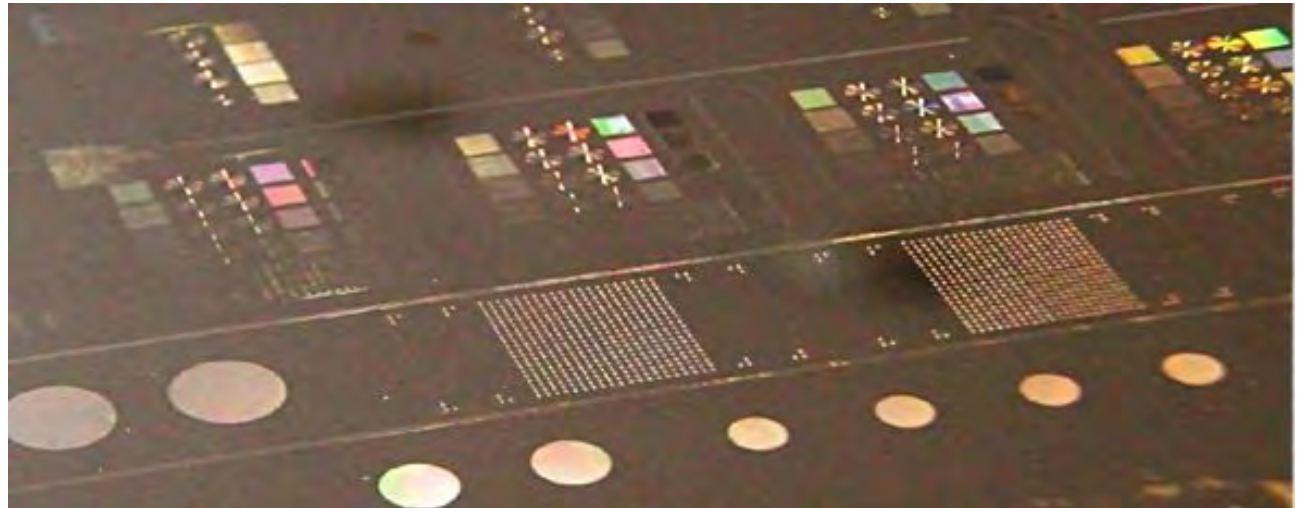
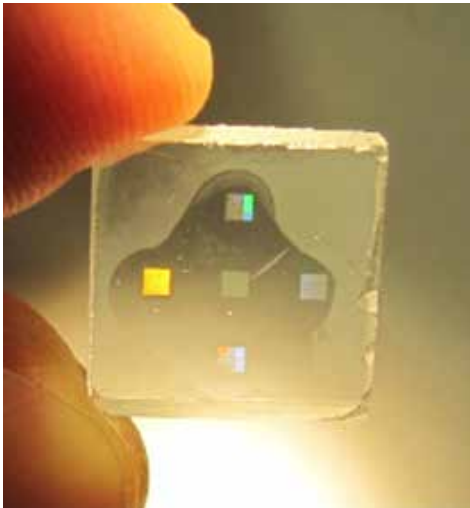


Mikro goes Nano - Spritzgießen von Strukturen im Submikrometer-Bereich

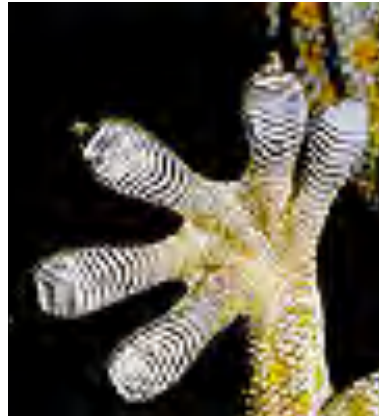
Dipl.-Ing. Jochen Heneka

Institut für Angewandte Materialien Werkstoffprozesstechnik (IAM-WPT),

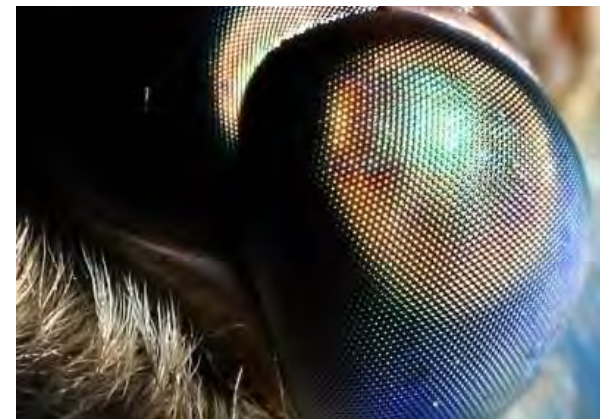


- Anwendungsgebiete - Nano-Strukturen
 - Bionik - Übertragen von Phänomen aus der Natur auf die Technik
 - NEMO - Network of Excellence in Micro-Optics
 - Organische Laser
- Herstellprozesse für nano-strukturierte Formeinsätze
 - Shim-Formeinsätze
- Spritzgießen von nano-strukturierten Bauteilen
 - photonische Kristalle
 - Mottenaugenstrukturen
- Spritzgießen von einzelnen Mikrobauteilen (Bauteilgewicht < 1mg)
 - LIGA2.X-Verfahren

- Adhesion, Benetzungsverhalten

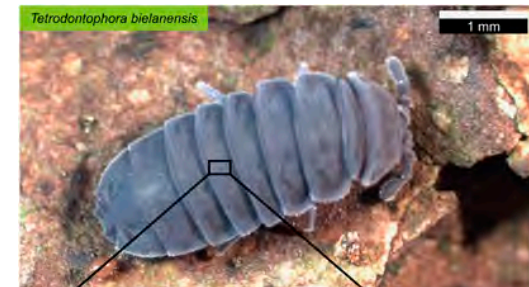


- Optische Effekte (Schimmern, Entspiegelung)



Springschwänze

- Springschwänze atmen durch die Haut und ersticken bei vollständiger Benetzung mit Flüssigkeit
- Hydrophobe Oberfläche hierarchische Strukturen



Quelle: <http://www.naturephoto-cz.com>



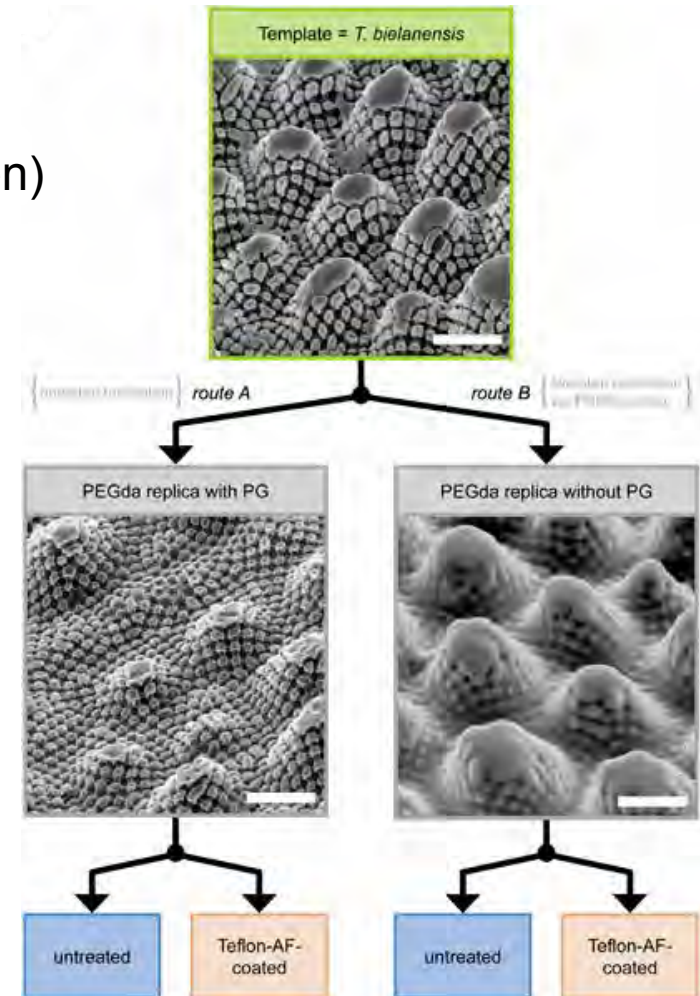
Rene' Hensel et. al., Tunable nano-replication to explore the omniphobic characteristics of springtail skin, NPG Asia Materials (2013), doi:10.1038/am.2012.66

Springschwänze

- Vorgehen
 - Tiere werden in Elastomer-Formeinsätze umkopiert (UV-Aushärtung und Abschälen)
 - Danach repliziert mit PEGda (UV-Aushärtung und Abschälen)



Quelle: <http://www.naturephoto-cz.com>



Rene' Hensel et. al., Tunable nano-replication to explore the omniphobic characteristics of springtail skin, NPG Asia Materials (2013), doi:10.1038/am.2012.66



