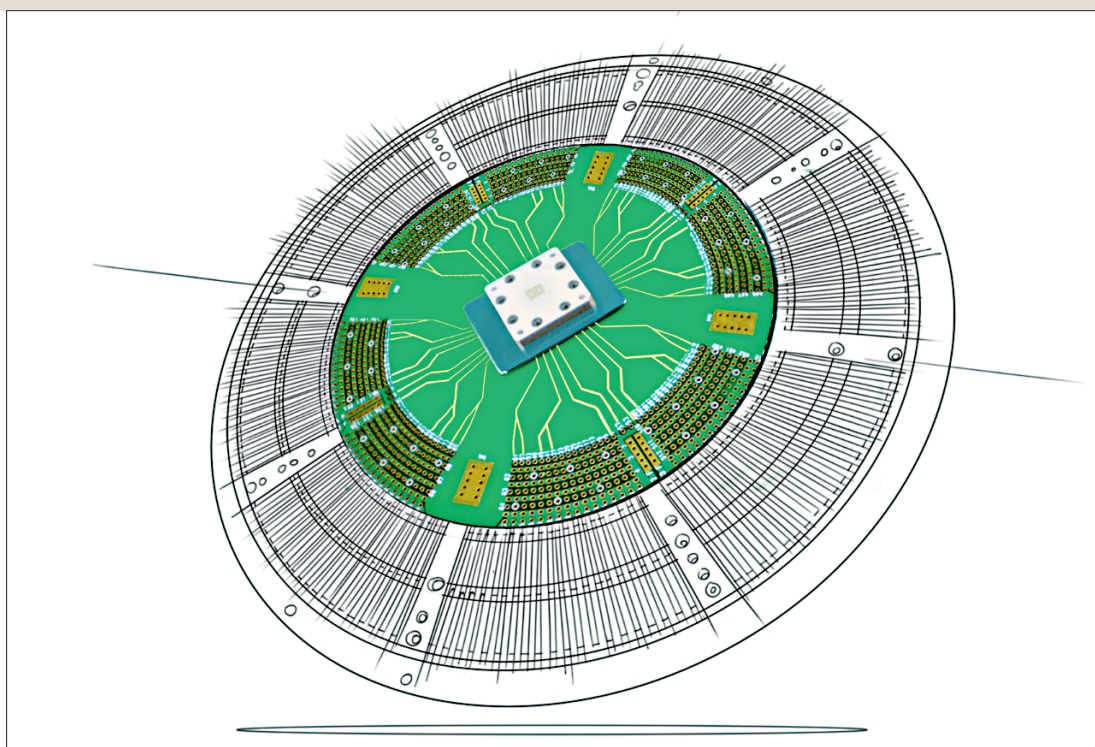


Flexibles Mikrobohren für die Prüfelektronik

Um unterschiedliche Mikrobohrungen für Bauteile in der Prüfelektronik fertigen zu können, bieten **ULTRAKURZPULSLASER** Vorteile gegenüber mechanischen Bohrverfahren. Dank eines neuen Maschinenkonzepts gelingt das Mikrobohren und -abtragen auch in Polymeren und Keramiken mit großer geometrischer Flexibilität.

Bild 1. ›Probe Card‹ für die Prüfelektronik mit einer großen Anzahl komplexer Mikrobohrungen



PATRICIA HAMMERS-WEBER UND UDO HEINZEL

Maschinen zur Lasermikrobearbeitung haben sich nicht zuletzt durch die gestiegenen Anforderungen in der Elektronik weiterentwickelt. Insbesondere sollen schwierig zu verarbeitende Materialien wie Polymere und Keramik mit hoher Geometrietreue, kleinsten Toleranzen und hohen Aspektverhältnissen bearbeitbar sein. Auch sind immer kleinere Anschlüsse bei Halbleiterbauelementen durch die Miniaturisierung in der Elektronik- und Halbleiterindustrie gefordert. Daraus resultiert: Teile der eingesetzten Prüfelektronik – sogenannte ›Probe Cards‹ – müssen ebenfalls immer kleiner ausgeführt werden (**Bild 1**).

