



Intuitive Laser-Mikrobearbeitung mit verschiedenen Wellenlängen

Die fortschreitende Miniaturisierung im Bereich der Konsumgüterelektronik und im Maschinenbau bringt zahlreiche Veränderungen in der Fertigung von elektronischen Bauteilen, wie beispielsweise Leiterplatten, Steuerungselementen und Sensoren, mit sich. Im Zuge dieser Entwicklung verändern sich auch die Anforderungen an Laserbearbeitungsmaschinen im Bereich Mikrobearbeitung. Zusätzliche Herausforderungen stellen schwierig zu bearbeitenden Materialien, wie Polymere und Keramik, dar. Im nachfolgenden wird beschrieben, wie der Maschinenhersteller Posalux SA diesen steigenden Ansprüchen begegnet und mithilfe eines Präzessionsbohrsystems und 515 nm Lasern bisher bekannte Bearbeitungsgrenzen weiter verschiebt.



In der Elektronikindustrie wird konsequenterweise auch die eingesetzte Prüfelektronik – sogenannte »Prüfkarten« (advanced probe cards) – immer kleiner. Diese Prüfkarten dienen als Hilfsmittel zum Testen integrierter Schaltkreise und stellen höchste Ansprüche an die Bearbeitung. Zentrale Komponenten der Prüfkarten sind die »guide plates«, die aus einem mechanisch stabilen Substrat mit Tausenden von Mikrobohrungen bestehen. Durch diese Bohrungen müssen die Kontaktstifte der Probe Cards sicher und exakt geführt werden, um die An-

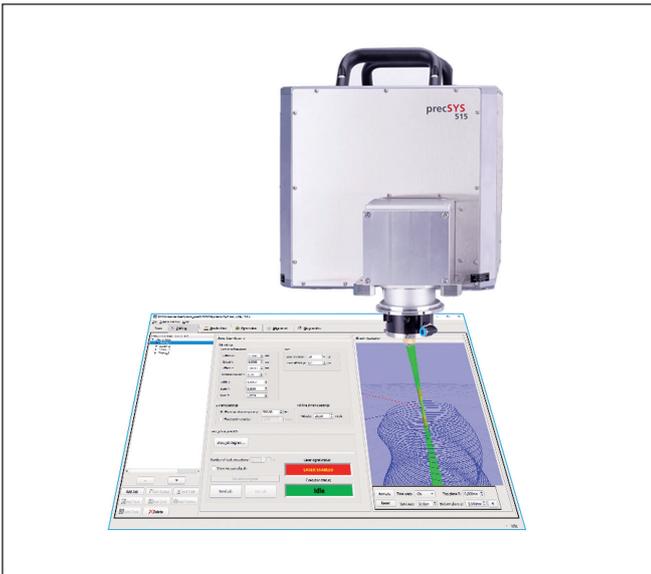
schlüsse der Halbleiter-Bauelemente treffsicher zu kontaktieren. Gerade für sogenannte »Advanced Probe Cards« ist jedoch mechanisches Bohren nicht mehr ausreichend genau, zudem bedarf es variabler Bohr-Geometrien. Die Vorteile einer Bearbeitung mittels Laser liegen auf der Hand: Neben einer höheren Bohrqualität stehen erweiterte Lochgeometrien zur Auswahl darüber hinaus können Bearbeitungszeiten verkürzt werden.

Die Nachfrage nach Laserbohrungen im Mikrobearbeitungsbereich der Industrie hat in den letzten Jahren spür-