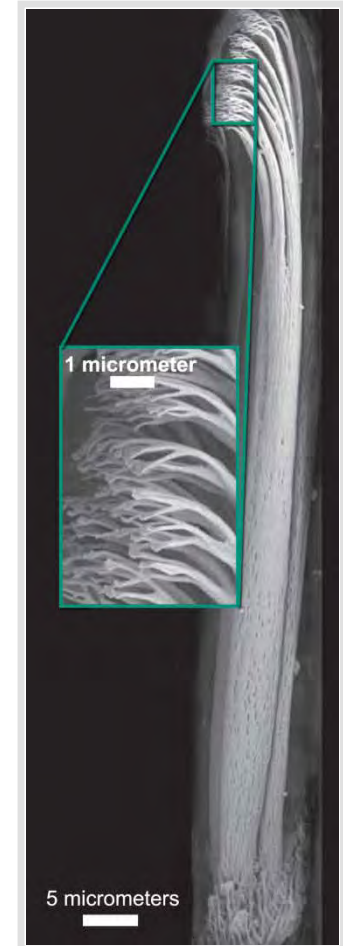
▪ Typische Abmessungen

▪ Setae

- Länge: ca 100 μm
- Durchmesser: ca 4 μm

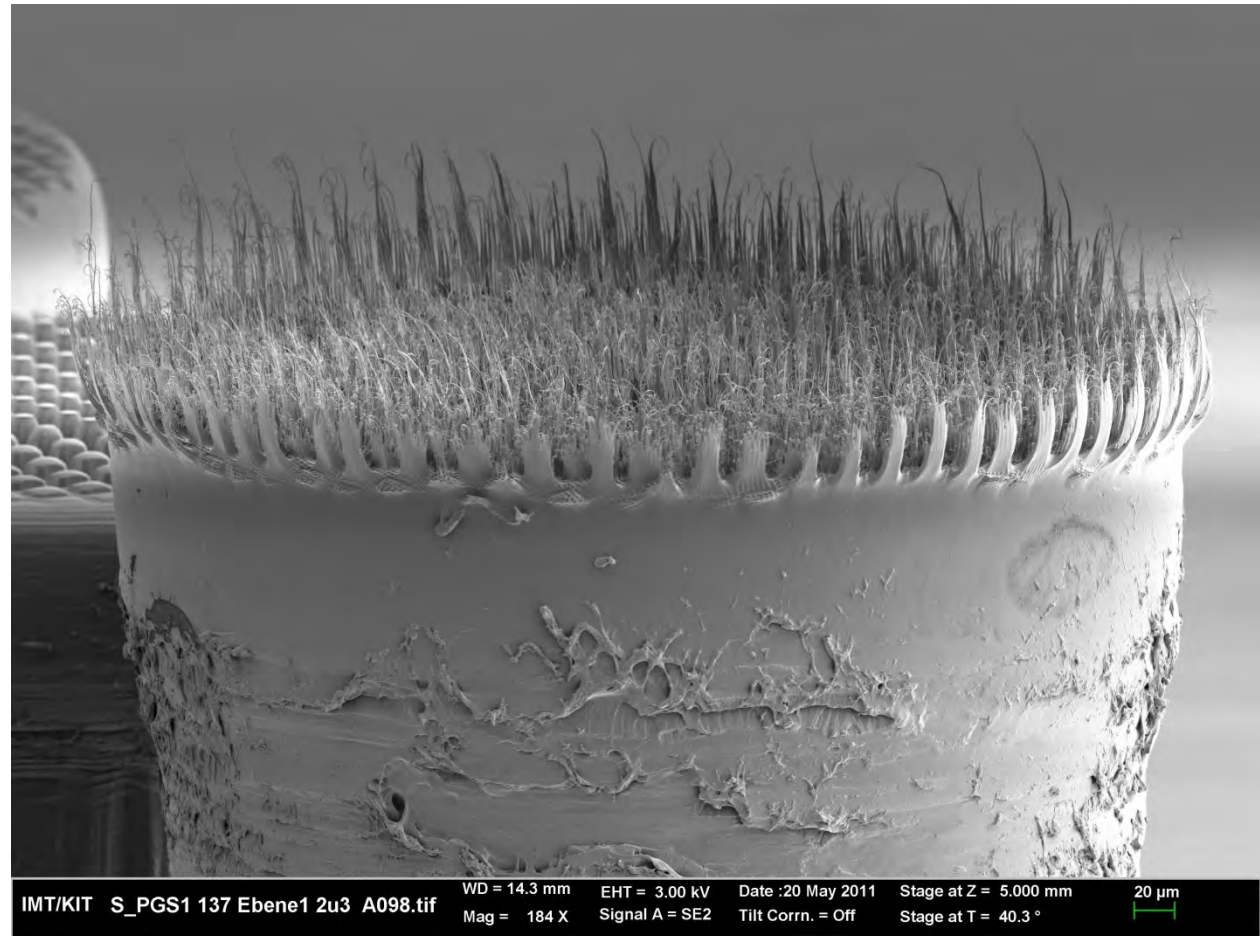
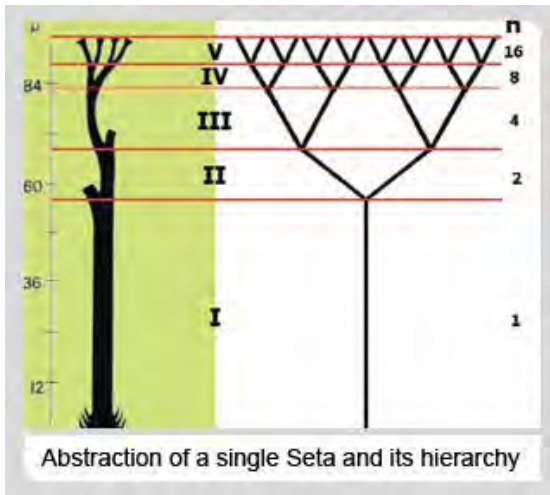
▪ Spatulae

- Länge: ca 200 nm
- Durchmesser: ca 200 nm



Autumn: *Am.Sci.* 94, 123-132 (2006)

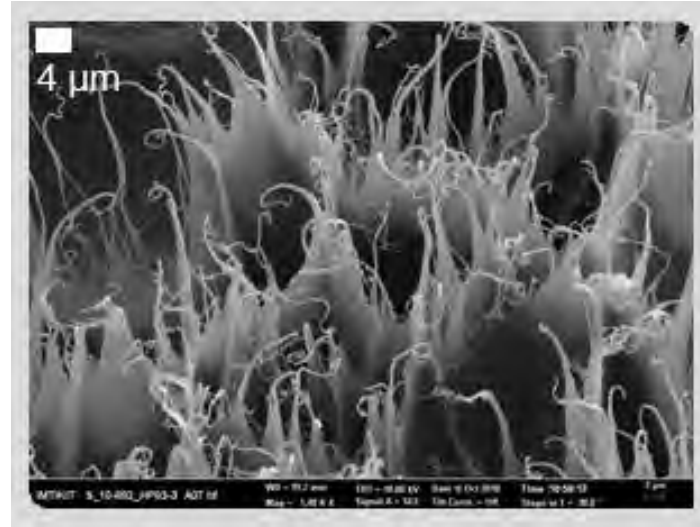
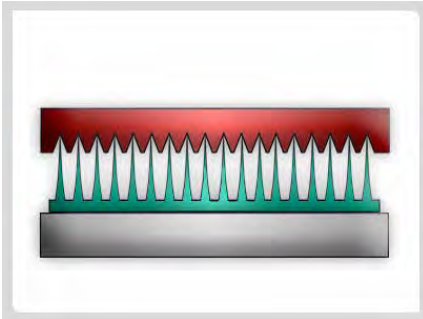
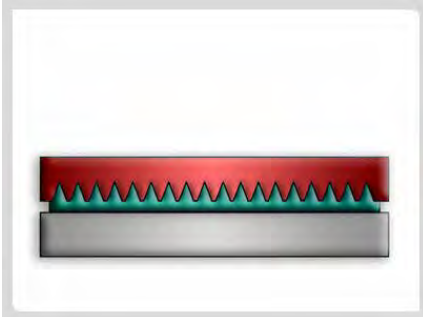
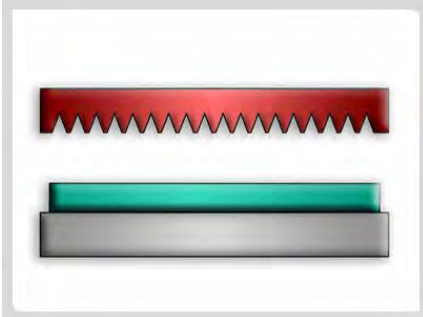
Gecko-Zehen



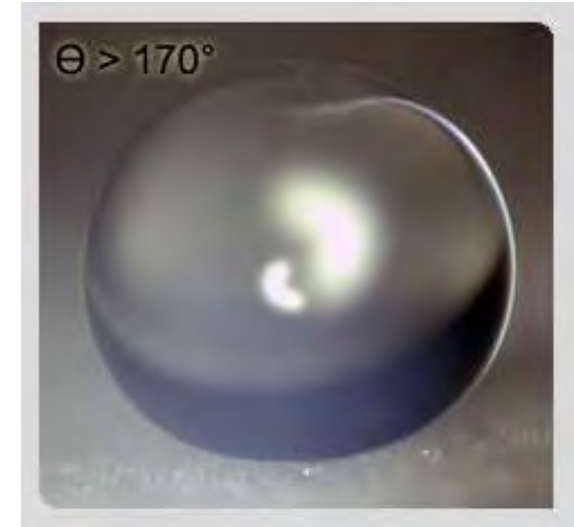
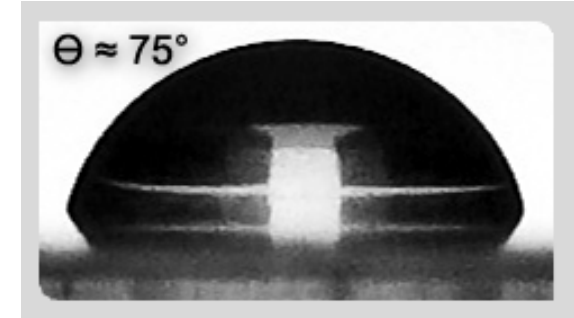
M. Röhrig, IMT – Hierarchische Strukturen über 3 Level

Wengenmayr, R.: *FAZ* 28.01.2006, 64-65 (2006)
 Autumn: *Am. Sci.* 94, 123-132 (2006)

Nanopelz – Hydrophobe-Strukturen



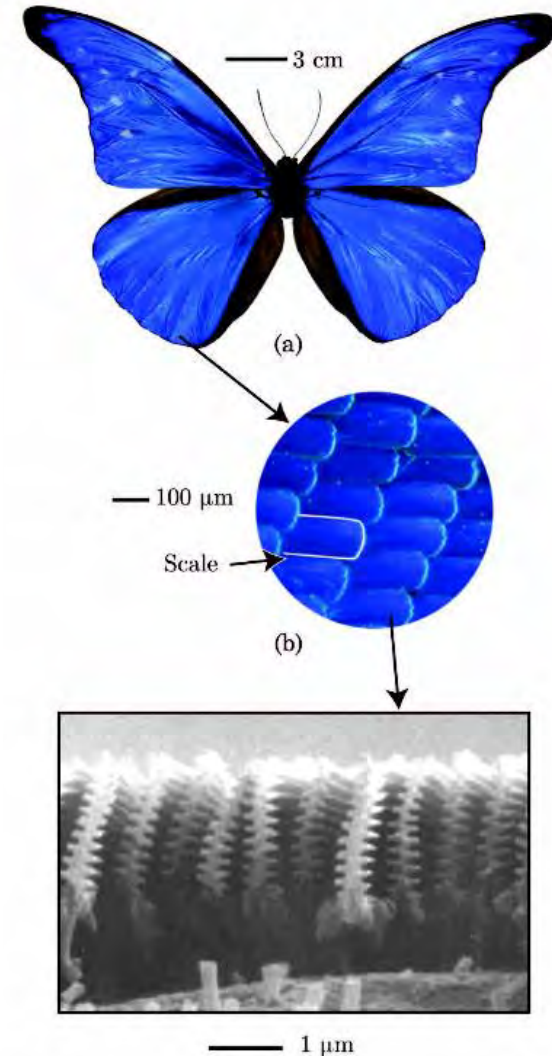
- **Eigenschaften:**
 - Sehr große Aspektverhältnisse
 - Materialien: Thermoplaste
 - Patent WO 2010 /049081



