



Innovative und umweltfreundliche, auf Fluor(F₂)-basierte Reinigungsprozesse als Ersatz für NF₃ und PFCs in der Halbleiterindustrie

„ecoFluor“ setzt auf Klimaschutz im internationalen Maßstab. Es wurde ein Reinigungsgas entwickelt, das den Treibhauswert bisher üblicher Gase in der Halbleiterbranche um das 17.000-fache senkt. Das Mittel mit dem Klimabonus spart zudem Ressourcen, weil es effizient im Verbrauch ist. Das Projekt wurde im Rahmen der Fördermaßnahme „r+Impuls – Impulse für industrielle Ressourceneffizienz“ gefördert. Die Maßnahme unterstützt Projekte, die innovative Technologien und Produkte aus dem Labor in die wirtschaftliche Anwendung bringen.

Innovation auf fundierter Basis

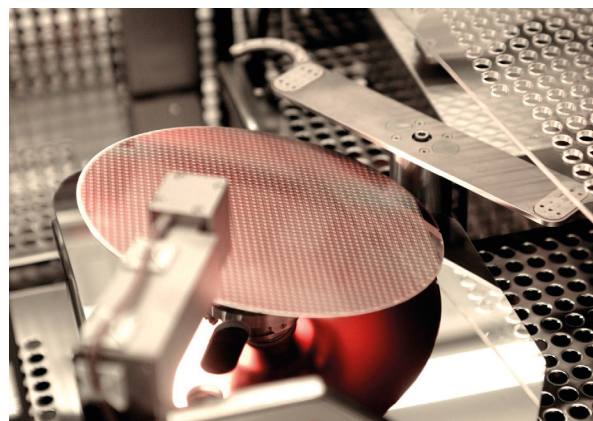
Mikrochips für Handys, Laptops oder Taschenrechner werden in Maschinen der Halbleiterindustrie gefertigt, die nach jedem Arbeitsschritt gründlich gereinigt werden müssen. Bisher geschieht dies mit perfluorierten Kohlenwasserstoffen und Stickstofftrifluorid (NF₃). Diese Gase sind für die Umwelt bis zu 17.000-mal schädlicher als das bekannte Treibhausgas Kohlendioxid, da sie besonders stabil sind und daher lange in der Atmosphäre verbleiben.

Das Fraunhofer-Institut für Mikrosysteme und Festkörpertechnologien EMFT untersucht seit mehreren Jahren gemeinsam mit Partnern des Chemieunternehmens Solvay verschiedene Fluorgasmischungen auf Umweltfreundlichkeit. Das Projekt „ecoFluor“ setzt auf einen alternativen Gasmix aus Fluor, Stickstoff und Argon, wodurch die Fluormenge um bis zu 20 Prozent verringert werden kann. Damit ist sein Treibhauspotenzial vergleichbar mit dem des Kohlenstoffdioxids. Zudem ist die Nutzung dieser Fluorgasmischungen sehr zeit- und kosteneffizient. Im Projekt wurde die vielversprechende Gasmischung in der industriellen Anwendung getestet.

Cleantech für Hightech

Der Markt für das neue Reinigungsgas ist groß, denn jegliche Informationstechnologie und damit viele Bereiche unseres öffentlichen und wirtschaftlichen Lebens basieren auf Silizium-Mikrochips. Die kleinen Elektronikteile entstehen mittels planarer Halbleitertechnologie: Schicht für Schicht werden dabei abwechselnd leitfähige und isolierende Schichten auf eine Siliziumscheibe aufgebracht. Anschließend erhält der Chip seine Strukturierung. All diese Arbeitsvorgänge finden in speziellen Vakuumkammern, sogenannten PECVD-Kammern, statt. Bei dieser Feinstarbeit – die einzelnen Schichten und Strukturen sind nur wenige Nanometer groß – ist höchste Sauberkeit

bei Prozessen, Maschinen und eingesetzten Materialien notwendig. Deshalb müssen nach jeder aufgetragenen Schicht die Prozesskammern mit Gas gereinigt werden. Fluorchemische Mittel sind bewährte und effiziente Reinigungsgase. Ein diffiziler chemischer Vorgang ist nötig, um sie für das Säubern zu konditionieren.



Hightech, die umweltfreundlich entsteht: „ecoFluor“ setzt auf alternativen Gasmix für die Reinigung von Mikrochips und Produktionskammern.

