Eine Verbindung mit Zukunft

Eine neue Maschinengeneration ist darauf ausgelegt, die Anforderungen an höchste Präzision bei der **FASEROPTIKMONTAGE** zu erfüllen. Bei der Entwicklung der Plattform standen die drei Hauptdisziplinen Aktorik, Sensorik und Bedienbarkeit besonders im Fokus.

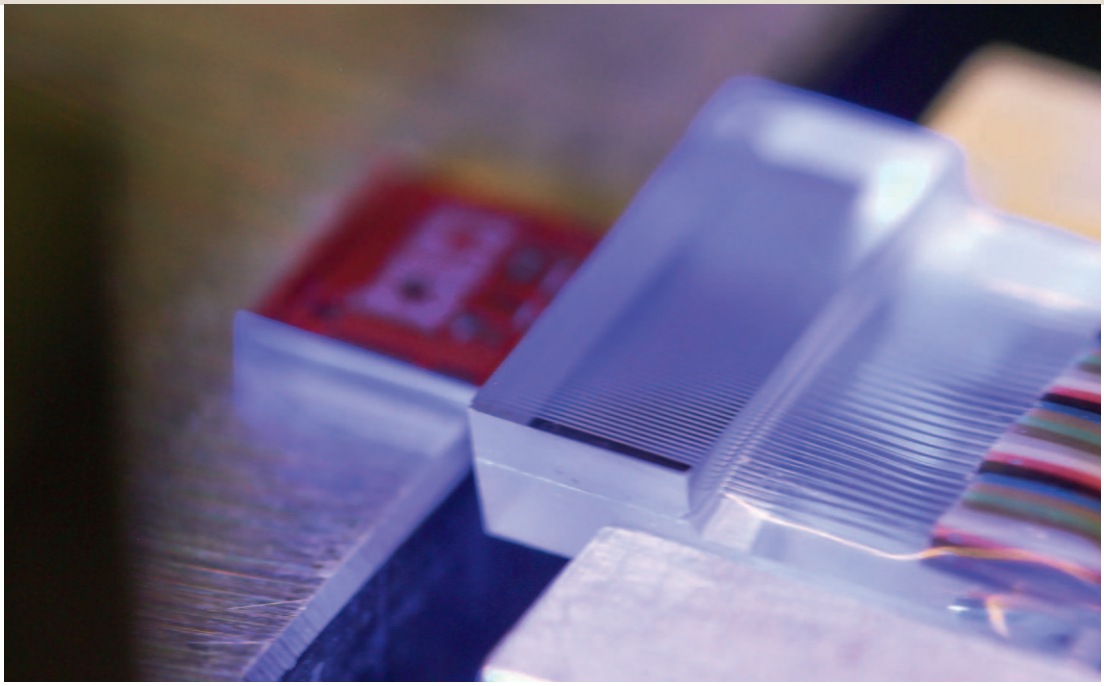


Bild 1. Fasermontage bei einem Silicon-Photonics-Chip

TOBIAS MÜLLER

Die Faseroptikmontage spielt eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung und Implementierung von Silicon Photonics (SiPho) und photonisch integrierten Schaltkreisen (PICs). Diese Technologien sind fundamental für moderne Telekommunikations- und Datacom-Anwendungen sowie für aufstrebende Felder wie die Quantentechnik.

Die Fasermontage umfasst sowohl das direkte Anbringen optischer Fasern (Fiber Attach) als auch die Kopplung der Wellenleiter durch diskrete optische Elemente wie miniaturisierte Linsen oder Spiegel **(Bild 1)**. Solche Verfahren sind essenziell für die effiziente Lichtführung in Single-Mode-Lichtleitfasern und vielfältigen Waveguide-Plattformen. Die Präzisionsanforderungen dieser Montage- und Testprozesse sind enorm, da bereits ein translatorischer Versatz von nur 300 nm zu einem Leistungsverlust von bis zu 10 Prozent führen kann. Die neue Maschinengeneration von Aixemtec, die ›Fiberbeast Gen 2‹, ist speziell darauf ausgelegt, diese Anforderungen an höchste Präzision zu erfüllen **(Bilder 2 und 3)**. Neben typischerweise optischen Transceivern ermöglicht die eingesetzte Technologie die Montage und das Testen einer Vielzahl photonischer Systeme für Anwendungen wie Lidar-Systeme, Laser, medizinische Endoskope, Mikrooptik und weitere mehr. Als Komplettanbieter stellt Aixemtec neuartige Lösungen in der Photonik-Montage und -Testung zur Verfügung, um die Möglichkeiten dieser transformativen Technologie vollständig zu erschließen.

