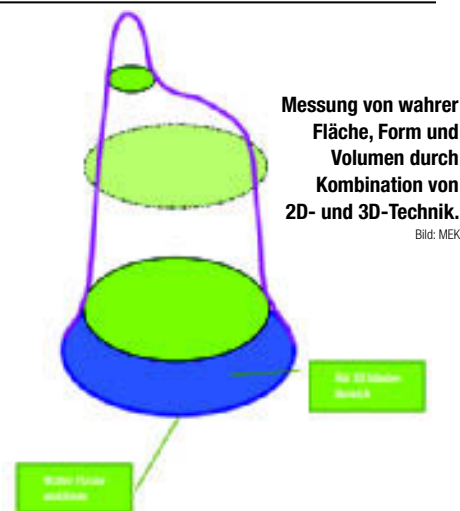


# 5D-Lotpasteninspektion

## Vorteile gegenüber der 3D-AOI-Technologie

Die 3D-Inspektionstechnik bei SPI-Systemen hat sich etabliert und wird von vielen Lieferanten angeboten. Ein genauerer Blick auf diese Systeme zeigt jedoch, dass noch Platz für weitere Verbesserungen bezüglich der Leistungsfähigkeit von SPI-Systemen ist. Die traditionellen Merkmale moderner 2D- und 3D-Bildgebungsverfahren lassen sich noch effektiver nutzen, wenn sie innerhalb desselben Messzyklus miteinander verknüpft werden.

Autor: Henk Biemans



Messung von wahrer Fläche, Form und Volumen durch Kombination von 2D- und 3D-Technik.

Bild: MEK

**M**it dem 5D-SPI-Verfahren lassen sich alle Arten von Fehlern eines Lotpastendruckprozesses zuverlässig identifizieren und bzw. zukünftig verhindern. Zwei Dimensionen – X und Y – sind erforderlich, um Flächenparameter wie Versatz, Verschmierung, Formabweichung und Brückenbildung zu ermitteln. Die dritte Dimension Z fügt Informationen über Höhe und Volumen hinzu. Kombiniert man die jeweils besten Methoden zur Identifizierung von Anomalien in jeder Dimension, können SPI-Systeme deutliche Kosteneinsparungen bringen und eine neue Generation von geschlossenen Prozessregelkreisen ermöglichen.

### Lotpasteninspektion nach dem Druck – SPI

Eine strukturelle Testverifizierung belegt eindeutig den Nutzen eines integrierten SPI-Systems. Während der Erhalt der Stabilität einer Produktionslinie und die Generierung von Meldungen über Prozessabweichungen eine Inline-Lotpasteninspektion interessant machen, erfordern häufige Produktwechsel und kleinere Losgrößen besondere SPI-Leistungsmerkmale, um sich in solchen Produktionsumgebungen zu bewähren. Dazu gehören

- Druckerverifizierung, auch bei Erstauflagen,
- 30 Minuten oder weniger für den Test CAM – Leiterplatte,
- minimale Anzahl an Fehlalarmen sowie
- Daten, die von nachfolgenden Inspektions- und Teststufen rückverfolgt werden müssen.

Moderne Fertigungskonzepte kommen zunehmend ohne Reparaturen aus, wenn eine Fehlervorbeugung möglich ist.

### 2D-Technik

In den Anfängen wurden konventionelle AOI-Systeme für die Lotpasteninspektion eingesetzt, um die Korrektheit der Lotpastendepots nach dem Druck zu überprüfen. Dann folgten 2D-SPI-Systeme mit verbesserten Algorithmen und Erfassungssystemen. Der Einsatz von RGB-Beleuchtung in Kombination mit verschiedenen Beleuchtungswinkeln verbesserte die Erkennungsfähigkeit deutlich, da die Lotpaste damit von allen anderen Oberflächen wie Farben, Kupfer, Gold, Lötstopplack, Siebdruck und Vias unterschieden werden konnte. Nach der erfolgreichen Isolierung der Lotpastendaten waren zuverlässige 2D-Messungen vornehmbar. 2D-Inspektionsmethoden sind Linien-Scannen mittels Graustufen bzw. Farbe oder Flächen-Scannen bzw. Feldsensoren mit Graustufen oder Farbe.

