

Willkommen
Welcome
Bienvenue



Empa

Materials Science and Technology

Mikro-additive Fertigung von Metallen

Jakob Schwiedrzik

Trends in Micro Nano, Thun, 25.5.2023

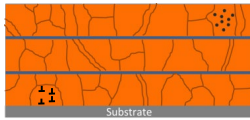
Aktivitäten Labor für Werkstoff- und Nanomechanik

Synthese von dünnen Schichten

Atomic Layer Deposition Physical Vapor Deposition

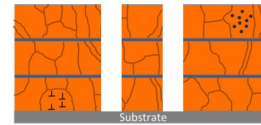

Ivo Utke

Elektrodeposition



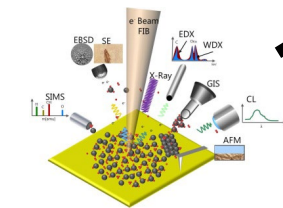
Substrate

Mikrofabrikation




Lazlo Petho


Jakob Schwiedrzik



Mikrostrukturanalyse



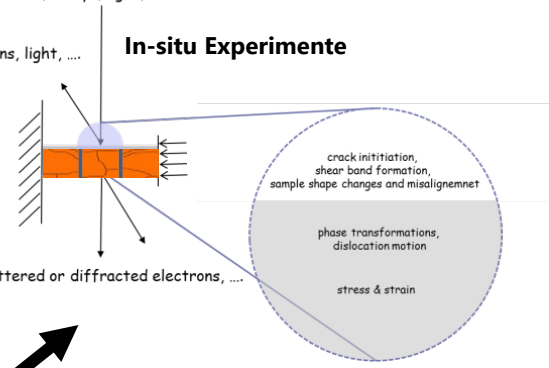
Johann Michler

electrons, x-rays, light, neutrons....

backscattered electrons, light,


Xavier Maeder

In-situ Experimente



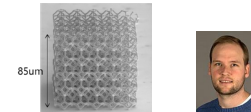
crack initiation,
shear band formation,
sample shape changes and misalignement

phase transformations,
dislocation motion

stress & strain

scattered or diffracted electrons,

Mikromechanik unter extremen Bedingungen



Design, Synthese und Charakterisierung
von **Architected Materials**

Infrastruktur Labor für Werkstoff- und Nanomechanik



Laborleiter – J. Michler
3 Gruppenleiter
2 Techniker
21 nicht-perm. Wissenschaftler
7 Doktoranden
4 Administration

Start-ups (~100 FTE, >50 PhDs)
scientific instruments & deposition equipment



Nanomechanik

Nanoindenter, -in-situ SEM tester, HT mechanics, HT Tribom., Env. Tribom, industrial Tribom



