



Institut für Produkt- und Produktionsengineering

**Laserbearbeitung nichtmetallischer
Werkstoffe**

Inhalt

- **Institutsvorstellung**
- **Direkt laserstrukturierte Fluidikchips aus PMMA**
- **Ionenfalle aus Keramik (ETH Zürich)**
- **3D Data-Matrix Codes in Spritzen aus Glas**
- **Schneiden von Siliziumwafern für Röntgendetektoren**

Institut für Produkt- und Produktionsengineering

5 Teams mit den folgenden Kompetenzen:

Werkstoffwissenschaften

Laser Mikromaterialbearbeitung

Konstruktion und FEM Simulationen

Additive Fertigung (SLM / 3D Druck)

Produktentwicklung

Entwicklung und Optimierung von Produktionsprozessen und anspruchsvollen technischen Produkten

Team für Laser Mikromaterialbearbeitung

Main competences:

3D micro material ablation

In volume structuring in dielectrics

Laser drilling

Characterization of optical devices – Laser diodes

Design of laser components – Oscillators and amplifiers

Direkt laserstrukturierte Fluidikchips aus PMMA

Einleitung

Lab-on-a-Chip Anwendungen → Blutanalyse (Diabetes)

Einweganwendung → Serienproduktion (Mikrospritzguss)

Produktion von Testdesigns → keine Mikrospritzgussform

+ Hohe Flexibilität

+ Schnelle Produktion

+ Schnelle Produktentwicklung



Abb.1: Demo-Chipdesign der FHNW auf PMMA

Direkt laserstrukturierte Fluidikchips aus PMMA

Verwendetes Lasersystem

Wellenlänge λ	[nm]	355
Pulsdauer t_{Pulse}	[ps]	10
Pulsrepetitionsfrequenz f_{Pulse}	[kHz]	470
Pulsenergie E_{Pulse}	[μJ]	1.06
Peak Fluenz Φ_0	[J/cm^2]	1.87
Brennweite b	[mm]	103
Fokusdurchmesser d_0	[μm]	12
Vorschubgeschwindigkeit v_{Axis}	[mm/s]	900
Fokus Shift pro Schicht Δ_z	[μm]	4

