



Berührungslose Handhabung sensitiver Oberflächen mittels Ultraschall

Autorin:
Dr.-Ing. Sonja Hanselmann



Über ZS-Handling

Die Ultraschall-Lager Technologie wurde am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der TU München für den Einsatz in der Halbleiter-Technologie erforscht und weiterentwickelt. 2006 wurde dann die ZS-Handling Technologies GmbH als Spin-Off in Regensburg gegründet, um die einzigartige berührungslose Handhabungstechnologie industriell verfügbar zu machen. Schnell wurden neben dem Bereich der Halbleiter-Fertigung auch die sensitive Handhabung von Glas, Folien und Solarzellen als Anwendungsgebiete identifiziert.



Schwebender Wafer

Herausforderungen in der Herstellung von optischen Halbleiter-Elementen

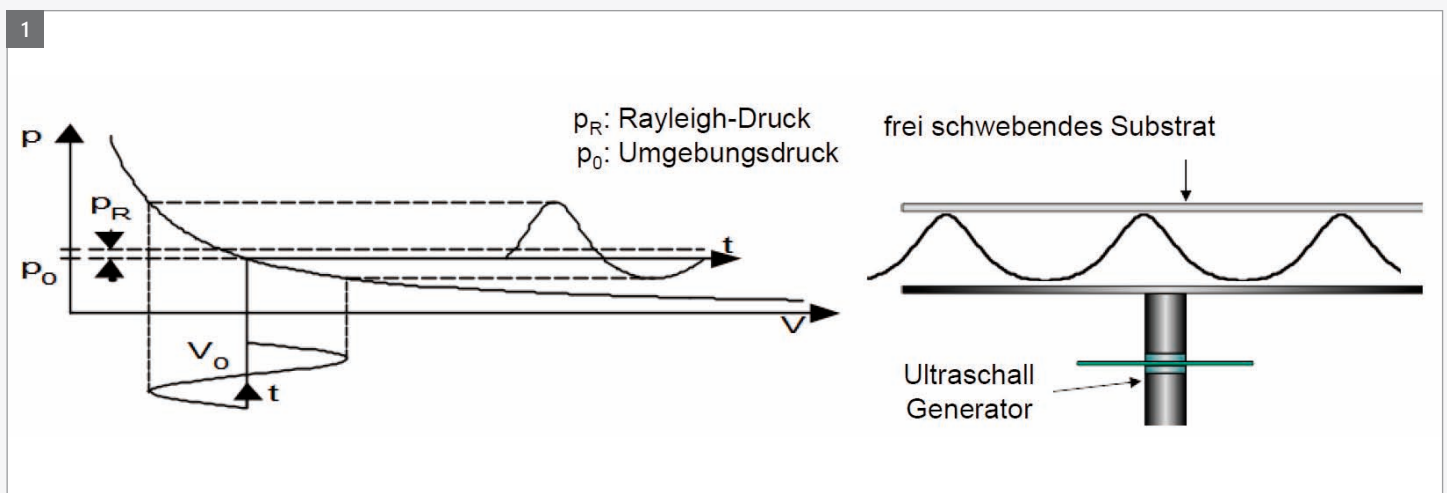
Betrachtet man die hohen Prozesskosten bis zur finalen Konfektionierung eines Silizium-Photonik-Chips wird schnell klar, dass insbesondere die Vermeidung von Defekten durch eigentlich nebensächliche Handhabungsprozesse zu einer möglichst hohen Ausbeute führt.

Jede Berührung zwischen Substrat und Handhabungs-Tool kann zu Partikelgenerierung führen. Wenn Verunreinigungen zwischen Prozessen transportiert und während der Produktion entdeckt werden, können sie im schlimmsten Fall

den Verlust eines gesamten Produktions-Batches bedeuten – und damit für den Hersteller einen erheblichen finanziellen Schaden verursachen.

Prozessierte Wafer bzw. Chips enthalten hochsensible Strukturen, die durch Berührung bzw. mechanische Belastung beschädigt werden können. Den Herstellern entstehen unnötige Kosten, weil trotz großer Sorgfalt ein gewisser Prozentsatz der auf den Wafern hergestellten Chips nicht funktioniert. Deshalb besteht ein hohes Interesse daran, die Ursachen solcher Ausbeute-probleme abzustellen.

Um also sowohl die Generierung von Partikeln als auch die Beschädigung von sensiblen Strukturen zu verhindern, sollte jeder Kontakt zwischen Substrat und Handhabungs-Werkzeug vermieden werden. Die naheliegendste Lösung ist eine „klassische“ Luftlagerung unter Verwendung von entsprechend der Reinraum-Anforderungen gereinigter Druckluft. Dieses Verfahren bedeutet allerdings in zweierlei Hinsicht ein erhöhtes Risiko: zum einen würden eventuell in der Druckluft noch vorhandene Partikel direkt auf das Substrat geblasen werden und zum zweiten bedeutet das aktive Einbringen eines Luftstromes die Unterbrechung bzw. Zerstörung der im Reinraum herbeigeführten laminaren Luftströmung.



