Qualitätssicherung in der Halbleiterindustrie

Artikel vom **10. August 2021**
Qualitätsmanagement

Kaum eine Branche ist durch so hohe Qualitätsanforderungen gekennzeichnet wie die Halbleiterindustrie. Ob autonomes Fahren, künstliche Intelligenz, 5G oder Internet of Things: Die Chips, die diese Anwendungen ermöglichen, müssen über einen langen Zeitraum zuverlässig und bei gleichbleibender Leistung funktionieren und selbst in extremen Betriebsumgebungen mit Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen ausfallsicher sein, erklärt Dr. Hans-Joachim Neumann, Executive Vice President und Leiter Integrated Supply Chain, Geschäftsbereich Electronics der Merck KGaA, Darmstadt.



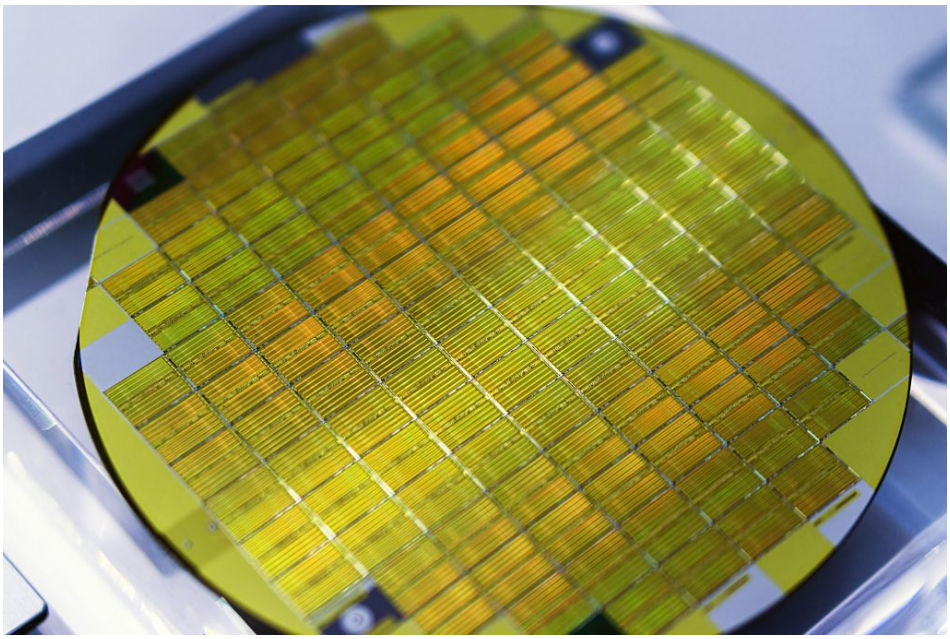
Reinraum in der Halbleitermaterialforschung und -herstellung: Datenkooperation zwischen Chipproduzent und Materialhersteller sowie Industrie 4.0 ermöglichen neue Qualität. Bilder: Merck

In dem komplexen Prozess der Chipherstellung, der mehr als 1000 Prozessschritte umfassen kann, beginnt die Qualitätssicherung schon bei den Rohmaterialien. Die Datenkooperation zwischen einem Chipproduzenten und Materialhersteller sowie Industrie 4.0 ermöglichen neue Ansätze in Sachen Qualität.



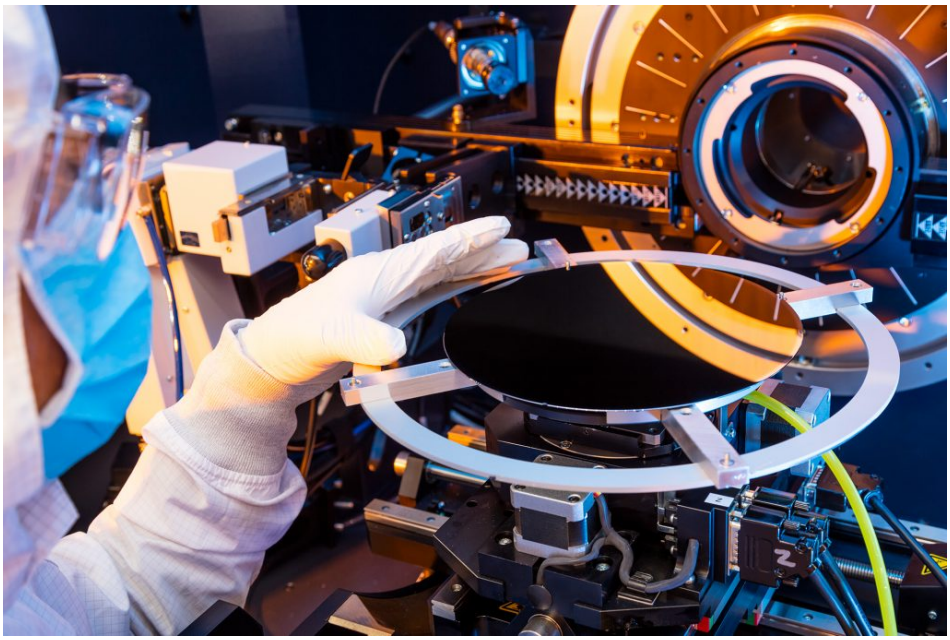
Dr. Hans-Joachim Neumann, Executive Vice President und Leiter Integrated Supply Chain, Geschäftsbereich Electronics der Merck KGaA, Darmstadt.

