

Mikrobearbeitung mit Scan-Systemen

Viele Anwendungen der Mikrobearbeitung, z. B. in der Elektronikfertigung, stellen sehr hohe Anforderungen an die Positionier- und Wiederholgenauigkeit. Im Vergleich zu XY-Tischen bieten Galvanometer-Scan-Systeme durch ihre sehr hohe Dynamik zahlreiche Vorteile. Die notwendigen Genauigkeiten erfordern teilweise spezielle Anpassungen.

Laserbearbeitungssysteme haben sich in den letzten 20 Jahren in vielen industriellen Anwendungen durchgesetzt. Die Strahlpositionierung erfolgt dabei häufig mit Galvanometer-Scan-Systemen. Für einen Großteil der Applikationen ist die Bearbeitungsgeschwindigkeit ausschlaggebend und wurde deshalb in den letzten Jahren kontinuierlich gesteigert. Beim Beschriften werden mittlerweile über 1000 Zeichen pro Sekunde erreicht.

Scan-Systeme in der Laser-Mikrobearbeitung

Leistungsfähige, kleine und gleichzeitig günstige Elektronikprodukte werden heutzutage mit Hilfe von Lasern hergestellt. Typische Applikationen sind das Bohren, Schneiden, Strukturieren und Abtragen von Materialien wie Leiterplatten, Silizium, Keramiken, ITO-Schichten, Mylar und Kapton. Die Strukturgrößen liegen hauptsächlich im Bereich von zehn bis einigen hundert Mikrometern. Als Strahlquellen werden häufig frequenzvervielfachte Nd:YVO₄ Laser verwendet. Durch die sehr hohe Dynamik bei der Strahlpositionierung bietet der Einsatz von Galvanometer-Scan-Systemen viele Vorteile:

- hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit,
- neue Bearbeitungsstrategien,
- Materialschonung

durch geringen Wärmeeintrag,

- Bearbeitung komplexer Geometrien.

Tipps für die Scan-System-Auswahl

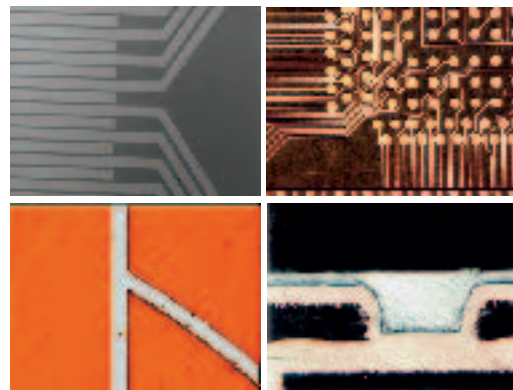
Die Auswahl eines Scan-Systems wird von den Anforderungen an Bildfeld, Fokusgröße, Bearbeitungsgeschwindigkeit und Genauigkeit bestimmt. Ein typisches Scan-System für die Mikrobearbeitung besitzt eine Apertur von 10 mm und ist für eine Wellenlänge von 355 nm ausgelegt. Mit solchem Scan-System und einem telezentrischen Objektiv mit 100 mm Brennweite lässt sich z. B. in einem Bearbeitungsfeld von 50 mm Seitenlänge ein Fokusedurchmesser von weniger als 10 µm erreichen. (Alle Genauigkeiten beziehen sich auf diese Konfiguration).

Die Bearbeitungsgeschwindigkeit wird von den dynamischen Eigenschaften des Scan-Systems bestimmt. Diese lassen sich am besten durch den Schleppverzug des Scanners – das ist die Zeitverzögerung, mit welcher der Scanner dem vorgegebenen Positionssignal folgt – beschreiben. Beträgt die Scan-Geschwindigkeit etwa 50 % des Quotienten aus Eckenradius und Schleppverzug, so lassen sich sehr gute Bearbeitungsergebnisse ohne Einbrenneffekte in den Ecken erreichen. Bei den in der Mikrobearbeitung verwendeten Scan-Systemen entspricht das einigen hundert Millimetern pro Sekunde für die zuvor beschriebenen Strukturgrößen.



Volldigitaler IntelliSCAN® 10 für anspruchsvolle Applikationen.

Die erreichbare Genauigkeit wird von der statischen und dynamischen Wiederholgenauigkeit sowie von der Auflösung der Ansteuerung bestimmt. Die dynamische Wiederholgenauigkeit – das ist die Fähigkeit des Scan-Systems, Linien spurtreu ohne Schwingungen oder Rauschen um die Sollposition abzufahren – wird durch Wobble-, Jitter- und Ditherwerte beschrieben. Wobble und Jitter sind mechanische Schwingungen des Spiegels senkrecht bzw. parallel zur Scan-Richtung. Als Dither werden Ungenauigkeiten auf Grund des Restrauschens der Scanner-Elektronik bezeichnet. Diese Effekte sind meist zu klein, um für herkömmliche Anwendungen eine Rolle zu spielen, gewinnen jedoch in der Mikrobearbeitung an Be-



Mikromaterialbearbeitung mit Scan-Systemen: 25 µm breite ITO-Strukturen auf Glas und mit „Mill and Fill“-Technologie hergestellte 15 µm HDI-Strukturen (oben, © Potomac Photonics, Inc.). Kapton-Bearbeitung und Sacklöcher in Kupfer/Dielektrikum (unten, © Photomachining, Inc.).

