



TIPPS UND TRICKS VOM EXPERTEN

Analyse molekularer Verunreinigungen durch Fluorwasserstoffgas

Produktionsprozesse, die im Reinraum ablaufen, stellen höchste Anforderungen an das Vakuumsystem. Denn schon kleinste Partikel können zu massiven Schäden, Leistungsverlusten und damit Ertragseinbußen führen. Entsprechend wichtig ist die genaue Überwachung und Analyse der Produktionsumgebung, um die Gefahr von Verunreinigungen so gering wie möglich zu halten.

Airborne Molecular Contaminations (AMC) als Gefahr für Reinraumprozesse

Gasförmige Verbindungen in der Luft eines Reinraums, der Prozessausrüstung oder einem Behälter können Oberflächen oder Produkte verunreinigen. Sie werden als luftgetragene molekulare Verunreinigung (Airborne Molecular Contamina-

tions, AMC) bezeichnet. AMC kann selbst in modernsten Produktionsanlagen schwere Schäden verursachen. Dabei ist Fluorwasserstoffgas eine der kritischsten Ursachen für molekulare Verunreinigungen in einer Halbleiterfabrik. Zwar stehen diverse Sofortmaßnahmen zur Verfügung, jedoch ist und bleibt die wichtigste Frage: „Wie analysiert man luftgetragene molekulare Verunreinigungen in Front Opening Unified Pod (FOUPs) einfach und zuverlässig?“

System APA zur Analyse von AMCs

Das Kontaminationsmanagementsystem APA 302 ist ein produktionsbegleitendes Überwachungssystem zur Messung von AMCs in einer Transportbox - dem sogenannten FOUP - sowie ihrer unmittelbaren Umgebung. Der APA 302 ist mit

einer speziellen Fluorwasserstoffmessung verfügbar. Diese liefert die Fluorwasserstoffkonzentration zwei Minuten nach der Probenahme durch die Filter des FOUP mit hoher Empfindlichkeit (im ppb-Bereich). Diese präzise Messung ist dank eines auf Cavity-Ring-Down-Spektroskopie (CRDS) basierenden Analysegerätes möglich.

Die AMC-Konzentration kann also auf Grundlage der Ergebnisse des APA 302 in Echtzeit ermittelt werden.

Für die richtigen Schlussfolgerungen ist jedoch das Verständnis des Verhaltens von AMC in einer FOUP-Umgebung unerlässlich. In der Tat herrscht in einem FOUP im Hinblick auf AMC keinesfalls eine inaktive und statische Atmosphäre und es treten diverse Adsorptions- und Desorptionsphänomene auf.

Diese können in zwei unterschiedliche Schritte aufgeschlüsselt werden:

- Die FOUP-Atmosphäre wird durch Ausgasen von Fluorwasserstoff von der Waferoberfläche verunreinigt. Fluorwasserstoffmoleküle werden von der FOUP-Oberfläche adsorbiert. Dabei ist bekannt, dass sich die Fluorwasserstoffkonzentration auf der FOUP-Oberfläche nach dem Henry-Gesetz proportional zur Fluorwasserstoffkonzentration im Inneren des FOUP verhält:

$$C_s = S \times C_g$$

S ist die Löslichkeit von Fluorwasserstoff in Polymer

C_s ist die Fluorwasserstoffkonzentration an der Polymeroberfläche

C_g ist die Fluorwasserstoffkonzentration in der FOUP-Atmosphäre

- Dann tritt die Diffusion von Fluorwasserstoff (beschrieben durch das Fick'sche Gesetz) in das FOUP-Material ein:

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = D \times \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

D ist der Diffusionskoeffizient.

C(x,t) ist die lokale Gaskonzentration an einer Position x in der Materialstärke zum Zeitpunkt t.

Die Schlussfolgerung daraus ist, dass die Verunreinigung mit Fluorwasserstoff mit zunehmender Dauer der Verunreinigung im Inneren des FOUP-Volumens immer tiefer in das FOUP-Material diffundiert. Da der FOUP als „Schwamm“ wirkt, verringert sich die Konzentration innerhalb des Volumens aufgrund dieser Adsorption von Fluorwasserstoff.

- Wenn die Quelle der Verunreinigung schließlich aus dem Inhalt des FOUP entfernt wird, tritt eine Desorption des Fluorwasserstoffes aus der Wand des FOUP in dessen Atmosphäre auf.

Dadurch wird deutlich, dass Diffusions- und Desorptionsphänomene nicht konstant sind: Sie sind von der Zeit, dem Material und der Konzentration abhängig. Somit ist eine Vorhersage der Fluorwasserstoffwerte für bestimmte Situationen unmöglich. Aus diesem Grund ist in Prüfplänen für den APA 302 die Durchführung von Messungen in festen Zeitintervallen vorgeschrieben.