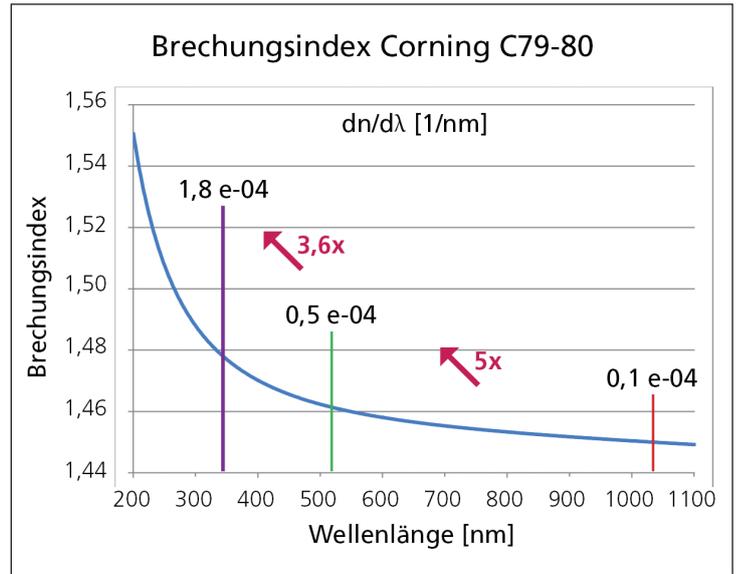
bar zugenommen und Posalux SA hat geprüft, welche Vorteile der Einsatz eines grünen Lasers gegenüber einem IR-System (Infrarot-System) bieten würde.

Die Verfügbarkeit eines für 515 nm Laserstrahlung ausgelegten Scan-Systems, das die Erzeugung noch feinerer lateraler Strukturen erlaubt, war unter diesen Gesichtspunkten besonders interessant.

Posalux SA ist seit vielen Jahrzehnten eine Referenz für die Herstellung hochpräziser Mikro-Bearbeitungstechnologien für die Massenproduk-



▲ **Abb. 1:** precSYS 515 Mikrobearbeitungs-System mit Drill-Control GUI (Graphic User Interface) für die Prozesssimulation und Steuerung der Prozessparameter.
©SCANLAB



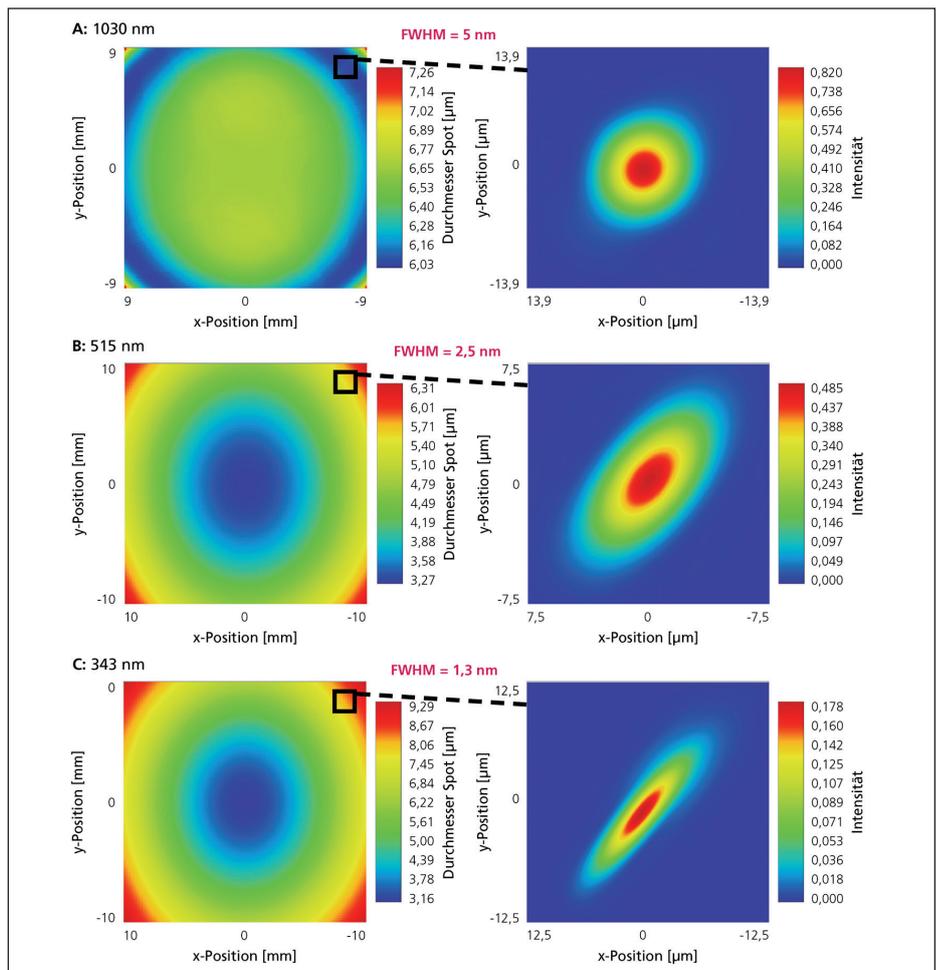
▲ **Abb. 2:** Brechungsindex und Dispersion von Quarzglas in Abhängigkeit von der Wellenlänge.
Quelle: Materialkataloge Corning/Zemax

