



Forschungszentrum Mikrotechnik  
FACHHOCHSCHULE VORARLBERG

# Laserablation und ihre Anwendung in der Mikrotechnik

S. Zoppel<sup>1</sup>, S. Partel<sup>1</sup>, J. Nicolics<sup>2</sup>, G.A. Reider<sup>3</sup>, J. Zehetner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FH Vorarlberg, Forschungszentrum Mikrotechnik, Hochschulstraße 1, 6850 Dornbirn

<sup>2</sup>TU Wien, Institut für Sensor und Aktuatorssysteme, Gußhausstr. 27-29, 1040 Wien

<sup>3</sup>TU Wien, Institut für Photonik, Gußhausstr. 27-29, 1040 Wien



## Übersicht

Grundlagen des Abtragsprozesses

Laserquellen am FZMT

Laserablation in der Mikrotechnik

Bohren, Schneiden

Selektiver Abtrag von Schichten (Dünnschichtsolarzellen,  
Fotolackentfernung)

Oberflächenstrukturierung (Gräben in  $\text{YFeO}_3$ )



## Laserquellen\_\_Ablationsprozeß

→ Entscheidende Prozessparameter

Wellenlänge (UV...Vis...IR)

Pulsdauer (fs...ns...cw)

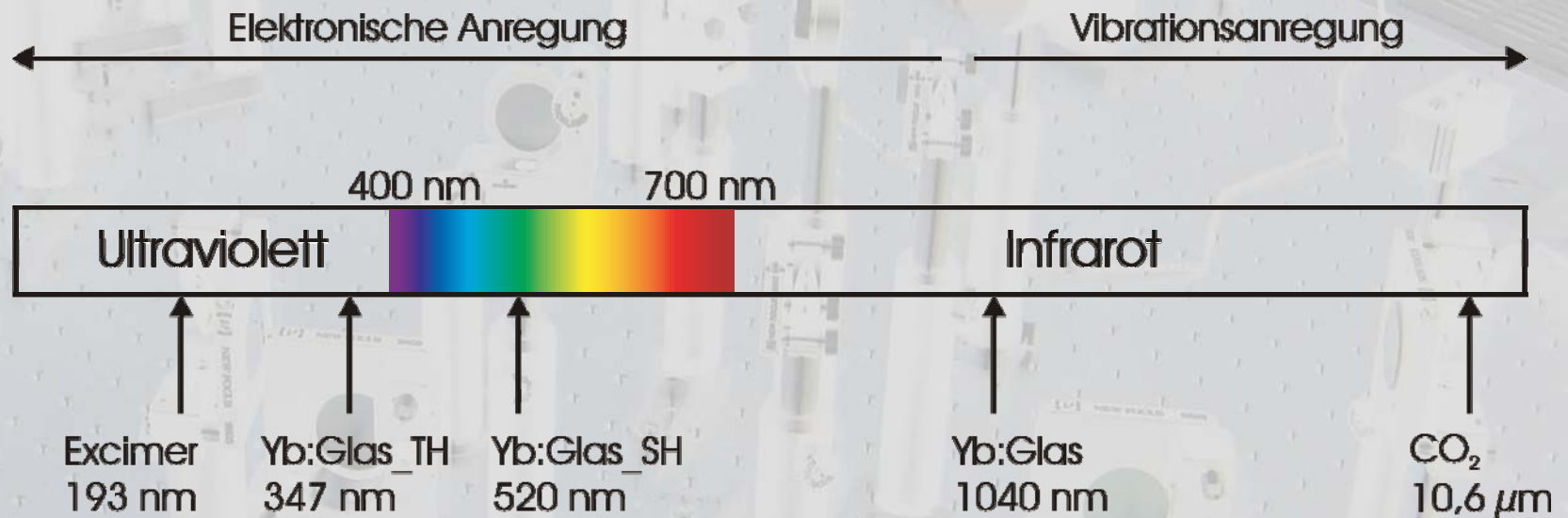
Polarisation, Strahlprofil, Repetitionsrate

Wahl des geeigneten Systems bestimmt den  
Materialabtragsprozess und den darunter liegenden  
physikalischen Vorgang



