

Thomas Wenzel (t.wenzel@goepel.com)
Andreas Türk (a.tuerk@goepel.com)

Die Crux der BGA-Lötstellen

Die steigende Integrationsdichte moderner Baugruppen stellt auch immer neue Ansprüche an die Packaging-Technologie der eingesetzten Chips. Insbesondere BGA-Gehäuse stehen dabei im Mittelpunkt des Interesses. Allerdings entziehen sich die Anschlüsse derartige Komponenten sowohl der physikalischen Antastung, als auch der visuellen Überprüfung. Diese Tatsache wirft die Frage auf, wie die Qualität derartiger Lötstellen mit stark reduziertem Zugriff gesichert werden kann. Der folgende Beitrag analysiert die Situation beim Einsatz der BGA Technologie, zeigt die Problemfelder auf und diskutiert die verfügbaren Systemlösungen und ihre Anwendungsstrategien in der Fertigungspraxis.

Es ist nicht alles Gold was glänzt

Der immer weiter fortschreitende Siegeszug der Surface Mount Technology (SMT) wurde durch die Mitte der 80er Jahre erfolgte Einführung von BGA-Gehäusen (Ball Grid Array) weiter befeuert. Bei dieser Gehäuseform sind die Anschlüsse in Form von Bällen auf der Unterseite des Chips ausgeprägt. Die BGA Technologie hat gegenüber bedrahteten IC viele Vorteile wie z.B.:

- kleinere Gehäuse
- höhere Packungsdichte
- höhere Pindichte
- verbesserte Signalübertragungseigenschaften
- bessere thermische Kopplung zur Leiterplatte

Neueste Formen dieser Komponenten, wie z.B. die VFBGA (Very Fine BGA) ermöglichen mittlerweile mehrere tausend Anschlusspins im Rastermaß kleiner 0,5mm.

Die Montage der BGA Bauelemente erfolgt in einem entsprechenden Lötprozess, wobei viele Faktoren eine Rolle spielen. Im Ergebnis dieses Vorgangs entsteht im Normalfall eine matt glänzende Lötstelle, welche diversen mechanischen und elektrischen Kriterien standhalten muss

- hohe Haftungssicherheit zwischen Ball und Leiterplatte
- hohe mechanische Langzeitstabilität

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

- hohe strukturelle Integrität des Ballkorpus
- hohe Leitfähigkeit
- hohe elektrische Signalintegrität
- hohe Isolationsfestigkeit zu Nachbarn

Bereits an dieser Stelle wird die Wechselwirkung zwischen den physikalischen Zuständen und den daraus resultierenden elektrischen Eigenschaften deutlich.

Das in Abb.1 enthaltene Referenzmodell zeigt die strukturellen Zusammenhänge vereinfacht auf. Dabei wird von einem statischen, gerichteten Signal mit einfachen ohmschen Leitungswiderständen ausgegangen. Die im Chip herrschenden Konditionen (Bonddrähte, etc) werden als bekannt gut vernachlässigt.

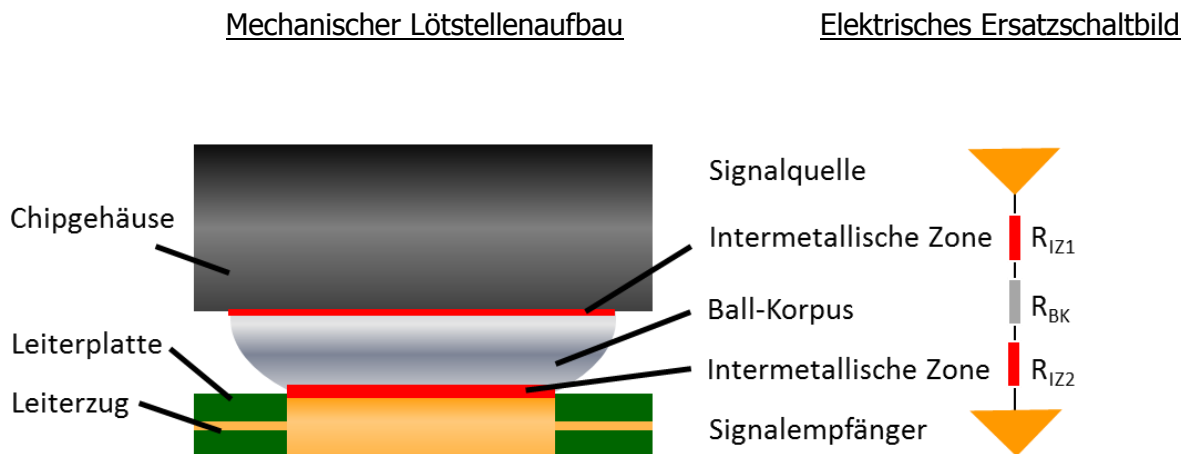


Abb.1: Statisches Referenzmodell zwischen der mechanischen und der elektrischen Ebene

Beim Lötvorgang verschmilzt das Lot der Kugeln mit der Lotpaste und es bildet sich durch chemische Reaktion mit der Oberfläche der Leiterplatte eine intermetallische Zone. Auch zwischen dem Chip und dem Ballkorpus befindet sich eine intermetallische Zone, welche allerdings beim Chiphersteller ausgeprägt wird und von ihm auch zu überprüfen ist. Aus elektrischer Sicht ist insbesondere der Leitungswiderstand des Ballkorpus und der intermetallischen Zonen essentiell. Dieser sollte im Normalfall zwischen Sender und Empfänger stabil auf Milliohm Niveau sein.

Doch grau ist alle Theorie, denn in der Praxis treten sowohl systematische, als auch zufällige Fehler auf und diese führen zu stark veränderten elektrischen Parametern und auch eine glänzende Lötstelle ist noch lange keine Garant für Fehlerfreiheit.