Clean Room

Class 10000/ Iso 7, +/-0.5°
2 Photon lithography, Laser litho, UV lithography



Microskopie

Cs-cor. TEM, SEMs, FIBs with EBSD, EDS, EDX, Tof-Sims, XRF, m-Raman, AFM's



Dünnschichtsynthese

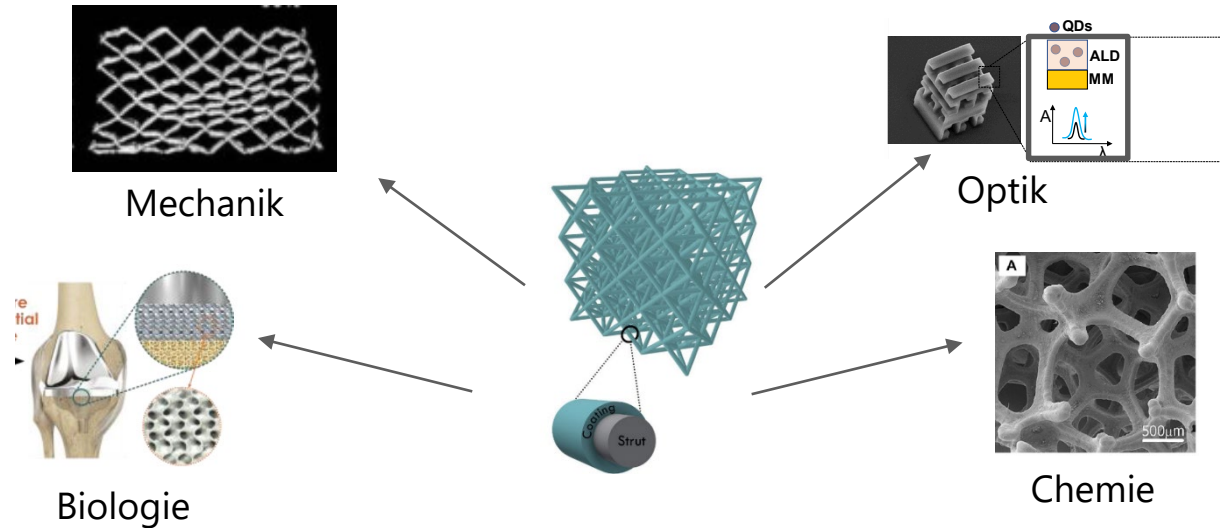
Electrodeposition, PVD, ALD



Chemie- und Mikrostrukturanalyse

GDOES, XRD, XRF, TOFSIMS, Raman, FTIR, DTA, Metallography, optical spectroscopy
RBS, LA-ICMPS (Empa central, start-ups etc.)

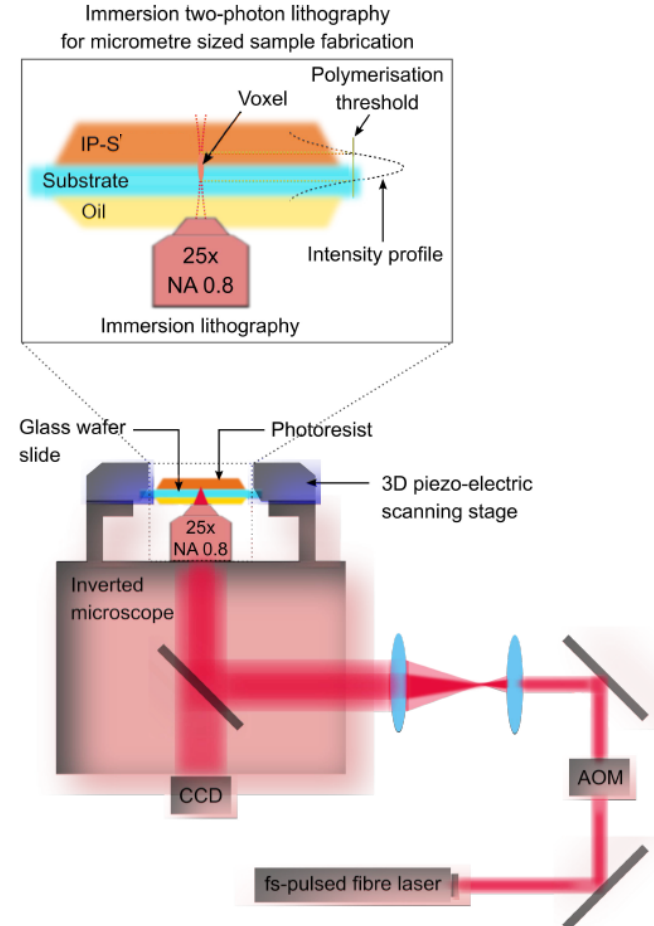
Funktionalität durch Architektur und Miniaturisierung