M. Röhrig, IMT

Photonische Strukturen von Schmetterlingen

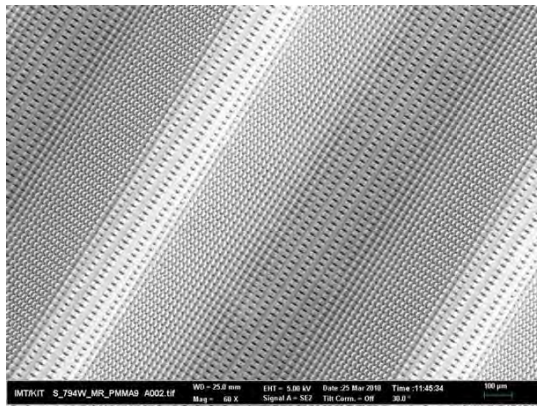
- Blaues schimmern der Morphofalter
- Hierarchische Strukturen (in Form von „Tannenbaumartige Strukturen“)



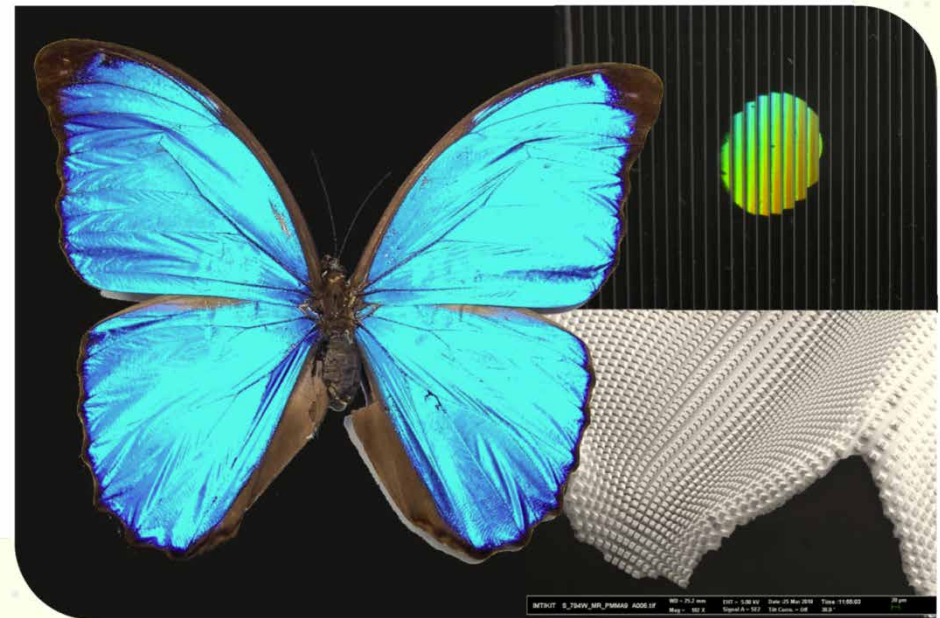
R. Todd Lee et. al., Detailed electromagnetic simulation for the structural color of butterfly wings, Applied optics Vol. 48 (2009), pp 4177-4190

Photonische Strukturen von Schmetterlingen

- Vorgehen
 - Heißprägen der permanenten Primärstruktur in ein Formgedächtnispolymer (tecoplast tp-470)
 - Heißprägen in temporäre Form (eben)
 - Auftragen einer dünnen PMMA-Schicht
 - Heißprägen der Sekundärstruktur
 - Aktivieren des Formgedächtniseffekts über Temperatur



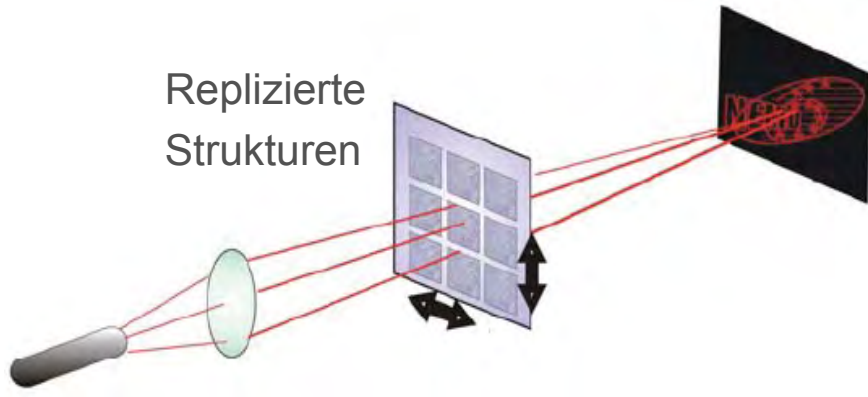
N. Schneider, IMT –
Nanothermoformen von hierarchien
optischen Komponenten



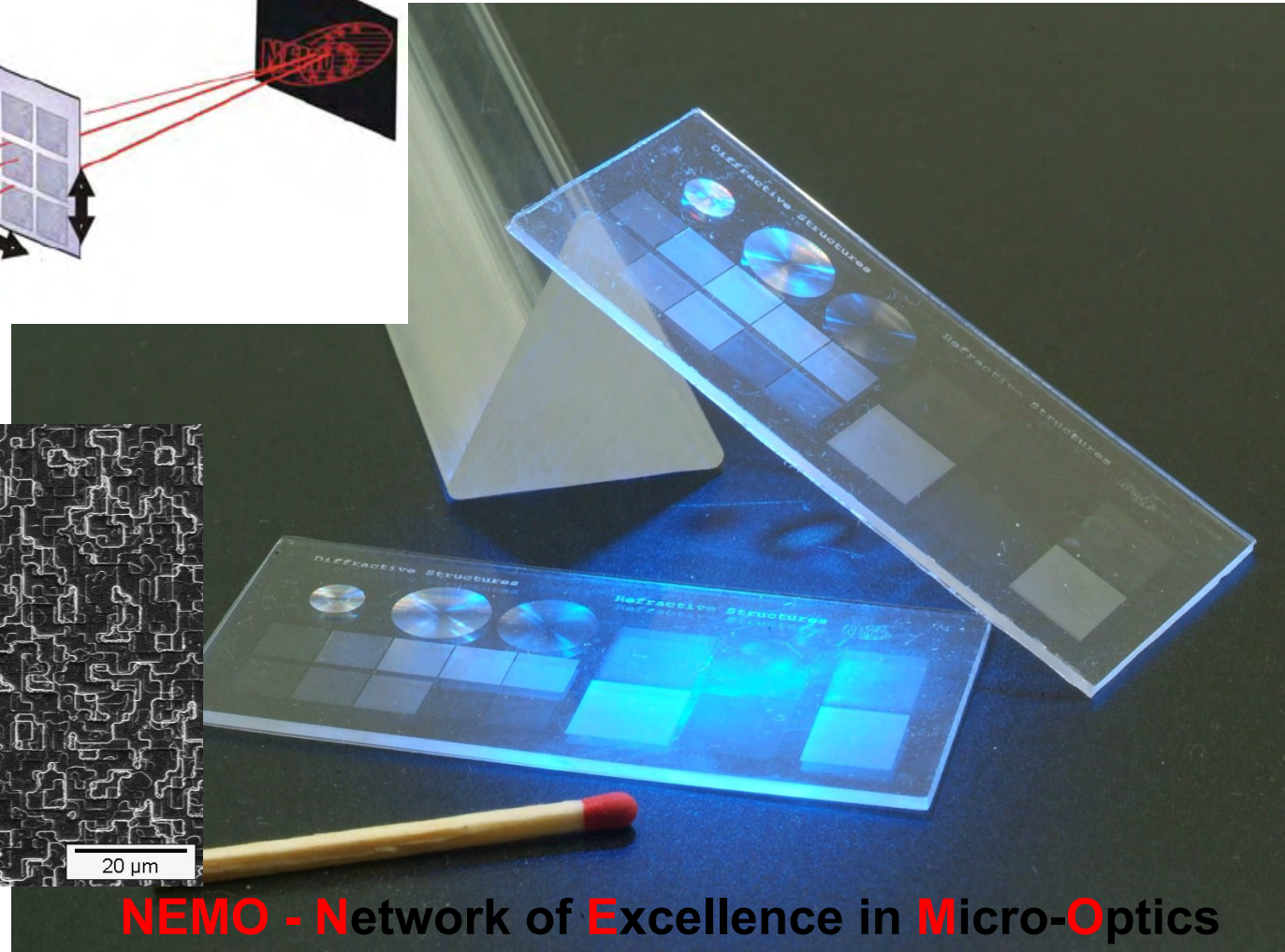
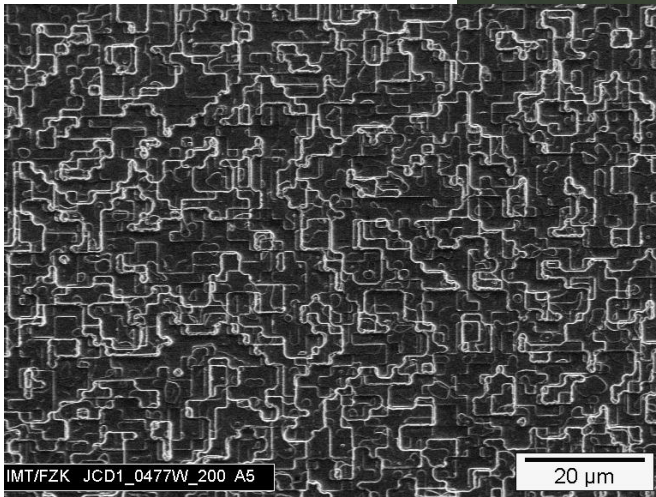


