

Ein verbessertes Inspektionssystem für die Inspektion von BGAs, CSPs, Flip Chips und anderen verdeckten Lötstellen

Mark Cannon, President
ERSA GmbH, Geschäftsbereich Lötwerkzeuge und Inspektionssysteme
Leonhard-Karl-Str. 24, D-97877 Wertheim, Deutschland

Dieser Artikel wurde ursprünglich im März 2000 in den „IPC Proceedings of APEX 2000“ veröffentlicht.

Zusammenfassung

Es wird eine kostengünstige Alternative bzw. Ergänzung zum allgemein gebräuchlichen Röntgenverfahren für die Inspektion verdeckter Lötstellen beschrieben. Zusätzlich zu dieser leistungsstarken optischen Lösung, die eine entscheidende Innovation bedeutet, wird eine gekoppelte Mess- und Prüfsoftware erörtert, die einen völlig neuen Standard für die Fehlererkennung darstellt und ein umfassendes Qualitätssicherungs-Management ermöglicht.

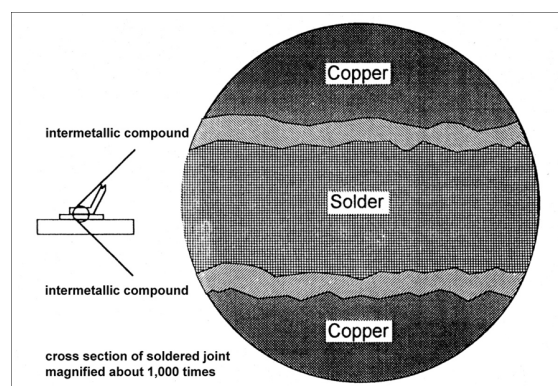
Einführung

Der Trend in der Entwicklung von Bauteilgehäusen geht zunehmend in Richtung Controlled Collapse Chip Carrier connections (C5), wie z. B. Ball Grid Arrays (BGAs) und Chip-Scale Packages (CSPs) sowie Controlled Collapse Chip connections (C4) oder Flip Chips. Weil hier enorme Fortschritte gemacht werden, steigt die Anzahl der Lötverbindungen auf der Leiterplatte erheblich. Einfache Lötstellen sind, wie klein sie auch immer sein mögen, das schwächste Glied in der Kette. Eine einzige schlechte Lötstelle kann, wenn sie unerkannt bleibt, zu einem frühzeitigen Ausfall einer kompletten elektronischen Baugruppe führen. Probleme mit der Produktzuverlässigkeit sind das Ergebnis und sind letztendlich verantwortlich für enorme Kosten und Kundenzufriedenheit. Die herkömmliche optische Inspektion und Röntgenverfahren, gleichwohl ob in der Produktionslinie oder als Zusatzgeräte, liefern wichtige Informationen über die Qualität des Lötprozesses. Obwohl Stand der Technik, sind sie nicht in der Lage, vollständige Informationen in Bezug auf die dauerhafte Qualität von verdeckten Lötstellen, die sich unter Area-Array-Bauteilen befinden, zu liefern. Das ERSASCOPE kann als leistungsstarkes optisches Inspektionssystem die herkömmlichen Inspektionsverfahren erweitern, da es die einzig bekannte Methode zur zerstörungsfreien Inspektion der Lötqualität mittels visueller Inspektion verdeckter Lötstellen einschließlich Fehlerursachenanalyse bietet. Die Implementierung dieser neuen Technologie in den Inspektionsprozess der Nullserie bietet dem Anwender die Möglichkeit, versteckte Produktionsmängel zu erkennen und darauf zu reagieren, so dass die Qualität und Zuverlässigkeit einer elektronischen Baugruppe gewährleistet werden kann.

Der Lötprozess:

Die intermetallische Verbindung und ihre Bedeutung für die visuelle Inspektion

Die Technik des Lötens oder Verbindens zweier Metalle begann im frühen Ägypten und hat sich seitdem nicht grundsätzlich verändert. In einer elektronischen Baugruppe dienen die Lötverbindungen dem Zweck, ein Bauteil elektrisch und mechanisch mit einer Leiterplatte zu verbinden. Der Kontakt alleine genügt, um die elektrische Verbindung zwischen einem Kupferbeinchen und einer "Kupferlandfläche" herzustellen. Die dauerhafte



mechanische Verbindung wird durch den Lötprozess erreicht. Eine Zinn-Blei-Legierung oder das Lot wird an der Verbindungsstelle zwischen Beinchen und "Landfläche" aufgetragen und anschließend über den Schmelzpunkt erhitzt. Wenn ausreichend Aktivierungsenergie vorhanden ist, erfolgt eine chemische Diffusionsreaktion, die eine intermetallische Verbindung zwischen dem Kupfer des Beinchens und dem Zinn des Lots und anschließend zwischen dem Kupfer der "Landfläche" und dem Zinn des Lots herstellt. Ist diese Verbindung einwandfrei, wird sie sehr dauerhaft sein und den Garantzeitraum des Produktes überdauern. Der Querschnitt der Lötstelle ist in Abbildung 12 dargestellt und in Abbildung 23 genau beschrieben.

Abbildung 1 – Querschnitt der Lötstelle

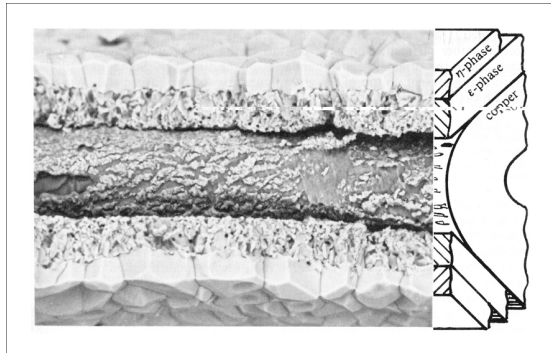


Abbildung 2 – Aufnahme mit Rasterelektronen-Mikroskop (SEM) eines Schliffbildes intermetallischer Schichten einer Lötstelle. Cu_3SN (e-phase) und Cu_6Sn_5 (n-phase) bilden die intermetallischen Schichten.