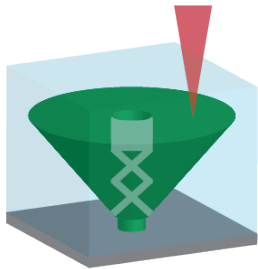
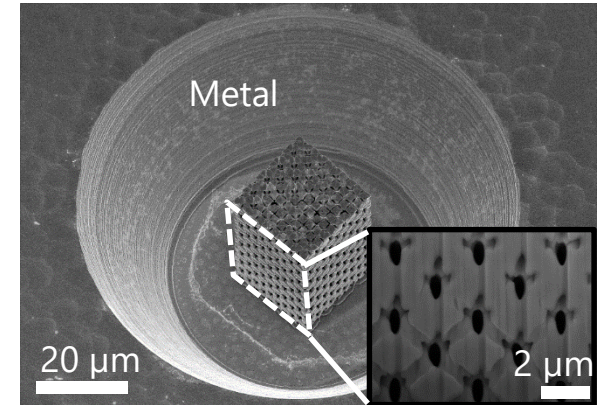
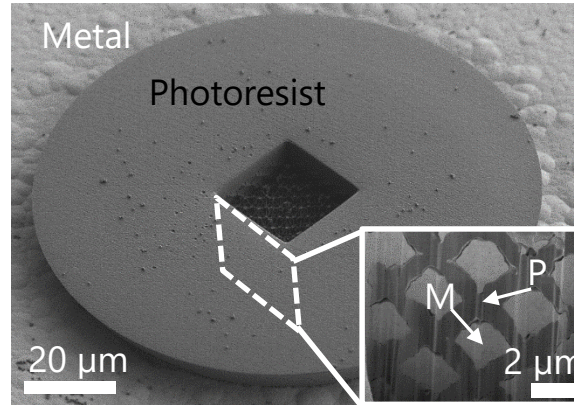
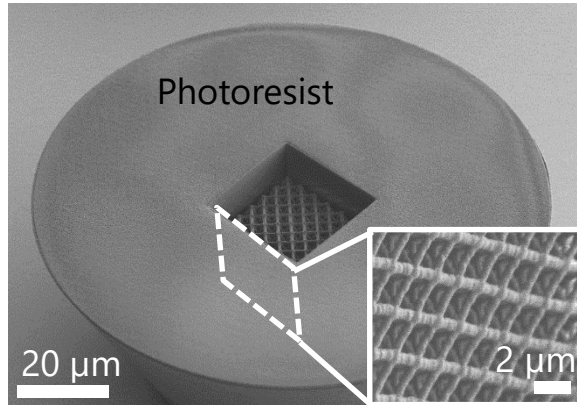
Metamaterialien für optimierte Eigenschaften und Funktionalität

2 Photonen Lithographie

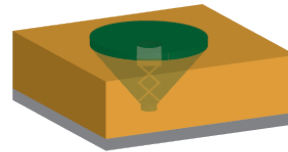
- Basiert auf 2 Photonen Absorption
- Photonendichte bestimmt Voxelgrösse
- Erlaubt 3D Druck unterhalb der Beugungsbegrenzung



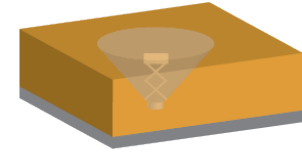
Mikroadditive Fertigung von Metallen



Two-Photon
Lithography



Electrodeposition



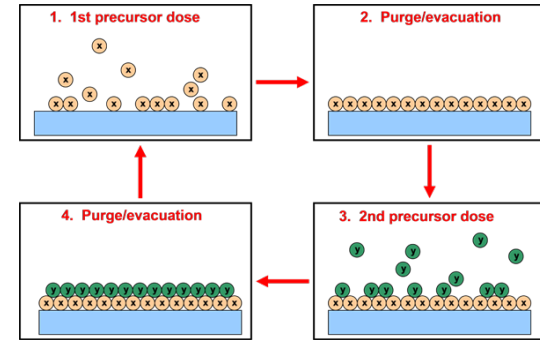
Plasma
Etching

Keramische Beschichtung



Atomic layer deposition:

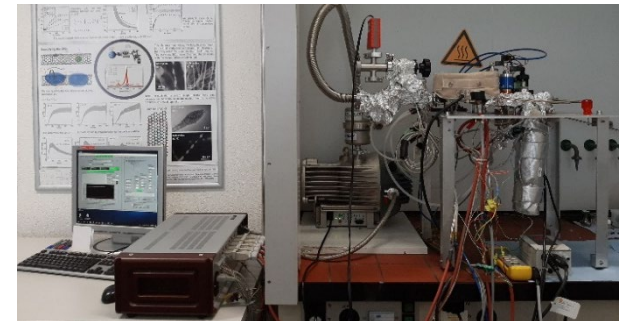
- Selbst-limitierender Prozess
- Sub-nm Kontrolle der Schichtdicke
- Konstante Schichtdicke
- Beschichtung von Poren mit hohem Länge zu Durchmesser Verhältnis