Eine wesentliche Komponente der Probe Cards bilden dabei die ›Guide Plates‹. Sie bestehen aus einem mechanisch stabilen Substrat mit Tausenden von

Mikrobohrungen. Durch diese müssen die Kontaktstifte der Probe Cards sicher und exakt geführt werden, um später die Anschlüsse der Halbleiter-Bauelemente treffsicher zu kontaktieren. Als Substrate eignen sich dabei sowohl harte als auch weiche Keramiken.

Weil sogenannte ›Advanced Probe Cards‹ kleinere Geometrien mit geringeren Toleranzen und außerdem rechteckige Löcher benötigen, ist mechanisches Bohren nicht mehr ausreichend genau. Im Gegensatz dazu liefert ein Laser neben einer wiederholbaren Bohrungsqualität auch erweiterte Lochgeometrien in einer deutlich kürzeren Bearbeitungszeit.

UKP-Laser für Nichtleiter

Harte, nicht leitfähige Materialien lassen sich durch EDM-(Electrical-Discharging-Machining-)Verfahren nicht bearbeiten. Insbesondere für Mikrobohrungen eignen sich dazu Ultrakurzpuls-(UKP-)Laser. Das Unternehmen Scanlab aus Puchheim stellt hierfür

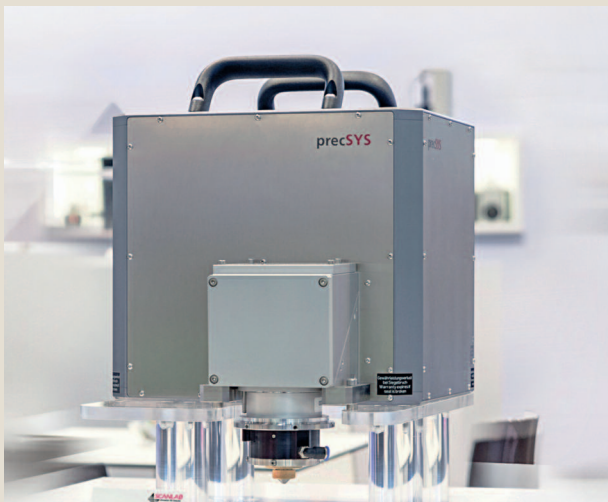


Bild 2. 5-Achs-Scansystem ›Precsys‹ von Scanlab

das 5-Achs-Scansystem ›Precsys‹ bereit (**Bild 2**). Gekoppelt mit einem Femtosekundenlaser bearbeitet es ohne thermische Beeinflussung des Substrats unterschiedliche Materialien wie Metalle, Polymere oder Keramiken. Ferner bearbeitet es hochsensible Materialien wie Nitinol und schneidet gratfrei beispielsweise Uhrenräder mit Flankentoleranzen von weniger als $0,3^\circ$ (**Bilder 3a und 3b**).

Maschinenkonzept für Lasermikrobearbeitung

Für die Lasermikrobearbeitung entwickelte das schweizerische Unternehmen Posalux eigene Maschinenkonzepte, beispielsweise das ›Femto-Mono‹ (**Bild 4**). Dazu entwarf das Unternehmen gemeinsam mit Busch Microsystems aus Langensheim einen XY-Tisch aus Granit, um eine schlüssige Maschinenstruktur zu gewährleisten. Ausgehend hiervon wurden besonders berücksichtigt:

> KONTAKT

HERSTELLER

Scanlab GmbH

82178 Puchheim
Tel. +49 89 800746-0
info@scanlab.de
www.scanlab.de
Messe Lasys, Stuttgart: Halle 4, Stand D36

ANWENDER

Posalux SA

CH-2500 Biel
Tel. +41 32 344 7500
contact@posalux.com
www.posalux.com

Posalux setzt auf diese Basistechnologien:

- μ -Machining und PCB (Printed Circuit Board) für Bohren, Fräsen etc.
- SACE (Spark Assisted Chemical Engraving)
- EDM (Electrical Discharge Machining)
- Femto-Laser

