

- 1 *Quasistatisch / resonanter 2-D-LinScan-Mikroscanner Demonstrator.*
- 2 *Vertikaler Kammantrieb.*

MIKROSCANNER FÜR HOCHLEISTUNGSANWENDUNGEN IN DER LASERCHIRURGIE

Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS

Maria-Reiche-Str. 2
01109 Dresden

Ansprechpartner

Dr. Michael Scholles
Telefon +49 351 8823-201
michael.scholles@ipms.fraunhofer.de

Dr. Thilo Sandner
Telefon +49 351 8823-152
thilo.sandner@ipms.fraunhofer.de

www.ipms.fraunhofer.de

Hochenergetische ps-Laser mit hohen Repetitionsraten (> 10 kHz) ermöglichen die Laserbearbeitung von Knochen-Hartgewebe ohne parasitäre thermische Effekte (Gewebekarbonisierung), erfordern jedoch neuartige miniaturisierte Scantechniken zur schnellen und präzisen Strahlführung. Im Rahmen des Fraunhofer-WISA-Programms haben Fraunhofer-Forscher ein vom Chirurgen per Hand geführtes Laserkraniotom (als Ersatz für eine konventionelle Knochenfräse) entwickelt, das potentiell eine definierte Öffnung der Schädeldecke und somit den Ersatz mechanischer Knochenfräsen mit hohem Patientenrisiko ermöglicht. Herzstück des Laserkraniotoms sind zwei neuartige vom Fraunhofer IPMS entwickelte 2D-Mikrospiegel.

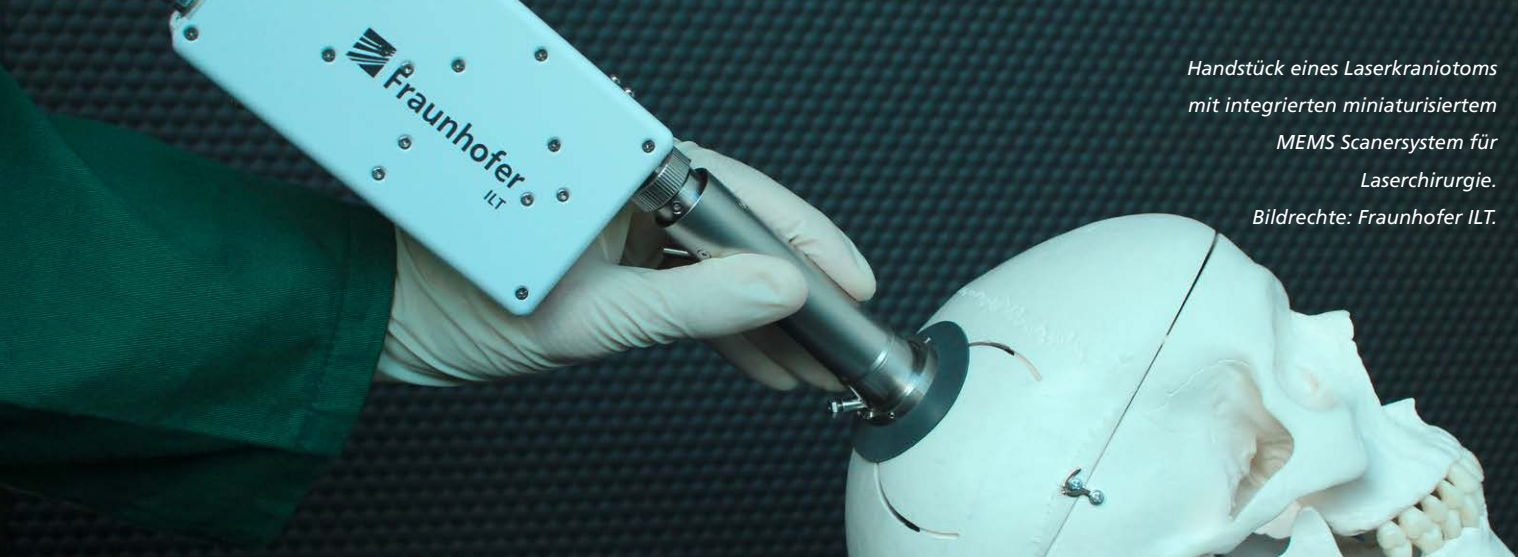
Motivation

Bei einem schweren Infarkt kann es zu einem Anschwellen des Hirns kommen.

