

Hochgenaue Antriebe für die optische Industrie

Für lithografische Prozesse in der Halbleiterindustrie werden besonders große, asphärische Linsen bis zum Durchmesser von 500 mm benötigt, mit denen sich extreme Verkleinerungen erzielen lassen. Die hierbei gestellten Anforderungen an die Schleifmaschinen zur Herstellung dieser Linsen sind hoch, um ein fehlerloses Resultat der Oberfläche zu erzielen. Daher müssen die in den Schleifmaschinen eingesetzten Antriebe hochpräzise arbeiten. Schüssler-Technik bietet hierfür Torquemotoren an (Bild 1), die unter anderem durch die eingebauten Winkelmessgeräte von Heidenhain das hochgenaue Schleifen der mineralischen Linsen ermöglichen.



Bild 1

Die hochgenauen Torquemotoren können statt hydrostatischer Antriebe eingesetzt werden

men an. Dass wir hier die Bedürfnisse des Marktes bedienen, zeigt allein der Umsatz dieses Geschäftsbereichs, der heute schon zirka 30 Prozent vom Gesamtumsatz bei Schüssler-Technik ausmacht“. Wie leistungsfähig diese Antriebe heute sind und welche technische Innovationen in ihnen stecken, wird im Folgenden beispielhaft an einer Schleifmaschine für die Halbleiterindustrie aufgezeigt.

Pulsationsfreie eisenbehaftete Torquemotoren

Eine besondere Herausforderung an den Produktionsprozess stellt die Herstellung von mineralischen, asphärischen Linsen für lithografische Prozesse in der Halbleiterindustrie dar. Die hier eingesetzten Schleifmaschinen und ihre Komponenten müssen höchsten Ansprüchen genügen. Ein bekannter Hersteller von Schleifmaschinen setzt daher die pulsationsfreien Torquemotoren HGE von Schüssler-Technik ein.

Der Vorteil der verwendeten eisenbehafteten Torquemotoren gegenüber eisenlosen Motoren ist, dass sie eine höhere Leistungsdichte bieten. Ein Nachteil dieser Motorenart ist aber normalerweise, dass durch die Magnete und das genutete Blech Rastkräfte erzeugt werden, die als Pulse an der Motorwelle gemessen werden können. Diese würden beim Schleifen der mineralischen Linsen kurzweilige Fehler bedingen – die Linse wäre somit nicht zu gebrauchen.

Um trotzdem eisenbehaftete Motoren mit ihrer hohen Leistungsdichte auch in Anwendungen mit höchsten Genauigkeitsanforderungen einsetzen zu können, werden die Motoren bei Schüssler-Technik seit vielen Jahren laufend verbessert. Durch eine hochpolige Bauweise, eine optimierte Blechgeometrie und Wickeltechnik des Stators sowie

Das Pforzheimer Unternehmen Schüssler-Technik ist in zwei Geschäftsbereiche untergliedert. Der erste Geschäftsbereich stellt vorwiegend Fräs-, Biege- und Laserlötmaschinen zur Herstellung von Brillen her. Der Zweite beschäftigt sich mit der Entwicklung und dem Vertrieb von Direktantrieben. Er entstand vor knapp 14 Jahren durch den Wunsch, die Getriebe durch Direktantriebe in den eigenen Spezialmaschinen für die Brillenherstellung zu ersetzen, um schneller und genauer positionieren sowie ohne Schwingungsmarkierungen auf der Oberfläche fräsen zu können.

Auf dem Markt gab es damals aber keine Torque- und Linearmotoren, die den Anforderungen des Pforzheimer Unternehmens genügen. Daher entschloss sich der Inhaber Bernd Schüssler, diese Direktantriebe im eigenen Haus zu entwickeln. „Seit zirka 6 Jahren“, erzählt Ullrich Gäbel, Leiter Entwicklung Direktantriebe bei Schüssler-Technik (Bild 2), „bieten wir unsere kundenspezifischen Torque- und Linearmotoren sowie Mittelfrequenzspindeln auch anderen Fir-

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Fuchs

Kontakte:

Schüssler-Technik
Im Altgefäll 10
75181 Pforzheim
Tel.: 0 72 31/96 16-0
Fax: 0 72 31/96 16-16
info@schuessler-technik.de
www.schuessler-technik.de

Dr. Johannes Heidenhain GmbH
Dr.-Johannes-Heidenhain-
Str. 5
83301 Traunreut
Tel.: 0 86 69/31-0
Fax: 0 86 69/50 61
E-Mail: info@heidenhain.de
www.heidenhain.de

spezielle Statorbleche und Magnete weisen die wassergekühlten Motoren heute kaum messbare Rastkräfte mehr auf.