Der Autor

Andreas Engelmayer ist für die SCANLAB AG tätig.

strahlableitung



SCANLAB correXion®-Programm zur präzisen Kalibrierung eines Laser-Scan-Systems.

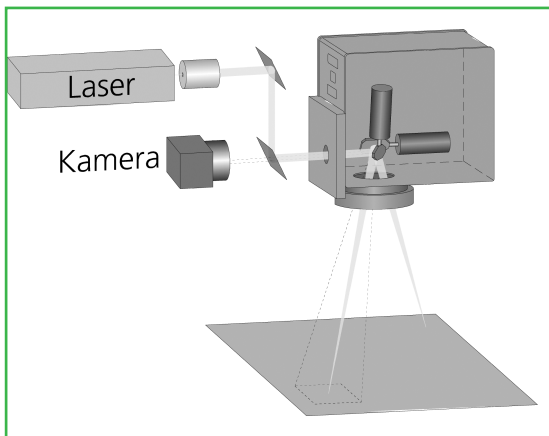
Grund der Toleranzen der Einzelkomponenten auch bei präziser Ausrichtung des Lasers einige zehn Mikrometer.

Um eine höhere Präzision zu erreichen, ist eine nachträgliche Kalibrierung des Scan-Systems erforderlich. Dafür stellt SCANLAB spezielle Software zur Verfügung.

System-Kalibrierung und Driftkompensation

Ohne Kompensation kann die Drift des Scan-Systems über einen Zeitraum von 8 h bis zu 60 µm betragen. Diese kann durch thermische Stabilisierung von Elektronik und Motoreinheit oder auch zusätzliche, hochpräzise Positionsdetektoren zur automatischen Selbstkalibrierung stark verbessert werden.

Neben dem Scan-System können auch



In den Strahlengang eingekoppeltes Kamerasystem als Grundlage für präzise Strahlpositionierung.

andere Komponenten, z. B. Laser und mechanischer Aufbau, die Ursache von Drift sein. Zur Erfassung der Gesamtdrift eines Laser-Systems werden spezielle Inspektionssysteme oder Sensoren im Bearbeitungsfeld verwendet. Diese messen die Veränderung der Ist- gegenüber den Soll-Positionen und erlauben die Kompensation der Drift durch korrigierte Ansteuerwerte.

Die erreichbare statische Genauigkeit eines nicht speziell kalibrierten Scan-Systems beträgt auf

Grund der Toleranzen der Einzelkomponenten auch bei präziser Ausrichtung des Lasers einige zehn Mikrometer.

Um eine höhere Präzision zu erreichen, ist eine nachträgliche Kalibrierung des Scan-Systems erforderlich. Dafür stellt SCANLAB spezielle Software zur Verfügung.

Die höchste Bearbeitungsgenauigkeit wird durch eine regelmäßige Nachkalibrierung erreicht. Dies erfordert jedoch den größten technischen und zeitlichen Aufwand. Typischerweise lassen sich damit Langzeitgenauigkeiten von einigen Mikrometern erreichen.

Kamera-Systeme werden vor allem dazu eingesetzt, die genaue Lage und Geometrie des zu bearbeitenden Teils zu erfassen und die nachfolgende Bearbeitung entsprechend zu steuern. Hohe Genauigkeiten bei der Material-Positionierung sowie enge Bauteiltoleranzen sind bei dieser Methode nicht notwendig. Dieses Verfahren ist auf Grund der speziellen Optiken zur UV-Laserbearbeitung oft nur sehr eingeschränkt geeignet.

Die nächste Generation von Scan-Systemen wird sich durch eine voll-digitale Ansteuerelektronik für die Scanner-Motoren auszeichnen. Diese erlaubt es, die Scanner-Dynamik einfach an bestimmte Applikationen anzupassen. Ein weiterer Vorteil besteht in der Möglichkeit, die Scan-System-Zustandsgrößen per Software zu überwachen. Die Scanner-Position und -Geschwindigkeit können digital ausgelesen und weiterverarbeitet werden.

Dies schafft unter anderem die Voraussetzung für eine geschwindigkeitsabhängige Lasersteuerung und damit eine Steigerung der Bearbeitungsgeschwindigkeit und -qualität.

KENNZIFFER 047
SCANLAB AG
www.scanlab.de