

Multifunktionale Mikrosysteme aus Glas

Mithilfe eines zweistufigen Prozesses aus Lasermodifikation und Ätztechnik lässt sich ein großes Spektrum von glasbasierten Mikrosystemen hochgenau, effizient und mit hoher Oberflächengüte herstellen, beispielsweise für die Optik und Photonik, die Mikro- und Optomechanik oder die **MIKROFLUIDIK**.

NICOLETTA CASANOVA

Der 3D-Druck ist heute ein Standardverfahren, um eine breite Palette von Komponenten und Systemen zu produzieren. Mithilfe des 3D-Drucks können auch medizinische Instrumente, Implantate und portable Analysegeräte kostengünstig hergestellt werden. Die Medizintechnik ist jedoch sehr anspruchsvoll, und nur wenige Verfahren sind heute in der Lage, den dort geltenden Anforderungen zu genügen, beispielsweise in Bezug auf die Biokompatibilität, die Schaffung antibakterieller Oberflächen, die Miniaturisierung oder die Funktionsintegration.

Für derartige Anwendungen stellt das selektive laserinduzierte Ätzen des schweizerischen Unternehmens Femtoprint eine geeignete Lösung dar. Bei dem Verfahren wird mithilfe von Femtosekundenlasern das Material so modifiziert, dass beim anschließenden Ätzprozess deutlich höhere Ätzraten erzielt werden können. Das Verfahren ist damit zwar ein »schreibendes« Verfahren, sein Wirkprinzip ist jedoch nicht additiv, sondern subtraktiv. Dank der Kombination aus Multi-Photonen-Prozess und selektivem Nassätzen kann Femtoprint komplexe dreidimensionale Mikrokomponenten und -systeme aus Glas und anderen transparenten Materialien herstellen. Der Laserprozess kann optische, fluidische und mechanische Funktionen in einem einzelnen Mikrosystem realisieren.

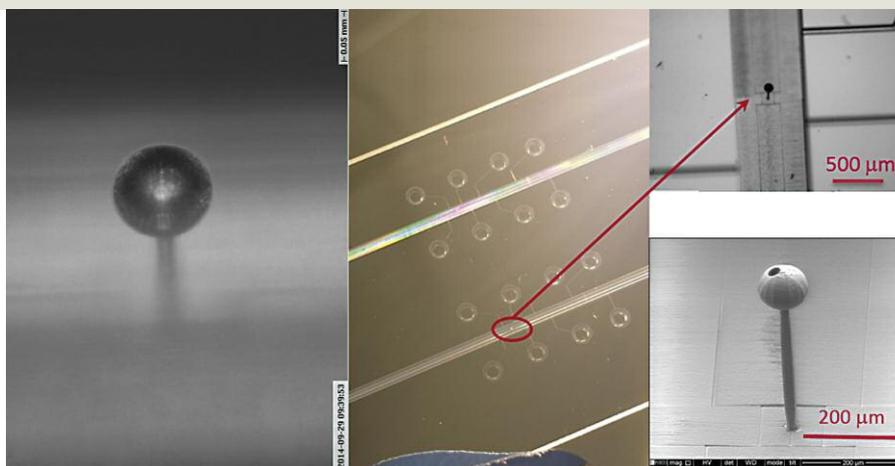


Bild 1. Mikrofluidik-Chip, hergestellt im Femtoprint-Prozess

Die Mikrosysteme können nicht nur aus Standardglas, sondern auch aus Borosilikat, Quarzglas und anderen biokompatiblen, isotropen und stabilen durchsichtigen Materialien hergestellt werden, und das mit hoher Genauigkeit und Flexibilität. Beispiele aus der Medizintechnik sind Mikrodüsen für Zerstäuber, transparente Mikrokatheter in Kombination mit optischen Sensoren, gekapselte Mikrochips, Lab-on-Chips für diagnostische Schnelltests, Prototypen für Ohrimplantate, antibakterielle Systeme mit einer von Haihaut inspirierten Oberfläche, Gussformen sowie Mikrolinsen.

In der Optik und Telekommunikationstechnik können Mikrolinsen-Arrays, Lab-on-Fiber, Beam Combiner oder generell optische Komponenten mit beliebigen Formen und in optischer Oberflächenqualität realisiert werden. In der Uhrenindustrie können sämtliche mikromechanische Komponenten und Baugruppen, inklusive flexibler Elemente, in einem Schritt mit hoher Präzision und rissfreien Oberflächen hergestellt werden. Dank der Kompatibilität von einigen Glassorten mit Silizium kann Femtoprint auch auf Glassorten für die Elektronik zurückgreifen. Dabei sind die Grenzen der Anwendungsmöglichkeiten bei Weitem noch nicht ausgeschöpft.