### 3D-Technik

Laser-Triangulation und Phasenshift-Moiré sind die gebräuchlichsten Techniken zur Messung der Lotpastenhöhe bei der 3D-SPI und beide Methoden haben Stärken und Schwächen.

Beide Methoden haben gemein, dass sie nur die Höhe des Pastendepots messen. Durch Integration der Höhendaten eines jeden X-Y-Pixels werden die entsprechende Fläche und das Volumen berechnet.

Um genaue Höhenwerte des Depots zu erhalten, die bei einem normalen Druckprozess typisch zwischen 50 und 300 µm liegen, ist es entscheidend, die Höhe auf die richtige Bezugsebene zu beziehen. Diese Bezugsebene (Nullebene) ist in der Regel die Ober-

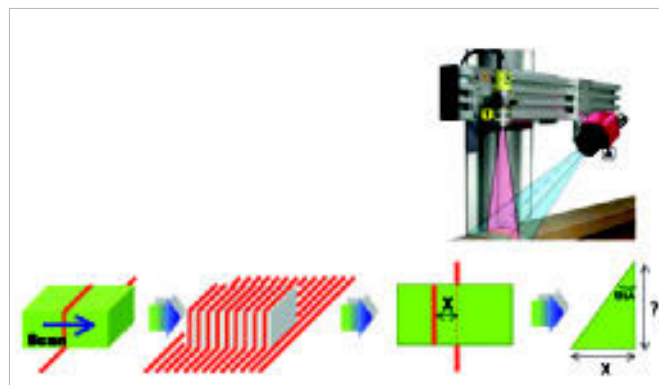


Bild: MEK

Grundprinzip der Laser-Triangulation zur Messung der Lotpastenhöhe.

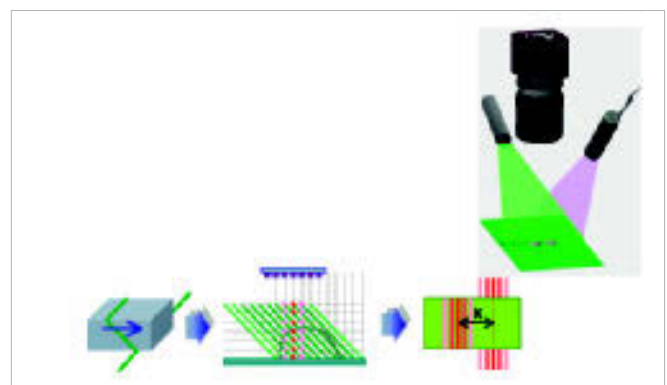


Bild: MEK

Multi-Sampling-Technik mit zwei Lasern.

fläche des Pads, auf welches die Paste gedruckt wird. Weil aber das Pad nach dem Bedrucken von Paste bedeckt ist, kann seine Oberfläche nicht mehr als Referenz für die Höhenmessung genutzt werden. Um eine angemessene Genauigkeit zu erzielen, wird üblicherweise die Umgebung des Pads als Nullebene genutzt. Damit lassen sich auch unvermeidliche Verbiegungen der Leiterplatte kompensieren. Ist die Verbiegung der Leiterplatte beträchtlich und liegen die Pads nicht horizontal, kann eine Null-Referenz durch eine 3D-Referenzebene gewonnen werden, die der Leiterplattenverbiegung über das zu messende Pad folgt.

