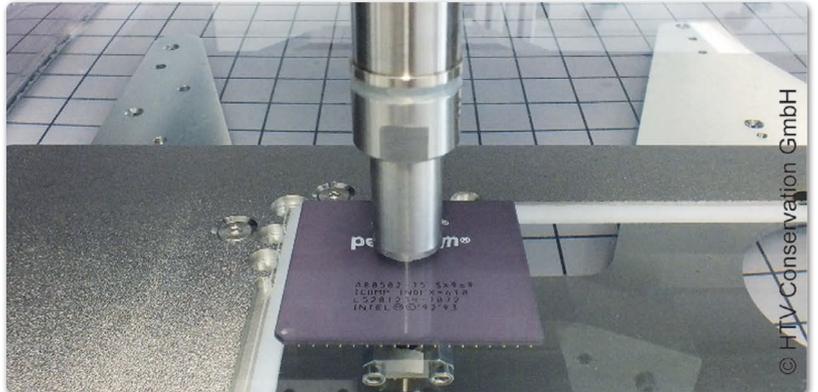


Mittels Ultraschall Fehlern auf der Spur



Ultraschallmikroskop bei HTV im Einsatz. Rechts der Schallkopf über einer Probe im Wasserbad

Einige Fehler in elektronischen Bauteilen und Baugruppen können mit gängigen Inspektionsmethoden wie der Mikroskopie oder auch einer Röntgenanalyse nicht erfasst werden, da es sich um äußerlich nicht sichtbare und im Röntgenstrahl unsichtbare Fehlstellen handelt. So sind besonders Vergussmassen, sowohl von Bauteilen als auch Baugruppen oder Lamine wie in Leiterplatten, mit gängigen Analysemethoden nur schwer auf Fehlstellen wie Delamination zu analysieren. Für solche Problemstellungen ist die Ultraschallmikroskopie (engl. Scanning Acoustic Microscopy, SAM) die geeignete Analyseverfahren, bei der mittels Ultraschall alle Schichten des Prüflings durchstrahlt und kleinste Hohlräume, Risse oder Auffälligkeiten an Grenzflächen erfasst werden können.

Funktionsweise des Ultraschallmikroskops

Wie der Name vermuten lässt, werden beim Ultraschallmikroskop Schallwellen mit hoher Frequenz in

eine Probe eingekoppelt. Ähnlich wie beim Arzt, der bei Ultraschalluntersuchungen ein Gel zum Einkoppeln des Schalls verwendet, wird bei der Ultraschallmikroskopie ein Koppelmedium (i.d.R. Wasser) verwendet. Die Proben werden daher für die Analyse in ein Wasserbad eingebracht und dort fixiert, bzw. eingespannt. Einige Millimeter über den Bauteilen wird die Probe während der Analyse mit dem Schallkopf abgerastert (daher scanning acoustic microscopy). Für die Auswertung macht sich die Ultraschallmikroskopie zunutze, dass unterschiedliche Materialien abweichende Schallgeschwindigkeiten und Dichten und somit unterschiedliche akustische Impedanzen aufweisen.

Übergänge von Materialien bzw. Grenzflächen führen daher zu Reflektionen des eingekoppelten Schalls. Auf Basis der im Messsignal enthaltenen Informationen wie beispielsweise Laufzeit, Amplitude und Polarität können Grenzflächen untersucht und, falls die Schallgeschwindigkeit im Material bekannt

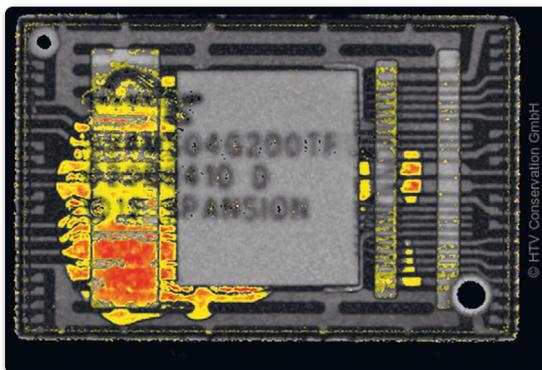
ist, sogar Schichtdicken vermessen werden. Von entscheidender Bedeutung ist hierzu das Wissen über die akustischen Eigenschaften der in der Probe befindlichen Materialien. So ist die Schallgeschwindigkeit in Wasser beispielsweise 1495 m/s, während sie in Luft 343 m/s oder in Stahl (abhängig von der Legierung) ca. 5000...6000 m/s beträgt. Ist hier beim Operator nicht genügend Praxiserfahrung und physikalisches Know-How vorhanden, sind keine aussagekräftigen Messungen möglich.

