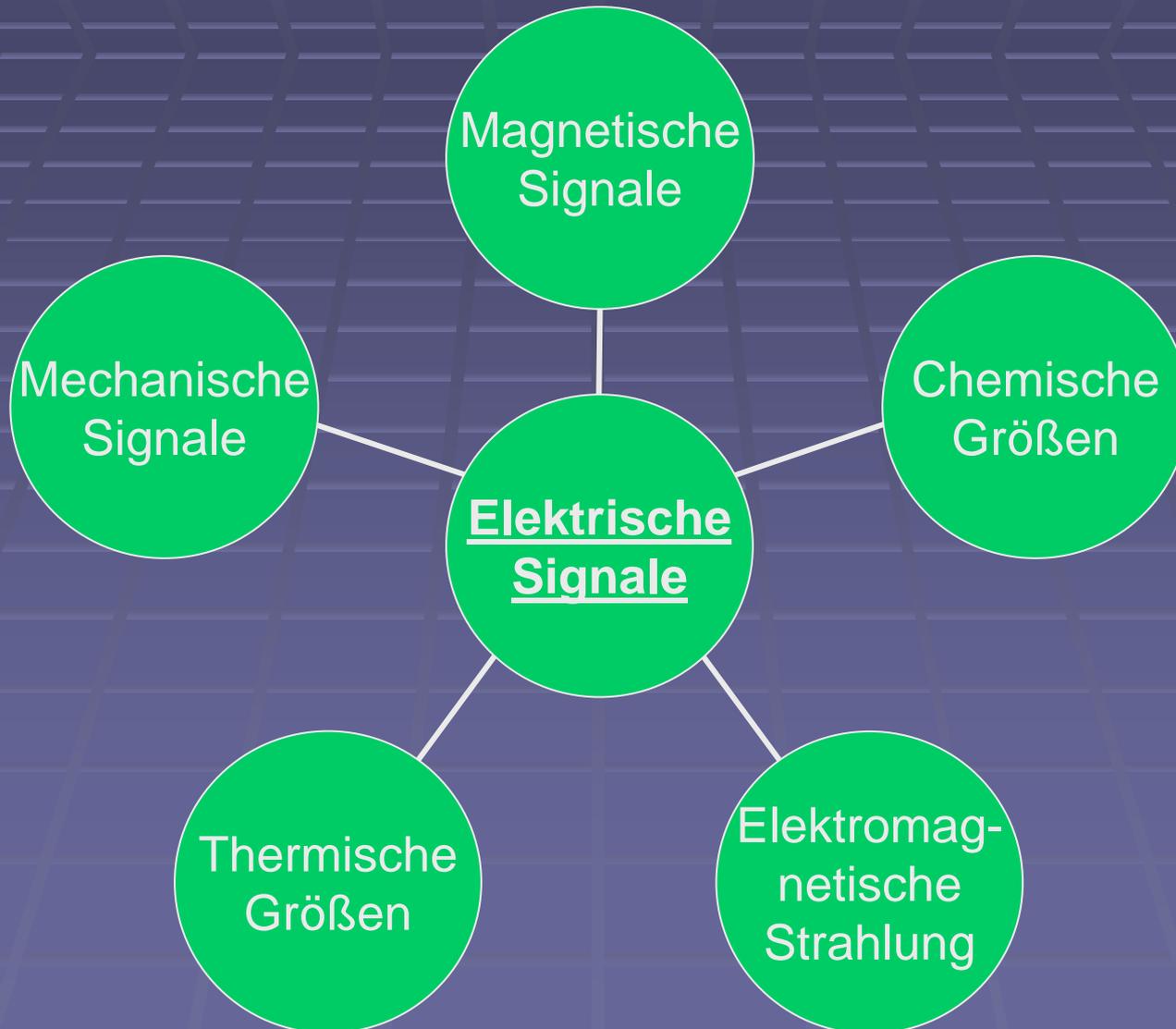


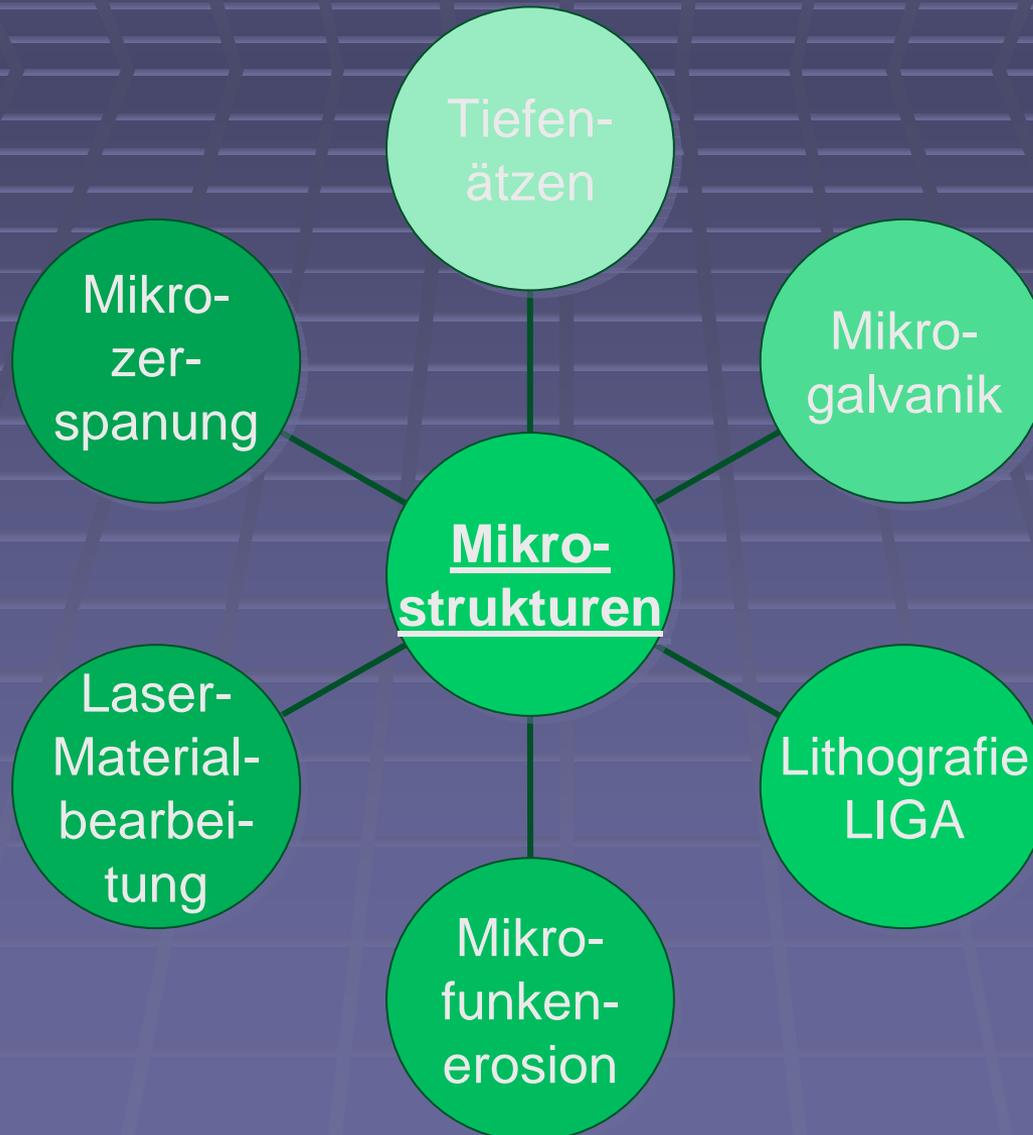
Herstellungsverfahren von Sensoren im Mikrostrukturbereich

Physikalische Größen, die von einem Sensor in elektrische Signale umgewandelt werden.



Physikalische Messgröße	Effekt	Anwendung
Strahlung	fotoresistiver Effekt Fotogrenzflächeneffekt Ionisationseffekt fotokapazitiver Effekt	Fotowiderstand Fotodiode, Fototransistor Kernstrahlungssensor Fotokapazität
mechanische Größe	piezoresistiver Effekt Piezojunktion- und Piezotunneleffekt	piezoresistiver Kraft- und Drucksensor, Piezodiode