N. Schneider, IMT – Nanothermoformen von hierarchischen optischen Komponenten

Optische Strukturen NEMO-KIT



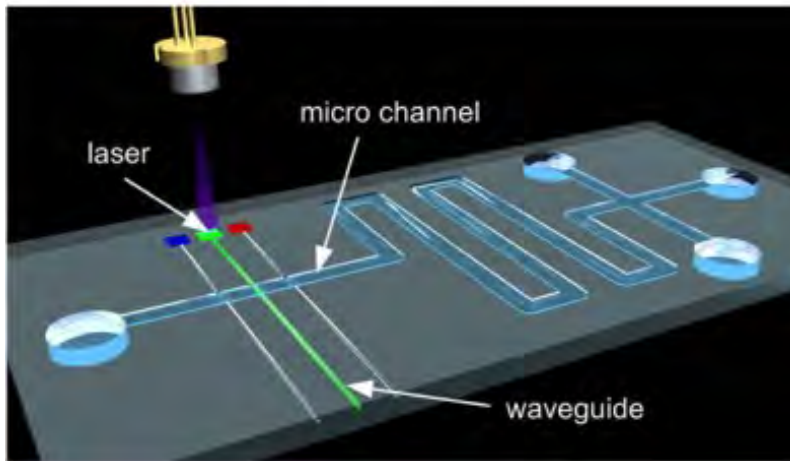
Laser



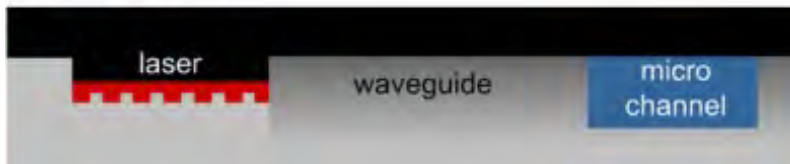
NEMO - Network of Excellence in Micro-Optics

Organische Laser

(a) all organic lab-on-chip system

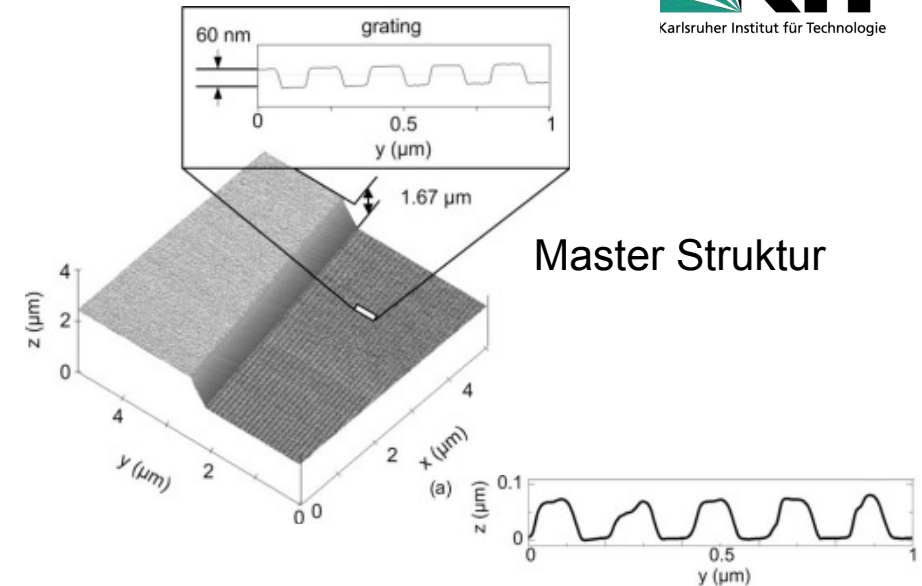


(b) detection unit

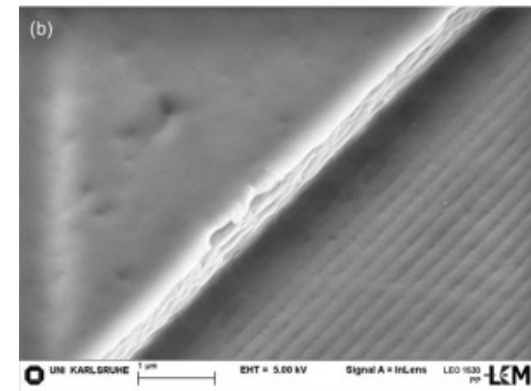


Skizze des offenen lab-on-chip system aus PMMA

- photonische Lab-on-Chip Systeme
- biomedizinische und chemische Vor-Ort-Analysen mit optischer Detektion
- Integration von organischen Halbleiterlasern und UV-induzierten Wellenleitern in PMMA zusammen mit einem Mikrofluidikkanal



Replizierte Struktur (PMMA)



Ch. Vannahme et. al., "Integration of organic semiconductor lasers and single-mode passive waveguides into a PMMA substrate", Microelectron. Eng., doi:10.1016/j.mee.2009.12.077, (2010).

Organische Laser

- Laser auf Polymerbasis („Visolas do“)
- Wellenlängen 510-640 nm
- Einsatzbereich Analyse von Proben (Spektroskopie) z.B. in der Medizintechnik



Quelle: Visolas.de

Herstellprozesse für nano-strukturierte Formeinsätze am KIT

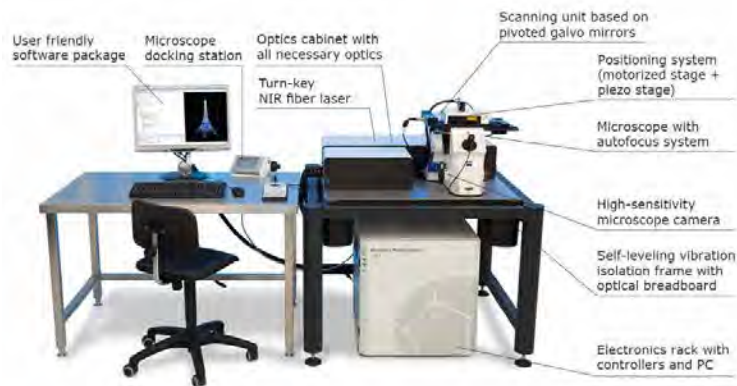
- Lithographie-Verfahren



- Ätzverfahren



- Rapid Prototyping

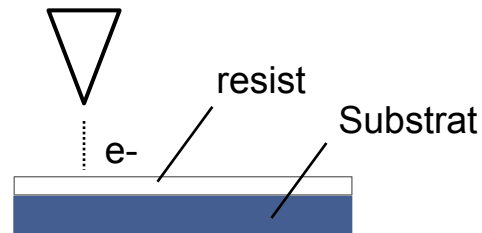


- Galvanoformung



Nickel-Shim Fertigung am KIT

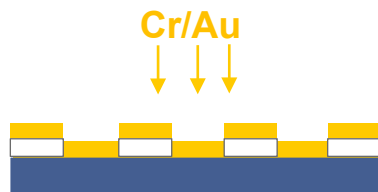
- Masterstrukturierung
- Entwicklung
- Metallisierung
- Galvanoformung
- Separation



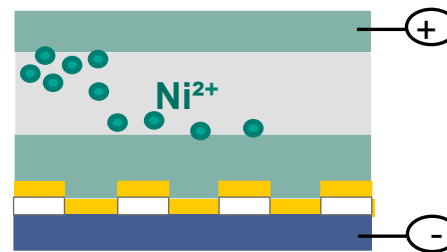
1. E-Beam Lithografie



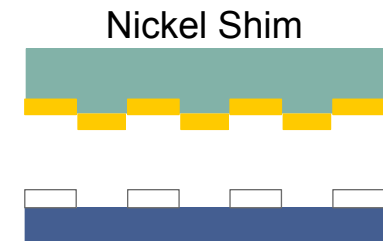
2. Entwicklung



3. Metallisierung



4. Galvanoformung



5. Separation

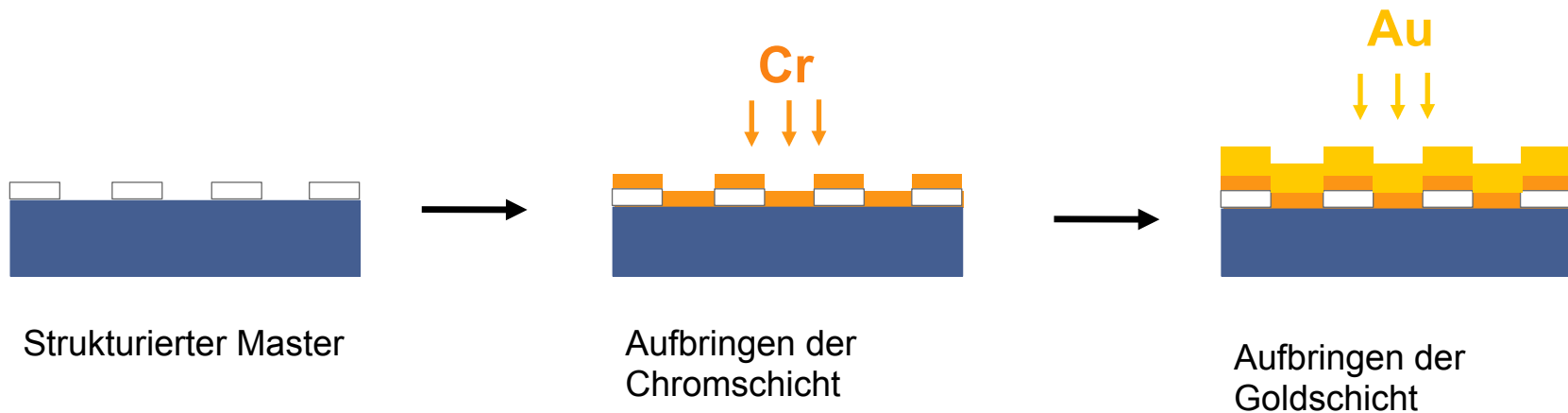


- Fokussierter Elektronenstrahl
- Elektronenempfindlicher Resist
- Chemische Veränderung des Polymer
- Entwicklung der Masterstruktur in einem speziellen Lösungsmittel

- Typ VB6 (UHR-EWF) der Fa. Vistec
- Mainfield: 1310 μm X 1310 μm
- Minimale lateralen Strukturen 4 nm
- Tischpositioniergenauigkeit < 1nm
- Layoutabhängige Schreibzeit (bis zu 50 h)

Master Metallisierung

- Einsatz von PVD Verfahren (Sputter oder Bedampfen)
- Geschlossene, haftfeste leitfähige Metallschicht
- Schichtdicken: 7...10 nm Chrom und 30...50 nm Gold