Der Through-Scan

Während bei Ultraschalluntersuchungen am Menschen und bei simplen Ultraschallmikroskopen lediglich der reflektierte Schall erfasst wird, bietet HTV als einer der weitesten Marktführer für Dienstleistungen rund um elektronische Komponenten den speziellen Through-Scan an, bei dem der austretende Schall zusätzlich auf der Rückseite der Probe mit einem weiteren Detektor erfasst wird. Durch diesen



Autor:
M. Sc. Gunter Mößinger
Analytik/Forschung und
Entwicklung
HTV Halbleiter-Test &
Vertriebs-GmbH
info@htv-gmbh.de
www.htv-gmbh.de



Delamination im Gehäuse nach Wärmebehandlung (l.)
und Riss im Gehäuse nach Feuchtigkeitsexposition mit anschließendem Reflow-Lötprofil (r.)



Bauteil mit visuell nur einer erkennbaren Lasermarkierung (l.). Erst bei der Analyse mit dem Ultraschallmikroskop zeigt sich, dass das Bauteil eine tieferliegende, überdeckte Lasermarkierung besitzt und gezielt manipuliert wurde (r.)

unteren, sich parallel zum oberen Schallkopf bewegenden Detektor können auch tiefere Schichten der Probe, welche regulär kaum noch Signal zum oberen Detektor hin reflektieren, erfasst und ausgewertet werden. Nur mit diesem speziellen Verfahren des „Through-Scans“ können dickere Proben mit komplexerem Lageraufbau zuverlässig analysiert werden.

Ein typischer Anwendungsfall

Eine Delamination in einem IC-Gehäuse fällt oft erst auf, wenn es final zu einem Riss oder Crack im Gehäuse des Bausteins gekommen ist. Gründe hierfür sind insbesondere der Aufbau von Druck im inneren des Gehäuses bzw. in der Stelle der Delamination oder des Hohlraums. Durch äußeren Feuchteintrag diffundiert Wasserdampf durch das Plastik-Package und gelangt dadurch in die Fehlstelle. Wird die Temperatur des Bauteils nun zu schnell erhöht, bildet sich ein Druck im Inneren des Gehäuses, welcher nicht schnell genug entweichen kann. Folglich muss sich der steigende Druck seinen Weg nach außen bahnen und kann auf seinem Weg nach draußen Risse erzeugen und das Bauteil, beispielsweise durch den Abriss eines Bonddrahts, zerstören. Dies kann z.B. sowohl bei einem Lötprozess (als Popcorn-Effekt bei nicht passend gelagerten Bauteilen bekannt) als auch im Betrieb von Leistungsbausteinen wie MOSFETs unter hoher Last und damit einhergehender starker Erwärmung auf-

treten. Jeder starke Temperaturwechsel erhöht somit das Risiko eines Ausfalls.

Durch spezielle Algorithmen werden Fehlstellen wie Delaminationen oder Lufteinschlüsse mithilfe der Ultraschallmikroskopie sauber erkannt und können per Software zur besseren Visualisierung farbig überlagert werden.

Gerade zur Qualifikation neuer Bauteile findet häufig die Norm IPC/JEDEC J-STD-020 Anwendung. So sind zuverlässige Packaging-Prozesse essentiell für die Qualität und Zuverlässigkeit von Bauteilen, weshalb auch hier die Ultraschallmikroskopie zur Überprüfung der Qualität benötigt wird.

