

Galvanometer-Scanner mit digitalen Positionssensoren erfüllen höchste Anforderungen der Industrie

Für zahlreiche Applikationen werden in Laser-Bearbeitungssystemen Galvanometer-Scanner als hochdynamische Antriebe für die genaue Positionierung des Laserstrahls auf den Werkstücken eingesetzt. Mithilfe eines auf den Galvanometern angebrachten Spiegels wird der Laser für die jeweilige Anwendung präzise geführt. Kernkomponenten dieser Systeme sind der Motor des Galvanometers, basierend auf Moving-Magnet-Technologie, sowie ein Positionsdetektor.

Der Positionsdetektor allein bestimmt zu einem großen Teil die Performance des Scan-Systems. Bisher werden meist analoge Detektoren verwendet. Für Anwendungen, bei denen höchste Anforderungen an Dynamik und Präzision gestellt werden, stoßen diese analogen Positionssensoren jedoch an prinzipbedingte Grenzen. Bei analogen Positionsdetektoren wird meist ein optisches Detektionsprinzip eingesetzt, das sich in vielen industriellen Laser-Anwendungen als kosteneffiziente Lösung bewährt hat. Hierbei befindet sich zwischen einer LED als Lichtquelle und einem Photodetektor ein mit der Motorwelle verbundenes Element, das diesen bei der Drehung der Welle je nach Winkel stärker oder weniger stark abschattet. Unterschied-

liche thermische Einflüsse der beteiligten Komponenten führen zu unerwünschten Drifteffekten, die nur eingeschränkt reduziert werden können. Diese Nachteile konnten bei digitalen Positionsdetektoren ausgeräumt werden.

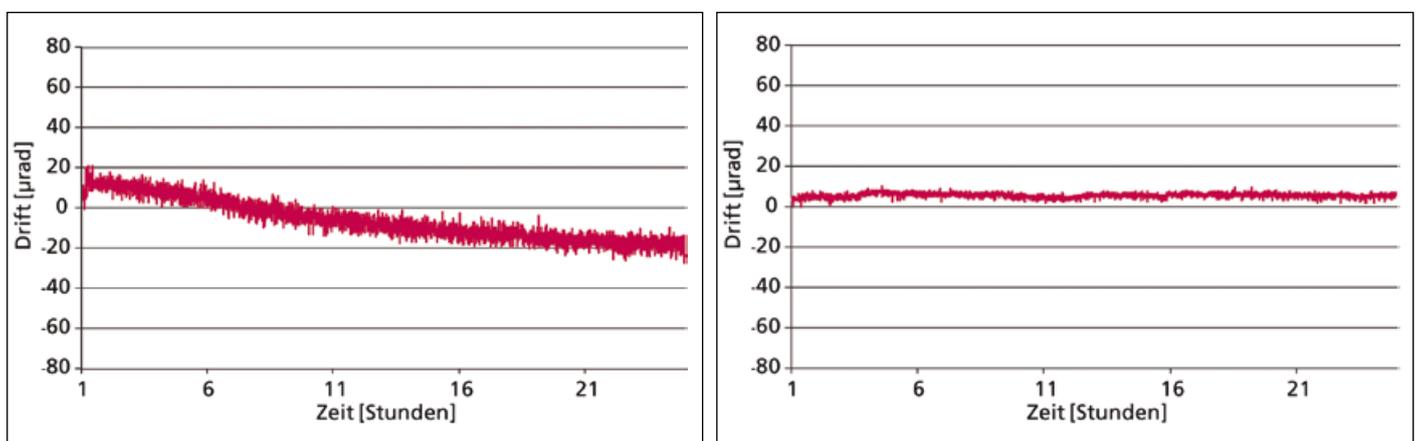
Ein Plus an Stabilität

Die wesentlichen technischen Verbesserungen der digitalen Technologie liegen in der erhöhten Präzision und Langzeitstabilität. Eine Schlüsselanwendung für den Einsatz digitaler Galvanometer ist die Fertigung hochpräziser Formteile im 3D-Druck. Dabei müssen kleinste Strukturen immer und immer wieder vom Laser präzise 'überfahren' werden und das teilweise über Stunden hinweg.

