



(Bild: Ihlemann)

Industriebaugruppen mit hoher Bauteildichte:

Package-on-Package-Lösungen

In der Konsumelektronik – ob Smartphones oder Digitalkameras – ist die Package-on-Package-Technik bereits seit vielen Jahren im Einsatz. Doch auch im Industriebereich werden immer mehr Funktionen auf immer kleinerem Raum verdichtet, was in der Elektronikfertigung umfangreiche Anpassungen in der Wertschöpfungskette erforderlich macht.

de, ferner noch genaueren Platzierungen und verdeckten Lötstellen ausgerichtet werden.

Der EMS-Dienstleister Ihlemann produzierte vor Kurzem – stellvertretend für zahlreiche ähnliche Projekte

– eine Industriebaugruppe mit 350 Bauelementen auf einer Leiterkarte von $60 \times 16 \text{ mm}^2$ Fläche. Um diese Integrationsleistung zu erreichen, kamen unter anderem Mikro-BGAs mit einem Pitch-Abstand von 0,4 bis 0,6 mm sowie die bereits erwähnte PoP-Technik zum Einsatz.

Für die Fertigung solcher Baugruppen reicht ein moderner Bestückungsautomat allein definitiv nicht aus, denn auch der Pastendruck, die Bestückungsgenauigkeit, der Lötprozess und die AOI-Kontrolle müssen darauf ausgerichtet sein.

Gute Erfahrungen mit der 3D-Pastenkontrolle

Moderne Pastendruker erreichen eine Wiederholgenauigkeit von 12 bis $20 \mu\text{m}$, was auch für kleinste Bauteile ausreicht. Eine größere Herausforderung liegt eher auf der Verarbeitung dünnerer Schablonen, weil bei immer kleineren Pastendepots die Adhäsionskräfte beherrscht werden müssen. So erfordern kleine Bauteile von beispielsweise 0,4 mm Pitch eine Pastenhöhe von höchstens 100 bis $120 \mu\text{m}$. Wird hier zu viel Paste aufgetragen, steigt die Gefahr der Brückenbildung direkt an den Anschlüssen des Bauteils.

Zwangsläufig stehen Rakeldruck und Rakelgeschwindigkeit des Druckers, Unterstützungssysteme bei dünnen Leiterplatten, Klebverfahren und das Reinigen der Druckschablone hier stärker im Fokus.

Wenn Entwickler die Integrationsdichte erhöhen und wertvollen Platz sparen wollen, kommen kleine und kleinste Bauelemente, engere Abstände und auch die Package-on-Package-Technik (PoP, **Bild 1**) zum Einsatz. Bei dieser Fertigungstechnik werden zwei oder mehr BGA-Chip-Gehäuse (Ball Grid Array) platzsparend übereinander angeordnet.

Der anhaltende Trend zur Miniaturisierung verändert damit nicht nur die Bestückungstechnologie. Alle Fertigungsschritte und Qualitätskontrollen müssen auf die jetzt kleineren Abstän-

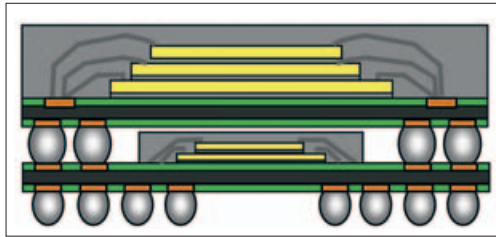


Bild 1. Die Package-on-Package-Technik kommt auch bei Industriebaugruppen zum Einsatz. Dabei werden zwei oder mehr BGA-Chip-Gehäuse platzsparend übereinander angeordnet. (Bild: Samsung)



Bild 2. Ihlemann setzt eine Solder Paste Inspection (SPI) in 3D-Technik ein, um beispielsweise kontrollieren zu können, wie exakt ein Pastendepot von 0,25 mm Breite eingehalten wird. (Bild: Ihlemann)

Um beispielsweise kontrollieren zu können, wie exakt ein Pastendepot von 0,25 mm Breite eingehalten wird, reichen normale Pastenkontrollsysteme nicht mehr aus. „In der Elektronikfertigung sind bis zu 65 Prozent der fehlerhaften SMD-Lötstellen auf einen fehlerhaften Pastenauftrag zurückzuführen“, nennt Bernd Richter, Vorstand bei der Ihlemann AG, einen der Hauptgründe, warum der Fertigungsdienstleister die Pastenkontrolle bereits vor drei Jahren auf eine Solder Paste Inspection (SPI, Bild 2) mit 3D-Technologie umgestellt hat.