thermische Größe	thermorestistiver Effekt Thermogrenzflächeneffekt thermoelektrischer Effekt pyroelektrischer Effekt	Widerstands-Temp.-Sensor Temperatursensor Thermosäule Pyrosensor
magnetische Signale	magneto-resistiver Effekt Halleffekt Magnetogrenzflächeneffekt	magneto-resistive Sensoren Hallgenerator Magnetdiode und -transistor
chemische Signale	ladungssensitiver Feldeffekt	ISFET

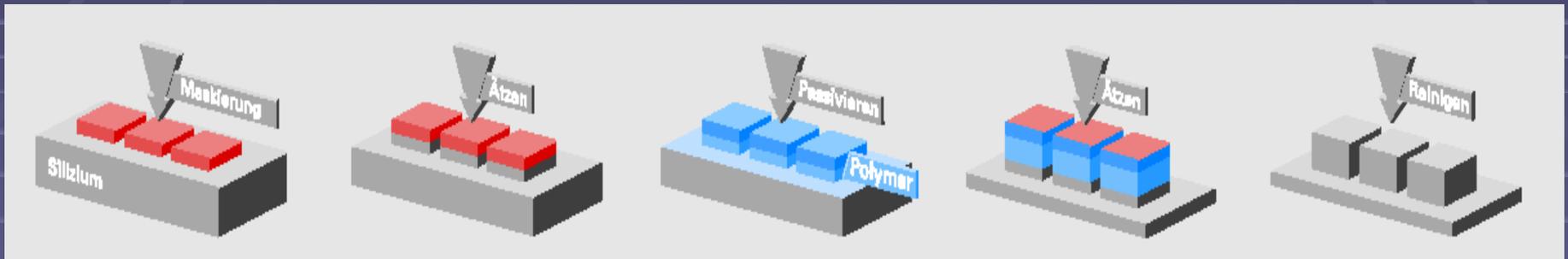
Mikrostrukturierungsverfahren



Mikrostrukturierungsverfahren

- **Subtraktive Verfahren**
 - Ätzen
 - Lasermaterialbearbeitung
 - Mikrofunkenerosion
 - LIGA/Lithografie
 - Zerspanung
- **Additive Verfahren**
 - Galvanoformung

