Multifunktionsmaschinen sparen Fertigungsplatz

Erste Schablonendrucker mit voll integriertem 3D-SPI

Als einer der Schlüsselprozesse in der SMT-Linie kommt der Schablonendrucker schon längst nicht mehr nur als Lotpastendrucker zum Einsatz, sondern hat sich durch eine Vielzahl optional verfügbarer Funktionen längst zur Multifunktionsmaschine gemausert. Mit der Integration von 3D-SPI in die Versaprint-Druckerplattformen gewinnt der Anwender nicht nur wertvollen Fertigungsplatz, sondern auch eine konstante Prozessqualität.

Autor: Wolfram Hübsch

Zu Beginn der SMT-Ära waren Drucker lediglich mit einer Kamera zum Ausrichten der Substrate und einem Schablonenreiniger ausgestattet, selbst der Schablonenreiniger hatte damals keine Vakuumreinigung. Mittlerweile übernehmen Drucker weitere Aufgaben, angefangen bei der Rüstkontrolle während des Setups bis hin zum kompletten Trace der Prozessdaten – sogar eine Option zum Nachdispensen etwa für schwere Bauteile ist jetzt verfügbar.

Die Geburt der 2D-Inspektion

Vor über 20 Jahren kam der Schablonendruck auf den Markt und verdrängte nach und nach den Siebdruck aus der Surface-Mount-Technologie. Bedingt durch die steigende Miniaturisierung der Bauteile war die Auflösung der Siebe nicht mehr ausreichend und Metallschablonen eroberten den Markt. Gleichzeitig zeigte sich die Notwendigkeit einer Inspektion nach dem Pastendruck, was den Beginn der 2D-Inspektion zur Folge hatte.

Damals war die Miniaturisierung noch nicht so weit fortgeschritten und eine partielle Inspektion der wenigen Fine-Pitch-Bauteile ausreichend für eine Aussage über die Druckqualität. Diese Inspektion übernahmen die eingebauten Flächenkameras in den Druckern. Im Laufe der Zeit hat man die Kameras zwar optimiert und größere Inspektionsfenster entwickelt, allerdings reichte es nicht für eine hundertprozentige Inspektion der komplexen Boards. Das führte zur Entwicklung eigenständiger Systeme, die man im Anschluss an den Drucker in der Linie positionierte.

Mehr Informationen dank 3D

Parallel zur 2D- war die 3D-Inspektion stets ein Thema. Da die 2D-Inspektion nur eine Aussage über die Fläche machen kann, war der Wunsch nach einer dritten Dimension enorm. Die ersten Systeme am Markt scheiterten indes. Zum einen gab es die Technologie der Höhenermittlung noch nicht, zum anderen reichte die Rechenleistung nicht aus. Diese Probleme ließen sich jedoch in den letzten zehn Jahren beheben. Der Markteinführung der 3D-Pasten-Inspektion, auch bekannt als Solder Paste Inspection oder kurz SPI, stand nichts mehr im Weg.

Heute haben sich zwei Verfahren der 3D-Messung am Markt etabliert: Lasertriangulation und Weißlicht-Streifenprojektion, auch Moiré genannt. Während die Lasertriangulation im Scan-Prozess abläuft, wird die Streifenprojektion stationär aufgenommen. Das Ergebnis beider Verfahren ist vergleichbar und geeignet, um den heutigen Druckprozess aufzunehmen und zu bewerten. Andere Verfahren wie Weißlicht-Interferometrie oder 3D-Bildkorrelation als mögliche Alternativen zum jetzigen Verfahren sind noch in der Entwicklung und Erprobung.

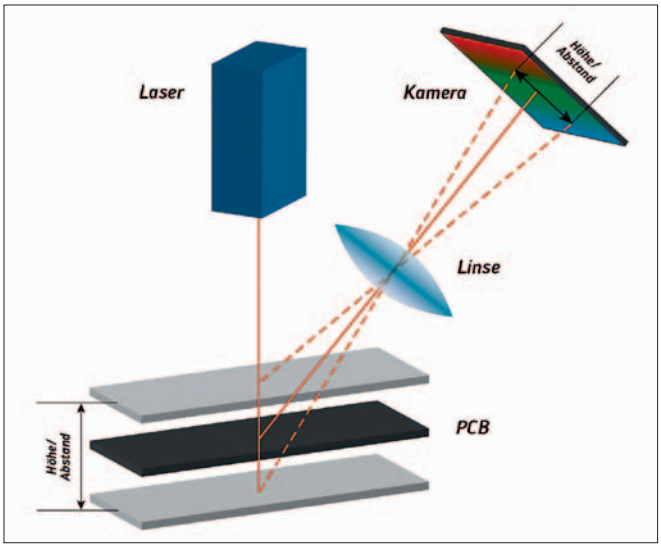


Bild 2: Schematische Darstellung der Lasertriangulation. Eine einzige Messung liefert alle relevanten Höheninformationen.