Schema des ALD Prozesses

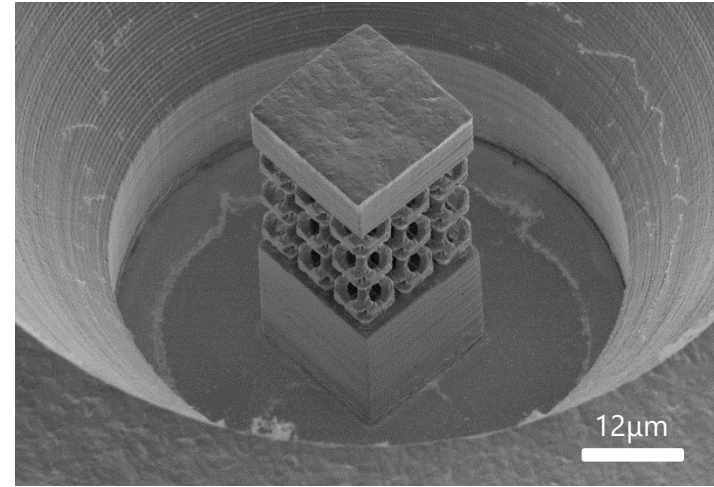
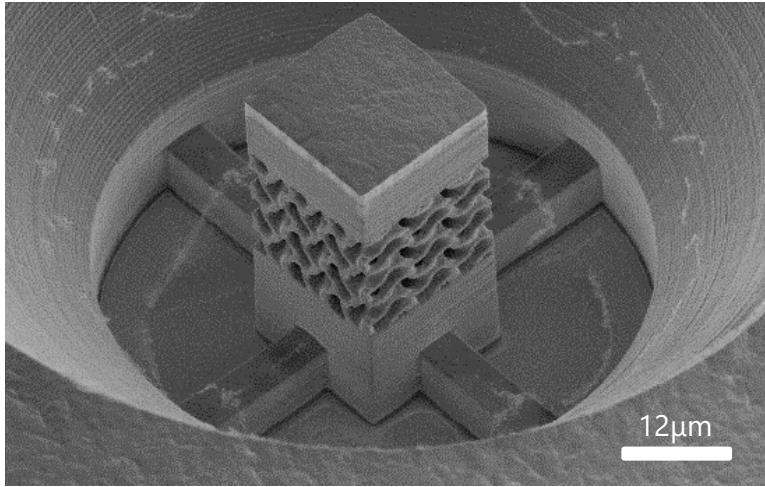
Al_2O_3 Beschichtung:

- Temperatur: 65°C, 1000 Zyklen
- Schichtdicke: 134 nm



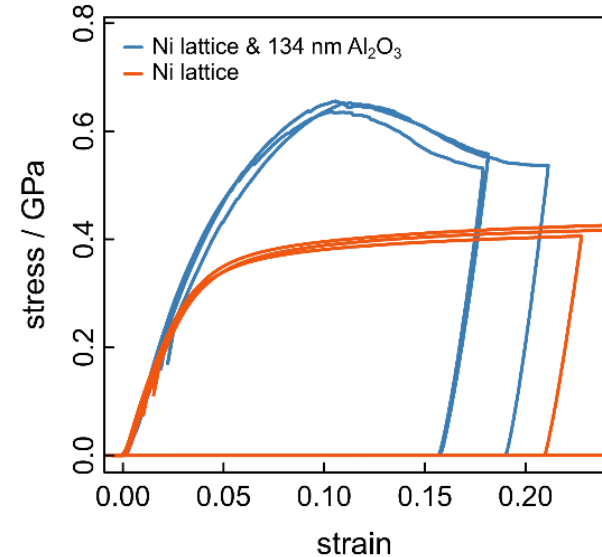
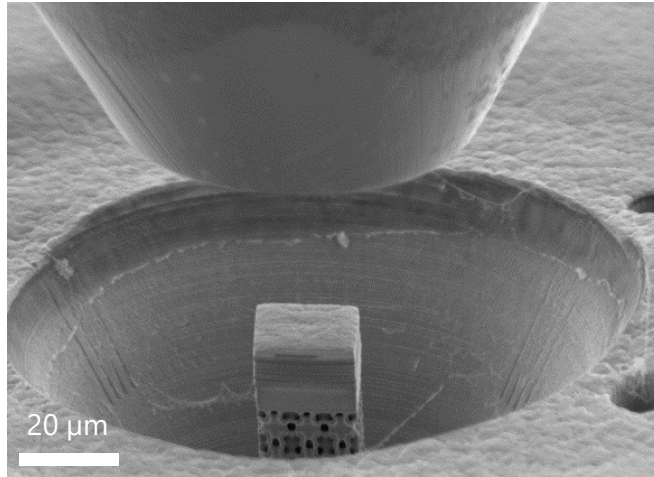
ALD Reaktor