> KONTAKT

HERSTELLER
AIXEMTEC GmbH
D-52134 Herzogenrath
Tel. +49 2407 9538480
info@aixemtec.com
www.aixemtec.com

Bild: Aixemtec

© MIKROvent, Mainburg

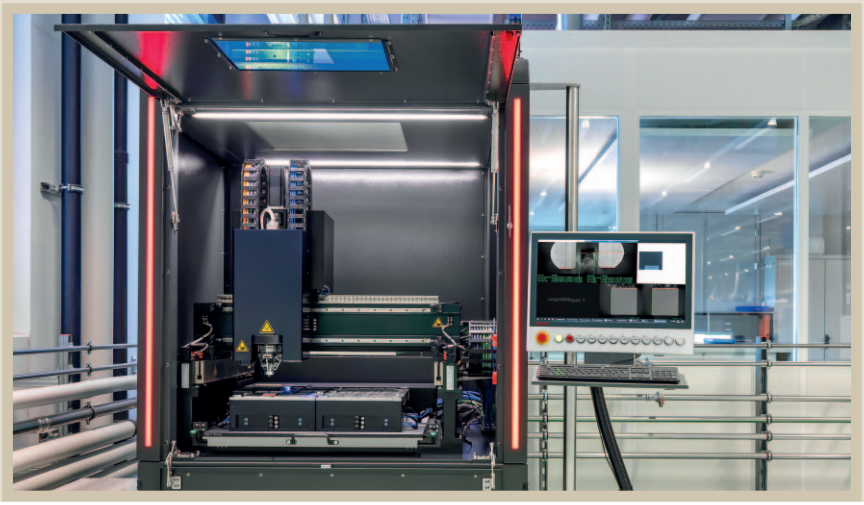


Bild 2. Eine Maschine von Aixemtec im Produktionsumfeld beim Unternehmen Fisba Optik

Plattform mit modularer Architektur

Bei der Entwicklung der Fiberbeast-Maschinenplattform folgten die Ingenieure einem klaren Mandat: Sie sollten von Grund auf eine Maschine entwerfen, die die erforderliche Funktionalität für Montage- und Testoperationen im Sub-µm-Bereich auf eine möglichst effiziente Weise bereitstellt. Dies umfasste die Integration von bis zu drei kollaborierenden Mikromanipulatoren, die eine präzise Ausrichtung und Positionierung der Komponenten ermöglichen.

Die Entwicklung der Fiberbeast wurde systematisch in drei Hauptdisziplinen gegliedert: Aktorik, Sensorik und Bedienbarkeit. In jedem dieser Bereiche wurden höchste Standards gesetzt, um den spezifischen Anforderungen der Photonik-Industrie gerecht zu werden. Die Aktorik umfasst dabei fortschrittliche Makro- und Mikromanipulationssysteme, die Bewegungen im Nanometerbereich koordiniert steuern können **(Bild 4)**. Die Sensorik unterstützt diese ▶

