

Handhabung mikrooptischer Komponenten in der Mikromontage

Erik Beckert, Matthias Mohaupt, Gerd Harnisch, Ramona Eberhardt



Erik Beckert

Einführung

Gegenwärtig wird der größte Teil hybrider mikrooptischer Systeme von Hand bzw. mit Hilfe teilmechanisierter Vorrichtungen montiert. Dadurch können die hohen Anforderungen der Systeme an die Montagegenauigkeit nur mit hohem zeit- und kostenintensiven Aufwand erfüllt werden [1]. Um Baugruppen, die hybride mikrooptische Systeme enthalten, in höheren Stückzahlen zu produzieren, ist es daher notwendig, verbesserte Technologien und Einrichtungen zum Handhaben, Positionieren und Fügen von miniaturisierten Bauteilen zu entwickeln. Die Handhabungseinrichtungen müssen dabei nicht nur in der Lage sein, kleine und oft sehr empfindliche Teile genau zu greifen und zu positionieren bzw. auszurichten, sondern sich auch problemlos in eine industrielle Fertigung großer Stückzahlen mit gleichbleibend hoher Qualität integrieren lassen.

Entwicklung von Handhabungssystemen für mikrooptische Komponenten

Der Handhabungsprozess und die dafür notwendigen Einrichtungen werden von allen anderen Teilprozessen der Montage (Bauteilmagazinierung, -positionierung und Fügeprozess) beeinflusst. Zusätzlich müssen die besonderen Eigenschaften mikrooptischer Bauteile, wie zum Beispiel geringe Abmessungen (< 0.1 mm bis ca. 5 mm), geringes Gewicht (ca. 1 mg bis 10 g), große Formenvielfalt, Vorhandensein optischer Funktionsflächen und hohe Anforderungen an die Positionsgenauigkeit, berücksichtigt werden.

Daraus resultierend sind Handhabungseinrichtungen für solche Bauteile zumeist nicht nur einfache Greifer, sondern vielmehr komplexe Handhabungssysteme, die oft mehrere der folgenden Funktionalitäten in sich vereinen:

- Bauteilgreifer: meist als miniaturisierter mechanischer Greifer oder Vakuumgreifer ausgeführt. Es sind besondere konstruktive Maßnahmen notwendig, um die Adhäsion zwischen Bauteil und Greiferbacke zu verringern.
- Kraftmessung: zur Vermeidung von Schädigungen des zu handhabenden Bauteils durch Greif- oder Fügekräfte.
- Feinpositionierung: da insbesondere mikrooptische Bauteile häufig mit einer Genauigkeit im Submikrometerbereich positioniert werden müssen. Makroskopische Positioniersysteme sind dazu in der Regel nicht in der Lage bzw. zu teuer. Deshalb werden zunehmend Feinpositionierer, z. B. Piezotranslatoren, in das Handhabungssystem integriert.

Der Entwicklungsprozess für derartig komplexe Handhabungssysteme kann als ein Algorithmus aufgefasst werden, bei dem zunächst das zu handhabende Bauteil und die Einschränkungen, die sich aus dem gesamten Montageprozess und dessen Teilbereichen ergeben, analysiert werden.

Handling of microoptical components for micro-assembly

Erik Beckert, Matthias Mohaupt, Gerd Harnisch, Ramona Eberhardt

Motivation

Currently, the majority of hybrid microoptical systems is still assembled manually or semi-mechanized. The high level of accuracy required for these systems can therefore only be achieved with a considerable amount of time, effort and cost [1]. In order to be able to produce devices containing hybrid microoptical systems in large quantities, superior procedures and tools for the positioning and assembly of miniaturized components are required. Handling procedures and tools not only need to be appropriate for the precise gripping, positioning and aligning of small and often very sensitive microoptical components, but also must be capable of integration into an industrial production line producing large quantities at a consistently high quality.

Design of handling tools for microoptical parts

The handling process and the appropriate tools are influenced by all sub-tasks in the assembly process, i.e. component storage, positioning and joining. The handling of microoptical components requires the consideration of their particular characteristics, such as small dimensions (< 0.1 to 5 mm), low weight (1 mg to 10 g), a wide variety of shapes, functionality of surfaces with an optic function and low tolerance levels in high demands on positioning accuracy. As a result, a

handling tool for such components can usually be described not as a gripper in the common sense but rather as a complex, miniaturized handling system that combines some or all of the following functionalities:

- Component gripping: usually done by small mechanical or vacuum grippers. The gripper jaws need to be specially designed so that components are prevented from sticking to the gripper as the result of the high adhesion forces involved compared to the components weight.
- Measurement: of force to prevent component damage resulting from gripping and joining forces.
- Fine positioning: since microoptical components often need to be positioned with sub-micron accuracy. Macroscopic positioning systems are usually not capable of this or are too expensive. For this reason, miniaturized fine positioning systems such as piezo translators are being integrated into the handling tool more and more.