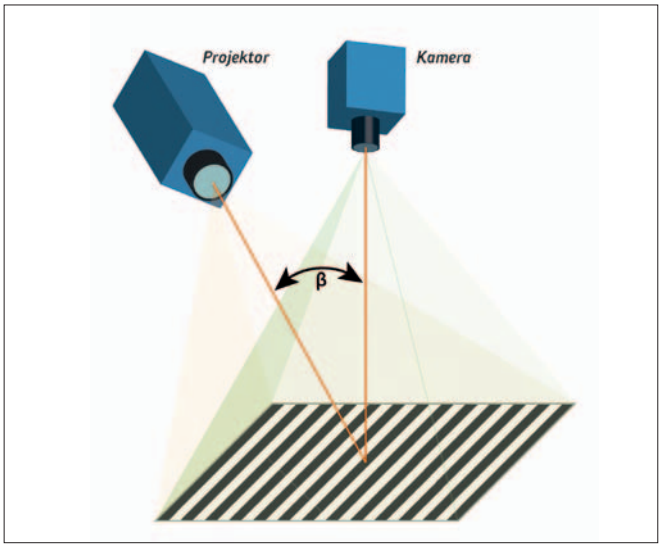


Bild 3: Schematische Darstellung der Streifenprojektion (Moiré), bei der ein Projektor ein Streifenmuster auf das Messobjekt projiziert.



Bilder: Ersa

Bild 1: Der Schablonendrucker Versaprint S1-3D vereint präzisen Schablonendruck und hundertprozentigen 3D-SPI in einem System auf sehr kleinem Footprint.

Lasertriangulation oder Moiré

Bei der Lasertriangulation wird ein Laserstrahl auf ein Messobjekt projiziert und das von dort reflektierte Licht unter einem Triangulationswinkel auf einer CCD-Kamera abgebildet (Bild 2). Die Höheninformation berechnet sich aus der Geometrie des optischen Aufbaus. Folglich ergibt sich die Topografie des Messobjektes aus der sequenziellen Abtastung des zu inspizierenden Bereichs durch den Laserstrahl. 3D-SPI-Systeme tasten mit einer Laserlinie das Objekt ab und bestimmen alle relevanten Höheninformationen entlang dieser Linie in nur einer Messung.

Bei der weißlichtbasierenden Streifenprojektion dagegen erfolgt eine flächenhafte Ausleuchtung des Messobjektes durch einen Streifenprojektor (Bild 3). Dieser projiziert unter einem Triangulationswinkel ein Streifenmuster mit einer ortsabhängigen Intensitätsverteilung auf das Messobjekt. Ein flächenhafter Detektor nimmt dieses Muster auf und wertet es aus, sodass sich Topografie-Informationen im kompletten Analysebereich in einem Inspektionsschritt erfassen lassen.

Kein Feedback an den Drucker

Heute ist 3D-SPI das vorherrschende Verfahren zum Bestimmen der Druckqualität in der SMT-Fertigung. Die Systeme kommen in der Automotiveindustrie und allen Bereichen zum Einsatz, in denen sicherheitsrelevante Baugruppen gefertigt werden; sie sind ein Muss zur Qualitätssicherung der Baugruppen. Dabei ist die Funktionsweise bei allen gleich. Getrennt durch ein Transportband oder direkt im Anschluss an einen Schablonendrucker stehen 3D-SPI-Systeme in der SMT-Linie und können also die nächste oder übernächste Leiterplatte nach dem Druck inspizieren sowie eine Aussage über die Qualität treffen. Gibt es die Linien-Taktzeit her, kann man auch mit dem nächsten Druck bis nach der Inspektion der Leiterplatte warten und so mögliche Fehldrucke vermeiden.