# Laserquellen\_\_Ablationsprozeß

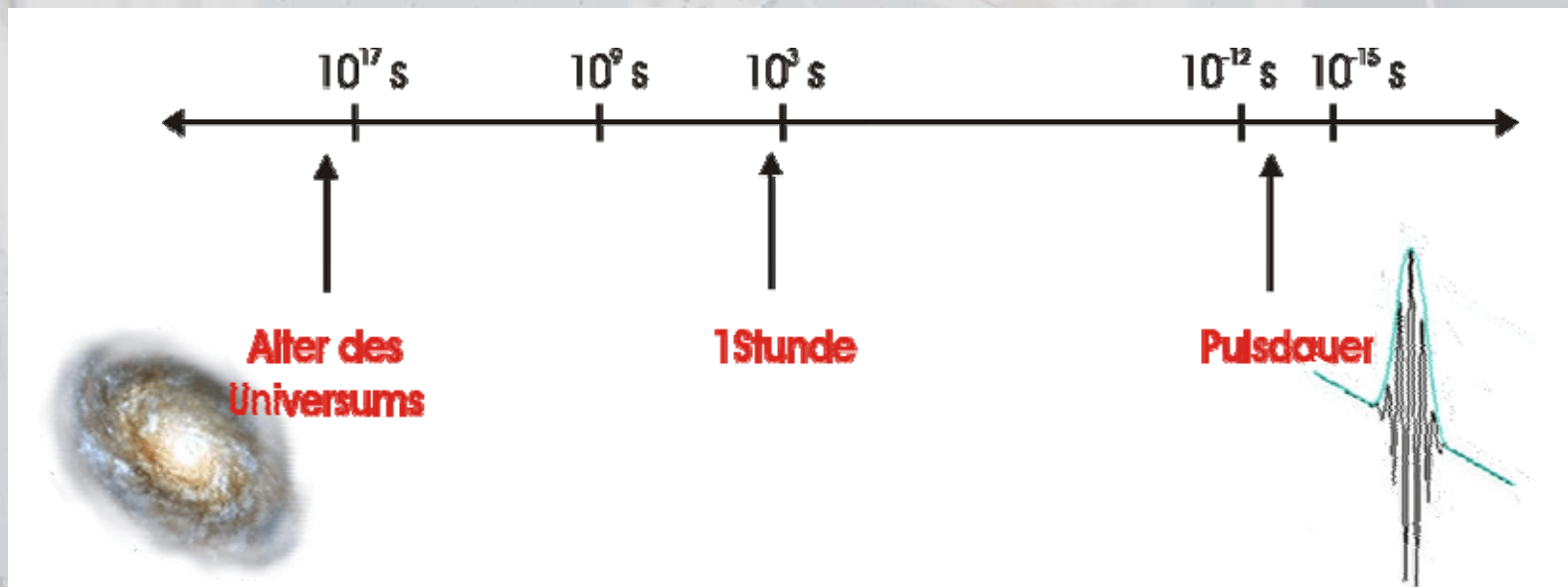
Wellenlänge





# Laserquellen\_\_Ablationsprozeß

Pulsdauer: fs, ps





## Laserquellen\_\_Ablationsprozeß

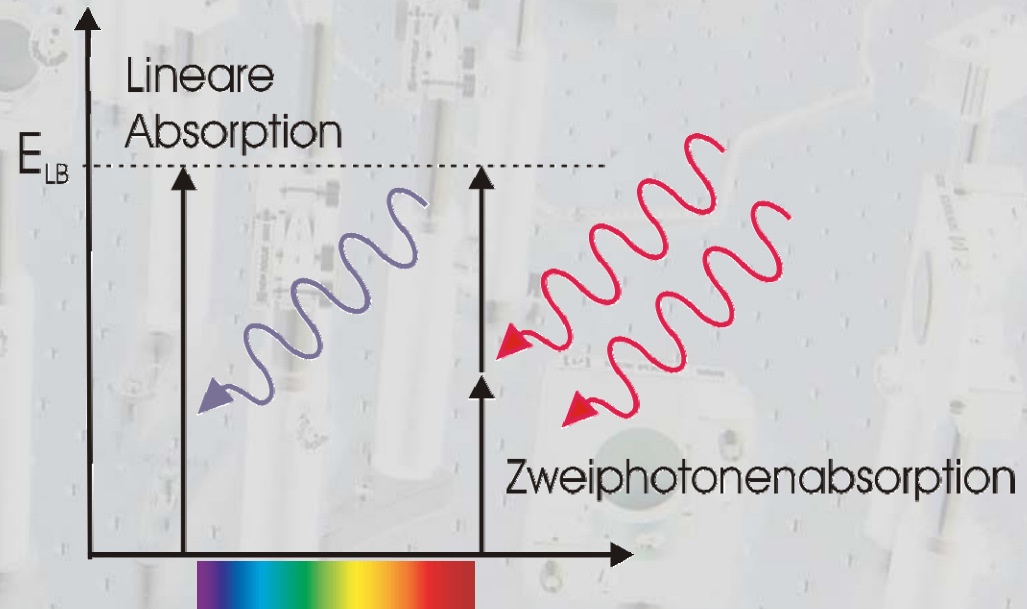
Pulsdauer: fs, ps

Nichtlineare Absorptionsprozesse durch hohe Intensitäten ( bis  $\text{TW}/\text{cm}^2$ )

Zwei- oder Multiphotonenabsorption

Nahezu jedes Material bearbeitbar

Athermischer Abtragsprozess





## Laserquellen\_\_Ablationsprozeß

### Lasersysteme am FZMT: UV, IR, fernes IR

Excimerlaser (193 nm, 25 ns)

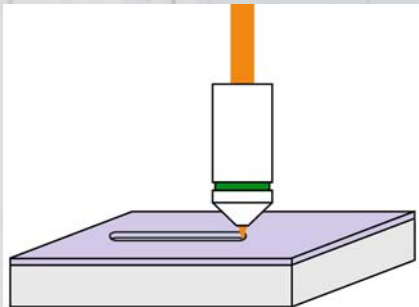
Festkörperlaser (1040 nm, 520 nm, 347 nm, 300 fs)

CO<sub>2</sub>- Laser (10.6 µm, cw):