Tiefenätzen

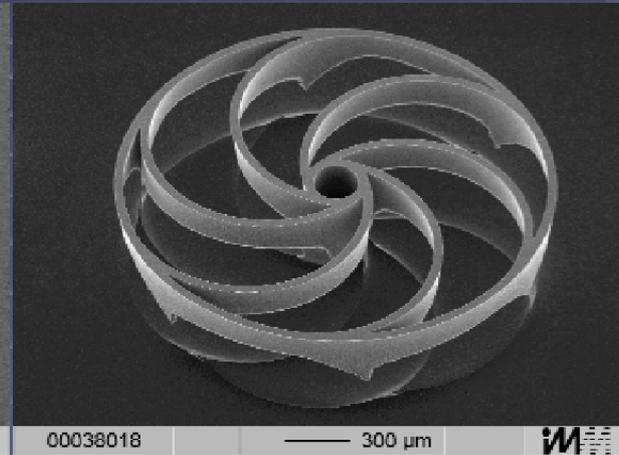
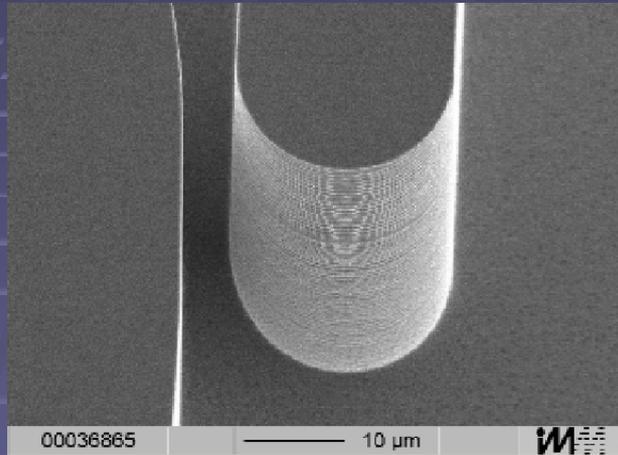


Nassätzverfahren:

- Erzeugen 3-D-Strukturen in Abhängigkeit von der Kristallstruktur im Substrat
- es existieren Techniken zur Verbesserung der Formgebung (z.B. Plasmaätzen)
 - Scharfe Strukturen (90°-Winkel) möglich

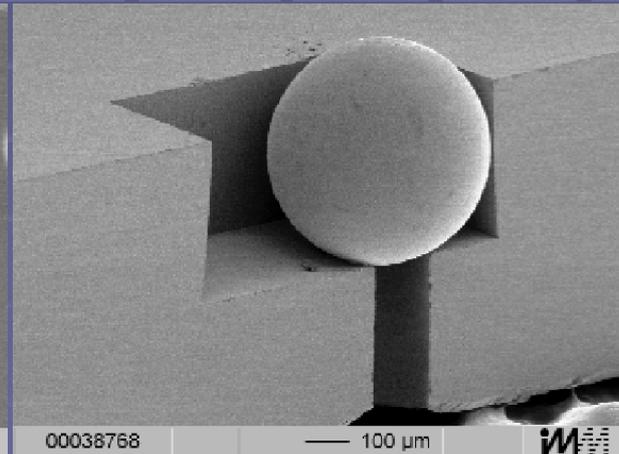
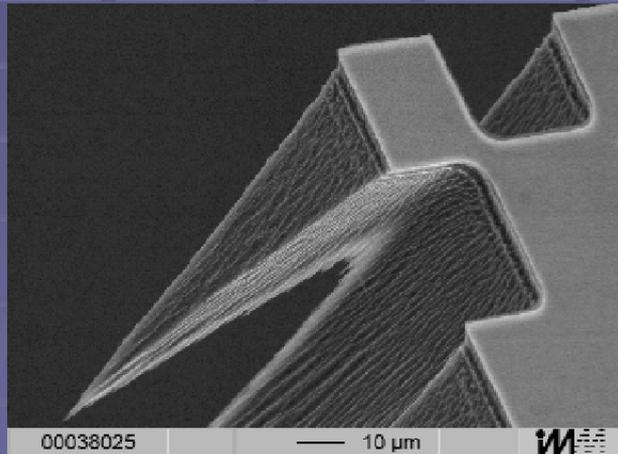
Tiefenätzen