Das Verständnis für die chemischen und metallurgischen Prozesse beim Löten ist wichtig. Sowohl der Querschnitt als auch eine Rasterelektronenmikroskopaufnahme der Verbindung können wertvolle Informationen über die Bildung von intermetallischen Zonen liefern. In der Vergangenheit haben die Prüfer gelernt, sich bei der visuellen Inspektion von Lötstellen auf ihre Augen zu verlassen, um den Prozess zu beurteilen. Eine visuelle Inspektion der Lötstelle nach dem Lötvorgang ergibt einen Hinweis auf die während des Reflow-Prozesses erreichte Temperatur. Dies lässt direkte Rückschlüsse auf die einwandfreie Ausbildung einer intermetallischen Zone und die daraus folgende Zuverlässigkeit der Verbindung zu.

Inspektion der Nullserie –

Beurteilung der Linienqualität vor Beginn der Serienproduktion

Beim Aufbau einer SMT-Produktionslinie für ein neues Produkt oder eine neue Leiterplattenbaugruppe werden die verschiedenen kritischen Parameter (Lötpaste, Flussmittel, Drucksieb, Bestückung, Transportgeschwindigkeit, Vorwärmzonen, Reflowzeit und -temperatur, etc.) geprüft und gegengeprüft. Die Inspektion der Nullserie wurde eingeführt um sicherzustellen, dass alle Prozessgrößen für einen befriedigenden Produktionsprozess entsprechend abgestimmt werden können. Die Lötstelle, die das schwächste Glied in der Kette ist, muss an dieser Stelle genauestens untersucht werden, um bestimmte Parameter zu bestätigen oder zu korrigieren. Tabelle 1 beschreibt die Bereiche, die in Bezug auf die Lötstellen untersucht werden müssen.

1	Lotmenge an der Lötstelle
2	Form des Meniskus und Ausrichtung – entsprechend der Industrienormen
3	Oberflächenbeschaffenheit – Struktur, Gleichmäßigkeit, Glätte, Farbe und Glanz
4	Oberflächenanomalien – z. B. Flussmittelrückstände

Tabelle 1 - Vier kritische Faktoren um mittels visueller Inspektion die dauerhafte Qualität der Lötstelle zu bestimmen

Einige der optischen Merkmale, die beachtet werden müssen sind: raue, stumpfe oder poröse Oberfläche; Oberflächenverformungen, z. B. Löcher, Streifen, Schuppenbildung und Kanten; mikroskopische Risse, Delaminierung oder Bruchstellen; Verfärbung; Lotperlen oder Lotspritzer; Flussmittelrückstände; Eisen- und/oder Bleioxyd-Einschlüsse in der Lötstelle.

Die mit der visuellen Inspektion gewonnenen Erkenntnisse fließen in ein geschlossenes Feedback-Regelsystem ein, wobei die variablen Parameter der Produktionslinie angepasst werden, bis das gewünschte Ergebnis erreicht ist. Während alle in Tabelle 1 aufgeführten Bereiche schwer zu inspizieren sind, bietet eine visuelle Inspektion der Oberflächenbeschaffenheit der Lötstelle die meisten Erkenntnisse über die mechanische Zuverlässigkeit, so dass bestimmt werden kann, ob eine intermetallische Zone während des Lötprozesses gebildet wurde. Eine typische kalte Lötstelle bekommt ausreichend Temperatur, um den Schmelzpunkt des Lots zu erreichen aber nicht genug Temperatur, um eine intermetallische Zone zu bilden. Diese Verbindungen erscheinen typischerweise matt oder stumpf und haben oft eine raue, ungleichmäßige Oberfläche. Lot erscheint normalerweise glatt, gleichmäßig und mit glänzender Oberfläche, wenn die richtige Temperatur erreicht wurde. Die Fähigkeit, kalte Lötstellen zu erkennen, muss Bestandteil der Inspektion der Nullserie sein. An dieser Stelle müssen Produktionsmängel aufgedeckt werden, so dass bestimmte Parameter korrigiert werden können, um die Qualität der Produktionslinie vor Produktionsbeginn beurteilen zu können.

BGA-Produktion –

Charakteristische physikalische Effekte während des Reflowprozesses

Für Area-Array-Bauteile werden im allgemeinen eutektische Lotkugeln (Sn63Pb37) eingesetzt, es sei denn, das Gewicht des Bauteils ist größer als die Oberflächenspannung der geschmolzenen Lotkugeln während des Reflowprozesses. Ein CBGA (keramischer BGA) ist ein typisches Beispiel für ein Bauteil, das von der Oberflächenspannung der Lotkugeln während des Reflowprozesses nicht "getragen" werden kann. In diesem Fall werden Lotkugeln mit hohem Schmelzpunkt, z. B. Pb90Sn10 verwendet, weil diese während des normalen Reflowprozesses fest bleiben. Die Abbildungen 3 und 4 beschreiben die verschiedenen Benetzungszonen und -winkel zwischen einem PBGA und einem CBGA und der jeweiligen Lötstellen.

