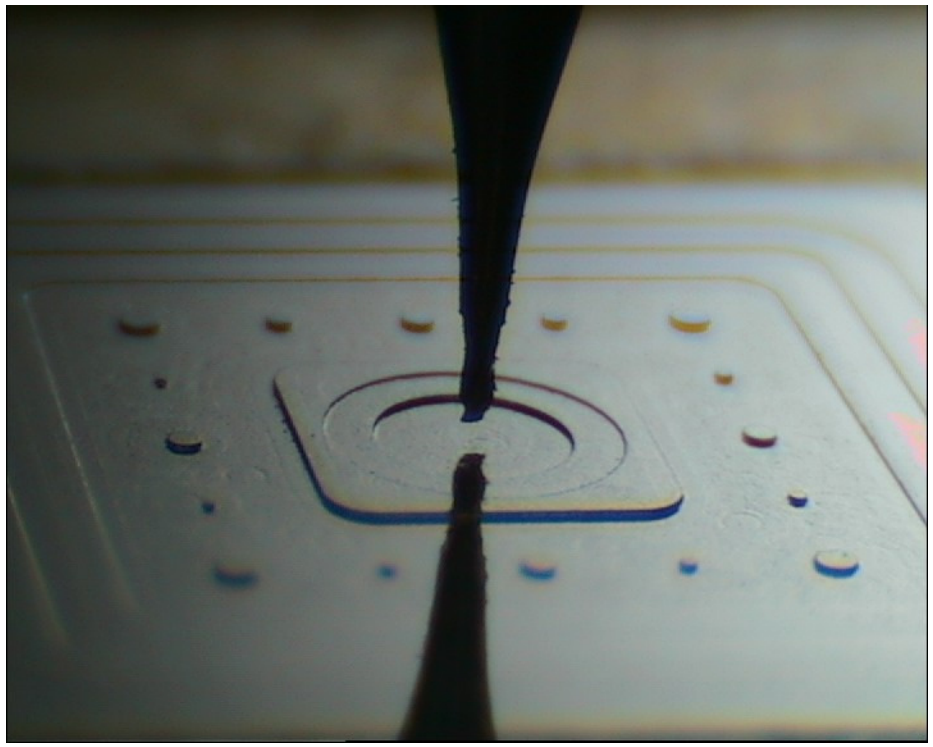
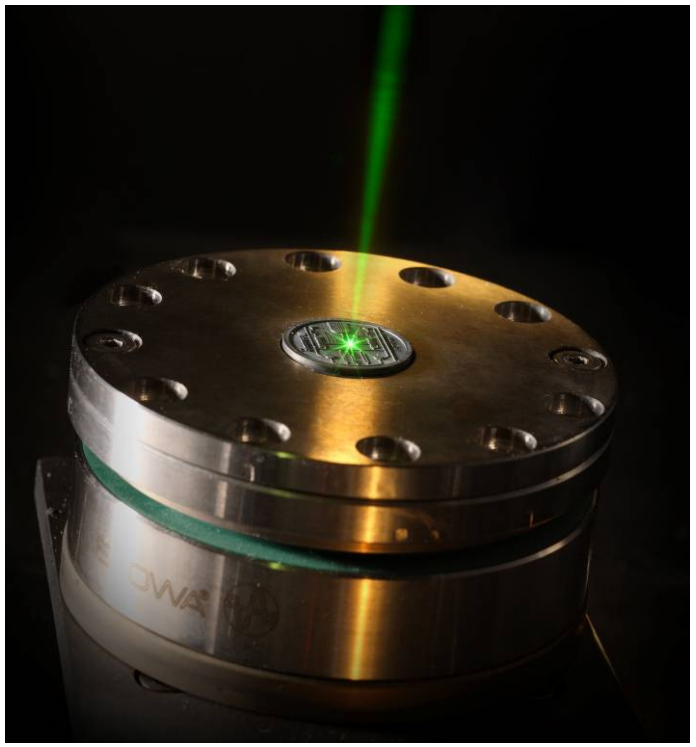
Mikrobearbeitungstechnologien

Dr. Bertram Schulz, Fraunhofer IWU Chemnitz, Präzisions- und Mikrofertigung

CIM-Technologie-Zentrum Wismar e.V., 24. Mai 2011





© Fraunhofer IWU
Prof. Neugebauer

IWP Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse

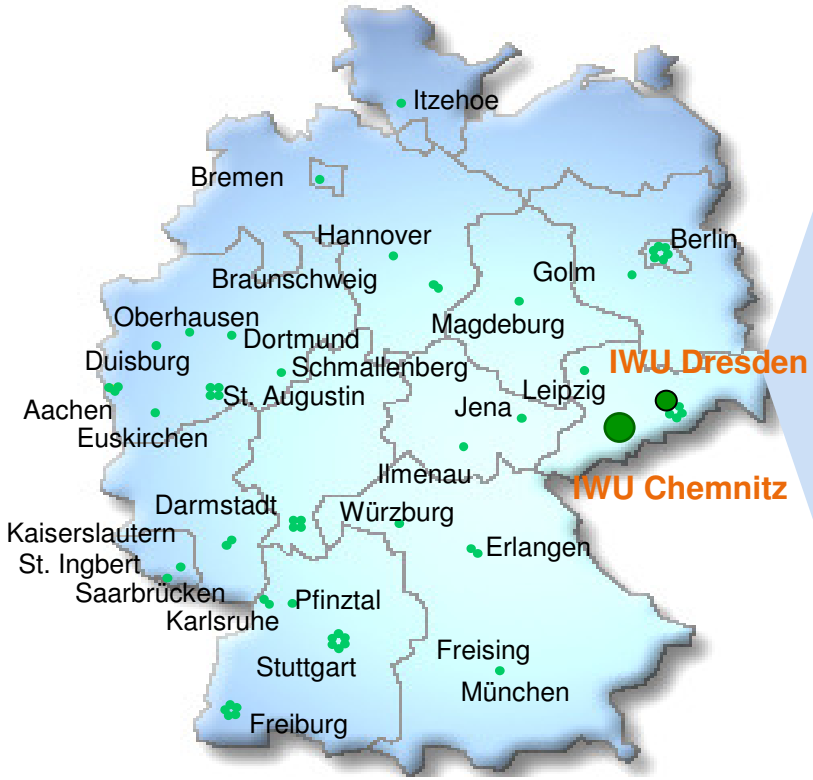
Fraunhofer IWU

Gliederung

- Kurzvorstellung/Einordnung Forschungsstelle
- Präzisions- und Mikrofertigung am IWU
  - Spanende Mikobearbeitung
  - Laserstrukturierung
  - ECM – PEM, Jet-ECM
  - Mikro-EDM
  - Mikroumformtechnik
  - Mikrohandling
  - Messtechnik
- ZIM-NEMO Netzwerk „M³-Parallel“

Archivierungsangaben

Fraunhofer IWU



Fraunhofer IWU

gegründet: 1. Juli 1991

- **206 Mitarbeiter**
- 128 Studenten / Praktikanten
- **23 Mio. €** Jahresetat
- 7 000 m² Fläche, davon
  4 000 m² Versuchsfeldfläche
  in Chemnitz und Dresden

im Verbund mit:

- Technische Universität Chemnitz
- Fraunhofer-Gesellschaft
- Maschinen-, insbesondere **Werkzeugmaschinenbauer**
- deutsche und internationale **Automobilindustrie**
- **Zulieferindustrie**
  (Umformung, Zerspanung, **Werkzeugbau**)

Archivierungsangaben

Institutsverbund Produktionstechnik Chemnitz - Dresden

Fraunhofer IWU Chemnitz

Fraunhofer IWU Dresden

IWP TU Chemnitz

– Umformtechnik
– Produktionssysteme
– **Präzisionstechnik**
– Systemtechnologie

– Mechatronik
– Fügetechnik

– WZM-Konstruktion
– Umformtechnik
– **Mikrofertigungstechnik**
- Steuerungs/Regelungstechnik