Der wesentliche Herstellprozess ist die Bearbeitung des so genannten Wafers, bei dem auf Siliziumscheiben die Halbleiterstrukturen aufgebracht werden. Bei der Wafer-Bearbeitung kommt eine Vielzahl von Spezialchemikalien zum Einsatz, darunter Fotolacke für die Lithografie, Abscheidungsmaterialien zum Schichtenauftragen, Nasschemikalien zum Reinigen und Ätzen sowie Materialien zum Polieren der Schichten. Schon kleinste Verunreinigungen der Materialien durch wenige Fremdatome können zu Störungen bei der Chipproduktion führen. Dabei gilt: Je filigraner die Prozesse und je kleiner die Strukturen, desto mehr Präzision ist auch bei der Herstellung der verwendeten Spezialchemikalien gefordert.



Wafer mit Halbleiterchips: Kleinste Verunreinigungen der Materialien bei der Wafer-Bearbeitung führen zu Störungen.

Mindestens genauso entscheidend wie eine hohe Qualität an sich ist die Reproduzierbarkeit dieser Qualität. Die hochkomplexen Prozesse der Chiphersteller sind so fein auf die Materialien abgestimmt, dass Qualitätsvariationen zu Prozessschwankungen führen können. Dies kann zu einer geringeren Ausbeute an voll funktionsfähigen Chips pro Wafer führen, was die Kosten der Chipproduktion massiv beeinflusst. Im schlimmsten Fall droht sogar ein Stillstand von Produktionslinien, was pro Tag zweistellige Millionenbeträge kosten kann. Eine wesentliche Voraussetzung für die gleichbleibend hohe Qualität ist die sehr präzise Reaktionssteuerung bei der Materialherstellung mit eng gefassten Parametern. Neben höchsten technologischen Standards spielen kontinuierliche Verfahrensschritte eine wichtige Rolle. So lassen sich beispielsweise in Mikroreaktoren Parameter wie der Temperaturgradient sehr exakt einstellen. Potenzielle Nebenreaktionen können auf diese Weise deutlich minimiert werden. Die strengen Qualitätsanforderungen müssen die komplette Wertschöpfungskette einbeziehen. Für den Materialhersteller bedeutet dies, seine Rohstoffe von ausgewählten Lieferanten zu beziehen und diese im Hinblick auf Produktionsprozesse und Qualitätsmanagementsysteme zu auditieren. Auch die Logistik muss ausgefeilt sein, damit die Substanzen sicher und zum richtigen Zeitpunkt zum Kunden gelangen. Nur mit einer sehr genauen Überwachung lässt sich beispielsweise sicherstellen, dass beim Transport ein bestimmtes Temperaturfenster eingehalten wird, was bei einigen Materialien essenziell ist. Merck versteht sich als Anbieter kompletter Lösungen. Die Produkte sind nie nur die reine Chemikalie, sondern umfassen stets auch die Transportsysteme. Dabei handelt es sich um spezielle Container, die sowohl den sicheren Transport garantieren als auch eine störungsfreie Nutzung an den Anlagen des Kunden ermöglichen. Deswegen müssen sie perfekt auf die Prozesse und Anlagen der Kunden zugeschnitten sein. **Einzigartige Testplattform** Immer detailliertere Analysemöglichkeiten liefern einen wichtigen Beitrag, um die gleichbleibend hohe Qualität sicherzustellen. Im Vorteil sind Materialhersteller mit einer umfänglichen und tiefgehenden Expertise in Analytik. Ein Problem für die meisten Materialhersteller ist, dass sie die Wirkung ihrer Substanzen nicht selbst prüfen können. Dies erfordert in vielen Fällen die Entwicklung neuer Analysemethoden.