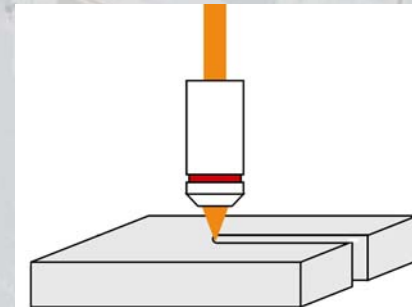


# Materialbearbeitung \_\_ Übersicht

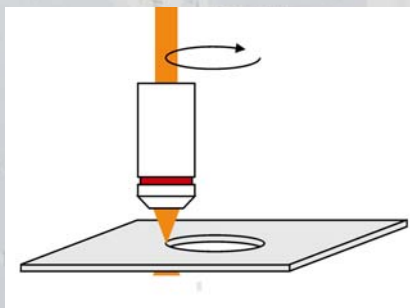
Selektives Abtragen



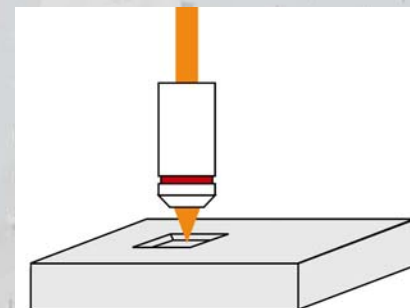
Schneiden



Bohren



Strukturieren





## Laserschneiden - Bohren



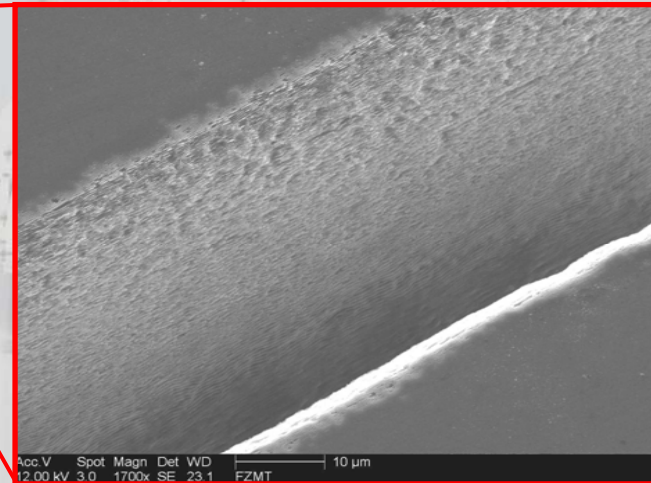
Schnitte in 3C-SiC, 30  $\mu\text{m}$  breite

Wellenlänge:  $\lambda = 1040 \text{ nm}$

Pulsdauer:  $\tau = 300 \text{ fs}$

Repetitionrate:  $f = 1 \text{ kHz}$

Laser Fluenz:  $F = 36 \text{ J/cm}^2$





## Laserschneiden - Bohren

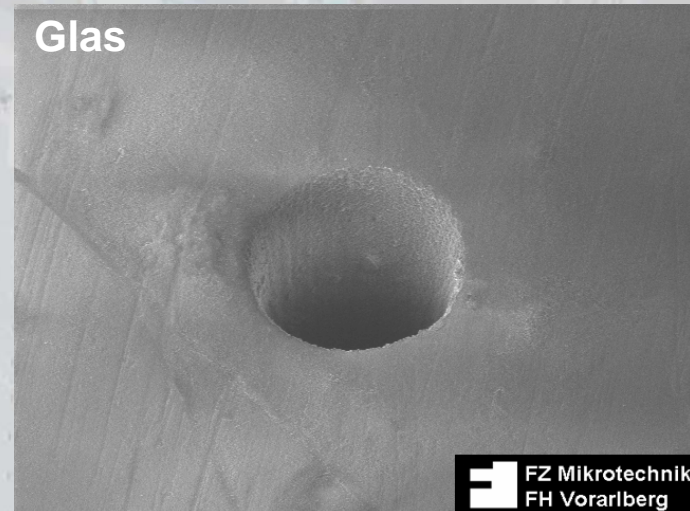
Wellenlänge:  $\lambda = 1064 \text{ nm}$

Pulsdauer:  $\tau = 10 \text{ ps}$

Repetitionsrate:  $f = 1 \text{ kHz}$

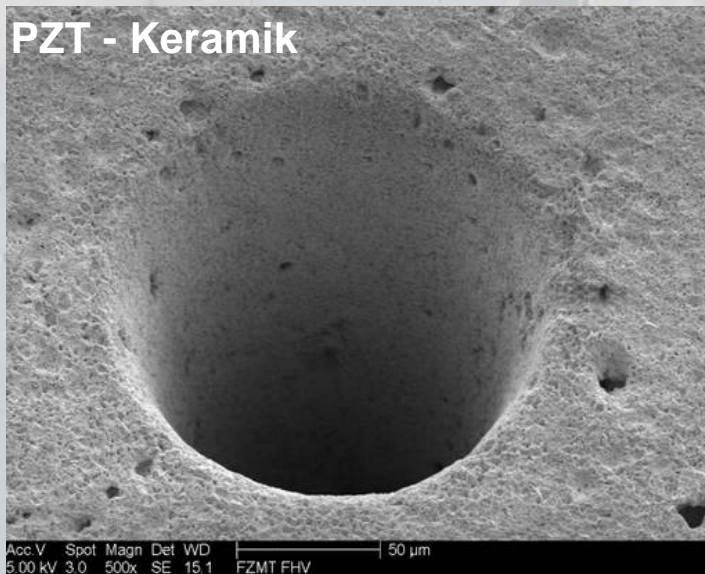
Fluenz:  $F = 33 \text{ J/cm}^2$

Glas



FZ Mikrotechnik  
FH Vorarlberg

PZT - Keramik



Acc.V Spot Magn Det WD | 50  $\mu\text{m}$   
5.00 kV 3.0 500x SE 15.1 FZMT FHV

Wellenlänge:  $\lambda = 1064 \text{ nm}$

Pulsdauer:  $\tau = 10 \text{ ps}$

Repetitionsrate:  $f = 1 \text{ kHz}$

Fluenz:  $F = 45 \text{ J/cm}^2$

Bearbeitungszeit:  $< 10 \text{ s}$  ( $t = 400 \mu\text{m}$ )