Pressekontakt:

GOPEL electronic GmbH
 Matthias Müller
 Göschwitzter Str. 58-60/66
 D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
 Fax: +49-3641-6896-944
 E-Mail: press@goepel.com
 URL: www.goepel.com

GOPEL electronic GmbH • Göschwitzter Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
 Fax: +49-3614 - 6896 - 944
 E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Wissen was die Welt im Innersten zusammenhält

Lötfehler entstehen sowohl durch Qualitätsmängel der dem Lötprozess zugeführten Elemente, als auch durch vom Soll abweichende Lötprofile. Die Fehlerbilder können sehr unterschiedlich ausgeprägt sein. Sie reichen von sichtbaren Deformationen des Lotkorpus im Sinne von mageren oder fetten Lötstellen, wobei elektrisch durchaus Kontakt besteht, bis hin zu optisch gut ausgeprägten Lötstellen mit keinem, oder sporadisch ausfallendem elektrischen Kontakt.

In Bezug auf die Bewertung einer BGA Lötstelle spielt die Norm IPC-A-610E [1] eine wichtige Rolle. Sie gibt vor, welche Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen einzuhalten sind und gibt auch Kriterien für BGA-Bauelemente vor. Für eine Produktion sind damit Systemlösungen notwendig, welche die Konformität der Lötstellen zu dieser Norm nachweisen können. Dadurch werden auch strukturell instabile Lötstellen, bei denen es unter mechanischer Belastung zum Bruch und damit zum Verlust der elektrischen Leitfähigkeit kommt, vermieden. Es bleibt jedoch anzumerken, dass viele Fehler, die Form des Lotkorpus betreffend, erst bei Extremwerten elektrische Auswirkungen haben.

Demgegenüber sind die Fehler in den intermetallischen Zonen besonders teuflisch und nur sehr schwer zu erkennen. Zu nennen sind hier vor allem die als „Head in Pillow“ und „Black Pad“ bekannten Phänomene. Bei ersterem Effekt verschmilzt das Lot nicht mit der Lotpaste und es bildet sich quasi eine Sperrschicht aus. Die Optik der Lötstelle verrät dies jedoch typischerweise nicht. Ursachen sind in diesem Fall vor allem Kontaminationen der Balloberfläche.

Beim Black Pad liegt die Problematik mehr in Richtung der Leiterplatte. Hier reagiert zwar der Ball mit der Lotpaste aber darunter entsteht ebenfalls eine Schicht mit verminderter oder komplett fehlender Leitfähigkeit. Ursache sind bei solchen Phänomenen oftmals Qualitätsmängel in den Oberflächen der Anschluss pads der Leiterplatte. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die bereits angerissenen Fehlerkategorien.

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Fehler-kategorie	Mechanisch/Optische Erscheinungsbilder	Elektrische Erscheinungsbilder	Potentielle Fehlerursachen
Fehlerhafter Lotkorpus	<ul style="list-style-type: none"> - unkorrekte Kugelform - unkorrekte Fläche - Poren (Voids) - Falsche Position - Falscher Lotkugelabstand - mangelnde Co-Planarität des Chips zum Board 	<ul style="list-style-type: none"> - R_{BK} kaum verändert - $R_{BK}=\infty$ (offene Verbindung) - Kurzschluss zwischen Balls 	<ul style="list-style-type: none"> - BGA-Chip (Ball) - Lotpastenqualität - Lotpastenauftrag - Montageversatz - Lötprofil - Pad-Design
Haftungsschwäche zwischen Ball und Lotpaste „Head in Pillow“	<ul style="list-style-type: none"> - korrekte Kugelform - Kontaminationsschicht zwischen Ball und Lotpaste - Keine mechanische Belastbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - $R_{IZ}=\infty$ (offene Verbindung) - Temporärer Kontakt durch mechanische Belastung 	<ul style="list-style-type: none"> - BGA-Chip (Ball) - Lotpastenqualität - Lötprofil
Haftungsschwäche zwischen Lötstelle und Leiterplatte „Black Pad“	<ul style="list-style-type: none"> - korrekte Kugelform - Kontaminationsschicht zwischen Ball und Lotpaste - Risse in der intermetallischen Zone - Dunkle Pad Verfärbungen - geringe mechanische Belastbarkeit (Abriss) 	<ul style="list-style-type: none"> - $R_{IZ}=\infty$ (offene Verbindung) - mechanische Belastung führt zu temporärem Kontakt - R_{IZ} im Normalbereich, Verbindung reißt aber ab bei Belastung (offene Lötstelle) 	<ul style="list-style-type: none"> - Leiterplattenqualität - Lötprofil

Tab.1: Übersicht über typische Fehlerkategorien bei BGA-Lötstellen

Wie die Tabelle deutlich macht, gibt es eine große Anzahl von Fehlerszenarien und sie alle müssen zur Absicherung der notwendigen Produktionsqualität beherrscht werden. Dabei variieren auch die typischen Probleme in der Praxis zwischen verschiedenen Herstellern und manchmal sogar zwischen verschiedenen Produkten in der gleichen Fertigung. Vor allem etwaige Fehler in den intermetallischen Zonen mit sporadischem Kontaktausfall sind eine absolut essentielle Bedrohung und können in kritischen Applikationen wie im Automotive Bereich katastrophale Konsequenzen nach sich ziehen. Abhängig von der jeweiligen Situation gilt es also entsprechende Gerätetechniken zur Prüfung einzusetzen, doch welche Technologien erfüllen diese Anforderung am besten und gibt es überhaupt „die“ Strategie zur Qualitätssicherung schlechthin?.