Hightech-Materialforschung: Die systematische Analyse der Prozessdaten spielt eine wichtige Rolle.

Selbst die modernsten Analysemethoden sind oftmals nicht ausreichend, um prozesskritische Verunreinigungen erkennen zu können. Dies ist oft nur im laufenden Prozess der Wafer-Bearbeitung möglich, sodass Materialhersteller nur indirekt Rückschlüsse auf die Performance ihrer Produkte ziehen können. Insofern sind die meisten Materialhersteller auf die Rückmeldung der Kunden angewiesen. Merck hat vor zwei Jahren das Unternehmen Intermolecular Inc. übernommen. Damit ist Merck in der Lage, Materialkombinationen selbst im spezifischen Anwendungsumfeld zu prüfen. So können alternative Materialkombinationen mit hohem Durchsatz auf den Wafern getestet werden. In Kombination mit Datenplattformen sowie einer leistungsstarken Analyseinfrastruktur ist es möglich, neue Technologien deutlich schneller sowie zielgerichteter zu entwickeln und zu optimieren. Kunden haben über die Experimentierplattform und die Simulationstools von Intermolecular zudem die Möglichkeit, neue Materialkombinationen zu testen, ohne die neuen Materialien in die eigenen Produktionsanlagen einzubringen. **Neue Datenpartnerschaften** Advanced Data Analytics, das heißt die systematische Analyse umfänglicher Qualitäts- und Prozessdaten mit modernen Analysemethoden und künstlicher Intelligenz, wird künftig eine noch wichtigere Rolle spielen. Insbesondere das Zusammenführen von Prozessdaten des Materialherstellers und des Chipproduzenten bietet komplett neue Möglichkeiten. Damit die Kunden bereits im Vorfeld der Chipherstellung die Leistungsfähigkeit von Materialchargen beurteilen können, stellt Merck entsprechende Daten zur Verfügung, gleichzeitig erhält Merck Daten vom Kunden, die für die Qualität der Materialien relevant sind. Das Kombinieren der Daten auf einer Plattform, dem sogenannten Data Lake, liefert Erkenntnisse, die vorher in dieser Form nicht möglich waren. So lassen sich beispielsweise Multivariantenanalysen fahren, mit denen ermittelt werden kann, wie sich Änderungen einzelner Parameter in den Materialien auf den Kundenprozess auswirken. Je intensiver und länger diese Data Lakes mit Daten gefüllt werden, desto aussagekräftiger sind die Erkenntnisse, die für ein gemeinsames Optimieren der Prozesse und damit der Qualität genutzt werden können. **Mehr Prozessrobustheit** Dieser Ansatz lässt sich auf die Automatisierung von Produktionsprozessen und den Austausch von Echtzeitdaten in der smarten Fabrik ausdehnen. Alles, was in Richtung Industrie 4.0 geht, verbessert die Prozessrobustheit und damit die Reproduzierbarkeit einer gleichbleibend hohen Qualität. Merck arbeitet

bereits seit geraumer Zeit an kontinuierlichen, modularen Anlagen und hat vor Kurzem eine Projektpartnerschaft mit Siemens geschlossen, in der ein standardisiertes Prozessleitsystem für die modulare Produktion entwickelt wird. Die entstehende Technologieplattform kann auch in der Produktentwicklung eingesetzt werden. Datenbasierende Entscheidungen können schon in der Produktentwicklungsphase getroffen und nahtlos in den Produktionsprozess übernommen werden. **Nachhaltige Qualität** Die Herstellung von Materialien für die Halbleiterindustrie stellt nicht nur höchste Anforderungen an die Qualität, sondern geht mit ebenso hohen Ansprüchen an den Schutz von Menschen und Umwelt einher. Dazu gehört beispielsweise zu prüfen, ob und wie sich Substanzen mit einer Umweltrelevanz ersetzen lassen. Denkbar ist auch, gemeinsam mit den Kunden Recycling-Prozesse für Materialien zu entwickeln, die bei der Wafer-Bearbeitung abfallen. Nachhaltigkeit wird die gesamte Wertschöpfungskette in der Halbleiterindustrie künftig neben dem Thema Qualität stärker beschäftigen.

Hersteller aus dieser Kategorie

© 2025 Kuhn Fachverlag