Ersatz von Seltenerdelementen in der Halbleiterfertigung

# Chemisch Mechanisches Polieren (CMP) von Stop on Nitride (SON) Prozessen ohne Ceroxidabrasiva

**M. Klotzsche, S. Shetti, S. Bott, C. Guhl**

## 1 Motivation

- Chemisch Mechanisches Polieren (CMP) ist der Prozess mit dem zweithöchsten $CO_2$e Fußabruck in der Halbleiterfertigung
- Abrasivpartikel im CMP sind üblicherweise Siliziumoxid (Silica) oder Ceroxid (Ceria)
  - Ceria als Seltenerdelement hat einen wesentlich höheren $CO_2$e Fußabdruck
  - Ceria steht im Verdacht krebserregend zu sein
  - Globale Versorgung von Ceria als Seltenerdelent ist kritisch [1]
- Polierschritte die selektiv auf einer Siliziumnitridschicht stoppen (SON) werden bei fortschrittlichen Technologien  oftmals mit Ceria Slurries umgesetzt

- Prozessergebnisse im CMP-Prozess sind abhängig von Strukturierung der Chips
- Insbesondere die Produktion vielfältiger Chips ist mit Silica basierten SON-Polierschritten momentan nicht möglich
- Diversifizierung der Mikroelektronik verlangt nach vielfältigen Chips

## 2 Stand der Technik

- CMP für Stop on Nitride (SON) Strukturen muss Siliziumoxid über Siliziumnitrid definiert entfernen
- Hohe Liniendichten sorgen für lange Polierzeit bis Aktivoxid entfernt ist
  - Niedrige Dichten neben hohen Dichten werden länger als nötig poliert
    → stop on nitride (SON) muss sehr gut funktionieren
  - Weiter Dichtebereich = hohe Eingangstopographie = hohe SON-Anforderung
- Variation des Prozessergebnisses über Strukturdichten [2]
  - Ceria Slurry für weiten Dichtebereich im Zielfenster
  - Silica Slurry nur bei sehr schmalem Dichtebereich im Zielfenster

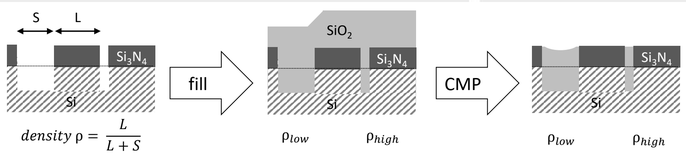


Abb. 1: SON-Prozessfluss

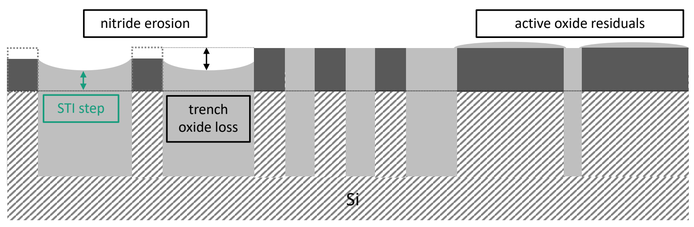


Abb. 2: Strukturabhängiges CMP-Prozessergebnis beim SON CMP

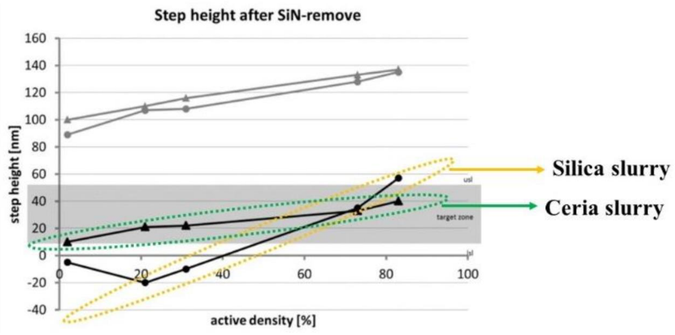


Abb. 3: Ceria Slurry zeigt deutlich geringere Strukturabhängigkeit als Silica Slurry [2]

## 3 Ceroxidfreies STI CMP

- Polieren in zwei Schritten: vorpolieren und finales polieren
  - Vorpolieren: Einebnen der Strukturen, reduzieren des Unterschieds zwischen hohen und niedrigen Dichten
  - Finales polieren: SON-Polieren mit selektiver, umweltverträglicher Silicaslurry
- Optimierung des Vorpolierens Topographie (=Dichteabhängigkeit) reduzieren und somit SON-Anforderungen senken
- Drei Optionen für besseres Vorpolieren
  - Mehr Oxid für längeres polieren
  - Geringerer Polierdruck
  - Aufteilen der Polierzeit in 30s Intervalle
    → reduzierte Topographie (WIDNU) = reduzierte Dichteabhängigkeit
- Geringere Dichteabhängigkeit und Topographie bleibt nach SON/finalem polieren bestehen (WIDNU korreliert)

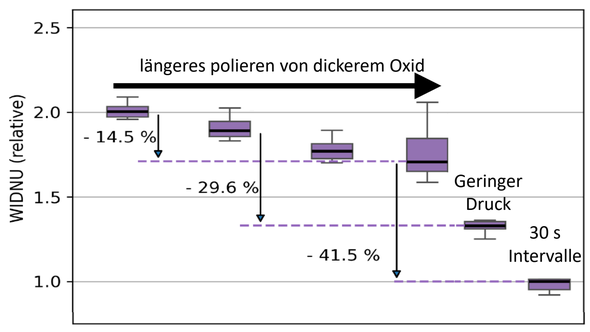


Abb. 4: Verbesserte Topographie (=Dichteabhängigkeit) durch angepasstes Vorpolieren

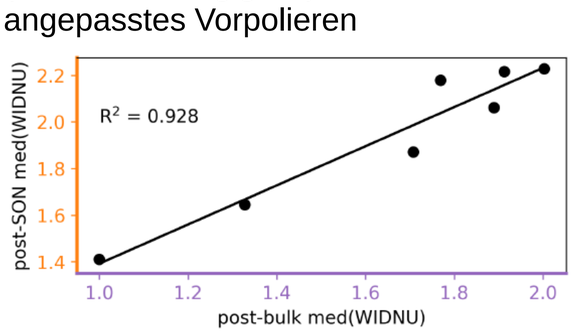


Abb. 5: Korrelation der Dichte-abhängigkeit nach Vorpolieren und finalem polieren

## 5 Fazit: Prozess

- Finales Polierergebnis kann durch angepassten Vorpolierprozess wesentlich verbessert werden
- Beschränkungen durch Silica Abrasiva (stärkere Dichteabhängigkeit) können durch angepasstes Vorpolieren angegangen werden
- Verschiedene Möglichkeiten des Vorpolierens bieten Varianz in Prozess-anpassung je nach geforderten Produkten

## 6 Fazit: Umwelt

- STI CMP für diverse Chips fortschrittlicher Technologien ohne seltene Erden ist möglich
- $CO_2$e Fußabdruck des zentralen Verbrauchsmittels CMP Slurry kann gesenkt werden

Fraunhofer IPMS
SCREENING FAB

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

[1] European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, M. Grohol, and C. Veeh, Study on the critical raw materials for the EU 2023 – Final report. Publications Office of the European Union, 2023.
[2] Andreas Krüger, Andreas Trusch, Marco Lisker, "Comparison of Silica-and Ceria-Slurry for Direct STI-CMP,"