Kanäle im μm Bereich



Siliziumschneidwerkzeug

Si-Spitze für Oberflächenanalytik

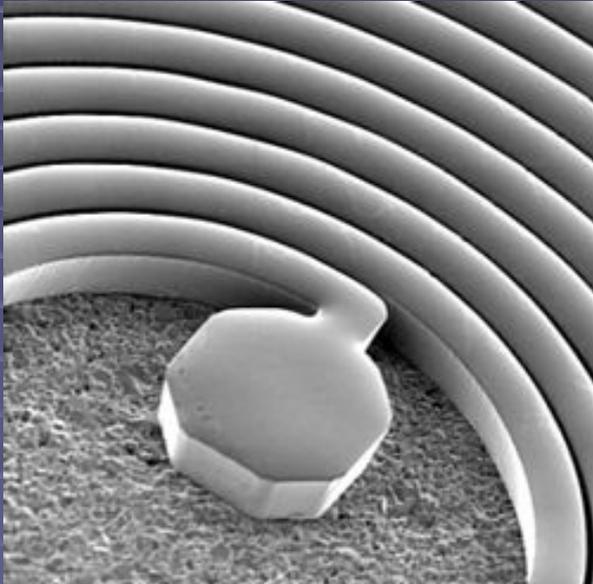


Mikroventil

Mikrogalvanik

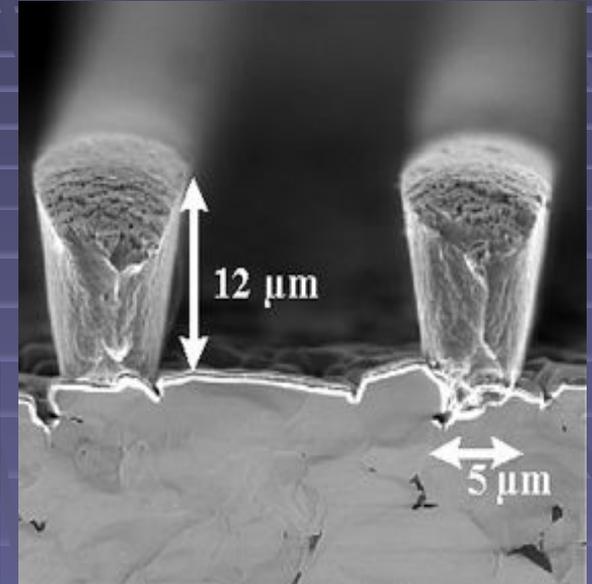
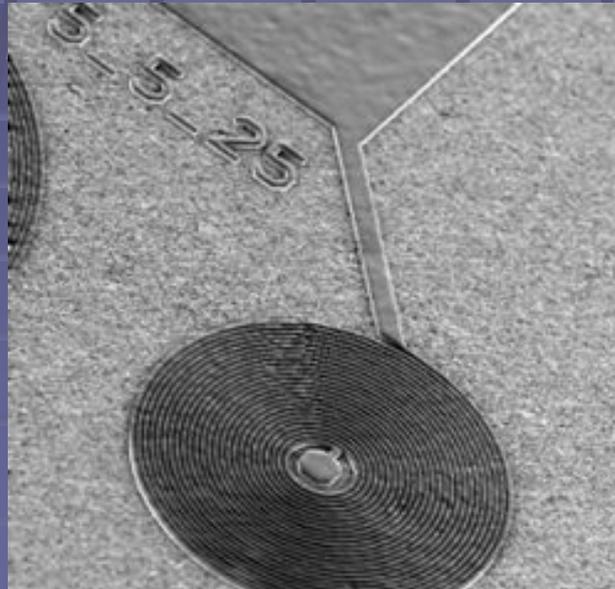
- Namensgeber Luigi Galvani (1737-1798)
- Aufbringen von dünnen Metallschichten durch elektrochemische Prozesse (Elektrolytbad)
- vorteilhafte Materialien: Kupfer, Gold

Mikrogalvanik



20 μm dicke Rundspule mit 10 μm Leiterbreite

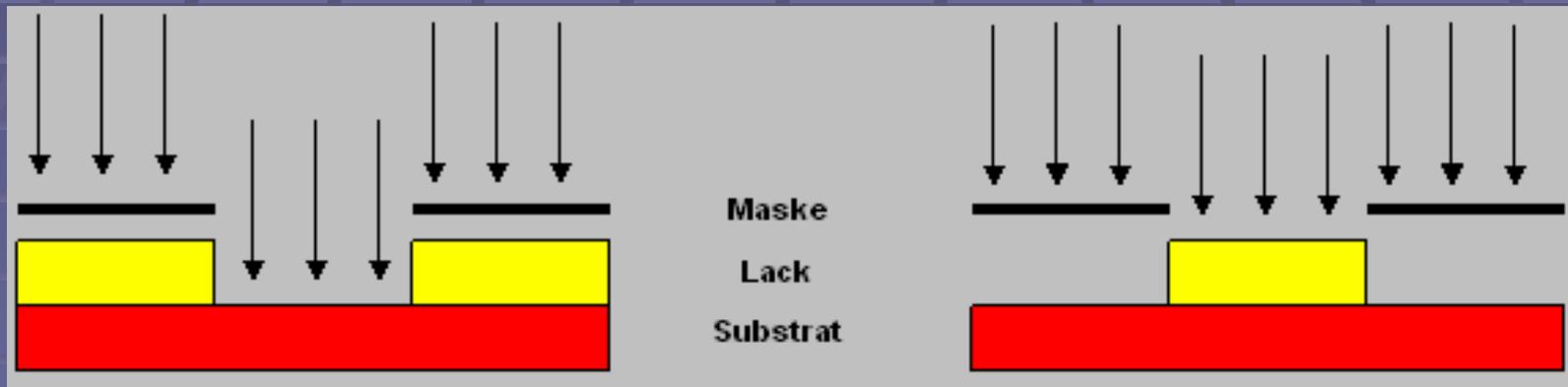
10 μm hohe Kupferrundspule mit 5 μm breiten Leiterbahnen



12 μm hoher und 5 μm breiter Kupferleiter

Lithografie

1. Materialien werden mit Lacken beschichtet
2. Bestrahlung: Röntgenstrahlung, sichtbares Licht, Elektronen- und Ionenstrahlung
3. Auswaschen der löslichen Bestandteile



