

Aus dem Labor in die Praxis

Mikrogetriebe in der Halbleiterfertigung

Rolf Slatter, Limburg/Lahn

Die Mikrotechnik ist längst aus ihrem Nischendasein herausgetreten und entwickelt sich zum prägenden Element eines wachsenden Industriezweigs. Eines der interessanten neuen Bauelemente ist ein Mikrogetriebe, das sich für die Halbleiterfertigung und andere anspruchsvolle Positionieraufgaben anbietet.



Viele Anwendungen in der Mikrorobotik, der Halbleiterfertigung und Feinmechanik, in medizinischen Geräten oder in der Photonik verlangen nach Antrieben und Getrieben im kleinstmöglichen Format. Vielfach genügt es nicht, diese Antriebe einfach nur zu verkleinern, denn dabei würden oft Kraft und Präzision auf der Strecke bleiben. So spektakulär Mikromechanik auf Siliziumbasis auch erscheint, so wenig eignet sie sich zur ausreichenden und präzisen Kraftübertragung und Integration in herkömmliche mechanische Systeme.

Gerade Mikroantriebe sollen nicht nur Bewegung erzeugen, sie sollen vielmehr zum hochpräzisen Ausrichten oder Justieren kleinster Bauteile wie Linsen, Spiegel oder Greifer geeignet sein. Die wesentlichen Anforderungen an die Mikroantriebssysteme in diesen innovativen Anwendungen sind neben der miniaturisierten Baugröße und dem geringen Eigengewicht vor allem präzise und spielfreie Bewegungsabläufe. Hohe Wiederholgenauigkeit, präzise Bewegungsübertragung und hohe Zuverlässigkeit stehen hier an oberster Stelle.

Mikroantriebssysteme bieten den Vorteil, dass sie bauraumoptimierte Außen-

abmessungen und daher eine geringe Masse aufweisen. Die niedrige Massenträgheit der bewegten Komponenten verleiht ihnen hohe Dynamik bei geringem Energieverbrauch und niedriger Antriebsleistung. Darüber hinaus ermöglicht das geringe Eigengewicht der Mikroantriebe die Entwicklung von innovativen Applikationen in hochdynamischen Systemen.

Weltweit kleinstes spielfreies Getriebe

Das von Micromotion, einer Schwesterfirma von Harmonic Drive, entwickelte Mikroantriebssystem wird nicht nur hoch-

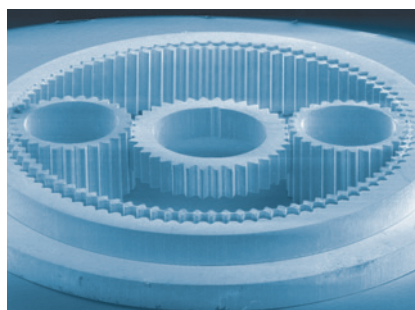


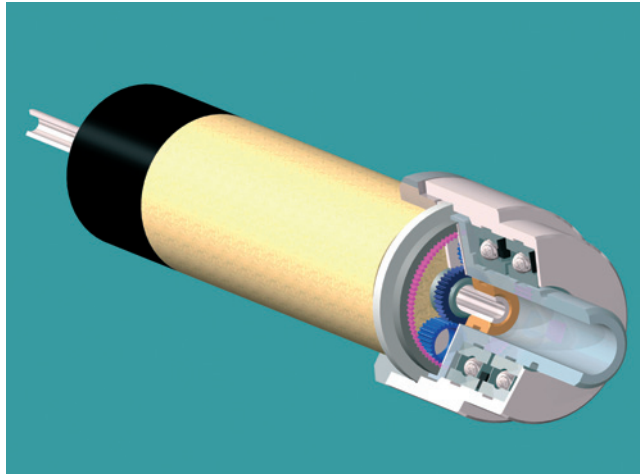
Bild 1. REM-Bild des Getriebeeinbausatzes
Micro Harmonic Drive

präzise gefertigt, sondern ermöglicht auch hochpräzise Bewegungen. Es handelt sich hier um das kleinste spielfreie Getriebe der Welt, das »Micro Harmonic Drive«. Die Miniaturabmessungen des Micro-Harmonic-Drive-Getriebeeinbausatzes sind bestechend: Der Außendurchmesser liegt bei nur 8 mm, die axiale Länge beträgt 1 mm. Er bietet Untersetzungsverhältnisse von 160 : 1 bis 1000 : 1 (Bild 1).