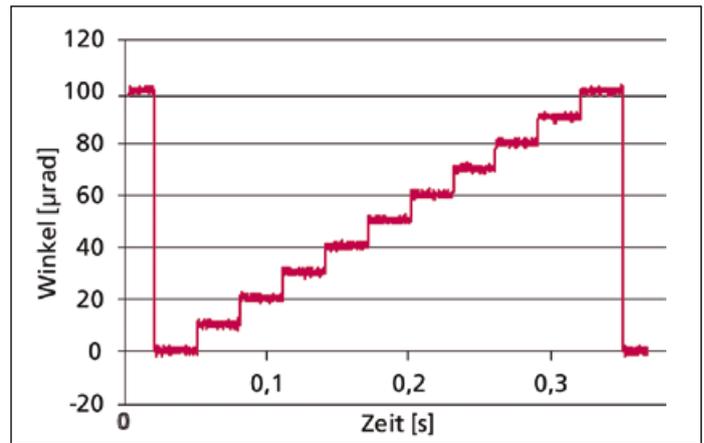
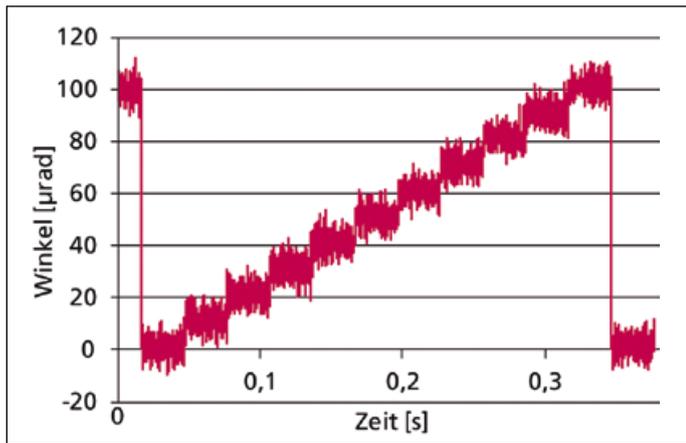


▲ Abb. 1: Präzisionsformteil hergestellt mittels 3D-Laserdruckverfahren. Quelle: EOS

Auch für industrielle Anwendungen im Mehrschicht-Betrieb mit einer 24/7 Auslastung ist eine geringe Drift des Scan-Systems von herausragender Bedeutung. Messungen belegen, dass für die Langzeitdrift wiederum der Positionsdetektor (PD) des Galvanometer-Scanners eine entscheidende



▲ Abb. 2: Unterschiede der Langzeitstabilität von Galvanometer-Scannern mit verschiedenen Positionsdetektoren anhand optischer Messdaten: links analoger PD, rechts digitaler PD. Quelle: SCANLAB AG



▲ Abb. 3: Gemessene Drehwinkelposition eines Scanners bei der Ausführung von zehn definierten Sprüngen von jeweils 10 µrad: links analoger PD, rechts digitaler PD.

Quelle: SCANLAB AG

Rolle spielt. Bei der Analyse wird unterschieden, ob das Scan-System aufgrund von Temperaturschwankungen der Umgebung oder durch andere Faktoren von seiner vorgegebenen Position abweicht. Der temperaturabhängige Anteil lässt sich in Messungen durch eine stabile Außentemperatur gering halten. Die über acht oder 24 Stunden hinweg gemessene Langzeitdrift unterscheidet sich zwischen analogen und digitalen Systemen deutlich und die digitalen Encoder sind sichtbar überlegen. Die Präzision eines Galvanometer-Scanners wird durch ein hochfrequentes Rauschen (1-20 kHz), den sogenannten Dither beeinträchtigt. Dieser wird bei analogen Positionsdetektoren zu einem we-

sentlichen Teil vom Rauschen des Positionsdetektors verursacht.

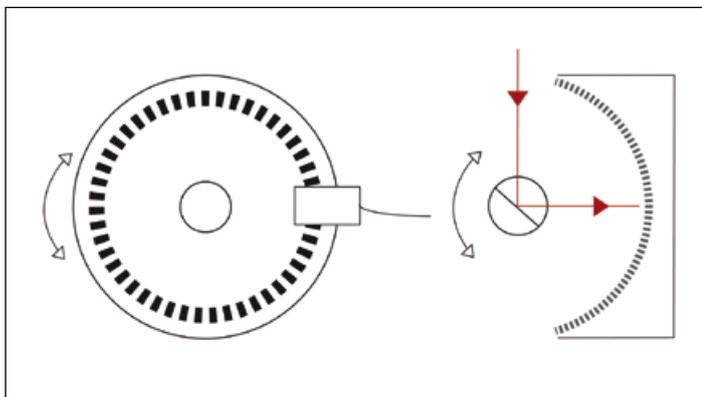
Abb. 3 verdeutlicht durch einen Stufen-Scan von zehn sehr kleinen Sprüngen im 10 µrad-Bereich den qualitativen Unterschied der Positionsstabilität unter Verwendung eines analogen bzw. digitalen Sensors. Die Grenze der Auflösung eines analogen Encoders ist offensichtlich erreicht, während der digitale Positionsdetektor noch problemlos präzise arbeitet.

Ausflug in die Encoder-technologie

Bisher wurden in digitalen Positionsdetektoren sogenannte Inkrementalencoder – eine mit dem Scanner-Rotor verbundene Encoderscheibe zur Er-

fassung einer Strichcodierung – eingesetzt.

