

1 Das Inline-Nachführsystem misst in Echtzeit Kanten oder Linien und passt nachfolgende Fertigungsschritte an.

2 Bei der Kantenisolation von Si-Wafern für die Photovoltaik-Industrie verringert das System den Toleranzbereich deutlich.

INLINE-NACHFÜHRSYSTEM: EXAKTE KANTENBEARBEITUNG BEI HOHEN GESCHWINDIGKEITEN

Exakte Nachpositionierung von Linien und Kanten im Prozess

In vielen Mikrostrukturierungsprozessen entscheidet eine schnelle, exakte Positionierung über die Qualität des Endprodukts. Oftmals führen fertigungsbedingte hohe Toleranzen bei der Positionierung z. B. von Trennlinien dazu, dass die Qualität des Produkts und die Effizienz des Produktionsprozesses abnehmen. Hier ist ein System gefragt, das eine objektangepasste Nachführung von Bearbeitungswerkzeugen wie Lasern direkt im Herstellungsprozess ermöglicht. Ein von Fraunhofer IPM entwickeltes Inline-Nachführsystem ermöglicht die exakte Referenzierung eines Produktionsschrittes auf den vorhergehenden Produktionsschritt und damit die hochgenaue Fertigung von Produkten ohne aufwändige Präzisionsmechaniken (Bauteile, Motoren, Positionierungen). Dabei muss die Positionsgenauigkeit von z. B. Kanten und Linien

bei hohen Bearbeitungsgeschwindigkeiten von einigen m/s mikrometergenau detektiert werden, um den nachfolgenden Prozess anzupassen.

CNN-Kamera macht Echtzeitregelung möglich

Für eine Nachpositionierung des Objekts oder eine Modifizierung des Prozessschrittes ist eine Auswertung der Bildaufnahme in Echtzeit nötig, die aber mit herkömmlicher Bildverarbeitung nicht möglich ist. Das Inline-Nachführsystem zur exakten Kantenbearbeitung von Fraunhofer IPM erreicht bei hohen Produktionsgeschwindigkeiten von einigen m/s eine Positionsgenauigkeit im Bereich von 20 µm. Diese hohen Geschwindigkeiten bewerkstelligt das optische Messsystem mit Hilfe einer CNN (Cellular Neural Networks)-Kamera. Bei CNN-Kameras sind die Pixel miteinander vernetzt und verfügen jeweils

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

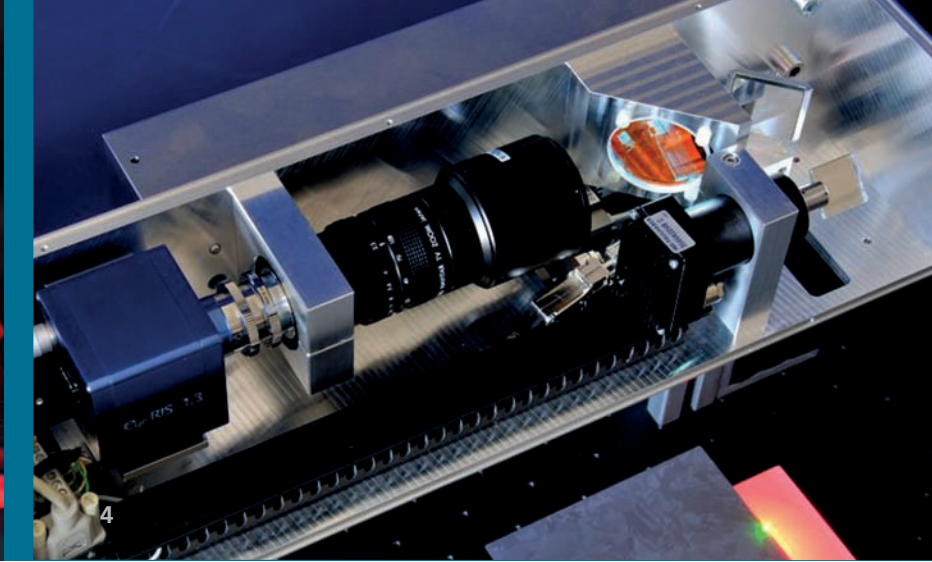
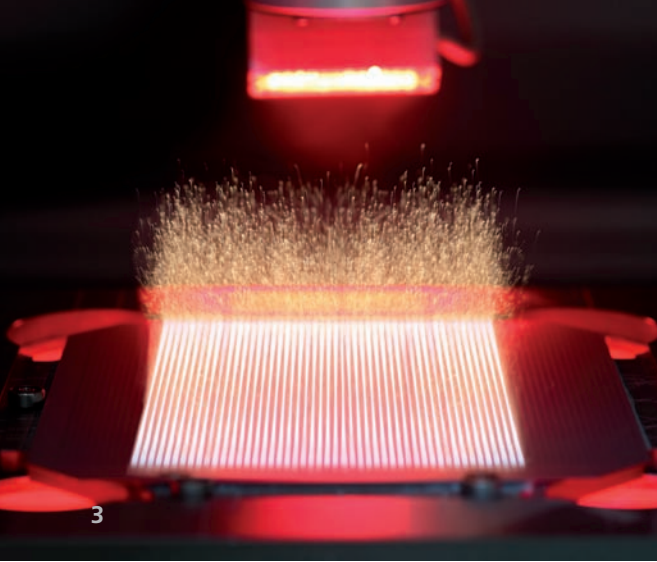
Heidenhofstraße 8
79110 Freiburg