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU
Prof. Neugebauer

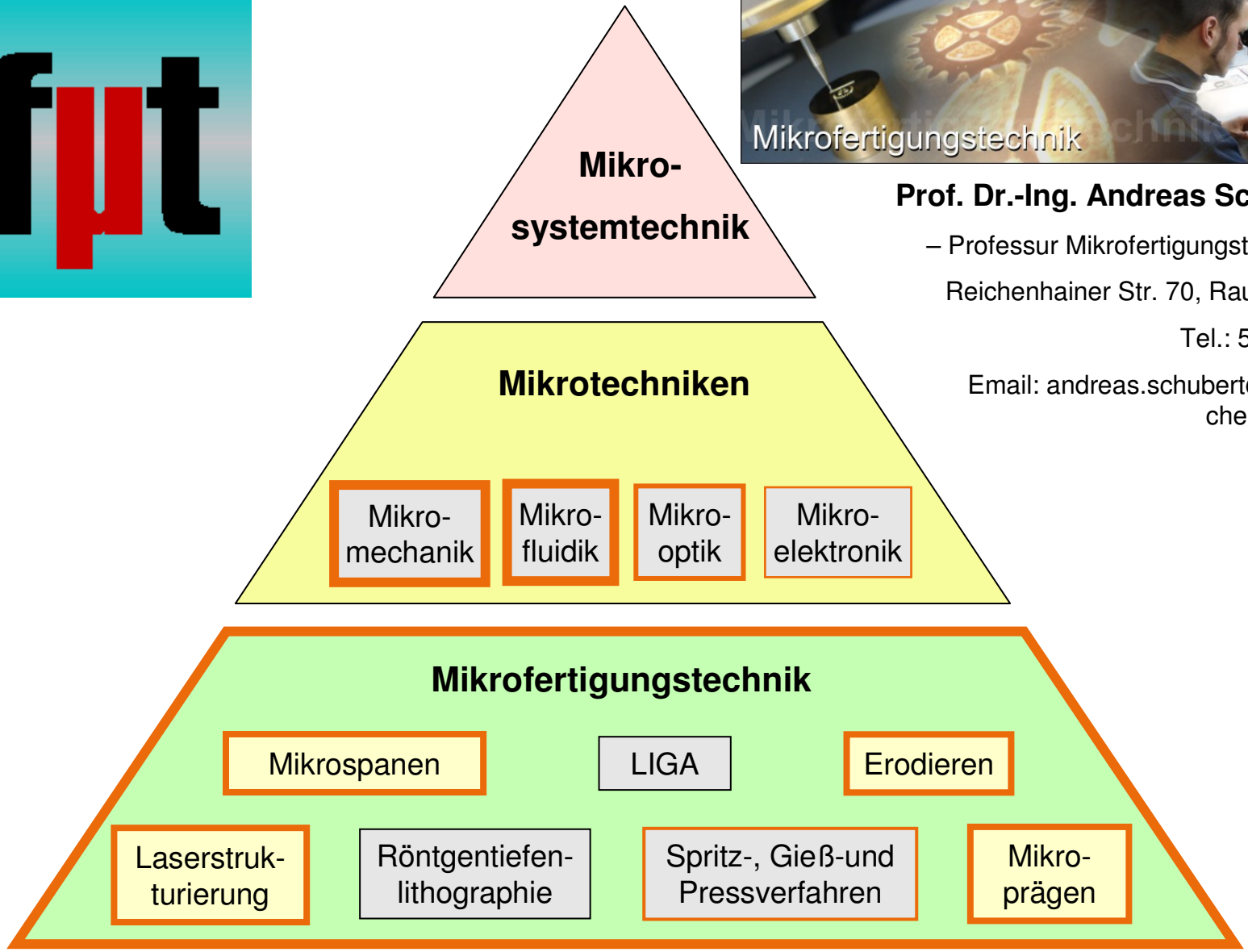
Prof. Dr.-Ing. Andreas Schubert

– Professur Mikrofertigungstechnik –

Reichenhainer Str. 70, Raum A014

Tel.: 531 4580

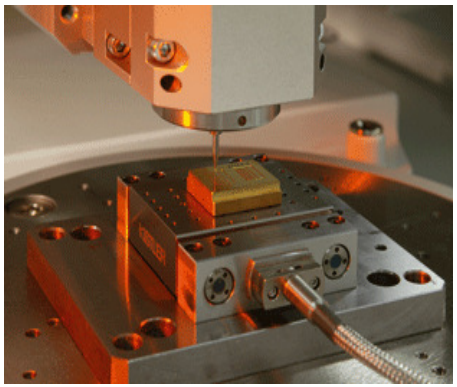
Email: andreas.schubert@mb.tu-chemnitz.de



Archivierungsangaben

Präzisions- und Mikrofertigung

am Fraunhofer IWU



- Spanende Verfahren
- Abtragende Verfahren
- Mikroumformtechnik

- Messtechnik/Tribometrie
- Mikrohandling

Reproduzierbare, prozesssichere Fertigung von Mikroteilen, Werkzeugen sowie mikrostrukturierter funktionaler Oberflächen

Miniaturisierung	→	Leichtbaupotential, Funktionsintegration
Oberflächen- u. Mikrostrukturen	→	Tribologie (**Energieeffizienz**), Optik
Präzision	→	Endbearbeitung Bauteile, Werkzeuge, Protoypen, Medizintechnik

Archivierungsangaben

© Fraunhofer IWU

Mikrobearbeitung –
ein Trend mit Wachstumspotentialen

IWP Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse

Fraunhofer IWU

Spanende Mikrobearbeitung
Maschinentechnik

KUGLER MICROMASTER® MM3

5Achs-Bearbeitung/ 0,5 µm/ ± 2,5 µm
400 x 300 x 250 B+C-Achse

LPKF – XY 10/10 GLP

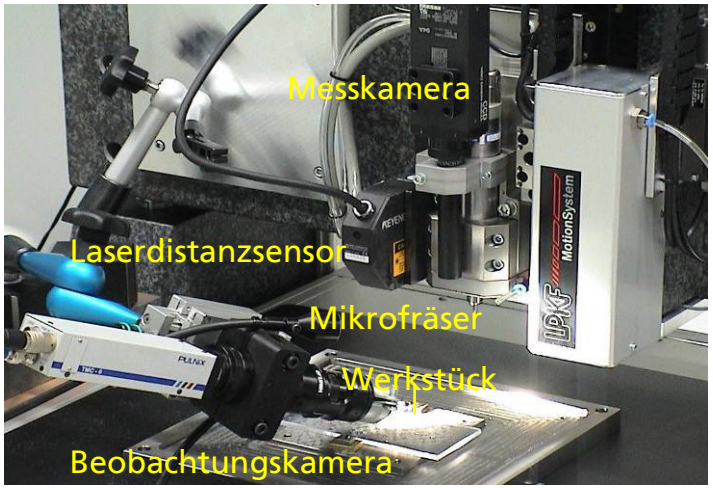
3D-Bearbeitung/ << 0,1 µm/ ± 0,5 µm
100 x 100 x 100