tion. Diese Bearbeitungsmaschinen können Anwendung in der Automobil- und Luftfahrtindustrie, der Medizintechnik, der Elektronikindustrie und der Uhrenindustrie finden.

Der Wunsch nach noch mehr Präzision

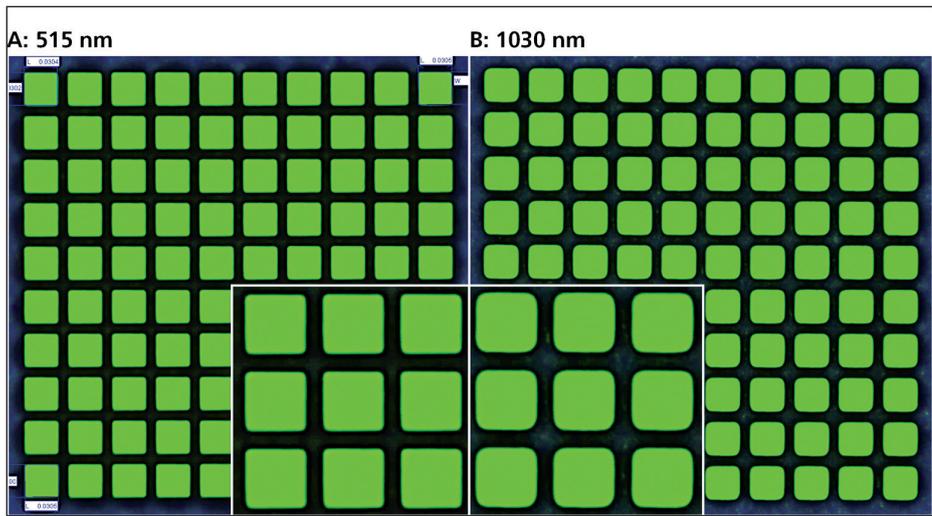
Um die Anforderungen in der Mikrobearbeitung noch besser bedienen zu können, hat SCANLAB seine precSYS Produktfamilie um ein System erweitert, das auf einen grünen Laser mit einer Wellenlänge von 515 nm ausgelegt ist. Im Vergleich zu Infrarotlasern mit 1030 nm wird somit genau die halbe Wellenlänge eingesetzt, was zu einer deutlich geringeren Laserspotgröße führt, mit der anspruchsvolle Materialien lateral noch genauer bearbeitet werden können. Bei gleichem Öffnungswinkel (auch Divergenzwinkel genannt) des Laserstrahls können größere Aspectverhältnisse erzielt werden.

Es stellt sich die Frage, warum nicht gleich ein UV-System mit 343 nm zum Einsatz kommt. Hierbei spielt die Dispersion von Quarzglas und die Bandbreite der eingesetzten Laserstrahlquellen eine große Rolle. Die Dispersion für 515 nm ist dabei 5-mal höher als für 1030 nm und für 343 nm ist die

