

Linearantriebe für High Speed-Positionierung im Hochvakuum

Speziell für Anwendungen im Hochvakuum wurde ein neues lineares Transportsystem entwickelt, das in einer Anlage zur Festplattenproduktion zum Einsatz kommt. Der modulare Aufbau und die intelligente Steuerung unterstützen dieses lineare Antriebssystem und tragen zur Skalierbarkeit der Anlage bei. Bekannte Probleme wie Abrieb, Vakuumdurchführungen und Verlustwärme werden bei diesem System vollständig vermieden.



Bild 1

„Racetrack“ als 12-Kammer-Version

Der Produktion gerecht werden

Die Speicherdichte der mit bis zu 15 000 Umdrehungen pro Minute rotierenden und magnetisch beschichteten Disks, die in Computerfestplatten eingebaut werden, beträgt heute bis zu 133 Gigabit pro Quadrat Zoll. Die aktuell in Festplatten verwendete Aufzeichnungsmethode stößt an ihre physikalischen Grenzen und die Hersteller von Festplatten und Anbieter von Produktionsanlagen mussten daher neue Wege finden, um die Speicherdichte der Festplatten weiter zu erhöhen. Im Beschichtungsprozess („Sputtern“) werden auf den Disks unter anderem magnetische Schichten aufgebracht, welche die Daten (Bits) in Form von magnetischen Domänen („Mikromagnete“) tragen. Diese Mikromagnete waren bis-

her längs zur Diskoberfläche orientiert (LMR = Longitudinal Magnetig Recording). Mit der neuen Technologie werden nun die Mikromagnete der Disk „aufgestellt“ (PMR = Perpendicular Magnetic Recording), weshalb wesentlich mehr Mikromagnete und somit Bits auf die gleiche Fläche passen.

Man rechnet in den nächsten fünf Jahren mit einer Zunahme der Speicherdichte um einen Faktor von bis zu 5. Um diese extreme Datendichte realisieren zu können, wird allerdings der Beschichtungsprozess wesentlich komplexer. Wo bisher 10 bis 13 Prozesskammern benötigt wurden, werden durch PMR bis zu 23 Kammern notwendig werden.

Oerlikon Balzers, vormals Unaxis, ein Marktführer in der Beschichtungs-Technologie, hat ein neues Maschinenkonzept entwickelt, mit dem diese neuen Prozesse beherrschbar werden. Dazu werden bis zu 24 Prozesskammern, die durch sogenannte „Gate Valves“ vakuumdicht voneinander getrennt sind, in zwei Ebenen übereinander angeordnet. Um die komplexen Anforderungen an die Antriebsmotoren, Regler und Achscontroller erfüllen zu können, hat Oerlikon die Firma Lust als Partner für das Antriebskonzept gewählt.

Der neue „Racetrack“ – seinen Namen verdankt er seiner rasanten Geschwindigkeit und dem hohen Durchsatz – ist ein Single-Disk-System, das jeweils eine Disk nach der anderen bearbeitet. Dabei handelt es sich um eine Anlage zum doppelseitigen gleichzeitigen Aufdampfen für alle Substratdurchmesser (Formfaktoren). Nach den früheren, kreisförmig arbeitenden Anlagen-generationen sind die Racetrack-Prozesskammern nun in zwei Ebenen übereinander angeordnet (Bild 1). Durch den modularen Aufbau ist die Anzahl der Prozesskammern in hohem Maße skalierbar. Damit stellt auch der Transport großer Anlagen, der bei den kreisförmig aufgebauten Anlagen an die Grenzen des Machbaren gestoßen war, kein Problem mehr dar.



Bild 2

Prozesskammer:
Prozessumgebung mit
Schutzschild, Poly-Kühlung
und Disk-Carrier

Autor

Ulrich Koch
Entwicklungsingenieur
Lust Antriebstechnik GmbH
Gewerbestraße 5-9
35633 Lahnau
Tel.: 0 64 41/9 66-0
Fax: 0 64 41/9 66-137
E-Mail: lust@lust-tec.de
www.lust-antriebstechnik.de

Linearmotoren für das Hochvakuum

Für den reibungslosen Transport der Disk-Carrier von Kammer zu Kammer (Bild 2) sorgen neu entwickelte Linearmotoren von Levitec, ein Unternehmen der Lust-Gruppe. Dabei stellt ein Teil des Carriers selbst den Läufer des Motors dar, der sich im Hochvakuum befindet, während außerhalb des Vakuums jeweils ein Stator angeordnet ist (Bild 3).

Um die extremen Reinheitsanforderungen im Hochvakuum sicher zu stellen, darf der im Vakuum befindliche Teil des Motors weder Magnete aufweisen, noch darf er zur Reduzierung der Wirbelströme geblecht ausgeführt werden. Er besteht deshalb einfach aus Eisenplatten, die im Abstand der Polteilung auf dem Carrier montiert werden. Da der Motor nach dem Synchronreluktanzprinzip arbeitet, entsteht im Vakuum nur eine geringe Verlustleistung, außerdem sind weder ausgasende Bauteile noch Vakuumdurchführungen erforderlich. Permanentmagnete zur Vormagnetisierung und zur Erzeugung der erforderlichen Haltekraft auch im stromlosen Zustand befinden sich ausschließlich im Stator.