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Ein Blick hinter die Systemkulissen

Der Einsatz von Test- und Inspektionssystemen verfolgt grundsätzlich zwei strategische Ziele. Zum einen sollen sämtliche Fehler im Produktionsprozess gefunden werden und zum anderen ist jedes System ein Prozesssensor im notwendigen Regelkreislauf der Qualitätssicherung. In der Praxis existieren eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien um dieser Herausforderung zu begegnen, allerdings sind nur bestimmte zum Einsatz bei BGA-Lötstellen geeignet. Das gilt umso mehr, wenn eine IPC-A-610 konforme Produktion nachgewiesen werden soll. Dabei sind moderne 3D-Inspektionssysteme in der Lage Lötstellen auch quantitativ zu vermessen, während elektrische Testsysteme lediglich grundsätzliche Gut/Schlecht Aussagen über den Kontaktzustand liefern können. Tabelle 2 spiegelt die verschiedenen Verfahren von AOI (Automatische Optische Inspektion), MXI (Manuelle X-Ray Inspektion), AXI (Automatische X-Ray Inspektion), AXOI (Automatische X-Ray/AOI Inspektion), Boundary Scan (IEEE1149.x), ICT (In-Circuit Test) und FPT Flying Probe Test) gegen wichtige Prüfkriterien und technische Merkmale.

Merkmal	AOI	MXI	AXI	AXOI	BScan	ICT	FPT
BGA-Korpus Qualifizierung (IPC-A-610E)	-	√*	√ [3D]	√ [3D]	-	-	-
Haftungsschwächen in den intermetallischen Zonen	-	√*	(√)	(√)	-	-	-
Co-Planarität des IC	√	-	(√)	√	-	-	-
Verdrehung des IC	√	-	-	√	-	-	-
Leitfähigkeit der Lötstelle	-	-	-	-	√	√	√
Defekte elektrische Treiber/Empfänger	-	-	-	-	√	√	√
Zugriff auf den Leiterzug über kleinste Testpunkte	-	-	-	-	√	-	√
Kein physikalischer Zugriff auf den Leiterzug gegeben	-	-	-	-	√	-	-
Adapterloses Wirkprinzip	√	√	√	√	√	-	√
Volle In-Line Geschwindigkeit	√*	-	√*	√*	√	√	-

√* Systemabhängig

(√) Technologisch eingeschränkt

Tab.2: Leistungsfähigkeit verschiedener Technologien zur Erkennung von BGA-Fehlern

Pressekontakt:

GOPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GOPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Dabei wird schnell deutlich, dass es eine Universallösung nicht gibt. Jede Technologie zielt auf bestimmte Fehlerklassen ab. MXI-Systeme bieten eine sehr hohe Auflösung im unteren μm Bereich und können daher prinzipiell alle mechanischen Fehler erkennen. Allerdings sind sie reine Off-Line Maschinen und für eine automatische Nutzung nicht einsetzbar. Demgegenüber ist die Situation bei AXI-Systemen gespiegelt. Sie sind prinzipiell In-Line fähig und 3D Maschinen können auch gemäß IPC-A-610 qualifizieren. Allerdings haben sie eine geringere Auflösung und damit Probleme in der Erkennung von Haftungsschwächen in den intermetallischen Zonen. AXOI-Geräte kombinieren AXI und AOI in einem System, wodurch sie auch in der Lage sind Fehler bei BGA-Lötstellen auf unkorrekt platzierte Chips zurückzuführen.

Im Bereich des elektrischen Testens spielt die physikalische Kontaktierbarkeit der Leiterzüge eine entscheidende Rolle für die Anwendbarkeit der Technologien. Hochdichte BGA-Baugruppen mit in der Leiterplatte komplett eingebetteten Leiterzügen drängen an dieser Stelle langjährig zuverlässige Verfahren wie ICT und FPT ins Abseits. Als wegweisende Alternative gilt hier das sogenannte Boundary Scan Verfahren, welches nach IEEE1149.x [2] standardisiert ist und adapterlos arbeitet.

Ausgehend von den diskutierten Produktionsanforderungen kristallisieren sich für komplexe BGA-Baugruppen zwei Schwerpunkt Technologien heraus – Röntgensysteme in Form von AXI/AXOI und als elektrische Testeinrichtung Boundary Scan Systeme. Beide Verfahren werden im folgendem näher beleuchtet. Dabei wird von einer komplementären Situation ausgegangen, denn ein elektrischer Test gibt keinerlei Aufschluss über den mechanischen Zustand der Lötstelle und umgedreht ist eine automatische Inspektion der Lötstelle kein Garant für eine elektrisch einwandfreie Signalübertragung.

Pressekontakt:

GOPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GOPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Das Potential von X-Ray voll ausschöpfen

Auch wenn grundsätzlich die Röntgentechnik in der Lage ist quasi durch den BGA auf die Balls zu blicken, ist dies lediglich eine notwendige technische Grundlage. Der eigentliche Kundennutzen wird primär durch die technologische Gerätekonzeption definiert. Röntgensysteme werden in modernen SMD-Fertigungen entweder direkt in, oder neben der Produktionslinie zur vollautomatischen Röntgeninspektion (AXI) eingesetzt. Auch die Verwendung hochauflösender manueller oder halbautomatischer Röntgengeräte (MXI) zur Stichprobenanalyse ist weit verbreitet.

