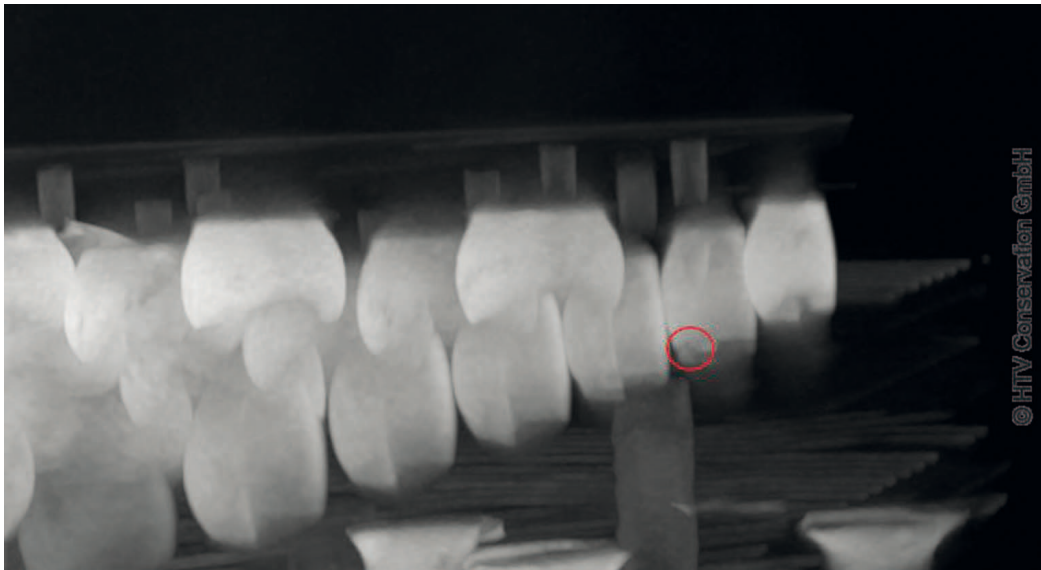


Qualifikation und Fehleranalyse von Lötstellen

Tiefgehende zerstörungsfreie und zerstörende Methoden zur Untersuchung von Lötstellen



Schnitt durch das 3D-CT-Volumen einer BGA-Lötstellenreihe mit gerissener Lötstelle (markiert)

Eigenschaften von Baugruppen und hat einerseits zum Ziel, eine zuverlässige Baugruppe freizugeben, andererseits auch unnötige Reparaturen oder Verschrottung durch unkritische „Auffälligkeiten“, die eher kosmetischen Charakter haben, zu vermeiden.

Durch die internationale Anerkennung dieser Richtlinie können Lieferant und Anwender die gleiche „Sprache“ sprechen. Idealerweise sind die Prüfenden zu „Certified IPC Specialists“ ausgebildet, wodurch die korrekte Anwendung der Richtlinie sichergestellt wird. Dafür notwendige IPC Trainings können auch mit praxiserfahrenen Trainern vor Ort absolviert werden. Da die IPC-A-610 jedoch die Weiterverwendung der Baugruppe zum Ziel hat und daher fast ausschließlich auf eine zerstörungs- und manipulationsfreie visuelle Inspektion setzt, sind die Erkenntnisse aus einer entsprechenden Prüfung begrenzt.

Für sprichwörtlich tieferen Einblick

in das Prüfobjekt bietet sich die Röntgendurchstrahl-Prüfung an. Hierbei wird, wie aus der Medizintechnik bekannt, der zu prüfende Bereich zwischen einer Röntgenquelle, meist eine Röntgenröhre, und einem Detektor gebracht. Unterschiedliche Materialien absorbieren die Röntgenstrahlung unterschiedlich stark, sodass in dem Detektor

Aufgrund der immensen Bedeutung von Lötstellen für die ordnungsgemäße Funktionalität einer Baugruppe ist die Überprüfung der Qualität und Zuverlässigkeit derselben unerlässlich. Bekanntermaßen ist ein System immer nur so zuverlässig wie das schwächste Glied, sodass das Versagen einer Lötstelle nicht selten komplette Systemausfälle zur Folge hat. Daher ist die Überprüfung der (Muster-)Baugruppen auf Einhalten der Spezifikationen sowie im Fehlerfall das Erkennen und Verstehen des Fehlerbildes von essentieller Bedeutung.

Zur Qualitätskontrolle oder Fehleranalyse

stehen bei HTV dank moderner Technologien verschiedene Methoden zur Verfügung. Zunächst seien zerstörungsfreie Prüfungen genannt, welche gegebenenfalls eine Weiterverwendung des Prüflings erlauben oder zusätzliche, unter Umständen auch zerstörende, Prüfungen im Nachgang ermöglichen.

Hierzu zählt im einfachsten Falle die visuelle Inspektion. Äußerlich erkennbare Defekte oder im Kontext der Qualitätskontrolle „Merkmale“, können häufig leicht erkannt und mit etwas Erfahrung auch interpretiert werden. Eine offene Verbindung oder nicht aufgeschmolzene Lotpaste können beispielsweise

meist schon mit bloßem Auge oder unter Zuhilfenahme einfacher Hilfsmittel wie beispielsweise einer Lupe oder einem Fotoapparat mit Zoomfunktion erkannt werden.

