

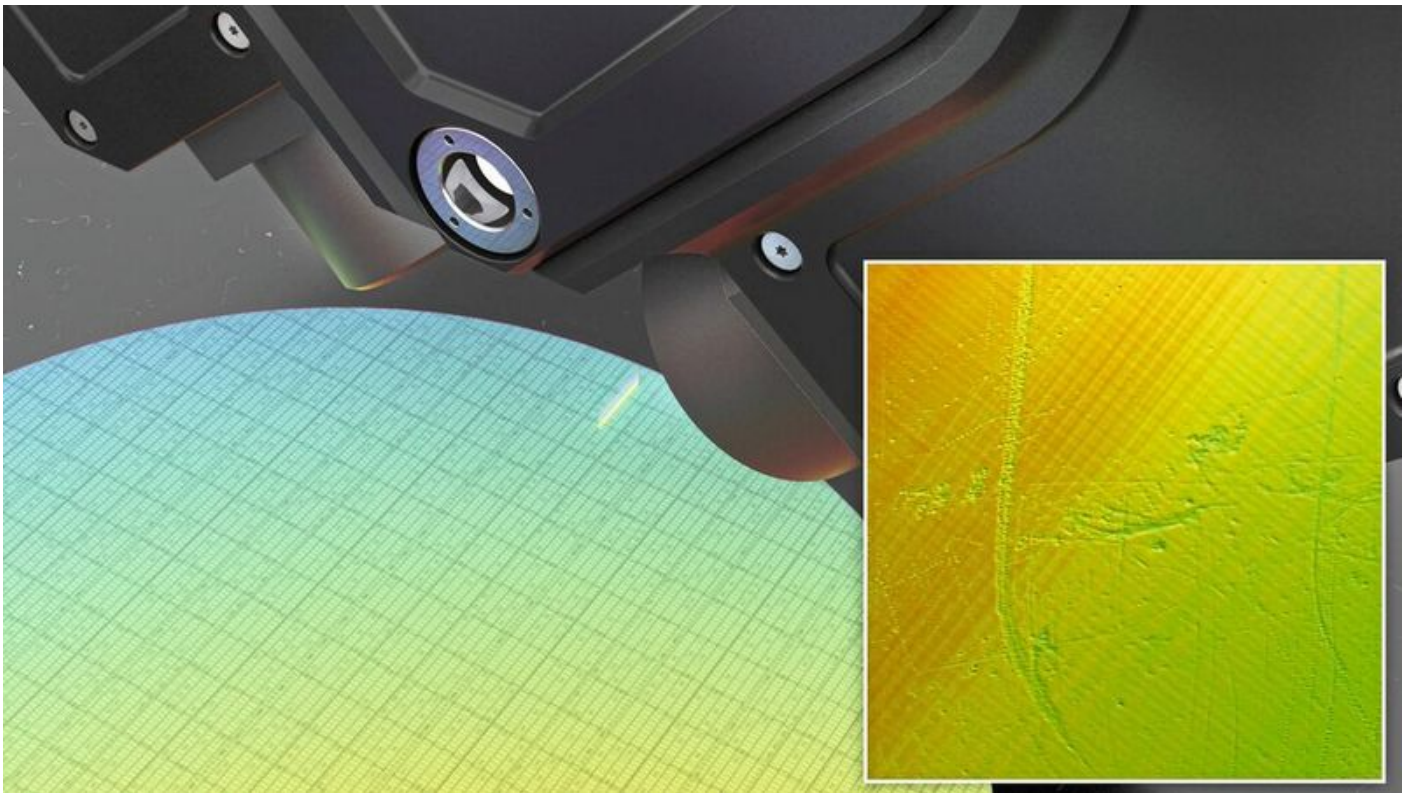


Optische 3D-Inspektion

Wenn die Lasertriangulation an ihre Grenzen stößt

27.04.2026 · Von Dipl.-Ing. (FH) Hendrik Härter · 3 min Lesedauer ·

In der Halbleiterfertigung erfordern kleinste Strukturgrößen und komplexe Materialschichten neue Ansätze in der Qualitätssicherung. Dank der Kombination aus konfokaler Liniensensorik (LCI) und schwingungsfreier Positioniertechnik gelingt eine präzise 3D-Inspektion selbst bei stark spiegelnden oder transparenten Oberflächen.