Um die Einbindung des Getriebes in die Maschine oder ein anderes Produkt zu vereinfachen, ist das Micro-Harmonic-Drive-Getriebe nur als Getriebebox verfügbar. Verschiedene Varianten ermöglichen es dem Anwender, die Getriebebox entweder direkt mit gängigen Mikromotoren, etwa von Arsape, Escap, Faulhaber, Maxon, Mymotors oder RMB, zu kombinieren, oder – wenn es sich um die Variante mit Antriebswelle handelt – den Motor seitlich anzubauen. Die Eckdaten der neuen Getriebeboxen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Vor kurzem konnte Micromotion eine noch kleinere Getriebevariante mit einem um 25 Prozent reduzierten Außendurchmesser und einem erweiterten Untersetzungsverhältnis realisieren. Dieser neue Antrieb verfügt über eine zentrale Hohl-

Bild 2. Im weltkleinsten Positionierantrieb arbeitet ein noch weiter miniaturisiertes Getriebe mit zentraler Hohlwelle



welle und ist im weltkleinsten Positionierantrieb (Bild 2) integriert, der in enger Zusammenarbeit mit dem Motorhersteller Maxon Motor entstanden ist. Die Bohrung mit einem Durchmesser von 0,65 mm lässt sich für die Durchföhrung von Laserstrahlen und optischen Fasern oder für die

HERSTELLER

Harmonic Drive AG,
65555 Limburg an der Lahn,
Tel. 0 64 31 / 50 08 -0,
Fax 0 64 31 / 50 08 -18,
www.harmonicdrive.de

Luftversorgung durch die zentrale Achse der Getriebebox nutzen. Ergänzt wird der Mikroantrieb mit einem elektronisch kommutierten Maxon-Motor Typ EC 6 in einer speziellen Ausführung mit Hohlwelle. Ohne Motor liegt die axiale Länge der Micro-Getriebebox bei 12,3 mm bei einem Außendurchmesser (Gehäuse) von 8 mm. Mit Motor erreicht sie eine Gesamtlänge von nur 31,3 mm, einschließlich magnetischem Encoder mit 100 Pulsen pro Motorumdrehung - bei diesen Maßen ist die Verzahnung der Zahnräder nur noch unter dem Mikroskop zu erkennen.

Produktion im modifizierten LIGA-Verfahren

Die Herstellung des Getriebes beruht auf dem LIGA-Verfahren (Lithografie, Galvanoformung, Abformung), welches bei Micro-motion modifiziert wurde, um die kostengünstige Serienproduktion von metallischen Zahnrädern zu ermöglichen. Um gleichzeitig die hohen Unteretzungen und die geringen Abmessungen realisieren zu

können, wird für die Zähne ein Modul von 34 µm verwendet, das entspricht weniger als der Hälfte der Breite eines menschlichen Haars. Alle Zahnräder des Micro Harmonic Drive bestehen aus einer Nickel-Eisen-Legierung. Auf Grund ihrer hohen Streckgrenze von 1500 N/mm², dem niedrigen Elastizitätsmodul von 165 000 N/mm² und ihrer Dauerfestigkeit bietet diese galvanisch abgeschiedene Legierung exzellente Materialeigenschaften für hoch beanspruchte Mikroahnräder.

Es wurden bereits Getriebe in diesen Miniaturabmessungen entwickelt, unter anderem auch aus Kunststoffmaterialien. Die erreichen jedoch nicht diese Genauigkeit in der Bewegungsübertragung. Anhand eines Vergleichs lässt sich die erreichbare Genauigkeit gut verdeutlichen:

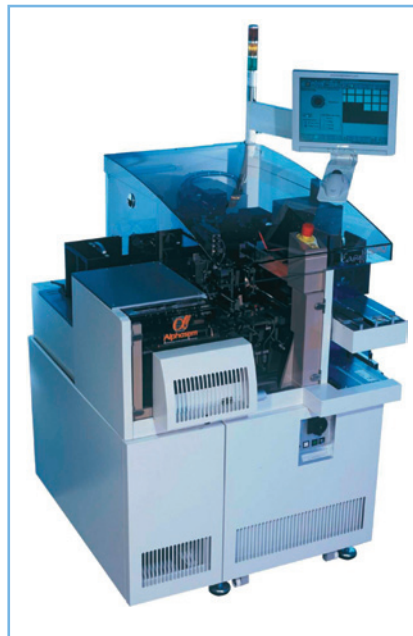


Bild 3. Eine Die-Attach-Maschine wie die »Easyline 8032« montiert Chips in ihre Gehäuse

Könnte ein bisher verfügbares Getriebe dieser Baugröße bei der Ablenkung eines Laserstrahls auf einer Fußballfeldlänge vielleicht das Tor treffen, kann ein Mikrogetriebe wie das Micro Harmonic Drive auf Grund seiner Wiederholgenauigkeit von ± 10 Winkelsekunden um den Faktor 1000 genauer ein auf der Kante stehendes Ein-Cent-Stück treffen.

