

# Zusammenspiel von Vakuum und Licht-Geschwindigkeit

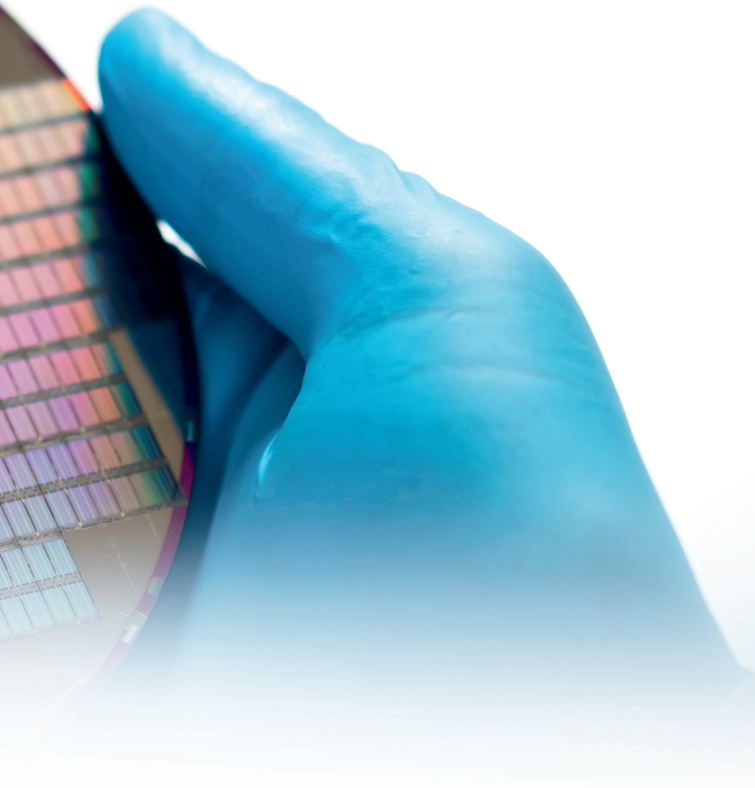
## Rauheitsmessung von Waferoberflächen mit Streulichtsensoren

**PRAXISBERICHT** Sie bilden vielfach das starke technologische Fundament unserer digitalisierten Welt und sind doch hauchdünne Sensibelchen: Wafer – die Träger integrierter Schaltkreise. So komplex ihre Herstellung, so anspruchsvoll ist auch die Rauheitsprüfung ihrer feinst bearbeiteten Oberfläche. Als beste Strategie dafür erweist sich das Zusammenspiel von schneller, vollflächiger Streulichtmessung und Vakuumspanntechnik.

**W**eit bevor ein Wafer zur Basis für integrierte Schaltungen (IC) wird, durchläuft er eine Reihe hochkomplexer Prozesse. Dabei wird er zunächst mit Diamantsägen aus monokristallinen Siliziumzylindern, den sogenannten Ingots gesägt, die als höchstreiner Silizium-Einkristall gezüchtet werden. Diese circa 0,7 Millimeter dicken Wafer werden dann geläppt, poliert und als Rohmaterial für die Chipproduktion an den Chiphersteller geliefert.

Dort werden in vielen Einzelschritten auf einem Wafer Hunderte identische integrierte Schaltkreise erzeugt, die von den 0,7 Millimeter Waferdicke allerdings nur maximal zehn Mikrometer Platz benötigen. Nach der Fertigstellung schließt sich deshalb noch ein weiterer Fertigungsschritt an: das „Waferdünnen“. Mit ihm wird nicht aktives Siliziummaterial durch Schleifprozesse abgetragen.

Da die Elektronikindustrie nach immer leistungsfähigeren und kleineren Chips verlangt, werden die Wafer bis auf eine Restdicke von



weniger als 100 Mikrometer (Trend hin zu 30 Mikrometer) auf der Rückseite gedünnt. Für die Schleifmaschinen ist das eine enorme Herausforderung. Denn die Rauheit der Oberfläche muss nahezu Polierqualität aufweisen, um die darunter liegenden integrierten Schaltkreise nicht zu zerstören. Die mittlere Rauheit (Ra) der feingeschliffenen Rückseite darf bei den ganz dünnen Wafern nicht größer als ein Nanometer betragen.

### Die Messung: kostentreibendes Nadelöhr

Der Prozessschritt der stichprobenartigen Oberflächenrauheitsmessung entpuppt sich bei nahezu allen Chipherstellern als kostentreibendes Nadelöhr. Weil die gängigen Prüfverfahren wie Weißlichtinterferometrie oder Atomkraftmikroskope schlicht zu zeitraubend sind und vor allem nur einen winzigen Bruchteil der bearbeiteten Fläche in endlicher Zeit messen können. Erschwerend kommt hinzu, dass diese Messsysteme eine aufwendige Schwingungsisolation benötigen, was die Messung entsprechend verteuert.