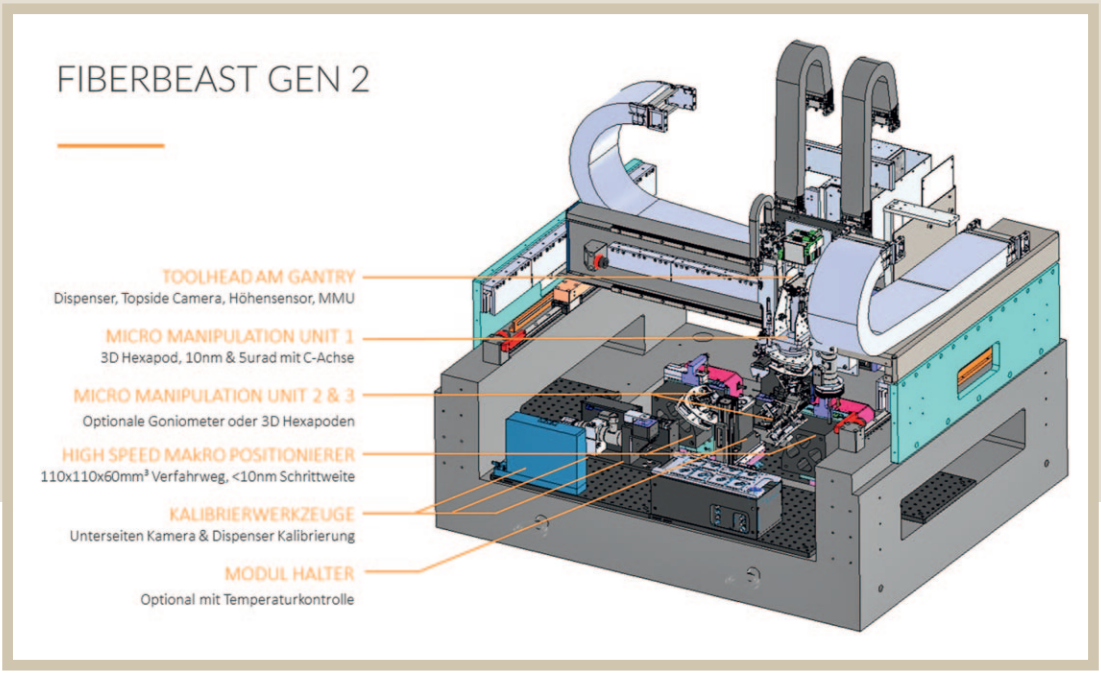


Bild 3. Die Plattform ›Fiberbeast Generation 2‹ im Detail

Präzision durch hochentwickelte Detektions- und Messsysteme, die eine genaue Analyse und Ausrichtung während der Montageprozesse gewährleisten. Diese Werkzeuge bieten die notwendigen Maschinenfähigkeiten, um effiziente Montage- und Testprozesse für die Produktion und Entwicklung faseroptischer Systeme mit besten Ergebnissen zu erzielen.

Baukastensystem für geringe Betriebskosten

Wesentliche Vorgaben für das Design waren die Nutzung und Weiterentwicklung des standardisierten Baukastensystems aus Werkzeugen und Prozessen. Dieser modulare Ansatz ermöglicht es, individuelle Anpassungen vorzunehmen und bei Bedarf neueste Versionen spezifischer Werkzeuge zu integrieren. Ebenso wichtig war die Integration in das intuitive Betriebssystem der Maschine, welches eine benutzerfreundliche Schnittstelle bietet und somit die Bedienbarkeit der komplexen Systeme erheblich vereinfacht und teilweise erst ermöglicht.

Diese modulare Architektur ermöglicht es nicht nur, die Maschine flexibel an unterschiedlichste Anwendungen anzupassen, sondern sie trägt auch dazu bei, die Betriebskosten zu minimieren und gleichzeitig die Effizienz und Genauigkeit der photonischen Montageprozesse zu maximieren.

Die Aktorik bildet das Rückgrat der beschriebenen Plattform und ermöglicht es, präzise und effiziente Montage- und Testoperationen in einem breiten Anwendungsspektrum zu gewährleisten. Alle Sensoren der Maschine sind nahtlos in das kinematische System integriert. Diese Integration ermöglicht eine effiziente Selbstkalibrierung der Maschine nach Umbauten oder beim Wechsel von Produktvarianten und hilft, anspruchsvolle Prozesse durch hochpräzise Vorpositionierung effizient zu gestalten. Die Koordination zwischen den Sensoren und den Aktoren ist so ausgestaltet, dass die Maschine automatisch Anpassungen vornimmt und Bauteil oder Montagetoleranzen automatisch korrigiert, um stets optimale Montagebedingungen sicherzustellen.