Resultierende Strukturen



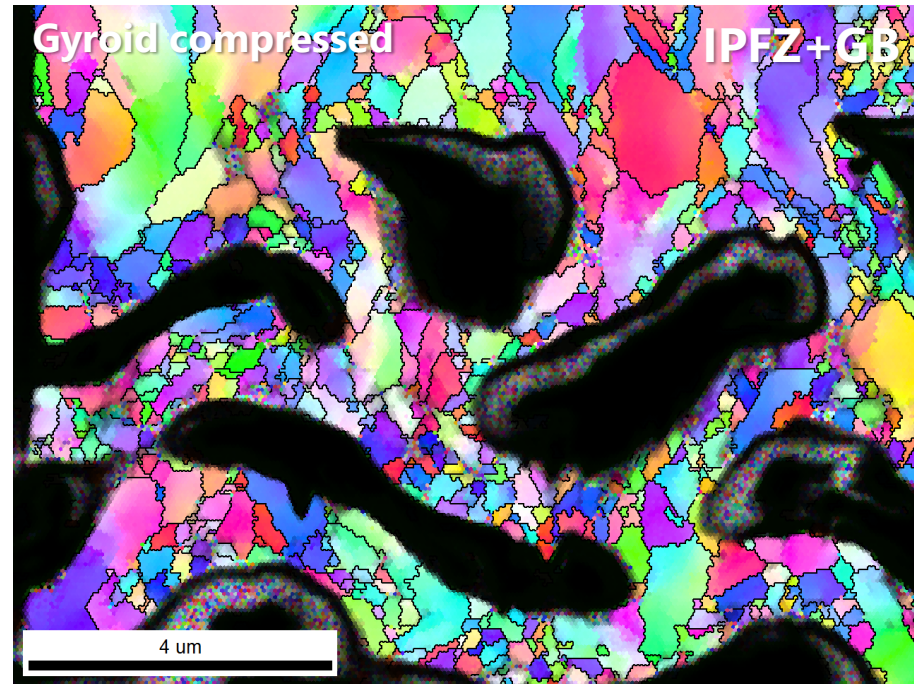
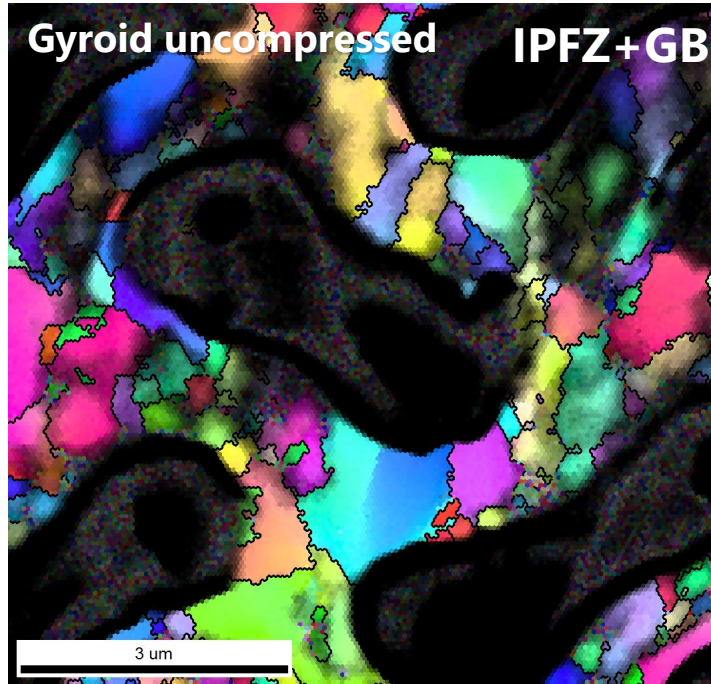
- Metallische Metamaterialien (Ni, Cu, Au) mit Komponentengrösse $< 1\mu\text{m}$ können zuverlässig mittels Template Assisted Electrodeposition (3D LIGA) hergestellt werden
- ALD erlaubt die Beschichtung mit dünnen keramischen Schichten