## Dünnschichtabtrag – selektive Ablation

Dünnschichtsolarzellen, Galvanische Trennung von Teilbereichen

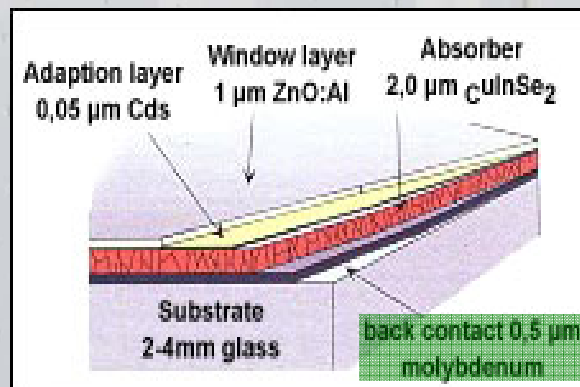
Schichtsysteme:

Molybdän Mo ( $0.5 \mu\text{m}$ )

Zinkoxid ZnO ( $\sim 1 \mu\text{m}$ )

Zinnoxid  $\text{SnO}_2$  ( $\sim 1 \mu\text{m}$ )

auf Glas



TCO: Transparent conductive oxide ( $\text{SnO}_2$ , ZnO)



# Dünnschichtabtrag – selektive Ablation

## Bestimmung der Abtragsschwellen von Substrat u. Beschichtung

### Ablationsschwelle:

Glassubstrat:  $F = 2/2,6 \text{ J/cm}^2$

$\text{SnO}_2$ :  $F = 0,73 \text{ J/cm}^2$

ZnO:  $F = 0,44 \text{ J/cm}^2$

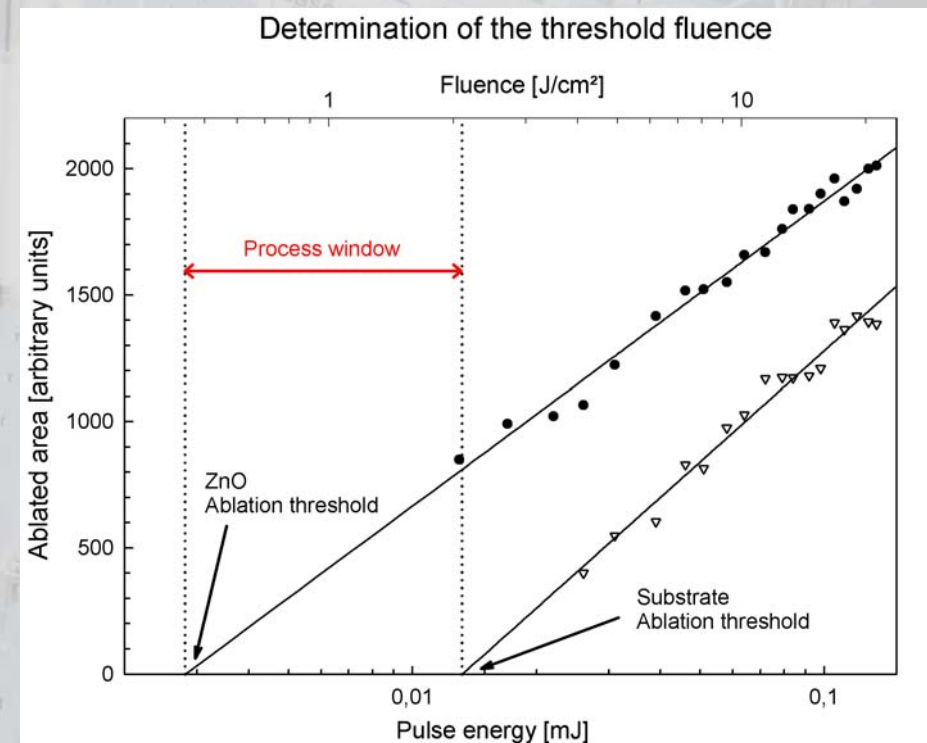
Mo:  $F = 0,7 \text{ J/cm}^2$

### Laserparameter:

Wellenlänge:  $\lambda = 1040 \text{ nm}$

Pulsdauer:  $\tau = 330 \text{ fs}$

100 Pulse

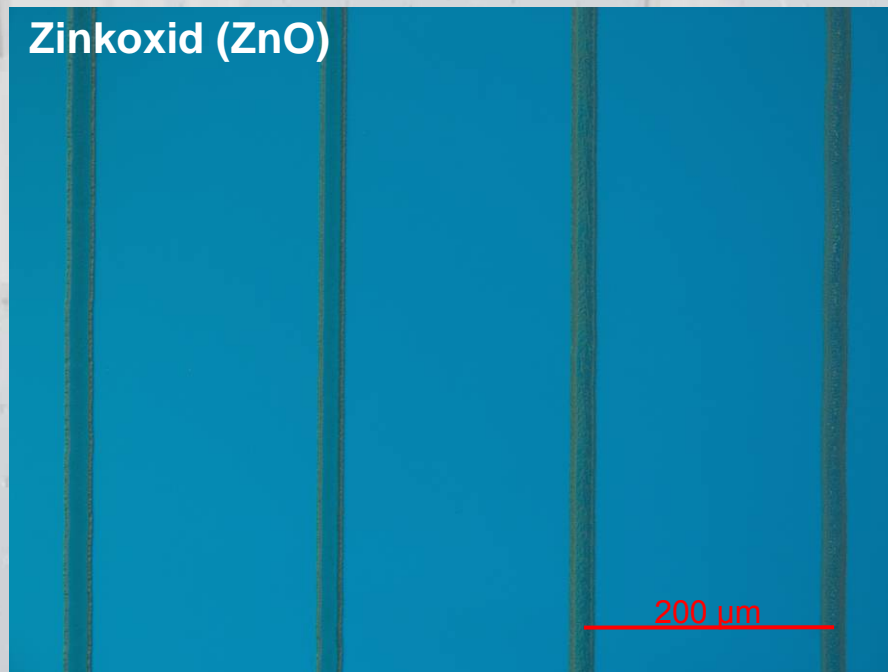


Method according to: Liu et al, Optics Letters, Vol.7, No.5, 1982, p.196