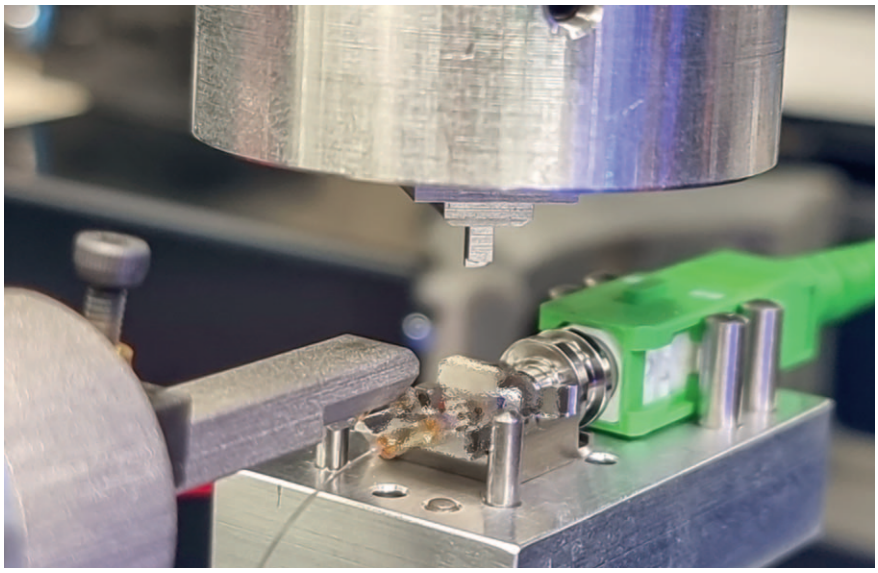


Bild 4. Kollaborierende Mikromanipulatoren in faseroptischem Transceiver-Modul

Klebetechnik für präzise Applikation

Bei Fiberbeast kommen Klebetechnologien zum Einsatz, die speziell für hochpräzise Montageanforderungen in der Photonik und Mikroproduktion konzipiert wurden. Eine Reihe von Dispensern und zugehörigen Systemen zur Überwachung und Kalibrierung ermöglichen im Zusammenspiel eine präzise Applikation von Klebstoffen **(Bild 5)**.

Bilder: Aixemtec

© MIKROvent, Mainburg

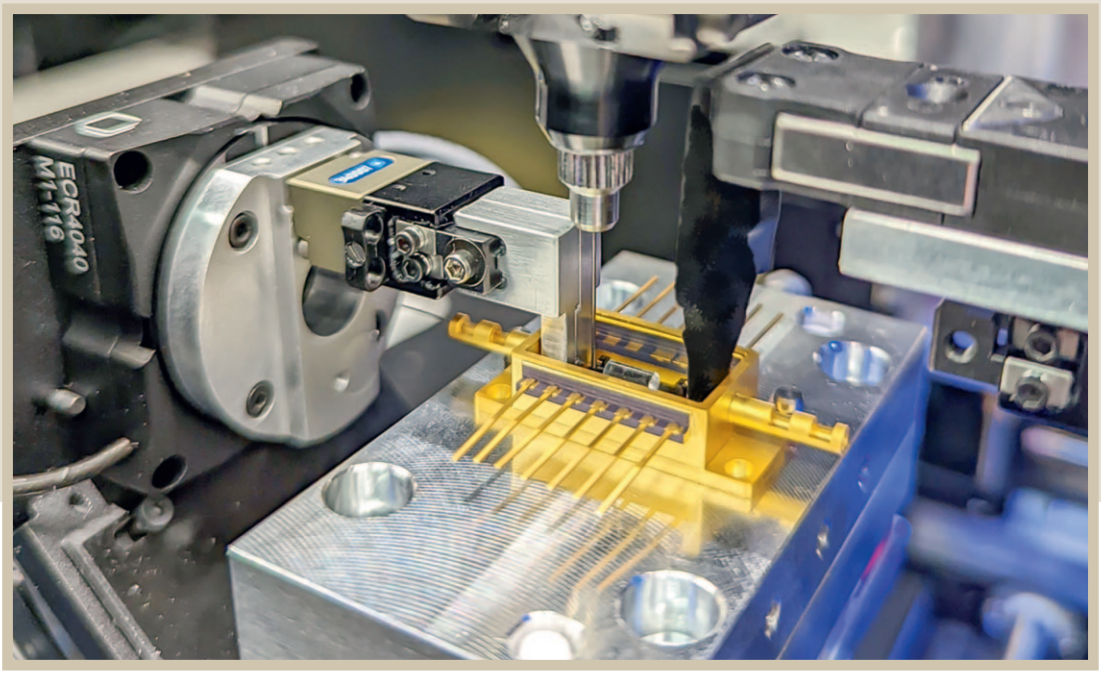


Bild 5. Die drei kollaborierenden Werkzeuge: links der Fasermanipulator, in der Mitte der Nadeldispenser, rechts der Photodetektor