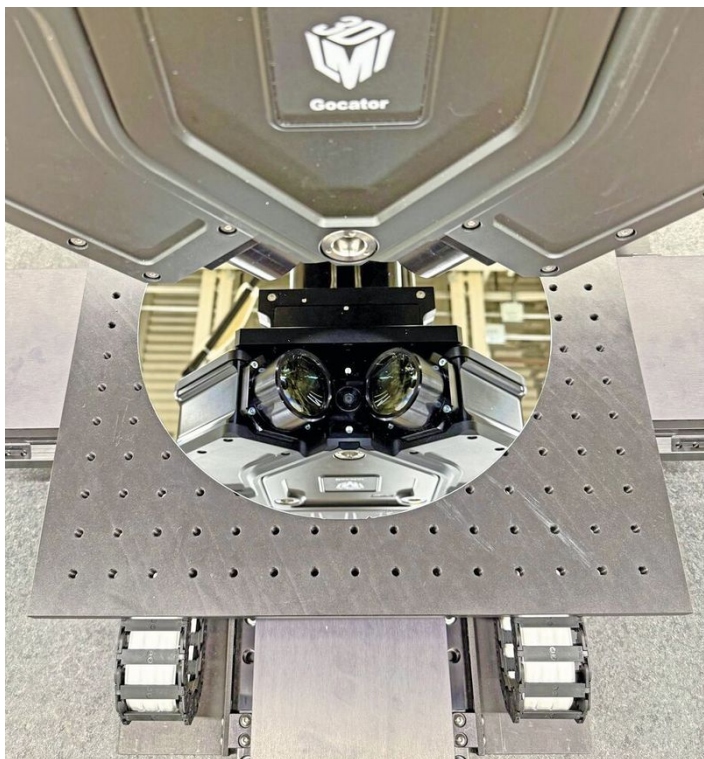
*Bei der Material- und Oberflächenkontrolle müssen Fehlerquellen in nm-Bereich sicher detektiert werden. Dementsprechend muss das Zusammenwirken von Positioniersystem und 3D-Messtechnik perfekt erfolgen. Selbst stark spiegelnde oder transparente Oberflächen dürfen nicht zu Fehlern führen.
(Bild: LMI und PEAK Metrology)*

Hochpräzise Messmethoden sind in der Elektronikproduktion unerlässlich, um die Leistungsfähigkeit von Bauteilen sicherzustellen. Mit einer fortschreitenden Miniaturisierung in der Halbleiterfertigung und komplexen Aufbauten bei der Leiterplattenbestückung stoßen herkömmliche optische Inspektionssysteme oft an ihre physikalischen Grenzen. Jede Unregelmäßigkeit an der Wafer-Oberfläche kann den gesamten Produktionsprozess gefährden. Gefordert sind Messsysteme, die nicht nur hochauflösend, sondern auch taktzeitauglich und robust gegenüber den oft schwierigen optischen Eigenschaften der Prüflinge sind.

LCI im Vergleich zur Lasertriangulation

Eine technologische Antwort auf diese Herausforderung ist das Line Confocal Imaging (LCI). Im Gegensatz zur klassischen Lasertriangulation, die bei glänzenden oder stark spiegelnden Wafer-Oberflächen oft mit störenden Reflexionen, Streulicht und Abschattungen zu kämpfen hat, nutzt die LCI-Technologie fokussiertes Weißlicht.