Diese außerordentliche Genauigkeit liegt in derselben Größenordnung wie die der bewährten konventionell hergestellten Harmonic-Drive-Getriebe, die erst ab einem Außendurchmesser von 20 mm verfügbar sind. Diese Genauigkeit öffnet vielfältige Anwendungsgebiete. Die ersten Serienanwendungen liegen in den Bereichen Photonik und Halbleiterfertigung. Im erstgenannten Bereich, zum Beispiel in hochwertigen optischen Schaltern, müssen Spiegel hochdynamisch und hochgenau positioniert werden. Hierfür ist das neue Getriebe mit seinem Drehmoment von 40 mNm bei einem Außendurchmesser von nur 10 mm ideal geeignet. Weitere Anwendungen in diesem Bereich gibt es in Mikroskopen, um die darin integrierten Linsen zu verstellen. Die kompakten Abmessungen des Mikroantriebs ermöglichen es, jede Linse einzeln anzutreiben, während bei früheren Lösungen die Linsen oft mechanisch gekoppelt wurden.

Anwendungsbeispiel in der Halbleiterfertigung

Bei der Halbleiterfertigung lässt sich unterscheiden zwischen einem »Front-End«-Prozess, bestehend aus der photolithografischen Verarbeitung des Silizium-Wafers, und einem »Back-End«-Prozess, der beim Sägen des Wafers in einzelne Chips anfängt und mit den fertig verpackten, montagefertigen Elektronikbauteilen aufhört.

So genannte »Die-Attach«-Maschinen werden in der Montagephase des »Back-End«-Prozesses verwendet. Die Schweizer Firma Alphasem ist einer der weltführenden Hersteller solcher »Die-Attach«-Maschinen. Diese werden verwendet, um die Halbleiterchips in ihre schützenden Verpackungen zu montieren.

Dabei müssen die staubkorngroßen Chips, die oft nicht größer als 0,25 x 0,25 mm sind, hochpräzise ausgerichtet und positioniert werden. Die neue Maschine Typ »Easyline 8032« (Bild 3) von Alphasem verfügt über ein neuartiges »Rotary Bond Tool« (Bild 4), das die Chips extrem schnell in beliebige Winkelpositionen bewegt.

Herzstück dieser Baugruppe ist eine Micro-Harmonic-Drive-Getriebebox in einer anwendungsspezifischen Ausführung. Das Getriebe wird durch einen Mikro-Schrittmotor angetrieben, der über eine Stirnradstufe in das Micro Harmonic Drive eintreibt. Die Getriebebox ist mit einer Hohlwelle ausgeführt, was die Vakuumzufuhr durch das

	Baugröße	MHD 8		MHD 10		
		160:1	500:1	160:1	500:1	1000:1
Spitzendrehmoment	[mNm]	6	16	10	26	40
Nenn Drehmoment	[mNm]	3	8	5	13	20
Verlustdrehmoment	[µNm]	30	35	50	45	40
Wiederholgenauigkeit	[arcsec]	±10	±10	±10	±10	±10
Außendurchmesser	[mm]	8	8	10	10	10

Tabelle 1. Die wichtigsten Daten des Mikrogetriebes

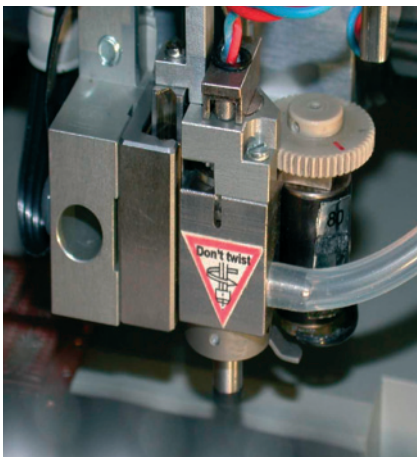


Bild 4. Kernstück der Die-Attach-Maschine ist das »Rotary Bond Tool« mit Mikrogetriebe

Getriebe ermöglicht. Diese wird benötigt, um die Halbleiterchips für den weiteren Positioniervorgang zu greifen. Die Hohlwelle ermöglicht auch die Benutzung eines optischen Sensors, um sicherzustellen, dass der Chip erfolgreich gegriffen wurde. Die Abtriebswelle wird mit vorgespanntem Kugellager gestützt, was ausreichende Führungsgenauigkeit gewährleistet.