## Dünnschichtabtrag – selektive Ablation

Dünnschichtsolarzellen, Galvanische Trennung von Teilbereichen



1 mm/s

5 mm/s

10 mm/s

20mm/s

Wellenlänge:  $\lambda = 1040 \text{ nm}$

Pulsdauer:  $\tau = 330 \text{ fs}$

Repetitionsrate:  $f = 10 \text{ kHz}$

Laserfluenz:  $F = 0,5 \text{ J/cm}^2$

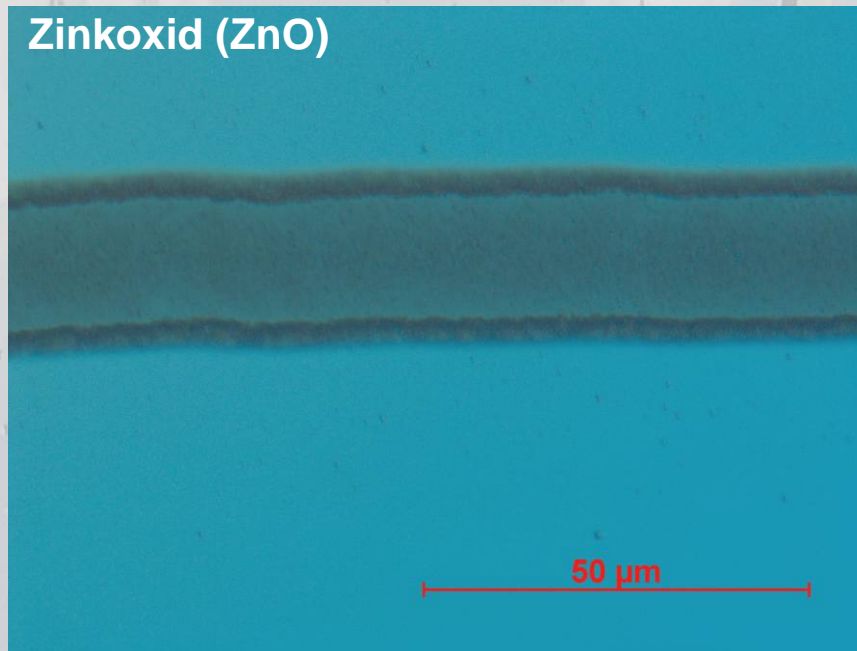
Strahldurchmesser:  $47 \mu\text{m}$



## Dünnschichtabtrag – selektive Ablation

Dünnschichtsolarzellen, Galvanische Trennung von Teilbereichen

Zinkoxid (ZnO)



Wellenlänge:  $\lambda = 1040 \text{ nm}$

Pulsdauer:  $\tau = 330 \text{ fs}$

Repetitionsrate:  $f = 10 \text{ kHz}$

Laserfluenz:  $F = 0,5 \text{ J/cm}^2$

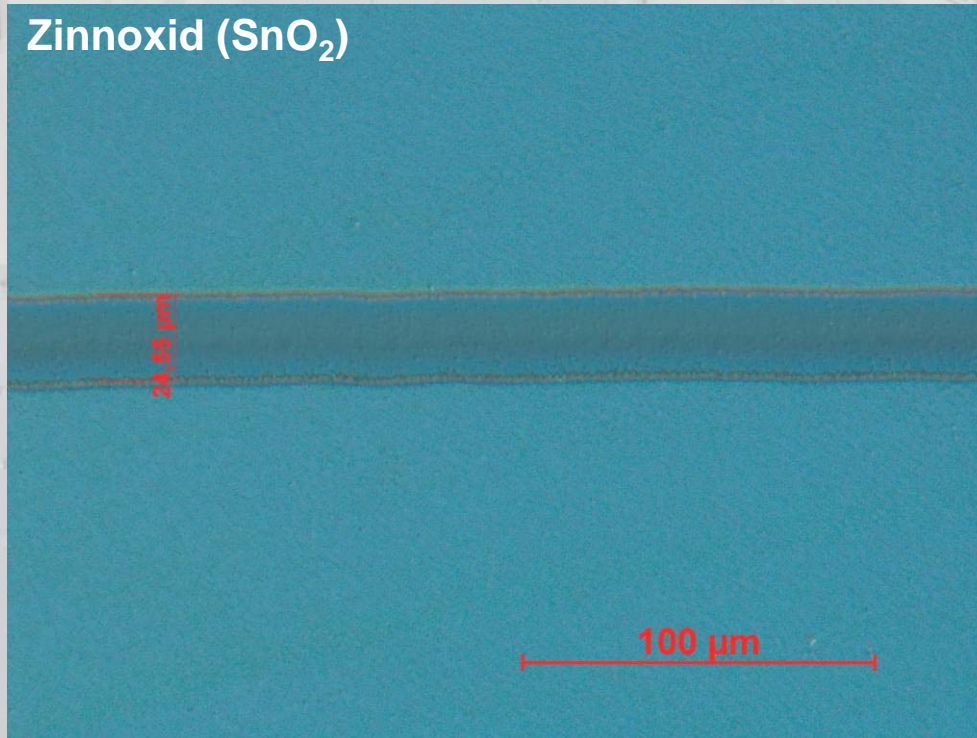
$v = 1 \text{ mm/s}$



## Dünnschichtabtrag – selektive Ablation

Dünnschichtsolarzellen, Galvanische Trennung von Teilbereichen

Zinnoxid ( $\text{SnO}_2$ )



