

Regelung der automatisierten Restgasanalyse in Kabelbaugruppen für Systeme mit extremen ultravioletten Lichtquellen

Daniel Sabaditsch

Motivation

In der Halbleiterindustrie ist der allgemeine Trend zu immer kleineren Strukturen zu erkennen, da die Dichte der integrierten Schaltkreise (IC) steigt (Moore'sches Gesetz). Aus der Abnahme der IC-Baugröße folgt wiederum eine exaktere und feinere Strukturierung auf dem Halbleiter. Um diese zu realisieren, wird bei der Belichtung der Wafer Strahlung mit sehr kleinen Wellenlängen im extremen ultravioletten Bereich (EUV) verwendet. Aufgrund ihrer kurzen Wellenlänge ist diese Strahlung jedoch anfällig für Absorption durch Luft oder Partikel. Deshalb gilt es den Bereich zwischen Strahlungsquelle und zu belichtendem Halbleiter so rein wie möglich zu halten, weshalb die lithographische Belichtung im Hochvakuum stattfinden muss. Daher bedürfen auch die im Vakuumbereich zu verbauenden Kabelbaugruppen besonderer Reinheit, da es im Vakuum zum Austritt aller flüchtigen Bestandteile aus den Kabeln kommen kann. Um die Reinheit der ausgasenden Kabel zu garantieren, werden die Kabelbaugruppen mittels Partialdruck- oder Restgasanalyse im Hochvakuum untersucht.

Ziele

Da die Erfassung der Restgasmengen über mehrere Stunden mittels eines Massenspektrometers verläuft, kommt es zur Änderung wichtiger Größen des Prozesses. Ziel der Arbeit war es, die daraus resultierende Veränderung der Detektionsempfindlichkeit nachzuregulieren. Dazu wurde zunächst der Einfluss der einzelnen Prozessparameter untersucht. Als Regelgröße sollte die Spannung des Sekundärelektronenvervielfachers (SEV) im Massenspektrometer dienen. Es galt anschließend die Regelung zu implementieren und auf ihre Leistungsfähigkeit zu untersuchen.

Restgasanalyse

Kunststoffe, welche in der Ummantelung von Kabeln vorkommen, enthalten neben fertigungsbedingten Verunreinigungen auch Feuchtigkeit aus der Luft. Im Hochvakuum gehen die zu entfernenden Wassermoleküle und Kohlenwasserstoffe in den gasförmigen Zustand über. Die entstehende Druckdifferenz zwischen dem Vakuum und dem Innenraum der Probe bildet die Triebkraft für den Ausgasvorgang. Als Ausgasen bezeichnet man die Gesamtheit aller Vorgänge zur Freisetzung von Teilchen aus der Probe: Desorption, Diffusion und Permeation. Des Weiteren kann es nebenbei auch zu erneuten Adsorptionsvorgängen kommen. [1]

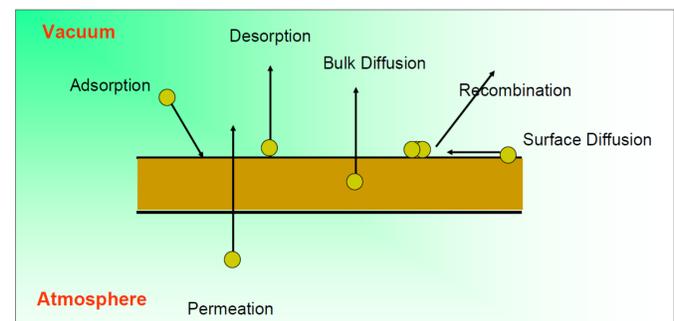


Bild 1: Vorgänge zum Ausgasverhalten [2]

Zur Untersuchung der Menge an ausgasenden Verunreinigungen bestimmt ein Massenspektrometer stetig, in mehreren Durchläufen, die quantitative Zusammensetzung des Gasgemischs in der Messkammer. Als Maß für die Empfindlichkeit des Messgeräts dient die Ratio R , welche dem Quotient aus dem Gesamtdruck in der Messkammer und dem gemessenen Gesamtstrom des Massenspektrums entspricht. Um die Empfindlichkeit bei Abweichungen nachzuregulieren, sollte die Signalverstärkung über die am SEV angelegte Spannung variiert werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Untersuchung des Einflusses der Prozessparameter auf die Empfindlichkeit, konnte eine eindeutige, exponentielle Abhängigkeit der Ratio von der am SEV angelegten Spannung gefunden werden. Durch die Bestimmung der Exponentialfunktion war es möglich, eine relative Regelung zum vorangegangenen Messwert zu ermitteln. Diese wurde in einem Programm umgesetzt, welches zwischen den Messdurchläufen des Massenspektrometers zunächst den aktuellen Wert für die Empfindlichkeit berechnet und anschließend aufgrund der Regelvorschrift einen neuen Wert für die Spannung des SEV ermittelt und im Messgerät einstellt.

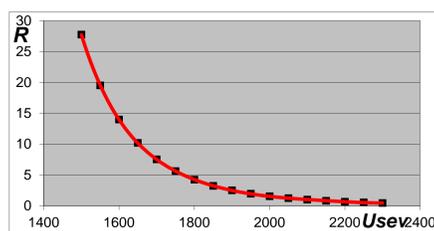


Bild 2: exponentielle Abhängigkeit der Ratio R von der SEV-Spannung

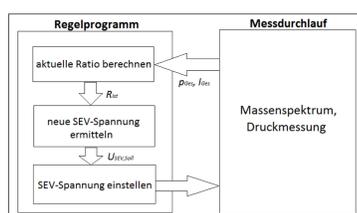


Bild 3: schematische Darstellung der Regelung

Das Regelprogramm wurde daraufhin an der Messanlage getestet und qualifiziert. Dabei wurden zum einen die Wiederholbarkeit und zum anderen der Einfluss der Programmparameter auf die Regelfähigkeit des Programms untersucht. Da jedoch das Regelprogramm einerseits einen Fehler beim Auslesen der Stromstärke aus der Messsoftware und andererseits einen zufälligen Absturzfehler besitzt, muss das Regelprogramm diesbezüglich optimiert werden, um eine stabile, lange Laufzeit zu garantieren. Weiterhin muss untersucht werden, inwiefern die Alterung des SEV einen Einfluss auf die Regelung besitzt. Die Alterung des SEV bewirkt eine Abschwächung der Verstärkung bei gleicher Spannung. Da das Programm jedoch relativ zu den aktuellen Werten nachregelt, muss geklärt werden, wie sich der exponentielle Verlauf der Ratio über der SEV-Spannung ändert. Es könnte dabei lediglich zu einer Änderung der Parameter kommen, aber auch zu einem gänzlich unterschiedlichen Kurvenverlauf.

Publikationen

- [1] de Segovia J. L.; Physics of outgassing; Artikel CERN-OPEN-2000-273; Madrid 1999 [2] Reid R.; Outgassing ... from the walls of vacuum vessel and strategies for reducing it; Präsentation; UK 2009