Positiver Lack wird durch
Belichtung löslich

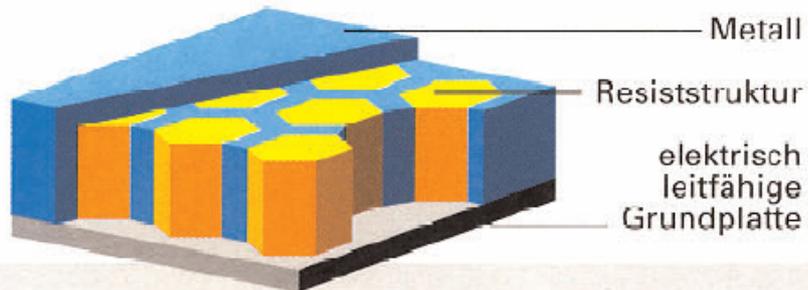
Negativer Lack wird durch
Belichtung unlöslich

LIGA

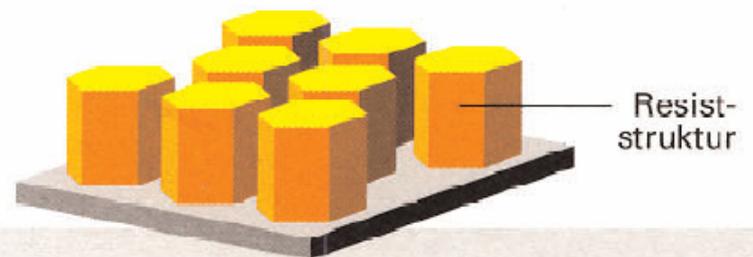
- Abfolge der Prozessschritte:
Lithografie + Galvanik + Abformung
- eigentlich historisches Verfahren für größere Strukturen
- → durch technologische Optimierungen auch Mikrostrukturen möglich

LIGA

3. Galvanoformung



2. Entwicklung

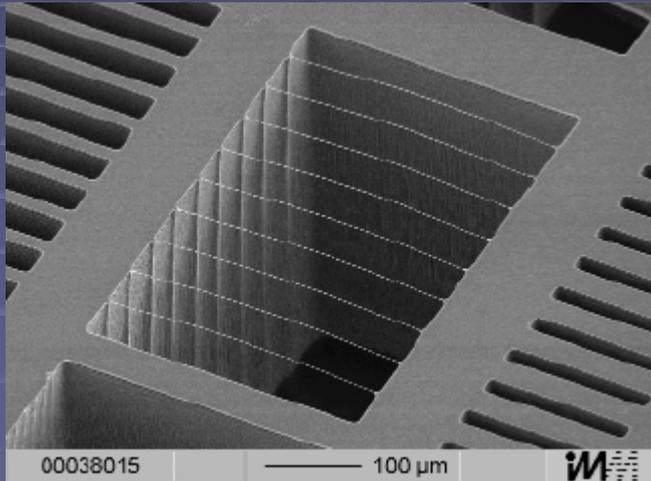


LIGA

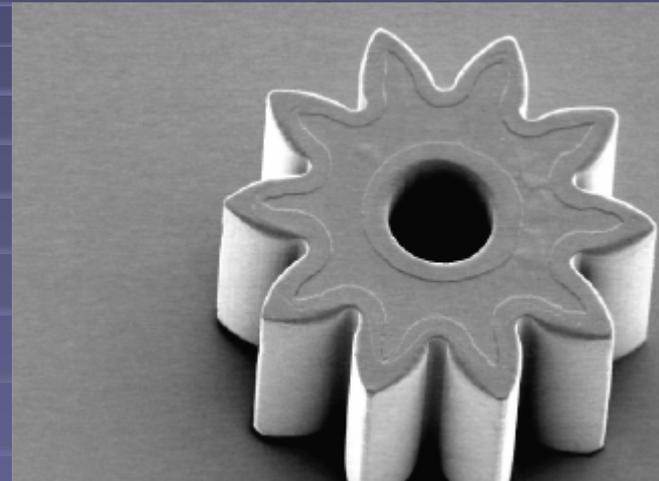
- Vorteile:
 - Große Materialpalette
Metalle, Legierungen, Kunststoffe, Keramiken
 - Gestaltungsvielfalt
 - Strukturhöhen bis über 1mm
 - Hohe Präzision bis in den Sub- μm -Bereich
 - Kostengünstige Massenfertigung
- Einsatz:
 - Optische Sensoren
 - Fluidsensoren (Massenfluss-Sensor)

LIGA

Einsatzbereiche:



Massenflusssensor

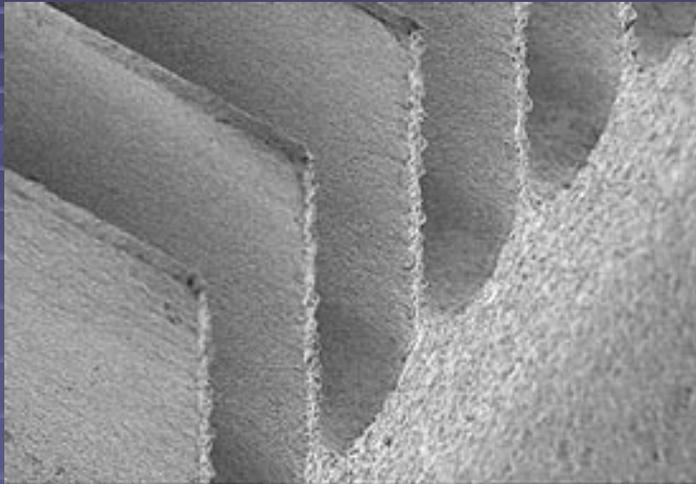


Messung von Viskosität und Durchfluss eines Fluids

Mikrofunkenenerosion

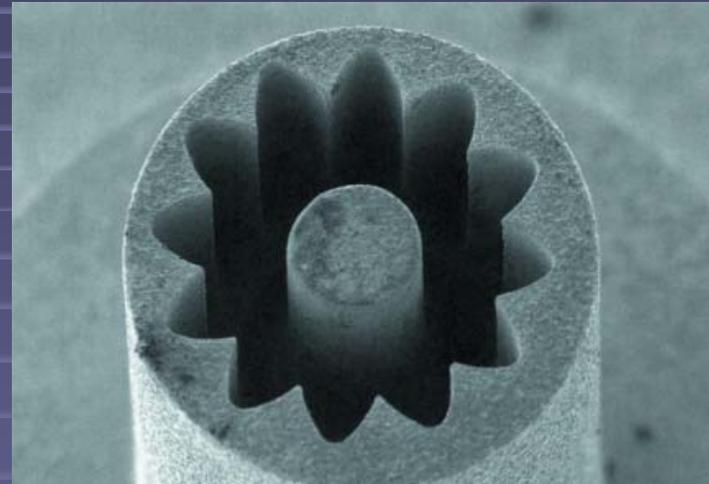
- beruht auf materialabtragender Wirkung elektrischer Entladung zwischen zwei Elektroden (Werkzeug & Werkstück)
- beide Elektroden befinden sich in einer dielektrischen Flüssigkeit und werden einander angenähert
- Entladungsfunken erodiert Material (schmelzen und abtragen)