Zusammengefasst müssen AXI Systeme für den Einsatz in SMD-Produktionslinien bei BGA Baugruppen eine Reihe von grundlegenden Kriterien genügen, wie beispielsweise:

- Vollständige Inspektion nach IPC-A-610E
- Geringer Fehlerschlupf
- Niedrige Rate an Geisterfehlern (Fehlalarme)
- Durchsatz im Bereich der Beat-Rate der Produktionslinie (In-Line Betrieb)
- Automatische Fehlererkennung
- Einfache Programmgenerierung
- Intuitive Nutzerführung
- Unterstützung für Statistic Process Control (SPC)

Die IPC-A-610E thematisiert bezogen auf die BGA-Bauelemente Kriterien wie Lotkugelversatz, Lotkugelabstand, Lotkugelform und Poren (Luft einschüsse) in der Lötung. Sie steht auch im Zusammenhang mit der IPC-7095B [3], welche speziell auf das Design und die Prozessierung von BGAs eingeht. Besonders effizient um die Vorgaben der IPC-A-610 zu überprüfen sind 3D AXI Systeme auf Basis der Tomosynthese, wie z.B. das OptiCon X-Line 3D von GÖPEL electronic [4].



Abb.2: OptiCon X-Line 3D mit integrierter AOI Option (AXOI)

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com



Abb.3: Vermessung guter und schlechter Lötstellen

Die Beispiele in Abbildung 3 zeigen exemplarisch einen Ball und dessen bildverarbeitungstechnische Auswertung. Die Bilder zeigen jeweils den Schnitt durch die Mitte der BGA Lotkugeln.

Ergebnis der Bewertung sind Messwerte wie Ballfläche, Rundheit des Balles, Position des Balles und dessen Grauwert. Hier zeigt sich eine Stärke der Röntgentechnologie mit der reale Messwerte gewonnen werden können. Röntgenbilder zeigen Änderungen im Material selbst sowie in der Materialdichte und -dicke.

Ein weiteres Kriterium sind die Poren (Voids) im BGA-Ball. Diese entstehen unter anderem im Reflow-Prozess wenn sich das in der Lotpaste enthaltene Flussmittel erhitzt, in den gasförmigen Zustand über geht und vom Lot des Balles umschlossen wird. Voids können auch durch das Leiterplattendesign selbst, beispielsweise durch Microvias in den Anschlussflächen entstehen. Größe und Anzahl der Lufteinschlüsse hängen maßgeblich von der verwendeten Lotpaste, dem Anteil Flussmittel und der gewählten Temperaturkurve des Reflow-Ofens ab. Das untere Beispiel zeigt, dass auch die Menge des aufgetragenen Lotes Einfluss auf die Voidbildung hat.

Pressekontakt:

GOPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GOPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

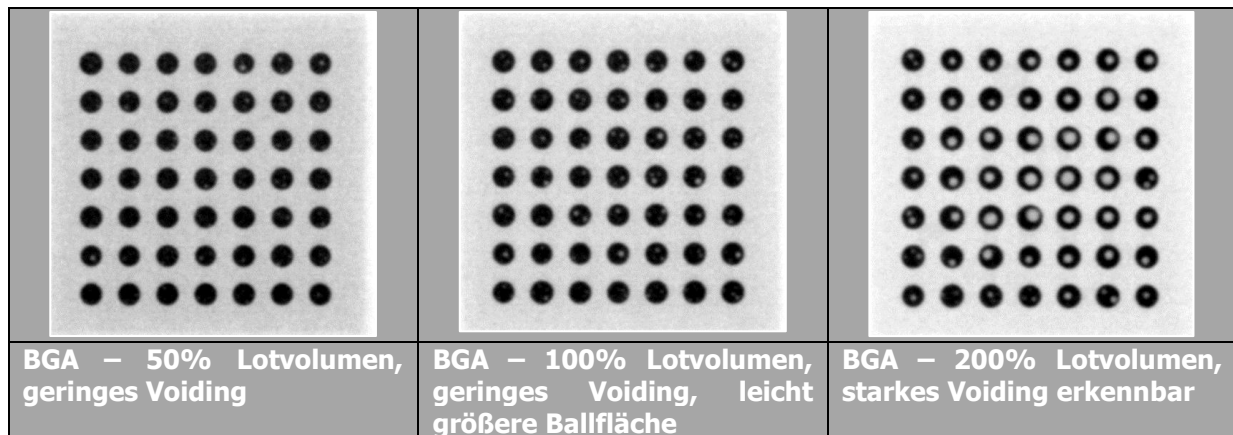


Abb.4: Darstellung von Voids

Typischerweise wird bei der Void-Prüfung nicht das Volumen, sondern die Void-Fläche bestimmt. Hauptsächlich wird die Voidfläche zur Ball-Fläche ins Verhältnis gesetzt und so der Voidanteil in Prozent ausgegeben. Nimmt man an, dass der Void sich als Kugel ausprägt, kann aus der Voidfläche das Voidvolumen berechnet werden. Dies ist in der Praxis jedoch eher untypisch. Das OptiCon X-Line 3D bestimmt die Voidfläche in der Mitte des BGA-Balls. Das linke untere Beispiel zeigt die automatische Voidbestimmung. Der IPC-A610E Grenzwert für den maximalen Anteil Void an der Gesamtlötstelle liegt bei 25 Prozent.