Langsam, lückenhaft und sensibel – das passt nicht in das Konzept einer immer enger getakteten und sich rasant entwickelnden Halbleiterindustrie. Und schon gar nicht in das Perfektionsdenken von Unternehmen, deren Mutterland rund ein Drittel des weltweiten Halbleitermarktes beherrscht: Taiwan.

Auf der langen Suche nach einem besseren, möglichst sogar revolutionären Messverfahren für die Rauheitsmessung von Wafer verschlug es die Amkor Technology Taiwan Ltd. schließlich in die

Halbleiter-„Diaspora“ Deutschland. Genauer gesagt ins beschauliche Ettlingen in Baden-Württemberg.

Hier residiert mit der Optosurf GmbH ein Beispiel deutschen Ingenieurs und Erfindergeistes. Und mit ihrem Geschäftsführer Dr. Rainer Brodmann der Perfektionierer eines bislang in dieser Form einzig-artigen Messverfahrens: der 100-prozentig flächendeckenden, ultraschnellen Rauheitsmessung mit dem Streulichtverfahren.

### Streulicht als Fackel des Fortschritts

„Optosurf-Streulichtsensoren sind im Prinzip ein hochgenaues Winkelmessgerät, das die Mikrowinkel aus der Streulichtverteilung in Form des Rauheitsparameters Aq erfasst sowie die Makrowinkel aus dem Schwerpunkt der Verteilungskurve. Daraus lassen sich Rauheit, Form und Welligkeit mit hoher Genauigkeit messen, erklärt Dr. Rainer Brodmann (Bild 1).

Mit der Streulichtmethode können Oberflächen bis zu Zehntausendmal schneller gemessen werden als mit traditionellen Messgeräten – und vor allem hundertprozentig flächendeckend. Zudem ist die Messmethode über Normale rückführbar. Und: Die Streulicht-Messsysteme von Optosurf sind unempfindlich gegen Einflüsse der Fertigung, wie Vibrationen oder Temperaturschwankungen.

Mit diesen Qualitäten überzeugen die Systeme bereits seit mehreren Jahren in führenden Unternehmen der Metallbearbeitung und vor allem des Automobilbaus. „Durch den Erwerb gleich mehrerer Streulicht-Messsysteme durch Amkor betreten wir jetzt mit der Halbleiterbranche ein ganz neues Einsatzfeld“, freut sich Dr. Rainer Brodmann. „Um uns hier anlagentechnisch auf festem Boden zu bewegen, haben wir uns an wesentlicher Stelle externer Produktkompetenz versichert“, führt er weiter aus.

Dabei geht es um Grundlagenarbeit im eigentlichen Wortsinn: Um das präzise und absolut sichere Fixieren der hauchdünnen Wafer innerhalb der Messvorrichtung. „Wir reden hier von mikrometerdünnen Wafern mit einem Durchmesser von bis zu 300 Millimetern. Und von sogenannten Panels – quadratische Glasplatten mit etlichen Hundert aufgeklebten Chips mit einem Kantenmaß sogar von bis zu 600 Millimetern“, präzisiert der Optosurf-Geschäftsführer.

So behutsam die Wafer und Panels durch alle Fertigungsprozesse hindurch behandelt werden müssen, so fest muss man sie bei der Messung positionieren und absolut plan im Griff behalten. Übliche mechanische Spannverfahren kommen dafür nicht in Betracht: zu brachial, zu wenig feinfühlig, zu unflexibel. Und somit unbrauchbar.

### Spannen mit der Kraft des Nichts

Die Lösung lautet: Spannen mit der Kraft des „Nichts“ – mit Vakuum. Auch wenn die Vakuumspanntechnik in unendlich vielen industriellen Verfahren ihre Fähigkeiten beweist, scheint sie doch wie gerade für den Siliziumwafer erfunden.

Denn mit ihr erhält er exakt die mechanische Unterstützung, die er zur Bearbeitung – oder wie hier zur Messung – benötigt. Und zwar gleichmäßig auf der gesamten Wirkfläche, exakt dosier- »»

Bild 1. Optosurf-Geschäftsführer Dr. Rainer Brodmann (rechts) und Witte-Produktspezialist Christoph van Nahl bei der Analyse eines Messergebnisses. © richterfoto



bar und zudem reinraumtauglich. So haben Institute beispielsweise mit den Lösungen des deutschen Spanntechnik-Anbieters Witte Barskamp bereits Abläufe mit Waferdicken von nur noch 0,02 Millimetern realisiert. Bei RFID-Folien betrug die Dicke lediglich acht Mikrometer. Für Optosurf waren diese Referenzen eine klare Empfehlung.