Sensoren wie der Gocator 5512 von LMI Technologies trennen das weiße Licht durch eine spezielle Optik spektral (chromatisch) auf. Durch die Detektion der exakten Lichtwellenlänge,



Der konfokale Liniensensor Gocator 5512 ermöglicht unterschiedliche Messverfahren für eine hochgenaue und effiziente Qualitätskontrolle in der Produktion oder im Labor.

(Bild: LMI und PEAK Metrology)

die auf der jeweiligen Oberfläche fokussiert ist, lassen sich in einem Schritt 3D-Topographien, Tomographien und 2D-Intensitätsdaten generieren. Ein wesentlicher physikalischer Vorteil dieses optischen Profilings in der Wafer-Produktion ist die Möglichkeit, auch transparente Mehrschichtmaterialien (Multi-Layer) artefaktfrei zu durchdringen. Der Sensor erreicht dabei eine Profilauflösung (X-Achse) von $6,5\ \mu\text{m}$ und eine Z-Wiederholgenauigkeit von bis zu $0,17\ \mu\text{m}$, wobei die Scanraten bei mehreren Kilohertz liegen.

SYSTEMINTEGRATION FÜR DIE HALBLEITERPRÜFUNG

Die hochpräzise 3D-Inspektion im Submikrometerbereich erfordert eine fehlerfreie Synchronisation von Sensorik und Mechanik. Um Anwendern langwierige Eigenentwicklungen zu ersparen, bündeln Spezialisten ihr Know-how in schlüsselfertigen Komplettlösungen.

Bei den vorgestellten Inspektionssystemen fungiert Jumavis als erfahrener Systemintegrator. Das Unternehmen kombiniert die konfokalen Liniensensoren von LMI Technologies (Gocator-Serie) mit den massiven, schwingungsfreien Granit-Positioniersystemen von Peak Metrology. Die Kernleistung von Jumavis liegt dabei im Application-Engineering: Durch die softwareseitige Synchronisation von Achsensteuerung und Sensorik (wie das X-Y- und Z-Stitching) entsteht ein exakt auf die jeweilige Wafer- und Elektronikfertigung abgestimmtes Gesamtsystem, das sich nahtlos in bestehende Produktionslinien integrieren lässt.

Granit und Sensor-Synchronisation als Basis



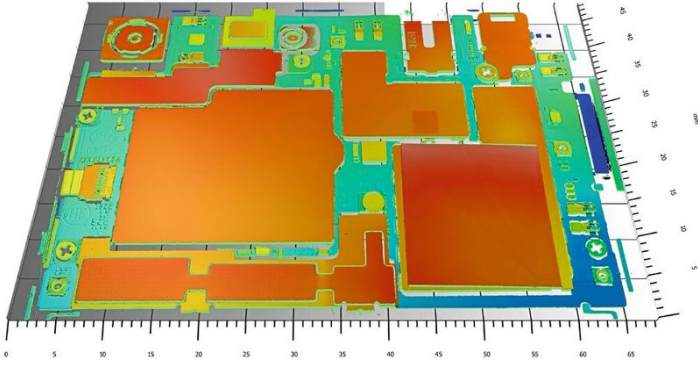
*Der massive Granittisch eliminiert Vibrationen und ermöglicht so schwingungsfreie Messvorgänge. Die äußerst präzise Steuerung erlaubt die Positionierung von Objekten im Submikrometerbereich.
(Bild: LMI und PEAK Metrology)*

Diese optische Auflösung im Nanometer- und Submikrometerbereich lässt sich im industriellen Umfeld jedoch nur nutzen, wenn die mechanische Basis der Anlage entsprechende Toleranzen aufweist. Für anspruchsvolle Prüfaufgaben setzen Systemintegratoren wie Jumavis daher auf hochpräzise Mechanik, beispielsweise die Positioniersysteme von PEAK Metrology.