So hat vor Kurzem das Transport Phenomena Research Center (Fakultät für Ingenieurwissenschaften der Universität von Porto, Portugal) erforscht,

> KONTAKT

HERSTELLER
FEMTOprint SA
 CH-6933 Muzzano
 Tel +41 91 960 10 70
 info@femtoprint.ch
 www.femtoprint.ch

Bild 2. Cochlea-Modell

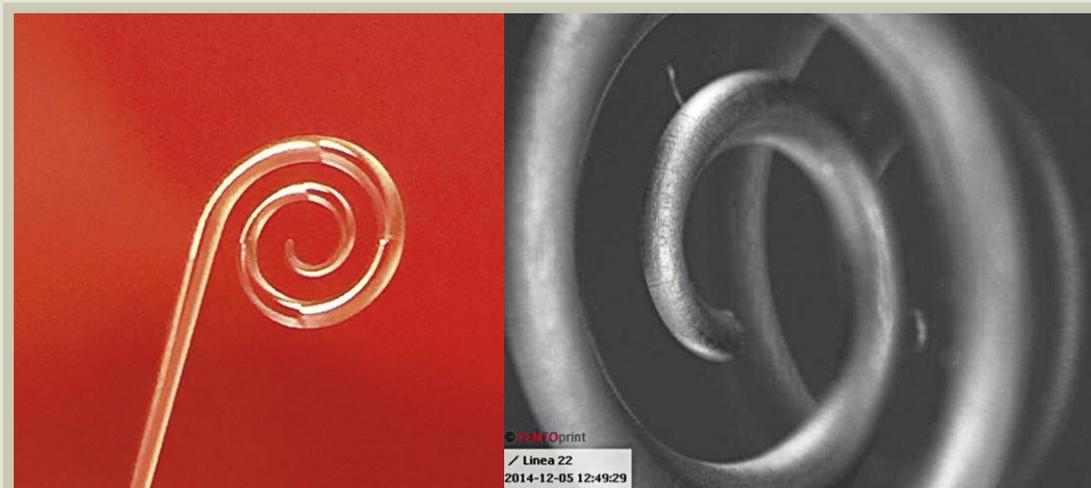
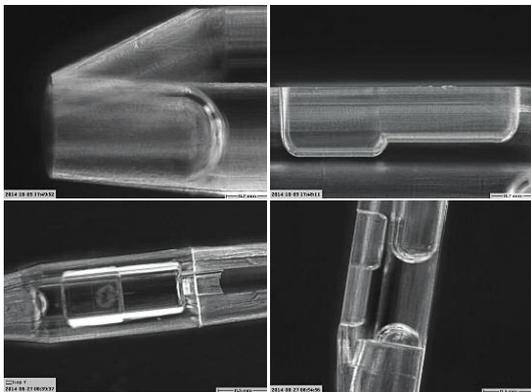


Bild 3. Medizintechnischer Katheter mit sehr feinen Nuten für optische Sensorik



welchen Effekt der Prototyp eines »schwimmenden« Microbots auf die Strömungsdynamik des menschlichen Bluts hat.

Lab-on-Chips und Microbots

Der Einfluss der Microbot-Morphologie auf die Blutflüsseigenschaften war einer der wichtigsten zu untersuchenden Aspekte. Als kritisch erwies sich dabei die Herstellung der erforderlichen Microbot-Modelle, besonders aufgrund ihrer geringen Abmessungen von etwa 100 μm , ihrer komplexen 3D-Geometrie sowie der geringen Oberflächenrauigkeit. Dabei galt es, den Microbot für die Flüssigkeits-

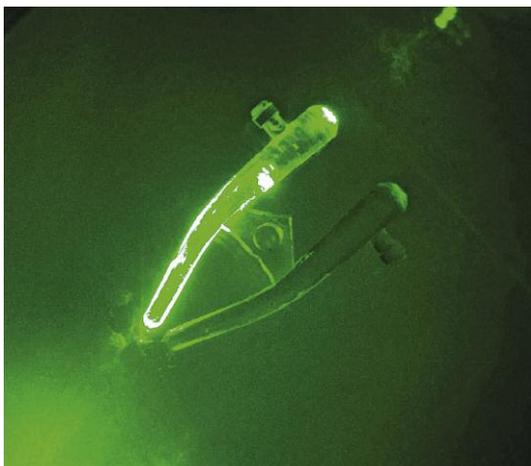
strömung zu optimieren. Um die mechanische Kontinuität zwischen dem Microbot-Modell und dem Boden des Kanals zu gewährleisten, wurde ein extrem dünner und flexibler Zylinder gefertigt mit einem Durchmesser von etwa 20 μm , einem Aspektverhältnis von 1:15 sowie einer Genauigkeit von weniger als 1 μm .