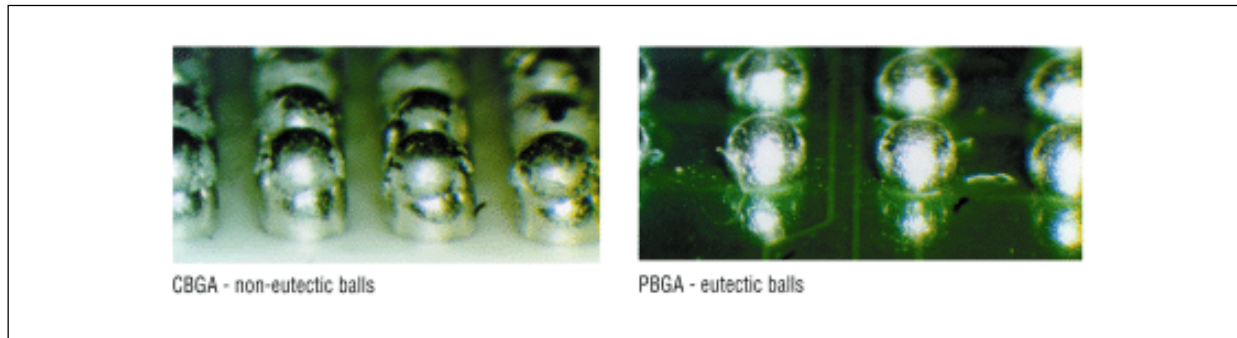


Abbildung 3 – Vergleichsaufnahmen von Lotkugeln

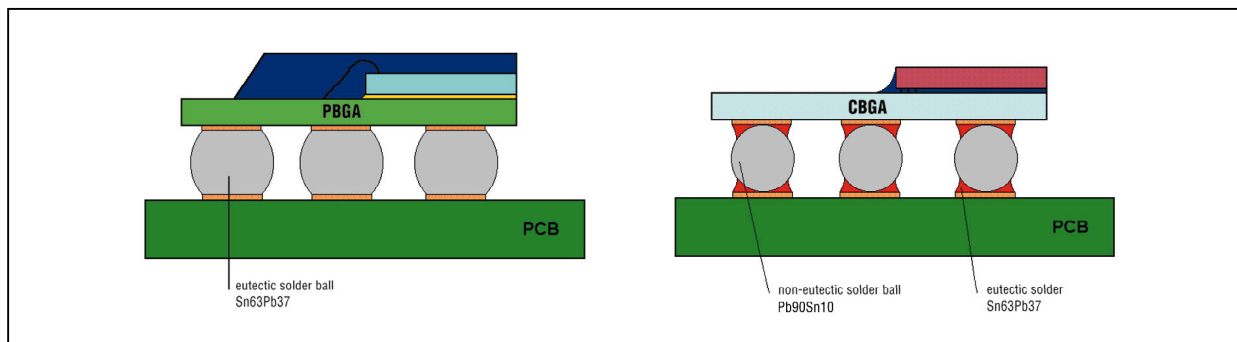


Abbildung 4 – Vergleich zwischen platzierten PBGA und CBGA

Die charakteristischen physikalischen Effekte während des Reflowprozesses eines PBGA werden hinsichtlich Abstandshöhe und Benetzungswinkel in den Abbildungen 5, 6 und 7 graphisch dargestellt.

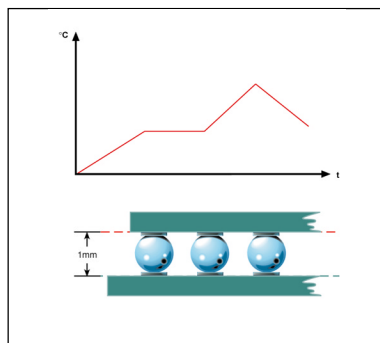


Abbildung 5 – Stadium A Vor Beginn des Reflowprozesses

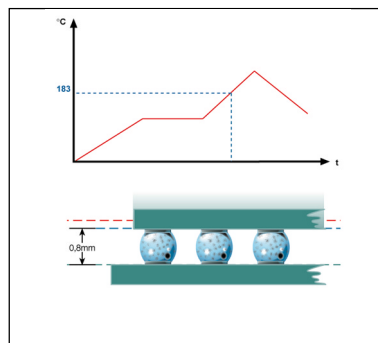


Abbildung 6 – Stadium B Zeitpunkt des Lotschmelzpunktes

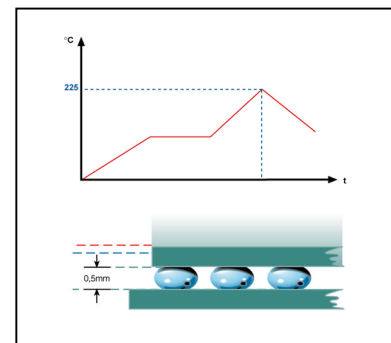


Abbildung 7 – Stadium C Zeitpunkt der Peaktemperatur

Nach dem Platzieren des Bauteils auf dem gefluxten Pad oder im Lötpastenabdruck kann die Abstandshöhe gemessen werden. In dem in Abbildung 5 gezeigten Beispiel beträgt die Abstandshöhe 1 mm. Während des Reflowprozesses und nachdem das Flussmittel aktiviert wurde, wird mit 183 °C der Schmelzpunkt der eutektischen Lotkugeln (Sn63Pb37) erreicht. Das heißt, der Zustand der Kugeln verändert sich von fest zu flüssig. Schwerkraft