The design process for such a complex handling system can be described as an algorithm that analyses the component to be handled and the restrictions involved in the assembly process.



Matthias Mohaupt



Gerd Harnisch



Ramona Eberhardt

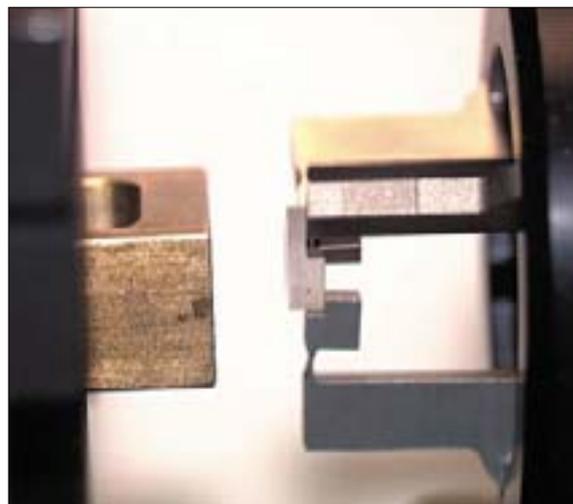


Abb. 1: Dreibackengreifer mit freier optischer Apertur für miniaturisierten Laserresonatorspiegel.

Fig. 1: 3-jaw gripper for miniaturized laser resonator mirror, free optical aperture.

An die Festlegung der notwendigen Greiferparameter (Greifkraft, Greiffläche, notwendige Greifgenauigkeit) schließt sich die Analyse des Zusammenwirkens mit den anderen Teilprozessen der Montage an:

- Bauteilmagazinierung: Die Genauigkeit der Position, mit der ein Bauteil bereitgestellt wird, zieht gegebenenfalls erhöhten Aufwand zur Detektion und Referenzierung der Bauteillage nach sich.
- Bauteilpositionierung: Die erforderliche Genauigkeit beeinflusst die eventuell notwendige Integration von Feinpositioniersystemen. Die Messung der tatsächlichen Bauteilposition kann entweder durch Bildverarbeitung oder durch die Messung der optischen Funktion des Bauteils erfolgen. Dazu ist jedoch die Sichtbarkeit der entsprechenden Bauteilgeometrien bzw. eine freie optische Apertur (Abb. 1) zu gewährleisten.
- Fügen des Bauteils: zunehmend realisiert durch innovative Verfahren wie Mikrokleben oder Laserlöten. Beide Verfahren erfordern einen mehr oder weniger freien Zugang zum Bauteil an der Fügeposition zur Applikation von UV-Licht oder Laserstrahl.
- Generelle Einschränkungen: z. B. Reinraumanforderungen oder Schirmung elektrostatischer bzw. magnetischer Felder.

Gewöhnlich beginnt der Entwickler mit der Auswahl eines geeigneten Greifprinzips und fügt sukzessive weitere Funktionen hinzu. Für eine automatisierte Montage wird zusätzlich die Integration geeigneter, intelligenter Schnittstellen zwischen den einzelnen Modulen des Handhabungssystems notwendig, damit das gesamte System oder sogar Teile von ihm während der Montage ausgetauscht und somit an verschiedene Bauteile und Montageaufgaben angepasst werden können.

Anwendungen

Die folgenden Beispiele verdeutlichen die diskutierten Problemstellungen und zeigen mehr oder weniger komplexe Handhabungssysteme, die am Fraunhofer IOF zur Umsetzung verschiedenster Montageprozesse entwickelt wurden.

Abb. 2 zeigt einen Greifer für laser-gelötete mikrooptische Baugruppen. Das Handhabungsobjekt ist ein miniaturisiertes Prisma mit einer Kantenlänge von 3 mm. Die Reproduzierbarkeit bezüglich der Bauteilverkippung im verwendeten Vakuumgreifer ist besser ± 1 mrad. Zusätzlich ist das Hand-

Abb. 2:
Vakuumgreifer für Prisma,
einschließlich Kraftsensorik und
Positioniersystem.

Fig. 2:
Vacuum gripper for prism,
including force sensor and
positioning system.

habungssystem mit einer Sensorik zur Messung von Fügekräften und mit einem Feinpositioniersystem zur Verkipfung der Reflektionsebene des Prismas in einem Bereich von $\pm 2,5$ mrad und einer Auflösung von $0,5 \mu\text{rad}$ ausgerüstet.