Gerade Mikrokanäle mit verschiedenen Microbot-Prototypen (kubischer Block, Kugel und zwei verschiedenen Ellipsoiden) wurden mit einer Genauigkeit unter 1 μm in der Position, Form und Oberflächenrauheit hergestellt (**Bild 1**).

Die Femtoprint-Technik wird auch zur Produktion von Lab-on-Chips eingesetzt. Dabei handelt es sich um Systeme für die hochgenaue Diagnose von geringen Flüssigkeitsmengen sowie für die Untersuchung von Zelleigenschaften. Mikrokanäle mit Querschnitten in der Größenordnung von 10 bis 100 μm mit optischen Funktionen erlauben beispielsweise die Untersuchung und optische Charakterisierung von biologischen Flüssigkeiten sowie darin enthaltenen Zellen oder Organismen.

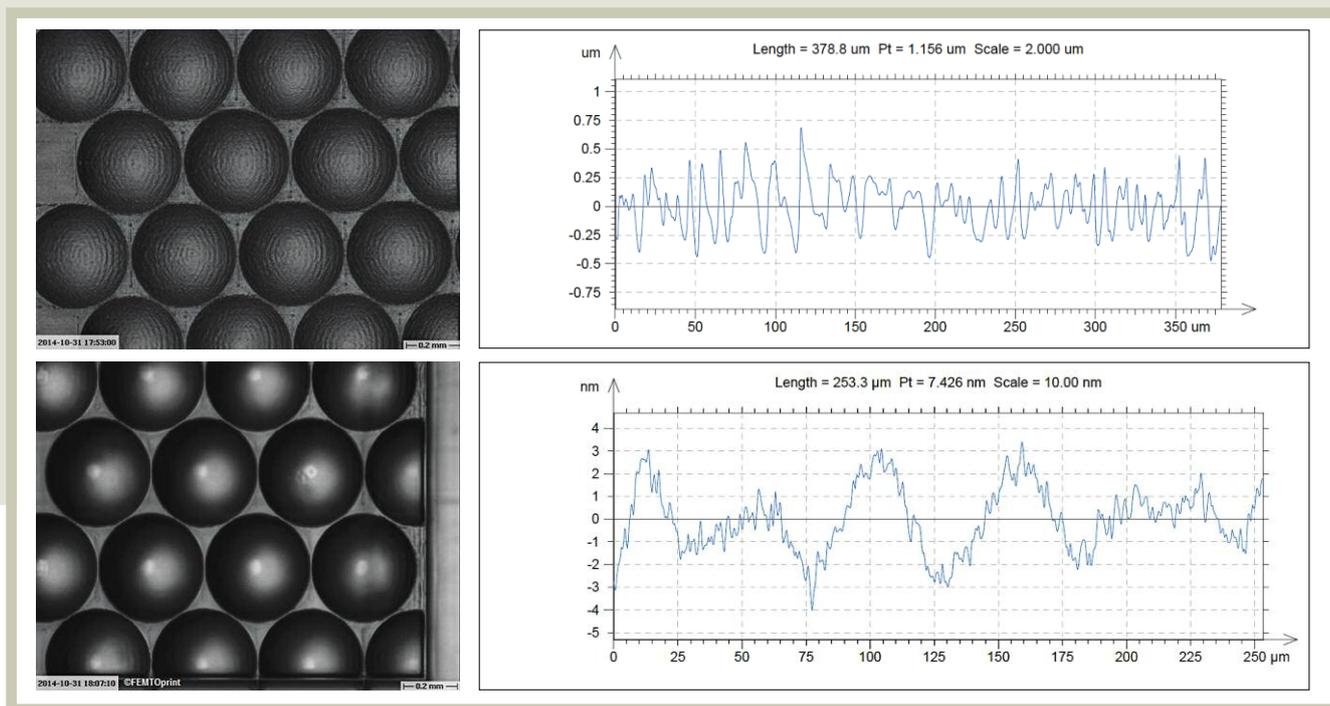
Ein Cochlea-Implantat verwandelt akustische Klänge beziehungsweise Wellen in eine elektrische Stimulation des Hörnervs. Die Kraft für das Einführen ins Ohr ist eines der Kriterien für die Gestaltung einer neuen Cochlea-Elektrodenanordnung.

