

EtherCAT sorgt für höchste Präzision bei Lithographieanlage

Beckhoff-Technologie steuert blaues Laserlicht

Die Lithographieanlage erstellt mit kurzwelligem, blauem Laserlicht kleinste Strukturen auf Masken zur Herstellung von Flachbildschirmen.

→ Die Kleo Halbleitertechnik GmbH in Tettang, Deutschland, produziert hochmoderne Lithographieanlagen zur Fertigung von Masken für die Herstellung von LCD-Flachbildschirmen. Mit kurzwelligem, blauem Laserlicht erzeugt die Anlage kleinste Strukturen. Die Automatisierung der hochpräzisen Prozesse übernahm die Artec Engineering GmbH in Baienfurt, Deutschland, unter Verwendung von Beckhoff-Steuerungstechnik.

Die Anforderungen an eine Lithographieanlage sind enorm: Sie soll schnell, reproduzierbar und kostengünstig hochgenaue Masken bis zu einer Größe von 4 m^2 in großer Stückzahl produzieren. Voraussetzung hierfür ist die Positioniergenauigkeit des Laserstrahls. Diese basiert auf einem schwingungsarmen, formgenauen Maschinengestell, einer robusten und schnellen Automatisierungstechnik sowie einer exakten Messwertkompensation.

Tobias Reiter, Geschäftsführer der Artec Engineering GmbH, kommentiert die Entscheidung für Beckhoff als Steuerungslieferant, wie folgt: „Aufgrund der hohen Anforderungen an die Genauigkeit und Robustheit fiel unsere Wahl auf die PC-basierte Automatisierungstechnik von Beckhoff. Hier wussten wir aus eigener Erfahrung, dass dieses System höchste Ansprüche an Performance, Stabilität und gute Regeleigenschaften erfüllt.“

Unabhängig davon führte Kleo eine Marktrecherche durch und kam zu dem Ergebnis, dass mit Beckhoff-Technologien hohe Geschwindigkeiten ohne störende Nebenwirkungen, wie Schwingungen, erzielt werden können. Stefan Scharl, Pro-

duktmanager Lithographieanlagen von Kleo, fügt hinzu: „Eigene Recherchen, die Ergebnisse einer Studie der FISW Steuerungstechnik GmbH, Deutschland, in Kooperation mit der Universität Stuttgart zu dem Thema „Dimensionierung der Antriebe einer Laserlithographieanlage“ und schließlich die Empfehlung von Artec schlossen alle Zweifel aus: Die Beckhoff-Technologie ist für uns die richtige Wahl.“

Mechanischer Aufbau ist Basis für Präzision

Das Maschinengestell besteht aus einem, auf $2 \mu\text{m}$ genau handgeschliffenen, schwingungsdämpfenden Basisgranit, einer luftgelagerten Granitbrücke und zwei luftgelagerten Schlitzen. An den Schlitzen sind die Laser und ein Auto-Fokus-System angebracht. Die Schlitzen bewegen die Laserdioden mit einer Geschwindigkeit von $v = 1 \text{ m/s}$ und $a = 10 \text{ m/s}^2$ über das Substrat in Längsrichtung. Den Vorschub in Querrichtung realisiert die drei Tonnen schwere Granitbrücke mit einer Positioniergenauigkeit von $2,5 \mu\text{m}$. Der Fokus des Laserstrahls wird mit einem



AX2xxx-Servoverstärker
für die Steuerung
der hochdynamischen
Linearmotoren

Piezosystem nachgeführt, ein weiteres sorgt für den seitlichen Versatz des Laserstrahls. Zur Herstellung der gewünschten Struktur werden die Laserstrahlen während der Bewegung zeitlich veränderlich gepulst.

Mit EtherCAT zu Höchstgeschwindigkeiten

Herzstück der Steuerung ist der Schaltschrank-Industrie-PC C6140 mit Windows XP Professional als Betriebssystem und der Automatisierungssoftware TwinCAT. „Voraussetzung für ein präzises Positionieren der Laser ist eine schnelle Datenübertragung und -verarbeitung. Deshalb setzen wir nur Komponenten der höchsten Leistungsklasse ein, wie den C6140, EtherCAT als Bussystem und EtherCAT-Klemmen“, erläutert Tobias Reiter. Stefan Scharl ergänzt: „So erreichen wir kurze Abtastzeiten, geringe Zykluszeiten von bis zu 50 µs sowie eine stabile Echtzeitfähigkeit des Systems. Genau das ist als Basis nötig, um eine hochgenaue Positionierung der Laserstrahlen zu erreichen.“

An jeder Achse der Lithographieanlage ist eine Feldbus Box mit separatem Kabel zum Schaltschrank angebracht. Dadurch reduzieren sich der Verkabelungsaufwand und die Kabelführung im Kabelschlepp. „Das ist für uns besonders wichtig“, betont Stefan Scharl. „Im Kabelschlepp möchten wir nach Möglichkeit nur die Glasfasern unterbringen, um mechanische Störungen zu reduzieren.“ „Zur Anbindung der Feldbus-Box-Module und der Bedieneinheiten, wie PC und Handheld, nutzen wir PROFIBUS. Dank der Offenheit von EtherCAT können weitere Protokolle, wie PROFIBUS, einfach über das Busklemmensystem integriert werden“, erklärt Tobias Reiter.