Grundbestandteil solcher optischen Encoder ist eben diese Encoderscheibe, die eine radiale Strichskala aufweist. Diese Scheibe bewegt sich bei Drehung der Scanner-Achse an einer feststehenden Detektoreinheit vorbei. Jeder am Detektor vorbeilaufende Strich führt zu einem Hell-Dunkel Übergang. Je nach Skalenteilung und Skalenradius resultieren über den gesamten Winkelbereich Hunderte bis Tausende solcher Hell-Dunkel Wechsel. Um die Drehrichtung bestimmen zu können, wird vom Detektor ein zweites Signal zur Verfügung gestellt, das zum ersten eine Phasenverschiebung von 90° aufweist. Die resultie-



▲ Abb. 4: Prinzipielle Unterschiede des Aufbaus von kommerziell erhältlichen digitalen Positionsdetektoren. Links: verbreitetes Prinzip digitaler Encoder basierend auf einer Encoderscheibe, rechts: Scanlab patentiertes Konzept eines 'Lichtzeiger-Encoders' mit trägheitsreduziertem Spiegel am Rotorende.



▲ Abb. 5: Funktionsweise des digitalen se-Encoders. Quelle: SCANLAB AG

rende Kombination aus Sinus- und Cosinussignal wird auch Quadratursignal genannt. Dieses oszillierende Signal lässt nun keine Absolutbestimmung der Position mehr zu. Aus diesem Grund ist zusätzlich die Detektion einer absoluten Referenzposition erforderlich. Der wesentliche Vorteil von digitalen Encodern gegenüber analogen PD ist, dass diese wesentlich unempfindlicher gegenüber Störungen sind. Daher weisen Encodersysteme in der Regel teils erheblich geringere Rausch/Ditherwerte auf. Diese 'klassische' Encoder-Technologie hat jedoch Grenzen was die Dynamik betrifft. Denn will man nun die Auflösung eines solchen Encoders erhöhen, wird bei gleichbleibendem Strichabstand ein größerer Skalradius benötigt, was zwangsläufig zu einer größeren Scheibe führt. Dies resultiert nun wiederum in einer wesentlich größeren trägen Masse, die dann wiederum die dynamischen Eigenschaften einschränkt.

Blick in die Black-Box

Scanlab ist es mit dem patentierten digitalen se-Encoder (Scanlab-Encoder) jetzt gelungen, die bisherige Limitierung der Dynamik aufzuheben – bei gleichzeitig höchster Präzision. Hierbei kommt ein neues interferometrisches Messprinzip zum Einsatz, bei dem eine Laserdiode über einen drehbar mit dem Rotor verbundenen kleinen Spiegel ein feststehendes konkaves Gitter als Maßstab beleuchtet. Der Ablenkwinkel des Lichtstrahls ist dabei doppelt so groß wie der mechanische Drehwinkel. Das vom Maßstab reflektierte Beugungsbild wird wieder an dem Rotorspiegel reflektiert, mittels spezieller optischer Elemente zum Detektor geleitet und dort analysiert.

Dreht sich der Spiegel, verändert sich das Beugungsmuster auf dem Detektor und wird von diesem in ein sinusförmig verlaufendes Quadratursignal umgewandelt. Über einen in die Lichtführung integrierten parallelen zweiten Strahlenverlauf – und dort vorge-

sehene Markierungen – wird die zusätzlich benötigte Referenzierung einer Absolutposition realisiert.

In Abb. 5 ist die technische Umsetzung gezeigt. Beim se-Encoder tastet der masselose Laserstrahl (A) die feststehende Skala (C) ab. Dabei sind außer dem trägheitsarmen Umlenkspiegel (B) keine weiteren Teile, die die Trägheit erhöhen könnten, mehr notwendig.

Bedeutung für Anwender

Das besonders geringe Trägheitsmoment erlaubt nun auch, kleine Galvanometer-Scanner mit entsprechend kleinen Spiegeln zu verwenden, deren Dynamikpotential beachtlich ist. Dies erlaubt erstmals den Einsatz solcher Galvos für hochdynamische Applikation, wie etwa in der Mikrobearbeitung, bei der durch den Einsatz von Ultrakurzpulslasern mit hohen Repetitionsraten, immer höhere Scan-Geschwindigkeiten gefordert werden.

Die Vorteile der digitalen Encoder-Technologie können auch bei Anwendungen im Bereich Elektronik- und Displaybearbeitung, Halbleiter-Belichtung, der Erstellung von VIA holes und bei der Mikrostrukturierung zum Tragen kommen.

Die digitale se-Encoder-Technologie hat in den Einzelachsen mit dynAXIS-se Galvanometer-Scannern wie auch in den intelliSCANse 2D-Scan-Systemen in den letzten zwölf Monaten ihre Industrietauglichkeit und gleichzeitig hohe Wirtschaftlichkeit bewiesen.

■ INFO

Autoren:

Dr. Michael Breit
Leiter Produktmanagement, SCANLAB AG
Dr. Hans-Joachim Münzer
Leiter Scanner-Entwicklung, SCANLAB AG

Kontakt:

SCANLAB AG
Siemensstr. 2a
82178 Puchheim
Tel.: 089 800 746-0
Fax: 089 800 746-199
E-Mail: info@scanlab.de
www.scanlab.de