Mechanische Eigenschaften



- Kompressionsexperiment an Ni-Al₂O₃ Strukturen im REM
- Festigkeit wird durch Keramikbeschichtung deutlich erhöht
- Duktilität der metallischen Struktur bleibt trotz Beschichtung erhalten

Mikrostrukturanalyse

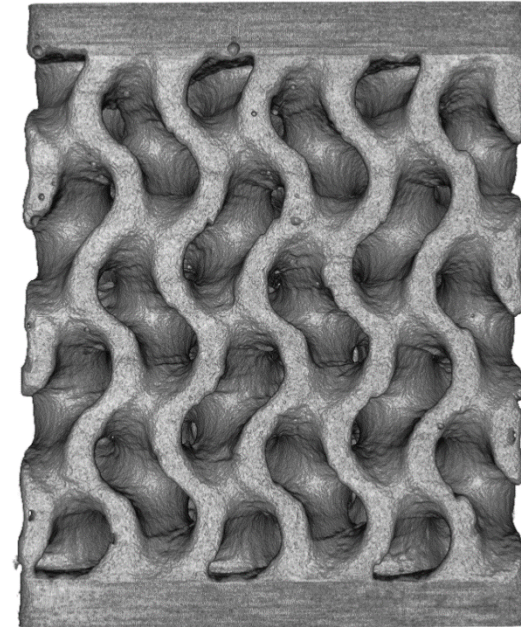


- Korngrößenverteilung zwischen 100nm und 1 μm in der undeformierten Struktur
- Deformation führt zu lokaler Kornverfeinerung

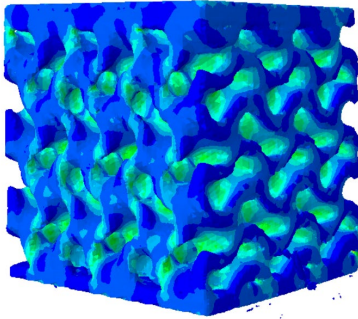
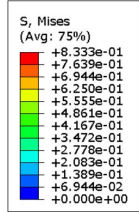
Nanotomographie

Ptychographic X-ray Computed Tomography (PXCT):

- Messungen an der SAXS Beamline des PSI
- Hochauflösende Tomographie mit 16 nm Auflösung
- Erlaubt Identifizierung von internen Defekten und Abweichungen von der idealen Geometrie