■ Dispenser: Die Dispenser auf der Maschine bieten eine breite Palette von Dosierungsmöglichkeiten, um den unterschiedlichsten Anforderungen gerecht zu werden. Sie umfassen: Zeit-Druck- und volumetrische Dispenser, Exzenter- und Nadelventile, piezoelektrische und elektropneumatische Jet-Dispenser sowie kundenspezifische Werkzeuge. Diese Dispenser können Klebstoffe mit einer Viskosität von 1 bis 100 000 mPas handhaben und Volumina ab 300 Pikolitern präzise dosieren, was die Verarbeitung nahezu aller Flüssigkeitstypen ermöglicht.

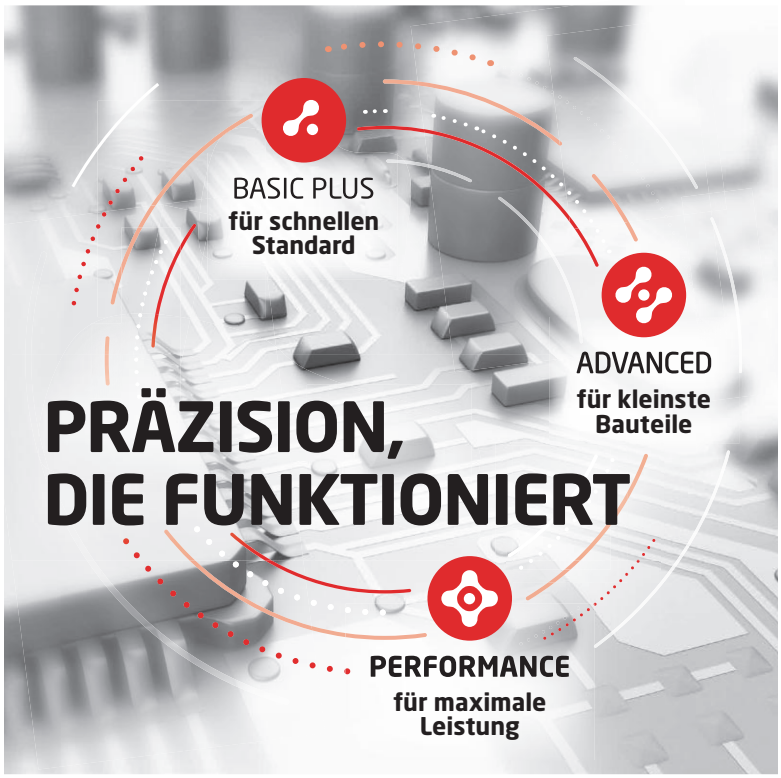
■ UV-Härtung: Zur Aushärtung der applizierten Klebstoffe ist Fiberbeast mit einem integrierten UV-Ringlicht ausgestattet, das in den Mikromanipulator integriert ist. Dieses Lichtsystem bietet eine Leistung von bis zu 8 W bei 365 nm, kann jedoch auch an spezifische Kundenbedürfnisse angepasst werden. Die UV-Härtung ist entscheidend für die schnelle und effektive Aushärtung der Klebstoffe, was für Produktionsprozesse mit hohen Durchsatzraten unerlässlich ist.

■ Kalibrierung und Überwachung der Klebstoffapplikation: Auf der Prozessplatte der Fiberbeast befinden sich zusätzliche Tools zur Kalibrierung und Überwachung der Klebstoffapplikation. Diese Werkzeuge umfassen zum einen ›Adhesive Dispenser Calibration Tools‹, Werkzeuge zur Kalibrierung des Ziel-Dosierungsvolumens sowie der Positionierungsgenauigkeit der Dispenser. Condition-Monitoring-Tools überwachen zum anderen den Zustand der Klebstoffapplikation während des Betriebs.

Diese umfassend gestaltete Klebetechnologie ermöglicht es der Maschine, präzise und reproduzierbare Klebeprozesse auszuführen, die für die Qualität und Zuverlässigkeit der endgültigen photonischen und mikrooptischen Baugruppen entscheidend sind.