Wegen der zwischen den Prozesskammern angeordneten Gate Valves bilden die Statoren keine durchgängige Feldwelle aus, sondern sind jeweils durch eine passive Strecke unterbrochen. Der Carrier muss deshalb so beschleunigt werden, dass er die aktuelle Prozesskammer verlässt und vom Stator der folgenden Prozesskammer aufgefangen wird, der ihn mit einer Toleranz von $\pm 0,1$ mm positioniert.

Positionsmessung im Vakuum

Zur Messung der Position des Carriers in der Prozesskammer wird je Stator ein magnetoresistiver Linearsensor verwendet, der einen am Carrier befestigten Maßstab durch den Edelstahl der Prozesskammer und das Vakuum über mehrere Millimeter hinweg abtastet.

Bei der Entwicklung dieses Messsystems profitierte das Projektteam von der Verfügbarkeit der Kompetenz zur MR-Sensorik, die von der ebenfalls zur Lust-Firmengruppe gehörenden Firma Sensitec eingebracht wurde, um einen am Markt verfügbaren MR-Linearsensor in Verbindung mit einem von Levitec gefertigten Maßstab zur Lösung dieser anspruchsvollen Aufgabenstellung zu qualifizieren.

Einfache Lösungen sind die besten!

Zur Ansteuerung der Statoren wird jeweils ein Lust-Servoumrichter CDE3000 eingesetzt, der dank seiner zahlreichen digitalen Ein- und Ausgänge auch die Ansteuerung und Überwachung der Gate Valves übernimmt. Der MR-Linearsensor wird ebenfalls direkt angeschlossen. Alle CDE3000 werden mit der überlagerten IPC-Steuerung über den CAN-Bus vernetzt. Dadurch ist auch für die Gate Valves keine weitere Verkabelung erforderlich. Durch die Anordnung der Umrichter direkt am jeweiligen Prozessmodul wird zugleich die Modularität des Gesamtsystems optimal unterstützt.

Damit die Qualität des Vakuums (Prozessgase bei einem Druck $< 5 \times 10^{-8}$ mbar) nicht beeinträchtigt wird, beträgt die Öffnungsdauer der Gate Valves nur 300 ms. In dieser Zeit muss der gesamte Positioniervorgang des Carriers abgeschlossen sein. Dabei erreicht der Carrier Maximalgeschwindigkeiten von bis zu 3 m/s.

Mit einem Durchsatz von bis zu 1000 Disks/Stunde bei einer Zykluszeit von 2,9 s ist Racetrack somit das schnellste auf dem Markt verfügbare System für den Transport einzelner Speichermedien.

Intelligente Vernetzung – mal ohne Ethernet

Um dies zu ermöglichen, wurde bei Lust ein Steuerungskonzept entwickelt, das zunächst Bewegungsaufgaben definiert, die von der Steuerung synchron über Broadcast-Telegramme abgerufen werden können. Öffnen und Schließen des Gate Valves sowie die Überwachung der Rückmeldungen sind ebenfalls Bestandteil der angeforderten Bewegungsaufgabe, so dass Kollisionen prinzipiell ausgeschlossen werden können.