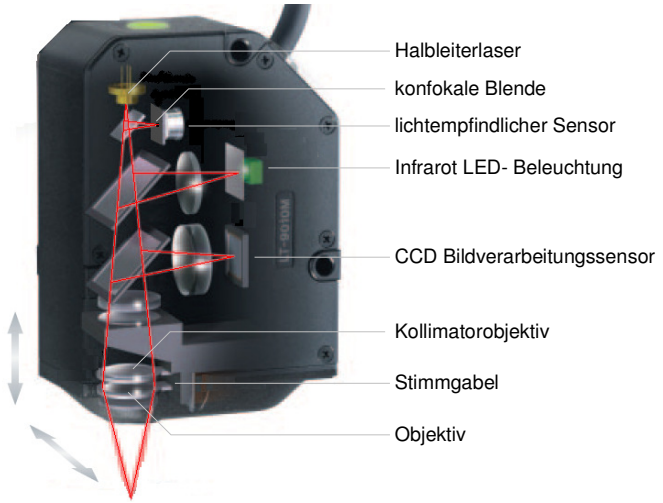
Archivierungsangaben

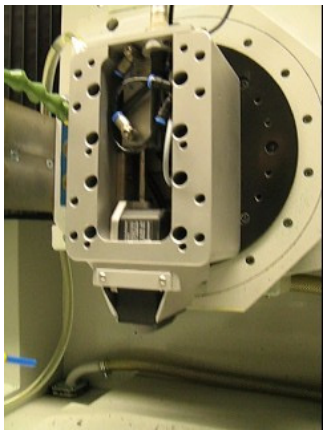
© Fraunhofer IWU

Spanende Mikrobearbeitung

3D-Mikro – Bearbeitungsgenauigkeit am WSt ↑

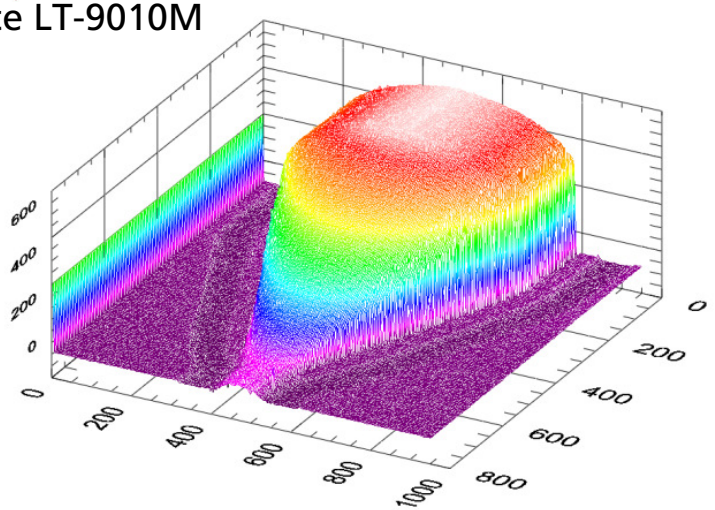






Keyence LT-9010M

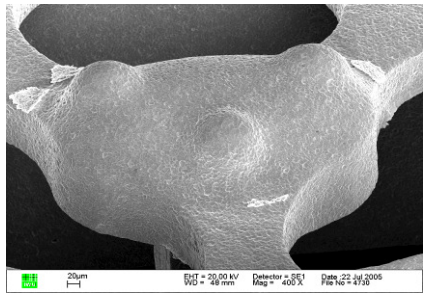
EROWA – FTS



Archivierungsangaben

Spanende Mikrobearbeitung

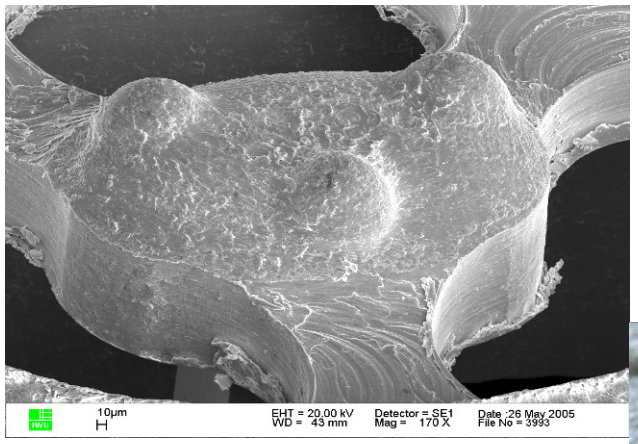
Mittelohrimplantat



plasmapoliert
gestrahlt

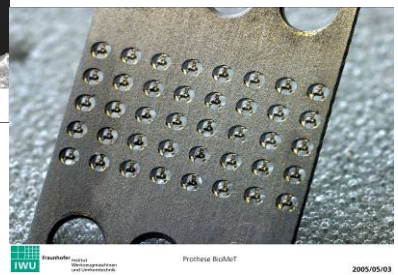
Herstellung von 80 Prothesen-Prototypen (Steigbügel) für die Mittelohrchirurgie

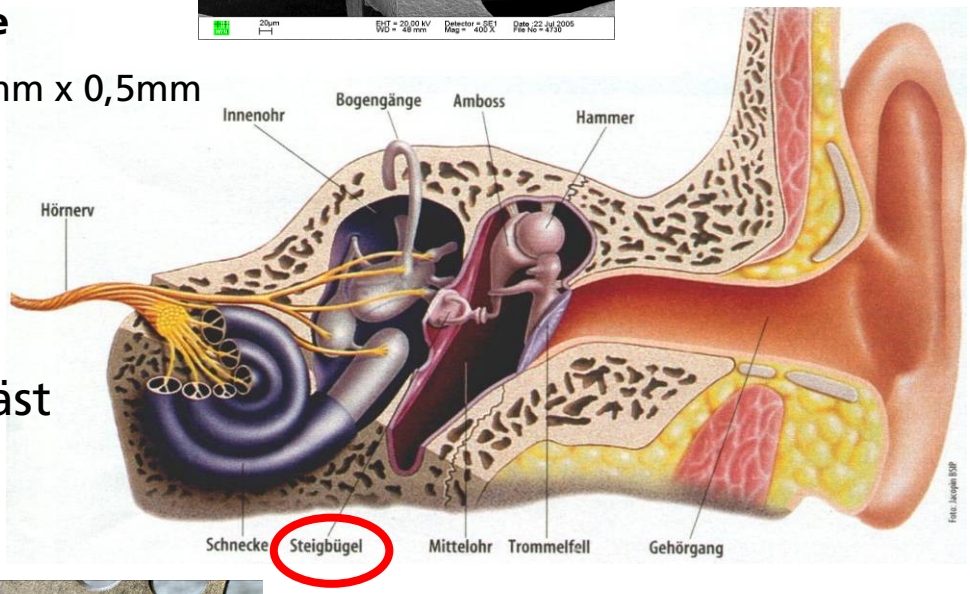
- Implantatabmessungen: 0,55mm x 0,35mm x 0,5mm
- Halbkugeldurchmesser: 0,15mm
- Werkstoff: Titan Grade 2



Batch-Platine als Träger für 40 Prototypen

gefräst



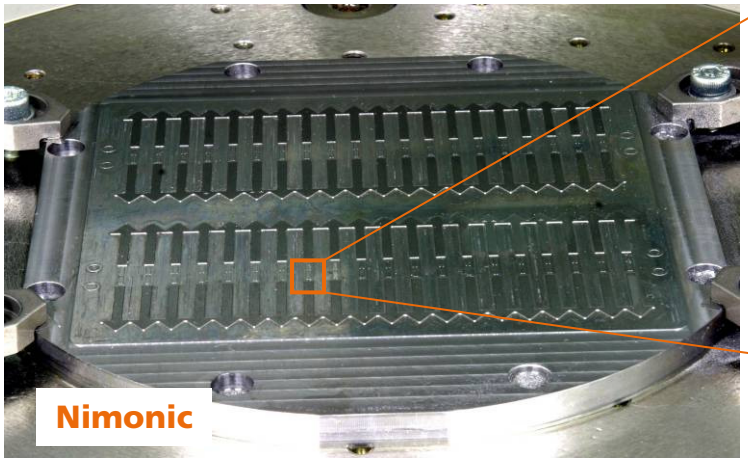


Verbundprojekt mit:
TU Dresden
- Klinik HNO
- Institut für Werkstoffwiss.
- NRU Präzisionstechnologie