Neben der Reduzierung der Rastkräfte ist die Güte der Lagerung von entscheidender Bedeutung für die Qualität der Antriebe, da beide Größen entscheidenden Einfluss auf die Höhe der Pulsation der Motorachse haben. Aus diesem Grund hat Schüssler-Technik eigene Axial-/Radialrollenlager entwickelt, deren Lagerpulsation kleiner als $0,01 \mu\text{m}$ ist. Eine solch kleine Lagerpulsation bieten normalerweise sonst nur hydrostatische Lagerungen. Diese kaum messbare Lagerpulsation wird erreicht durch höchste Qualität der Lager-Laufbahnen sowie durch minimale Abweichungen der Rollengeometrie. Das Resultat ist ein eisenbehafteter Torquemotor mit hoher Leistungsdichte, dessen axiale Achspulsation insgesamt (Pulsation durch Lager und Motor) kleiner $0,02 \mu\text{m}$ ist.

Eine weitere wichtige Forderung beim Einsatz in der Schleifmaschine zur Herstellung von mineralischen Linsen mit Durchmessern bis 500 mm und Massen bis 50 kg für die Halbleiterindustrie war, dass die Lagerung der Motoren extrem kippsteif ausgeführt sein muss. Hierdurch wurde erreicht, dass der maximale Kippfehler durch Gewichtsverlagerung beim Verfahren der Antriebe $0,2 \mu\text{m}$ beträgt. Die maximale Plan- und Rundlaufabweichung der Achsen beträgt $0,3 \mu\text{m}$.

Um solche hochgenauen Antriebe auch optimal betreiben zu können, bedarf es ebenso präziser Messinstrumente. Daher setzt man bei Schüssler-Technik die Einbau-Winkelmessgeräte der Baureihe ERA 4000 von Heidenhain ein, die eine hochgenaue Erfassung der Winkelposition mit einer Genau-

igkeit von wenigen Winkelsekunden bieten.

Modulare Winkelmessgeräte ohne Eigenlagerung

„Vorher war in den Motoren ein anderes Messgerät eingebaut. Durch die im Lauf der Zeit gewachsenen Anforderungen an die Genauigkeit entschied man sich dann“, erinnert sich Ullrich Gäbel, „das ERA 4000 von Heidenhain einzusetzen. Bei dieser Entscheidung spielte neben den guten Eigenschaften des Winkelmessgerätes wie Genauigkeit und Signalgüte auch die langjährigen guten Erfahrungen mit den Heidenhain-Fachleuten eine wichtige Rolle. Wir arbeiten seit über 20 Jahren sehr erfolgreich mit Heidenhain zusammen“.

Die Einbau-Winkelmessgeräte der Baureihe ERA 4000 von Heidenhain bestehen aus den separaten Baugruppen Abtastkopf und Teilungstrommel (Bild 3). Sie zeichnen sich durch ihre kompakten Abmessungen und die hohe Güte der Positionsinformationen in Verbindung mit einer hohen Anzahl von Signalperioden aus. Auf den Teilungstrommeln ist hierzu eine regelmäßige Teilungsstruktur aufgebracht, aus der die Positionsinformationen gewonnen werden. Da zum Bestimmen der Positionen ein absoluter Bezug erforderlich ist, verfügen die Teilungstrommeln über eine weitere Spur, die abstandscodierte Referenzmarken enthält. Durch die definiert unterschiedlichen Abstände der Referenzmarken muss lediglich eine geringe Drehbewegung vollzogen werden, um zwei benachbarte Referenzmarken zu überfahren und somit den absoluten Bezug zu erhalten.

Für Ullrich Gäbel ist, „einer der herausragenden Vorteile des modularen Aufbaus,



Bild 2

Laut Dipl.-Ing. (FH) Ullrich Gäbel „wirkt sich die Qualität der Positionsinformationen direkt auf die Genauigkeit der Positionierung und das Drehzahlverhalten aus. Daher setzen wir die hochgenauen Winkelmessgeräte ERA 4000 ein“

dass die Teilungstrommel sehr nahe am Lager platziert werden kann. Der Vorteil hierbei ist, je näher die Teilungstrommel am Lager platziert ist, umso geringer wirkt sich ein Fehler durch Verkipfung der Lager aus. Die Folge ist, dass die Messgenauigkeit kaum beeinflusst wird.“ Die Steifigkeit der Lagerung hat somit unmittelbaren Einfluss auf die Messgenauigkeit. Je steifer die Lagerung ist, umso genauer kann auch gemessen werden.