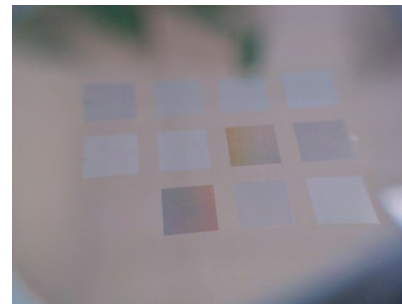
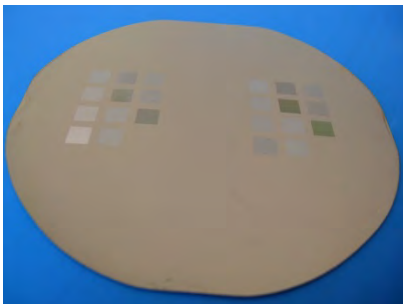
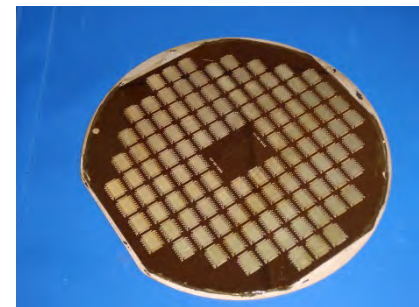
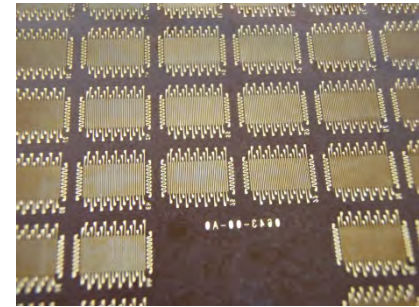
Galvanoformung

- Nickelabscheidung aus einem Sulfamat-Elektrolyt
- $0,1 \dots 1,0 \text{ A/dm}^2$; Temperatur $52 \text{ }^\circ\text{C}$
- Nickelhöhe $0,5 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ Tage}$
- Geringe Eigenspannungen

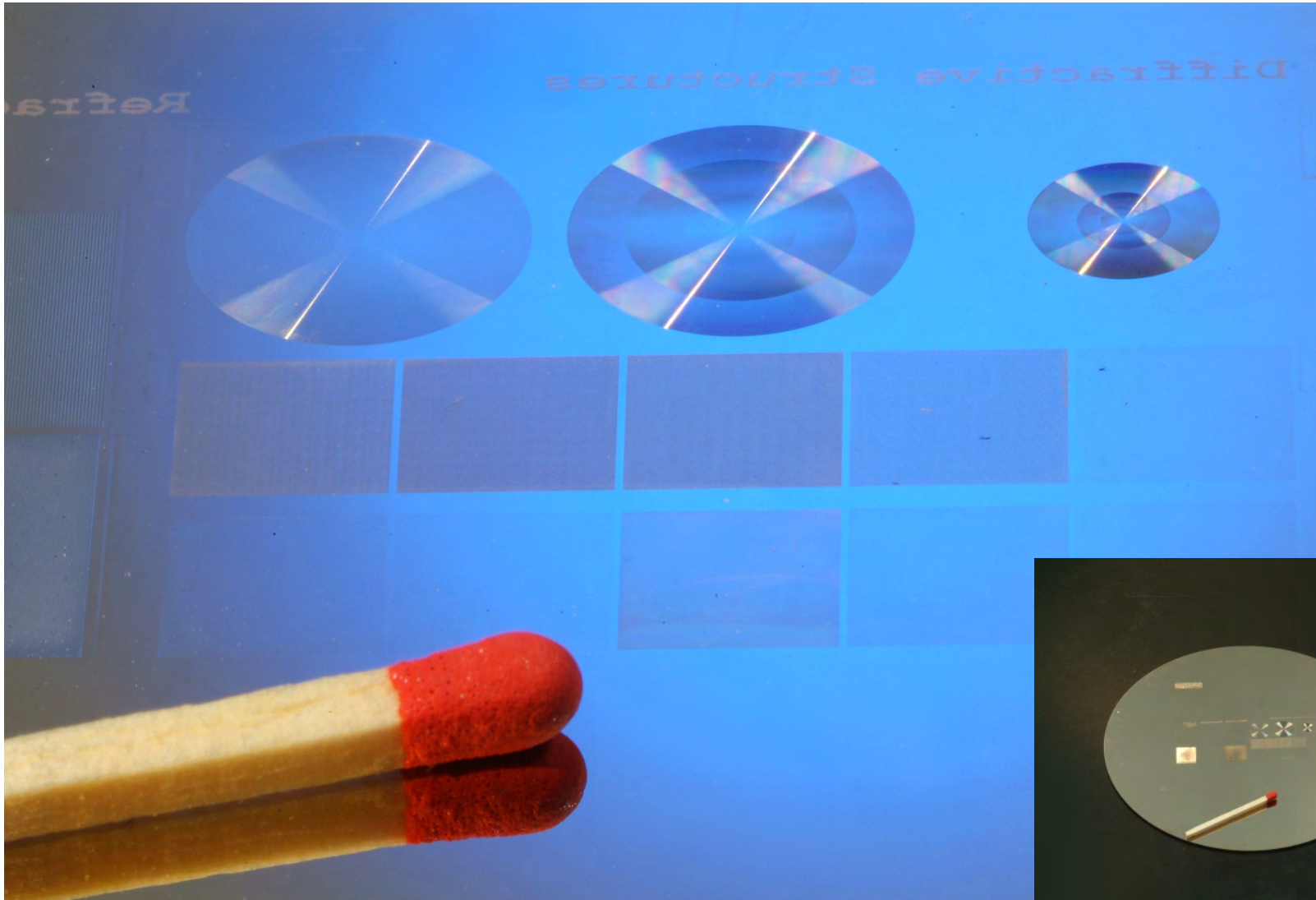


Shims - Daten und Fakten

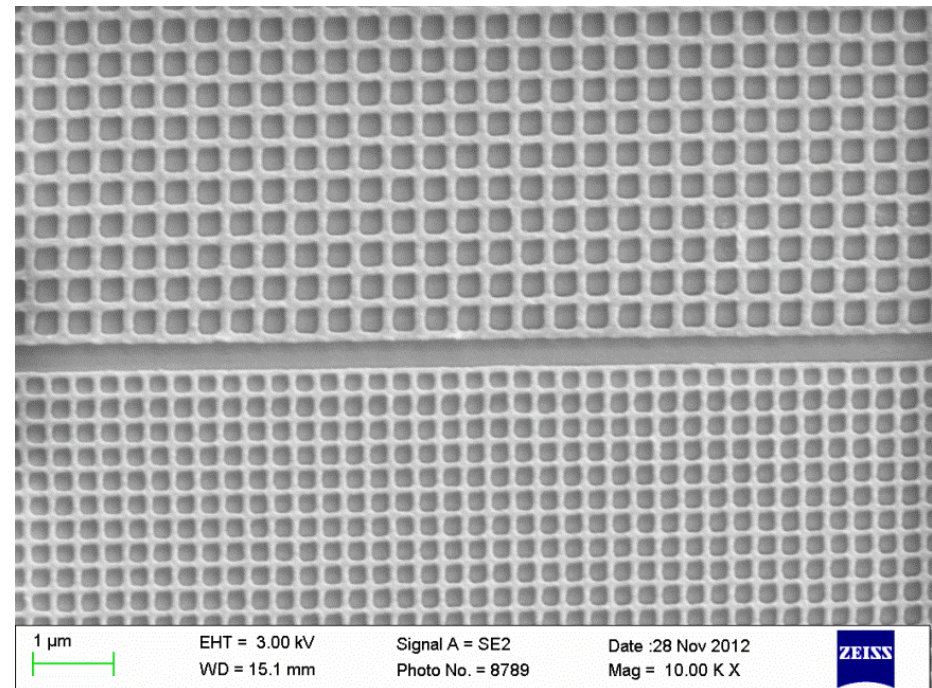
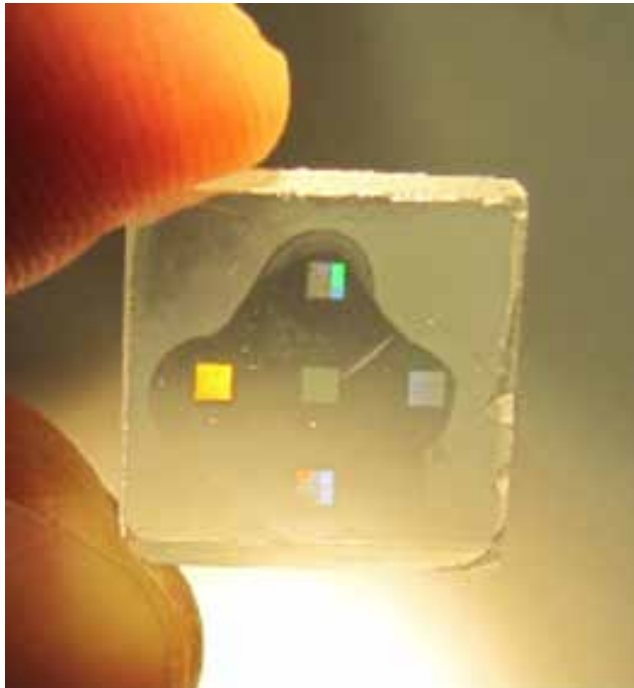
- Durchmesser: 88 mm (4-Zoll-Substrate) und 138 mm (6-Zoll-Substrate)
- Max. Layoutfläche: 2 mm kleiner als Außendurchmesser
- Max. Aspektverhältnis: 3,5
- Rauheit der Oberfläche: $R_a < 20$ nm
- Härte: 350 HV0,1
- Fertigungszeit: 4 bis 8 Wochen