Archivierungsangaben

Spanende Mikrobearbeitung

weitere Beispiele – hochlegierte Stähle/ Ni-Mo-Legierungen



Heißprägewerkzeug 130 mm x 120 mm

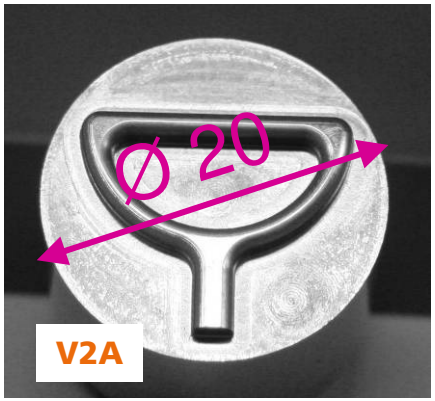
Steg 50 µm

VHM-Fräser Ø 1 mm bis Ø 200 µm…

Prägewerkzeug - Mikrofluidik

Kalibriernormal 40 x 40

Formeinsatz

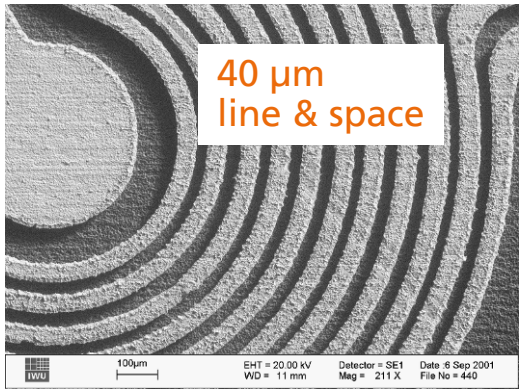


Archivierungsangaben

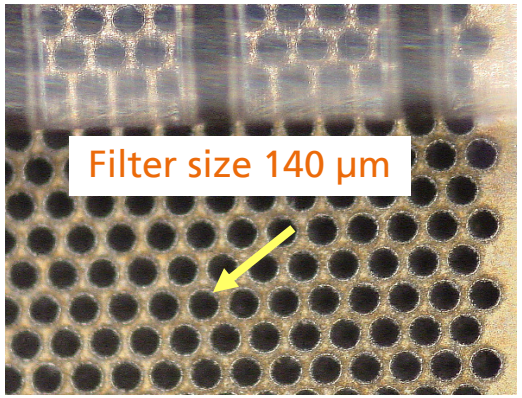
Abtragende Verfahren

Laserstrukturierung (1)

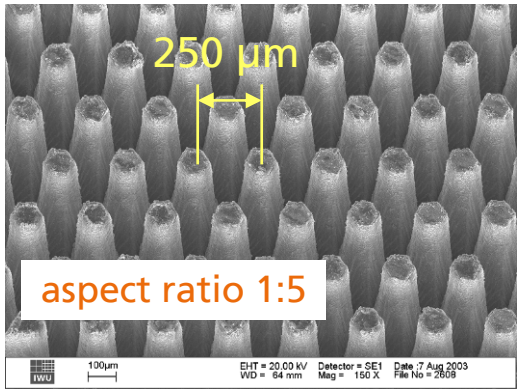
Direktstrukturierung Ätzresist (Lasern und Ätzen) – Sn 5-9 µm



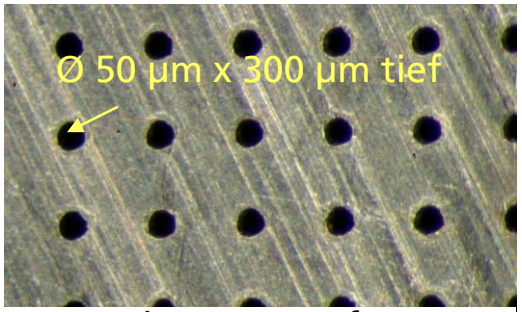
Mikrofilter
50 µm Edelstahlfolie



Nadelstruktur in SiC

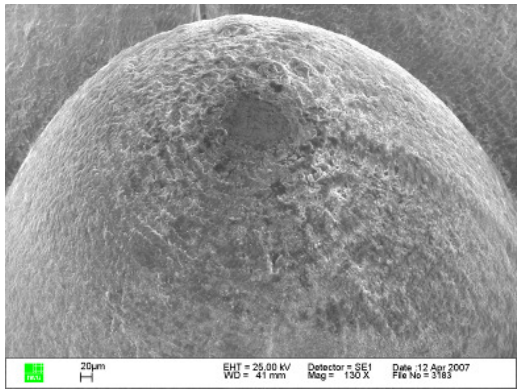


Mikrobohrungen in V2A

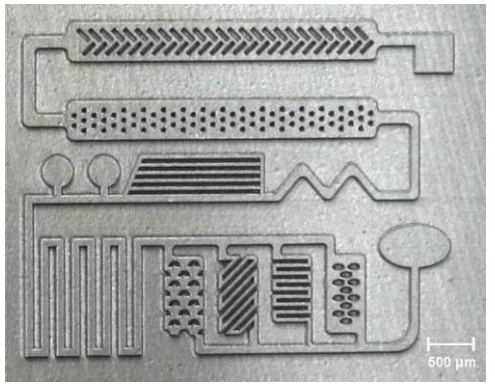


1296 Bohrungen auf 7 x 7 mm² (Raster 200 µm)

2½D – Halbkugel (SiC)



Heißprägewerkzeug - Mikrofluidik

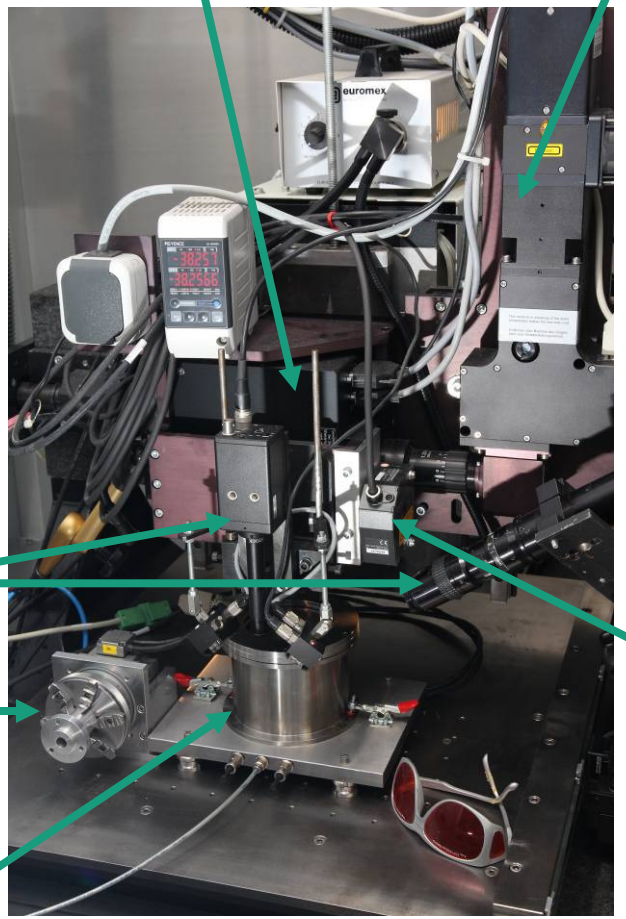


Archivierungsangaben

Abtragende Verfahren

Laserstrukturierung (2)