Bei der 3D-Kontrolle wird der Pastendruck auf der Leiterplatte mit Hilfe eines optischen Systems kontrolliert und

neben der Position auch die Form eines Pad, die Höhe und das Volumen exakt vermessen. Durch den Einsatz von Kameras mit einer hohen Auflösung von 20 μm (XY) bzw. 0,37 μm (Z) ist eine Messgenauigkeit von 2 μm erreichbar. So können auch kleinste Abweichungen im Pastenauftrag erkannt und falsche Parameter beim Schablonendruck sofort korrigiert sowie Lötfehler vermieden werden.

Package on Package erfordert neue Bestückungstechnologie

Bei BGAs befinden sich die Anschlüsse in Form von kleinen Lotperlen (balls) auf der Unterseite der Bauelemente. Je kleiner das BGA ist, umso exakter muss es in der Lotpaste positioniert werden. Das ist für moderne Bestückungsautomaten kein Problem. Sie arbeiten auch bei einer Bestückungsgeschwindigkeit von 26.000 Bauteilen/h mit einer Genauigkeit von $\pm 0,025$ mm.

Bei der Package-on-Package-Bestückung wird ein zweites Bauteil exakt auf ein erstes Bauteil aufgesetzt. Hier stellen sich zwei Herausforderungen: Auf dem unteren Bauteil ist keine Paste vorhanden, um das zusätzliche Bauteil zu fixieren, und der Bestücker muss die Position des ersten Bauteils zuverlässig überprüfen, um das zweite richtig zu positionieren. Ihlemann verwendet für die PoP-Bestückung eine neue SMD-Linie. Hier werden die BGA-Gehäuse zunächst direkt bestückt. Das zweite BGA wird vor der Bestückung in einen speziellen Feeder eingetaucht. Dieses Modul ist mit einem Flussmittelbehälter ausgerüstet.

Wenn der Automat jetzt das zweite BGA auf das erste Bauteil platzieren will, wird das BGA zunächst in das Flussmittel eingetaucht. Die gelartige Flussmittelpaste sorgt nun dafür, dass das BGA auf dem ersten Bauteil zuverlässig haften bleibt.

Damit auch das zweite BGA genau und sicher platziert wird, verfügt die SMD-Linie über ein hochwertiges Kamerasystem und eine messgenaue Sensorik. Diese Sensorik misst beim Platzieren die Aufsetzkraft des zweiten BGA. Der Sensor sorgt so dafür, dass der Aufsetzdruck auch bei Bauteiltoleranzen nicht zu gering und auch nicht zu groß wird. Damit auch kleinste Bauteile von 0,15 mm \times 0,3 mm (03015) verarbeitet werden können, sind die neuen Maschinen mit anderen Bestückköpfen und kleineren Vakuumpipetten (Nozzle) für die Aufnahme der Bauteile ausgerüstet. Zusätzlich ist die Bauteilkapazität der SMD-Linie von 160 auf 350 unterschiedliche Bauelemente erhöht, weil durch die Miniaturisierung auch mehr Bauteile auf einer Leiterplatte platziert werden können.

Schließlich zeigt sich die gestiegene Flexibilität auch bei der Verarbeitung unterschiedlicher Bauteilverpackungen. Nach den Erfahrungen von Ihlemann werden neben größeren ICs zunehmend auch mehr Stecker in Tray-Bauteilverpackungen geliefert. Die neuen Tray Units sind jetzt für mehr und breitere Bauelemente-Trays ausgelegt. Fehlen für einzelne Bauelemente maschinengerechte Verpackungen, erstellt der EMS-Dienstleister mit dem 3D-Drucker eigene Tray-Elemente für die Zuführung zur SMD-Linie.

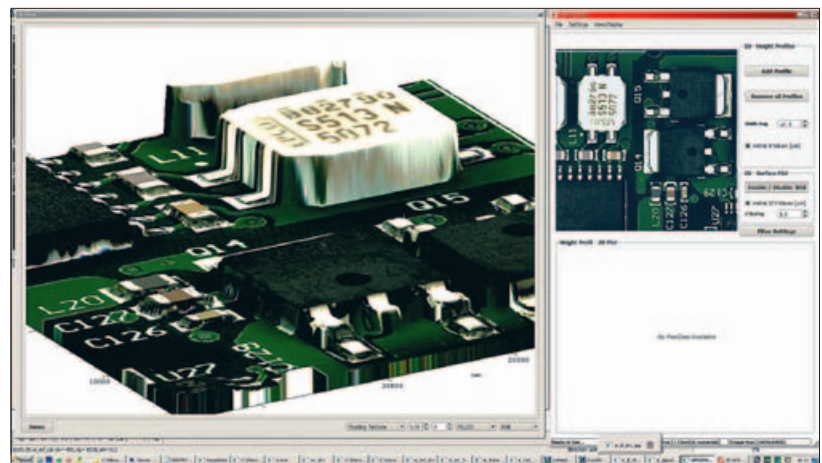


Bild 3. Die 3D-AOI-Prüfung wird bei verdeckten Lötstellen von BGAs, QFNs und Steckern eingesetzt. Mit der 3D-Vermessung wird erkannt, ob die Bauteile richtig verlötet sind und gleichmäßig flach auf der Leiterplatte aufliegen. (Bild: Ihlemann)