SX200 machine
with **SX-COBOT**

ALL IN ONE

High precision
Micro EDM Machining
4.0 smart production &
automation process

PULSAR

SX200-hpm
SX200-aero
6-8 axis Micro EDM
drilling and Milling

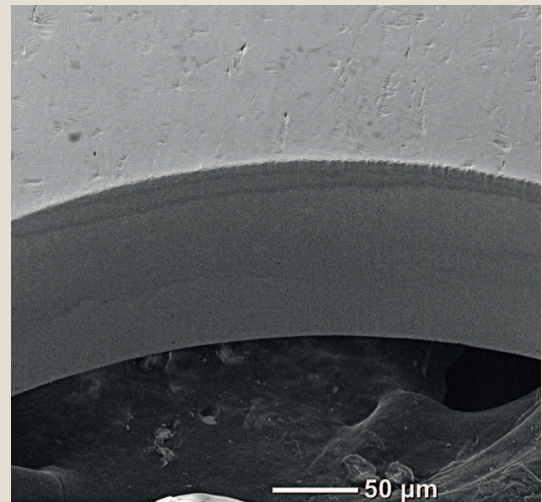
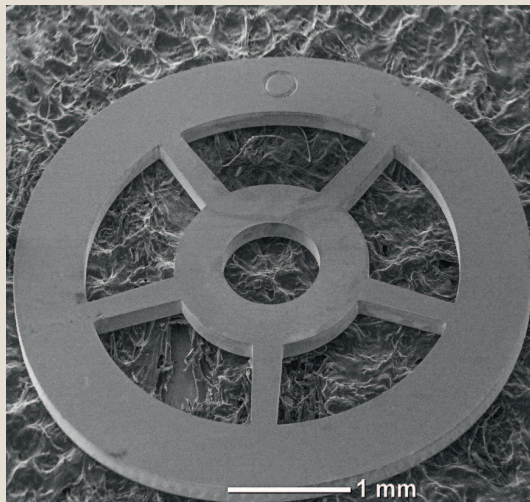


PULSAR
generator

5° Micro EDM control
SARIX
3D MICRO EDM MACHINING

 sarix.com

Bilder 3a und 3b.
Links: Uhrenrad, das aus einem Bandmaterial (Maillechort) ausgeschnitten ist; rechts: Bildausschnitt aus Bild 3a



die Laserquelle, die optische Strahlführung sowie die Kinematik zur Werkzeughandhabung. Darüber hinaus untersuchte und optimierte man das Zusammenspiel der Komponenten einschließlich des Kühlkonzepts. Mit industrietauglichen Schnittstellen integrierte Posalux das Scansystem hard- und softwareseitig in sein Maschinenkonzept. Eine intuitive Bedienoberfläche unterstützt den Anwender dabei, das Bohrbild zu laden, dessen Parameter zuzuordnen und die Werkstückoberfläche zu scannen. Beliebige Lochgeometrien lassen sich so im μm -Bereich bearbeiten und positionieren.

Bild 4. Maschinenkonzept ›Femto Mono‹ zur Lasermikrobearbeitung

Eine besondere Rolle bei der Maschinenentwicklung spielte die präzise und dynamische Strahlableitung zur Laserfokusführung auf dem Werkstück. Hierfür wurde das 5-Achs-Mikrobearbeitungs-Sub-

system Precsys von Scanlab integriert. Dieses besitzt eine robuste Bauweise, eine benutzerfreundliche Handhabung und die dazugehörige Softwareoberfläche ›Drillcontrol‹. Auch führt es den Laserstrahl in den Maschinenkoordinaten X, Y und Z mit simultan überlagertem, einstellbarem Anstellwinkel (positiv und negativ). Mit ihm können Mikrokvitäten mit hohem Aspektverhältnis gefertigt werden.

Bei einer reinen 3-Achs-Lasermaterialbearbeitung bilden sich durch den konischen Strahlverlauf (Strahlkaustik), insbesondere bei der Bearbeitung hoher Aspektverhältnisse, keine senkrechten Wände aus. Dagegen kann mit dem Precsys der Strahl während der Bearbeitung mittels einer Kreisbahn umlaufend angestellt werden. So erstrecken sich die Bohrungseintrittsseite scharfkantig und der Wandverlauf ideal senkrecht (zylindrisch). Zudem sind auch negativkonische Bohrungsverläufe realisierbar. Darüber hinaus lassen sich nicht nur kreisförmige, sondern auch elliptische, quadratische und linienförmige Geometrien prozesssicher herstellen. Das Scansystem wurde speziell für die Serienfertigung konzipiert.