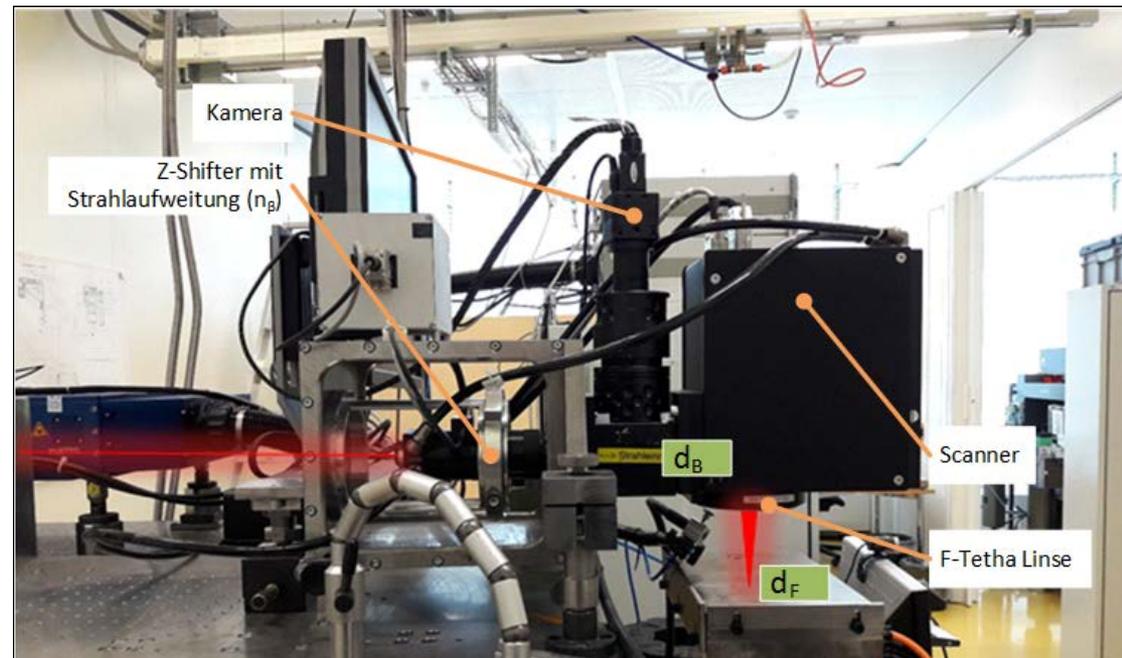


Abb.2: Lasersystem zur Herstellung von PMMA Fluidchips am IPPE

Direkt laserstrukturierte Fluidikchips aus PMMA

Ergebnisse – Pillar Arrays

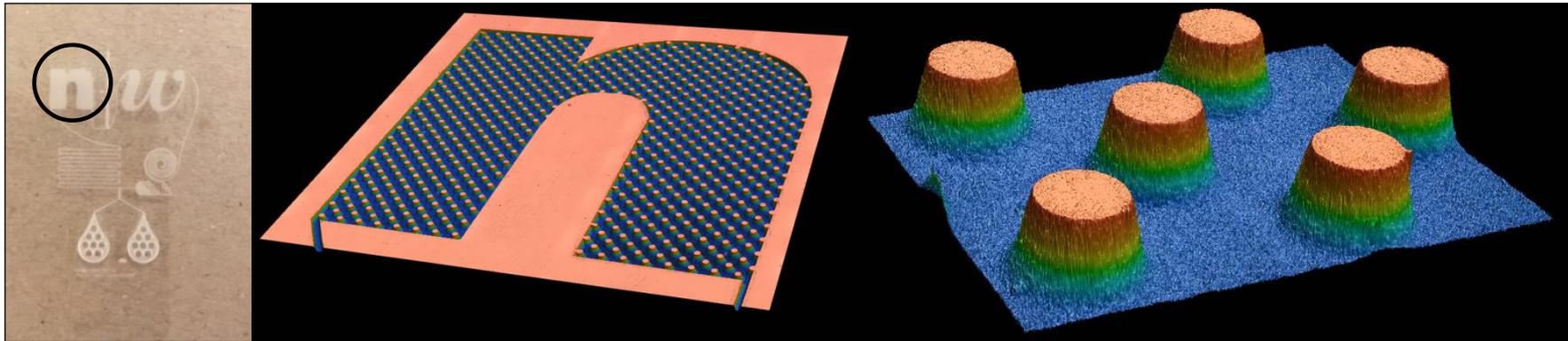


Abb.3: LSM Analyse des Demo-Chipdesigns I

Diameter: $83.1 \pm 2 \mu\text{m}$

Height: $78 \pm 0.2 \mu\text{m}$

Surface roughness: $S_a = 0.9 \mu\text{m}$, $S_z = 29.9 \mu\text{m}$

(PMMA $S_a = 0.2 \mu\text{m}$, $S_z = 4.32 \mu\text{m}$)

Direkt laserstrukturierte Fluidikchips aus PMMA

Ergebnisse – Spirale

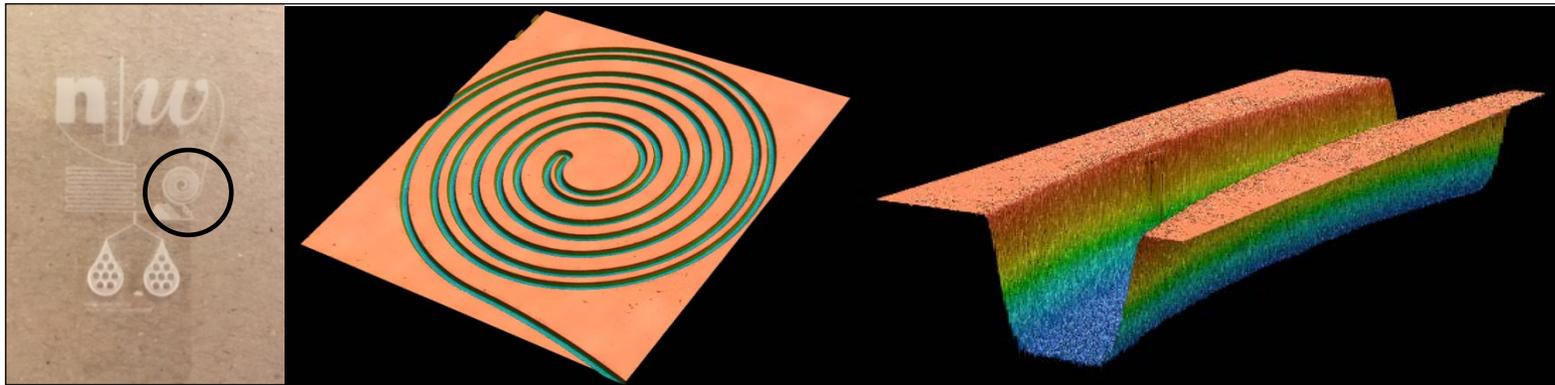


Abb.4: LSM Analyse das Demo-Chipdesigns II

Width: 104.6 +/- 1.3 μm

Depth: 82.5 +/- 0.2 μm

Surface roughness in channel: $S_a = 0.9 \mu\text{m}$ $S_z = 59.5 \mu\text{m}$

(PMMA $S_a = 0.2 \mu\text{m}$, $S_z = 4.32 \mu\text{m}$)

Direkt laserstrukturierte Fluidikchips aus PMMA

Ergebnisse – Linien

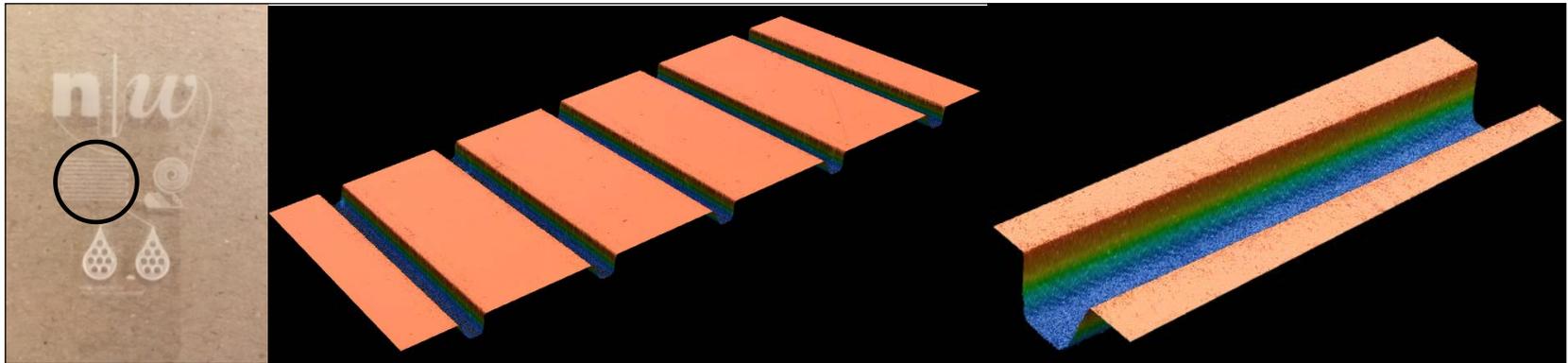


Abb.5: LSM Analyse das Demo-Chipdesigns III

Width: 105.8 +/- 3 μm

Depth: 81.3 +/- 0.4 μm

Surface roughness in channel: $S_a = 1.0 \mu\text{m}$ $S_z = 73.0 \mu\text{m}$

(PMMA $S_a = 0.2 \mu\text{m}$, $S_z = 4.32 \mu\text{m}$)