Die Bedienbarkeit der Fiberbeast-Maschinen wurde mit der Einführung der neuen Maschinenbetriebssoftware auf ein neues Niveau gehoben. Diese Software optimiert die Nutzbarkeit der Maschinen, indem ▶

SMD-Schablonen



info@photocad.de
www.photocad.de

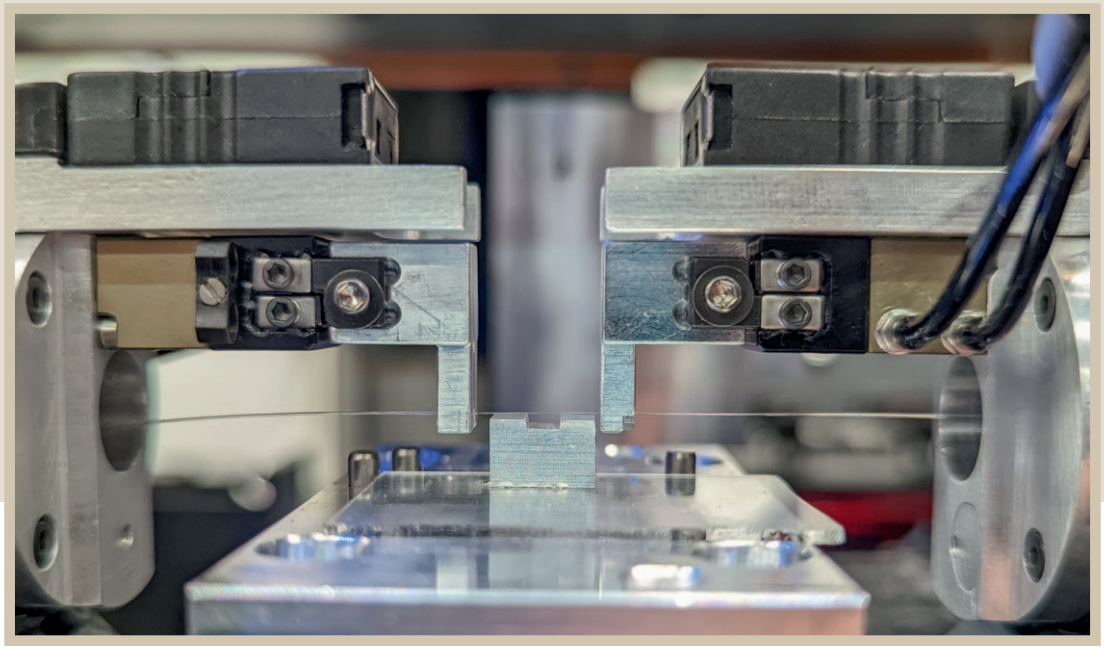


Bild 6. Fiber to Fiber Coupling für die Kalibrierung von Messgeräten

sie an verschiedene Nutzergruppen angepasste Betriebsmodi bietet – vom Bediener über den Wartungsingenieur bis zum Entwicklungsingenieur. Jedes Interface ist speziell darauf zugeschnitten, die notwendigen Informationen und Bedienelemente auf intuitive Weise bereitzustellen, wodurch die High-End-Hardware einfach zu benutzen ist.

Digitaler Zwilling und Offline-Visualisierung

Die Besonderheiten der Softwarefunktionalität umfassen folgende, verschiedene Aspekte:

- Digitaler Zwilling und zentrales kinematisches Modell: Das kinematische Modell der Maschine unterstützt diese Prozesse durch die Verwendung eines digitalen Zwillings. Jeder Aktor, jeder Sensor und jede Komponente verfügt über ein eigenes Koordinatensystem, das von der Maschine in Echtzeit verarbeitet wird. Dies erlaubt es dem Entwickler, in kartesischen Koordinaten zu programmieren und durch Einmessvorgänge die Komponenten und Prozesstoleranzen in ihrem Einfluss auf das Montage- oder Testergebnis zu minimieren.
- Offline-Erstellung und Visualisierung von Ablaufdiagrammen: Die Visualisierung eines Prozessablaufdiagramms ermöglicht die Erstellung und Anpassung von Prozessketten für beliebige Arbeitsschritte. Dies unterstützt die Benutzer dabei, den Überblick über komplexe Abläufe zu behalten und somit Implementierungsfehler zu reduzieren sowie Dead-Ends zu entdecken, bevor die Maschine physisch existiert beziehungsweise ohne diese zu belegen.
- Zentrale Koordinatenverwaltung: Ein zentral angelegtes Koordinatenverwaltungssystem erleichtert die Bedienung der Maschine erheblich. Benutzer können intuitiv verschiedene Koordinatensysteme der Maschine verwalten und automatisch ineinander transformieren, was besonders bei der Anpassung von Prozessen an spezifische Anwendungsbedürfnisse hilfreich ist.
- Modulare Prozessbausteine: Die Software bietet vorgefertigte, parametrierbare Prozessbausteine und ermöglicht es den Benutzern, eigene Bausteine zu erstellen und diese in das System zu integrieren. Diese Bausteine können auf eigenen Hardwareelementen implementiert und in einer beliebigen Hochsprache programmiert werden, was eine hohe Flexibilität in der Prozessgestaltung gewährleistet.
- Echtzeitfähigkeit und Parallelisierbarkeit: Die Software unterstützt den Echtzeitbetrieb und die parallele Ausführung von Prozessen in beliebiger Tiefe. Dies ist entscheidend für die Optimierung der Produktionsabläufe und die Effizienzsteigerung, insbesondere in hochdynamischen Produktionsumgebungen.