Für die Strahlstabilisierung vom Laser bis zum Bearbeitungsfeld eignet sich die ›Feinjustage-Automatik‹ von Precsys. Dafür besitzt das System einen Sensor, der im Strahlengang eine Abweichung von der idealen Soll-Strahlführung in Position und Winkel detektiert und diese in der Software Drillcontrol anzeigt. Weicht zum Beispiel aufgrund von Laserpointing- oder Temperaturschwankungen der in das Precsys eintreffende Laserstrahl von einer anwenderspezifischen Sollgröße ab, kann der Anwender per Softwarebefehl eine Nachjustage veranlassen. Diese automatische Feinjustage erfolgt in weniger als einer halben Minute und garantiert ohne aufwendige Ursachenanalyse und manuelle Justagearbeiten einen langzeitstabilen Prozess.

Der Prozessbeobachtungspport von Precsys erfasst Realtime-Informationen in der Prozesszone. Diese Daten können beispielsweise zur Kontrolle des Bearbeitungsergebnisses genutzt werden, bevor ein weiterer Bearbeitungsschritt erfolgt.



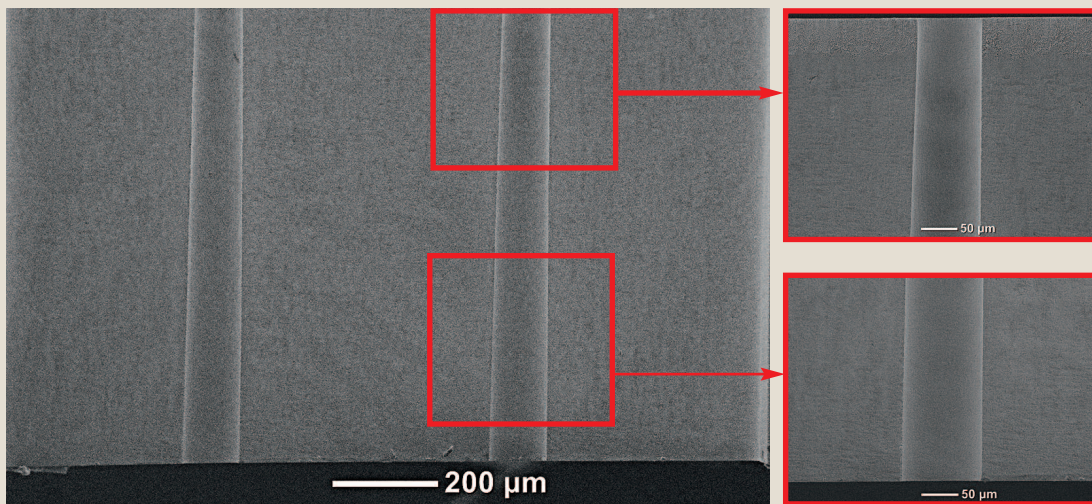


Bild 5. SEM-(Scanning-Electron-Microscope-)Bilder einer Einspritzbohrung, Eintrittsdurchmesser = 90 µm, Austrittsdurchmesser = 105 µm in 1 mm Wandstärke

Gebohrt wird fast überall

Für die Automobilindustrie konnten mit einem ähnlichen Maschinenkonzept wie das oben beschriebene Einspritzbohrungen mit Eintrittsdurchmessern von 90 µm und Austrittsdurchmessern von 105 µm in Wandstärken von 1 mm (Verhältnis Durchmesser zu Bohrtiefe: 1:10) prozessfähig ausgeführt werden (Bild 5). Ebenfalls wurden sogenannte Steuerbohrungen für das Dieseleinspritzen mit Durchmessern bis 60 µm und einem Verhältnis von Durchmesser zu Bohrtiefe von 1:10 damit erzeugt.

Die Mikrobearbeitung einer Probe Card oder einer »Fixture« für den Prüfvorrichtungsbau der Elektronik stellt neue Anforderungen an Scanner. Daher muss im Bildfeld des Precsys-Scansystems prozesssicher gewährleistet sein, dass runde beziehungsweise rechteckige Löcher mit Durchmessern und Kantenlängen bis 40 µm bearbeitet werden können und gleichzeitig ein Raster von 50 µm eingehalten wird.