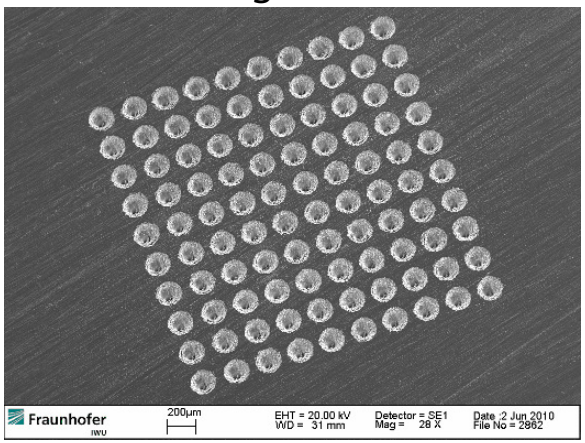
- Nd:YAG Scheibenlaser; gepulst, fx2
  532 nm Wellenlänge (JenLas epidot 4)
- Strahlführung mit Beamexpander; Laser-Scanner-Einheit und telezentrischem F-Theta Objektiv
- Prozesskammer (Schutzgas), Drehachse, motorische XY-Positionierung, manueller Z-Hubtisch, Sensorik



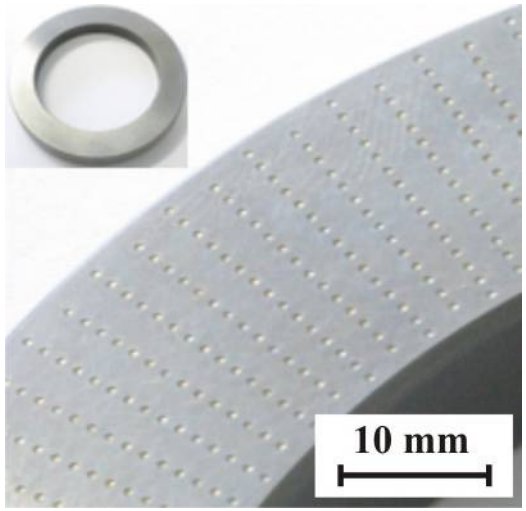
Archivierungsangaben

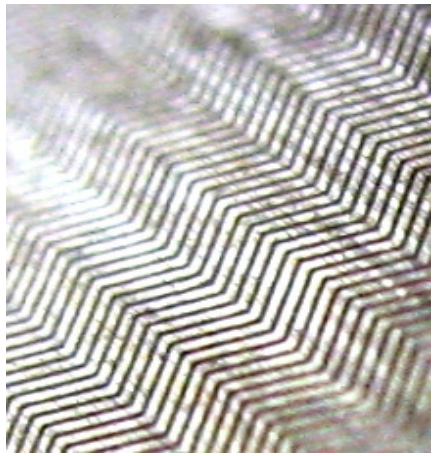
Abtragende Verfahren
Laserstrukturierung (3)

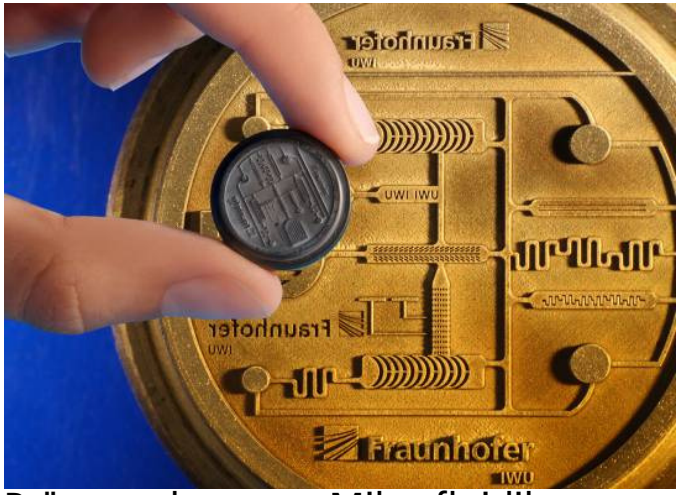
ECM-Werkzeug



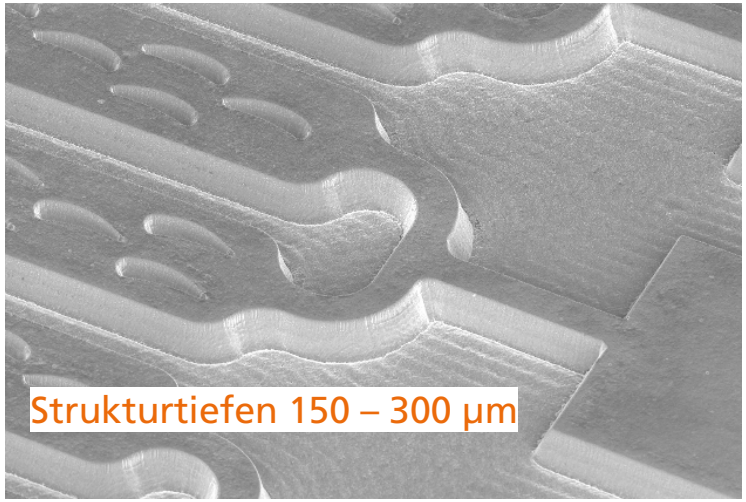
Tribologische Strukturen







Prägewerkzeuge - Mikrofluidik

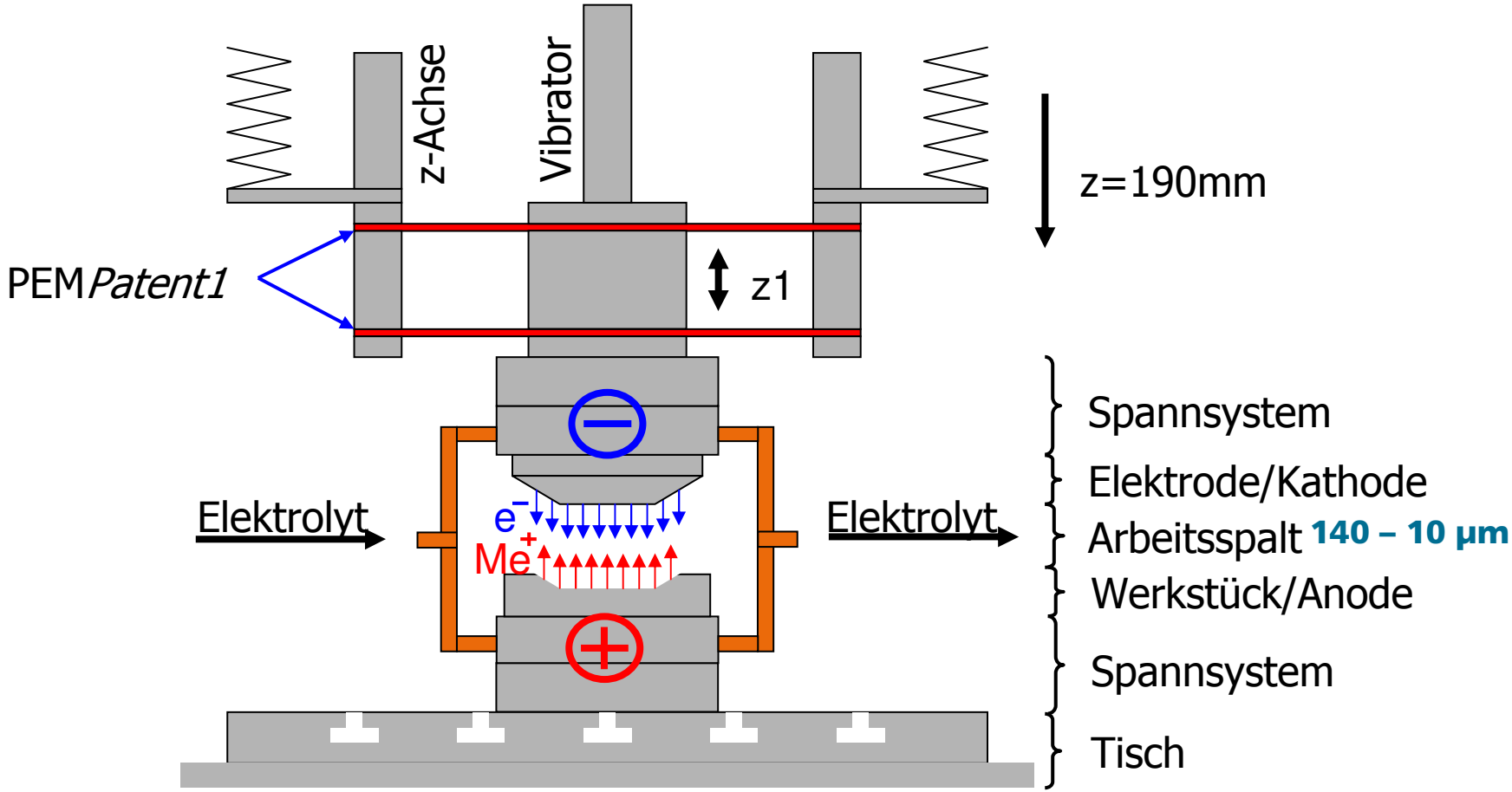


Archivierungsangaben

Abtragende Verfahren

PEM – Precise Electrochemical Machining

Elektrochemische Senkerosion mit oszillierender Elektrode – anodische Auflösung WSt



