

MEHRFACH-ABLENKARRAYS FÜR DIE »MULTI SHAPED BEAM LITHOGRAPHY«

MULTI DEFLECTION ARRAYS FOR "MULTI SHAPED BEAM LITHOGRAPHY"

Die »Multi Shaped Beam Lithography« stellt einen aussichtsreichen Technologieansatz der maskenlosen, direkt schreibenden Lithographie mit hohem Durchsatz zur Realisierung von Strukturgrößen im »22 nm node« /1/ dar. Schlüsselkomponenten zur Realisierung dieses Verfahrens sind Mehrfach-Ablenkarrays, die eine Vielzahl von Einzelelektronenstrahlen, generiert durch mikromechanisch hergestellte Aperturen, durch ansteuerbare Elektroden ablenken.

Um die Ablenkung der Elektronenstrahlen in x- und y-Richtung zu erreichen, werden zwei gekreuzte Mehrfach-Ablenkarrays zu einer Multi-Deflection-Array (MDA)-Baugruppe integriert, da die Ablenkrichtung der MDA-Chips, bedingt durch die hohe Dichte der Elektrodenanordnung, auf eine Koordinate beschränkt ist.

Der Einsatz der MDA-Baugruppen in einer Elektronenstrahlanlage erfordert den Einsatz vakuumtauglicher, unmagnetischer Materialien mit geringstem Ausgasverhalten. Die Montage erfolgt unter Reinraumbedingungen (Klasse 5 ISO 14644-1). Für die Gewährleistung der notwendigen Justier- und Messunsicherheiten ist eine auf 1 K temperaturstabilisierte Montageumgebung Voraussetzung.

1 Montagevorrichtung.

Multi Shaped Beam Lithography is a promising approach for high throughput mask and direct writing that addresses the shot count/writing time bottleneck /1/ for the 22 nm node and beyond. Multiple apertures and electrodes of several MEMS Multi Deflection Arrays (MDA) are the MSB key components.

The x- and y-deflection functionality of a Multi-Beam Deflector (MBD) requires the face to face alignment and mounting of two individual deflection arrays that deflect the beam either in the x- or y-direction only. Due to this, mounting each MDA chip on an individual LTCC carrier and afterwards aligning these sub-assemblies with respect to each other was the method chosen for the implemented assembly.

As a result of the MBD operation in an electron beam environment under vacuum conditions, the used materials have to be non-magnetic, radiation-resistant and vacuum-suitable with low outgassing. To maintain the cleanliness of the apertures of the MDA chip, the assembly has to take place under clean room conditions (class 5 ISO 14644-1). A temperature stability of the assembly device of < 1 K is necessary to reach the high alignment accuracy and measurement uncertainty.

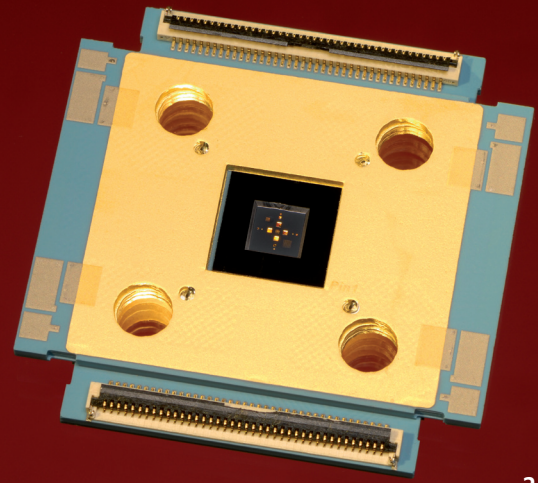
1 Assembly device.

Die Montage der MDA-Baugruppe wird in zwei Montageschritten durchgeführt. Die mikromechanischen Chips der Größe 8 mm x 8 mm x 0,6 mm werden in die Mehrlagenleiterplatten aus LTCC justiert und durch Solder Ball Bumping /2, 3/ fixiert und zugleich elektrisch kontaktiert. Das Justierkriterium bei diesem Montageschritt ist die Positionierung der Kontaktpads der MDA-Chips zu den Kontaktlöchern der Leiterplatte mit einer Genauigkeit von 10 µm bis 20 µm.

Im zweiten Justierschritt werden die Leiterplatten, in denen bereits die MDA-Chips integriert sind, relativ zueinander justiert. Die Freiheitsgrade der Rotation um die x- und y-Koordinate (Verkipfung) und die Einstellung des Abstandes der Subbaugruppen zueinander wird durch die mechanische Qualität der LTCC-Leiterplatten definiert, die Verdrehung der Bauteile um die elektronenoptische Achse (Rz) darf zur Realisierung der Überdeckungsgenauigkeit der Aperturen von 2 µm einen Winkelfehler von 17 mrad nicht übersteigen. Die Justierung in x-, y- und Rz-Richtung erfolgt unter Verwendung der lithographisch strukturierten Justiermarken auf den MDA-Chips. Die Positionen aller Justiermarken werden in Abhängigkeit des Bildfelds und der Tischposition des Montagesystems berechnet. Ziel der Justierung ist es, die Positionen der Aperturen unter Verwendung der Referenzmarken bestmöglich zur Überdeckung zu bringen. Die Justierung erfolgt iterativ und wird beim Erreichen einer Abweichung der Überdeckungsgenauigkeit der Justiermarken von 500 nm abgebrochen.