Ansprechpartner

Andreas Hofmann
Neue Technologien und Patente
Telefon +49 761 8857-136
andreas.hofmann@ipm.fraunhofer.de

Dr. Daniel Carl
Gruppenleiter
Inline-Messtechnik
Telefon +49 761 8857-549
daniel.carl@ipm.fraunhofer.de

www.ipm.fraunhofer.de



über eigene Speicher- und Rechenelemente. Mit 10 kHz nimmt die Kamera Bilder auf, die sofort ausgewertet werden. Dies gelingt durch die räumliche und zeitliche Verschaltung jedes einzelnen Pixels mit seinen Nachbarpixels. Dadurch entsteht eine effiziente Rechnerarchitektur – die SIMD (Single Instruction, Multiple Data), die eine extrem schnelle Bildverarbeitung durch analoge pixelparallele Datenverarbeitung ermöglicht.

Aufgrund der hohen Bildauswerterate gibt die Kamera in Echtzeit die notwendigen Steuer- und Regelsignale weiter. Dabei arbeitet das Inline-Nachführsystem mit einer Genauigkeit von 20 µm und einer Vorschubgeschwindigkeit von einigen m/s. Auch bei beliebigen Richtungsänderungen folgt die Kamera weiterhin dem Merkmal, da sie das gesamte 2-D-Umfeld des Bearbeitungsschrittes beobachtet.

Dies führt zu einer hohen Flexibilität in der Nachführung beliebiger Strukturen. Begrenzt wird die Nachregelung durch Prozesse, bei denen das Merkmal Sprünge macht, die von der Regelmechanik nicht mehr nachverfolgt werden können. In diesen Fällen liefert die Kamera eine Fehlermeldung, sodass vermessene Werkstücke aussortiert werden können.

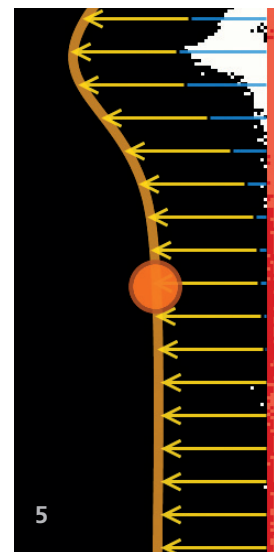
Applikationen

Mit dem System wollen die Partner Fraunhofer ISE und Fraunhofer IPM den Kantenisoliationsprozess bei Si-Wafern für die Photovoltaik-Industrie verbessern. Hierbei soll der Sicherheitsabstand vom Rand

von zurzeit 300 µm auf 50 µm reduziert werden. Im Ergebnis erwarten die Wissenschaftler eine relative Effizienzsteigerung von 0,6 Prozent.

Eine weitere Applikation mit Fraunhofer ISE zeigt deutlich: Das Inline-Monitoringsystem führt zu minimierter Prozesszeit und optimiertem Energieeinsatz. Bei Laserlochbohrprozessen für neuartige hocheffiziente Solarzellenstrukturen (Bild 3) wird der Laserstrahl wiederholt in einem Linienmuster über einen Si-Wafer geführt, um eine vollständige Durchbohrung zu erreichen. Bislang wurden Sicherheitsaufschläge in Kauf genommen, um sicherzustellen, dass alle Löcher vollständig durchbohrt sind. Das Inline-Monitoringsystem stellt exakt fest, wann der Wafer an jeder bearbeiteten Position vollständig durchbohrt ist, so dass keine unnötigen Wiederholungen des Bohrmusters erfolgen. Dies sichert die Qualität des Prozesses und verringert die Prozesszeit deutlich, was die Anlagenproduktivität erheblich erhöht.

Mit dem System lassen sich verschiedene Strukturierungsprozesse inline optimieren: Beispielsweise das mehrstufige Strukturieren bzw. Trennen von Schichten bei der Dünnschicht-PV-Herstellung oder beim Laserbohren.



3 Bei Laserlochbohrprozessen regelt das Inline-Nachführsystem die nötige Anzahl der Laserpulse exakt. (© Fraunhofer ISE)

4 Die eingebaute CNN-Kamera nimmt mit 10 kHz Bilder auf und wertet diese mit ebenfalls 10 kHz aus, sodass eine sofortige Prozessanpassung möglich ist.

5 Aufnahmen einer Wafer-Kante mit Einbuchtung:

- Normlinie
- Geregelt Trennlinie mit notwendigem Abstand vom Rand.
- Bearbeitungswerkzeug