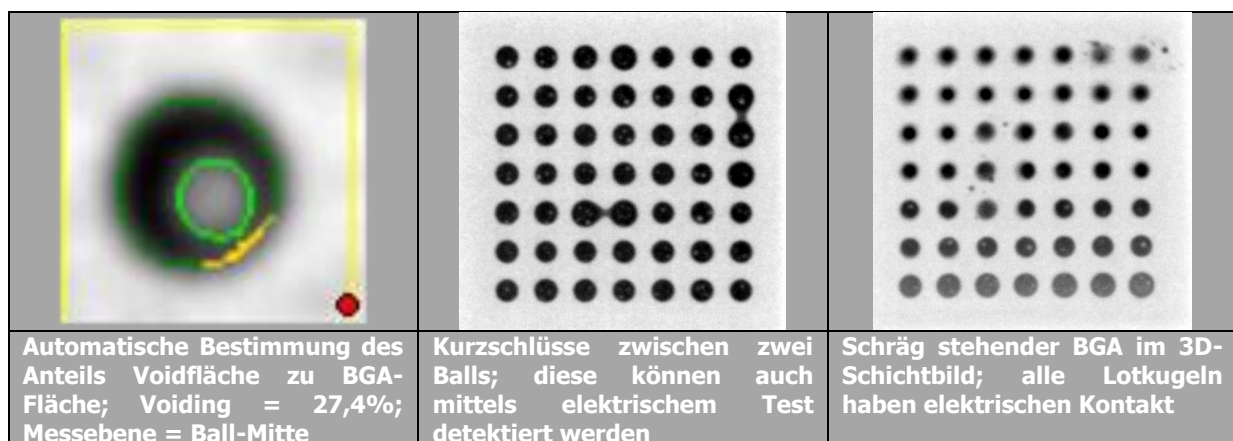


Abb.5: Darstellung von Voidanteilen, Kurzschlüssen und nicht co-planaren BGA

Neben der Beurteilung der Lotkugeln auf Form, Anwesenheit und Poren können gemäß Abbildung 5 auch Kurzschlüsse zwischen den Lotkugeln ausgewertet werden.

Pressekontakt:

GOPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GOPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Abbildung 5 zeigt auch einen verkippten BGA. Alle Bälle haben elektrischen Kontakt und sind mittels Boundary Scan Test als „Pass“ geprüft wurden. Bei der optischen Auswertung offenbart sich jedoch die Verkippung im 3D-Röntgenbild (Schichtebene = Ballmitte der untersten Reihe). Wird dieser BGA mechanisch oder thermisch belastet wird er voraussichtlich ausfallen. Ein solcher Schrägstand kann unter anderem durch vagabundierende Bauteile verursacht werden, die unter dem BGA zu liegen kommen.

Über das Fehlerszenario des „Head-in-Pillow“ Effekts wurde bereits gesprochen. Es ist auch unter dem Synonym „Auflieger“ bekannt. Eine Möglichkeit dieses Fehlerszenario sicher und reproduzierbar prüfen zu können ist die Verwendung eines „Tear-Drop“-Pad-Designs. Hierbei sind die Anschlußpads des BGAs nicht kreisrund ausgeführt, sondern tränenförmig. Abbildung 6 verdeutlicht dies im Röntgenbild.

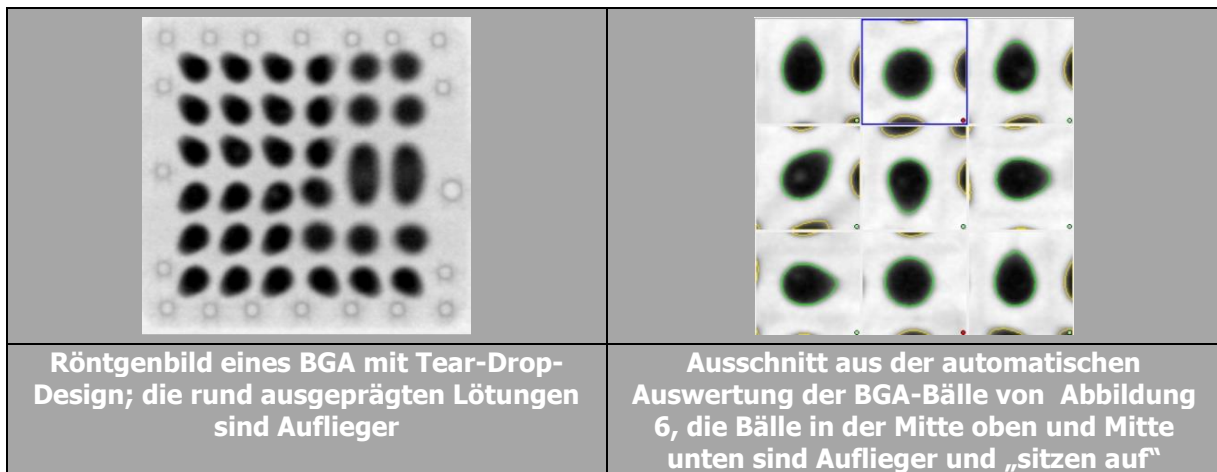


Abb.6: Erkennung von Aufliegern durch Tear-Drop Design

Schmilzt ein Ball auf und verbindet sich mit der darunter liegenden Lotpaste, so prägt sich die typische Tränenform aus. Kommt keine Verbindung zu Stande, behält der Ball seine kreisrunde Form und kann über Messwerte wie Rundheit, Achsenverhältnis oder Ballfläche aussortiert werden.

Speziell bei kleineren Pitches kann das Tear-Drop-Design oft nicht verwendet werden. Durch die Tränenform verringert sich die Distanz zwischen zwei Pads und es kann zur Verletzung des minimalen elektrischen Isolationsabstandes kommen.

In diesem Fall muss ein klassisches rundes Pad-Layout verwendet werden. Dies ist bei der Parametrierung der Röntgenprüfung zu berücksichtigen.