Wellenlänge:  $\lambda = 1040 \text{ nm}$

Pulsedauer:  $\tau = 330 \text{ fs}$

Repetitionsrate:  $f = 10 \text{ kHz}$

Laserfluenz:  $F = 0,8 \text{ J/cm}^2$

$v = 1 \text{ mm/s}$

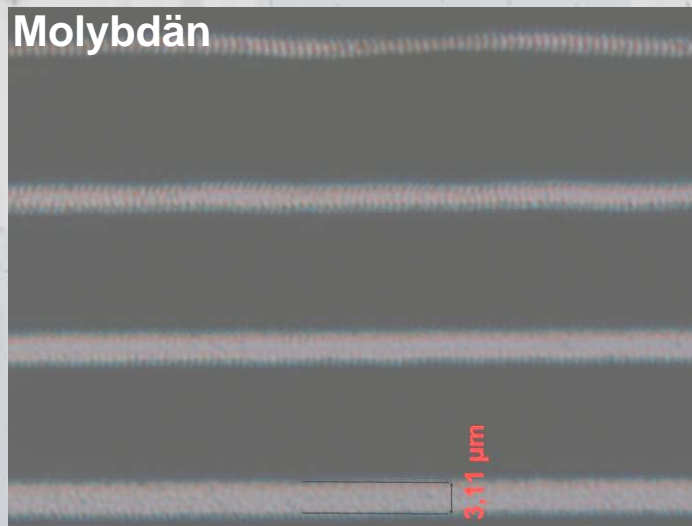
( $\rightarrow 100 \text{ mm/s @ 1 MHz}$ )



## Dünnschichtabtrag – selektive Ablation

Dünnschichtsolarzellen, Galvanische Trennung von Teilbereichen

Strahldurchmesser: 8.6  $\mu\text{m}$



$v = 4 \text{ mm/s @ } 10\text{kHz}$

$v = 2 \text{ mm/s @ } 10\text{kHz}$

$v = 1 \text{ mm/s @ } 10\text{kHz}$

$v = 0,5\text{mm/s @ } 10\text{kHz}$

Mo auf Glas: Pulsenergie: 0.8  $\mu\text{J}$

→ Extrapolation zu einer Repetitionsrate von 1 MHz:  
Prozessgeschwindigkeit von 100-200 mm/s