Sichere Lötprozesse und Röntgenkontrollen

In der durch die Miniaturisierung veränderten Wertschöpfungskette ist der Lötprozess noch am wenigsten betroffen. Das Reflow-Löten ist auch bei kleineren Bauteilen und engeren Strukturen unproblematisch, da die gleichmäßige Durchwärmung der Komponenten eher einfacher wird, je kleiner sie sind. Im Reflow-Ofen werden die Lotperlen auf der Unterseite der BGAs flüssig und führen zu einer dauerhaften Lötverbindung. Ob in diesem Prozess unterhalb des Bauteils tatsächlich die exakt notwendige Temperatur erreicht wurde, kann durch herkömmliche automatische optische Inspektionen (AOI) nicht festgestellt werden, da diese Lötstellen durch das Bauteil verdeckt werden.

Bei BGAs und QFNs (Quad Flat No Leads Package) mit verdeckten Anschlüssen an der Bauteilunterseite werden die Lötstellen durch Röntgen überprüft. Die unterschiedlichen Materialien einer Leiterkarte und der verbauten Bauteile absorbieren Röntgenstrahlung sehr unterschiedlich. Daher können im Röntgenbild mikroskopische Objektdetails auch kleinster Bauteile mit wenigen Zehntelmillimetern untersucht werden. Wird bei BGAs im Bereich der Balls unterhalb des Bauteils nicht die exakte Löttemperatur eingehalten, schmelzen die Anschlüsse nicht vollständig und gleichmäßig auf. Durch die Röntgentechnik werden solche Stellen erkannt; in gleichem Maße auch Ätz- oder Layoutfehler, Leiterbahnunterbrechungen, fehlerhafte Viametallisierungen, Lotbrücken oder Benetzungsfehler.

3D-AOI erkennt Höhendifferenzen

Mit der Röntgenprüfung wird in Stichproben der fehlerfreie Lötprozess und die gleichmäßige Ausführung der Lötstellen bei PoP-Bestückungen sichergestellt. Die Ist-Position und Höhe der verlöteten BGAs werden für die Serienfertigung als Soll-Vorgaben festgelegt und durch eine 3D-AOI automatisiert überprüft.

Die 3D-AOI-Prüfung wird bei Ihlemann vor allem bei verdeckten Lötstellen von BGAs, QFNs und Steckern eingesetzt. Dabei kommt eine Sensorik aus neun Kameras zum Einsatz, die sowohl rechtwinklig als auch geneigt (50°-Winkel) angeordnet sind. Mit der hohen Auflösung der zusätzlichen 3D-Vermessung von 8 µm wird überprüft, ob die Bauteile flach auf der Leiterplatte aufliegen und die definierten Soll-Werte eingehalten werden (**Bild 3**). Fehler wie Höhendifferenzen (Lifted Leads) oder Auflieger im Fine-Pitch-Bereich werden so zuverlässig erkannt. Durch die hohe Auflösung der neuen AOI-Technologie ist auch die Kontrolle kleinster Bauteile und geringster Abstände sichergestellt.

Miniaturisierung verändert auch die Traceability

Der EMS-Dienstleister ist nach der Medizintechnik-Norm zertifiziert, die eine lückenlose Rückverfolgung und Identifizierung von gefertigten Produkten entlang der gesamten Lieferkette fordert. Für die Rückverfolgbarkeit wird auf der Leiterkarte üblicherweise ein Label angebracht, das über eine Kennzeichnungsmatrix Informationen wie die Seriennummer der Baugruppe, Kartentyp und Chargen-Nr. enthält. Durch die steigende Funktionsdichte und Miniaturisierung steht allerdings immer weniger Platz für solche Labels zur Verfügung. Deshalb setzt Ihlemann eine neue Kennzeichnungstechnik ein. Der Label-Automat erstellt je nach Baugruppe und verfügbarem Platz kundenspezifische Labels. Durch eine Lasertechnik können auch kleinste Kennzeichnungen mit beispielsweise nur 6 × 6 mm² Größe erstellt werden. *Martin Orgies (Ihlemann) / go*