Wird die Pad-Umgebung als Referenz benutzt, muss eine Korrektur eingefügt werden, weil die Pad-Umgebung einen Höhenversatz gegenüber der Pad-Oberfläche aufweist. Um diesen Höhenversatz (Offset) zu ermitteln, wird üblicherweise ein Golden-Board, also eine fehlerfreie Referenz-Leiterplatte, zur Erfassung der Offset-Daten für jedes Pad benutzt. Die Verwendung eines Golden Boards bei der Programmierung zur Ermittlung der Höhen-Offsets ergibt jedoch nur genaue Ergebnisse, wenn die Leiterplatten in der Fertigung mit dem Golden-Board identisch sind bzw. aus der gleiche Charge kommen und die verschiedenen Schichten auf der Leiterplattenoberfläche nicht unterschiedlich dick sind, was einen stabilen Prozess bei der Leiterplattenfertigung erfordert. In Wirklichkeit ist beides eher selten der Fall.

### Die 3D-Inspektionsmethoden

Die Laser-Triangulation gehört zu den ältesten Verfahren zur Messung der Höhe von Pastendepots. Der Laser projiziert einen Spaltstrahl nach unten und eine Kamera erfasst die reflektierten Linien des Laserstrahls. Der Laserkopf wird in einem festgelegten Raster bewegt, um die Zielfläche abzutasten. Mithilfe der Dreiecksmethode lässt sich die Höhe berechnen.

Für eine bessere Wiederholbarkeit kann man zwei Laser im Winkel von 180° zueinander verwenden. Die Höhenergebnisse aus beiden Messungen werden gemittelt, um den Effekt der Eigenabschattung des Depots nahe steiler Kanten zu reduzieren.

Die Moiré-Topografie ist ein Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung mithilfe der Phasenmodulation. Bei der Moiré-Methode werden Linien als modulierte Interferenzmuster auf ein Objekt projiziert. Durch Bewegung des Beugungsgitters, das die Linien erzeugt, ist die Höhe des Objekts messbar.

Das Beugungsmuster wird auf ein Ziel projiziert und das erzeugte Bild unter bekannten Winkeln erfasst. Dafür nutzt man einen Flächensensor. Die Höhe wird nach den mathematischen Regeln der Dreiecksberechnung ermittelt.

Für die Inspektion einer großen Fläche wird eine Abfolge kleiner Flächenscans in der Größe des Sensorbildfeldes (FOV) zusammengefasst, manchmal mit einer optionalen Z-Justierung zur Fokussierung bei verwellten Leiterplatten. Durch Oversampling ist die Methode reproduzierbar. Gleichzeitig verringert die Verwendung einer weißen Lichtquelle die Abweichungen durch Änderungen der Farbe oder Reflektionen.

Jedoch ist die Bandbreite messbarer Höhen gering und besonders bei niedrigen Höhen, d. h. unter 50 µm, inkonsistent. Bei der Zusammenführung von 2 FOVs, welche die gleiche Fläche erfassen, z. B. die Fläche eines großen BGAs, können Fokusreferenzen und optische Verzerrungen variieren und zu unterschiedlichen Höhen- oder Volumenmessungen führen. Dies wiederum kann zu falscher Bewertung der Lotpastenqualität führen, auch wenn die Messergebnisse reproduzierbar sind. Eine Verbiegung der Leiterplatten erschwert die Messungen zusätzlich und vermindert in der Regel die Genauigkeit und Wiederholbarkeit. →

**KNÖDEL**

**Wärmebehandlungsanlagen**  
für die Elektronikproduktion

**Trocknen • Aushärten**  
**Temperaturtest • Kühlen**



**GTL KNÖDEL GmbH**

Gesellschaft für Trockner und Lackieranlagen  
D-71229 Leonberg • T +49 (0) 7152 9745 30  
[www.gtlknoedel.de](http://www.gtlknoedel.de)