Steht dann das Ergebnis fest und der Druck ist fehlerfrei, wird die Leiterplatte in die Linie und dem weiteren Fertigungsschritt zugeführt beziehungsweise im Fehlerfall aus der Linie ausgeschleust. Ein Feedback an den Lotpastendrucker ist nicht möglich, da das Fehlerbild nicht auf einen bestimmten Fehler schließen lässt. Ergo, die Linie stoppt und der Operator muss das Problem lösen. Ein Eingriff in den Druckprozess kann allerdings durch

Eck-DATEN

Automatisierter Schablonendruck verbessert Prozessqualität

Die Integration von Schablonendruck und 100%-Inspektion in einer Maschine sind die Kernfeatures der Versaprint-3D-Baureihe. Damit ergänzt 3D-Inspektion die bisherige 2D-Inspektion und stellt einen weiteren Schritt in Richtung noch größerer Prozessüberwachung und -sicherheit dar. Das System verspricht eine bislang nicht da gewesene Automatisierung des Prozessschrittes Schablonendruck und sorgt so für die konstante und weitestgehend bedienerunabhängige Qualität des Prozesses.

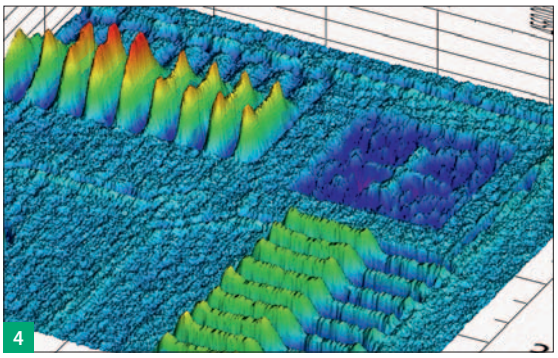


Bild 4: Grafische Darstellung der Versaprint-3D-SPI macht Zipfelbildung (dog ears) sichtbar, verursacht durch den Auslöseprozess aus der Schablone.

einen erkannten Druckoffset erfolgen, der als Feedback zurückgeht und eine automatische Anpassung für den nächsten Druckvorgang ermöglicht, auch druckrichtungsunabhängig.

Ebenso versucht man, durch eine erkannte Änderung des Inspektionsergebnisses einen Rückschluss auf eine notwendige Schablonenreinigung zu ziehen. So kann eine Erhöhung der Nassschichtdicke nach einigen Zyklen auf eine Ablagerung von Lotpaste auf der Unterseite der Schablone deuten. Die Aktion hierauf ist eine Schablonenreinigung.

Zwei Maschinen statt einer

Momentan sind diese beiden Inspektionsergebnisse die einzige Möglichkeit, aktiv in den Druckprozess einzugreifen. Andere Parameter wie Rakelgeschwindigkeit oder Druck sind grundlegend für den eingestellten Prozess und lassen sich nur durch erfahrenes Personal und unter bestimmten Voraussetzungen ändern. Aber auch hier gäbe es Ansätze für ein automatisches Nachregeln durch den Inspektionsprozess. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass 3D-SPI zunehmend in heutigen SMT-Linien zu finden ist und mit steigenden Qualitätsansprüchen immer häufiger zum Einsatz kommt.

Eck-DATEN

Vorteile gegenüber Standalone-Modellen

- Versaprint-Schabloneninspektion erkennt Fehler, bevor sie entstehen.
- Nullpunktmessung der unbedruckten Leiterplatte kann jederzeit vor dem Druck erfolgen.
- Integrierte Closed-loop-Funktion erkennt Druckoffset.
- Eine Softwareplattform für Druck und Inspektion sorgt für ein durchgängiges Bedienkonzept.
- Eine Maschine für Wartung und Instandhaltung.
- Ein Ansprechpartner für beide Prozesse.
- Weniger Platzbedarf in der Fertigungslinie.

Ein Aspekt kommt allerdings meist zu kurz: der zusätzliche Platzbedarf durch eine weitere Maschine in der Linie. Fertigungsplatz ist bekannterweise teuer und jede neue Maschine verursacht zusätzlichen Schulungs- und Wartungsaufwand. Diese beiden Aspekte waren Motivation für Ersa, eine 3D-Inspektion in den Drucker zu integrieren.

Von der Idee zum Produkt

Der Idee einer integrierten 3D-Inspektion musste zunächst ein Konzept folgen. Wie soll die Integration aussehen, welches Verfahren, welche Genauigkeit und Geschwindigkeit muss das System leisten? Die Maschinenbasis war klar: Es kommen die bewährten Druckerplattformen Versaprint P1 und S1 zum Einsatz (Bild 1). Die Kamera muss beide Funktionen übernehmen – sowohl das Ausrichten der Leiterplatte zur Schablone als auch die 3D-Inspektion. Das bedeutet einen seriellen Ablauf bei der S1 und einen parallelen, also Druck und Inspektion, bei der P1.