Abb. 3 zeigt ein Handhabungssystem für einzelne Monomode-Glasfasern. Es besteht aus einem mechanischen Zweibackengreifer zur Zugentlastung mit relativ geringer Genauigkeit und einem hochpräzisen Vakuumgreifer für das entmantelte Ende der Faser. Das angepasste Design des Vakuumgreifers greift nur minimal in die Baugruppengeometrie ein und verhindert die Beschädigung von bereits montierten Fasern. Die Genauigkeit des Vakuumgreifers beträgt ca. $\pm 20 \mu\text{m}$ senkrecht und $\pm 10 \mu\text{m}$ koaxial zur Faserachse.

Literatur:

- /1/ Weiss, Stephanie A.: „The Automation Crisis“, In: Photonics Spectra, June 2001, pp. 98–110.
- /2/ Eberhardt, R. et al.: „Hybrid assembly of microoptical systems“, In: Proceedings vol. 1 MICRO.tec 2000, pp. 459–464.
- /3/ Gengenbach, U.; Eberhardt, R.: „Montagelösungen für hybride Mikrosysteme“, In: F & M 108 (2000) 3, pp. 40–43.



After the necessary parameters for the handling process itself (gripping force, gripping area, gripping accuracy) have been determined, the interactions with the other assembly processes are analyzed:

- Component storage: The accuracy and repeatability of the component's pick up position may require additional effort to detect its position in the magazine.
- Component positioning: The degree of accuracy required determines whether special fine positioning systems need to be integrated into the system. The measurement of the component's position can be accomplished either by using a vision system or by measuring the optical function of the component itself. There has to be, however, a free view of the component or a free optical aperture (fig. 1).
- Component joining: This is increasingly being accomplished by innovative joining methods such as adhesive dosage or laser beam soldering. Both methods require a clear view of the component for UV-light or laser beam application.
- General requirements of the component itself such as the need for a clean-room environment or sensitivity to electrostatic or magnetic fields.

Usually the designer begins with the selection of a suitable gripping principle and adds successively more functionality.

For an automated assembly, the integration of suitable and intelligent interfaces is necessary so that the handling tool or even parts thereof can be exchanged during the assembly process to adapt to different components and assembly tasks.

Examples

The following examples illustrate the topics discussed. They are more or less complex handling tools, developed at the IOF for use in various assembly processes.

Fig. 2 depicts a gripper used in a laser beam soldering process for micro-optical assemblies. The object to be handled is a miniaturized prism with an edge length of 3 mm. The gripping accuracy of the vacuum gripper system is better than ± 1 mrad. The handling system is also equipped with a joining force sensor and a fine positioning system to rotate the reflection surface of the prism within a range of ± 2.5 mrad at a resolution of 0.5 μ rad.

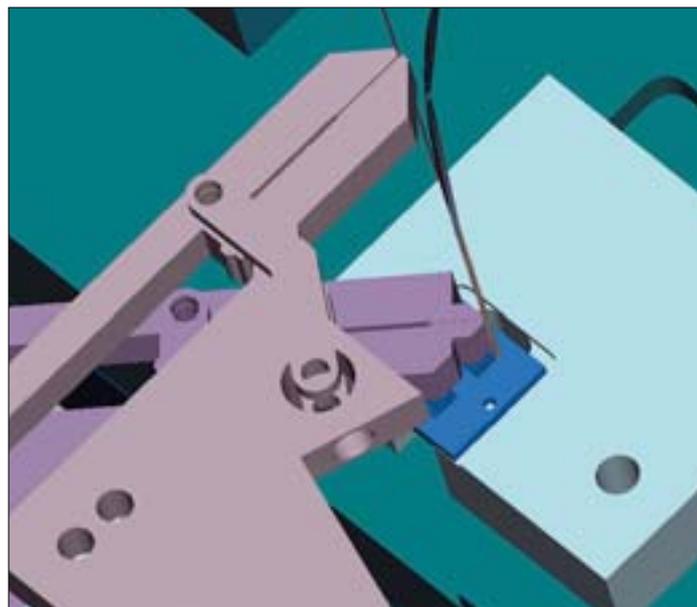


Abb. 3: Greifer für Monomode-Fasern.

Fig. 3: Gripper for single monomode fibers.

Fig. 3 depicts a handling system for a monomode fiber insertion process. The system consists of a two-jaw mechanical gripper for strain relief with a relatively low level of accuracy and a precise vacuum gripper for the uncoated tip of the fiber. The special mechanical design of the vacuum gripper prevents damage of previously inserted fibers. The accuracy of the vacuum gripper was found to be ± 20 μ m perpendicular and ± 10 μ m along the fiber axis.

References:

- /1/ Weiss, Stephanie A.: „The Automation Crisis“, In: Photonics Spectra, June 2001, pp. 98–110.
- /2/ Eberhardt, R. et al.: „Hybrid assembly of microoptical systems“, In: Proceedings vol.1 MICRO.tec 2000, pp.459–464.
- /3/ Gengenbach, U.; Eberhardt, R.: „Montagelösungen für hybride Mikrosysteme“, In: F & M 108 (2000) 3, pp. 40–43.