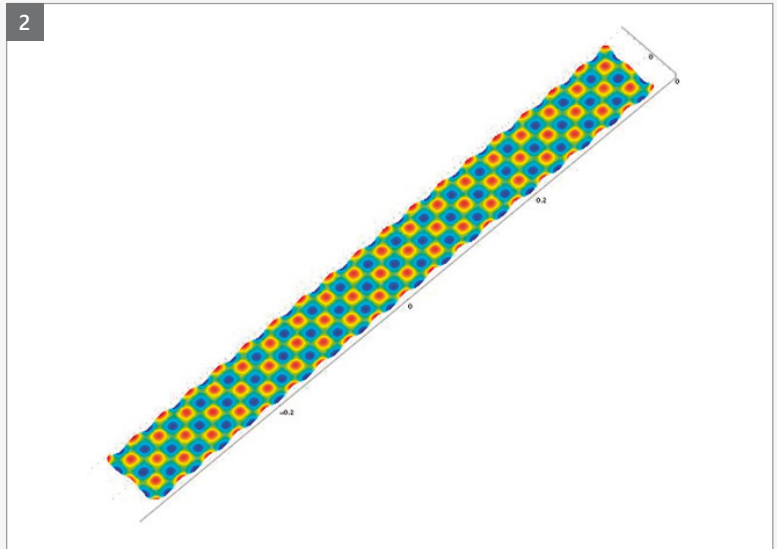
Ultraschall-Luftlager

Um die oben genannten Probleme bei der Handhabung von Halbleiter Elementen zu beseitigen, wurde die Ultraschall-Lager-Technologie entwickelt und verfeinert.

Die für stabile Handhabungsprozesse verwendete Ultraschall-Lagerung beruht nicht auf einem akustischen, sondern auf einem strömungsmechanischen Effekt (vgl. Bild 1: Druckkurven). Durch die sehr schnelle zyklische Kompression und De-Kompression des im Spalt vorhandenen Gases entsteht wohl primär auf Grund der Trägheit des Gases ein Überdruck im Spalt. Auf diesem „Luftkissen“ schweben die ansonsten unbeeinflussten Substrate. Für die Ultraschall-Lagerung ist also in jedem Fall ein gasförmiges Medium notwendig. Meist ist dies Luft, aber auch andere Prozessgase sind möglich.

Handhabung von dünnen Wafern

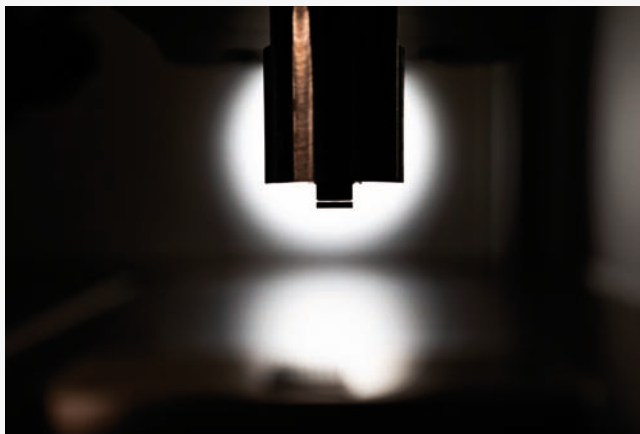
Die Wafer werden immer dünner und damit eine zunehmende Herausforderung für die Handhabungstechnik. Idealerweise werden diese großflächigen, sehr dünnen Substrate mit einem homogenen Druckfilm zum Schweben gebracht, um sie nicht zu beschädigen. Dies leistet die berührungslose Handhabung mit Ultraschall. Durch eine gezielte Auslegung der schwingenden Fläche, der sogenannten Sonotrode wird mittels einer Schwingungssimulation die notwendige Sonotroden-Geometrie ermittelt, die eine möglichst gleichförmige Eigenform der Sonotrode erzeugt. In Bild 2 (Schwingungssimulation) ist das Ergebnis einer solchen Simulation für das Paddle eines Wafer-Greifers (vgl. Bild 3: Wafergreifer) dargestellt. Die roten und blauen Bereiche stellen jeweils Schwingungsmaxima und -minima dar. Die grünen Bereiche sind „Nulldurchgänge“ – also Orte an denen die Sonotrode nicht schwingt. Ziel der Schwingungssimulation



ist es immer wie im Bild 2 dargestellt eine sehr gleichmäßige Verteilung des Schwingungsmusters zu erhalten, da hierdurch eben auch eine sehr gleichmäßige Kraftverteilung sichergestellt wird. Mit einer anregenden Amplitude von nur 4–5 μm und einer Leistung von wenigen Watt, kann so ein Luftspalt von 50–150 μm unterhalb des Wafers erzielt werden. Die Oberfläche des Wafers wird dabei weder berührt noch wird die laminare Strömung im Reinraum beeinflusst. Lediglich horizontale Beschleunigungskräfte wie sie beim Zuführen in die verschiedenen Prozesse auftreten, müssen bei Wafern durch entsprechende Side-Stops aufgenommen werden.