Direkt laserstrukturierte Fluidikchips aus PMMA

Fazit I

- Hoher Initialaufwand für die Parametersuche
- Parametersuche für jeden Werkstoff nötig!
- Begrenztes Bearbeitungsfeld → Stitching
- Oberflächenrauheit
- + In wenigen Stunden vom CAD Design zum Test Device
- + Automatisierbar (mehrere Designs nacheinander)
- + Freiheit bei der Geometriewahl
- + PI Master zum Reproduzieren von Fluidikchips

Direkt laserstrukturierte Fluidikchips aus PMMA

Fazit II

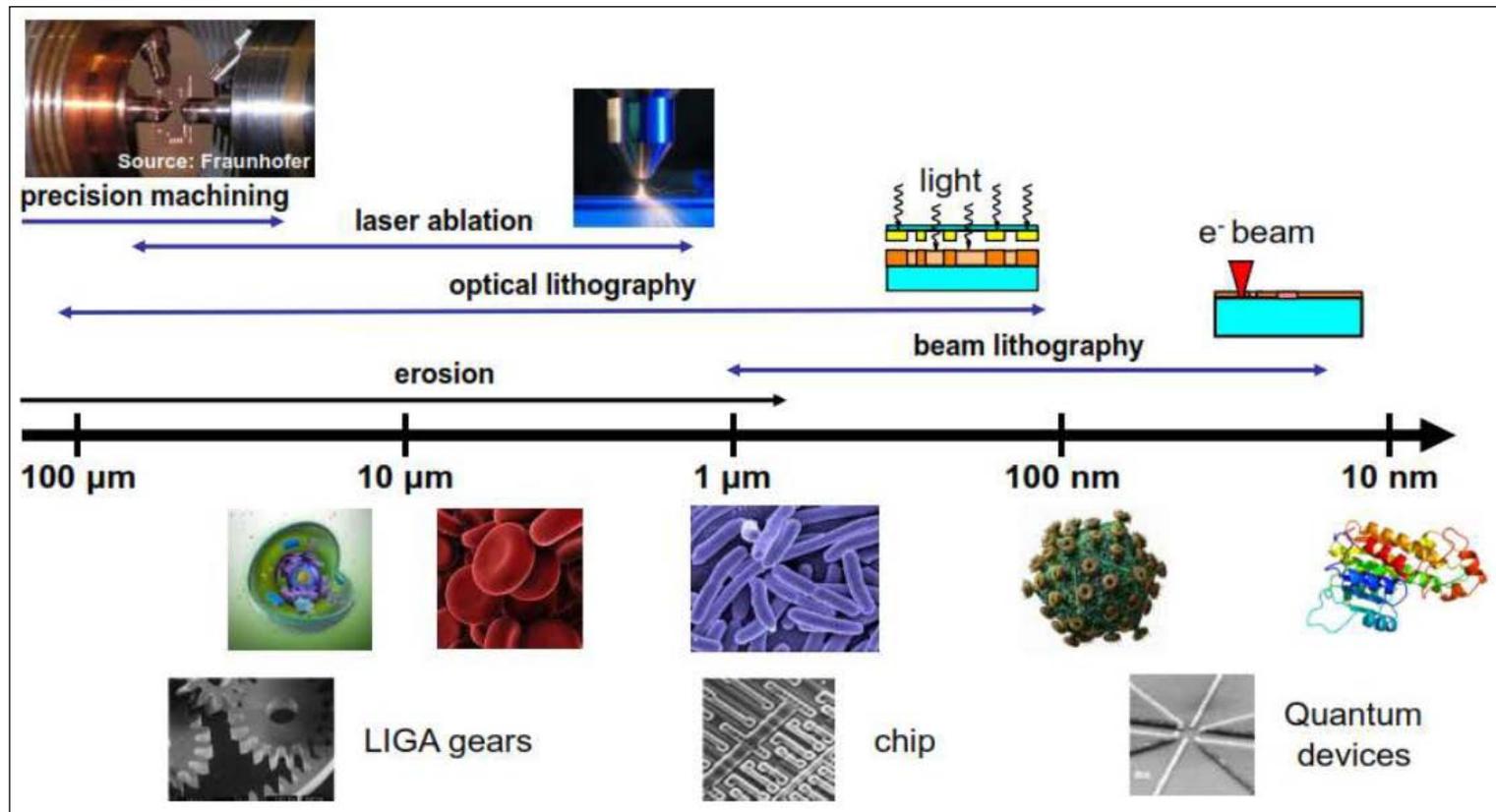


Abb.6: Größenordnung von unterschiedlichen Fertigungsverfahren

Ionenfalle aus Keramik

Einleitung

Mikrostrukturierung von Keramik Wafern (Al_2O_3)

Anwendung: «Quantum Computing with Trapped Ions»

Dissertation von D. Kienzler
«Quantum Harmonic Oscillator State
Synthesis by Reservoir Engineering»
DISS. ETH NO. 22622

