungshalbleiter und High-k-Materialien	3
<i>Warum diese Materialien eine Sonderrolle spielen</i>	<i>3</i>
<i>III-V-Verbindungshalbleiter (GaAs, InP, GaN)</i>	<i>3</i>
<i>Siliciumcarbid (SiC)</i>	<i>3</i>
<i>High-k-Dielektrika (HfO₂ & Co.)</i>	<i>3</i>

Verbindungshalbleiter und High-k-Materialien

Warum diese Materialien eine Sonderrolle spielen

Die Gasübersicht im Kapitel [Trockenätzverfahren](#) deckt die Standardmaterialien der Siliciumfertigung ab: Silicium, Siliciumdioxid, Siliciumnitrid, Polysilicium und Aluminium. Manche Materialsysteme lassen sich mit denselben Chemien jedoch nicht oder nur schlecht ätzen – entweder weil sie chemisch zu inert sind, oder weil die entstehenden Reaktionsprodukte bei Prozesstemperatur nicht flüchtig genug sind.

III-V-Verbindungshalbleiter (GaAs, InP, GaN)

[III-V-Halbleiter](#) wie Galliumarsenid, Indiumphosphid oder Galliumnitrid lassen sich nicht mit Fluorchemie ätzen – die entstehenden Fluoride sind bei Prozesstemperatur nicht flüchtig genug. Stattdessen kommt Chlorchemie zum Einsatz (BCl_3 , Cl_2), die mit den Elementen der dritten Hauptgruppe flüchtige Chloride bildet.

Eine Herausforderung ist dabei, dass die verschiedenen Elemente einer Verbindung unterschiedlich schnell reagieren – bei GaAs etwa muss die Chemie so eingestellt werden, dass Gallium und Arsen mit vergleichbarer Rate abgetragen werden. Sonst verarmt die Oberfläche an einem der beiden Elemente, und die Ätzung stoppt oder wird rau.

Siliciumcarbid (SiC)

Siliciumcarbid ist chemisch außerordentlich inert – dieselbe Eigenschaft, die es für [Hochtemperatur- und Leistungsanwendungen](#) wertvoll macht, erschwert seine Strukturierung erheblich. Trockenätzen von SiC erfordert Fluorchemie, meist SF_6 -basiert, mit deutlich höherer Ionenenergie als bei Silicium, um die starken Si-C-Bindungen aufzubrechen.

Die Ätzraten liegen entsprechend niedriger, und die verwendete Maske erodiert stärker – bei tiefen Strukturen muss die Maskendicke daher großzügiger bemessen werden als bei vergleichbaren Silicium-Prozessen.

High-k-Dielektrika (HfO_2 & Co.)

Hafniumoxid (HfO_2) und verwandte [High-k-Materialien](#), die in modernen Gate-Stacks das klassische Siliciumdioxid als Gate-Dielektrikum ersetzen, bilden mit Fluor- oder Chlorverbindungen nur schwer flüchtige Reaktionsprodukte. Geätzt

wird meist mit BCl_3 -basierten Chemien, häufig unterstützt durch einen stärkeren physikalischen, also durch Ionenbeschuss geprägten Anteil, um die Reaktionsprodukte mechanisch von der Oberfläche zu entfernen statt sie rein chemisch abzdampfen.

Die Prozessfenster sind eng, da die extrem dünnen High-k-Schichten – oft nur wenige Nanometer – keine Über- oder Unterätzung erlauben.