

Packaging optoelektronischer Komponenten

Unter die Lupe genommen

Weltweit haben Herstellerfirmen die Fertigung von Mikroelektronikprodukten erfolgreich automatisiert, dabei Kosten minimiert und hochvolumige Serienproduktionen optimiert. Nun konzentrieren sich die Bemühungen auch auf die Fertigung optoelektronischer Komponenten. Das SMT-Labor von Universal Instruments hat deshalb das Handling von Glasfasern und die zum Einsatz kommenden Löt- sowie Klebetechniken für optoelektronische Applikationen genauer untersucht.

Um einen Überblick in Sachen Optoelektronik-Montage zu bekommen, wurden bei Universal Instruments in Binghamton, USA, zunächst aktuelle Fertigungstechniken mit ihren gängigen Prozessparametern auf Tauglichkeit untersucht, besonders solche Prozessschritte, bei denen es auf höchste Genauigkeit ankommt. Es zeigte sich, dass für die typischen Opto-Produkte im Konsumer- und Industrie-Bereich (Bild 1) relativ große Toleranzen ausreichend sind. Allerdings müssen solche Bauteile, wie z. B. Optosensoren, oft in ziemlich komplexen Fertigungsprozessen hergestellt werden. Ein Singlemode-Baustein im TO-Gehäuse (Bild 2) benötigt in der Fertigung u. a. eine aktive Justage von Laser, Linse und Isolator. Dieser Abgleich erfolgt sowohl untereinander als auch in Relation zur Position der Glasfaser selbst. Dabei werden simultan das TO-Gehäuse, die Linsenhalterung sowie der Schweißkragen mit der Glasfaserumhüllung zueinander justiert. Die einzelnen Elemente werden dann mit einem Laser miteinander verschweißt. Trotz dieses sehr aufwendigen Verfahrens liegt der Wirkungsgrad der optischen Kopplung nur bei circa 50 %. Optimierung tut not.

Vollautomatisches Optoelektronik-Packaging

Die Entwicklung einer vollautomatischen Packaging-Lösung für optoelektronische

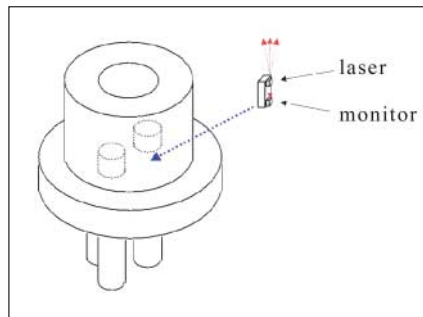


Bild 1: Ein Opto-Sensor und seine Montage

Bauelemente muss sehr viele Randparameter mit einbeziehen. Die Leistungsfähigkeit verschiedener Maschinen muss aufeinander abgestimmt, verschiedenste Materialien und Prozesse müssen analysiert werden. Es gilt vor allem ein grundsätzliches Verständnis für alle Mechanismen rund um das Glasfaser-Handling und den daraus folgenden Konsequenzen zu entwickeln. Optimierte Lote müssen zum Einsatz kommen und die Eigenschaften der optischen Klebstoffe müssen genau spezifizierbar sein.

Die Bearbeitungsschritte analysieren

Fertigungsprozesse, die die Glasfaser direkt behandeln, tragen ein großes Potenzial in sich, die Faser selbst zu beschädigen. Ablängen, die Grenzflächen bearbeiten, aneinander fügen, Polieren und Spleißen können ebenso zu Beschädigungen führen. Selbst wenn die Glasfaser nicht gleich defekt ist, so können doch beim nach-

folgenden Verarbeiten oder während der Installation Folgefehler auftreten, deren Ursache es genau zu detektieren gilt. Solche Fehler können so versteckt sein, dass sie dann nicht einmal einen unmittelbaren Einfluss auf die optische Performance des Bauteils haben.

Alle hier genannten Probleme müssen aber trotzdem Auswirkungen auf die Baustein-Entwicklung sowie das Handling und das Prozessfenster des Packaging-Vorgangs haben. Deshalb sollte vor allem der Baustein-Entwurf so aussehen, dass damit die Gefahr einer Glasfaser-Beschädigung minimiert werden kann.

Es gilt die Prozessschritte aufzuspüren und möglichst zu eliminieren, die unvermeidlich zu Beschädigungen führen können. Prinzipiell sollten die Package-Entwickler dafür sorgen, dass zu hohe Belastungen in Glasfaser-Bereichen vermieden werden. Zudem müssen solche Prozessschritte und Techniken herausgefunden werden, die eben keine große Gefahr von Beschädigungen darstellen und damit zu einer höheren Prozesssicherheit führen. Damit lassen sich Prozeduren optimieren und so

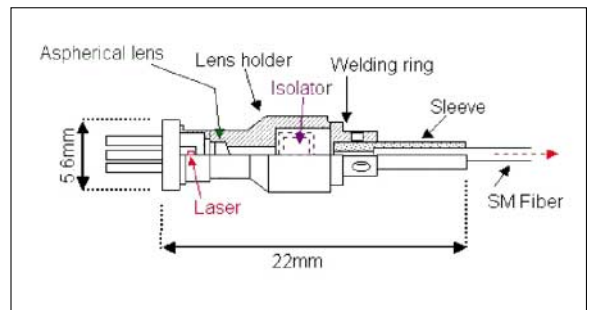


Bild 2: Dieses TO-Gehäuse bedarf einer aktiven Justage von Laser, Linse und Isolator

AUTOR
 Peter Borgesens, Universal Instruments Corp., Binghamton, USA

verbessern sowie unnötige Kosten vermeiden.

Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Schon wenige Untersuchungen machten deutlich, dass „unsichtbare“ Beschädigungen eigentlich nur bei solchen Prozessen entstehen können, bei denen die Glasfaser-Umhüllung vollständig beschädigt wird. Dadurch entstehende Risse in der Glasfaser selbst sind nur schwer zu vermeiden. Als besonders kritisch gilt das Abisolieren der Umhüllung. Eine neue Ablängtechnik hilft hier, die Faser zu schonen und so die langfristige Funktionstüchtigkeit erheblich zu verbessern.

Andererseits ist festzustellen, dass die Definition von Prozessfenstern für das Handling und Packaging von Glasfasern sich sehr schwierig gestaltet, weil man auf nur unzureichende statistische Daten zurückgreifen kann, die aus Umweltsimulations- bzw. Voralterungsprozessen gewonnenen werden.

Die Entwickler sind gezwungen, Daten, die sich nicht über die gesamte, reale Lebensdauer erstrecken, mit statistisch berechneten Grenzwerten zu extrapolieren, um Vorhersagen über die Lebensdauer sowie eine Abschätzung der Folgen von unterschiedlichen Beschädigungsgraden treffen zu können. Das Gleiche gilt für mechanische Belastungen bei unterschiedlichen Package-Ausführungen. Dabei geht es z. B. um unterschiedliche Biegeradien der Glasfasern oder die Bestimmung thermischer Materialkonstanten.

Es zeigte sich, dass die hier angewendete Verfahren der Dateninterpretation so fehlerhaft sind, dass die Lebensdauer um Größenordnungen (Jahre anstatt Tage) überschätzt wird (Bild 3).

Das Hartlöten mit Gold-Zinn

Eutektisches Gold-Zinn-Lot (AuSn) weist für Lötvorgänge in oder nahe an optischen Funktionsbereichen, wo es auf Löten ohne Flussmittel ankommt, die erwünschten Eigenschaften auf. Gold-Zinn hat einen niedrigeren Schmelzpunkt als andere Hartlote. Auch die plastische Verformung ist wesentlich geringer als bei Klebstoffen oder Weichloten. Damit ist sichergestellt, dass die Justage der aufeinander abge-

stimmten optisch wirksamen Strukturen, die Veränderungen aufgrund von unterschiedlichen thermischen Materialparametern ausgesetzt sind, ihre Genauigkeit behält.

Die bisher bekannten Lötverfahren mit Gold-Zinn sind jedoch für die hochvolumige Fertigung von optoelektronischen Komponenten nicht geeignet, setzen sie doch eine hohe mechanische Belastung durch Scheuern, Befördern und Fixieren des Moduls innerhalb der Bestückmaschine

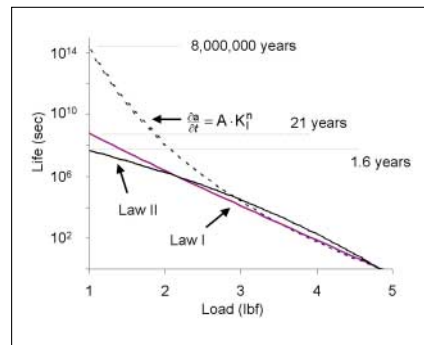


Bild 3: Reale und über dynamische Tests ermittelte Lebensdauer von Glasfasern

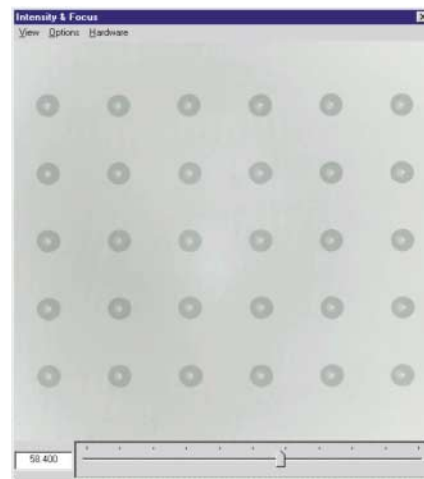


Bild 4: Bei optoelektronischen Bauteilen könnte die Pin-Transfer-Methode wieder attraktiv werden

über eine relativ lange Reflowphase voraus. Außerdem können auch Lot-Preforms, also vorgefertigte Lot-Teile, beim Handling durch vollautomatische Maschinen relativ leicht beschädigt werden. Das kann zu unerwünschten Lufteinschlüssen in den Lötstellen führen. Solche Lunker können Hot-Spots z. B. in Hochleistungs-Laserdioden hervorrufen, die ihre Leistung über kleine Flächen abgeben und deshalb auf eine äußerst intakte Lötstelle angewiesen sind.