Bild 4. Doppel-Lightpipe mit etwa 17 mm Länge



Implantate und Katheter

Diese Kraft wirkt direkt auf das umliegende Gewebe, insbesondere auf die Basilarmembran, und kann ein Trauma erzeugen. Verschiedene Studien haben bereits eine direkte Verbindung zwischen den Einführungskräften der Elektroden und dem Trauma nachgewiesen. Basierend auf diesem Effekt hat das französische Unternehmen Oticon Medical einen Prüfstand entwickelt, der sehr geringe Kräfte messen kann. Das Setup gewährleistet eine hohe Genauigkeit bei der Positionierung des Cochlea-Modells und eine gute Reproduzierbarkeit bei sich wiederholenden Tests. Dazu wurden wiederum verschiedene Cochlea-Modelle entwickelt und verschiedene



Produktionstechniken getestet. Die einfachste Form bestand in einer 2D-Cochlea mit 2D-Bearbeitung, während die vielversprechendste Lösung in einem 3D-Modell bestand, das von Femtoprint aus einem Glasbauteil gefertigt wurde (Bild 2). Dank des realistischen Setups zeigen erste Versuche sehr geringe Abweichungen bei der Einführungskraft. Dies ermöglicht einen Vergleich verschiedener Elektrodenanordnungen bei unterschiedlichen Cochlea-Varianten zur Simulation von verschiedenen Einfügungswinkeln in die Cochlea.

Komplexe 3D-Medizinprodukte mit inneren Hohlräumen, beispielsweise Katheter mit äußeren transparenten Nuten für optische Sensoren, wurden für

das Unternehmen Medtronic hergestellt, eines der weltweit größten Medizintechnikunternehmen (Bild 3). Dabei gewährleistet das selektive laserinduzierte Ätzen von Glas bei diesem Katheter-Prototyp Eigenschaften wie Biokompatibilität, Transparenz, geringe Rauigkeit und hohe Genauigkeit. Dank der glatten Oberflächen ist auch eine optische Überwachung des Innenkanals möglich.

Gussformen und optische Elemente

Aufgrund seiner hohen Oberflächen- und Konturgenauigkeit kann Femtoprint das Verfahren auch zur Herstellung von Mikrogussformen für die Groß-

Bild 5. Mikrolinsen-Array und Messung der Oberflächenrauheit vor und nach der Oberflächenbearbeitung

clean air for your workflow



Besuchen Sie uns während der Productronica oder der Precision Fair und sichern Sie sich Ihr kostenloses Messticket:



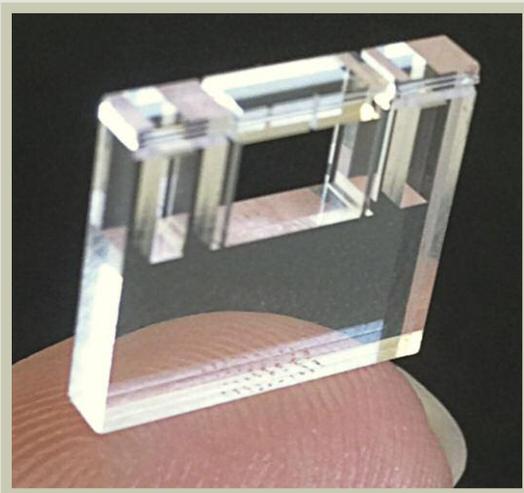
COLANDIS
the clean air company

<http://bit.ly/messen2015>

COLANDIS GmbH · Im Camisch 34 · D-07768 Kahla · Telefon +49 36424 7694-0 · E-Mail: info@colandis.com

www.colandis.com

Bild 6. Optomechanischer Sensor mit Festkörpergelenken



serienfertigung von Lab-on-Chips oder mikrofluidischen Bauteilen für biologische Analysen und Linsen in mehreren Materialien verwenden. Dank der Transparenz der bearbeiteten Materialien und der hohen Oberflächenqualität mit einer Rauigkeit von weniger als 10 nm können auch direkt optische Elemente mit beliebigen Formen hergestellt werden. Lichtleiter und Mikrolinsen-Arrays sind nur einige Beispiele (**Bilder 4 und 5**).