## COMPASS - Alles unter Kontrolle

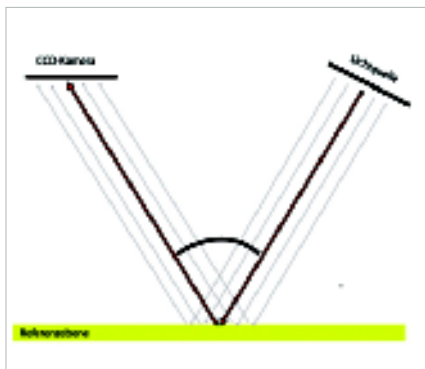


**Test ■ Reparatur ■ Analyse ■ Optimierung**

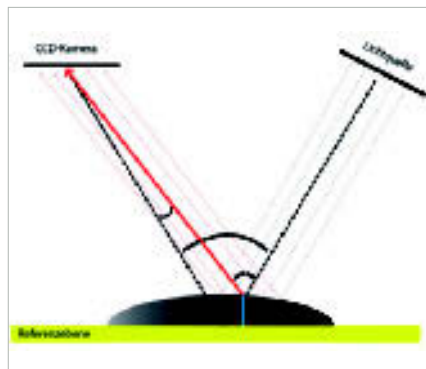
Sie produzieren elektronische Baugruppen – wir liefern Ihnen die Software zur Qualitätsüberwachung. Sie sparen damit Reparaturzeit und optimieren Ihre Prozesse.



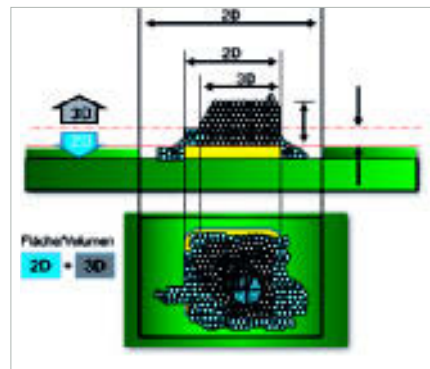
**SPEA**



Moiré-Prinzip für das Scannen des Golden-Boards.



Moiré-Prinzip bei einem Depot.



Kombinierte Vorteile durch den Einsatz von 2D- und 3D-Inspektionstechnik.

Doppel-Laser-Multisampling-Systeme kombinieren die Vorteile der Moiré-Methode mit denen des Lasers.

### Die 5D-SPI-Technik

Ein neues Konzept für SPI steigert die Vorteile der 3D-Bildgebung durch Ergänzung mit den Vorteilen moderner 2D-Inspektion. Dabei wird ein abwärts blickender Sensor eingesetzt und eine Beleuchtung mit verschiedenen Farben, Winkeln und Richtungen benutzt, um die interessierenden Details hervorzuheben. Das liefert zuverlässigere Daten in der typischen 2D-Domäne:

- Flächenvermessung (Abdeckung, Form, Verschmieren, Absackung),
- Erkennen von Brückenbildung sowie
- Offset-Messung.

Der vielleicht wichtigste Vorteil durch die Einbeziehung der 2D-Bildgebung ist die deutliche Verbesserung der Null-Referenzierung für die 3D-Messungen.

Systeme, die nur mit 3D arbeiten, können wegen ihrer Unfähigkeit, Oberflächenebenen auszuwerten und wegen ihrer Probleme beim Messen geringer Höhen den für die Null-Referenzierung besten Ort um jedes Pad herum nicht bestimmen.

Die Höhenunterschiede um ein Pad herum können groß sein, nicht nur verursacht durch Vias, Lötmasken, Siebdruckbeschriftungen und die Pads selbst, sondern auch durch Abweichungen der einzelnen Leiterplatten und Produktionschargen. Systeme nur mit 3D schätzen die Null-Bezugsebene durch Mittelwertbildung der Höhen, die auf einer Linie um das Pad herum durch Scannen

eines Golden-Boards gemessen wurden. Bei 2D-Systemen können durch Verwendung der 2D-Informationen drei oder mehr Bezugspunkte mit gleicher Basis für die Höhenmessung zur Bestimmung der Null-Referenz genutzt werden, unabhängig von den unterschiedlichen Höhen bei Golden Boards und Produktions-Boards.