Bild 6 zeigt die Bearbeitung einer rechteckigen Lochmatrix (10×10) in Si₃N₄-Keramik innerhalb des Precsys-Bildfelds. Die Kantenlänge der Rechtecke

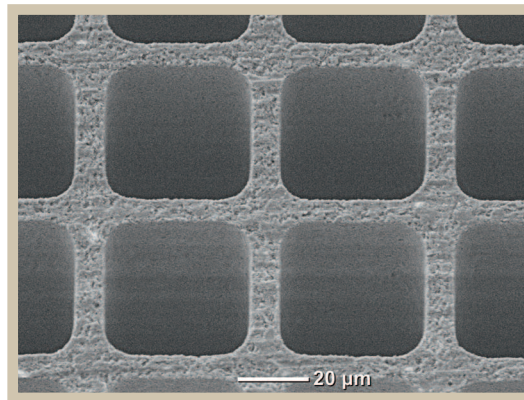
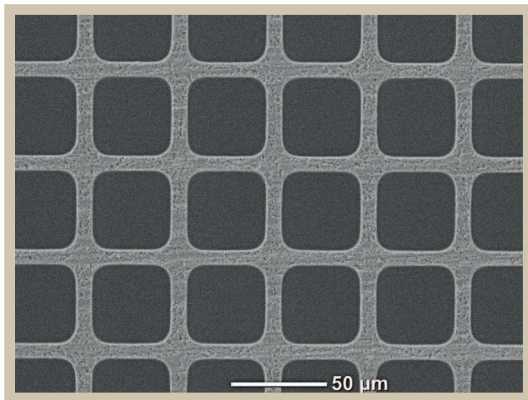
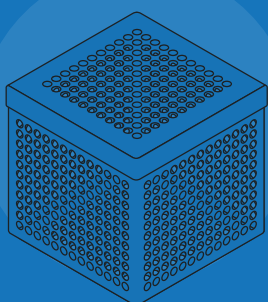


Bild 6. Rechteckige Bohrungen mit einer Kantenlänge von 40 µm, einem Raster von 50 µm und einem Si₃N₄-Substrat

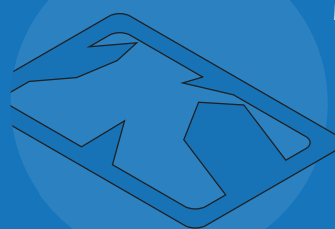
Effiziente Kleinteilereinigung und -fertigung

Kleinteile-Waschkörbe



- Einfache Bestückung
- Individuell abgestimmt
- Kontrollierte Qualität
- Robust und langlebig

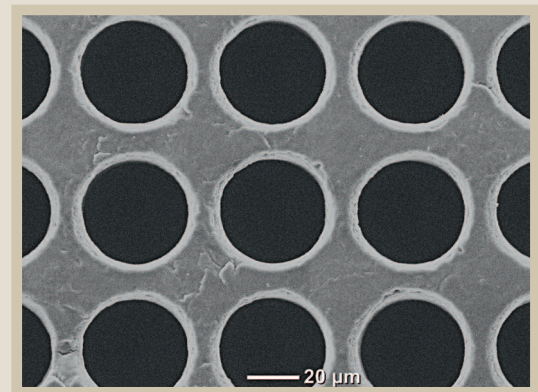
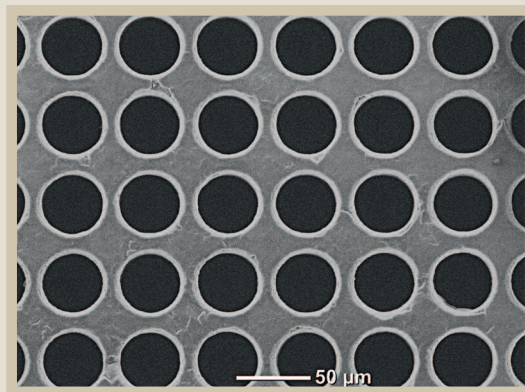
Microcutting und Bending



- Metall-/Blechteile Zulieferung
- Modernste CNC-Maschinen
- Aus einer Hand
- Präzisionstoleranz 0,01 mm



Bild 7. Runde Bohrungen mit einem Durchmesser von $40\ \mu\text{m}$ und einem Raster von $55\ \mu\text{m}$ in dem Polymer-Substrat S1000



beträgt $40\ \mu\text{m}$, das Raster hat $50\ \mu\text{m}$, was eine Wandstärke von $10\ \mu\text{m}$ bedingt. Die Verbindungsradien der vier Kanten wurden mit $\leq 5\ \mu\text{m}$ gemessen. Dabei werden Prozesszeiten von $1,2\ \text{s}$ pro Bohrung bei einer Substratdicke von $250\ \mu\text{m}$ erreicht.