Komplexe Mikromechaniken in einem Schritt

Die Integration von optischen und mechanischen Funktionen kann auch bei der Herstellung von Sensoren genutzt werden (**Bild 6**). Glas kann so dünn ausgeführt werden, dass es als Festkörpergelenk sogar bessere Eigenschaften als Metall zeigen kann. Diese Vorteile können auch in der Uhrenindustrie von Bedeutung sein. Bei einem hochwertigen Chronometer geraten Bauteileigenschaften wie Ebenheit, Konturgenauigkeit, Reibungsarmut, die Isotropie der Materialien sowie die Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern in den Fokus (**Bild 7**). Der Femtoprint-Prozess kann diesen Forderungen gerecht werden und genießt darüber hinaus den Vorzug, dass ein kompletter

Bild 8. Hologramme und Markierungen können hergestellt werden, beispielsweise für Sicherheitsmerkmale

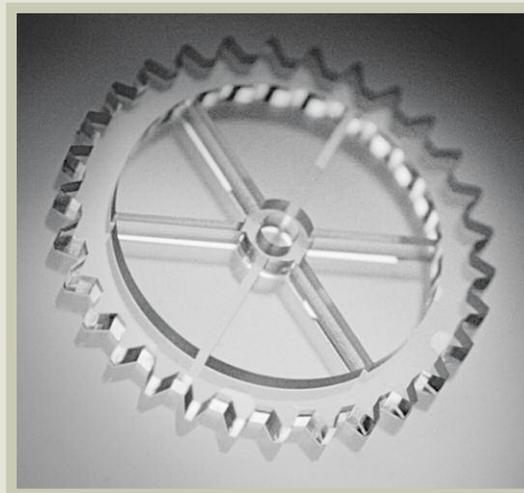
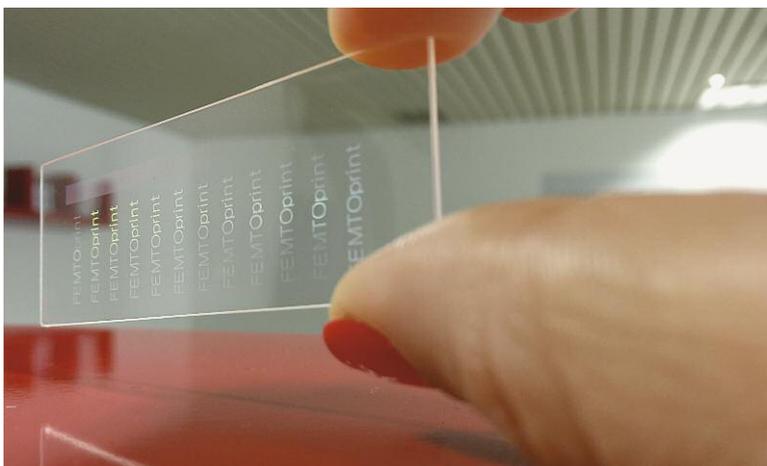


Bild 7. Uhrenkomponenten: eben, durchsichtig, präzise und mit vertikalen Wänden

Mechanismus aus einem Stück hergestellt werden kann. Das kann den Montageprozesses nicht nur vereinfachen, sondern bestenfalls sogar überflüssig machen.

Dekoration, Markierung und 5D-HD-Memory

Die Belichtung des Materials im Femtoprint-Prozess modifiziert sehr präzise und selektiv die Dichte sowie die optischen Eigenschaften des Substrats. Auf diese Weise lassen sich integrierte Wellenleiter realisieren, das heißt funktionale optische Strukturen zur Führung des Lichts innerhalb des Substrats. Aber auch praktisch unsichtbare Markierungen, beispielsweise für fälschungssichere Merkmale, oder beliebige Dekorationen im Bauteilinneren oder an der Oberfläche sind möglich (**Bild 8**). Die Technik ist auch schon für die Speicherung von großen Datenmengen mittels Glas getestet worden – das sogenannte 5D-High-Density Memory.

Hohes Aspektverhältnis (1:500 bis 1:1000), transparente und glatte Oberflächen ($R_a < 10$ nm), sehr präzise Formen ($< 1 \mu\text{m}$), Bioverträglichkeit der Materialien, Integration von mehreren Funktionen, Robustheit und geringe Abmessungen sind nur einige der Vorteile der 3D-Mikrosysteme, die mit dem Femtoprint-Prozess hergestellt werden können. Femtoprint ermöglicht sowohl das Rapid Prototyping als auch die Serienfertigung von neuen, sehr komplexen 3D-Mikrobauteilen, die mit konventionellen Prozessen nicht hergestellt werden können. ■

MI110399

AUTORIN

NICOLETTA CASANOVA ist Geschäftsführerin der FEMTOprint SA in Muzzano/Schweiz; nicoletta.casanova@femtoprint.ch