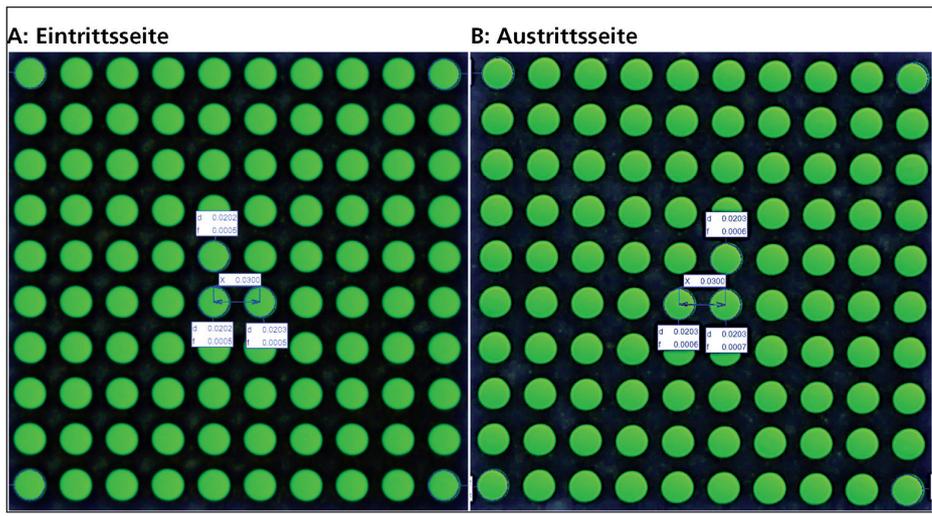


▲ **Abb. 3:** Bearbeitungs-Spot am Feldrand für drei verschiedene Wellenlängen (1030 nm, 515 nm und 343 nm). Durch die Bandbreite des Lasers und die Dispersion des Quarzglases verschlechtert sich die Spot-Qualität am Feldrand mit der Wellenlänge sehr deutlich.

©SCANLAB



▲ Abb. 4: Eintrittsseite von Löchern mit einer Kantenlänge von 30 µm x 30 µm in einer Si₃N₄ Keramik von 250 µm Dicke. Links sind die Ergebnisse mit 515 nm, rechts die Ergebnisse mit 1030 nm dargestellt.
© Posalux SA



▲ Abb. 5: Mit einem 515 nm precSYS gefertigte Löcher mit einem Durchmesser von 20 µm in 250 µm dicker Si₃N₄ Keramik. Links ist die Eintrittsseite, rechts die Austrittsseite dargestellt.
© Posalux SA

Dispersion nochmal 3,6-fach höher als für 515 nm. In Abb. 2 ist der Brechungsindex von Quarzglas, das bei der Verwendung von Ultrakurzpuls Lasern ausschließlich zum Einsatz kommt, in Abhängigkeit von der Wellenlänge aufgeführt. Für ausgewählte Wellenlängen ist auch die Dispersion angegeben. Dieses Problem der Dispersion könnte nur durch die Verwendung von CaF₂-Linsen kompensiert werden. In typischen F-Theta Objektiven für Ultrakurzpuls Laser kommt in der Regel jedoch kein CaF₂ zum Einsatz, da es

stark hyroskopisch (wasserbindend) ist und die Lebensdauer der Objektivve damit begrenzt wäre. Die Bandbreite der meisten Ultrakurzpuls Laser beträgt bei 1030 nm 5 nm, bei 515 nm 2,5 nm und bei 343 nm 1,3 nm (Quelle: Amplitude, Light Conversion, Coherent). Eine Ausnahme stellen die Disk Laser dar, deren Bandbreite bei 1030 nm lediglich 0,5 nm (Quelle: TRUMPF) beträgt. Die Abnahme der Bandbreite über die Wellenlänge kompensiert aber bei Weitem nicht den Anstieg der Dispersion. Ohne CaF₂ ist somit keine Kompensa-