Shim - Formeinsätze



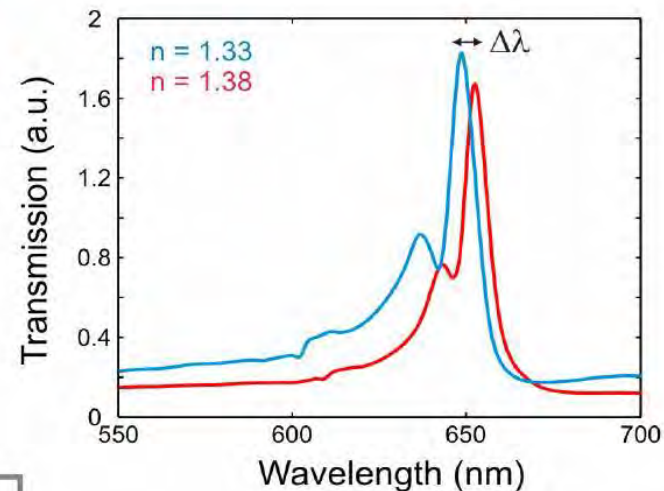
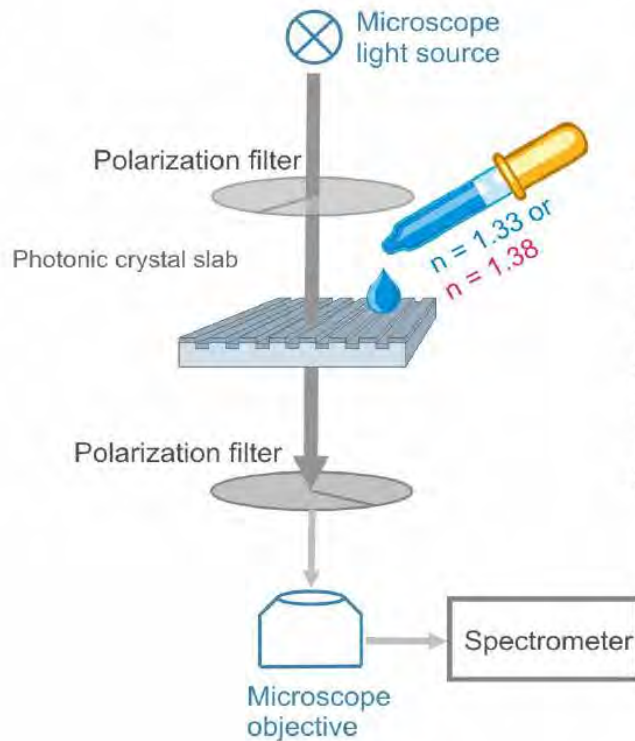
Spritzgießen von nanostrukturierten Bauteilen am KIT



Photonische Kristalle aus PMMA

Beispiel - photonische Kristalle

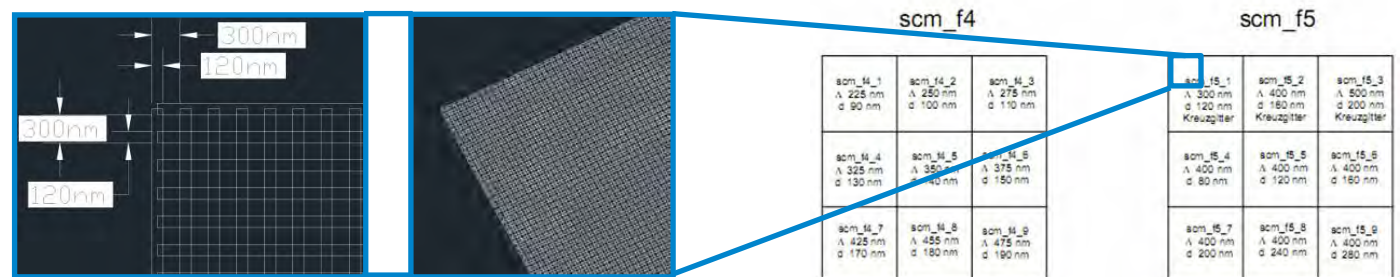
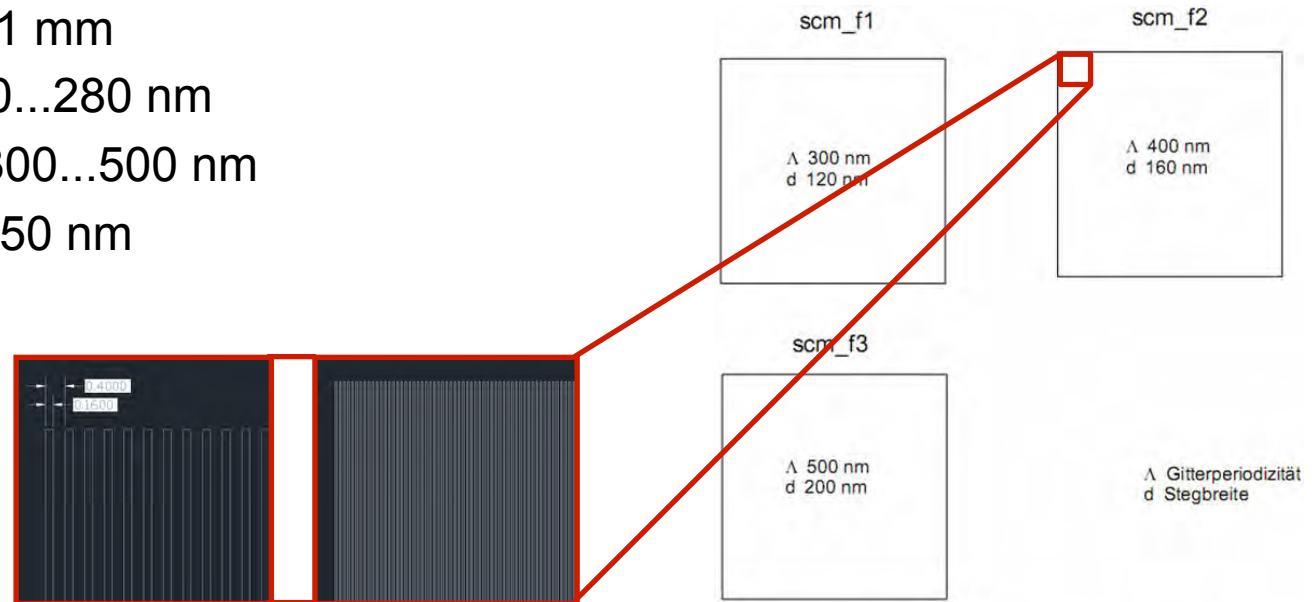
- Aufbau:
 - Photonischer Kristall zwischen zwei gekreuzten Polarisationsfiltern
 - Hintergrundlicht ist unterdrückt



Yousef Nazirizadeh et. al., Sensitivity optimization of injection-molded photonic crystal slabs for biosensing applications, Optical material expressdoi; Vol. 3 No.5; pp 556-565

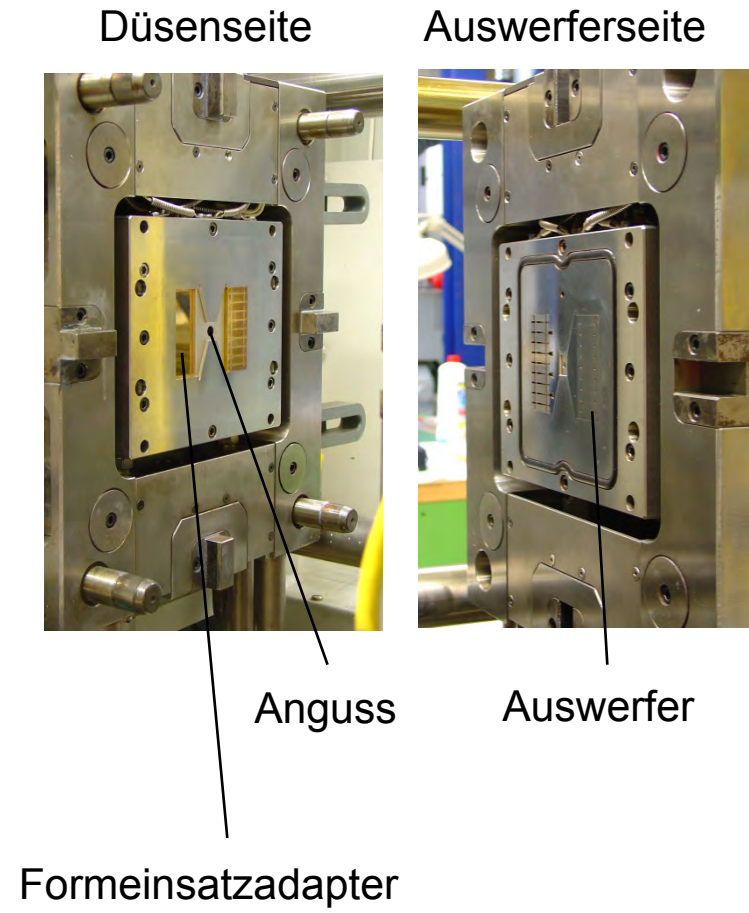
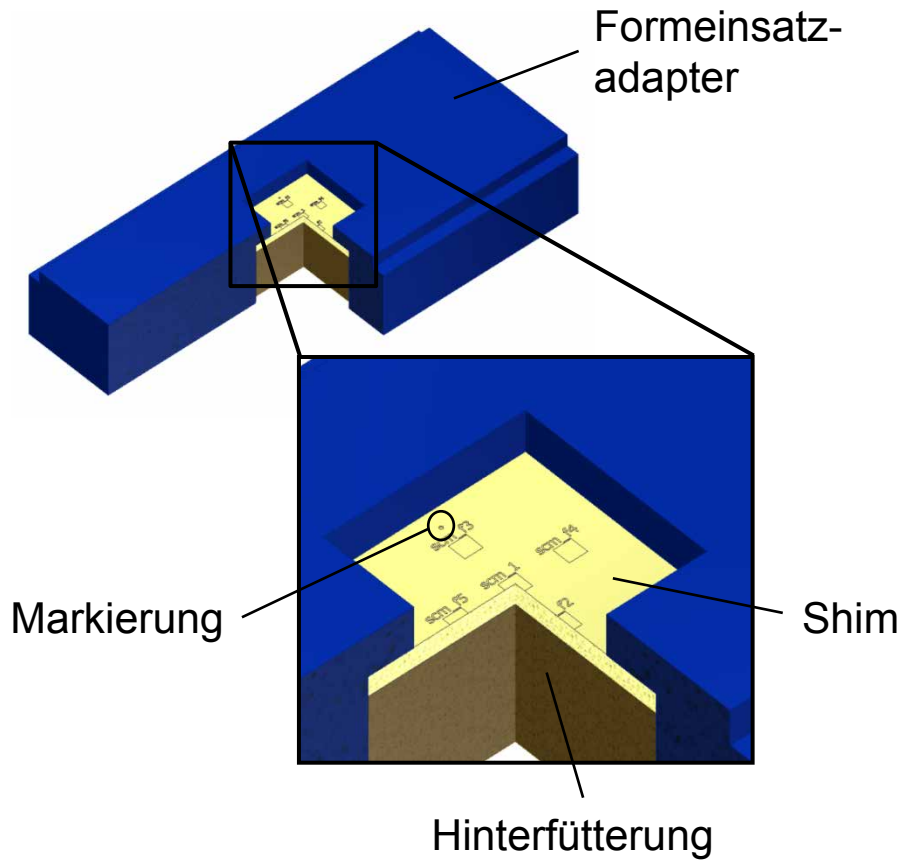
Beispiel - photonische Kristalle