Um die hohen Genauigkeiten der Winkelmessgeräte zu erreichen, wurden spezielle Verfahren für die Aufbringung der Teilungsstruktur auf der Trommel und für die Abtastung entwickelt. Die realisierte Teilung mit hoher Homogenität und Kantenschärfe sowie die Einfeld-Abtastung mit den optischen Filterstrukturen ermöglichen konstant hohe Signalqualitäten der Ausgangssignale über den gesamten Umfang. Die Unterteilungsgenauigkeiten sind deutlich besser als $\pm 1 \%$ der Signalperiode. Durch die hohe Signalgüte können die Servoregler in den Schleifmaschinen zur Herstellung der optischen Linsen mit einer 16 384-fach-Interpolation bei 24 000 Strichen des Messsystems betrieben werden – normalerweise sind Interpolationen bis 4096 üblich.

Die Teilungstrommel wird bei Schüssler mittels des ebenfalls von Heidenhain stammenden Anzeigeegerätes ND287 auf einen Rundlauf von $0,5 \mu\text{m}$ justiert. „Somit können wir in etwa auf die Teilungsgenauigkeit des Messsystems ausrichten. Dies wäre mit einer Messuhr nicht möglich“, erläutert Ullrich Gäbel. Hierfür wird ein zweiter Messkopf angebracht, der nach dem Ausrichten wieder entfernt wird (Bild 4). Somit kann die hohe spezifizierte Genauigkeit des Messgerätes



Bild 3

Die Einbau-Winkelmessgeräte der Baureihe ERA 4000 bestehen aus den separaten Baugruppen Abtastkopf und Teilungstrommel



Bild 4

Für das Ausrichten wird ein zweiter Messkopf angebracht, der danach wieder entfernt wird

auch sicher auf den Motor übertragen werden. Dieses hochpräzise Ausrichten ist hier notwendig, da bei der Montage auftretende Ungenauigkeiten sofort sichtbar beim produzierten Produkt sind. Das Ausrichten selber benötigt maximal 20 Minuten. „Ein weiterer Vorteil“ für Ullrich Gabel ist, „dass wir

nicht mit der Messuhr direkt auf dem Messsystem antasten müssen und somit eventuelle Beschädigungen vermieden werden“.

Fazit

Die kundenspezifischen Torquemotoren des Typs HGE kommen heute in den unterschiedlichsten Anwendungen zum Einsatz, wie zum Beispiel als Tischantrieb für die Hartbearbeitung, zum Spiegelfräsen sowie in Mess- und Schleifmaschinen. Die Torquemotoren stehen dabei für Drehzahlen von 200 bis 600 min^{-1} und für Drehmomente von 35 bis 600 Nm zur Verfügung. Ullrich Gabel fasst zusammen: „Heute sind wir schon soweit mit der Optimierung unserer Torquemotoren fortgeschritten, dass wir versuchen die hydrostatischen Führungen in Bereichen zu ersetzen, bei denen die Kraft schräg auf die Antriebe wirkt. Dies ist zum Beispiel bei der Hartbearbeitung oder beim Fräsen von Spiegelflächen in Werkzeugmaschinen der Fall. Die Kippsteifigkeit bei bestimmten Bauvolumen unserer Antriebe ist jetzt schon höher als bei vergleichbaren hydrostatischen Lö-

sungen. Derzeit arbeiten wir daran, die Dämpfung zu verbessern.“

Auch in Zukunft setzt man bei Schüssler-Technik dabei auf die Messgeräte von Heidenhain. „Wir benötigen bei der Entwicklung unserer Antriebe auch Sonderlösungen. Daher ist es für uns ein großer Vorteil, dass beispielsweise die Messgeräte der Baureihe ERA 4000 auch als kundenspezifische Lösung angeboten werden“, erläutert Ullrich Gabel. So kann beispielsweise der Innendurchmesser der Teilungstrommel optimal auf die Anwendung abgestimmt werden, um so nah wie möglich das Messsystem an das Lager anbauen zu können und so – wie in dem Beitrag beschrieben – einen möglichst geringen Messfehler beispielsweise bei Verkippen eines Lagers zu gewährleisten.

Literatur

- [1] Martin, M.: Hochgenaue Winkelmessgeräte – Für dynamische Applikationen. Productronic, Nr. 1/2, 2008