Mittels Mikroskop oder Endoskop lassen sich dann auch kleinere oder schwer zugängliche Auffälligkeiten wie Beschädigungen, Risse oder Fremdkörper auf der Oberfläche darstellen.

Zur Bewertung der Lötstellen

und auch anderer Strukturen einer Leiterplatten-Baugruppe empfiehlt sich die IPC-A-610-Richtlinie. Diese befasst sich mit vielen typischen



Schliff durch BGA-Lötstelle mit Nicht-Benetzung auf der Leiterplattenseite



Dipl.-Ing. Ralf-Samuel Kühne
Senior Manager Analytics

HTV Conservation GmbH
info@htv-gmbh.de
www.htv-gmbh.de

bild eine Projektion des gesamten durchleuchteten Bereichs sichtbar wird. In der Elektronikindustrie vielfach verwendete Materialien für Leiter und Isolatoren weisen glücklicherweise häufig einen hohen Kontrast in der Durchstrahlprüfung auf, sodass sich entsprechende Proben sehr gut untersuchen lassen.

Das Lot einer Lötstelle hebt sich beispielsweise sehr deutlich von den benachbarten Dielektrika wie Bauteilgehäuse, Leiterplattenmaterial oder Baugruppenverguss aus Kunststoff ab. Entsprechend ist mittels Röntgeninspektion auch die Untersuchung hinsichtlich Kontaktunterbrechungen oder Kurzschlüssen, seien sie durch Deformation oder Fremdkörper verursacht, möglich.

Neben dem zweidimensionalen Projektionsbild kann mit den eingesetzten hochmodernen Röntgeninspektionssystemen auch ein dreidimensionales Modell mittels Computertomographie rekonstruiert werden. Hierzu wird die Probe im Strahlengang schrittweise oder kontinuierlich gedreht und mehrere hundert Aufnahmen angefertigt. Aus diesen Aufnahmen errechnet eine Software dann das dreidimensionale Modell, in dem sich dann frei bewegt und beliebige Schnitte gelegt werden können.

Eine weitere zerstörungsfreie Analysemethode

auf Basis der Röntgentechnologie ist die sogenannte Röntgenfluoreszenz-Analyse (kurz: RFA, engl. X-ray fluorescence spectroscopy, kurz: XRF). Mittels RFA lassen sich unbekannte Substanzen elementspezifisch qualitativ und quantitativ identifizieren. So ist es beispielsweise möglich, eine Legierung auf ihre Inhaltstoffe und Zusammensetzung hin zu überprüfen. Ein typisches Beispiel hierfür wäre die Prüfung einer Lötstelle hinsichtlich Bleifreiheit. In dem akkreditierten Prüflabor (DIN EN ISO/IEC 17025:2018) kann mittels RFA auch ermittelt werden, ob spezifische Schichtstärken gemäß Vorgabe eingehalten werden.

Neben den materialanalytischen Methoden finden in der Qualitäts- und Fehleranalyse beim Test- und Analyse-Spezialisten auch elektrische Messungen Anwendung. Als prominentes Beispiel sei hier

die Kontaktwiderstandsmessung oder auch komplette Funktionsprüfungen genannt, welche einerseits bei der Qualitätskontrolle interessant sein können, andererseits auch bei (Feld-)Ausfällen zur Aufklärung der Fehlerursache beitragen.

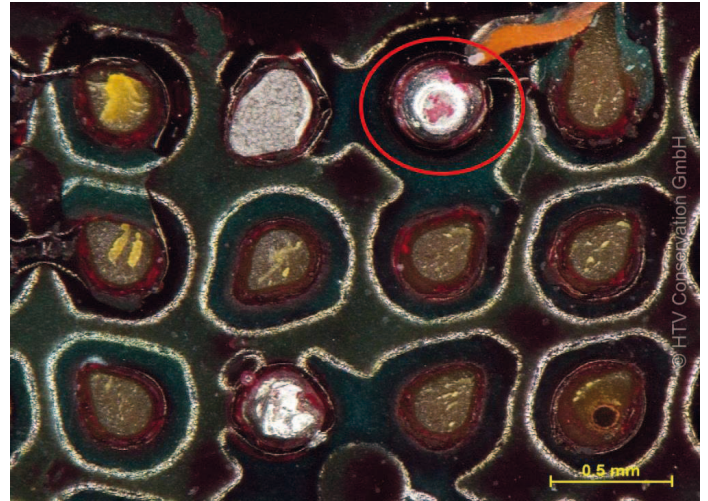
Mittels zerstörenden Analysen lassen sich meist noch mehr Merkmale eine Probe prüfen beziehungsweise Fehlerbilder deutlicher oder eindeutiger darstellen. Grundlage bildet hier häufig die Anfertigung metallographischer Schliffproben. Die so im Analytiklabor erstellten Schliffbilder lassen sich zunächst ebenfalls visuell beziehungsweise lichtmikroskopisch untersuchen.