### SPC für SPI

In den vergangenen Jahren hat sich SPI als wertvoll erwiesen, nicht nur um Druckfehler zu finden und die Gesamtausbeute zu verbessern, sondern auch als Werkzeug zur Prozesssteuerung, das Fehler minimieren und so die Druckqualität insgesamt steigern kann. Um allerdings als Werkzeug zur Prozesssteuerung effektiv sein zu können, braucht SPI eine Echtzeit-SPC-Software, die einfach zu benutzen ist. Einschlägige Offline-SPC-Programmpakete erweisen oft als zu kompliziert und langsam, um effektiv sein zu können.

Wird z. B. die Historie der letzten 10 Zyklen als Histogramm dargestellt, kann die Prozessstabilität schnell beurteilt werden.

Die periodische und breite Streuung der Messergebnisse ist leicht entdeck- und verstehbar. CpK-Diagramme lassen erkennen, ob eine Serie von Drucken stabil ist und ob bestimmte Justierungen an der Maschine stabilere Ergebnisse liefern würden. Ändert man jeweils nur eine Einstellung und lässt dann mehrere Leiterplatten durchlaufen, ist der Prozessingenieur in der Lage, einzuschätzen, ob die Einstellung die Stabilität erhöht oder verringert.

Eine weitere Verbesserung kann durch die Verknüpfung der SPI- und AOI-Daten erreicht werden, um herauszufinden, ob ein von AOI entdeckter Fehler auf den Druckprozess zurückzuführen ist oder um die AOI-Toleranzen für die Inspektion bestimmter Lötverbindungen neu anzupassen.

## Auf einen Blick

### 2D plus 3D für 5D-SPI

Mit der Einführung von 5D-SPI können alle Kategorien von Fehlern im Druckprozess zuverlässig erkannt und behandelt werden. Drei Dimensionen (X, Y, Z) sind erforderlich, um den ganzen Bereich an Druckfehlern, d. h. Fehler im Druckprozess, abzudecken. Zwei Dimensionen (X und Y) sind nötig, um flächenbezogene Fehler wie Offset, Verschmierung und Brückenbildung zu erkennen. Die dritte Dimension (Z) braucht man, um Fehler bei der Höhe und beim Volumen zu identifizieren. Kombiniert man die besten Techniken zur Erkennung der Fehler in allen Achsen, wird der ROI für das SPI-Equipment deutlich verbessert und eine neue Generation des geschlossenen Prozessregelkreises ermöglicht.

infoDIREKT [www.all-electronics.de](http://www.all-electronics.de)

403pr0212

### 5D-SPI optimiert den ROI

Der MEK Powerspector S1 nutzt die neue 5D-Technologie, um Fläche, Form, Offset, Volumen und Höhe in einem Zyklus zu messen. Dieses schnelle Lotpasten-Inspektionssystem enthält eine patentierte neue Sensor-Technologie und kombiniert gleichzeitig 3D- und 2D-Bildgebungsverfahren zur verbesserten Fehlererkennung und Prozesskontrolle.

Diese Fehler abzufangen, bevor sie entstehen, reduziert die Kosten für Nachbearbeitung, steigert sofort die Ausbeute und verbessert den ROI. Die verbesserte Prozesskontrolle bietet das optimale Werkzeug zur Einstellung des Druckers für die richtige Pastenföhrung. Dies ermöglicht die Korrektur von Druckereinstellungen oder Pastenproblemen, bevor ein Problem sich über das gesamte Produkt ausbreitet.

Der Autor: Henk Biemans, MEK-Europe, Eindhoven, Niederlande.

[www.marantz-electronics.com](http://www.marantz-electronics.com)