- Layout der Formeinsätze
 - 5 Felder à 1x1 mm
 - Stegbreite: 80...280 nm
 - Periodizität: 300...500 nm
 - Strukturtiefe: 50 nm



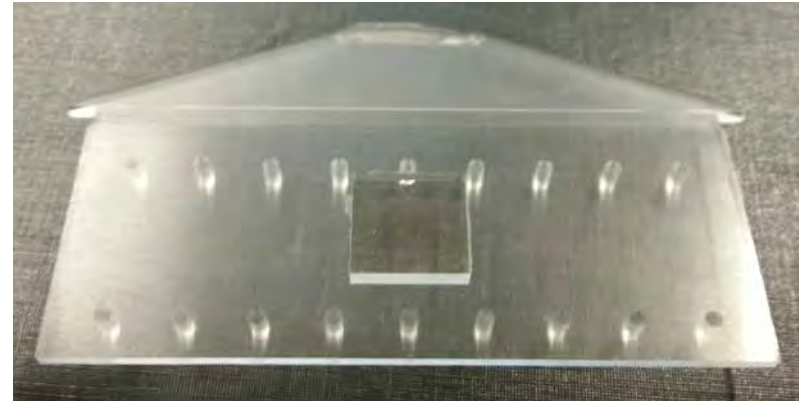
Beispiel - photonische Kristalle

- Werkzeug



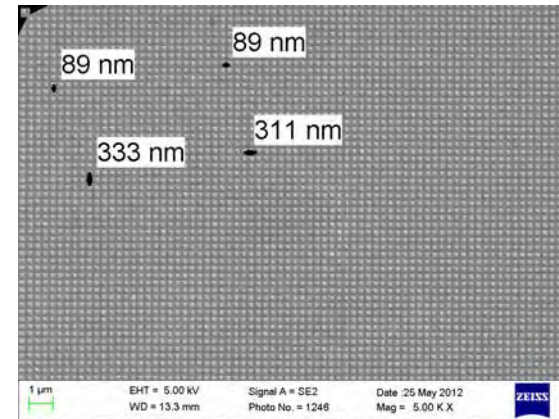
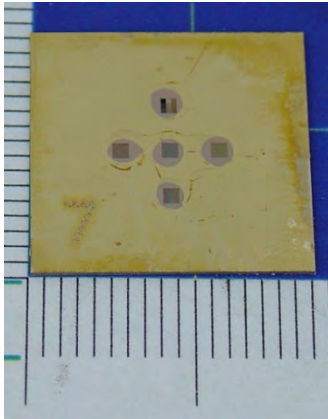
Beispiel - photonische Kristalle

- Werkzeug - Entformung

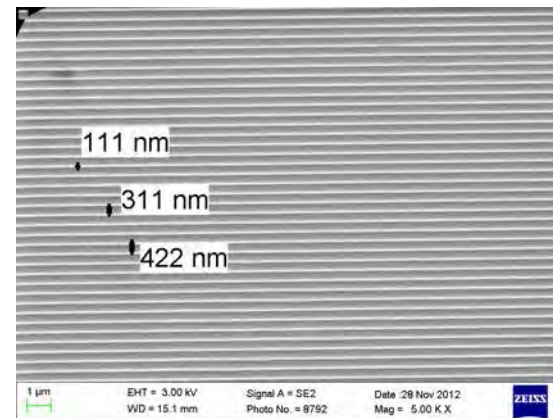
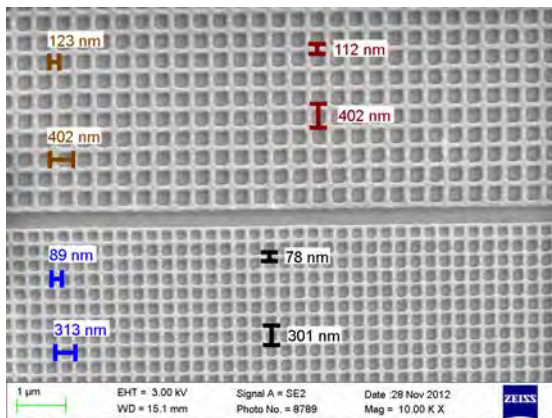


Beispiel - photonische Kristalle

- Strukturen Shim-Formeinsatz

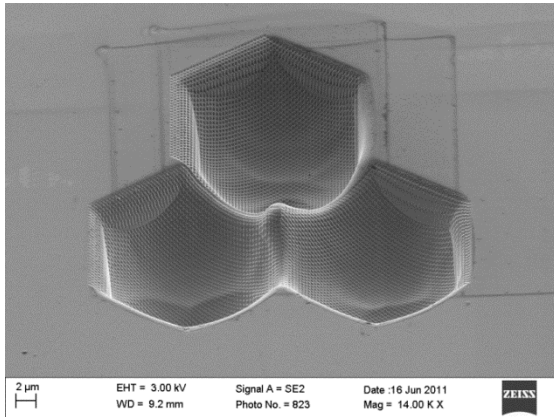


- Spritzgegossene Bauteile PMMA

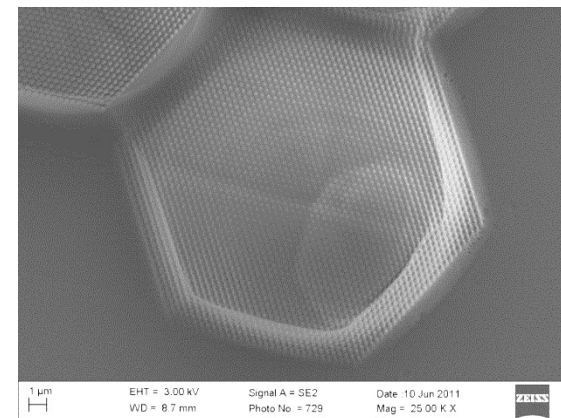
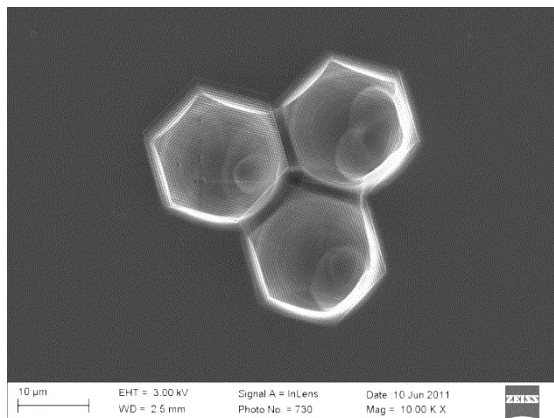


Beispiel - Mottenauge

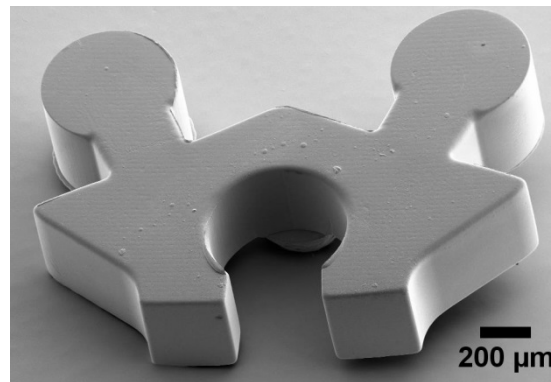
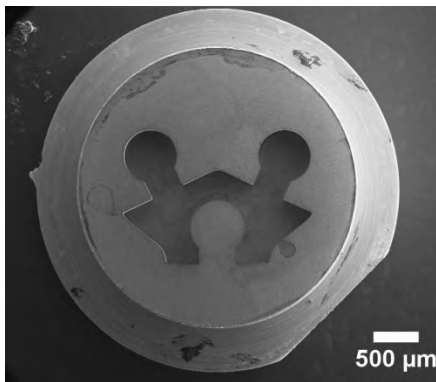
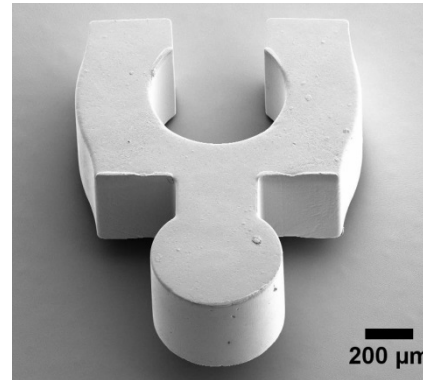
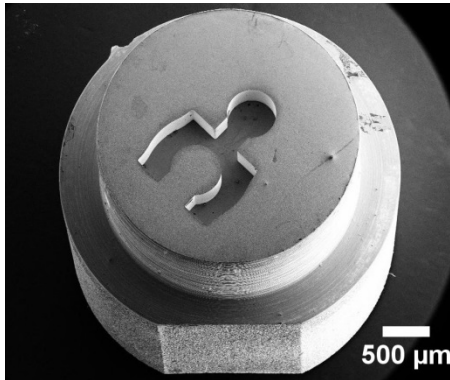
- Strukturen Shim-Formeinsatz