Mittels Rasterelektronenmikroskopie-Systemen (REM) sind dann jedoch weitere Untersuchungen bei deutlich höheren Vergrößerungen möglich, was insbesondere an Grenzflächen von beispielsweise Beschichtungen oder Lötstellen aufschlussreich sein kann. In Kombination mit einer Röntgenspektroskopie wie beispielsweise EDX kann dann zusätzlich, ähnlich wie bei der RFA, eine elementspezifische Materialanalyse, diesmal jedoch auf Mikrometerebene, durchgeführt werden. So lassen sich beispielsweise Konzentrationsverläufe von Phosphor in einer Nickel-Zwischenschicht darstellen.

Dies kann insbesondere im Rahmen einer Untersuchung hinsichtlich Black-Pad-Effekten zielführend sein. Beim Black-Pad-Effekt korrodiert das Nickel unter der Goldschicht eines ENIG-Finish, was zur Folge haben kann, dass die Lötstellen sich an dieser Stelle lösen. Es bleibt dann eine namensgebende, durch das korrodierte Nickel schwarz erscheinende, Landefläche zurück. Auch wenn keine Bauteile von der Leiterplatte abfallen, können Hinweise auf diesen Effekt im Schliffbild mittels REM/EDX-Analyse dargestellt werden.

Der Dye and Pull Test

ist eine weitere Möglichkeit der Fehlereinkreisung. Werden fehlerhafte Lötstellen an BGA-Bauteilen vermutet, aber eine Lokalisierung beziehungsweise Identifizierung der entsprechenden Lötstelle ist nicht erfolgreich, kann im Analytelabor auch eine Untersuchung gemäß IPC-TM-650 Methode 2.4.53, dem sogenannten Dye and Pull Test, erfolgen.



Detailansicht der Leiterplatte nach einem „Dye and Pull Test“, rote Farbe auf dem BGA-Ball indiziert fehlerhafte Lötstelle

Hierbei wird spezielle Farbe in den Bereich um das suspekte Bauteil aufgebracht und mittels Vakuumunterstützung das Eindringen der Farbe in Defekte wie beispielsweise Risse forciert. Anschließend wird das Bauteil mechanisch vertikal von der Baugruppe gezogen und die Lötstellen visuell inspiziert.

Ist Farbe auf den „Bruchflächen“ zu sehen, lag der Defekt schon vor dem Abziehen des Bauteils vor.

Vorteil dieser Methode ist, dass so alle Lötstellen gleichzeitig untersucht und so Korrelationen wie beispielsweise durch mechanische Verspannungen gerissene BGA-Balls, die nur in den Ecken des Bauteils auftreten, aufgedeckt werden können.

Lebensdauer- und Umweltprüfungen

sind ein weiterer Aspekt der Qualitätssicherung bzw. Qualifizierung im Analytiklabor. Hierbei werden die Prüflinge gezielt harschen Bedingungen wie erhöhter Temperatur und Feuchte, Temperaturwechselzyklen und/oder Schadgasen ausgesetzt und deren Einfluss auf die Lötstellen dann mittels der oben genannten Analysemethoden untersucht und dokumentiert.

Ergänzend kann hier auch die Untersuchung von Rohbauteilen und Rohleiterplatten mittels Lötlbarkeitstest durchgeführt werden.

Diese Tests sind in einschlägigen Normen wie J-STD-002, J-STD-003, DIN IEC 60068-2-20 und DIN EN 60068-2-69 beschrieben. Durch systematische Untersuchungen kann so beispielsweise die

Ursache einer Lötstörung aufgeklärt werden, indem Fragen wie, „Liegt es an der Leiterplatte oder dem Bauteil?“ oder „Lässt sich der Lötkontakt nach einer bestimmten Behandlung genauso gut löten wie im Anlieferungszustand?“ geklärt werden.

Dieses Vorgehen ist entsprechend nicht nur auf die Qualifikation von Produkten beschränkt, sondern kann auch in der Qualitätskontrolle und sogar der Fehleranalytik eingesetzt werden, indem beispielsweise eine Hypothese durch die Reproduktion der potentiellen Ausfallbedingungen bestätigt oder widerlegt wird.

Fazit:

Durch die zahlreichen analytischen Methoden ist es bei HTV möglich, sehr tiefgehenden Einblick in die Qualität einer Lötstelle zu erlangen. Es ist sowohl möglich, bereits aufgetretene Fehler zu analysieren, als auch Schwachstellen schon vor dem Auftreten eines Defekts zu erkennen und zu untersuchen. Neben sehr unterschiedlichen und modernen Analytik-Methoden steht auch die Erfahrung vieler Experten mit unterschiedlichsten interdisziplinären Hintergründen zur Interpretation der Ergebnisse zur Verfügung.

Auch wenn der Aufwand zur Analyse von Lötstellen teilweise sehr hoch erscheint, ist er insbesondere im Rahmen von (Erstmuster-) Qualifikationen oder Fehleranalyse langfristig häufig die nachhaltigere Investition. ◀