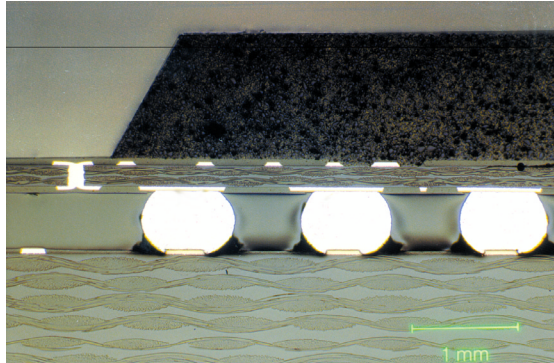


Abbildung 8 – Querschnitt eines PBGA 225 nach dem Lötprozess

wirkt auf das Bauteil und führt zu einem ersten bzw. „Single Drop“. Die Abstandshöhe könnte zu diesem Zeitpunkt geprüft werden, um die Größe des „ersten Drop“ zu bestimmen. In dem in Abbildung 6 gezeigten Beispiel kann der „Drop“ mit 0,2 mm angenommen werden. Während der Reflowprozess weiter in Richtung Peaktemperatur fortschreitet, ermöglicht ausreichende Aktivierungsenergie eine vollständige Benetzung der Lötbereiche auf der gesamten Kontaktfläche. Dies ergibt einen messbaren zweiten bzw. „Double Drop“, dargestellt in Abbildung 7, der 0,3 mm beträgt. Der Querschnitt eines PBGA 225 nach einem einwandfreien Reflowprozess, wie in Abbildung 8 gezeigt, zeigt eine vollständige Benetzung des Pads und den einwandfreien Benetzungswinkel des Flussmittelkegels.

Kalte Lötstellen: Ein potentielles Problem bei der BGA-Produktion

Ein versteckter Produktionsmangel bei der BGA-Produktion ist auf unzureichende Temperatur und kalte Lötstellen zurückzuführen und muss hier erörtert werden. Typischerweise werden kalte Lötstellen bei einer visuellen Inspektion der Baugruppe nach dem Reflowprozess entdeckt. Diese zerstörungsfreie Inspektion der verdeckten Verbindungen, die sich unter einem Area-Array-Bauteil befinden, war bisher jedoch nicht möglich. Die Gefahr, eine kalte Lötstelle nicht zu entdecken, kann mit Hilfe einer zerstörenden Methode ausgeschlossen werden. Ein Ziehtest zur Feststellung der mechanischen Haltbarkeit einer Lötstelle würde offenbaren, dass bei Unterbrechung des BGA-Reflowprozesses während des Stadiums B, „Single Drop“, wie in Abbildung 6 und in Abbildung 9 dargestellt, die Lötstelle an der Verbindung zwischen Lotkugel und Pad abreißen würde. Die primäre Kraft, mit der die Kugel des Bauteils an der Landefläche haftet, ist Kohäsion. Diese Kraft ist im allgemeinen nicht stärker, als die Epoxy-Verbindung zwischen Pad und Substrat und würde deshalb zu einem Abriss, wie in Abbildung 10 dargestellt, führen.

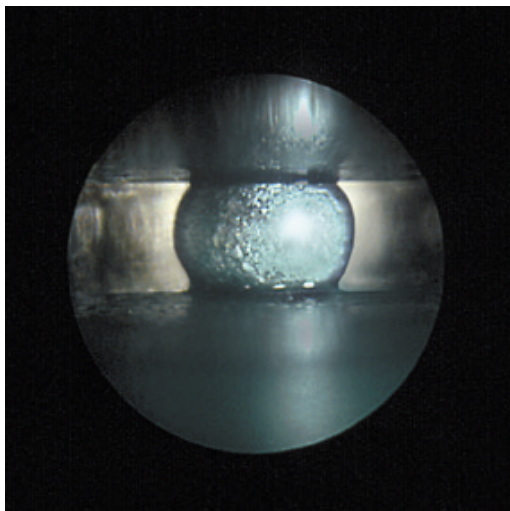


Abbildung 9 – kalte Lötstelle in Stadium B: Erster bzw. „Single Drop“

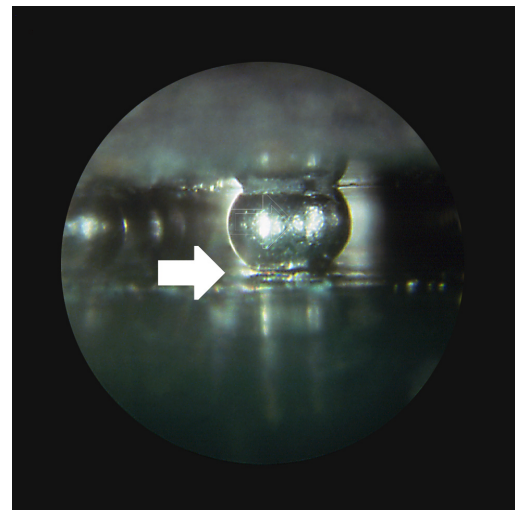


Abbildung 10 – Ergebnis Ziehtest einer kalten Lötstelle in Stadium C: Zweiter bzw. „Double Drop“

In den Abbildungen 7 und 11 wird dargestellt, dass während eines einwandfreien oder vollständigen Reflowprozesses ausreichend Temperatur zugeführt wurde, was zur Bildung einer intermetallischen Zone führte. Diese intermetallische Verbindung ist stärker als die Epoxy-Verbindung zwischen dem Pad und dem Substrat. Ein Ziehtest an einem einwandfrei gelöteten Bauteil würde zur Folge haben, dass die Pads vom Substrat abgerissen werden. Dieses Ergebnis wird in Abbildung 12 gezeigt. Obwohl ein solcher Ziehtest ein Anzeichen für die zu erwartende Zuverlässigkeit sein kann, indem das Vorhandensein einer intermetallischen Verbindung bewiesen wird, ist es eine zerstörende Methode und kann nur begrenzt angewandt werden.

