

Spannungsarmes Löten von Linsenbaugruppen

M. Hornaff*, E. Beckert*, T. Burkhardt*, R. Eberhardt*, A. Tünnermann*, H. Zoerb**, S. Hedrich**

*Fraunhofer- Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF

**Leica Microsystems CMS GmbH

<mailto:marcel.hornaff@iof.fraunhofer.de>

Mit dem am Fraunhofer IOF für die Optikmontage modifizierten Verfahren des Solderjet Bumpings ist es möglich, die positiven Eigenschaften von metallischen Loten im Vergleich zu organischen Klebstoffen bei der Montage optischer Komponenten zu nutzen. Dies wird am Beispiel der geringen durch den Fügeprozess induzierten Flächendeformation einer Linsenbaugruppe gezeigt.

1 Einführung

Die Teilprozesse der Optikmontage Justieren und Fügen bestimmen Präzision und Wertschöpfung eines Produktes maßgeblich. Entscheidend ist, dass die justierten Komponenten formtreu und langzeitstabil fixiert werden. Hierzu werden in der Optikmontage vorzugsweise organische Klebstoffe verwendet, die jedoch hinsichtlich Langzeitstabilität, Thermostabilität, Strahlungsresistenz, mechanischer Festigkeit und Vakuumeignung Nachteile z. B. im Vergleich zu metallischen Lotwerkstoffen aufweisen.

Mit dem speziellen Laserlötverfahren Solderjet Bumping, welches in der Elektronikindustrie bereits kommerziell verwendet und derzeit am Fraunhofer IOF für die Optikmontage modifiziert wird, ist es möglich, die positiven Eigenschaften von metallischen Lotwerkstoffen zu nutzen.

In Kooperation mit der Leica Microsystems GmbH wurde das Solderjet Bumping zur Montage einer hinsichtlich der Flächendeformation kritischen Linsenbaugruppe evaluiert. Dabei konnte eine Formabweichung als Folge des Lötens von P-V $\ll 100$ nm erreicht werden. Dies stellt eine deutliche Verbesserung im Vergleich zu herkömmlich verwendeten kraft- und formschlüssigen bzw. stoffschlüssigen Verbindungen dar.

2 Funktionsbeschreibung des laserbasierten Solderjet Bumpings

Beim Solderjet Bumping werden Lotkugelpreforms verschiedener Durchmesser im Bereich von $60 \mu\text{m}$ bis $760 \mu\text{m}$ aus unterschiedlichen Legierungen prozessiert. Die als Schüttgut vorliegenden Preforms werden vereinzelt, in einer Platzierkapillare mittels Laserpuls aufgeschmolzen und durch einen Stickstoffüberdruck ausgestoßen [1]. Der sog. Bondkopf, der die Prozesse der Lotzufuhr, des Umschmelzens und der Applikation des Lotes in sich vereint, wird zuvor über der Fügestelle positioniert, sodass das schmelzflüssige Lot nach Zurücklegen eines variablen Freiflugweges in Abhän-

gigkeit der verwendeten Preforms auf beiden Komponenten benetzt und somit eine stoffschlüssige Fügeverbindung generiert wird (Abb. 1).

Durch die Montage des Bondkopfes an einem 6-Achs-Roboter oder einem Portalsystem können auch komplizierte, nicht planare Geometrien erreicht und gefügt werden.

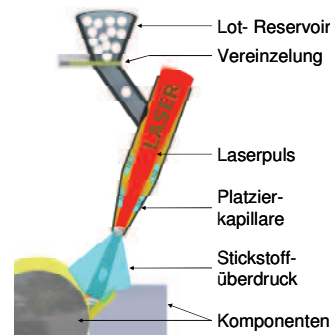


Abb. 1 Schematische Darstellung des Funktionsprinzips des Solderjet Bumpings

Dieses spezielle Lötverfahren erlaubt einen berührungslosen, lokalen und zeitlich begrenzten Energieeintrag bei flussmittelfreier Prozessierung und hoher Reproduzierbarkeit. Außerdem ist es auf Grund der Variation verschiedener Prozessparameter, Preformdurchmesser und Lotlegierungen flexibel an die jeweilige Applikation anpassbar. Dadurch wird es den hohen Anforderungen in der Optikmontage hinsichtlich fragiler, kontaminationsfreier optischer Funktionsflächen und Fügegenauigkeiten im Sub- μm Bereich gerecht, was bereits am Aufbau hochpräziser, hybrider mikrooptischer Systeme demonstriert werden konnte [2,3].

3 Komponentenvorbereitung

Für eine stoffschlüssige Fügeverbindung mittels Löten ist eine benetzungsfähige Schicht zumindest an nichtmetallischen Komponenten erforderlich. Dafür wird eine etablierte PVD Dünnschichtmetallisierung (Physical Vapor Deposition) mit Titan (Haftvermittler), Platin (Diffusionsbarriere) und Gold (Benetzungsschicht) mit einer Gesamtschichtdicke von 500 nm verwendet, welche sich

insbesondere durch eine hohe Haftfestigkeit auf Gläsern und glasartigen Werkstoffen ausgezeichnet (Abb. 2).