Hochpräzise Positionierung mit Antriebstechnik von Beckhoff

„Wir verfahren die Brücke und die Schlitten mit eisenlosen Linearmotoren, und Teile des Auto-Fokus-Systems mit einem Servomotor. Angetrieben werden die Motoren durch digitale Beckhoff-Servoverstärker AX2xxx. In Kombination mit der Automatisierungssoftware TwinCAT sind wir in der Lage, den Laser präzise und wiederholgenau zu positionieren“, erläutert Tobias Reiter und fährt fort: „Trotz der hohen Dynamik der Schlittenbewegung erreichen wir nach einer kurzen Beschleunigungsphase eine gleichmäßige Bewegung mit einer Geschwindigkeitstoleranz von kleiner 0,01 m/s.“ Die Linearmotoren werden gegenläufig angetrieben. „So vermeiden wir das Auftreten eines hohen Drehmoments und gleichen den Impuls aus“, erläutert Stefan Scharl. „Zur Verhinderung von Verklemmungen betreiben wir die beiden elektrisch unabhängigen Linearmotoren der Brücke synchron, und zwar auf 5 µm genau, über TwinCAT NC PTP gekoppelt.“

Jede Bewegung der Brücke und der Schlitten setzt ein Aktivieren bzw. Deaktivieren der Luftlager voraus. „Das muss schnell, präzise und ohne Positionsveränderung erfolgen“, erklärt Stefan Scharl. „Dieser Herausforderung sind die Regler von Beckhoff gewachsen. Sie sind so robust, dass selbst beim Übergang vom reibungslosen in den reibungsbehafteten Zustand kein Peak entsteht.“

Die aktuellen Positionen der Brücke und der Schlitten werden von Längenmesssensoren erfasst und die Messdaten direkt von den Servoverstärkern verarbeitet. Interferometer erfassen die aktuelle Position der Laserstrahlen. Die Positionsdaten werden in der Messwertkompensation ausgewertet und dienen als Basis für die Steuerung der Piezosysteme zur Positionierung der Laserstrahlen. „Auch die Kombination mit Fremdantrieben, wie der Piezosysteme, in die Automatisierungslösung mit Beckhoff-Komponenten führt zu keinerlei Verringerung der Performance des Gesamtsystems“, stellt Stefan Scharl begeistert fest.

„Dank kleiner Abmessungen, integrierter EMV-Filter und steckbarer Anschlüsse können wir die Servoverstärker einfach auf die Hutschiene in den Schaltschrank einbauen“, ergänzt Tobias Reiter. Aufgrund der Wärmeempfindlichkeit der Positionsmesstechnik ist die Leistungselektronik in einem Schaltschrank außerhalb des Reinraums untergebracht. „Für einen effizienten Belichtungsprozess dürfen die Glasfasern nicht zu lang sein. Entsprechend ist ein zweiter Schaltschrank mit der Laser-Faser-Kopplung und der Messtechnik im Reinraum, direkt an der Anlage, montiert und verfährt während des Prozesses parallel mit der Brücke“, erläutert Stefan Scharl. Die Linearmotoren der Brücke und die Antriebe des Schaltschranks sind dazu über die SPS-Steuerung als Master- und Slaveachse gekoppelt.

Fit für die Serie durch Flexibilität

Ein wichtiger Erfolgsfaktor für Serienanlagen ist Flexibilität. „Dank der Modularität des Beckhoff-I/O-Systems sind spätere Erweiterungen, Änderungen und Umkonfigurationen kein Problem. So können wir kundenspezifische Anpassungen, wie z. B. die Änderung der Anzahl der Lichtquellen, ohne großen Aufwand umsetzen“, erläutert Stefan Scharl. Tobias Reiter fährt fort: „Zudem haben wir viele Funktionen, wie zum Beispiel die Sicherheitstechnik, mit Software, anstelle von Hardware, realisiert: Durch den Einsatz von Safety-Klemmen in das Busklemmensystem führen wir Sicherheitsfunktionen, wie Not-Aus und Schutztürkreise, einfach über die Programmierung aus. Bei Änderungen brauchen wir nur die Software anzupassen oder auszutauschen.“

—> Kleo Halbleitertechnik GmbH, Deutschland, www.kleotech.de

—> Artec Engineering GmbH, Deutschland, www.artec-engineering.com