Mit dieser Baugruppe, die komplett bei Micromotion montiert und geprüft wird, lassen sich die Chips mit Sub-Mikrometer-Genauigkeit und hoher Geschwindigkeit positionieren. Während der Entwicklungsphase des Rotary Bond Tools wurden ausführliche Dauertests durchgeführt, um die

Zuverlässigkeit der Baugruppe zu prüfen. Dabei wurden mehr als 18 Millionen Zyklen ohne merklichen Unterschied in der Positioniergenauigkeit gefahren.

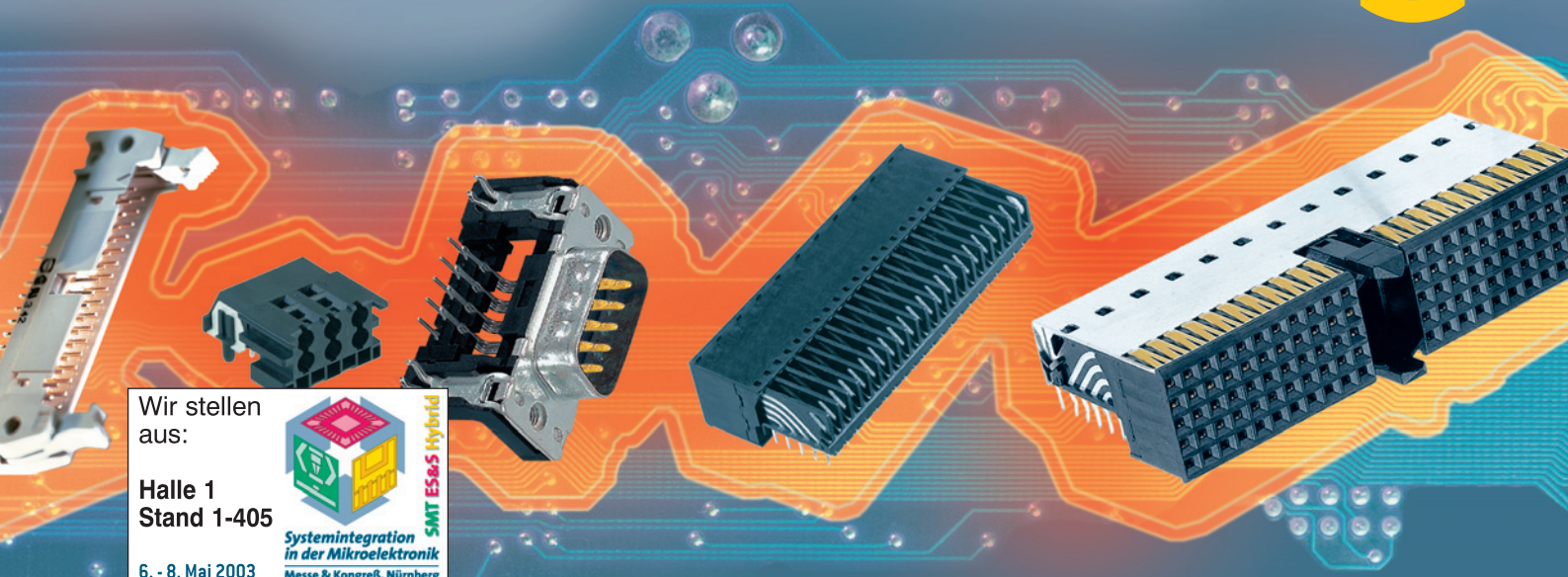
Anwendungen dieser Art zeigen, wie es in weniger als zwei Jahren gelungen ist, die Technik des Micro Harmonic Drive aus dem Labor in praktische Serienanwendungen in der Industrie zu übertragen.

Autor

Dr. Rolf Slatter ist Vorstand für Marketing und Vertrieb bei Harmonic Drive in Limburg an der Lahn.

Hitze lässt diese Steckverbinder kalt.

People | Power | Partnership



Wir stellen aus:
Halle 1
Stand 1-405
 6. - 8. Mai 2003



Mit unseren hochoberflächenfähigen Steckverbindern optimieren Sie Fertigungsabläufe. Denn sie können ohne Änderung der Prozessparameter im Reflow-Lötofen verlötet werden. Durch das neue Fin-Design gewährleisten unsere Produkte eine gleichmäßige Wärmezufuhr während des Lötvorgangs. Dadurch wird beim gemeinsamen

Verlöten des Steckverbinders mit anderen SMT-Bauelementen die Durchlaufzeit im Reflow-Ofen nicht erhöht. Der Umstieg ist dabei leicht, schnell und sicher durchführbar, da unsere Steckverbinder volle Kompatibilität zur Einpressversion besitzen. Sie sehen:

Wer unsere Technologien hat – hat von allem mehr.