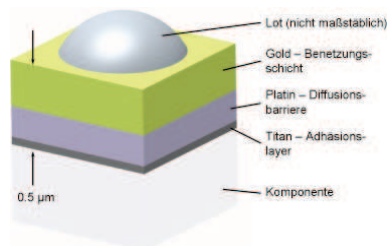


Abb. 2 PVD- Benetzungsmetallisierung und Lotbump (nicht maßstäblich)

Durch die Verwendung einer Dampfschattenmaske werden lediglich lokale Benetzungspads auf der Linse, im Gegensatz zur global metallisierten Fassung, generiert. Des Weiteren werden Kegelgeometrien gleichmäßig in Abständen von 60° mittels spanender Verfahren in der metallischen Fassung hergestellt (Abb. 3). Dadurch wird beim Lötens sowohl eine stoff- als auch eine formschlüssige Fügeverbindung erzeugt.



Abb. 3 Globale Metallisierung der Fassung mit Kegelgeometrien (links) und lokale Metallisierungspads auf Linse (rechts)

4 Experimentelle Umsetzung und Resultate

Die Montage der Linsenbaugruppen erfolgt an einem luftgelagerten Portalsystem mit zwei koaxialen z- Achsen für den Bondkopf des Solderjet Bumpers und einem Mikroskop zur Beobachtung bzw. Positionierung. Der Montageprozess beinhaltet das Bestücken der Lötvorrichtung mit der Linse und der Fassung, dem Vorausrichten beider Komponenten zueinander und dem Zentrieren der Baugruppe (Montageschritt 1-3). Anschließend wird die Linsenbaugruppe mittels Solderjet Bumping gefügt (Montageschritt 4-9). Nach jedem dieser Teilprozesse wurde die Flächendeformation der Linse mittels Interferometer der Fa. Fisba Optik gemessen, um den Einfluss der Einzelprozesse zu ermitteln und diese ggf. zu optimieren (Abb. 4). Am Beispiel von Baugruppen, die mit drei Lötspunkten fixiert wurden, wird ersichtlich, dass sich die P-V-Werte der Linse bis zum dritten Lotbump im Vergleich zu einer 6-Punkt-Variante bei ausreichender mechanischer Festigkeit nicht signifikant verschlechtern und sich innerhalb der spezifizierten Grenzwerte befinden. Dieses Verhalten konnte durch die Montage weiterer Linsenbaugruppen verifiziert werden.

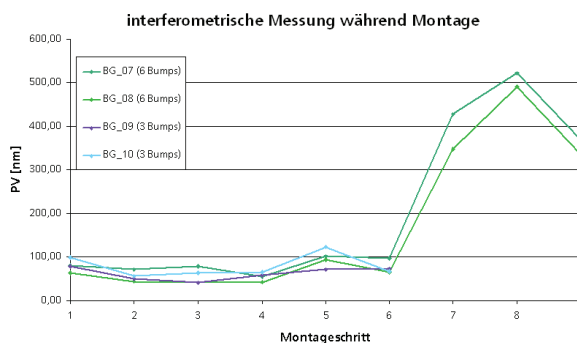


Abb. 4 Grafische Darstellung der Flächendeformation über dem jeweiligen Montageschritt

Nach einer thermischen Zyklierung gemäß DIN 9022-2 und einer Beanspruchung bei einer definierten max. Arbeitstemperatur von $T = (37 \pm 2)^\circ\text{C}$ und der anschließenden interferometrischen Messung der Formabweichung der Linse als Folge des Lötens bzw. Temperatureinflusses wurden erneut P-V-Werte $\ll 100$ nm im Vergleich zum Ausgangszustand gemessen, was keine signifikante negative Veränderung darstellt.

5 Zusammenfassung

Die Untersuchungen zeigen neben bisherigen Ergebnissen zu erreichbaren Bondkräften und Fügegenauigkeiten im Sub- μm Bereich, dass das vorgestellte Lötverfahren Solderjet Bumping eine Alternative zu konventionellen Fügeverfahren der Optikmontage darstellt und im vorliegenden Fall nahezu keine Verschlechterung der Flächendeformation der Linse durch das Lötens erzeugt wird.

6 Danksagung

Die Autoren danken W. Stöckl, G. Leibeling, R. Schmidt und Leica Microsystems GmbH für die Bereitstellung und Präparation der benötigten Proben und Testelemente.

7 Literatur

- [1] Beckert, E., Oppert, T., Azdasht, Zakel, E., Burkhardt, T., Hornaff, M., Kamm, A., Scheidig, I., Eberhardt, R., Tünnermann, A., Buchmann, F., „Solder Jetting - A Versatile Packaging and Assembly Technology for Hybrid Photonics and Optoelectrical Systems“, IMAPS 42nd International Symposium on Microelectronics, Proceedings, pp. 406 (2009).
- [2] Burkhardt, T., Kamm, A., Beckert, E., Eberhardt, R., F. Buchmann, Tünnermann, A., „Solderjet bumping for the assembly of optical fibers“, VII. ITG Workshop Photonische Aufbau- und Verbindungstechnik, edited by U. H. P. Fischer-Hirchert, pp. 42-46, ISBN 978-3-86955-008-4 (2009).
- [3] Beckert, E., Burkhardt, T., Hornaff, M., Kamm, A., Scheidig, I., Stiehl, C., Eberhardt, R., Tünnermann, A., „Submicron accuracy optimization for laser beam soldering processes“, Proc. SPIE, Vol. 7585, 758505 (2010)