Archivierungsangaben

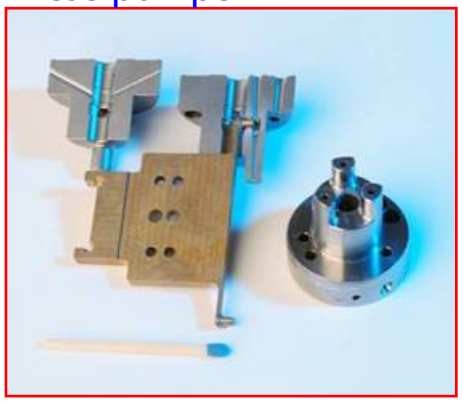
Abtragende Verfahren

PEM – Precise Electrochemical Machining

PEM-Center 8000, PEMTec

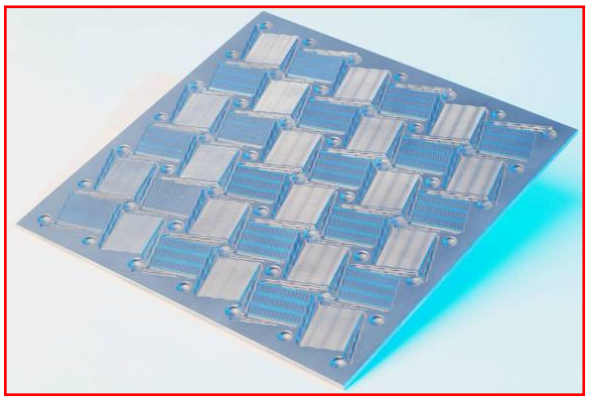
PAC –
PEM Application Center
seit 01/2010
erstes PAC in Ostdeutschland

Dieselpumpe



Schlagstempel f. Schraubenköpfe
Kaltumformwerkzeuge

Wärmetauscher, Bipolarplatten (Brennstoffzellen)
Mikrostrukturen → Makrofläche

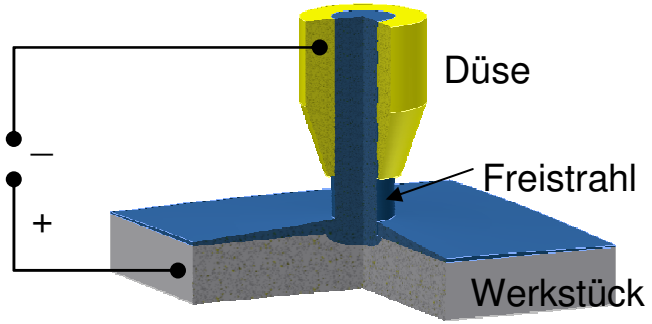


Archivierungsangaben

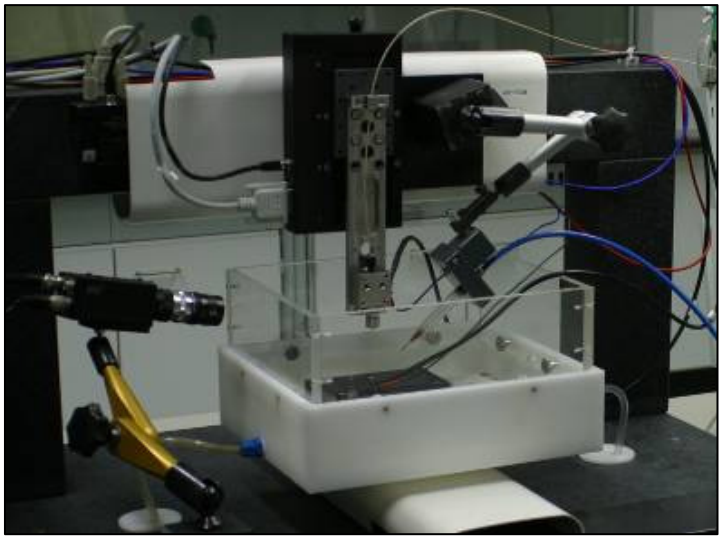
Abtragende Verfahren

Jet-ECM EC-Bearbeitung mit geschlossenem elektrolytischem Freistrahl

- Prototypenanlage, 3 Achssystem
- Lokalisiertes anodisches Auflösen
- Neutrale Elektrolyte ($NaNO_3$, NaCl)
- Kontinuierlicher Gleichstrom mit hohen elektr. Stromdichten (im Jet > 1000 A/cm²)
- Formgebender Abtrag durch Regelung der Düsenposition und der elektr. Stromstärke möglich
- Düsendurchmesser 500µm - 50µm in 50µm Abstufung
- Schnittbreite ≈ 2 x Düsen Ø
- Abtragsvarianten: Fräsen, Bohren, Schneiden
- Minimale Abtragtiefe 0,2 µm
- Hohe lokale Abtragraten, hohe Oberflächenqualität