## Dünnschichtabtrag – selektive Ablation

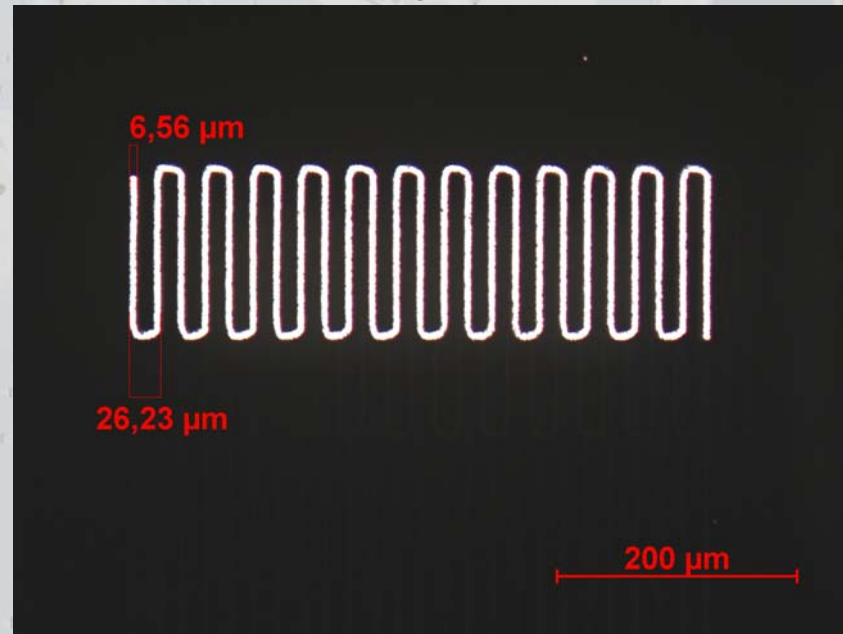
Direkte Strukturierung von Masken

Material: 100 nm Ti auf Glas

Wellenlänge:  $\lambda = 1040$  nm

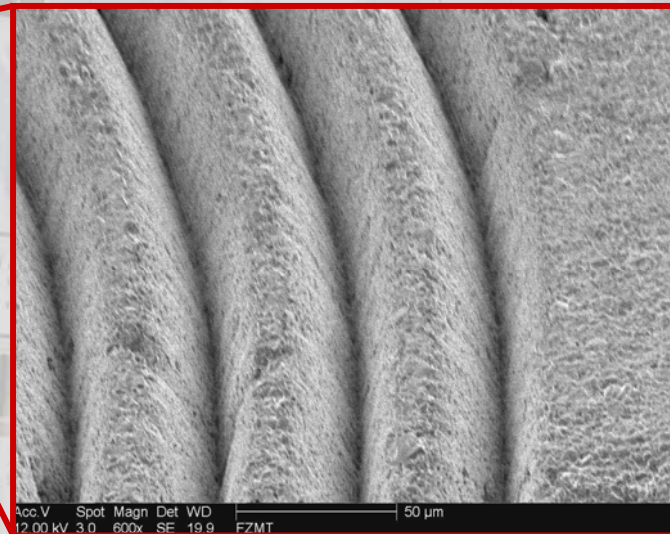
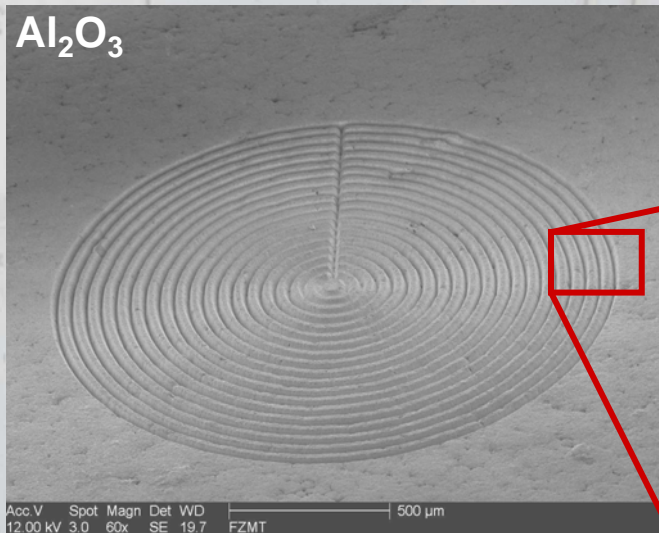
Pulsdauer:  $\tau = 300$  fs