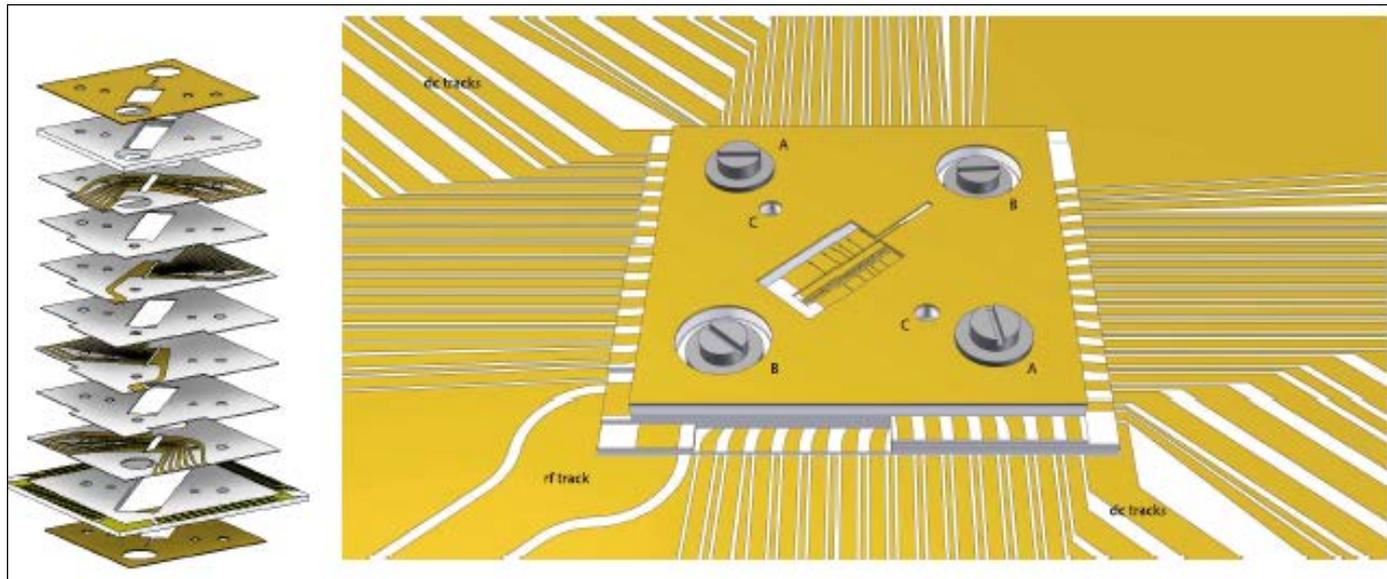


Abb.7: Full trap stack. Exploded view (left) and fully assembled trap (right) - Quelle: Phd Thesis D. Kienzler

Ionenfalle aus Keramik

Schwierigkeiten I

Spaltbreite 14 μm / Spatlänge 1 mm / Waferdicke 0.12 mm

Hohe Anforderungen an die Genauigkeit

Bildfeld der Optik zu klein für Bearbeitung des ganzen Wafers

→ Stitching

Temperaturgradient bei der Laserbearbeitung führte zu Spannungen

→ Bruch

Verschmutzungen durch Bearbeitung

Ionenfalle aus Keramik

Schwierigkeiten II - Laserbearbeitung

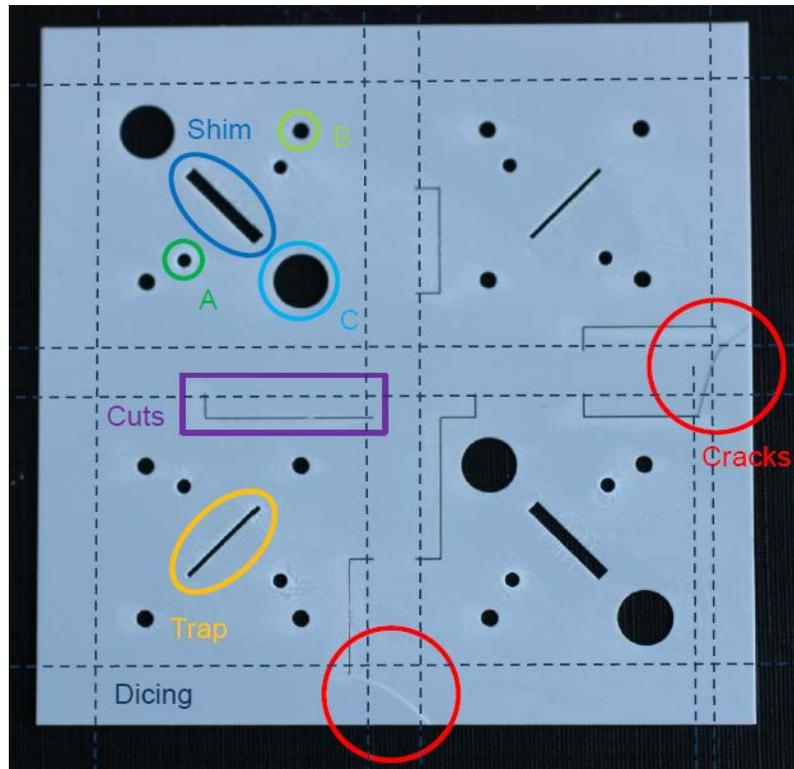


Abb.8: Laserstrukturierte Wafer (2 x 2 inch)