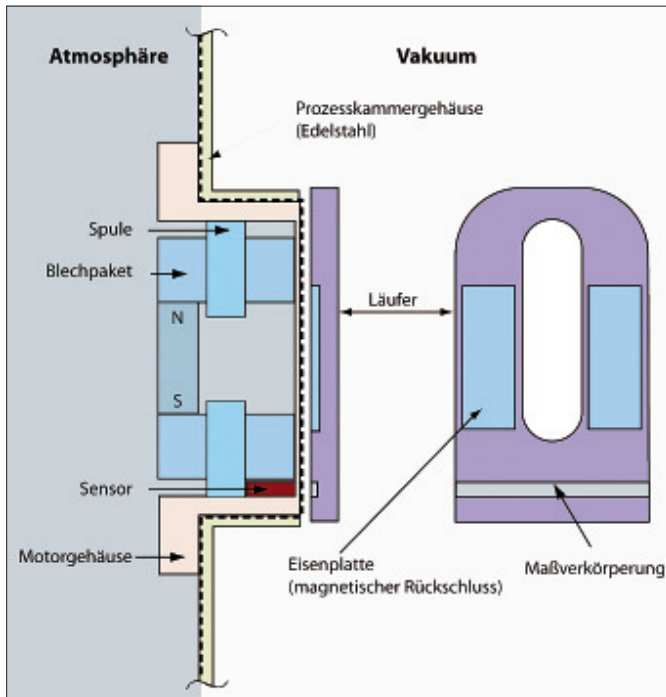


Bild 3

Funktionsskizze des Linearmotors für den Transport im Hochvakuum

Das Bewegungsprofil wird unter Verwendung der im Regler integrierten Positioniersteuerung und der ebenfalls integrierten PLC erzeugt, um den Kommunikationsaufwand während des Positioniervorgangs auf ein Minimum zu reduzieren. Dazu wird jede Prozesskammer als Rundtischanwendung betrachtet, bei der ein Carrier, der die Kammer auf der einen Seite verlässt, auf der anderen Seite erneut in die Kammer eintritt. Natürlich erscheint stattdessen dort jeweils der Carrier der benachbarten Prozesskammer. So betrachtet „werfen“ die Statoren sich ihre Läufer jeweils zu, wobei das Gate Valve zwischen ihnen nur für 300 ms geöffnet ist.

Konsequente Modularität in Hard- und Software

Zur optimalen Steuerung dieses komplexen Bewegungsablaufs, wurde auch die IPC-Steuerung bei Lust programmiert. Dazu wurde eine abstrakte Schnittstelle zur Prozesssteuerung definiert, die sowohl die Ansteuerung jedes einzelnen Elementes im Handbetrieb als auch im Automatikbetrieb erlaubt. Dabei ist die Verfahrrichtung frei wählbar, aber natürlich werden Bewegungen, die zu Kollisionen führen, nicht ausgeführt.

In der Transferkammer werden die ankommenden unbeschichteten Disks eingeschleust und am Ende des Prozesses wieder ausgeschleust. Ein sternförmiger Greiferarm, der die Disks zwischen den drei Vakuumkammern des Transfersystems positioniert, wird mit einem TorqueChampion-Motor (Außenläufer) MTC1-145 schnell und präzise positioniert. Von der dritten Kammer wird die Disk, ebenfalls mittels Schwenkarm, in den Carrier übergeben. Auch dieser Schwenkarm wird von einem MTC1-145 bewegt.

Durch die enge Zusammenarbeit aller beteiligten Firmen und die optimale Nutzung der Synergien, die sich durch die Zusammengehörigkeit der Firmen Lust, Levitec und Sensitec ergeben, konnte in kürzester Zeit ein Antriebskonzept erstellt und umgesetzt werden, das alle Anforderungen des Kunden erfüllt.

Ein „mechanisches FIFO“

Nachdem der Carrier die eine Ebene der Vakuumkammern durchlaufen hat, wird er am Ende von einem Liftmodul in die andere Ebene transferiert. Dazu wurde in Zusammenarbeit von Lust und Oerlikon ein Verfahren entwickelt, mit dem die magnetisch erzeugte Haltekraft der Linearmotoren kurzzeitig soweit reduziert wird, dass ein Carrier durch den Liftarm problemlos vom Stator abgenommen und auf dem Stator der anderen Ebene wieder aufgesetzt werden kann. In dieser Ebene wird der Carrier dann wieder vom Linearmotor durch die Vakuumkammern geführt, um dann am Ende zurück in die Transferkammer zu gelangen.

Für den Antrieb des Schwenkarms des Liftmoduls sorgt ein TorqueChampion-Motor, Typ MTC1-200 an einem Servoregler vom Typ CDD3000. Auch dieser Regler befindet sich am CAN-Bus und steuert darüber hinaus mit Hilfe seiner I/O-Erweiterung auch die genannte Entkräftungseinheit an, so dass auch an dieser Stelle zusätzlicher Verdrahtungsaufwand vermieden wird.

Starke Partner für die richtige Lösung

Dadurch wurde es möglich nach einer Entwicklungszeit von nur 1½ Jahren die erste dieser Anlagen auszuliefern, die vom Kunden in der rekordverdächtigen Zeit von nur acht Wochen qualifiziert und freigegeben wurde.

„Wir sind froh, die Firma Lust als Partner für den Antrieb unserer Anlage gewählt zu haben. Die herausragende technische Expertise sowie die effektive Umsetzung dieses Antriebskonzeptes haben wesentlich zum Erfolg des Gesamtprojektes beigetragen. Ich bin mir sicher, dass dieser revolutionäre Linearantrieb auch außerhalb unserer Industrie noch weitere interessante Anwendungen finden wird“, erklärt Dr. Stefan Seifried, Business Unit Manager – Hard Disk bei Oerlikon Data Storage Balzers.



Bild 4

Servoreglerbaureihe CDE3000 zur Ansteuerung der Linearmotoren



„Wir sind froh, die Firma Lust als Partner für den Antrieb unserer Anlage gewählt zu haben. Die herausragende technische Expertise sowie die effektive Umsetzung dieses Antriebskonzeptes haben

wesentlich zum Erfolg des Gesamtprojektes beigetragen. Ich bin mir sicher, dass dieser revolutionäre Linearantrieb auch außerhalb unserer Industrie noch weitere interessante Anwendungen finden wird“, erklärt Dr. Stefan Seifried, Business Unit Manager – Hard Disk bei Oerlikon Data Storage Balzers.