Repetitionrate:  $f = 1$  kHz





# Oberflächenstrukturierung



Wellenlänge:  $\lambda = 1040 \text{ nm}$

Pulsdauer:  $\tau = 330 \text{ fs}$

Repetitionsrate:  $f = 3 \text{ kHz}$

Laserfluenz:  $F = 9 \text{ J/cm}^2$



## Oberflächenstrukturierung

Gräben in Yttriumorthoferrite  $\text{YFeO}_3$



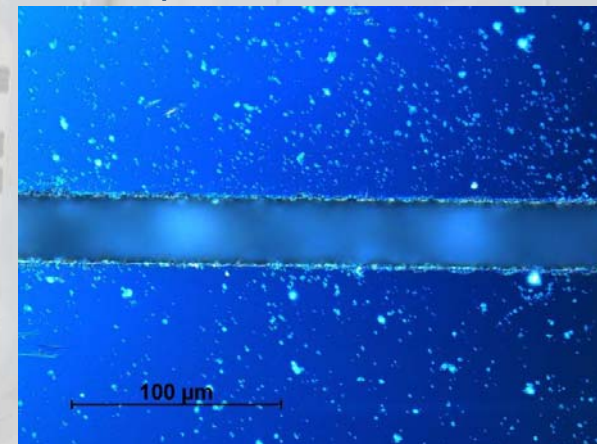
$$\lambda = 1064\text{nm}$$

$$\tau = 15\text{ ps}$$

$$f = 10\text{ kHz}$$

$$v = 2\text{mm/s}$$

$$P = 40\ \mu\text{J} \rightarrow F = 10\ \text{J}/\text{cm}^2$$

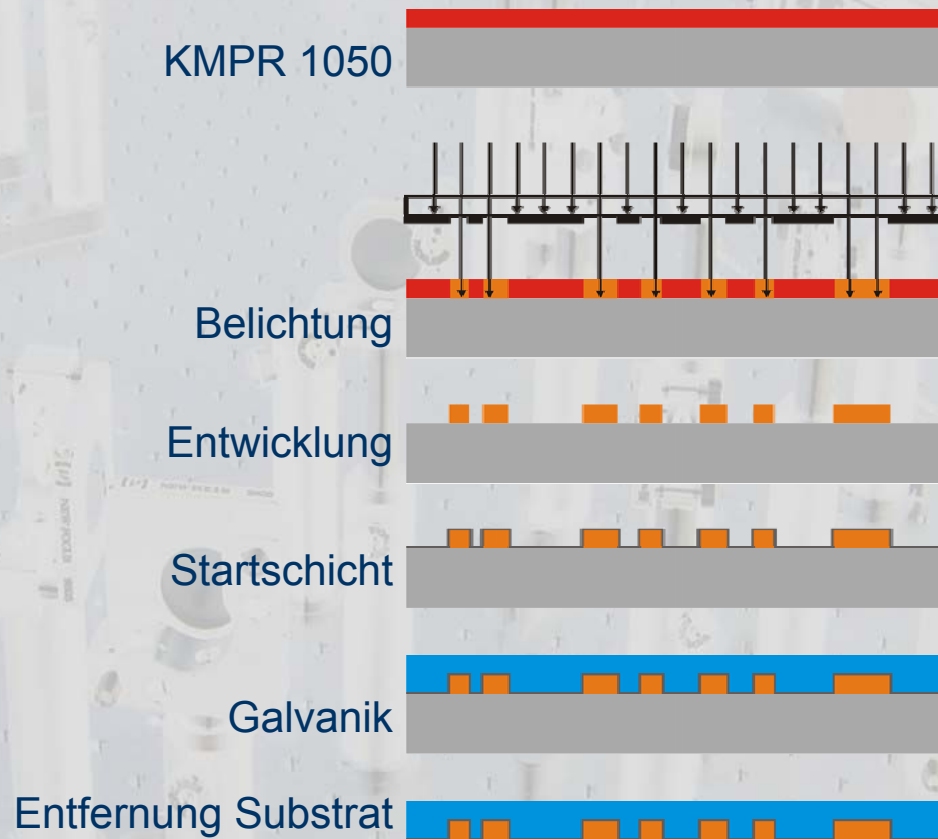


- Keine Wärmeeinflusszone
- Keine Risse oder Ausbrüche



# Lackentfernung\_Prozeßschritte Galvanikform

## Prozeßschritte Galvanikform





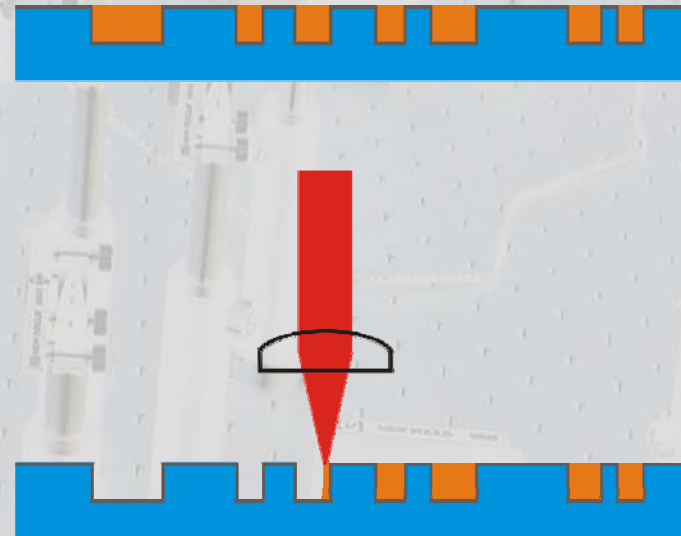
## Lackentfernung

Lasersystem: CO<sub>2</sub>,  $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$

→ selektiver Abtrag des Lackes; Ti-Schicht wird nicht abgetragen

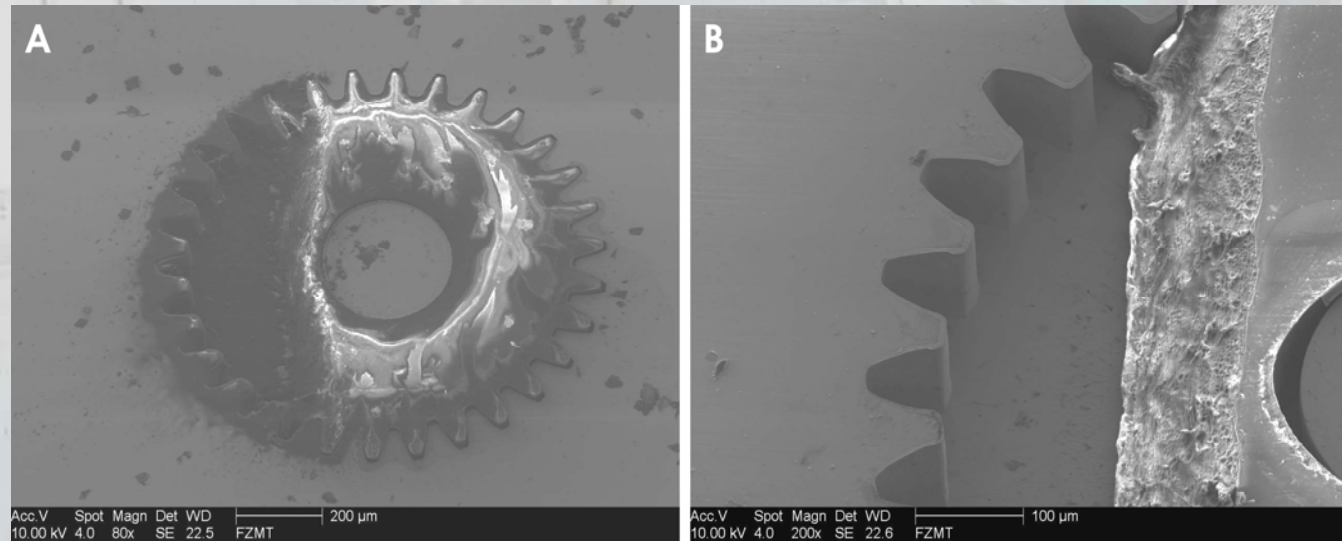
→ optische Eindringtiefe in Titan bei 10.6  $\mu\text{m}$  Wellenlänge: 36 nm (Schichtdicke: ca. 100 nm)

→ Keine Beeinflussung von Galvanikstruktur





## Lackentfernung



A: nach CO<sub>2</sub> Laserablation; B: nach Aceton-Reinigungsschritt

Lacksystem: KMPR 1050

Wellenlänge:  $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$

Pulsdauer: cw

Leistung:  $P = 28 \text{ W}$

Scangeschwindigkeit: 30 mm/s



## Zusammenfassung

Grundlagen des Abtragsprozesses

Laserquellen am FZMT

Laserablation in der Mikrotechnik

Bohren, Schneiden

Selektiver Abtrag von Schichten (Dünnschichtsolarzellen,  
Fotolackentfernung)

Strukturierung (Gräben in  $\text{YFeO}_3$ )



# Acknowledgement

Y. S. Didosyan

TU Wien, Institut für Sensor- und Aktuatorssysteme





## Applications\_\_surface structuring

„Domain Pinning“ by laser ablation of  $\text{YFeO}_3$  magneto-optical switches

Orthoferrites properties:

- ▶ Ferrimagnetic (spin:  $\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$ )
- ▶ Transparent in the IR
- ▶ Formation of domain walls of millimeter size (bistable magnetic state)
- ▶ Large angles of Faraday rotation (crystal thickness: 1,2 mm  $\rightarrow \varphi = 45^\circ$ )
- ▶ Highest velocities of domain wall motions among all ferromagnets 20 km/s



## Applications \_\_\_ surface structuring

„Domain Pinning“ by laser ablation of  $\text{YFeO}_3$  magneto-optical switches

→Pinning of the domain walls by surface perturbations