The assembly of an MBD can be divided into two assembly steps. First, an MDA chip is aligned and fixed to the LTCC system carrier. During this assembly step, the alignment criterion is the positioning of the MDA contact pads with respect to the contact via holes in the LTCC carrier, requiring an alignment accuracy in the range of 10 µm to 20 µm.

In the second assembly and alignment step, two LTCC/MDA sub-assemblies are aligned and mounted with respect to each other. This alignment has to be done in the x- and y-direction with less than 2 µm accuracy. Tip (Rx) and tilt (Ry) degrees of freedom are given by the contact of the LTCC carriers; the rotation around z (Rz) has to be aligned with an accuracy of less than 17 mrad. For this assembly task, lithographically structured alignment marks within the MDA chip are used for alignment. Overall, eight alignment marks are detected, their centre of gravity calculated and saved with respect to the field of view and the position of the x-y-positioning system for later calculation of the alignment status by image processing. The alignment status of the upper MDA chip with respect to the lower chip then can be calculated by comparing the lower and the upper mask position. The alignment process iterates until the position failure is less than 500 nm.



Die Fixierung der justierten LTCC-Leiterplatten erfolgt durch Solder Ball Bumping /2, 3/. Die elektrischen Kontakte, die einen elektrischen Widerstand von $1,5 \Omega$ je Kontaktstelle aufweisen, zeigen auch nach thermischer Wechselbeanspruchung keine Änderung der gemessenen elektrischen Eigenschaften. Untersuchungen zur Scherfestigkeit ergaben durchschnittliche Scherkräfte von $10,5 \text{ N}$ pro Lötverbindung. Nach einem geometrischen Redesign der Leiterplatten und optimierter Justiermarken der MDA-Chips konnten Montagegenauigkeiten der fixierten MDA-Baugruppen von 300 nm erreicht werden.

Die erfolgreiche Integration der MCA-Chips in die LTCC-Leiterplatten ist durch die Charakterisierung der elektrischen Eigenschaften der Baugruppen nachgewiesen. Die Technologie des Solder Ball Bumpings ist erfolgreich in den Montage- und Justierprozess integriert. Die realisierten Baugruppen erreichen eine Überdeckungsgenauigkeit der lithographisch hergestellten Strukturen von kleiner $1 \mu\text{m}$ nach Abschluss aller Montageprozesse.

Die Funktionalität der Mehrfach-Ablenkarrays wird derzeit von der Firma VISTEC Electron Beam GmbH während der Proof-Of-Lithography (POL) Experimente untersucht. Die nächste Herausforderung der MDA-Montage ist die Automatisierung der Montage- und Justageprozesse.

The fixation of the aligned MDA chips was done by solder bumping /2, 3/. The solder joints provide both mechanical fixation and electrical contacts with a resistance of less than 1.5Ω per contact. Thermal cycling up to $80 \text{ }^\circ\text{C}$ peak temperature shows no significant change in electrical behavior. Shear force measurements show an average ultimate strength of 10.5 N per solder joint. After the fixation by soldering using a redesigned LTCC carrier and optimized alignment marks, an overlap accuracy of about 300 nm was reached.

The developed LTCC carrier platform is the basic component for the integration of the MDA chip. The solder bumping technology has been successfully used for the MDA assembly and alignment process during MBD manufacturing. An assembly accuracy of less than $1 \mu\text{m}$ was reached during the whole process chain of MBD manufacturing.

The manufacturing and evaluation of several prototypes of MBDs prove an overlay accuracy of $1 \mu\text{m}$. The functionality of beam deflection using these assemblies will be demonstrated by VISTEC Electron Beam GmbH carrying out Proof-Of-Lithography (POL) experiments. The next steps in MDA assembly activities will be the automation of the assembly and alignment processes for higher efficiency of manufacturing.

Literatur/References

/1/ Stolberg, I.; Doering, H.-J.; Elster, T.; Slodowski, M.:
Coulomb blur advantage of a multi-shaped beam lithography
approach. SPIE Advanced Lithography [7271-26] 24-25, 2009.

/2/ Beckert, E.; Burkhardt, T.; Eberhardt, R.; Tünnermann, A.:
Solder bumping - A flexible joining approach for the precision
assembly of optoelectronic systems. Conference Information:
4th International Precision Assembly Seminar. Date: FEB
10-13, 2008 Chamonix FRANCE. Source: MICRO-ASSEMBLY
TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS. Volume: 260. Pages:
139-147 Published: 2008.

/3/ Burkhardt, T.; Hornaff, M.; Beckert, E.; Eberhardt, R.; Tün-
nermann, A.: Parametric investigation of solder bumping for
assembly of optical components. In: Laser-based Micro- and
Nanopackaging and Assembly III. Proc. SPIE. Vol. 7202. edited
by Wilhelm Pfleging et al., 2009.

AUTHORS

Matthias Mohaupt

Erik Beckert

Thomas Burkhardt

Marcel Hornaff

Christoph Damm

Ramona Eberhardt

Hans-Joachim Döring¹

Ines Stolberg¹

¹*Vistec Electron Beam GmbH*

CONTACT

Dipl.-Ing. Matthias Mohaupt

Phone +49 3641 807-342

matthias.mohaupt@iof.fraunhofer.de

Dr. Ramona Eberhardt

Phone +49 3641 807-312

ramona.eberhardt@iof.fraunhofer.de