Eine kalte Lötstelle, wie in Abbildung 9 gezeigt, kann, falls sie unerkannt bleibt, zu einem vorzeitigen Ausfall führen, weil sich entweder eine Oxydationsschicht zwischen Kugel und Pad aufbaut oder es zu einem Abriss kommt, der durch Beanspruchung, verursacht durch eine Abweichung des CTE (Koeffizient der thermischen Expansion) während des thermischen Zyklus ausgelöst wird. Dieses letzt genannte Problem tritt am häufigsten bei CBGA und CCGA Bauteilen auf und basiert auf CTE-eigenen Abweichungsproblemen, in Zusammenhang mit dem keramischem Material und dem Substrat. Die Fähigkeit zu bestimmen, ob der Reflowprozess die in Abbildung 11 gezeigten Qualitätsresultate liefert und nicht die in Abbildung 9 gezeigte kalte Lötstelle, muss Teil der gesamten Qualitätssicherung in Zusammenhang mit der Inspektion der Nullserie sein.

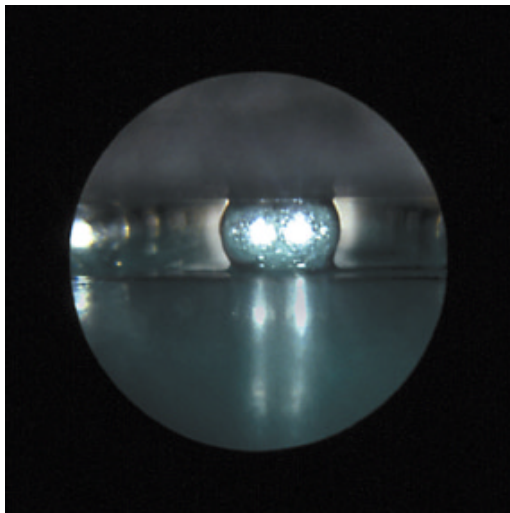


Abbildung 11 - Gute Lötstelle in Stadium C: Zweiter bzw. "Double Drop"

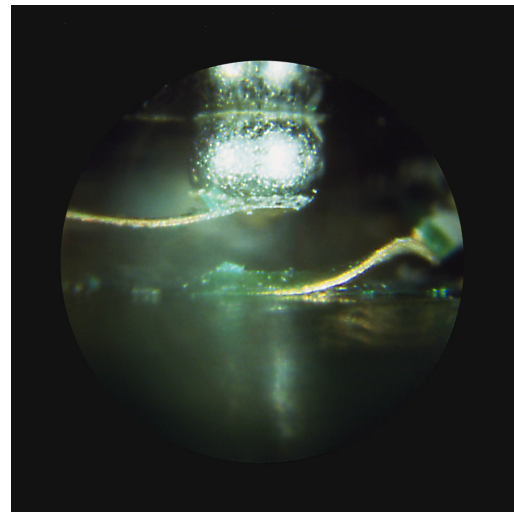


Abbildung 12 – Darstellung des Ziehtests an einer guten Lötstelle

Test und Inspektion heute – kritische Überlegungen und Unzulänglichkeiten

Ein elektrischer Funktionstest allein kann keine Auskunft über die Langzeitzuverlässigkeit einer elektronischen Baugruppe geben. Die in Abbildung 9 dargestellte kalte Lötstelle würde problemlos einen Funktionstest für Unterbrechungen und Kurzschlüsse bestehen, sobald eine einwandfreie elektrische Verbindung hergestellt wurde. Außerdem wurde eine kurzzeitige mechanische Verbindung aufgebaut, die auf Oberflächenspannung oder Kohäsionskraft basiert, mit der die Kugel auf dem Pad fixiert wird. Lebensdauertests würden jedoch vorzeitige Ausfälle dieser kalten Lötstellen, wie zuvor erörtert, offenbaren.

Im Hinblick auf die Inspektion hat sich das Röntgenverfahren als primäre Methode für die zerstörungsfreie

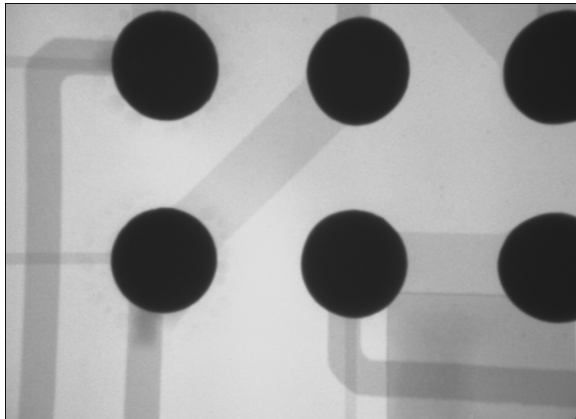


Abbildung 13 – Röntgenaufnahme eines BGA, Draufsicht

Inspektion von verdeckten Lötstellen sowohl bei der „in-line“- als auch bei der „off-line“-Produktion etabliert. Insbesondere bei BGAs, CSPs und Flip-Chip Bauteilen. Betrachtet man die vier in Tabelle 1 aufgeführten kritischen visuellen Inspektionsbereiche, die von den Prüfern seit Jahren untersucht wurden, treten die Unzulänglichkeiten dieser Technologie zu Tage. Grundsätzlich kann ein Röntgensystem zwei der in Tabelle 1 aufgeführten vier Bereiche inspizieren: die Lotmenge an der Lötstelle, die Kugel und/oder die Form des Meniskus, die Ausrichtung sowie Lufteinschlüsse. Die Abbildungen 13 und 14 zeigen zwei Beispiele für Informationen, die von typischen Röntgensystemen geliefert werden.