Die Wahl des geeigneten Verfahrens, Lasertriangulation oder Moiré, fiel schnell: Eine Integration in das bestehende Druckerkonzept ist nur mit Lasertriangulation möglich. Nur mit diesem Verfahren lässt sich eine kompakte Kamera für den begrenzten Bauraum zwischen Leiterplatte und Schablone entwickeln. Außerdem ist man durch die Line-Scan-Technologie der 2D-Inspektion mit dem Scannen der Leiterplatte vertraut und kann so auf bestehende Strukturen aufbauen.

Die Genauigkeit beziehungsweise Auflösung des Systems hingegen orientiert sich am Markt und liegt bei 16 µm in lateraler und horizontaler Richtung. Dieser Wert ist lediglich durch das verwendete Objektiv bestimmt und lässt sich jederzeit an die Anforderungen des Marktes und

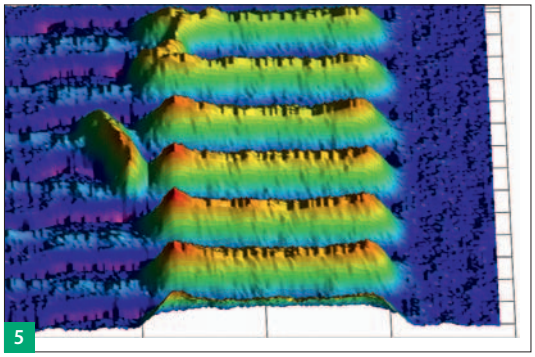


Bild 5: Grafische Darstellung der Versaprint-3D-SPI veranschaulicht erkannte Gefahr der Brückenbildung.

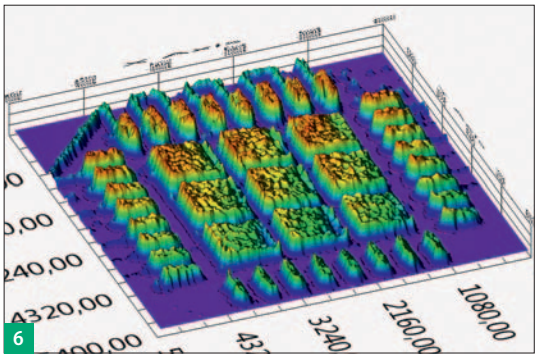


Bild 6: Grafische Darstellung der Versaprint-3D-SPI zeigt Pastenauftrag für ein QFN-Bauelement, die typische Form der Rampenbildung ist erkennbar.

der jeweiligen Prozesse anpassen. Die Geschwindigkeit wiederum ergibt sich direkt aus der Auflösung und der verwendeten Kamera.

Anforderungen an die zuverlässige 3D-Lotpasteninspektion

Die 3D-Inspektion bewertet folgende Merkmale: Volumen, Fläche, Höhe, Kurzschluss, Offset. Die Inspektion erfolgt ausschließlich mit Lasertriangulation und nimmt im Fehlerfall zur besseren Darstellung und Analyse durch den Operator zusätzlich ein 2D-Bild auf. Das 3D-Bild lässt sich beliebig drehen und ermöglicht eine schnelle und sichere Analyse. Höhenangaben sind dabei farblich unterlegt und wie in den Bildern 4, 5 und 6 anschaulich dargestellt, in den Grenzbereichen gelb und rot eingefärbt.

Die Schabloneninspektion als bewährtes Merkmal der 2D-Inspektion bleibt erhalten, um anzuzeigen, wenn die Verschmierung der Unterseite oder die Verstopfung der Schablone das eingestellte Limit überschritten hat und eine Schablonenreinigung erforderlich ist. Ein weiterer Vorteil der integrierten dreidimensionalen Lotpasteninspektion ist die Closed-loop-Funktion für die Druckoffset-Korrektur. Diese Funktion erkennt das Offset und kann diessen druckrichtungsabhängig korrigieren. *(mou)* ■

Autor
Wolfram Hübsch
Produktmanager Schablonendrucker, Ersa



all-electronics.de
infoDIREKT 460pr1115
➤ Halle A4, Stand 171