Mikrofunkenerosion



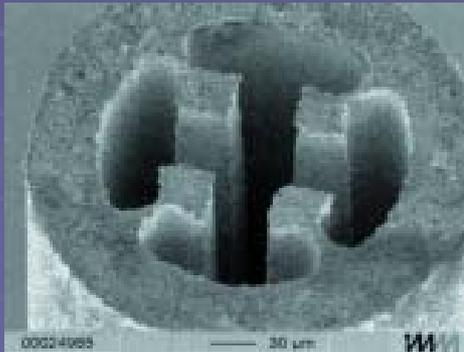
00047041

100 µm



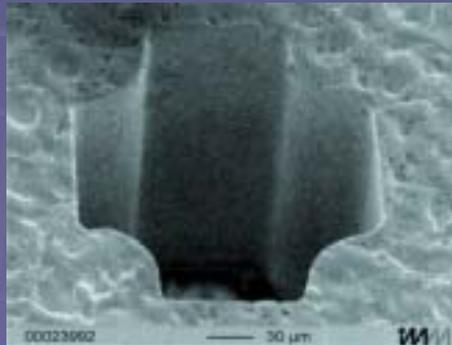
00018541

100 µm



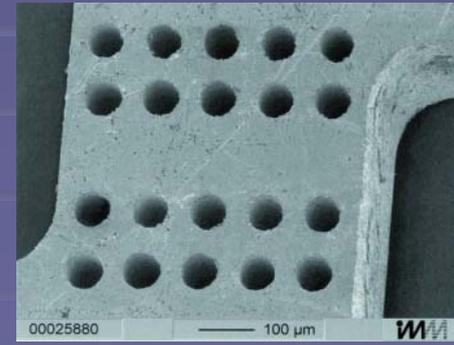
00024065

30 µm



00023062

30 µm

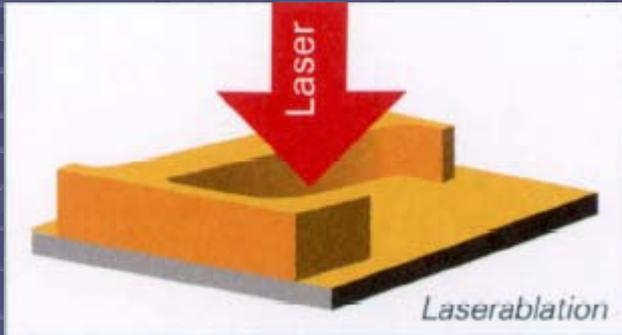


00025880

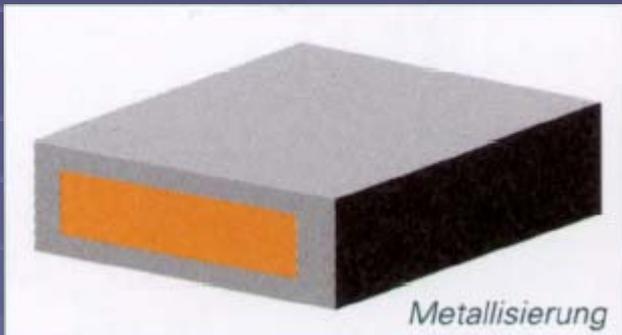
100 µm



Lasermaterialbearbeitung



- inverses auslasern der Form



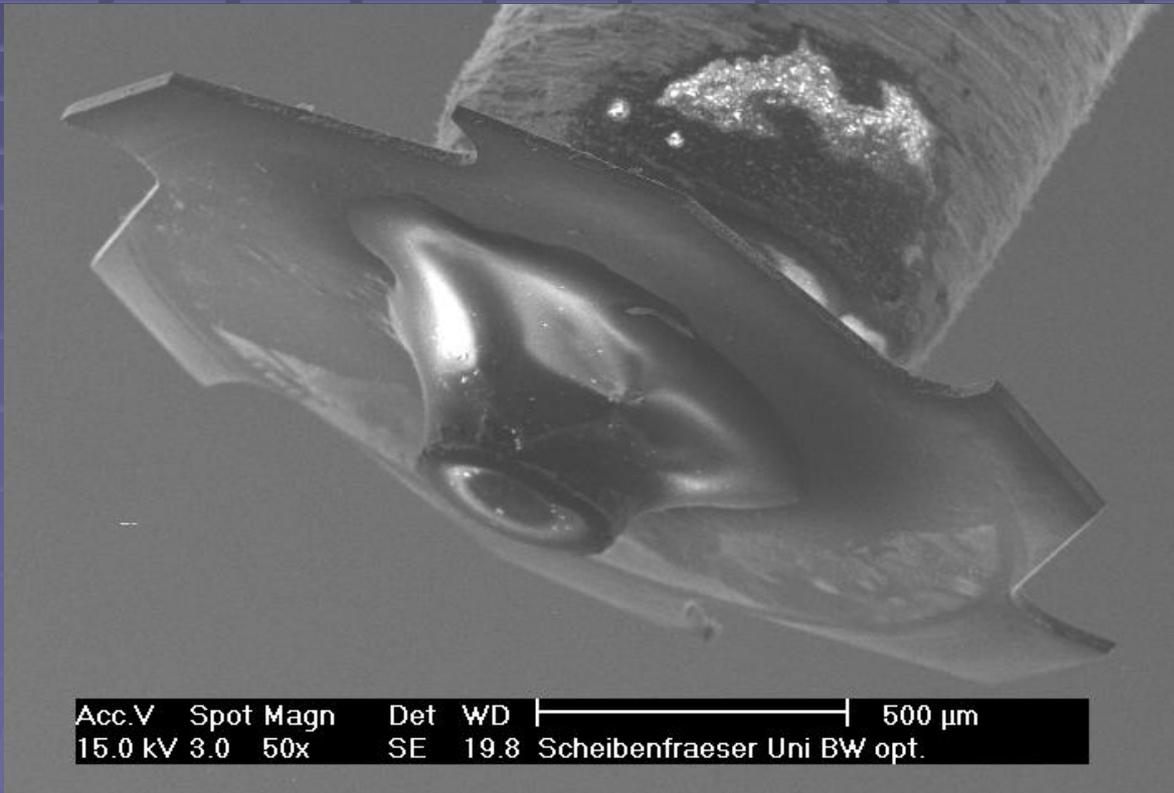
- abfüllen der gelaserten Form



- fertige Form

Mikrozerspanung

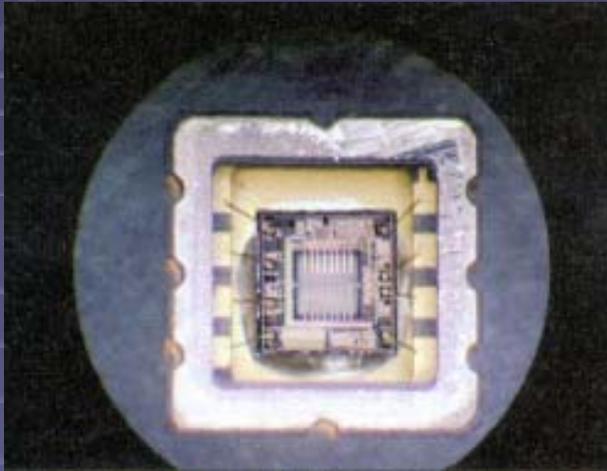
- mechanische Bearbeitung von Werkstücken mittels Mikrowerkzeugen



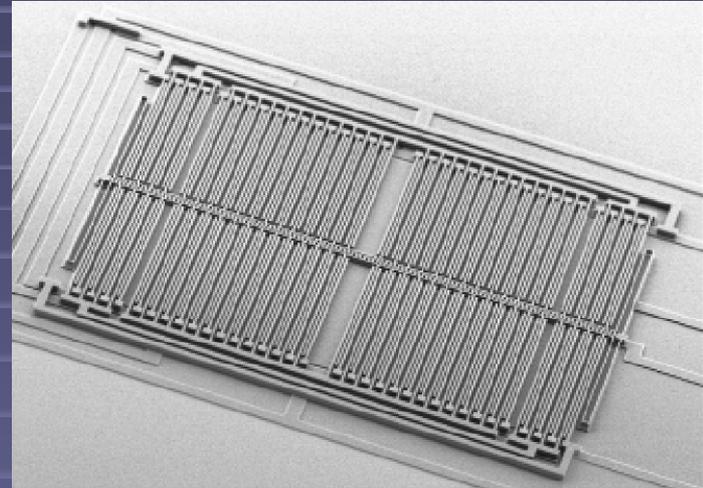
Ultraschallbearbeitung

- Technologie zur Erweiterung bestehender Grenzen
- Materialien werden mit Hilfe von Ultraschallschwingungen leichter formbar