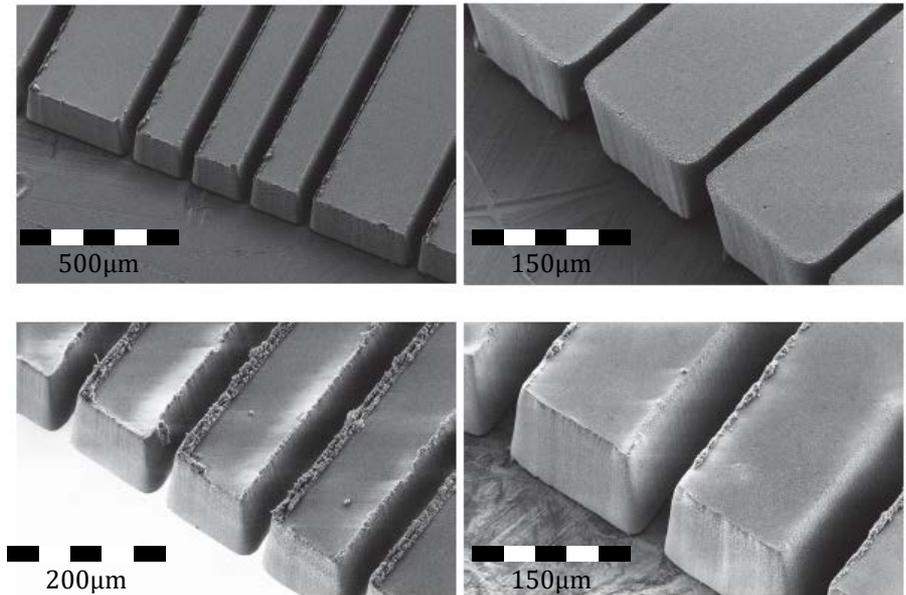


Abb.9: Detailansicht (REM) der Shim Geometrie

Ionenfalle aus Keramik

Schwierigkeiten III - Reinigung



Abb.10: Wafer nach Laserstrukturierung



Abb.11: Wafer nach Reinigung durch Ätzen

Ultraschallbad oder BlueFoil nicht praktikabel

Ätzen mit Piranha Etch (Schwefelsäure und Wasserstoff Peroxid)

Ionenfalle aus Keramik

Fazit

Pulsenergie $< 10 \mu\text{J}$ (geringe Pulsenergie / hohe PRF)

Hohe Fokusüberlappung

Zusammenspiel von Laser und CNC Achsen

Wandschrägen im Bereich von 6°

Anspruchsvolle Reinigung

Bearbeitungszeit von 15h / Wafer (Umgebungsbedingungen)