Pressekontakt:

GOPEL electronic GmbH
 Matthias Müller
 Göschwitzter Str. 58-60/66
 D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
 Fax: +49-3641-6896-944
 E-Mail: press@goepel.com
 URL: www.goepel.com

GOPEL electronic GmbH • Göschwitzter Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
 Fax: +49-3614 - 6896 - 944
 E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Nun ist eine Bewertung nach Ballform oft nicht ausreichend um gut von Schlecht zu unterscheiden. Liegen einseitig bestückte Baugruppen vor, so kann mittels hochauflösender 2,5D Röntgenschrägdurchstrahlung der Übergang zwischen Pad und Lotkugel begutachtet werden. Ist hier eine Einschnürung erkennbar, ist dies ein Indiz für einen Auflieger. Ist die Baugruppe jedoch beidseitig bestückt, oder weist sogar mehr als zwei Lötenebenen auf, so ist dies problematisch. Im 2,5D-Röntgenbild sind dann starke Überlagerungen des BGA mit Bauelementen der gegenüber liegenden Lötseiten erkennbar. Abbildung 7 zeigt einen Leiterplattenausschnitt mit drei Lötenebenen (TOP = Kondensatoren, BOTTOM 1 = BGA1, BOTTOM 2 = BGA 2).

Hier kann nur das 3D-Röntgen Abhilfe schaffen. Das OptiCon X-Line 3D nutzt die digitale Tomosynthese um eine Schicht der Leiterplatte „scharf zu stellen“. Auf diesem Weg ist es nun möglich die Lötstellen überlagerungsfrei prüfen zu können.

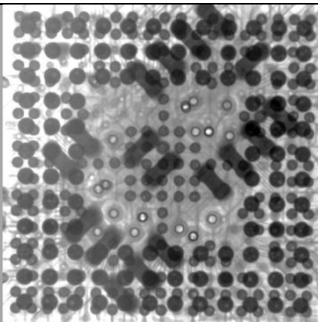
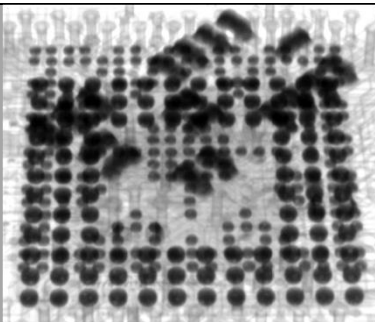
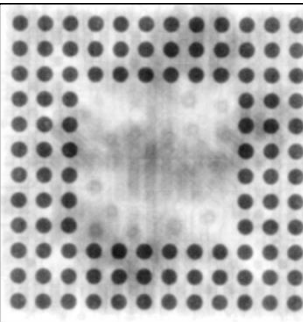
		
<p>senkrechte Durchstrahlung (2D) mittels halbautomatischem GÖPEL Röntgensystem ScopeLine MX; Überlagerung von drei Bestückerbenen erkennbar</p>	<p>Schrägdurchstrahlung (2,5D) mittels halbautomatischem GÖPEL Röntgensystem ScopeLine MX; Überlagerung von drei Bestückerbenen erkennbar, erste untere Ballreihe auswertbar</p>	<p>3D-Schichtbild der Mittleren Ebene mittels GÖPEL OptiCon X-Line 3D, alle Ballreihen auswertbar</p>

Abb.7: Unterschiedliche Durchstrahlungen mit 2D, 2.5D und 3D Techniken

Das ScopeLine MX [5] ist ein halbautomatisches Röntgensystem zur Off-Line Analyse und ist ebenfalls im Produktportfolio von GÖPEL electronic enthalten.

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
 Matthias Müller
 Goeschwitzer Str. 58-60/66
 D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739
 Fax: +49-3641-6896-944
 E-Mail: press@goepel.com
 URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Goeschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
 Fax: +49-3614 - 6896 - 944
 E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com



Abb.8: ScopeLine MX-1000 für halbautomatische BGA-Analysen (MXI)

Ohne Nadeln geht's besser

Als ergänzender Partner zur Röntgeninspektion von komplexen BGA Baugruppen ist das Boundary Scan Verfahren erste Wahl. Gegenüber dem klassischen In-Circuit Test werden die physikalischen Nadeln gemäß Abbildung 9 als quasi virtuelle Proben in die Chips integriert.

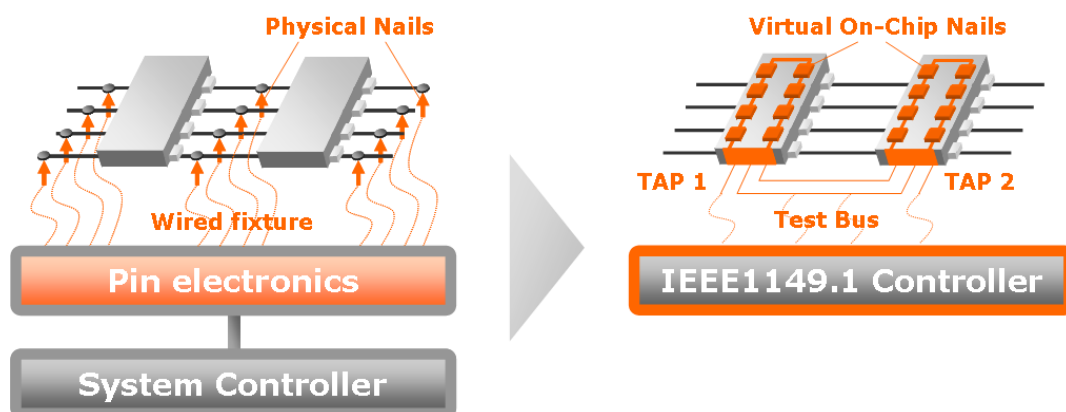


Abb.9: Übergang zu einer designintegrierten Testelektronik

Diese designintegrierte Testelektronik wird seriell über einen sogenannten Testbus angesteuert. Die virtuellen Nadeln sind in Wahrheit Boundary Scan Scanzellen, welche in Form eines Schieberegisters (Boundary Scan Register) zusammengeschaltet werden. Durch das synchrone Handling der Zellen gelingt der elektrische Test von BGA-Lötstellen problemlos. Allerdings kann bei gerichteten Verbindungen (Abbildung 10) der Fehlerort nicht genau bestimmt werden, dazu braucht es dann wieder Verfahren wie MXI.

