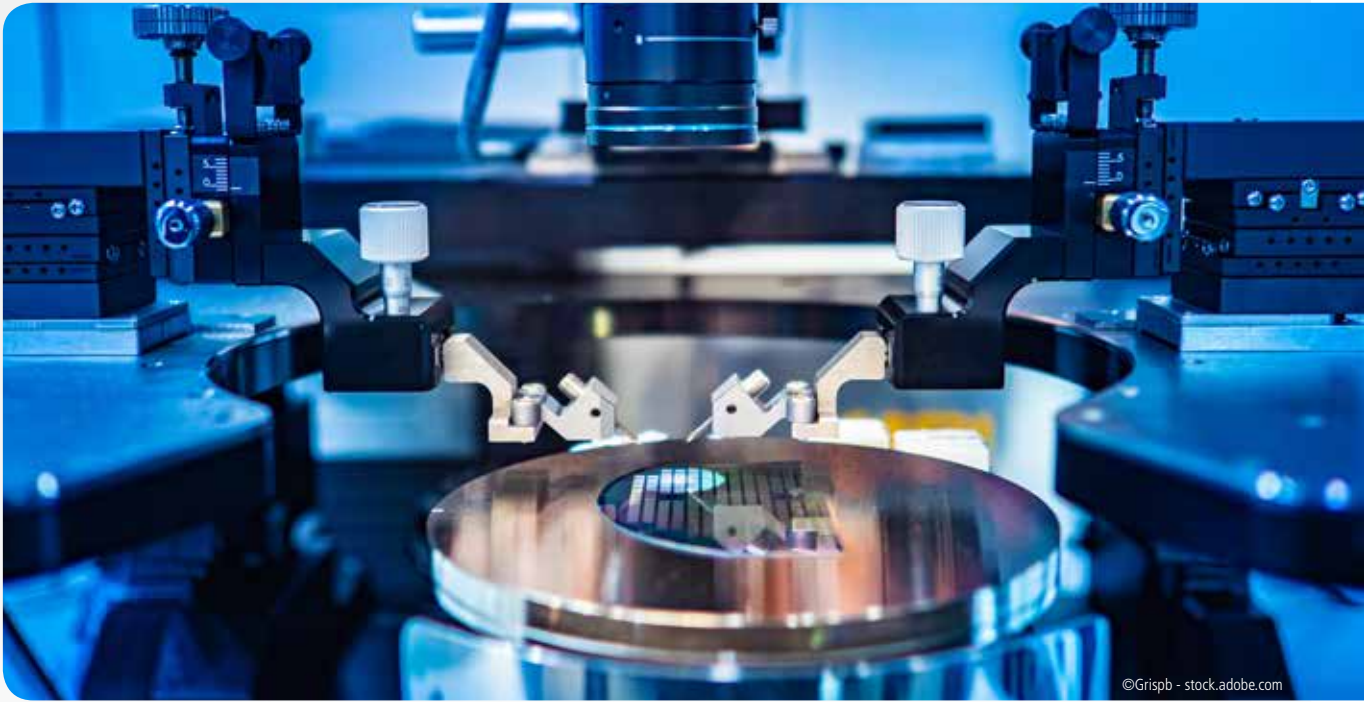


FACHBERICHT



©Grispb - stock.adobe.com

TEMPERIERLÖSUNGEN IN DER HALBLEITERINDUSTRIE

In jedem Smartphone steckt heutzutage millionenfach mehr Rechenleistung, als der NASA bei den Apollo-Missionen zur Verfügung stand. Zu verdanken haben wir dies der Halbleiterindustrie, die immer mehr Leistung auf immer kleinerem Raum unterbringt und dabei an die Grenzen des technisch und physikalisch Machbaren geht. Zum Einsatz kommen hochpräzise Verfahren, mit deren Hilfe komplexe Schaltkreise aufgebaut werden, die nur bei starker Vergrößerung überhaupt erkennbar sind. In der Halbleiterindustrie bleibt im wahrsten Sinn nur sehr wenig Platz für Fehler. Zahlreiche Verfahrensschritte sind dabei an eine absolut präzise Temperierung gebunden.

DER WAFER – DAS RÜCKGRAT DER MODERNEN WELT

Im heutigen Alltag gibt es quasi nichts mehr, was ohne ausgeklügelte Steuerungselektronik auskommt. Halbleiterbasierte Bauelemente bilden die Grundlage dieser modernen Welt. Sie werden auf dünnen Scheiben aufgebaut, die als Wafer bezeichnet und aus mono- oder polykristallinen Halbleiterrohlingen (Ingots) hergestellt werden. Zur Produktion von Mikroschaltkreisen, die unter anderem in Prozessoren, Flash- und Arbeitsspeichern stecken, nutzen Technologiefirmen als Grundplatte zumeist Silicium-Wafer mit einem Durchmesser von 300 mm und einer Dicke von 0,9 mm. Auf ihnen werden parallel zum Beispiel mehrere Hundert Prozessoren gefertigt, die erst am Ende der Produktion voneinander getrennt werden. Dabei passen in modernen Prozessoren etwa eine Milliarde Transistoren auf die Fläche eines Fingernagels. Klassische Verdrahtungs- und Löttechniken sind daher bei der Herstellung schon lange kein Thema mehr. Stattdessen kommen hochpräzise mikrochemische Verfahren zum Einsatz, mit deren Hilfe die Schaltkreise in hauchdünnen Einzelschichten aufgebaut werden.