Der folgende Ablauf erläutert die Bedeutung des Faktors Zeit bei der Analyse von Verunreinigungen:

1. Identifikation eines Trockenätzverfahrens mit fluorierten Gasen (z.B. CF₄, C₄F₈, SF₆)
2. Auswahl eines FOUP mit 25 Wafern und Anwendung dieses Verfahrens
3. Lagerung des FOUP für zwei Stunden
4. APA 302-Messung mit Fluorwasserstoff-Analysator
5. Entfernen der Wafer und Schließen des FOUP
6. APA 302-Messung sofort nach Schließen des FOUP
7. APA 302-Messung zwei Stunden nach Schließen des FOUP

Im der Tabelle ist ein beispielhaftes Ergebnis für einen Standard-FOUP aus Polykarbonat aufgeführt:

Zwei Stunden nach dem Trockenätzen wird aufgrund der Gasabgabe des Wafers (100 ppbv) eine hohe Konzentration von Fluorwasserstoff in der FOUP-Atmosphäre beobachtet. Bei solch hohen Werten können sich an den Wafern während der Wartezeit Defekte bilden.

Die Identifizierung der Effekte, die diese hohen Werte (>10 ppbv) verursachen, durch den APA 302 macht ihn zu einem Schlüsselfaktor der Effizienzkontrolle bei der modernen Halbleiterherstellung.

	2 Std. nach Trockenätzen	Direkt nach Schließen des FOUP	2 Std. nach Schließen des FOUP
mit APA 302 überwachter Fluorwasserstoff-Wert (ppbv)	100	< 0,5	20

Tabelle 1: Exemplarisches Ergebnis für einen Standard-FOUP

Werden Wafer aus den FOUPs entnommen, liegt die gemessene Konzentration gleich nach dem Schließen wieder auf Reinraumniveau ($<0,5$ ppbv).

Das liegt daran, dass der FOUP in Reinluft geöffnet wurde und diese in den FOUP eingeströmt ist.

Wenn der APA 302 gleich nach dem Schließen des FOUP verwendet wird, hat die Desorption nicht ausreichend Zeit zum Füllen des FOUP-Volumens und führt somit zu einer schlechten Interpretation der FOUP-Reinheit. Tatsächlich ist die Fluorwasserstoff-Konzentration zwei Stunden nach dem Schließen des FOUPs aufgrund der Desorption in seinem Inneren drastisch erhöht.

Aus diesem Grund muss auch bei der Erlangung einer Reinigungsqualifikation für FOUPs die Lagerungszeit von verunreinigten Wafern berücksichtigt werden, da mit dem Verbleib der Wafer im FOUP die Diffusion in das Material voranschreitet und die Entfernung der Verunreinigung mit normalem deionisiertem Wasser stetig schwieriger wird.

Die obenstehenden Beschreibungen stellen einige allgemeine Beispiele für die Leistungsfähigkeit des APA 302 beim Analysieren von FOUP-Bedingungen dar.

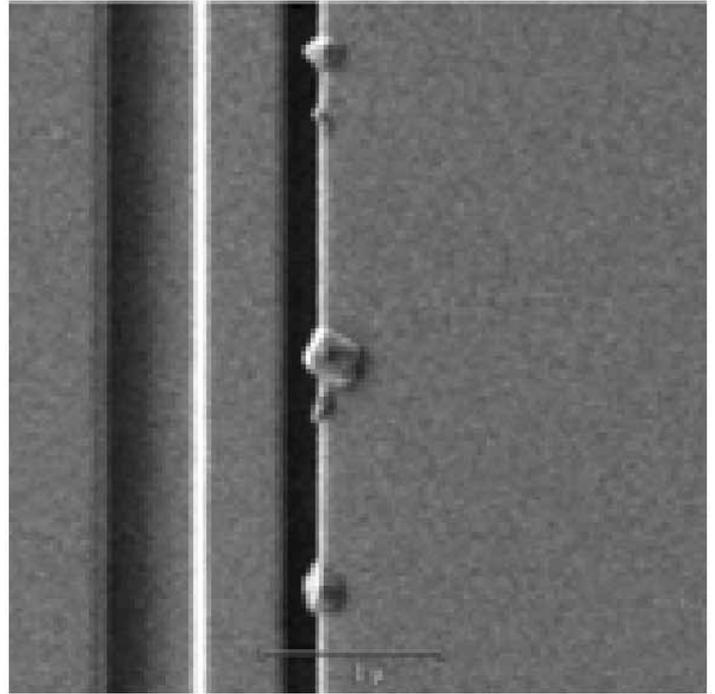


Abbildung 1: Bildung von Defekten während der Wartezeit aufgrund von starker Verunreinigung mit Fluorwasserstoff

VAKUÜMLÖSUNGEN AUS EINER HAND

Pfeiffer Vacuum steht weltweit für innovative und individuelle Vakuümlösungen, für technologische Perfektion, kompetente Beratung und zuverlässigen Service.

KOMPLETTES PRODUKTSORTIMENT

Vom einzelnen Bauteil bis hin zum komplexen System:

Wir verfügen als einziger Anbieter von Vakuumtechnik über ein komplettes Produktsortiment.

KOMPETENZ IN THEORIE UND PRAXIS

Nutzen Sie unser Know-how und unsere Schulungsangebote!

Wir unterstützen Sie bei der Anlagenplanung und bieten erstklassigen Vor-Ort-Service weltweit.

Sie suchen eine perfekte
Vakuümlösung?
Sprechen Sie uns an:

Pfeiffer Vacuum GmbH
Headquarters · Germany
T +49 6441 802-0
info@pfeiffer-vacuum.de

www.pfeiffer-vacuum.com