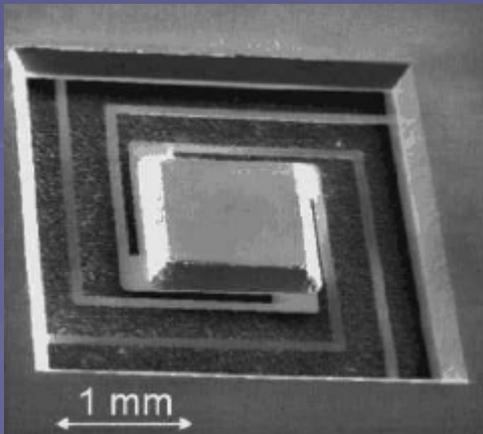
Verschiedene Mikrosensoren



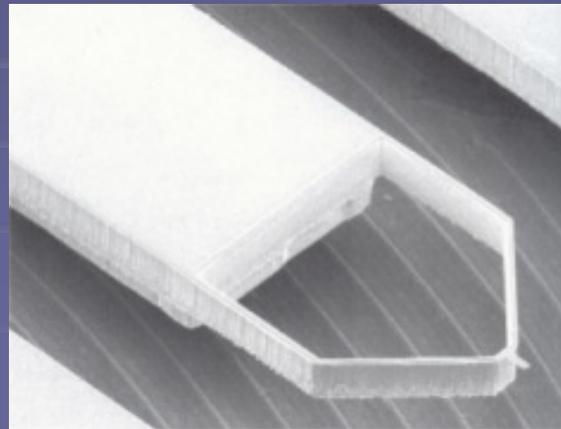
Thermodynamischer Sensor



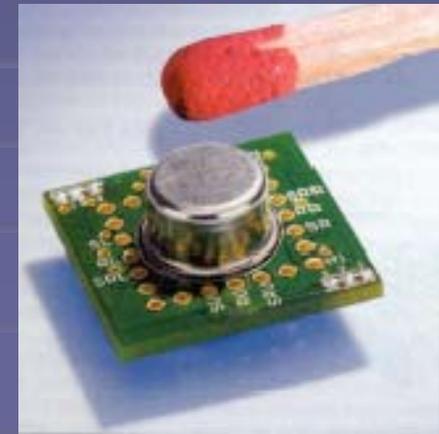
Beschleunigungssensor



Beschleunigungssensor



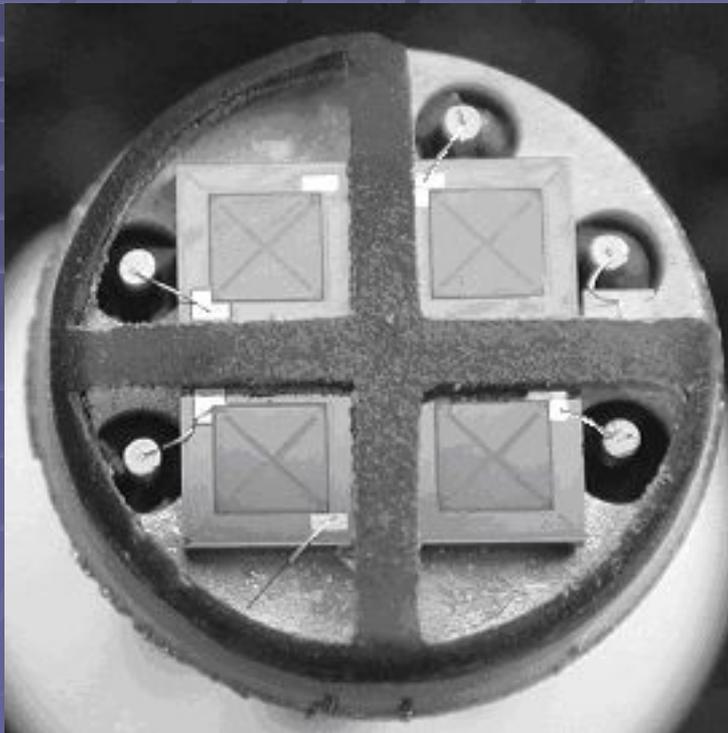
Massenfluss-Sensor $150 \times 30 \times 5 \mu\text{m}^3$



Thermodynamischer Sensor

Mikrosensoren aus Jena

IR-Sensor des IPHT-Jena



Auf einem TO39-Sockel aufgebauter 4-Kanal-IR-Sensorchip

- Einsatzbereiche
 - Medizintechnik (z.B. Atemluftüberwachung)
 - Kraftfahrzeugtechnik (z.B. Abgasanalysen)
 - Klimatechnik (z.B. Raumklimaregelung)

Literaturverzeichnis

- <http://imt73.imt.ing.tu-bs.de/imt/institut/mitarb/quettler/projekte/mikrogalvanik>
 - www.imm-mainz.de
 - <http://www.kaenguru.com/ft-jena/fertigungstechnik.htm>
 - www.ipht-jena.de
 - www.ntb.ch
 - http://www.photonicnet.de/Members/mustermann/BranchenNews/Februar_05/R9DCFYN0P3?LSet=139124
 - <http://www.micro-hybrid.de/>
-
- Hauptmann Peter: Sensoren, Hanser Verlag, München 1991