Das wichtigste visuelle Merkmal, die Oberflächenbeschaffenheit, wird jedoch unzureichend einbezogen. Während große Fortschritte bei Standard Röntgen- und Tomographiesystemen gemacht wurden, fehlt die erforderliche Information über Farbe, Glanz, Oberflächenverformungen und Anomalien wie Flussmittelrückstände bei dieser Technologie selbst heute noch. Die in Abbildung 9 dargestellte kalte Lötstelle wäre nur sehr schwer oder gar nicht erkennbar, wenn lediglich die in den Abbildungen 13 und 14 gezeigten Röntgenaufnahmen zur Verfügung ständen. Eine kalte Lötstelle, ein mikroskopischer Riss oder eine kleine, nicht einwandfrei auf das Pad gelötete Kugel oder übermäßige Flussmittelrückstände unter dem Bauteil könnten zum vorzeitigen Ausfall der gesamten elektronischen Baugruppe führen, blieben sie durch die allgemein gebräuchlichen Methoden unerkant. Daher sollten Test- und Inspektionssysteme als Teil des Qualitätssicherungsprogramms implementiert werden, um das Risiko eines vorzeitigen Ausfalls zu verringern. Umfassende Qualitätssicherung erfordert, dass das Gesamtbild betrachtet und beurteilt wird. Um eine SMT-Produktionslinie zu beurteilen muss die visuelle Inspektion von BGA-Lötstellen Hand in Hand mit der allgemein üblichen Inspektion durch Röntgensysteme gehen, da sie die fehlende Information liefert, die für die Beurteilung unerlässlich ist. Vorzeitige Produktausfälle, die auf Probleme mit der Zuverlässigkeit der Lötstelle zurückzuführen sind, führen zu enormen Wartungs- und Garantiekosten. Diese Kosten können durch die Implementierung eines vollständigeren Inspektionsprozesses auf ein Minimum begrenzt werden, indem ein verbessertes Inspektionssystem eingesetzt wird.

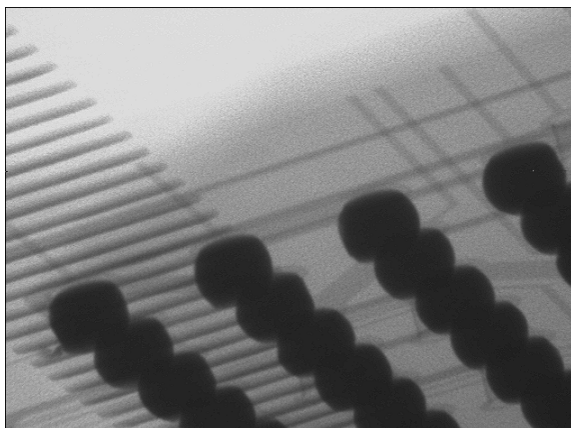


Abbildung 14 – Röntgenaufnahme eines BGA, Schrägaufnahme

Die visuelle Inspektion wird möglich –

Ein Fortschritt basierend auf medizinischer und technischer Endoskopie

Stellt sich die Aufgabe, unter ein Objekt mit einer Abstandshöhe von weniger als 1 mm zu sehen, dann gibt es zwei Alternativen: Die erste ist der Einsatz von Faseroptik. Das typische Problem hierbei ist, dass in einem Kabel mit einem Durchmesser von 0,5 mm insgesamt ca. 10.000 Lichtleiter gebündelt werden können. Dieses Kabel würde ein Bild mit 10.000 Pixeln (1 Pixel Bilddaten wird pro Lichtleiter übertragen) liefern, was eine unzureichende Bildauflösung bedeutet. Die Möglichkeit "unter das Bauteil zu gehen" gibt es nicht. Die zweite Alternative wäre der Einsatz eines Spiegels oder Prismas, um das Bild 90° umzulenken und von der Seite unter das Bauteil zu fokussieren. Es gibt jedoch zwei Schwierigkeiten. Der optische Mittelpunkt der Linse müsste nah genug an der Oberfläche der Leiterplatte sein, um unter ein CSP mit einer typischen Abstandshöhe zwischen 0,05 mm und 0,10 mm sehen zu können. Außerdem benötigt man ausreichend Licht, das schwächer wird, je näher das Bauteil an der Oberfläche der Leiterplatte ist. Die hier vorgestellte und in Abbildung 15 gezeigte optische Lösung ist ein innovativer Fortschritt der existierenden medizinischen und technischen Endoskopie.

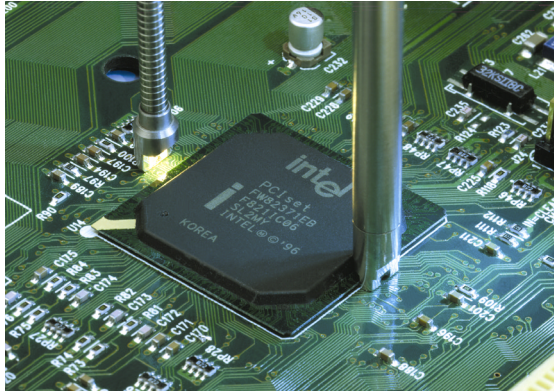


Abbildung 15 – Optisches Gerät

Dieses optische Gerät (Patent angemeldet) setzt sich zusammen aus der integrierten Faseroptik und insgesamt 42 Linsen, die optisch mit einem speziell ausgelegten Prisma, das eine optische Achsentoleranz von weniger als 2° Sekunden aufweist, gekoppelt sind. Das sich ergebende Bild liefert eine bis zu 700-fache Vergrößerung der gelöteten Verbindungen unter einem Flip-Chip, selbst bei einer Abstandshöhe unter 0,05 mm (2 mils). In der Praxis wird der Vorteil dieses optischen Systems offensichtlich. Die Abbildungen 16, 17 und 18 veranschaulichen die unterschiedlichen Erkenntnisse, die von einem Röntgensystem im Vergleich zu einem optischen Inspektionssystem gewonnen wurden.