Testlauf in Teamwork

Die Partner von „ecoFluor“ verfolgen den Einsatz ihres Gases in zwei Phasen und arbeiteten während der dreijährigen Projektlaufzeit arbeitsteilig. Solvay, der Initiator aus der Chemie, lieferte die Cleangas-Mischung und schulte das Personal im sicheren Umgang damit. Die Fraunhofer EMFT sorgte für die fortlaufende Optimierung der Gasmischung. Die Firma Muegge lieferte eine mikrowellenbasierte Technologie zur bestmöglichen Minimierung der Gasmenge. Texas Instruments schließlich setzte die Mischung in seiner Halbleiterproduktion ein. Hierzu wurde am Produktionsstandort in Freising eine Gasversorgung aufgebaut, mit der die Gasmischung der Solvay Fluor GmbH an wenigen Produktionsanlagen zur Verfügung gestellt und getestet wurde.

Vorläufige Ergebnisse

Mit dem Aufbau der Gasversorgung für die neuartige Fluor-Gasmischung waren die Voraussetzungen für die geplanten Tests unter Produktionsbedingungen erfüllt. Auf Basis der Erkenntnisse des Fraunhofer EMFT wurden für typische PECVD-Applikationen Reinigungsprozesse entwickelt, die prinzipiell den Anforderungen genügen. Diese wurden in die Halbleiterproduktion überführt, um die Langzeitperformance und -stabilität in der Produktion zu demonstrieren. Für den Fall eines PECVD-Oxide-Prozesses mit RPS-Reinigung (Remote Plasma Source) wurde dies über eine Dauer von neun Monaten und mit etwa 70.000 Wafern erfolgreich gezeigt. Durch den Austausch von Stickstofftrifluorid wurden mehr als 15 Prozent Fluor eingespart und die Reinigungszeit um 5 Prozent verkürzt. Der Ersatz von Hexafluorethan in einem „In situ-Plasma-Reinigungsverfahren“ hat sich als besonders effizient herausgestellt: Hier wurde die Reinigungsdauer um etwa 40 Prozent verkürzt und die eingesetzte Fluormenge um 90 Prozent reduziert. Der Langzeittest in der Halbleiterproduktion ist derzeit in Vorbereitung.

Parallel zu den Arbeiten bei Texas Instruments hat das Fraunhofer EMFT umfangreiche Arbeiten zur Charakterisierung der neuen Reinigungschemie durchgeführt, unter anderem Abgasuntersuchungen zur Verifizierung der Fluorkohlenwasserstofffreien Reinigungstechnologie mit Hilfe eines hochauflösenden Massenspektrometers.

Darüber hinaus wurde eine neuartige, von Muegge entwickelte, Mikrowellen-Remote-Plasma-Source (RPS) ausführlich evaluiert, die nun in Kombination mit der neuartigen Fluor-Gasmischung eine sehr effiziente Option für den Einsatz in der Halbleiterfertigung ist. Der Test unter Produktionsbedingungen ist in Planung.

Nach der Freigabe für die industrielle Produktion soll das Reinigungsgas „ecoFluor“ nicht nur an den internationalen Standorten von Texas Instruments eingesetzt werden. Stattdessen eröffnet die ökologische Innovation auch einen Markt für andere Halbleiterproduzenten und Unternehmen verwandter Branchen.

Fördermaßnahme

r+Impuls – Impulse für industrielle Ressourceneffizienz

Projekttitel

ecoFluor – Innovative und umweltfreundliche, auf Fluor(F₂)-basierte Reinigungsprozesse als Ersatz für NF₃ und PFCs in der Halbleiterindustrie

Laufzeit

01.01.2016–31.12.2018

Förderkennzeichen

033R151

Fördervolumen des Verbundes

716.000 Euro

Kontakt

Michael Pittroff
Solvay Fluor GmbH
Hans-Böckler-Allee 20, 30173 Hannover
Tel.: +49 511 857-3448
E-Mail: michael.pittroff@solvay.com

Projektpartner

Texas Instruments Deutschland GmbH
Muegge GmbH
Fraunhofer-Institut für Mikrosysteme und
Festkörper-Technologien EMFT

Internet

www.r-plus-impuls.de

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung,
53170 Bonn

Redaktion und Gestaltung

Projektträgerschaft Ressourcen und Nachhaltigkeit
Projektträger Jülich (PtJ), Forschungszentrum Jülich GmbH

Bildnachweis

Texas Instruments

Stand

Oktober 2018