Eine Vakuum-Spanneinrichtung besteht im Wesentlichen aus einer Spannplatte und einer Vakuumpumpe. Die eigentliche Spannkraft entsteht durch den atmosphärischen Luftdruck beziehungsweise durch die Druckdifferenz zwischen Werkstückoberseite sowie Vorrichtung (Spannplatte) und wird durch die Größe der Aufspannfläche maßgeblich beeinflusst.

„Für den Einsatz in den Wafer-Messvorrichtungen haben wir Optosurf den Einsatz von Vakuum-Spannplatten aus mikroporösem Metapor-Werkstoff empfohlen, sogenannte Vakuum-Chucks“, erklärt Christoph van Nahl, Produktspezialist von Witte Barskamp.

Sie ermöglichen durch vollflächiges Ansaugen ein absolut „ebenes“ Spannen beziehungsweise Halten des Prüfteils und sind damit prädestiniert für den Einsatz in der Halbleiterindustrie.

Dünne Trägerfolien oder Wafer werden auf ihnen nicht durch Saugbohrungen, Saugnuten etc. angezogen, wodurch die Gefahr einer Deformierung gebannt ist (Bild 2).

### Sicheres Fixieren extrem dünner Teile

Dabei macht der Druckabfall im Gefüge das sonst erforderliche Abdecken freier Plattenbereiche hinfällig. Das Vakuum erreicht selbst bei nicht vollständig abgedeckter mikroporöser Oberfläche einen hohen Wirkungsgrad. Dadurch lassen sich auch unterschiedlich große Wafer bzw. Werkstücke auf derselben Vakuum-Chuck (Platte) fixieren.

„Ebenso kann die poröse Oberfläche in voneinander getrennt schaltbare Bereiche eingeteilt und diese individuell mit Vakuum beaufschlagt werden“, beschreibt Christoph van Nahl einen weiteren entscheidenden Vorteil.

„Das vollflächige und absolut ebene Spannen ist für unser ebenfalls 100-prozentig flächendeckendes Messverfahren natürlich essenziell“, konkretisiert Rainer Brodmann die Anforderung. „Die

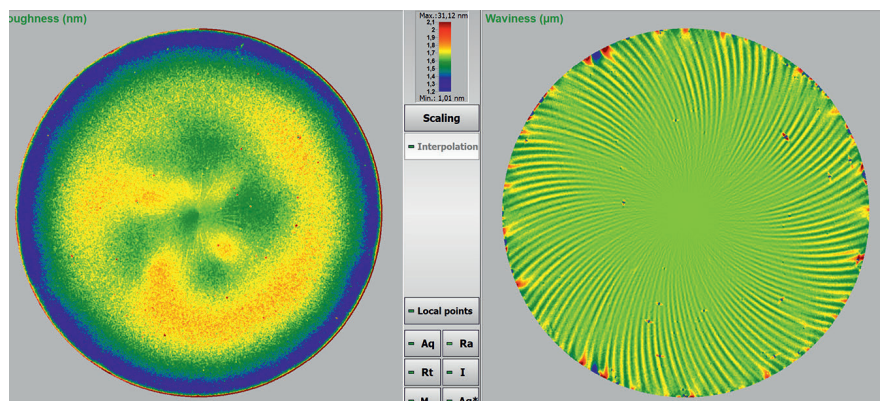


Bild 2. Rauheit und Welligkeit einer Waferoberfläche im Nanometerbereich. Für die Messung mit Vakuum-Spanntechnik fixiert. © Optosurf

## INFORMATION & SERVICE

### KONTAKT

Witte Barskamp KG  
T 05854 89-0  
info@witte-barskamp.de  
www.witte-barskamp.de

mikroporösen Platten von Witte erledigen diese Herausforderung mit derartiger Bravour, dass wir uns nach ersten Tests andere Anbieter erst gar nicht mehr angeschaut haben.“

Das hört man beim deutschen Spannmittelspezialisten natürlich gern. Und verweist dort ergänzend darauf, dass man die mikroporösen Chuck-Oberflächen für den Einsatz in Optosurf-Messeinrichtungen individuell feinbearbeitet. Und tatsächlich: Selbst mikroskopische Frässpuren sucht man auf ihnen vergeblich.