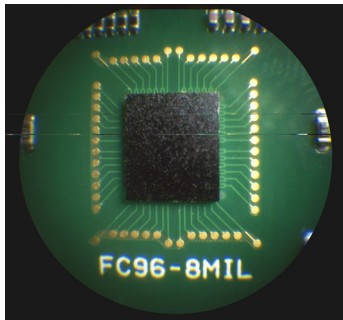


Abbildung 16 - Flip Chip 96 nach dem Löten, Vor Underfill, Abstandshöhe 0,05 mm

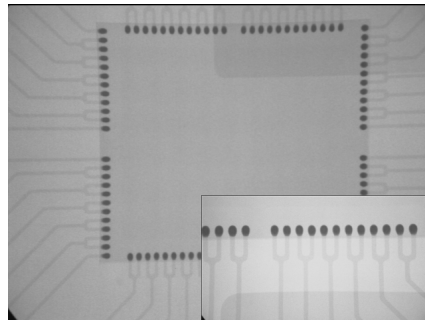


Abbildung 17 – Röntgenaufnahme eines Flip Chip 96 Nach dem Löten, vor Underfill

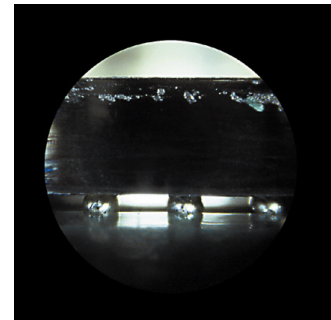


Abbildung 18 – Abbildung eines Flip Chip 96 Nach dem Löten, vor Underfill

Eine umfassende Qualitätssicherung für den Lötprozess eines Flip Chips ist von wesentlicher Bedeutung. Nachdem der Flip Chip sein Underfill erhalten hat, kann er nicht mehr von der Leiterplatte abgelöst werden. Ein vorzeitiger Ausfall dieses Bauteils hätte zur Folge, dass die gesamte Leiterplatte unbrauchbar wird. Das in Abbildung 18 gezeigte Bild kann als eine Erweiterung zu der allgemein gebräuchlichen Inspektionstechnologie betrachtet werden, da es zusätzliche und wertvolle Informationen über den Lötprozess liefert. Außerdem kann ein optisches Inspektionssystem ein Röntgensystem erheblich aufwerten, indem es eine visuelle Abbildung der Probleme bietet,

die sowohl von „in-line“- als auch von „off-line“-Röntgensystemen erfasst werden. Ein platzierter PBGA 225 wurde, wie in Abbildung 19 gezeigt, geröntgt. Es ist offensichtlich, dass die in Abbildung 19 gezeigten Bereiche A und B nicht ideal sind. Es wäre jedoch schwierig, die Problemursache nur mit Hilfe des Röntgenbildes festzustellen, um es korrigieren zu können. Zusammen mit dem Röntgensystem bietet das optische Inspektionssystem diese Fähigkeit zur Fehleranalyse. Die Abbildungen 20 und 21 zeigen, wie die zusätzliche visuelle Information in Zusammenhang mit der in Abbildung 19 gezeigten Röntgenaufnahme genutzt werden kann, um zum Kern des Problems zu kommen und es korrigieren zu können.

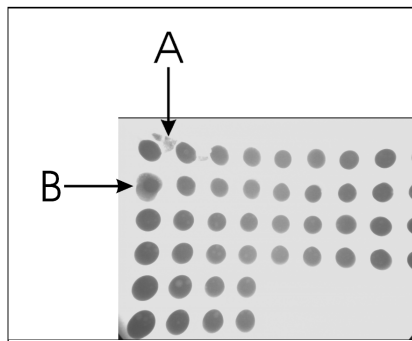


Abbildung 19 – Röntgenaufnahme eines PBGA 225: A und B zeigen Fehler

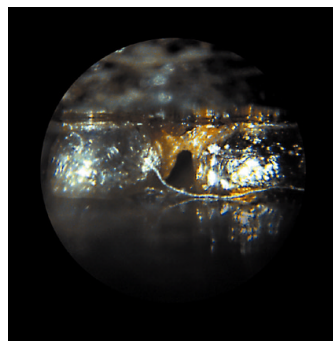


Abbildung 20 - A. zeigt Flussmittelbrücke durch leitfähige Partikel

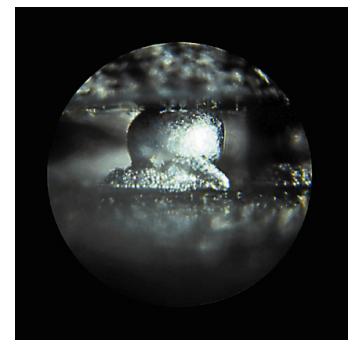


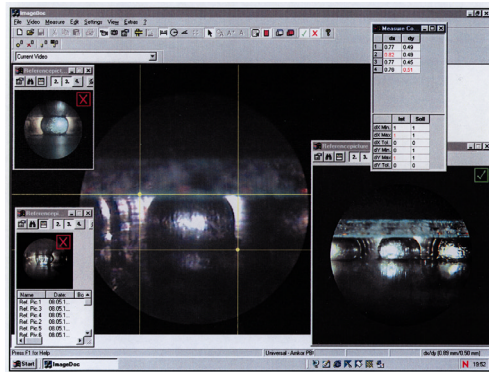
Abbildung 21 - B. zeigt unvollständige Schmelze der Lötpaste

Statt ein einwandfreies BGA-Bauteil wegzuerwerfen wäre es sinnvoller, mit dem verbesserten Inspektionssystem den Reparaturprozess zu steuern. Das in Abbildung 21 gezeigte Problem könnte z. B. durch ein entsprechendes Reparatursystem mit einem zweiten Temperaturzyklus leicht behoben werden.