In **Bild 7** ist eine Bohrungsmatrix von 10×10 im Polymer-Substrat S1000 mit einer Materialstärke von $350\ \mu\text{m}$ zu sehen. Die Bohrungen haben einen Durchmesser von $40\ \mu\text{m}$, das Raster beträgt $55\ \mu\text{m}$, und die Prozesszeit liegt bei $2,5\ \text{s}$ pro Bohrung.

Das »Swiss Cross« in **Bild 8** umrandet 2000 rechteckige Bohrungen in einem Substrat aus einem Polymer (PPS) mit einer Wandstärke von $350\ \mu\text{m}$. Jede rechteckige Bohrung besitzt eine Kantenlänge von $40\ \mu\text{m}$, die Wandstärke beträgt $15\ \mu\text{m}$, sodass sich ein Raster von $55\ \mu\text{m}$ ergibt. Innerhalb des Precsys-Bildfelds wurden jeweils 100 rechteckige Löcher gebohrt (Matrix von 10×10). Um die Bearbeitung präzise fortzuführen, wurde der Tisch anschließend neu positioniert. Dies erfolgte beispielsweise bei einer Fläche von circa $7,5\ \text{mm}^2$ 20 Mal.

Bild 9 definiert einen Ausschnitt der linken oberen Ecke von Bild 8. Darin ist zu erkennen, dass zwischen den einzelnen Matrizen ein nahtloser Übergang entsteht. Hierfür ist eine Kombination von Werkstück-

Positioniergenauigkeit und Bearbeitungspositionierung von jeweils $\pm 1\ \mu\text{m}$ notwendig, sodass sich im Arbeitsbereich der Maschine in Summe eine Positioniergenauigkeit von $\pm 2\ \mu\text{m}$ ergibt.

Wie die Beispiele zeigen, gewährleistet das hochintegrierte Maschinenkonzept einen kontrollierten und qualitätssicheren Prozess. Auch erlaubt das Scansystem durch seine spezifische Kalibrierung eine Arraybearbeitung in einem Bildfeld mit einem Durchmesser von $2,5\ \text{mm}$. Somit lassen sich quadratische Bohrungen nacheinander auch außerhalb der optischen Achse bearbeiten, ohne dass das Werkstück verfahren werden muss. Je nach Anwendung kann dies merklich Zeit und Kosten einsparen. ■

MI110540

AUTOREN

Dr. PATRICIA HAMMERS-WEBER ist Programmmanagerin bei der Scanlab GmbH in Puchheim.

UDO HEINZEL ist Senior Technology Manager bei Posalux SA in Biel.

Bild 8 (links). Swiss Cross, umrandet von 2000 rechteckigen Bohrungen mit einer Kantenlänge von $40\ \mu\text{m}$ und einem Raster von $55\ \mu\text{m}$ in $350\ \mu\text{m}$ dicken PPS

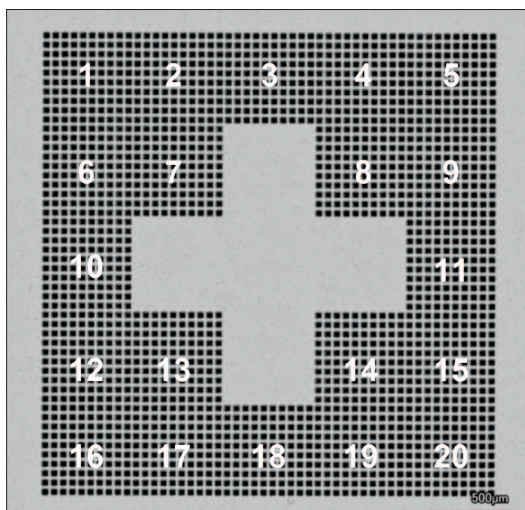


Bild 9 (rechts). Bildausschnitt aus Bild 8, linke obere Ecke: Zoom des Übergangsbereichs von sechs Matrizen