Komplett berührungslose Handhabung von Dies



Während die Handhabung von Wafern zwischen den verschiedenen Prozessen meist von unten realisiert wird, ist für die Handhabung von Halbleiter-Dies meist ein Top-Side Handling notwendig. Auch hier bietet die Ultraschall-Lagerung eine energieeffiziente und zudem bis zu einer Größe von ca. 15 mm x 15 mm komplett berührungsfreie Lösung.

Für die Handhabung von oben werden die abstoßenden Kräfte der Ultraschall-Schwingung mit einem stetigen Luftsog (Unterdruck) nach oben kompensiert. So wird ein Kräftegleichgewicht zwischen Gewichtskraft des Dies, Ultraschall-Druck und nach oben saugendem Unterdruck eingestellt. Die kontinuierlich um die Kanten des Dies strömende Luft erzeugt dabei auch seitlich zentrierende Kräfte (vgl. Bild 4: Zentriereffekt). Für kleine Bauteile wie eben Halbleiter-Chips, sind die so erzeugten Zentrierkräfte groß genug, dass auch seitliche Beschleunigungen von $> 3g$ [Nm/s²] realisiert werden können.

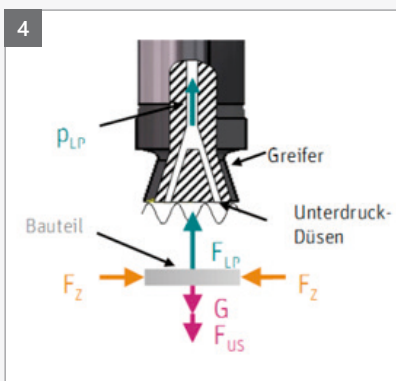
Diese komplett berührungslose „Greiftechnik“ bietet folgende Vorteile im Vergleich zu anderen komplett oder teil-taktilen Handhabungslösungen:

Für die Handhabung von oben werden die abstoßenden Kräfte der Ultraschall-Schwingung mit einem stetigen Luftsog (Unterdruck) nach oben kompensiert. So wird ein Kräftegleichgewicht zwischen Gewichtskraft des Dies, Ultraschall-Druck und nach oben saugendem Unterdruck eingestellt. Die kontinuierlich um die Kanten des Dies strömende Luft erzeugt dabei auch seitlich zentrierende Kräfte (vgl. Bild 4: Zentriereffekt). Für kleine Bauteile wie eben Halbleiter-Chips, sind die so erzeugten Zentrierkräfte groß genug, dass auch seitliche Beschleunigungen von $> 3g$ [Nm/s²] realisiert werden können.

- Keine ungewollte Partikelgenerierung
- Keine Verletzung der hochsensiblen Oberflächen / Strukturen
- Keine Beeinflussung der laminaren Luftströmung im Reinraum
- Hohe Energieeffizienz
- Wartungs- bzw. verschleißfrei
- Keine Mindestabstände zwischen einzelnen Chips notwendig
- Greifen aus Taschen möglich
- Automatische Zentrierung des Chips unterhalb der Greiferspitze

Fazit

Die Ultraschall-Lager Technologie ermöglicht eine berührungslose Handhabung sowohl von Wafern als auch von Chips ohne eine Zufuhr von Luft und damit einer ungewollten Luftströmung. In Kombination mit Unterdruck ist das Greifen von Substraten auch von oben möglich. Bei Wafern ist sowohl beim Transport von oben als auch von unten eine Anbringung von seitlichen Fixierungen notwendig, um horizontale Kräfte aufzunehmen. Im Fall von Chips ist auf Grund strömungsmechanischer Zentrierkräfte eine komplett berührungsfreie Handhabung durch die Ultraschall-Lagerung möglich. Damit stellt die Ultraschall-Lager-Technologie eine Lösung für die Herausforderungen in der hochsensiblen Halbleiter-Fertigung dar.



Autorin

Dr.-Ing. Sonja Hanselmann
 Technical Sales Manager
 ZS-Handling
 Technologies GmbH
 Budapester Straße 2
 93055 Regensburg