KOMPAKT

Für die vollautomatische, hochvolumige Fertigung von optoelektronischen Bausteinen müssen einige wichtige Bereiche detailliert untersucht werden. Es geht um neue Qualifikations- und Test-Prozeduren, mit denen der Einfluss unterschiedlicher Schadensmechanismen auf die Zuverlässigkeit analysiert werden kann, und um die Lösung des Problems, wie man solche Schadensmechanismen auf effiziente Art und Weise beschleunigt simulieren kann. Außerdem werden auch noch schnellere Prüfungen für die Optimierung einzelner Prozessparameter benötigt

Der Einsatz von Klebstoffen

Bei den meisten automatisierten hochvolumigen Fertigungsprozessen von optoelektronischen Komponenten wird auch Klebstoff verwendet. Die vorrangigsten Problembereiche betreffen die Genauigkeit der Dispensposition, das Volumen und die Fläche des Klebstoffauftrags. Hinzu kommen der Verlust an Masse, während und nach dem Aushärten bei der Arbeit mit den hier nötigen geringen Mengen im Nanoliter-Bereich.

Das Schrumpfen beim Aushärten sowie die mechanischen Eigenschaften des ausgehärteten Klebstoffs selbst stehen in enger Beziehung zur Geometrie der Klebstelle. Relativ große Abweichungen von einem Modul zum anderen können die Folge sein. Zudem ist damit zu rechnen, dass selbst die kleinsten Änderungen am Baustein oder in der Materialauswahl die erneute Qualifikation und Optimierung nötig machen.

Die Pin-Transfer-Methode weist übrigens gegenüber dem Kontakt-Dispensieren ein höheres Potenzial bei der Einhaltung eines konstanten Volumens auf, obwohl sie allgemein als „gröbere“ Technik betrachtet wird. Bei Untersuchungen im SMT-Labor von Universal Instruments wurde festgestellt, dass sehr kleine Dots (0,3 µg) eines passenden Klebstoffs mit einer Reproduzierbarkeit von ±1 % dispent werden können (Bild 4).

Erst kürzlich hat das SMT-Labor mit seinen Forschungsergebnissen aus diesem Bereich einem Anwender weitergeholfen. Die optische Justierung eines Bausteins, der größeren Temperaturänderungen ausgesetzt ist, hielt nicht lange. Bei der Untersuchung des Verhaltens des Klebstoffs ►

während der aktiven Justierung, die auch die Empfindlichkeit der optischen Justierung auf die Platzierung und das Volumen



LITERATURHINWEISE

- ▶ **P. Borgesen: Optoelectronics Packaging Research Within the UIC Area Array Consortium.** Proceedings IMAPS, Bethlehem/USA, October 2003,
- ▶ **P. Borgesen, P. Kondos: Packaging of Single Mode Laser Diodes.** Proceedings ASME, New Orleans, November 2002,
- ▶ **L. Harvilchuck, P. Borgesen, P. Kondos, S. Gopakumar, K. Srihari: Passive Optoelectronics Component Manufacturing.** Proceedings ASME, New Orleans, November 2002

des Klebstoffs mit einbezogen, wurde die Ursache des Fehlers gefunden: Die optische Achse im Bauteil verschob sich um etwa 1° je 2 K Temperaturänderung.

Mit der im SMT-Labor entwickelten Pin-Transfer-Technik, die bei Applikationen im Bereich optoelektronischer Komponenten immer noch am Anfang steht, konnte der Anwender bei der Fertigung dieses Produkts wieder die Kontrolle über den Prozess zurückzugewinnen und wesentlich höhere Ausbeuten bei großer Zuverlässigkeit erreichen.

Die Flipchip-Technik

Das Flippen von LED- und VCSEL-Chips (VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser) ermöglicht es, sowohl die Fertigung zu optimieren als auch die Leistungsfähigkeit solcher Bausteine zu erhöhen. Weil LEDs und VCSELs mittlerweile bei Multimode-Anwendungen dominieren, ist es

natürlich sinnvoll, darauf seine Entwicklungsarbeit zu konzentrieren.

Doch nun sind auch Singlemode-VCSELs verfügbar. Sie weisen den Vorteil der noch höheren Integration und die Möglichkeit der passiven Justage auf, obwohl es unwahrscheinlich ist, dass diese Komponenten die aktiv justierten Laserbausteine (Edge-Aligned) in absoluten Zahlen überholen werden.

Die Flipchip-Montage mit Stud-Bumps ist hier insbesondere interessant, wobei das SMT-Labor energisch an effizienten Lösungen arbeitet.



Universal Instruments Kennz. 419

www.uic.com