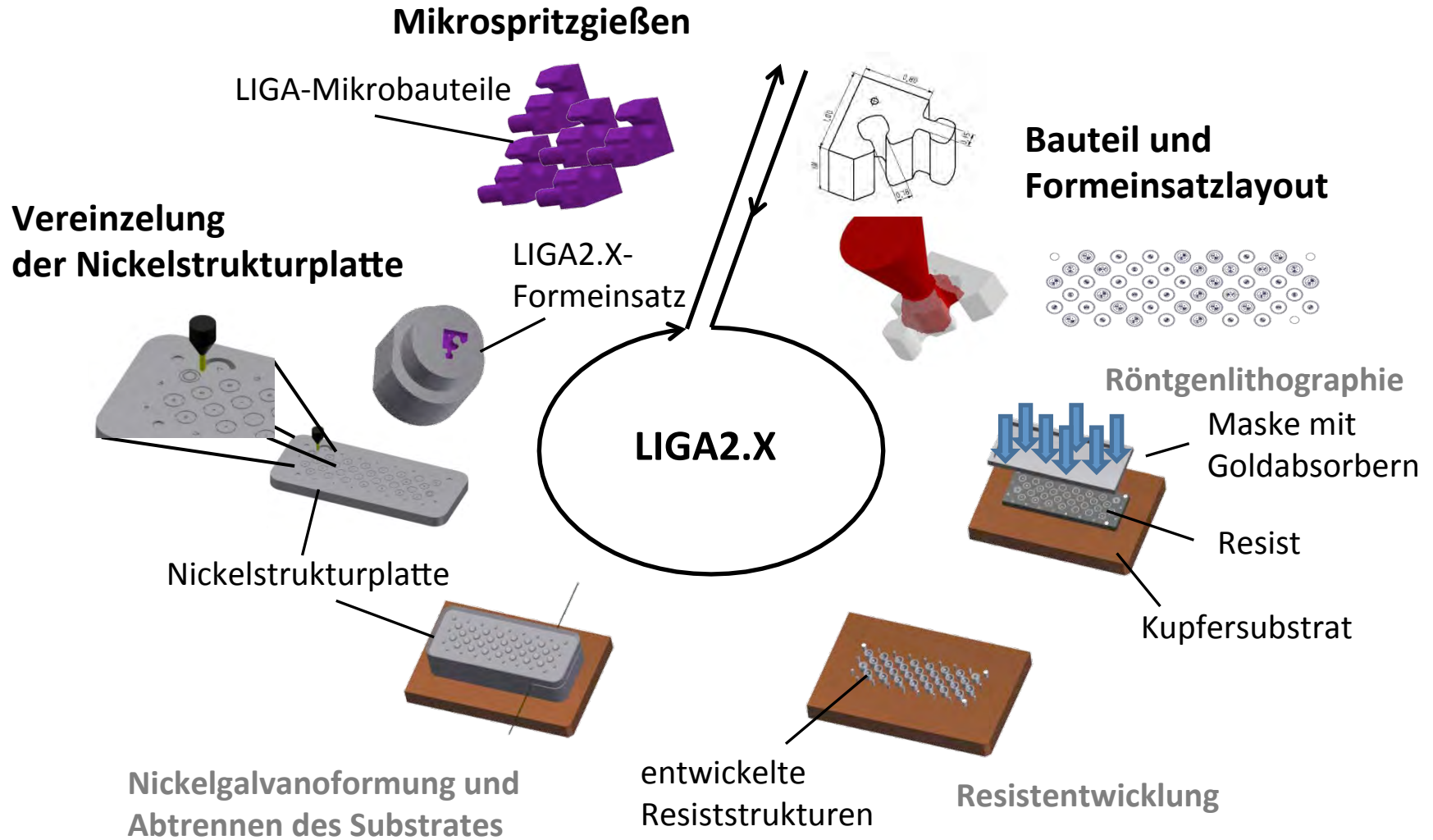
- Spritzgegossenes Bauteile (PMMA)



Spritzgießen von endkonturnahen Mikro-Bauteilen am KIT

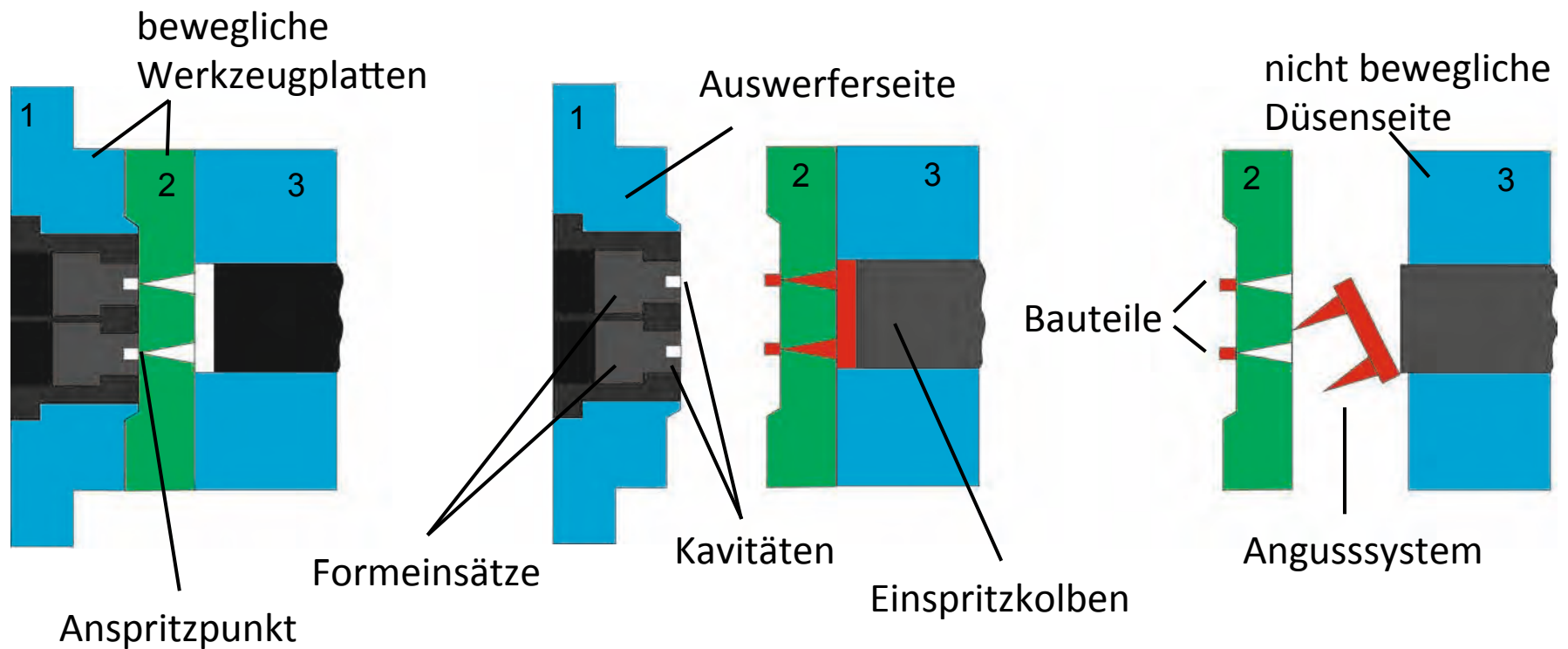


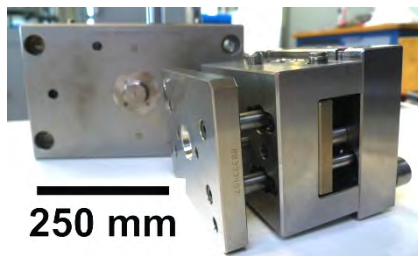
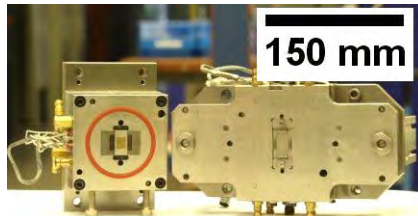
LIGA2.X



LIGA2.X

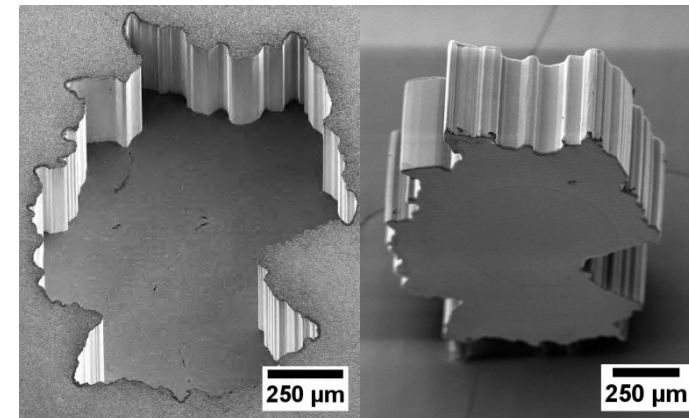
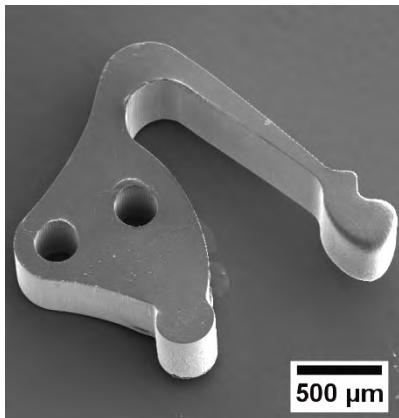
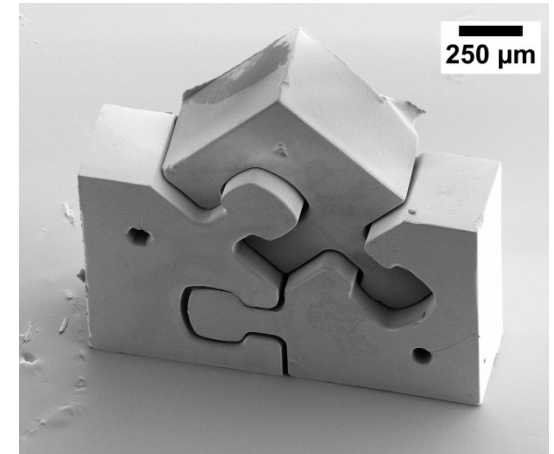
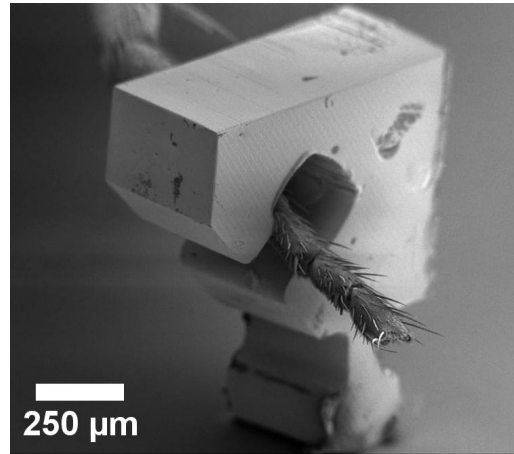
Werkzeugkonzept





- Keine Evakuierung und keine variotherme Prozessführung notwendig
- Multikavitätenwerkzeug
- Unterschiedliche Bauteile in einem Zyklus
- Mikrospritzgießsysteme
 - Microsystem 50
 - micro-män 50
 - Mikrospritzmodul
- Zykluszeiten ca. 30 s

LIGA2.X



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Weitere Informationen :

www.kit.edu

www.knmf.kit.edu