Durch diese Funktionen gewährleistet die Betriebssoftware der Fiberbeast-Maschinen nicht nur eine besonders hervorzuhebende Bedienfreundlichkeit, sondern auch die Anpassungsfähigkeit und Skalierbarkeit, die für moderne photonische Produktionsprozesse erforderlich sind.

Justage in drei Schritten bis zur maximalen Signalstärke

Die Maschine Fiberbeast der Generation 2 geht als entscheidendes Werkzeug in der Präzisionsfertigung photonischer Komponenten an den Start, um insbesondere in der Faserkopplung und Waveguide-Kopplung für Single-Mode-Applikationen neue Maßstäbe zu setzen. Diese Anwendungen erfordern eine Post-Bonding-Genauigkeit im Sub-µm-Bereich, um höchste Signalintegrität und Leistungsfähigkeit zu gewährleisten. Die Maschine ermöglicht zeitoptimierte Justageprozesse für die Ausrichtung faseroptischer Systeme von beiden Seiten, einschließlich Einzelfasern, Faserarrays sowie Lasersysteme. Die Justage dieser Komponenten erfolgt in drei präzisen Schritten:

Bilder: Aixemtec

© MIKROvent, Mainburg

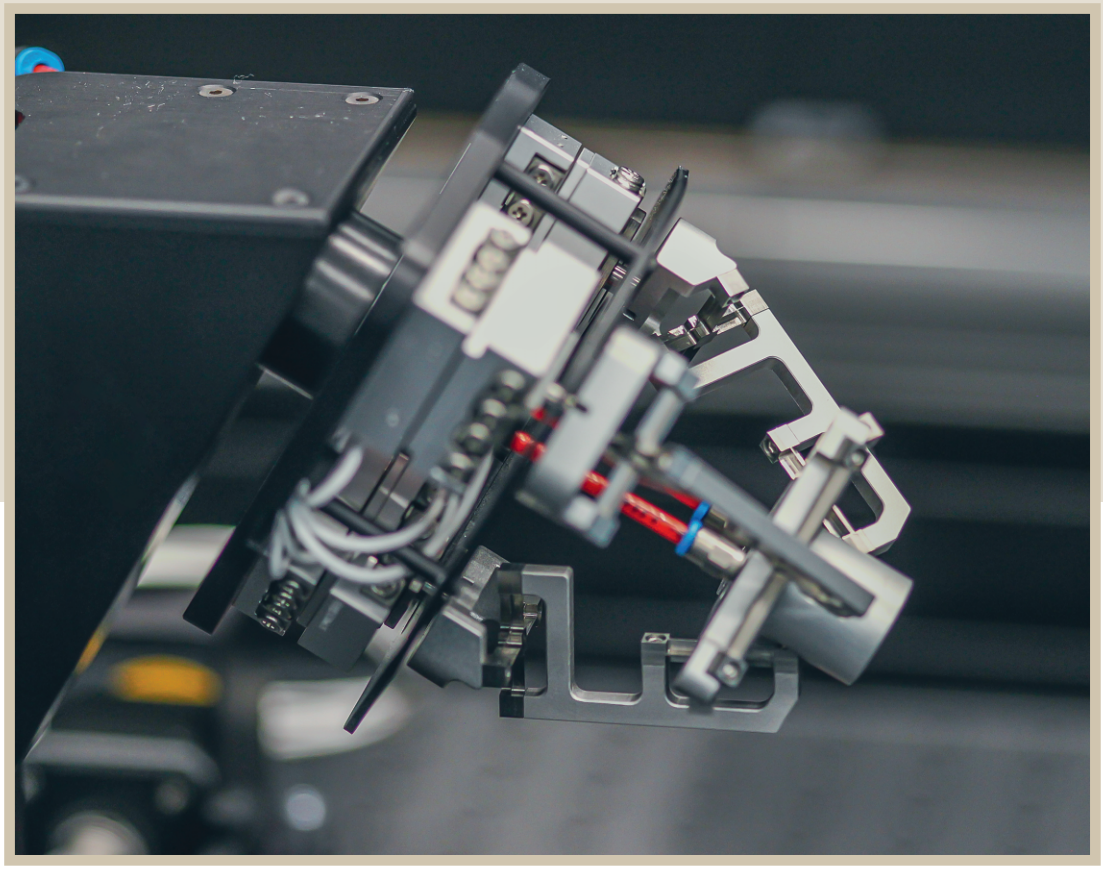


Bild 7. 3D-Mikromanipulator in vertikaler Anordnung für Grating-Coupling-Anwendungen

■ Geometrische hochpräzise Vorpositionierung: Die hochpräzise initiale Positionierung reduziert den notwendigen Scan-Bereich für die nachfolgenden Schritte erheblich.

■ Grober Scan zur Signalfindung: schnelles Auffinden des optischen Signals durch explorative Scans und nahtlose Integration von Motion und Sensorik.

■ Feinscan für die finale Ausrichtung: präzise Anpassung der Komponenten zur Maximierung der Signalstärke und zur Optimierung der Kopplungseffizienz.