Der heutige Einsatz des Mikroskops – Völlig abhängig vom Prüfer

In modernen Produktionsstätten von elektronischen Baugruppen wurde inzwischen die Notwendigkeit erkannt, zur Inspektion im allgemeinen Mikroskope einzusetzen. Obwohl diese notwendigen Instrumente dem Anwender ermöglichen, besser zu „sehen“, bieten sie dennoch keine Hilfestellung bei der Fehlererkennung und Analyse. Würden 10 Prüfer das gleiche Objekt unter einem Mikroskop untersuchen, kann man mit 10 verschiedenen Meinungen über die subjektive Analyse dessen, was betrachtet wurde, rechnen. Was die Fehlererkennung betrifft, z. B. „freigeben“ oder „ablehnen“, würde eine objektive Beurteilung ein intensives Training des Prüfers erfordern und trotzdem nur zu einer 50 %igen Chance führen, dass die richtige Entscheidung getroffen wird. Die Frage, die der Prüfer beantworten muss, ist: „Ist diese Lötstelle in Ordnung?“ War die Lötstelle faktisch in Ordnung und der Prüfer entschied, dass sie nicht in Ordnung sei, wären unnötige Nachbesserung, Überarbeitung oder Kosten für den Austausch des Bauteils das Resultat. War die Lötstelle faktisch nicht in Ordnung und der Prüfer entschied, dass sie in Ordnung sei, würde die Baugruppe zu einem vorzeitigen Ausfall in der Praxis führen und noch höhere Kosten sowie Kundenunzufriedenheit erzeugen. Um die Subjektivität bei der Fehlererkennung auszuschließen, wurde eine neue Software für das Inspektionssystem entwickelt.

Gekoppelte Mess- und Prüfsoftware – die Abrundung des Qualitätskontrollsystems



Die Inspektion, die zur Qualitätskontrolle gehört, beinhaltet zwei kritische Aspekte: Zu sehen und zu beurteilen. Das Eine ist die Fähigkeit, das zu untersuchende Objekt einwandfrei und vollständig zu sehen. Das Andere ist die Analyse und Beurteilung des Prüfers, was er sieht als gut oder schlecht zu erachten. Beide Aspekte gehen Hand in Hand und sind unerlässlich für den Erfolg eines Inspektionsprogramms. Um beim Prozess der Fehlererkennung, in welchem die vom verbesserten Inspektionssystem gelieferte Information analysiert wird, helfen zu können, wurde eine Software zur Qualitätskontrolle entwickelt. Abbildung 22 zeigt ein Beispiel der Inspektion eines typischen BGAs, der die gekoppelte Software nutzt.

Abbildung 22 – Software für Mess- und Qualitätskontrolle

Zusätzlich zur Darstellung von Echtzeit-Videobildern, die durch das optische System erfasst wurden, kann sich der Anwender gute bzw. schlechte Referenzbilder als Fenster oder Overlays anzeigen lassen. Es kann auf bauteil-, leiterplatten- oder fehlerspezifische Referenzgruppenbilder aus der Online-Datenbank zugreifen, um ungenaue Beurteilungen zu minimieren. Mit einem optisch kalibrierten System können Abstand, Winkel, Radius und Punkt-zu-Punkt Messungen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ mm durchgeführt werden. Abstandshöhe, Benetzungswinkel, Kugelradius und Koplanaritäts-Messungen können die Fähigkeit der visuellen Merkmale erweitern, um einen vollständigeren und objektiveren Inspektionsprozess sicherzustellen. Eine automatische Messkontrollfunktion bietet ein „freigeben“ bzw. „ablehnen“, das auf dem automatischen Vergleich der Ist- und Sollmesswerte basiert, die in einer separaten Messkontrolldatenbank des Qualitätskontrolleitors gespeichert werden können. Bilder und dazugehörige Messwerte können in der übergeordneten Bilddatenbank in Unterdateien gespeichert werden, die alle sachbezogenen zum Prozess gehörenden Parameter wie z. B. Flussmitteltyp, Lötpaste, Temperaturprofil, etc. enthalten. Sobald ein Fehler oder Problem anhand der Referenzbilder festgestellt wird, zeigt eine Online-Datenbank „Problem/Lösung“ eine vollständige Problembeschreibung, wahrscheinliche Ursachen und mögliche Abhilfen an, um das Problem zu beheben. Bilder, Dateien und Datenbankinformationen können als Dokument gedruckt oder als E-Mail versandt werden. Wenn die gekoppelte Mess- und Prüfsoftware in Zusammenhang mit dem verbesserten Inspection System für BGA-Inspektion eingesetzt wird, kann mit dieser Software die Fehlererkennung durch Verringerung der Subjektivität des Inspektionsprozesses erheblich unterstützt werden, um so eine umfassende Qualitätssicherung zu garantieren.

Schlussfolgerung

Unter den heutigen verschärften Wettbewerbsbedingungen im Herstellungsbereich kann die Fähigkeit, versteckte Produktionsmängel zu erkennen und darauf zu reagieren um umfassende Qualitätssicherheit zu garantieren, eine Frage von Leben und Tod einer Lötstelle, eines Produktes oder eines Unternehmens bedeuten. Obwohl auf dem letzten Stand der Technik sind die allgemein gebräuchlichen Inspektionssysteme in ihrer Fähigkeit begrenzt, das Gesamtbild der Qualität eines BGA-Lötprozesses darzustellen. Das leistungsstarke ERSASCOPE Inspektionssystem mit seiner Qualitätskontrollsoftware liefert die fehlende Information, die für die einwandfreie Beurteilung eines Prozesses oder einer SMT-Produktionslinie mit Area-Array-Bauteilen erforderlich ist. Versteckte Produktionsmängel können erkannt und korrigiert werden, bevor sie zu einem „Zuverlässigkeits-Alptraum“ werden.

Referenzen

1. Phil Zarrow, "Coolest Thing Since Sliced Bread", Circuits Assembly, Dezember 1999
2. R.J. Kleinwassink, Soldering in the electronics
3. R.J. Kleinwassink, Soldering in the electronics
4. Fraunhofer Institut Siliziumtechnik, Itzehoe, Deutschland