Verfahrensprinzip

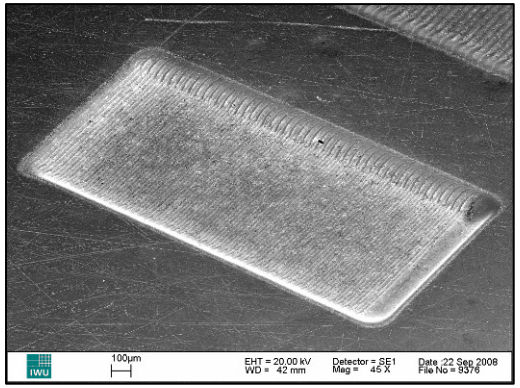


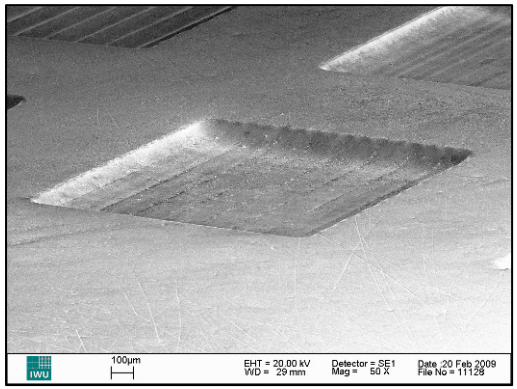
Archivierungsangaben

Abtragende Verfahren

Jet-ECM EC-Bearbeitung mit geschlossenem elektrolytischem Freistrahl

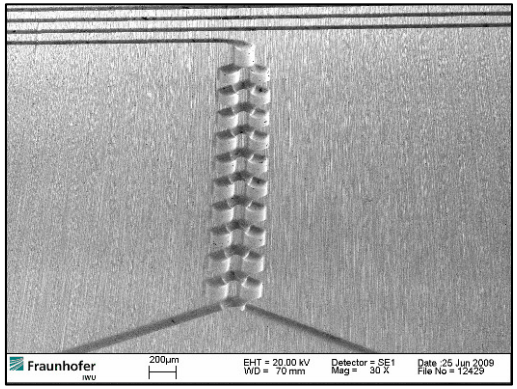
Stahl 1.4541

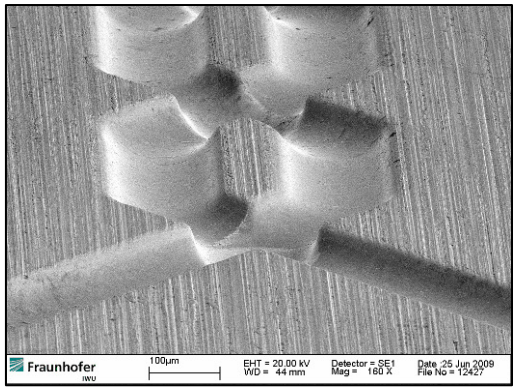




Planflächen

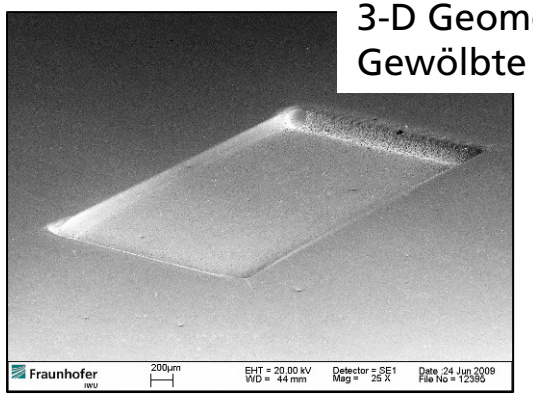
Stahl 1.4301



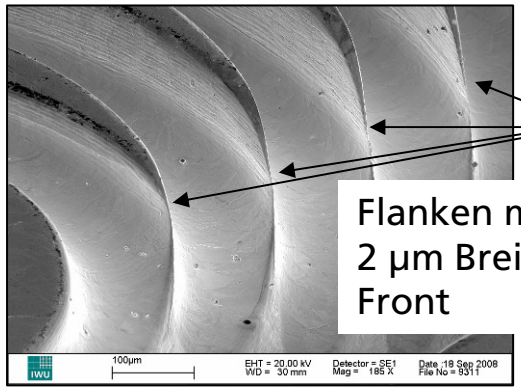


Mikromischer

Stahl 1.4301



3-D Geometrie
Gewölbte Fläche



Flanken mit
2 µm Breite an der
Front

Archivierungsangaben

Abtragende Verfahren

Mikro-EDM

Ziel

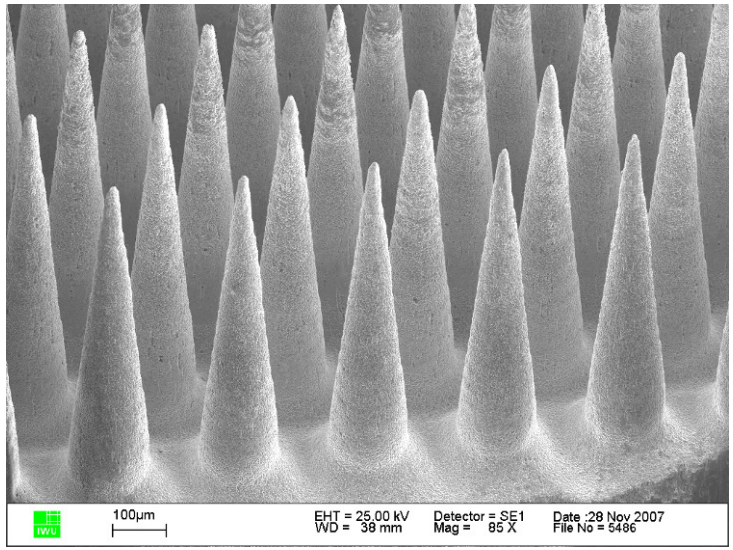
- Mikrostrukturierung von schwerbearbeitbaren, leitfähigen Materialien (Stahl, SiC, ZrO_2, ...)

Methode

- Hochentwickelte Prozessüberwachung
- Nutzung von Schwingungsüberlagerungen und Ultraschall am Werkstück
- EDM-Senkmaschinen **Sarix / Posalux FP1**

Ergebnis

- Reduzierte Bearbeitungszeiten
- Verbesserte Prozessstabilität
- Verbesserte Geometriepräzision
- Komponentenentwicklung



Archivierungsangaben

Mikroumformtechnik

Ziel

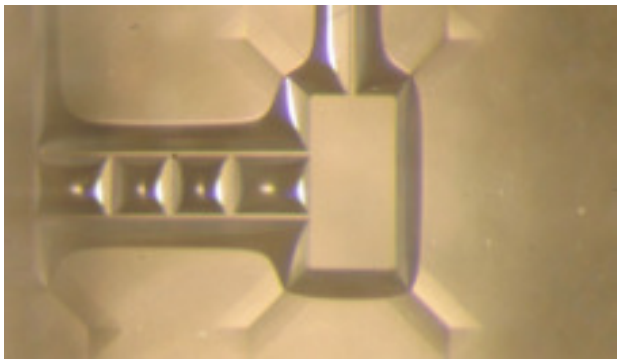
- Entwicklung von Replikationstechnologien für mikrostrukturierte Teile aus Kunststoffen, **Metallen** und **Glaswerkstoffen**

Methode

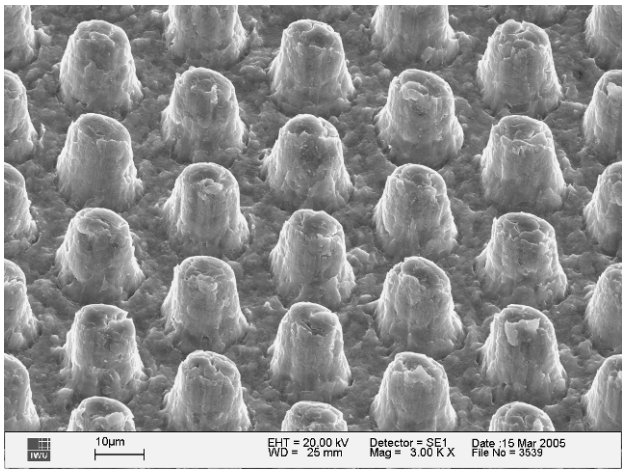
- Anwendung von Technologien zur Heiß- und Kaltumformung (Wafer Durchmesser bis zu 100 mm)
- Entwicklung von Walzentechnologien für große Flächen
- Werkzeugsystementwicklung

Ergebnis

- Kleinste reproduzierbare Strukturen 1 µm Steg / Graben
- Oberflächenqualität bis zu R_a 30 nm
- Abformgenauigkeit unter 1 µm