Der Druck in der Schädelhöhle steigt, das Gehirn wird weniger durchblutet und weiter geschädigt. Um es vor Quetschungen zu schützen, öffnen Ärzte oftmals die Schädeldecke des Patienten (Entlastungs-Kraniotomie). Bisher schneiden die Chirurgen den Schädelknochen mechanisch mit einem Bohrer. Das birgt jedoch ein recht hohes Risiko für den Patienten, da der Chirurg dabei die Hirnhaut verletzen kann. Ziel der Fraunhofer-Forscher ist es, dieses Risiko zu senken, indem sie den Bohrer durch einen hochenergetischen Femto-Sekundenlaser ersetzen.

Technologie

Für das Laserkraniotom hat das Fraunhofer IPMS zwei unterschiedliche 2D-Spiegel-Bau-elemente entwickelt: Der erste Spiegeltyp basiert auf der elektrostatischen, resonant / linearen LinScan-Technologie und wurde auf einen effizienten Schneidprozess mit



Handstück eines Laserkraniotoms
mit integrierten miniaturisiertem
MEMS Scannersystem für
Laserchirurgie.

Bildrechte: Fraunhofer ILT.

schneller dynamischer Strahlführung optimiert. LinScan-Mikroscanner verfügen über eine elektrostatisch-quasistatisch betriebene Antriebsachse, die über vertikale Kammantriebe realisiert wird. Je nach Anwendung und Spezifikationen kommen abgewinkelte (AVC bzw. CAVC) oder geschichtete (SVC) vertikale Kammantriebe zum Einsatz.

Bei 2D-Mikroscannern wird die innere kardänisch aufgehängte Spiegelachse über einen resonanten Antrieb realisiert. Hierzu werden planare Kammantriebe verwendet.

Der zweite magnetisch angetriebene Spiegel ist zweidimensional statisch auslenkbar und ermöglicht so eine Strahlagekorrektur des Bearbeitungslasers bei Fehlpositionierungen des Handstücks.

Um erstmals Mikroscanner bei hohen Laserleistungen ($P = 20 \text{ W cw}$, Pulsleistungsdichten $> 100 \text{ MW / cm}^2$) einsetzen zu können, mussten neben den aktorischen Eigenschaften große Spiegelaperturen $> 5 \text{ mm}$, hohe Reflektivitäten $> 99\%$ und eine hohe Zerstörschwelle bei gleichzeitiger optischer Spiegelplanarität $< \lambda / 10$ gewährleistet werden. Die Mikrospiegel mit Spiegelaperturen von $5 \times 7 \text{ mm}^2$ bzw. $6 \times 8 \text{ mm}^2$ besitzen dazu spannungs- und thermisch kompensierte dielektrische HR-Verspiegelungen ($R > 99\%$, 532 nm , $P = 20 \text{ W cw}$).

Die Entwicklungen bauen auf den am Fraunhofer IPMS für resonante Mikroscanner entwickelten Fertigungstechnologien auf. Die Bauelemente werden im eigenen Reinraum in einem volumenmikromechanischen Fertigungsprozess auf einem BSOL-

Substrat hergestellt. Alle mechanischen Komponenten entstehen als zweidimensionale Strukturen in einer Schicht aus einkristallinem Silizium. Das Bauteilkonzept ist in hohem Maße flexibel und ermöglicht die Realisierung eines breiten Spektrums von Bauteileigenschaften.

Die Entwicklung des Laserkraniotom, mit dem der Chirurg den Laserstrahl führen und den Schädelknochen schneiden kann, oblag Wissenschaftlern des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT.

Exemplarische Bauteileigenschaften eines 2D-LinScan-Mikroscanners

- Spiegeldurchmesser: $5 \times 7,1 \text{ mm}$
- Reflektivität: $> 99,9\%$ bei 532 nm und 45° Einfallswinkel
- Statische Planarität: Krümmungsradius $> 5 \text{ m}$
- Dynamische Planarität: $\leq \lambda / 10$
- Integrierte piezoresistive Positionssensorik

Quasistatische Antriebsachse:

- Scanfrequenz: DC - 250 Hz
- Statischer mechanischer Ablenkwinkel: $\pm 1^\circ @ 150 \text{ V}$

Resonante Antriebsachse:

- Scanfrequenz: $585\text{-}670 \text{ Hz}$
- Nominaler mechanischer Ablenkwinkel: $\pm 5^\circ @ 70 \text{ V}$

Exemplarische Bauteileigenschaften des magnetischen Mikrospiegels

- Spiegeldurchmesser: $6 \times 8 \text{ mm}$
- Hochreflektive dielektrische Verspiegelung
- Reflektivität: $99,9\%$ bei 532 nm und 45° Einfallswinkel
- Scanfrequenz: DC - 250 Hz
- Statischer mechanischer Ablenkwinkel: $> \pm 3^\circ - 5^\circ$

Die Eigenschaften sind bauteilspezifisch und können je nach Kundenanforderungen variieren.