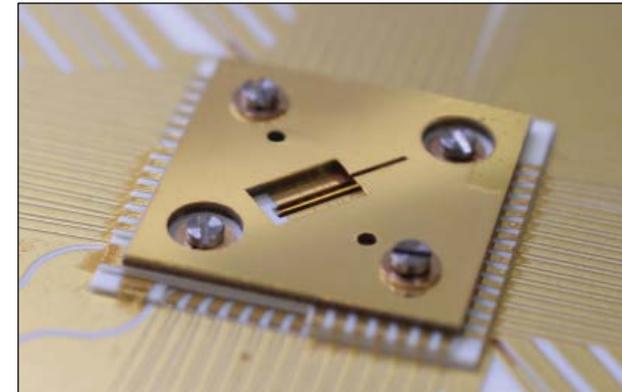


Abb.12: Final assembly of ion trap

3D Data-Matrix Codes in Spritzen aus Glas

Einleitung



Flüssige Arzneimittel sind ab 2019 eindeutig zu identifizieren

Datenbankfehlern / Verlust von Tracking-Dokumenten

→ Vernichtung der gesamten Charge

Schutz vor Fälschungen

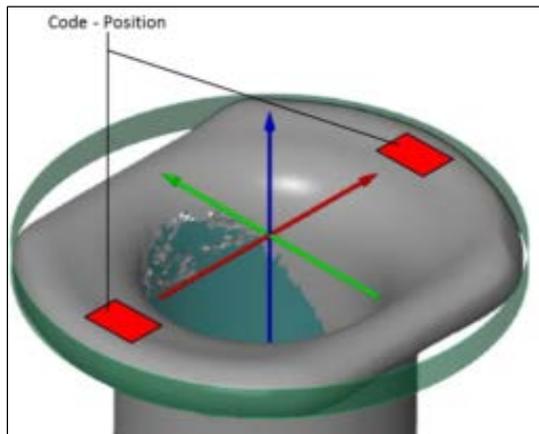


Abb.13: Einwegspritzen der Firma Schott

3D Data-Matrix Codes in Spritzen aus Glas

Beschriftungsprozess

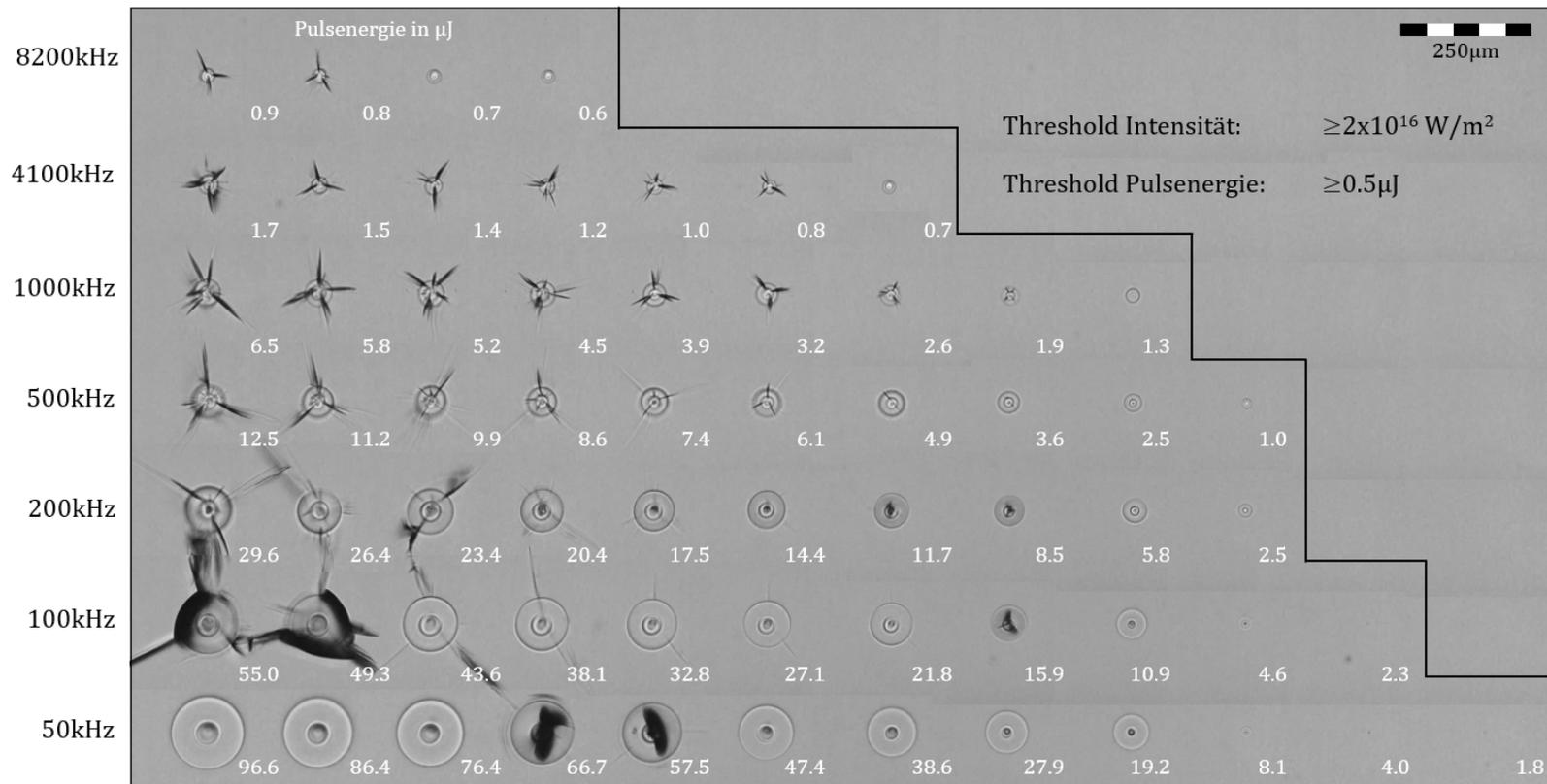


Abb.14: Parameterstudie zur Auslesbarkeit von Materialmodifikationen in Kalk Natron Glas, 1 mm Dicke, 1000 Pulse

Schneiden von Siliziumwafern

Einleitung

Röntgendetektoren mit Diamantmembranen auf Siliziumwafern

Optimierung des Laserschneidprozesses → CW zu ps-pulsed

Automatisierung des Laserschneidprozesses

Reduktion der Verschmutzung durch Redeposition

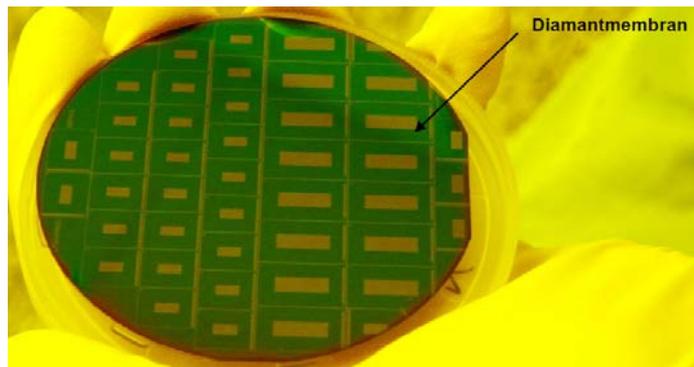


Abb.16: Siliziumwafer mit Diamantmembranen



Abb.17: Röntgendetektor

Schneiden von Siliziumwafern

Optimierung des Laserschneidprozesses

Wellenlänge λ	[nm]	355
Pulsdauer t_{Pulse}	[ps]	10
Pulsrepetitionsfrequenz f_{Pulse}	[kHz]	50
Mittlere Leistung P_{Avg}	[W]	2
Brennweite b	[mm]	103
Fokusbuchmesser d_0	[μm]	12
Vorschubgeschwindigkeit v_{Axis}	[mm/s]	80
Anzahl Schichten	[-]	780