Abgeformte
Mikrofluidikstrukturen in Glas



Abgeformte Lotusstrukturen in AlMg1

Archivierungsangaben

Mikroumformtechnik

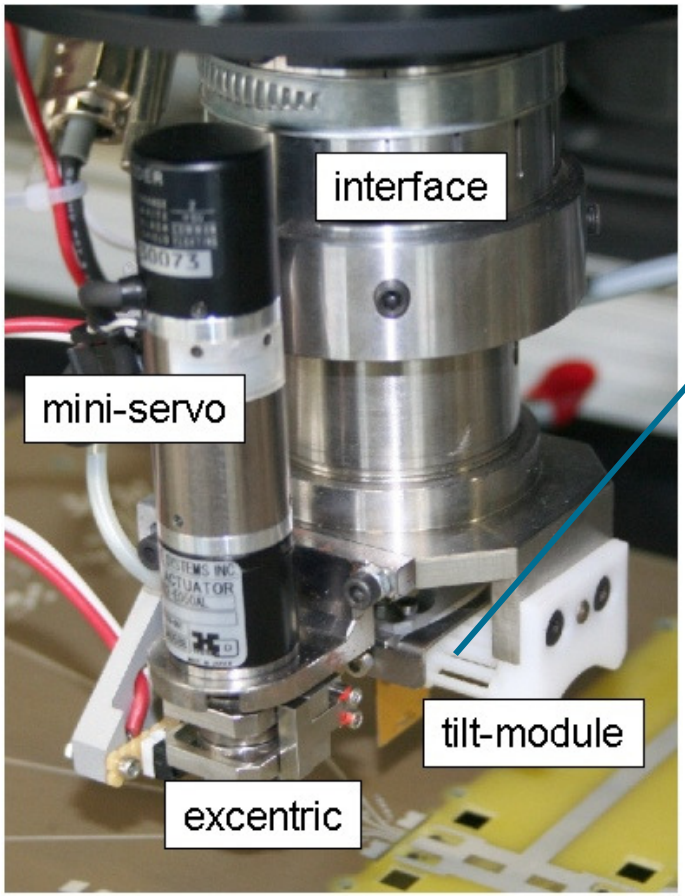
Heißprägeanlage

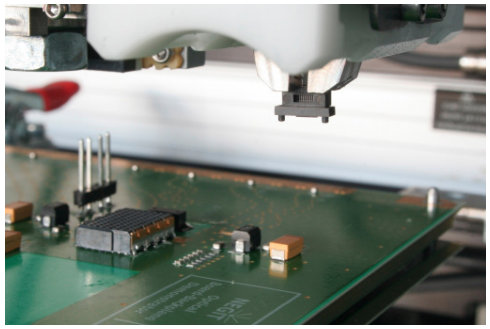
Heißprägeanlage „MicroShape“

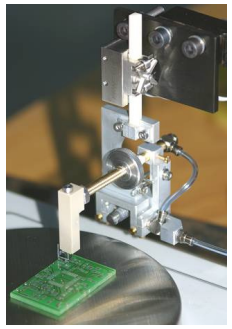
- Erste Anlage zum Heißprägen von Edelstahl, Titan und **Gläsern** für flächige (Wafer) Halbzeuge
- Hochtemperaturgeeignete (750 – 1000 °C) Handhabetechnik für reduzierte Zykluszeiten

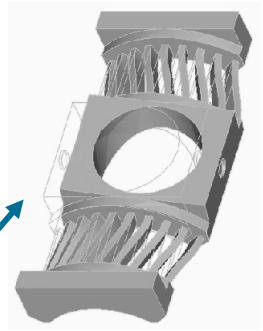
Archivierungsangaben

Mikrohandling

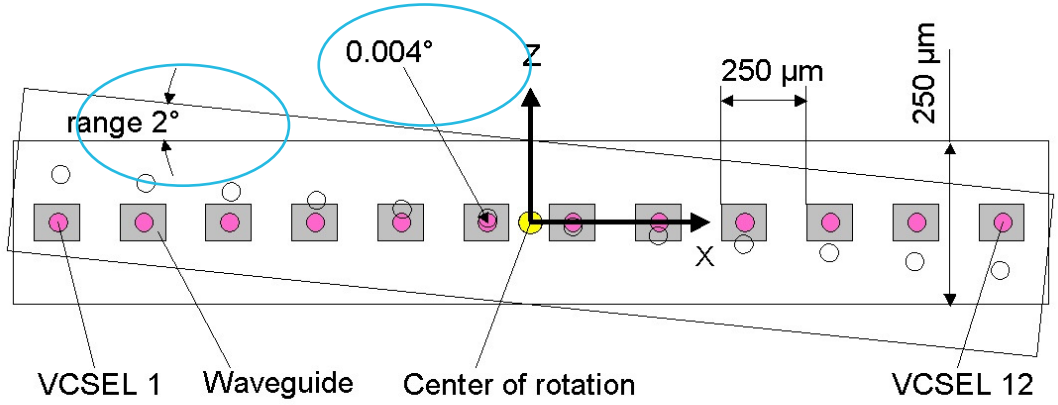








- Alignment error compensation (positioning + angle correction)
- 60.000 steps over 2°
- Point of rotation lies outside the grippers structure (on the micro device)
- Angle adjusting is free of backlash



Archivierungsangaben

Messtechnik/Tribometer

3D-Geometrie

Laserscanner

Konfokale Mikroskopie

Weisslicht-Interferometrie

ZEISS Prismo CMM

Faro Arm

Laser Tracker

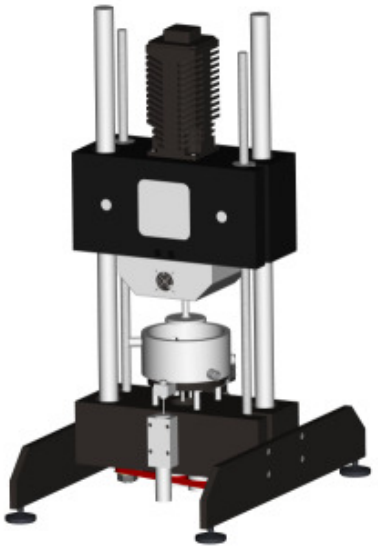
Strukturanalyse

Leo VP 1455 Rasterelektronen-mikroskop

REM Leo VP 1455

Elementanalyse

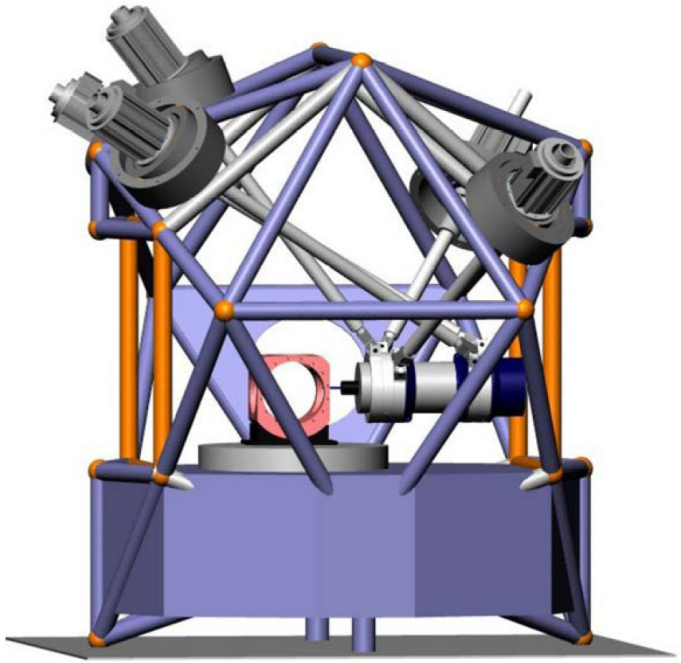
Röntgenspektrometer/ Oxford



Tribometer WAZAU 5000 und 500

Archivierungsangaben

Miniaturisierte **M**echatronische **M**ikrofertigungsmaschinen mit **Parallel**kinematik



Quelle: METROM GmbH

METROM Mechatronische Maschinen GmbH
www.metrom.com

AeroLas GmbH
www.aerolas.de

H-Design Büro für Industrie- und Grafikdesign
www.h-design.de

N3 Engine Overhaul Services GmbH & Co. KG
www.n3eos.com

Gardé Uhren und Feinmechanik Ruhla GmbH
www.garde.de

SUG Sächsische Uhrentechnologie GmbH Glashütte
www.sug-glashuette.de

SLG Prüf- und Zertifizierungs GmbH
www.slg.de.com

Archivierungsangaben

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
Abteilung Präzisions- und Mikrofertigung
Reichenhainer Straße 88
09126 Chemnitz

Prof. Dr.-Ing. Andreas Schubert
Telefon 0371 5397-1922
Telefax 0371 5397 -1930
andreas.schubert@iwu.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Bertram Schulz
Telefon 0371 5397-1862
Telefax 0371 5397 -1930
bertram.schulz@iwu.fraunhofer.de

Archivierungsangaben