Passgenauer Zuschnitt und lösungsspezifische Auslegung sind ohnehin Kennzeichen der Vakuumplatten des Anbieters. „Unsere mikroporösen Metapor-Vakuumplatten lassen sich beispielsweise, jeweils versehen mit einer entsprechenden Regelung, bis zu 150 Grad Celsius aufheizen oder auch kühlen. Ebenso verfügbar sind spezielle Platten für Durchlichtanwendungen“, so Witte-Mann van Nahl. Im Sortiment finden sich zudem Plattenoberflächen aus luftdurchlässigen Materialien, wie Sinterbronze, Keramik oder Aluminium. Selbst fluoreszierende Spannflächen sind verfügbar.

Als weltweit erster Anbieter brachte Witte nach eigenen Angaben Mitte 2019 nicht reflektierende mikroporöse Vakuumspannplatten aus schwarzem Metapor-Werkstoff auf den Markt. Diese neuen schwarzen Plattenvarianten wurden gezielt für den Einsatz in Messanwendungen entwickelt, in denen optische Reflexionen bislang häufig ein Problem darstellen – wie beim Prüfen von Wafern oder transparenten Folien.

### Hohe Ebenheit und Parallelität, einfachste Bedienung

Im Spannungsbereich der mikroporösen Metapor-Keramik lassen sich Werkstücke von beispielsweise 0,05 Millimeter Dicke planeben und sicher spannen. Die Ebenheit und Parallelität beträgt drei Mikrometer. Das sehr leichte Material hat eine äußerst harte, nahezu verschleißfreie Oberfläche, die sich ohne Gratbildung schleifen lässt. Bei einer Porösität von etwa 20 Prozent in Verbindung mit einer mittleren Porengröße von beispielsweise 10 bis 12 Mikrometer wird ein schonendes Fixieren mit hohen Haltekräften realisiert.

„Außerdem“, so Cristoph van Nahl, „sind bei entsprechender Gestaltung der Vorrichtung mit Ausnahme der Spannfläche sämtliche Werkstückflächen frei zugänglich. Dadurch wird eine Mehrseitenbearbeitung oder -betrachtung mit nur einem Spannszyklus möglich.“

„Das spielt uns natürlich ebenso in die Karten wie ein weiterer Punkt“, ergänzt Rainer Brodmann. „Nämlich die Tatsache, dass das Spannen und Lösen per Knopfdruck erfolgt. Damit ist der Bedienungsaufwand beim Spannen minimal und erlaubt auch dadurch hohe Taktfrequenzen.“

Diese Vorteile bleiben nicht geheim: Die erstmals in Taiwan genutzten Vorteile der Leistungskombination aus Streulichtmessung und Vakuumspannung sprechen sich herum. Sogar bis zurück in die Heimat der Innovation – nach Deutschland: Optosurf freut sich, dass jetzt auch hiesige Halbleiterspezialisten Interesse an dieser neuen Technologie haben. Selbstverständlich ebenfalls inklusive Vakuum-Chuck.

Vielleicht der erste Schritt, sich auch hierzulande durch Technologievorsprung etwas mehr vom globalen Wafer-Kuchen abzuschneiden. Mit flächendeckenden Messergebnissen in Licht-Geschwindigkeit. ■

## Für die sinnvolle Ausrichtung unserer Unternehmen nach der großen Krise



Ralf Kohlen, Rudolf A. Müller

### Quality Reinvented!

Zusammenarbeit kreativ gestalten, Organisation sinnstiftend entwickeln, ISO 9001 wertschöpfend einsetzen

346 Seiten. € 49,99

ISBN 978-3-446-46411-7

### Folgenden Nutzen hält das Buch für Sie bereit:

- Es erklärt, warum das konventionelle Qualitätsmanagement einer zeitgemäßen Unternehmensführung im Weg steht.
- Es zeigt auf, wie Sie sich von Bürokratismus und Dokumentenwahn befreien können.
- Es entwickelt ein radikal neues, motivierendes und richtungweisendes Verständnis von Qualität.
- Es erläutert, wie Sie ein wertebasiertes Managementsystem aufbauen, in dem Ihre Mitarbeitenden eigenverantwortlich Qualität erzeugen.
- Es macht Sie mit Formen der Kommunikation und Führung vertraut, die Kreativität und Agilität fördern.
- Es präsentiert Ihnen Prinzipien, Methoden und Tools, um die individuellen Stärken Ihres Unternehmens und der darin arbeitenden Menschen zu realisieren.
- Es erklärt, wie Sie eine Lernkultur in Ihrem Unternehmen etablieren und zu schnelleren, besseren Entscheidungen kommen.
- Es ermöglicht Ihnen, die ISO 9001 aus einem neuen Blickwinkel zu betrachten und wertschöpfend umzusetzen.
- Es befähigt Sie, Ihr qualitätsbestimmtes Managementsystem mit Überzeugung in Audits zu vertreten.

Mehr Infos und online bestellen unter:  
[www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)