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
 Matthias Müller
 Göschwitzter Str. 58-60/66
 D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
 Fax: +49-3641-6896-944
 E-Mail: press@goepel.com
 URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzter Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
 Fax: +49-3614 - 6896 - 944
 E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

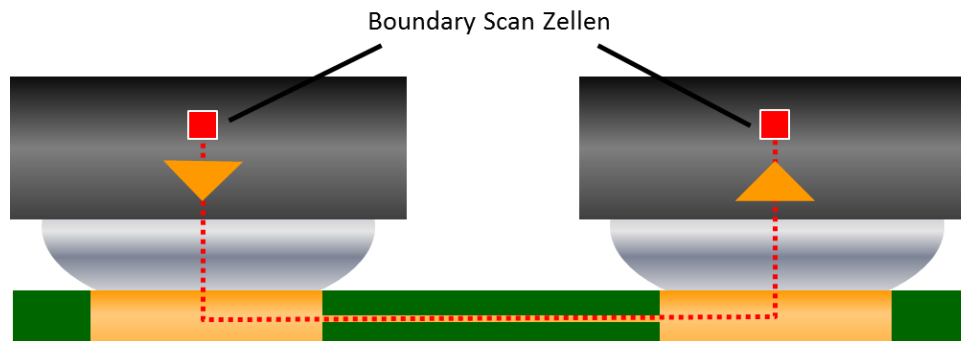


Abb.10: Verbindungstest von zwei BGA Pins per Boundary Scan

Bei Mehrpunktverbindungen, wie z.B. Busstrukturen, ist dagegen eine Pin genaue Fehlerdiagnose vollständig gegeben. Der Charme des Boundary Scan Verfahrens ist aber auch seine hohe Testgeschwindigkeit und die Flexibilität beim Test von Prototypen. Ausgereifte Systemlösungen wie die Softwareplattform SYSTEM CASCON™ [6] von GÖPEL electronic bieten hier Automatische Test Pattern Generatoren (ATPG) welche tausende von Lötstellen parallel in wenigen Sekunden und mit automatischer Pin Fehler Diagnose testen können, ohne das ein Adapter benötigt wird. Noch kosteneffektiver geht es also kaum.

Dabei ist Boundary Scan ein strukturelles Verfahren und unabhängig von der im Chip integrierten Funktionslogik. Das heißt in der Endkonsequenz, dass jedes Pin einzeln und unabhängig getestet werden kann. Damit lässt sich das Verfahren auch sehr gut mit Stresstests kombinieren, bei denen z.B. durch thermische Belastung in einer Klimakammer versucht wird mangelhafte Lötstellen gezielt zum Ausfall zu bringen. Auch hierfür bietet GÖPEL electronic vorkonfektionierte Hardwaremodule, wie das TIC03 aus der SCANFLEX Serie [7].

Doch Boundary Scan hat seine Stärken auch im Labor. Für die schnelle Prototypverifikation ist für den Designer oftmals eine gezielte Überprüfung bestimmter Signale relevant. Hier erzielen graphische Werkzeuge wie Scan Vision™ die besten Resultate.

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

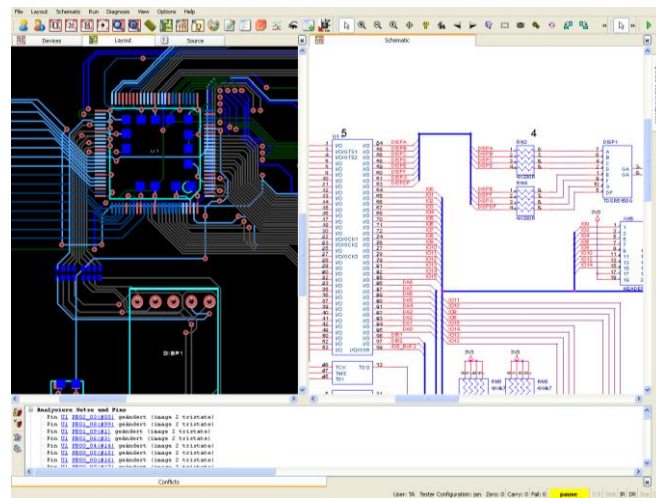


Abb.11: Darstellung von Layout und Schematic beim interaktiven Pin-Toggling

Sie erlauben nicht nur das Cross-Referencing zwischen Layout und Schematic, sondern auch die Aktivierung der Boundary Scan Zellen durch einfachen Klick auf das entsprechende Pin. Die im Resultat entstehenden logischen Signalzustände werden dann über vom Anwender definierbare Farbschemen visualisiert.

Zur Einführung von Boundary Scan stehen auch spezielle Pakete wie das PicoTAP Designer Studio [8] von GÖPEL electronic zur Verfügung. Sie enthalten bereits sämtliche Werkzeuge, inklusive ATPG und Debugger, sowie die erforderliche Hardware zum sofortigen Loslegen. Das schließt auch ein Hardwaremodul zum Test von I/O Signalen ein. Der besondere Charme dieser Pakete ist natürlich auch ihr extrem günstiges Preis/Leistungsverhältnis.



Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Abb.12: Komponenten des Komplettpakets PicoTAP Designer Studio

Im Prozess-Team stark

Allein die Existenz der bisher diskutierten Technologien und Systemlösungen reicht für eine Fertigung mit höchsten Qualitätsstandards nicht aus. Vielmehr bedarf der Einsatz von Röntgensystemen und Boundary Scan Systemen in der Produktion von BGA-Baugruppen einer gründlichen Analyse der gesamten Fertigungssituation. Dabei spielen vor allem die genaue Kenntnis der zu bekämpfenden Fehler und ihrer statistischen Verteilung eine maßgebliche Rolle. Insgesamt existieren über 100 Parameter, welche die Definition einer optimalen Inspektions- und Teststrategie beeinflussen. Insofern ist es an dieser Stelle unmöglich „die“ Strategie zu benennen. Fakt ist aber, dass insbesondere die Kombination von AXOI und Boundary Scan bei BGA eine gegen hundert Prozent gehende Fehlerabdeckung gewährleisten kann und je größer der Anteil an BGA ist umso mehr Bedeutung kommt gerade diesen Techniken zu. Für hochdichte Baugruppen sind sie aus jetziger Sicht perspektivisch die einzige Lösung. Wie für derartige Situationen eine Prozesslinie aussehen könnte ist aus Abbildung 13 ersichtlich.

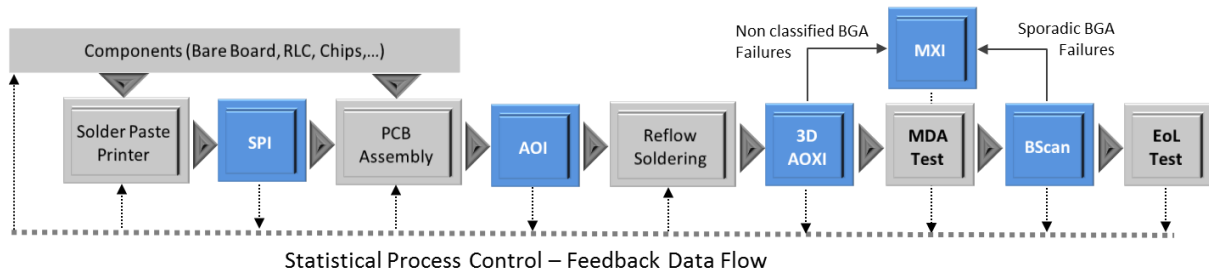


Abb.13: Beispiel zum Einsatz von AXOI, MXI und Boundary Scan in einer BGA-Montagelinie

Dabei wird vom Grundgedanken her hinter jedem Prozessschritt ein Sensor etabliert und die abgehobenen statistischen Fehlerinformationen ganzheitlich auf die Prozesse zurückgekoppelt. Das AXOI System kann aufgrund seiner hohen Inspektionsgeschwindigkeit die Baugruppe nach IPC-A-610E qualifizieren und beispielsweise auch den Innenmeniskus von TQFP Bauelementen vermessen. Die noch fehlende mechanische Fehlerabdeckung wird durch das integrierte AOI-System sichergestellt. Zur Präzisionsanalysen kommt MXI zum Einsatz. Die blau dargestellten Sensoren sind allesamt im Produktportfolio von GÖPEL electronic enthalten.

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

BGA-Bauelemente sind ein wichtiger Bestandteil von komplexen Leiterplatten und ermöglichen immer höhere Integrationsdichten und Verbesserungen der elektrischen Parameter. Der kontinuierlich sinkende Zugriff macht den Einsatz entsprechender Gegenmaßnahmen in Form von alternativen Inspektions- und Testverfahren unumgänglich. In der Praxis verfügen insbesondere 3D-AXOI Maschinen als kombiniertes AXI/AOI System und Boundary Scan als elektrisches Testverfahren über das größte Potential die Zugriffsprobleme zu lösen. Dabei ergänzen sich beide Verfahren hervorragend und ermöglichen bei BGA-Lötstellen eine Fehlerabdeckung gegen 100%. Darüber hinaus bietet Boundary Scan eine fundamentale Zukunftssicherheit da es auf fortschreitenden Standardisierungen im Rahmen der IEEE beruht [9], [10]. Das von GÖPEL electronic entwickelte Konzept des Embedded System Access (ESA) involviert diese Standards und ergänzt sie um weitere Technologien zur Ausweitung der Fehlerabdeckung [11]. Dadurch wird die Kombination noch attraktiver.

Für einen optimalen Einsatz der diskutierten Systemlösungen ist jedoch an erster Stelle eine genaue Analyse der Prozesssituation unerlässlich, denn wenn die Fehlerbraut nicht tanzen will helfen alle Technologie-Fideleien nichts.

Quellen

- [1] IEEE Std.1149.1-2013, Standard Test Access Port and Boundary Scan Architecture
- [2] Std. IPC-A-610, Acceptability of Electronic Assemblies
- [3] Std. ANSI/IPC-7095-2000, Design and Assembly Process Implementations for BGA
- [4] Produktinformation OptiCon X-Line 3D, GÖPEL electronic, 2013
- [5] Produktinformation ScopeLine MX-1000, GÖPEL electronic, 2014
- [6] Produktinformation Softwareplattform SYSTEM CASCON™, GÖPEL electronic, 2014

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

- [7] Produktinformation Hardwareplattform SCANFLEX[®], GÖPEL electronic, 2013
- [8] Produktinformation PicoTAP Designer Studio, GÖPEL electronic, 2013
- [9] IEEE Std. 1149.6-2003, Standard for Boundary Scan Testing of Advanced Digital Networks
- [10] IEEE Std. P1149.8.1, Standard for Boundary Scan based Stimulus of Interconnections to Passive and/or active Interconnections.
- [11] Thomas Wenzel / Heiko Ehrenberg – Der Paradigmenwechsel beim elektrischen Test, White Paper, GÖPEL electronic, 2012

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com