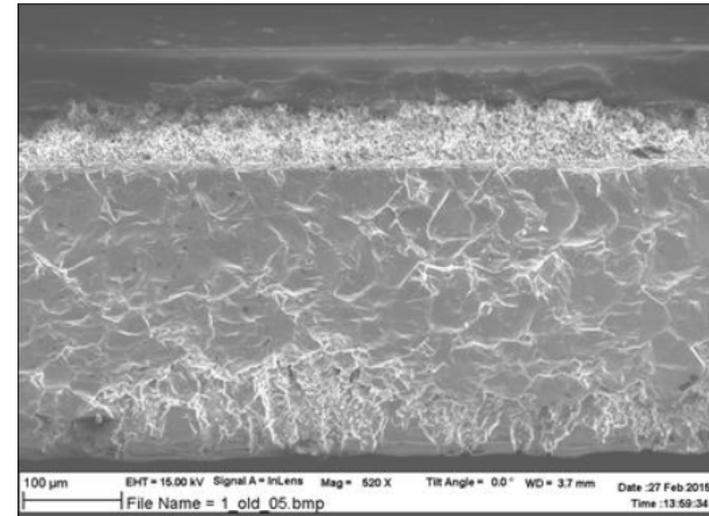


Abb.18: Schnittkante CW Laser Dicing

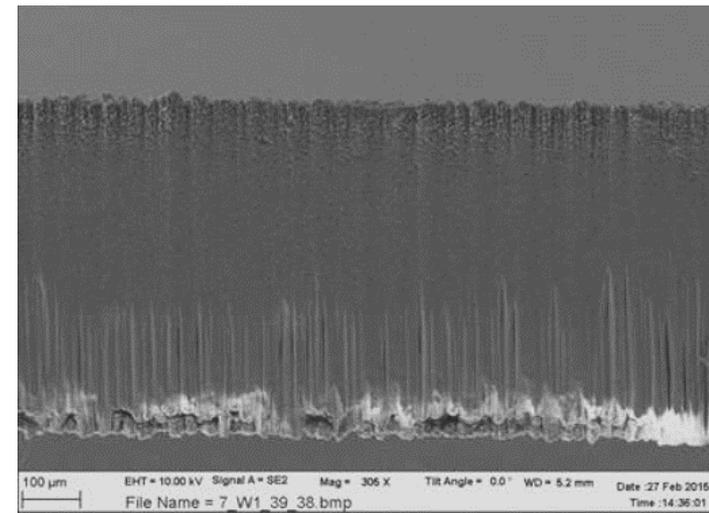


Abb.19: Schnittkante ps-pulsed Laser Dicing

Schneiden von Siliziumwafern

Automatisierung des Laserschneidprozesses

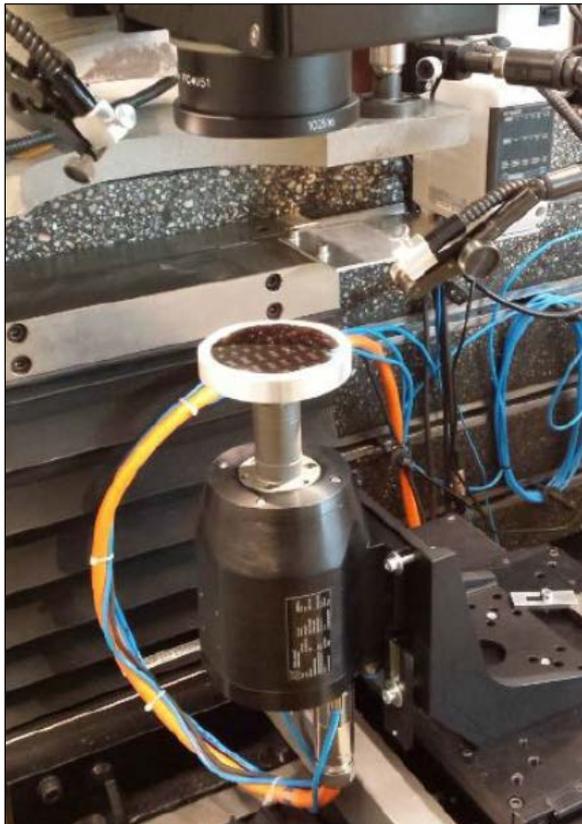


Abb.20: 4-Achs-CNC Aufbau

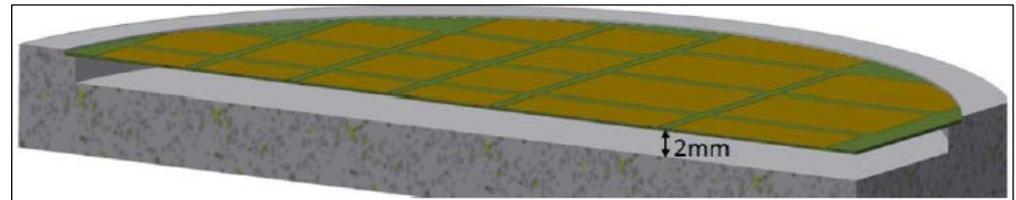


Abb.21: Halterung für den Wafer

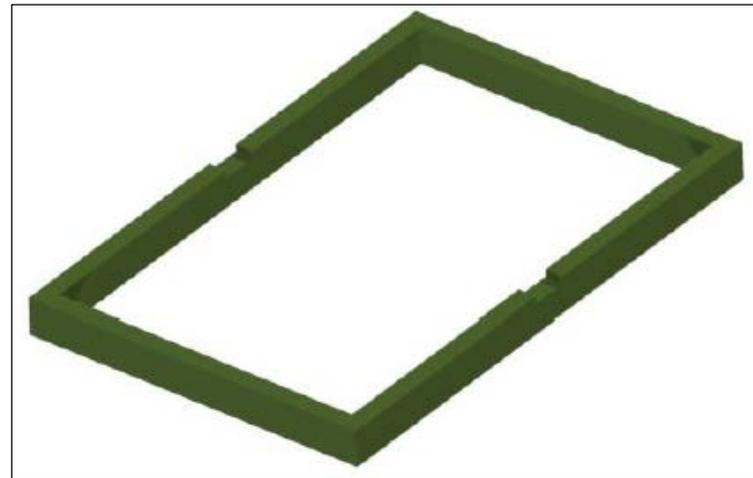


Abb.22: Abgetragenes Volumen (18 x 9 mm)