Erkennung von Bauteilfälschungen

Insbesondere in der aktuellen Zeit der Bauteilknappheit ist es für Bauteilfälscher einfacher denn je, Ware über unzuverlässige Broker und Distributoren an den Endkunden zu verkaufen. Notgedrungen nutzen Einkäufer alle Quellen um Bauteile beschaffen zu können und damit die Produktion am Laufen zu halten. Im eigenen Institut für Materialanalyse hat HTV den Einsatz der Ultraschallmikroskopie für die Erkennung von Fakes oder Blacktopping spezialisiert, d.h. die gezielte Manipulation bzw. das „Überlasern“ von regulären Bauteilbeschriftungen.

Leiterplattenverwindung

Darüber hinaus lässt sich durch die Bestimmung der ersten Reflek-

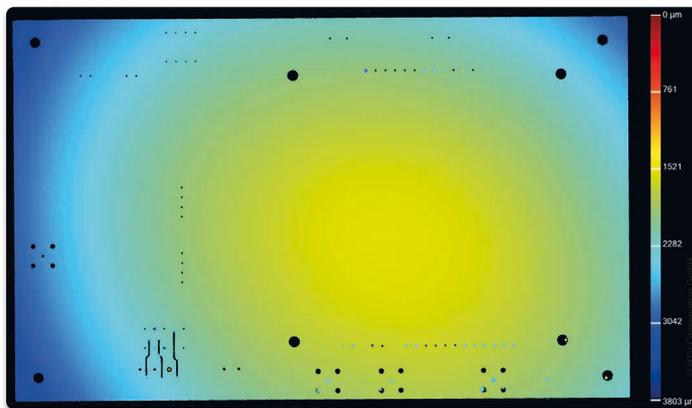
tion erkennen, wann der Ultraschall-Strahl auf die Probe auftrifft. Hieraus lässt sich eine topografische Karte des Prüflings erzeugen, bei dem z.B. eine Wölbung oder nicht plane Oberfläche exakt aufgenommen werden kann.

Eine solche Verwindung oder auch Verbiegung von Leiterplatten ist problematisch, da sie die Zuverlässigkeit der Lötstellen negativ beeinflusst. Darüber hinaus kann es zu Problemen beim Verschrauben in Gehäusen kommen, da beispielsweise Taster oder Stößel nicht mehr sauber auf die Platine greifen oder zu viel Druck ausüben. Werden Leiterplatten als Slot-Karten ausgelegt, können diese eventuell nicht mehr oder nur mit viel Kraft in den Slot eingeschoben werden, wobei dies zu hohen Belastungen der Lötstellen führen kann. Die Ultraschallmikroskopie ist nicht nur auf

Elektronikbauteile oder Leiterplatten beschränkt. Diese Messung ist natürlich auch bei anderen Werkstoffen oder Proben möglich, wenn orts aufgelöst eine Topographie der Oberfläche (auch bei spiegelnden Flächen, bei denen andere Analysemethoden nicht geeignet sind) benötigt wird. Ebenso lassen sich in allen Arten von Verguss, Lacken, Multi-Schichtaufbauten oder auch verschiedensten Kunststoff- und Keramikproben oder auch adaptiv gefertigte Proben auf Fehlstellen (z.B. Poren, Risse im Schichtaufbau) überprüfen.

Fazit

Die akustische Mikroskopie bzw. Ultraschallmikroskopie ist eine sehr universelle Analysemethode, mit der verschiedenste materialwissenschaftliche Fragestellungen gelöst werden können, bei denen althergebrachte Analysemethoden wie beispielsweise Röntgen, Mikroskopie oder Schlibbilder an ihre Grenzen geraten. Als hochkomplexe und zeitaufwendige Methode erfordert SAM viel Erfahrung sowie Kenntnis der unterschiedlichen Materialeigenschaften und die Wahl geeigneter Trigger und Gates, um aus jeder Schicht die passende Reflektion oder Phasendrehung zu interpretieren. Durch verschiedenste Forschungsprojekte und Analysefragestellungen besitzt HTV einen sehr großen Erfahrungsschatz zur präzisen Interpretation der Bilder und genauen Justage der Maschinenparameter, um so auch in schwierigen Fragestellungen der Fehleranalyse verlässliche Antworten liefern zu können. ◀



Leiterplatte mit gewölbter Oberfläche. Die Messdaten lassen sich in einer Falschfarben-Karte darstellen. Es zeigt sich eine leicht elliptische Erhebung in der Mitte der Leiterplatte