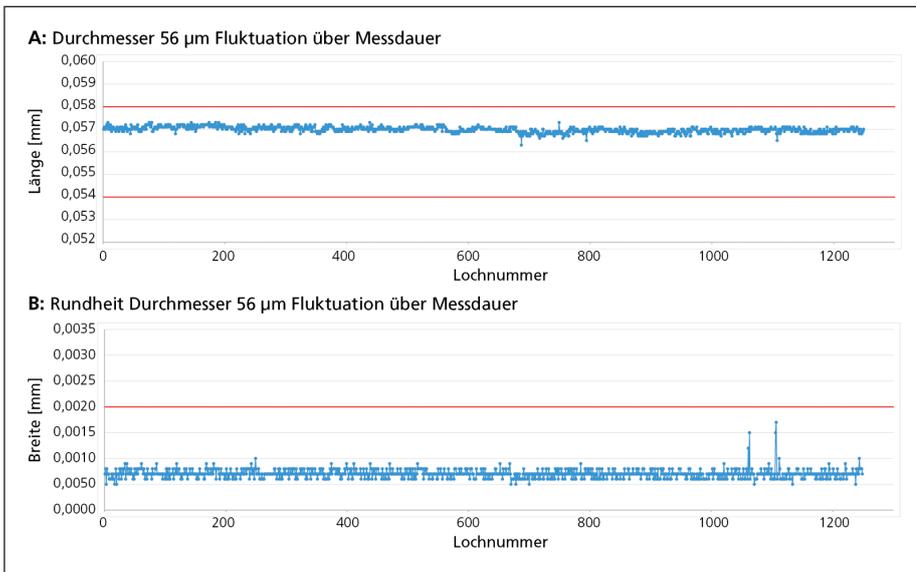
tion der Dispersion des Quarzglas möglich, sodass es zu starken chromatischen Abberationen im Feldrand kommt. Dies ist in Abb. 3 für die drei Wellenlängen dargestellt. Wie erwartet ist der Effekt bei 343 nm sehr stark ausgeprägt, daher hat SCANLAB von der Entwicklung eines 343 nm Bohrkopfes Abstand genommen.

Wiederholbarkeit als Schlüssel zum Erfolg

Posalux hat den neuen 515 nm precSYS, als galvobasiertes 5-Achs-Subsystem, erfolgreich in sein Maschinenkonzept integriert und umfassend getestet. Dank der flexiblen Positioniermöglichkeiten des Laserstrahls (in x-, y-, z-, α-, β-Richtung) bieten die Scan-Köpfe höchste Flexibilität bei der Entwicklung von neuen Prozessstrategien. Für die Laserbearbeitung können sowohl kreis-, ellipsen- oder linienförmige Bahnen in 2D oder 3D definiert werden. Sämtliche Systeme der precSYS Produktfamilie setzen inzwischen ein neues Regelungskonzept ein, welches noch höhere Rotationsfrequenzen und Bearbeitungsgeschwindigkeiten bei Bohrvorgängen erlaubt. Die nachfolgend dokumentieren Bearbeitungsbeispiele entsprechen Kundenanforderungen und wurden bei Posalux SA unter realen Produktionsbedingungen hergestellt. Die Wiederholbarkeit und Präzision stehen dabei an erster Stelle, Tausende von Bohrungen müssen zuverlässig im Produktionsalltag garantiert werden.

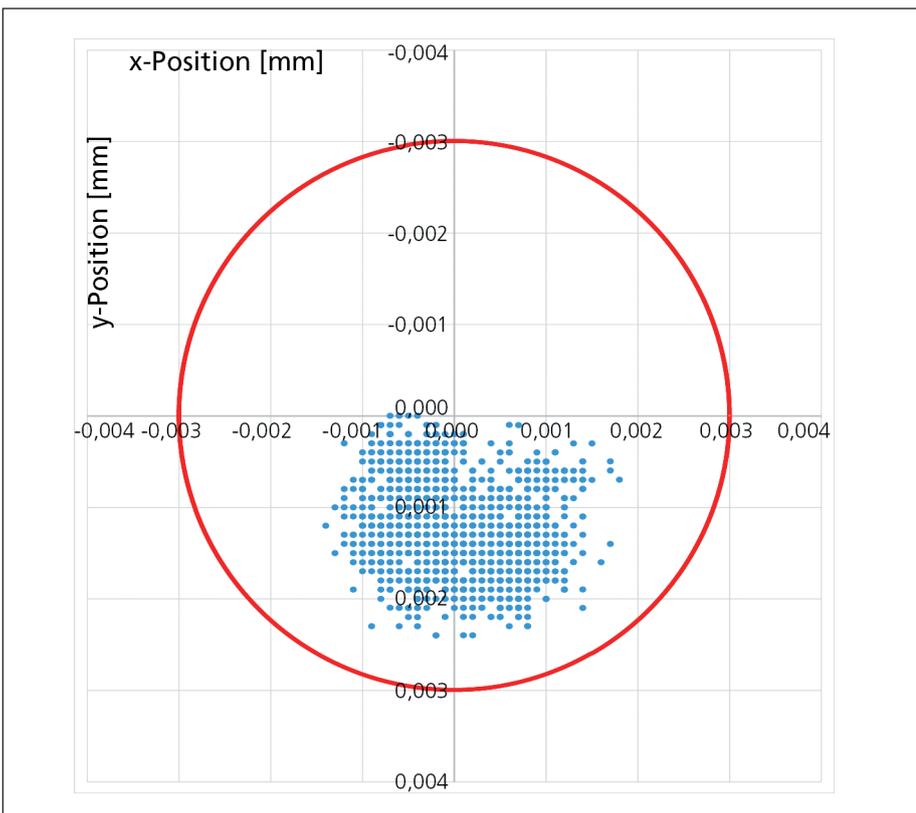
In Abb. 4 wird die Eintrittsseite von rechteckigen Löchern in einer Si₃N₄ Keramik gezeigt. Bei den Löchern, die mit 515 nm erzeugt wurden, kann ein Eckenradius von 3 µm erzielt werden, was die aktuellen Anforderungen von Kunden genau erfüllt. Bei den Löchern, die mit 1030 nm erzeugt wurden, wird ein Eckenradius von 5 µm erreicht.