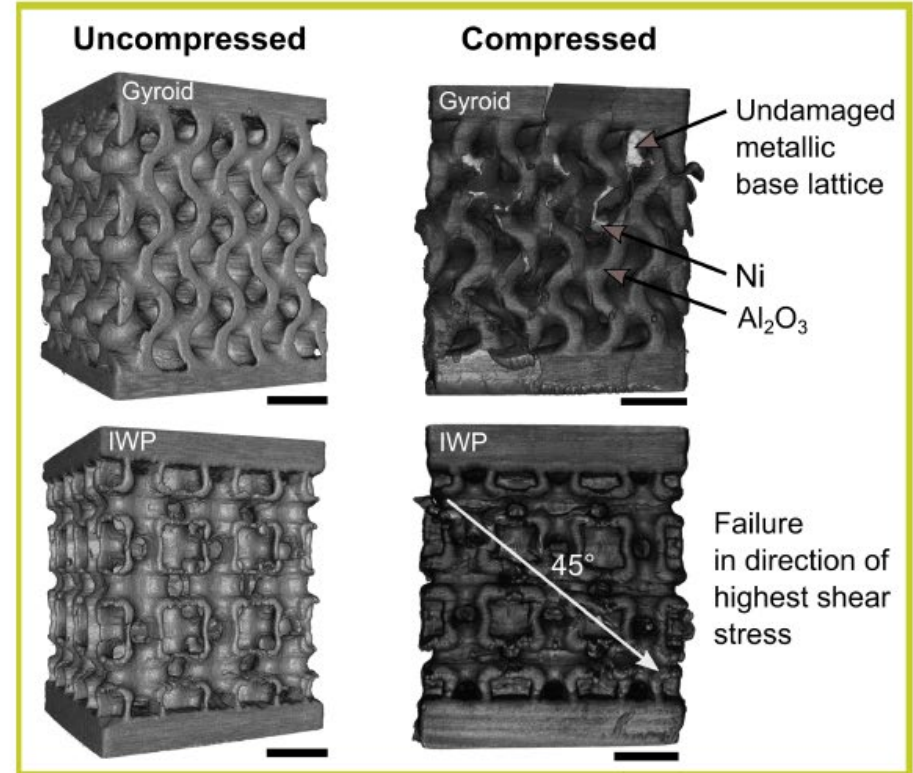


5 μm



- Entwicklung von Finite Elemente Modellen für quantitative Vorhersagen
- Erlaubt einen Simulations-basierten Designprozess

Surface based Ni-Al₂O₃ TPMS metamaterials - PXCT



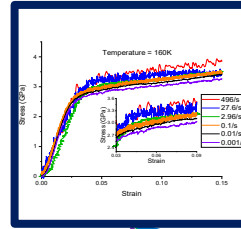
- Design und Miniaturisierung können eingesetzt werden, um die Eigenschaften von Metamaterialien zu optimieren und zusätzliche Funktionalität zu erreichen
- Effektives Design von Metamaterial basierend auf einem Simulations-geleiteten Ansatz benötigt ein Verständnis der Zusammenhänge zwischen Prozess, Struktur, und Eigenschaften
- Template-assisted electrodeposition (3D-LIGA) ist eine attraktive Methode zur Synthese von metallischen Mikrokomponenten
- Keramische Beschichtung mittels ALD erlaubt weitere Funktionalisierung sowie Verbesserung der mechanischen Eigenschaften

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

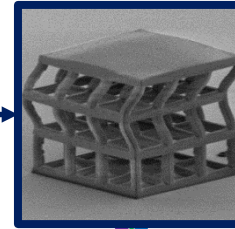
Die Forschungsgruppe "Architected Materials"

- Deformation und Versagen von hierarchischen Materialien
- Deformationsmechanismen auf kleinen Längenskalen
- Design, Synthese, und Charakterisierung von mikroskopischen Metamaterialien

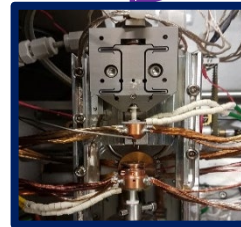
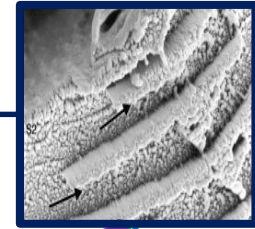
Extreme Mechanics



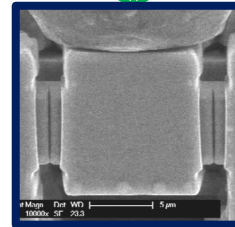
Metamaterialien



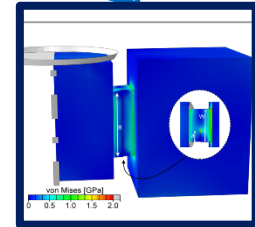
Komplexe Materialien



Instrumente



Methoden



Modellierung