Schneiden von Siliziumwafern

Reduktion der Verschmutzung

Schutz mit Bluefoil

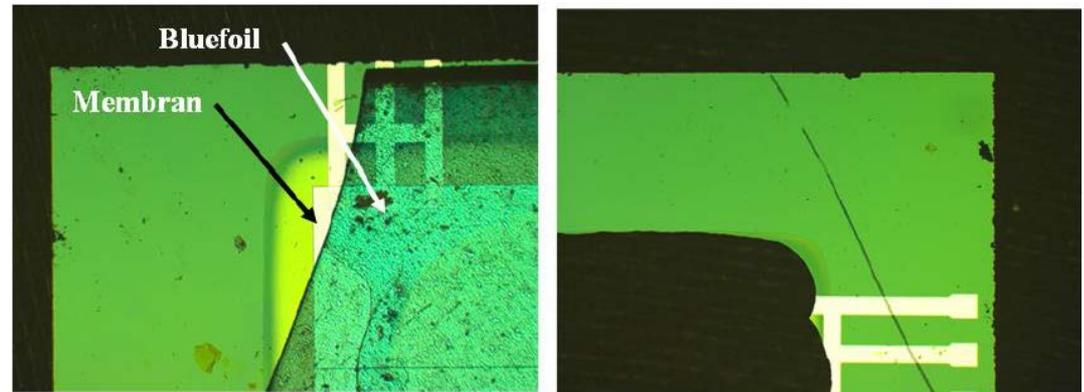


Abb.23: Schutz der Oberfläche mittels Bluefoil

Schutz mit Photolack
(bei CW Laser Dicing nicht möglich)

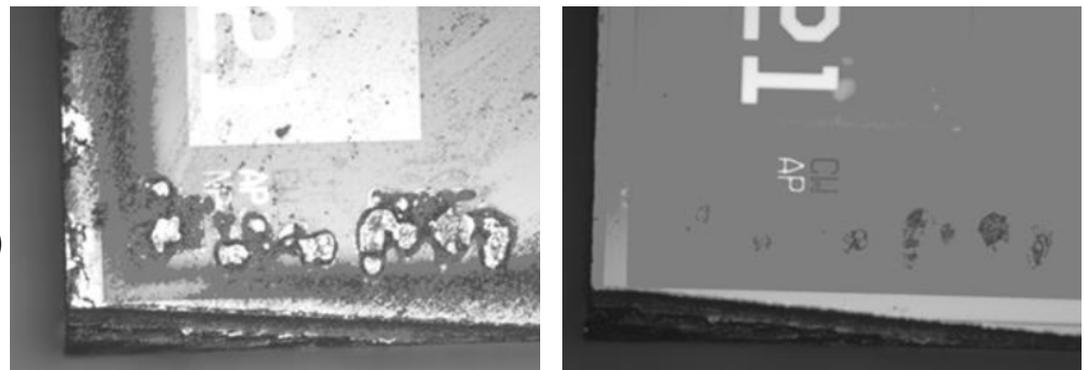


Abb.24: Schutz der Oberfläche mittels Photolack

Schneiden von Siliziumwafern

Fazit

Verbesserung der Schnittkanten (red. Wärmeeintrag)

Erhöhung des Yields um 35% (mechanisch und elektrisch)

Komplett automatisierte Waferbearbeitung (30h)

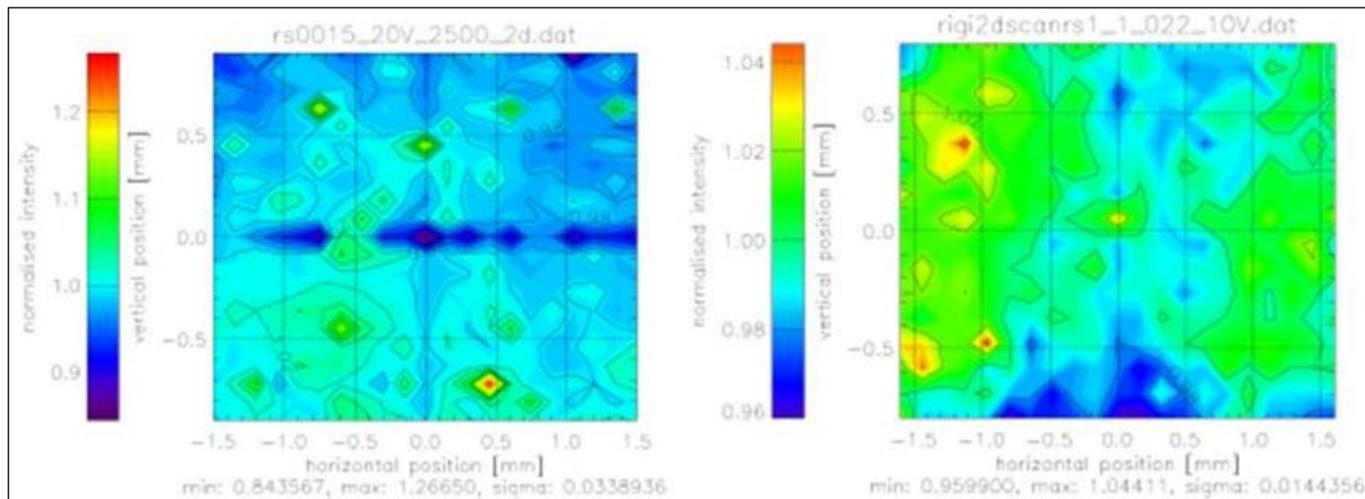


Abb.25: Uniformitätsmessung Diamantsensor a) cw Laser Dicing b) ps-pulsed Laser Dicing

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

-

Fragen und Diskussion