



ULTRASCHNELLE PLASMA-ALD MIT 3D-GEDRUCKTEN KERAMISCHEN RAKETENDÜSEN

Abhishekkumar Thakur, Dr. Jonas Sundqvist, Dipl.-Phys. Mario Krug, Dr. Roland Weidl

Für eine weitere Skalierung der Nanotechnologien und Computerchips ist die Atomlagenabscheidung (ALD) für die selbstjustierte multiple Strukturierung der Schlüsselprozess. Das Verfahren erfordert allerdings ein Plasma-ALD bei Niedertemperatur und eine konforme Abscheidung auf Photoresiststrukturen für die nachfolgenden Ätzprozesse. Die ALD ist jedoch durch einen niedrigen Durchsatz begrenzt. Dieser kann durch Erhöhen des Wachstums pro Zyklus, Verwenden eines neuen Precursors oder einer räumlich getrennten ALD-Anlage (Spatial ALD) sowie durch Verringern der ALD-Zykluslänge oder Weglassen von Spülschritten verbessert werden. Die heutigen hochproduktiven Anlagen ermöglichen einen sehr schnellen Wafertransport in und aus den ALD-Kammern. Derzeit kommen 300 mm-Wafer-ALD-Kammern für die Massenfertigung zum Einsatz.

Das Fraunhofer IKTS hat in Zusammenarbeit mit der Plasway Technologies GmbH einen neuen Typ eines schnellen Plasma-ALD-Prozesses entwickelt. Der Prozess verwendet einen Gasfluss von oben, um ein 60 MHz-CCP-Plasma in einer 300 mm-Kammer zu zünden. Das Kammergassystem wurde modifiziert, um Precursorpulse von ≤ 10 ms mit Ultraschall-Precursorgasinjektion zu realisieren. Die Überschallgasgeschwindigkeit wird durch die Verwendung einer von Plasway Technologies hergestellten und patentierten 3D-gedruckten keramischen Raketendüse »Art de Laval« erreicht, die eine Rundum-Precursorinjektion mit hoher Geschwindigkeit (> 300 m/s) über den Wafer ermöglicht. Die Prozessqualifizierung erfolgte mithilfe des bekannten Aluminiumoxid-Plasma-ALD-Prozesses unter Einsatz des Precursors Trimethylaluminium.

Mit dem de Laval-Ringinjektor begann die Sättigung bei 10 ms TMA-Pulslänge der getesteten Schaltgrenze des elektropneumatischen ALD-Ventils. Die Prozesslinearität und die Sättigungskurve zeigten die ALD-Natur des Prozesses an. Für 50 ms TMA-Puls wurde ein breites ALD-Temperaturfenster (30–120 °C) mit einer konstanten $1,3 \text{ \AA}$ GPC extrahiert. Bereits mit sehr kurzen Impulsen konnte eine sehr gute Gleichmäßigkeit der applizierten Schichten – von der Wafermitte bis zum Rand – erreicht werden.

Weitere ALD-Prozesse sowie das Atomic Layer Etching (ALE) stehen im Fokus kommender Entwicklungsarbeiten am Fraunhofer IKTS und bei der Plasway Technologies GmbH.

1 300 mm Plasma-ALD-Prozesskammer.

2 Ultraschnelles Elektropneumatisches ALD-Ventil für Precursorpulsen unter 10 ms.