Ein massiver Granittisch bildet die zwingend notwendige, schwingungsfreie Basis, um Umwelteinflüsse und Vibrationen aus der Fertigungsumgebung effektiv zu dämpfen. Für die flächige Inspektion ganzer Wafer arbeiten Sensor-Software und Achsensteuerung eng zusammen: Beim sogenannten X-Y-Stitching werden die kontinuierlich abgefahrenen Scan-Bahnen verzerrungsfrei zu einem Gesamtbild kombiniert. Ein zusätzliches Z-Stitching ermöglicht das Erfassen unterschiedlicher Schichthöhen in einem durchgängigen 3D-Modell. Die Positionierung im Submikrometerbereich stellt sicher, dass das Objekt stets im engen Fokusbereich des konfokalen Liniensensors bleibt.

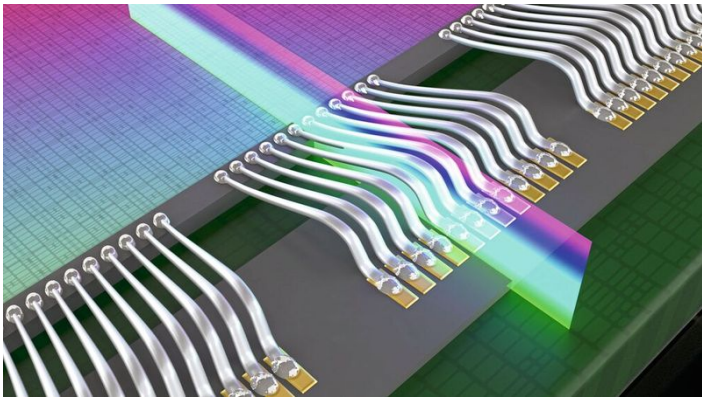
Pseudofehler bei Fotolacken senken

Der technologische Mehrwert der Hard- und Software-Synergie zeigt sich besonders bei der Inspektion von Wafern, die mit transparenten Fotolack-Schichten (Photoresist) versehen sind. Bei herkömmlichen Inspektionssystemen führen die Reflexionen solcher Beschichtungen



Durch das X-, Y-, und Z-Stitching wird ein Gesamtbild des PCB aus zahlreichen Einzelbildern zusammengefügt. Mögliche Fehlerquellen können damit zuverlässig detektiert werden.

(Bild: LMI und PEAK Metrology)



Jeder einzelne Microchip muss elektrisch und materialeitig fehlerfrei mit dem Gehäuse oder der Platine verbunden werden, entweder per Drahtbonden oder in Flip-Chip-Technologie (Lotkugeln/Bumps). Die Qualitätskontrolle erfordert hierfür sichere Detektionsauflösungen im Nanometerbereich.

(Bild: LMI und PEAK Metrology)

abgestimmte Inspektionslösungen reduzieren den Ausschuss nachhaltig und stellen sicher, dass auch zukünftige Generationen von Bauteilen mit noch höheren Packungsdichten prozesssicher geprüft werden können. Die erfolgreiche Integration solcher Komplettsysteme erfordert ein tiefes applikationsspezifisches Know-how, das Anwendern durch erfahrene Systempartner zur Verfügung gestellt wird. (heh)

Der Beitrag ist nach Material von Jumavis entstanden.

(ID:50826736)

häufig zu sogenannten False-Calls (Pseudofehlern), da Partikel oder Kratzer, die sich unterhalb der transparenten Schicht befinden, optisch verzerrt dargestellt werden.

Durch das chromatisch-konfokale Verfahren lassen sich Defekte im Nanometerbereich eindeutig der jeweiligen Materialtiefe zuordnen. In Kombination mit dem Submikrometer-Positioniersystem können so selbst feinstrukturierte Micro-Bumps auf großflächigen Wafern automatisiert und exakt vermessen werden. Dies senkt die Pseudofehlerrate signifikant und erhöht die Gesamtausbeute (Yield) im Fertigungsprozess.

Das Zusammenspiel aus hochauflösender LCI-Sensorik und einer ultrastabilen mechanischen Positionierung bildet eine Schlüsseltechnologie für die moderne Elektronik- und Halbleiterfertigung. Automatisierte, perfekt aufeinander