Durch diese methodische Vorgehensweise und die präzise Vorpositionierung werden effiziente und zeitsparende Prozesse ermöglicht. Fiberbeast ermöglicht die Integration und das Zusammenwirken mehrerer Sensoren, wie Leistungsmessköpfe, Strahlprofilometer und Wellenlängenmessgeräte. Die hardwarenahe Programmierung unterstützt echtzeitfähige Prozesse, wie Bauteilinspektionen, 3D-Positionierung, Höhenprofil- und 3D-Koordinatenmessungen sowie Kreisdispensier-Routinen, und natürlich die aktive Justage mittels kollaborierender Mikromanipulatoren, die zur weiteren Optimierung und Effizienzsteigerung beitragen.

Durch Selbstkalibrierung und standardisierte Kalibrierroutinen bietet die Plattform eine hohe Flexibilität und Multifunktionalität. Ähnliche Produktfamilien oder Architekturen können mit minimalen Umrüstaufwänden auf derselben Maschine gefertigt werden. Die intuitive Visualisierung des Prozessflusses rundet die Nutzbarkeit ab und erleichtert die Handhabung komplexer Prozesse.

Über Assembly und Test hinaus

Durch das Zusammenspiel von High-end-Aktoren und Sensoren bietet die Maschine zusätzliche Funktionalitäten, die über die reine Montageunterstützung hinausgehen. Das System kann auch als beidseitiges Image-Stitching-Mikroskop genutzt werden. Zudem fungiert die Maschine als Koordinatenmessmaschine und Profilometer, was es ermöglicht, präzise Messungen der geometrischen Eigenschaften von Bauteilen in Echtzeit durchzuführen. Auch reine Dispensieraufgaben erledigt die Maschine mühelos. Diese Einsatzmöglichkeiten machen die Lösung zu einer vielseitigen Plattform für die Hochtechnologie-Photonik **(Bilder 6 und 7)**.

Seit dem 1. Januar 2024 ist Aixemtec mehrheitlich Teil der Schunk Gruppe. Durch die strategische Allianz werden weltweit erweiterte Dienstleistungen angeboten. Im Zuge der Zusammenarbeit können auch komplexere Kundenanforderungen erfüllt sowie ein verbesserter After-Sales-Service geboten werden. ■ MI110846

AUTOR

TOBIAS MÜLLER ist Chief Commercial Officer bei Aixemtec in Herzogenrath; info@aixemtec.com