PROZESSVERFAHREN IN DER HALBLEITERINDUSTRIE AM BEISPIEL VON MIKROCHIPS

Stark vereinfacht dargestellt, werden auf einem Wafer durch unterschiedliche Beschichtungs-, Belichtungs-, Diffusions-, Dotierungs- und Ätzverfahren viele identische integrierte Schaltungen aufgebracht. Leitende Schichten werden aufgetragen und mit einem lichtempfindlichen Lack maskiert. Durch Lichteinwirkung erfährt der Lack eine chemische Veränderung. So können die belichteten Bereiche durch ein nasschemisches Ätzverfahren gezielt entfernt werden. Die zurückbleibende Fotolackmaske wird dann zum Beispiel durch ein Trockenätzverfahren auf die darunterliegenden Schichten übertragen. Die dabei entstehenden Gräben im Material werden im Anschluss mit nichtleitenden Materialien (meist Oxiden) aufgefüllt. Oxid-Überstände müssen danach präzise abgetragen werden, damit die Kontaktflächen für die weitere Bearbeitung wieder frei liegen. Anschließend folgt die nächste Schicht. Wie gesagt: stark vereinfacht dargestellt.

Denn in Wahrheit werden zum Beispiel noch unzählige Zwischenschichten aufgetragen, die nur dazu dienen, die darunterliegenden Schichten bei einigen Verfahren als eine Art Stoppschicht zu schützen. Haben sie ihren Zweck erfüllt, müssen ihre Rückstände wieder entfernt werden. Die unterste Schicht des Mikrochips besteht zudem aus hauchfeinen Bahnen Halbleitermaterial, dem durch gezielte Verunreinigung (Dotierung) unterschiedliche Leitfähigkeiten verliehen werden (P- und N-Material), sodass der Stromfluss durch das Anlegen einer Versorgungsspannung gesteuert werden kann.

In diesem Schichtverfahren entstehen in rund drei Monaten und ca. 1500 Arbeitsschritten (inkl. Defektinspektion und Testverfahren) auf einem Wafer mit 300 mm Durchmesser weit über 10 km Leitungsbahnen, die teils nur wenige Atomlagen hoch und breit sind.

Die Genauigkeit der Oberflächenbehandlungen liegt in einem Bereich von unter einem Nanometer, was nur wenigen Atomlagen entspricht. Dies kann nur durch absolut präzise und 100 % reproduzierbare Verfahren erreicht werden, bei denen alle Faktoren exakt reguliert werden. Etwa ein Viertel der grundlegenden Prozesse entfällt dabei auf nasschemische Verfahrensschritte.

TEMPERIERUNG VON NASSCHEMISCHEN ÄTZBÄDERN IN DER HALBLEITERINDUSTRIE

Beim Nassätzen wird festes Material durch eine chemische Lösung verflüssigt. Die verwendeten Lösungen werden auf das abzutragende Schichtmaterial abgestimmt, sodass sie hochselektiv sind.

Um eine Präzision im Nanometerbereich erreichen zu können, muss die Ätzrate (der Materialabtrag pro Zeit) bis ins Kleinste bekannt sein und über möglichst lange Zeit konstant bleiben. Außerdem müssen die Reaktionsprodukte sofort gelöst werden, um die Ätzlösung nicht zu verunreinigen. Durch die in der Ätzlösung gelösten Reaktionspartner, nimmt jedoch auch ihre Konzentration mit zunehmender Menge an bearbeiteten Wafern ab, weshalb sie regelmäßig erneuert werden muss. Neben der Konzentration hat insbesondere die Temperatur des Ätzbades einen unmittelbaren Einfluss auf die Ätzrate, da chemische Lösungen mit steigender Temperatur zumeist reaktiver werden. Außerdem beeinflusst die Temperatur, wie schnell die Reaktionsprodukte in Lösung gehen.

Die Temperatur der Ätzbäder nimmt damit eine zentrale Rolle in der Halbleiterindustrie ein. Minimale Temperaturabweichungen des Ätzbades können bereits katastrophale Folgen haben und ein gesamtes Lot von Wafern unbrauchbar machen. Bei der nass-chemischen Verarbeitung kommen daher nur hochpräzise und ausfallsichere Temperiersysteme zum Einsatz. Sie müssen in der Lage sein, die Temperatur mit absoluter Genauigkeit im Soll zu halten und schnell auf Temperaturabweichungen zu reagieren. Darüber hinaus müssen sie das Ätzbad beim Wechsel der Ätzlösung schnell wieder korrekt temperieren, um einen konstanten Produktionsfluss zu gewährleisten.

FAZIT

Die Herstellung von Leitungsbahnen, die ein menschliches Haar wie ein Bollwerk erscheinen lassen, erfordert absolute Präzision im Nanometerbereich. Zahlreiche Prozesse in der Halbleiterproduktion müssen dafür exakt temperiert werden. In schier unendlich vielen Einzelschritten werden hauchdünne Schichten aufgetragen, partiell geblockt und die ungeblockten Teile mit absoluter Präzision wieder abgetragen. Um die Ätzrate bei nasschemischen Verfahren konstant und berechenbar zu halten, müssen die Ätzbäder in einem optimalen Temperaturbereich gehalten werden. Dies erfordert den Einsatz von absolut präzisen und zuverlässigen Temperierlösungen, die ideal auf den jeweiligen Einsatzbereich geeicht sind.

Ein perfekt ausbalanciertes Temperiersystem verbessert nicht nur die Produktionsergebnisse, sondern erhöht auch die Prozesssicherheit und senkt außerdem Produktionszeit und -kosten sowie den Wartungsaufwand. Unser erfahrenes und eingespieltes Team von Spezialisten im Bereich der Temperierung von Verfahren der Halbleiterindustrie steht Ihnen gerne für Fragen zur Verfügung. Natürlich passen wir unsere Temperierlösungen bei Bedarf an Ihre individuellen Bedürfnisse an.