Als weiteres Applikationsbeispiel wurden runde Bohrungen ausgeführt. Abb. 5 zeigt runde Löcher mit 20 µm Durchmesser in Si₃N₄ Keramik. Das Aspektverhältnis beträgt damit 12,5:1.



▲ **Abb. 6: Gemessener Durchmesser und Rundheit von 1.300 Löchern, gebohrt mit einem 515 nm Laser.**

©SCANLAB



▲ **Abb. 7: Die absolute, gemessene Position der Löcher aus Abb. 6.**

©SCANLAB

Die Bearbeitung erfolgte auch hier mit einem grünen 515 nm Laser.

Neben den eigentlichen Arbeitsergebnissen wurden Messungen durchgeführt, um die Ergebnisse noch genauer bewerten zu können. Abb. 6 zeigt den gemessenen Durchmesser

und die Rundheit von 1.300 Löchern, die mit dem precSYS auf der FEMTO Laser Maschine von Posalux gebohrt wurden. Es ist leicht erkennbar, dass die Toleranz von 2 μm (durchgezogene Linien in der Grafik) deutlich unterschritten wird. Die absolute laterale

Position der Bohrungen auf dem Werkstück ist in Abb. 7 dargestellt. Auch hier wird der gesetzte Grenzwert deutlich unterschritten.

Alle vorliegenden Beispiele und Tests belegen, dass der Einsatz eines 515 nm Lasers deutlich kleinere Strukturen herzustellen erlaubt als dies mit einem 1030 nm Laser möglich wäre. Die Geometrie und Position der gebohrten Löcher erfüllt höchste Ansprüche bezüglich der Genauigkeit. Die dargestellten Ergebnisse basieren auf aktuellen Kundenanforderungen.

Ausblick

Die Anwendungsbeispiele geben einen fundierten Einblick in die Weiterentwicklung der Mikrobearbeitung. Diese wird in Kürze auch Auswirkungen auf andere Branchen als die Elektronikindustrie haben. Zahlreiche andere Materialien, die herausfordernd in der Bearbeitung sind, rücken jetzt weiter in den Fokus. Darunter Saphir, Glas und Komposit-Materialien oder auch synthetische Rubinsteine, die beispielsweise in der Uhrenindustrie eingesetzt werden. Sowohl aus der Automobilbranche, im Bereich Doppelkappen-Ventile, als auch aus der Medizintechnik gibt es weitere Applikationsversuche. Die Grenzen der Miniaturisierung und Machbarkeit werden auch in Zukunft immer wieder neu definiert.

■ INFO

Autoren:
Dr. Holger Schlüter
SCANLAB GmbH
Udo Heinzel
Posalux SA
www.posalux.com

Kontakt:
Eva Jubitz
E-Mail: e.jubitz@scanlab.de
SCANLAB GmbH
Siemensstr. 2a
82178 Puchheim
Tel.: 089 800746-0
Fax: 089 800746-199
www.scanlab.de