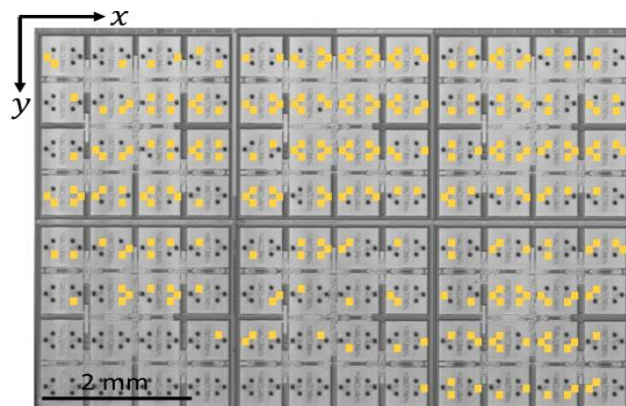


IC-MPPE
Integrated Computational
Materials Process and Product
Engineering.

Programm: Bridge & COMET –
Competence Centers for Excellent
Technologies

Projekttyp: FFG Bridge Projekt
REFORM, 2019-2023, multi-firm

a



Scanning-Acoustic-Microscopie-Bilddaten, die für Tests auf Wafer-Ebene verwendet werden. Dieser Bereich eines Wafers enthält etwa 800 TSVs (schwarze Punkte), gelbe Quadrate zeigen Regionen mit fehlerhaften TSVs; Bild: MCL

ZUM NULL-FEHLER-MANAGEMENT VON SILIZIUM-DURCHKONTAKTIERUNGEN (TSV) IN DER PRODUKTION

FORTGESCHRITTENE DEFEKTLOKALISIERUNG UND KLASSIFIZIERUNG VON TSVS AUF WAFER-EBENE MIT MACHINE LEARNING METHODEN

Through-Silicon Vias (TSVs) sind wichtige Bestandteile der modernen Halbleitertechnologie. Es handelt sich dabei um vertikale Vias, die durch einen Siliziumwafer verlaufen. Diese Durchkontaktierungen tragen dazu bei, dass elektronische Geräte kleiner und effizienter werden, da sie eine dreidimensionale Integration ermöglichen. Es gibt hauptsächlich zwei verschiedene Arten von TSVs - gefüllte und ungefüllte.

Die Wahl des TSV-Typs hängt von der Anwendung ab. Obwohl geschlossene TSV-Designs einen sehr niedrigen Kontaktwiderstand haben, leiden sie unter einem hohen Maß an mechanischer Belastung aufgrund der Ungleichheit des Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen Silizium und dem Füllmaterial. Hier bietet die ungefüllte (offene) TSV-Technologie wesentliche Vorteile.

Auf einem Silizium-Wafer befinden sich in der Regel etwa 100.000 solcher offenen TSV-Strukturen. Bei der Herstellung dieser Durchkontaktierungen können jedoch Defekte wie Delaminationen, Risse oder Ablagerungen auftreten, die die Leistung der Bauteile erheblich beeinträchtigen. Dies unterstreicht den dringenden Bedarf an zerstörungsfreien, zeiteffizienten und kostengünstigen Qualitätssicherungs- und Fehlererkennungsverfahren in der Produktionslinie.

Das Akustische Rastermikroskop (SAM) zeichnet sich durch seine schnelle, kostengünstige und zerstörungsfreie Schadensanalyse von 3D-Verbindungen aus. Die mit SAM erreichbare Bildauflösung hängt jedoch von der Frequenz der akustischen Wellen ab. Es gibt hier einen Kompromiss zwischen Auflösung und Eindringtiefe zu betrachten.

SUCCESS STORY

Ein innovativerer Ansatz ist gefragt, um tiefere Defekte in TSVs mit hoher Auflösung zu erkennen.

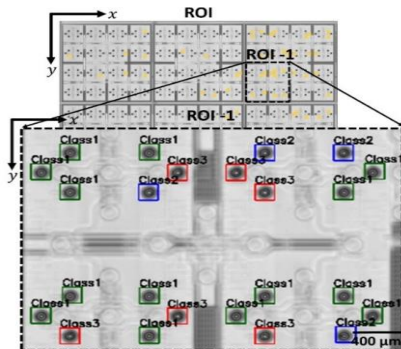


Abbildung 1: Ergebnis der Lokalisierung und Klassifizierung von TSVs auf einem Si-Wafer. Farbige Kästchen kennzeichnen die lokalisierten TSVs und die entsprechend zugeordneten Klassen: Klasse 1 (grün, keine Inhomogenität), Klasse 2 (blau, Inhomogenität an der Seitenwand und am Boden) und Klasse 3 (rot, Inhomogenität an der Seitenwand). Bild: MCL

Im Rahmen des Projekts REFORM haben die Forscher:innen am MCL einen SAM-Interferometrie-Aufbau entwickelt, um Defekte im Inneren der TSVs über die Auflösungsgrenze hinaus zu erkennen, indem sie spezielle Wandler und akustische Linsen verwenden. Die Qualitätsinformationen über die TSVs werden in Form von SAM-Interferenz-Bildern gewonnen. Zusätzliche Raster-Elektronenmikroskopie (REM) Analysen halfen dabei, die gewonnenen akustischen Interferenz-Ergebnisse zu bewerten.

Darüber hinaus hat das MCL für eine verbesserte Fehleranalyse ein fortschrittliches Deep-Learning-Modell entwickelt, um aus der Vielzahl der detektierten TSVs automatisch defekte TSVs lokalisieren und klassifizieren zu können. Die Deep-Learning-Methode umfasst ein vollautomatisches, hocheffizientes „End-to-End Convolutional Neural Network (E2E-CNN)“, das zwei sequentiell verknüpfte CNN-Architekturen verwendet. Das Modell ermöglicht es, Tausende von TSVs statistisch auszuwerten (Abb.1).

Wirkungen und Effekte

Der einzigartige Workflow aus neuartiger experimenteller interferenz-basierter Charakterisierungs-Methodik und Deep Learning hilft nicht nur bei der Erkennung von Defekten innerhalb der TSVs, sondern liefert auch die Gesamtstatistik der defekten TSVs auf Wafer-Ebene. Dieser am MCL entwickelte Ansatz ist nicht auf SAM-Bilddaten beschränkt, sondern ist auch auf andere Klassen von Bilddaten anwendbar. Dies ebnet den Weg für ein effizientes und schnelles Inline-Feedback für die Produktion.

Publiziert in: P. Paulachan et al. An end-to-end convolutional neural network for automated failure localisation and characterisation of 3D interconnects. Sci Rep **13**, 9376 (2023).

Projektkoordination (Story)

Roland Brunner
 Gruppenleiter Material and damage analytics
 Materials Center Leoben Forschung GmbH
 Roseggerstrasse 12, 8700 Leoben
 Roland.Brunner@mcl.at

IC-MPPE / COMET-Zentrum

Materials Center Leoben Forschung GmbH
 Roseggerstrasse 12
 8700 Leoben
 T +43 (0) 3842 45922-0
 mclburo@mcl.at
 www.mcl.at

Projektpartner

- PVA TePla Analytical Systems GmbH, Deutschland
- ams-OSRAM AG, Österreich
- Materials Center Leoben Forschung GmbH, Österreich

Das COMET-Zentrum IC-MPPE wird im Rahmen von COMET – Competence Centers for Excellent Technologies durch BMK, BMAW, und die Bundesländer Steiermark, Oberösterreich und Tirol gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt.