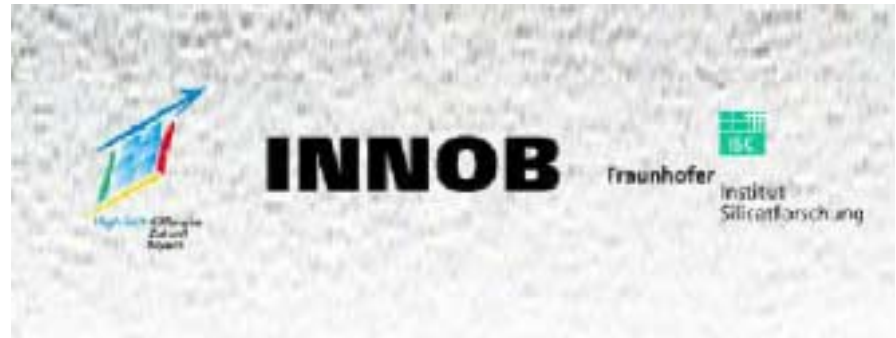

InnovationsNetz Unterfranken

INNOB Innovative Oberflächen

4. April 2003 • Universität Würzburg



Keramische Schichten und Lasersintern


Fraunhofer Institut
Silicatforschung

J. Baber, Dipl.-Ing.

Fraunhofer Institut für Silicatforschung

Kompetenzfeld Sinterwerkstoffe

Neunerplatz 9

97082 Würzburg

Tel.: 0931/4100-248

Fax: 0931/4100-299

baber@isc.fhg.de


Fraunhofer Institut
Silicatforschung

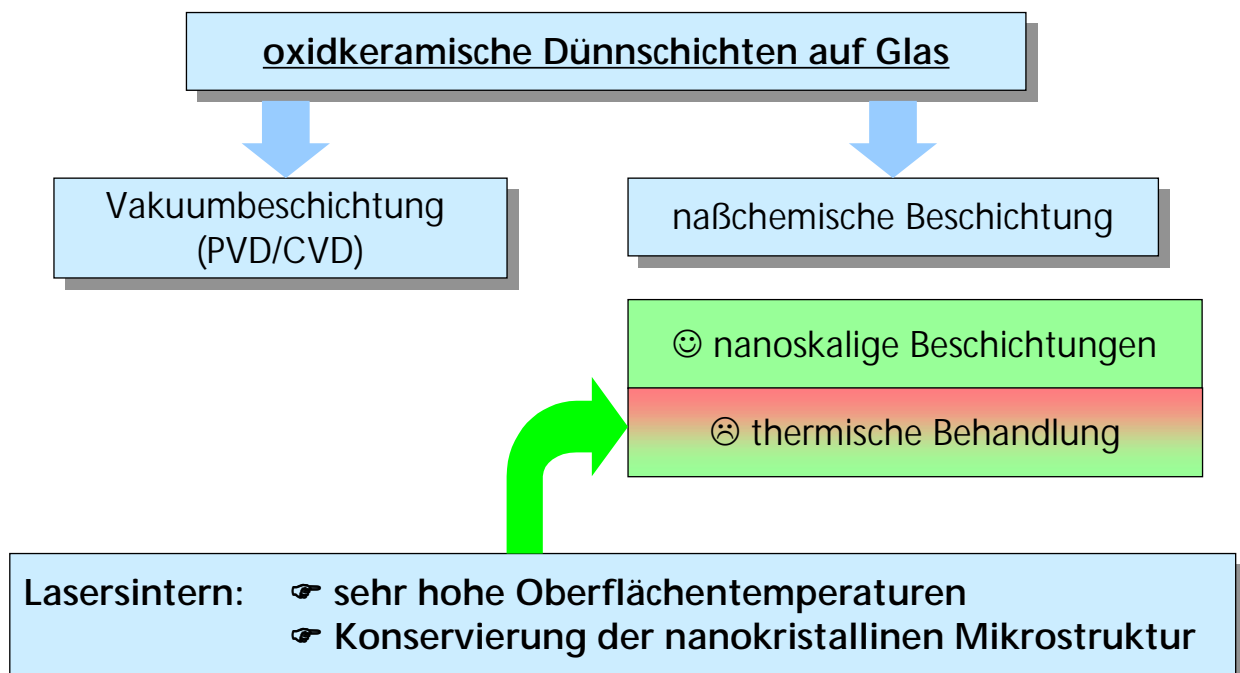
Metalloxid-Schichten auf Glas durch Lasersintern

Gliederung

- ❑ Motive für das Lasersintern
- ❑ Aufbau der Laseranlage
- ❑ Heizarten der Laseranlage, Parameterfeld, Temperaturkalkulationen
- ❑ Herstellung, Bearbeitung, Ergebnisse keramische Dünnschichten
- ❑ Zusammenfassung
- ❑ Diskussion

Seite 3

Lasersintern - Motivation



Seite 4

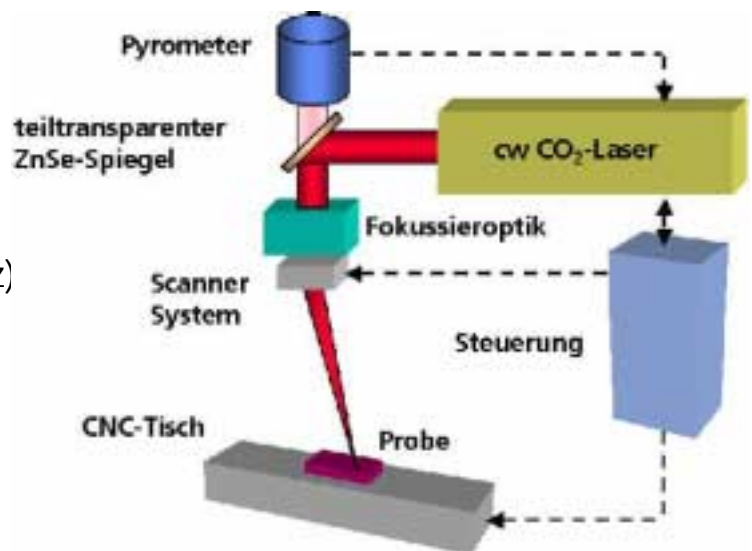
Anforderungsprofil - Lasersinteranlage

- Erzeugung von Oberflächentemperaturen $> 2000^{\circ}\text{C}$
- Extrem steile **Temperaturgradienten**
- Gleichmäßiger Energieeintrag
- Bearbeitung von ebenen und rotationssymmetrischen Teilen
- Bearbeitungsdauer im Minutenbereich
- Robuste Prozeßeigenschaften
- Kleinserienproduktion
- **Mikrostrukturdesign** über variable Zeit-Temperatur-Atmosphäre-Zyklen

Seite 5

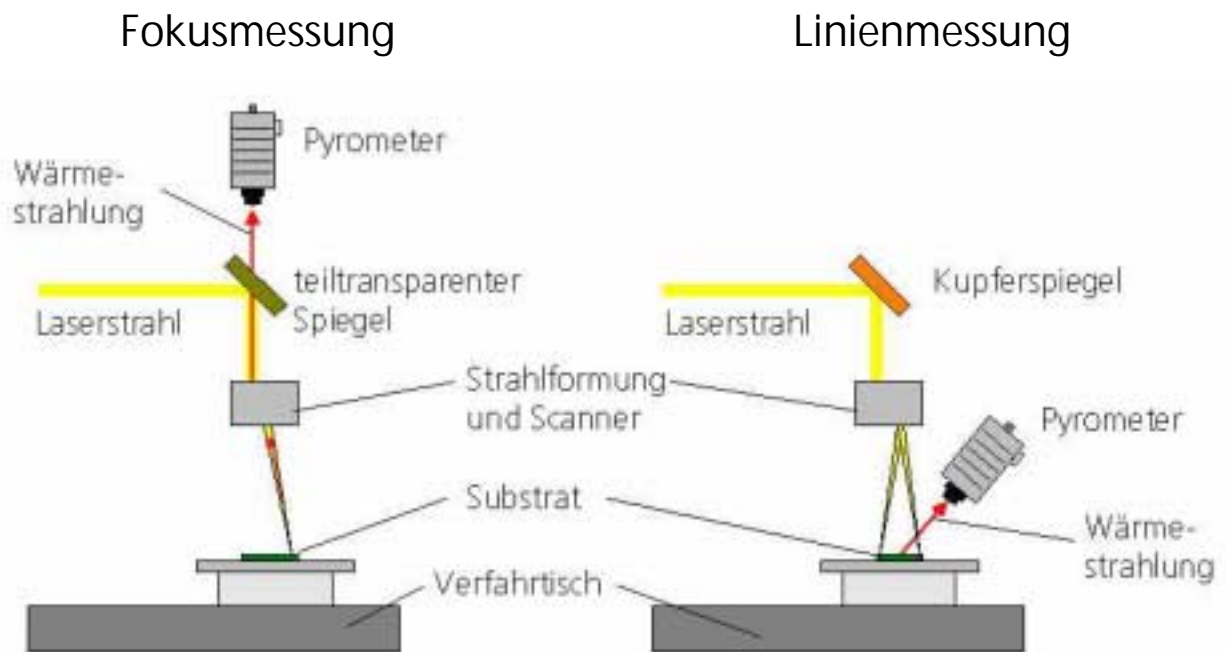
Aufbau der Lasersinteranlage

- 1,6 kW CO₂-Laser
- Substratgröße bis 400 x 600 mm²
- Strahlfleckgröße von 0,8 bis 10 mm
- 2-Achsen-Scanner-System (bis 250 Hz)
- 4 CNC-Achsen
- variable Atmosphäre
- Temperaturkontrolle



Seite 6

Temperaturmessung



Seite 7

Die Lasersinteranlage am ISC



Laser



Bearbeitungskabine



Steuerung

Seite 8

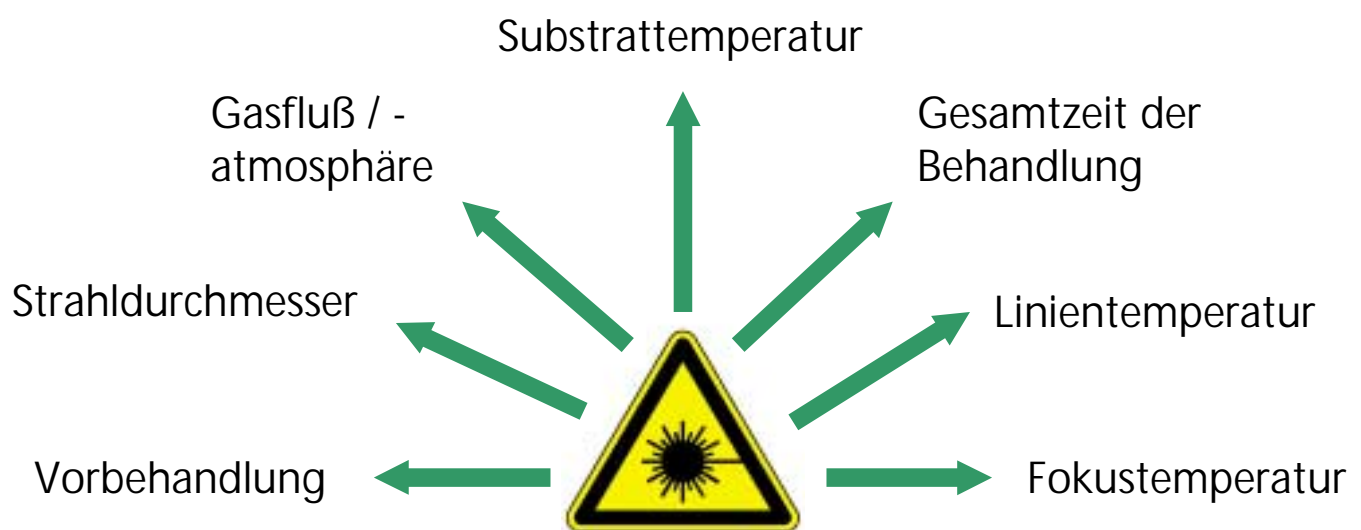
Lasersintern - Beispiel

- Al_2O_3 auf Kieselglas



Seite 9

Lasersintern - Multidimensionale Optimierung



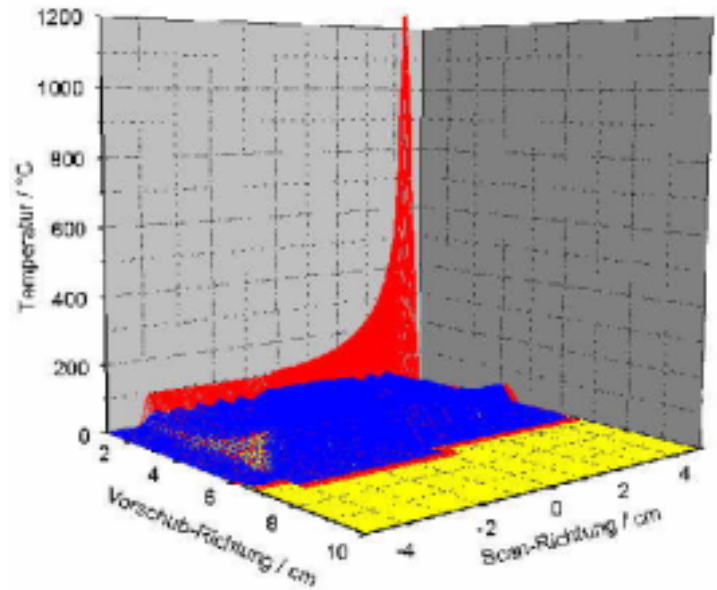
Seite 10

Lasersintern - 3D-Temperatursimulation

Punkt Modus

- Scan-Frequenz: 100 Hz (30 m/s)
- Substrat-Vorschub: 200 mm/s
- Leistungsdichte: 1,9 kW/mm²

- Oberflächentemperatur
- Temperatur in 50 µm Tiefe



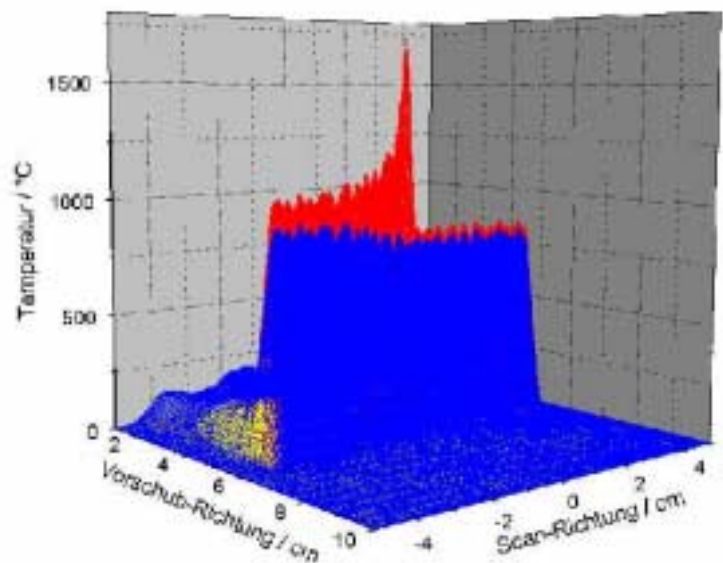
Seite 11

Lasersintern - 3D-Temperatursimulation

Mix Modus

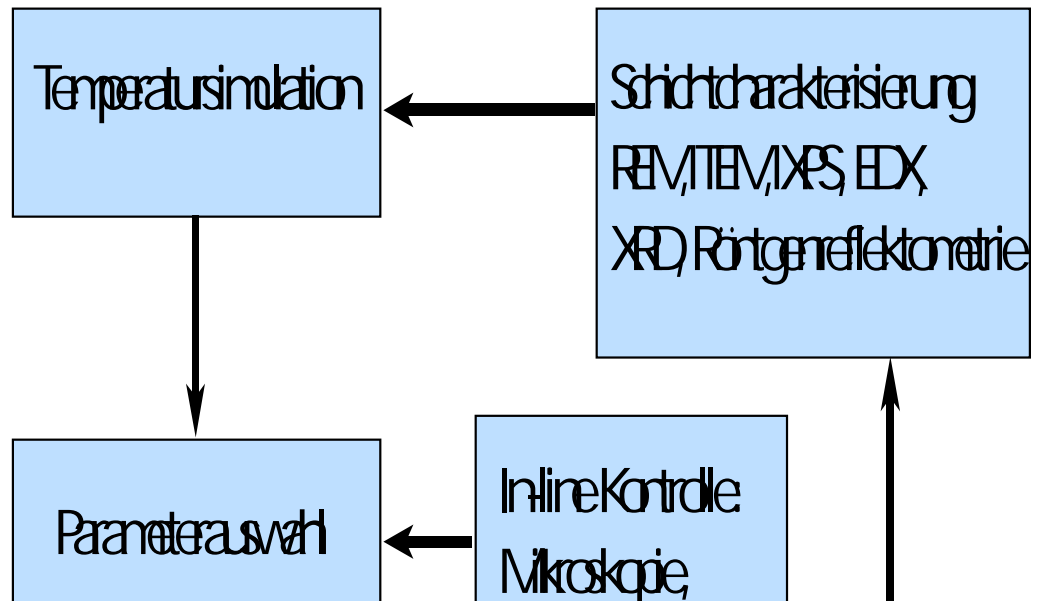
- Scan-Frequenz: 200 Hz (30 m/s)
- Substrat-Vorschub: 20 mm/s
- Leistungsdichte: 1,9 kW/mm²

- Oberflächentemperatur
- Temperatur in 50 µm Tiefe



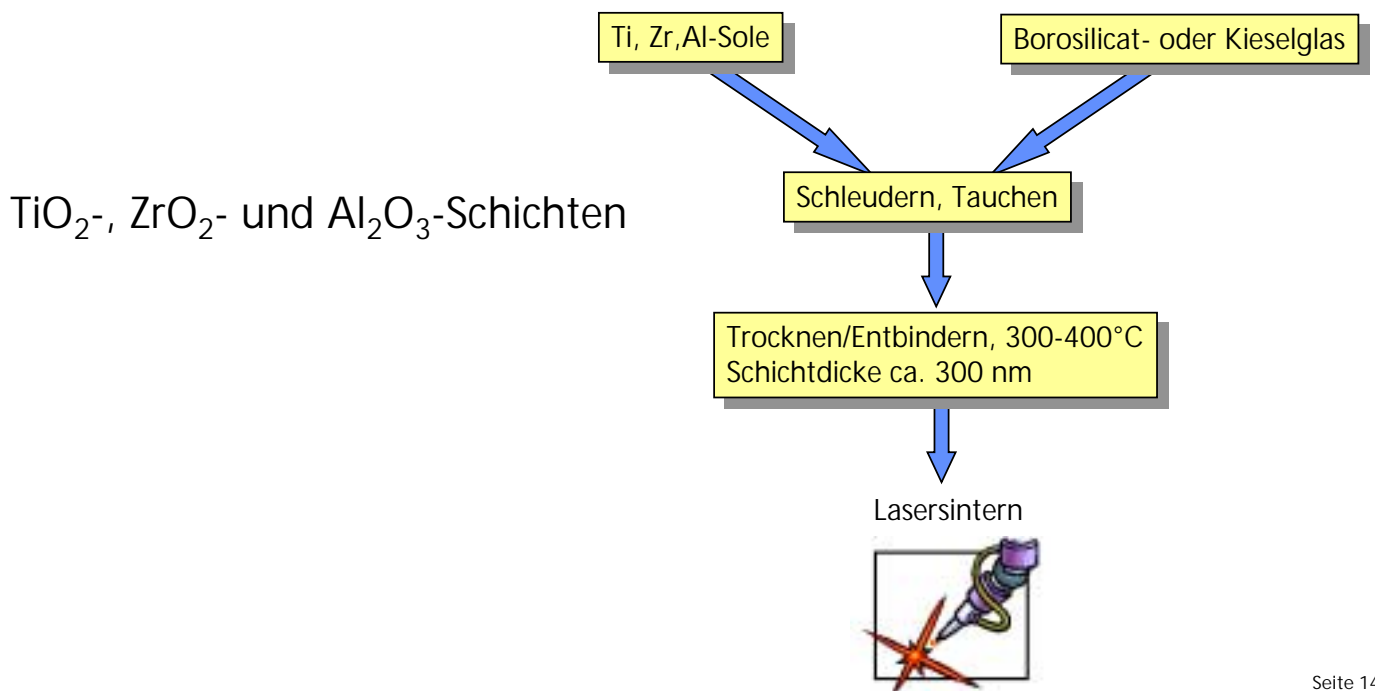
Seite 12

Lasersintern - Kontrollschleifen



Seite 13

Lasersintern - Beispiele

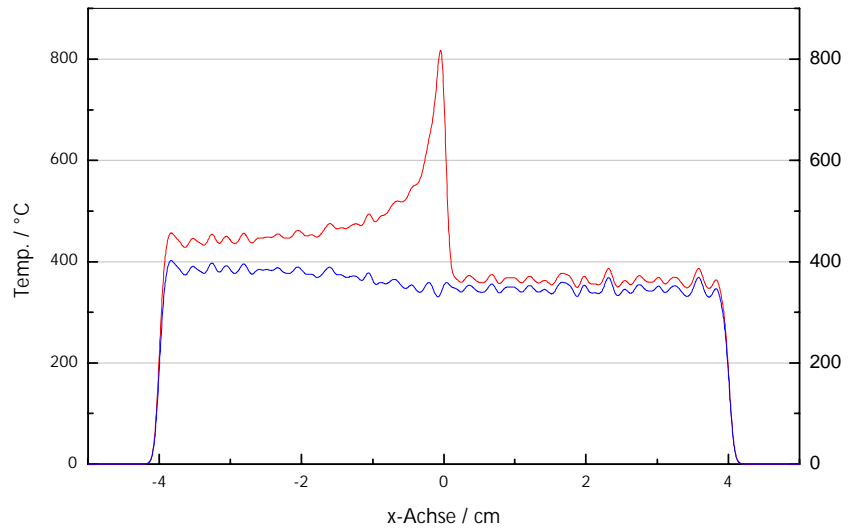


Seite 14

Lasersintern von TiO₂ – Parameter und Simulation

- Scan-Frequenz: 200 Hz
- Substratvorschub: 25 mm/s
- Leistungsdichte: 675 W/mm

— Oberflächentemperatur
— Temperatur in 50 µm Tiefe



Seite 15

Lasersintern von TiO₂ – REM-Untersuchung



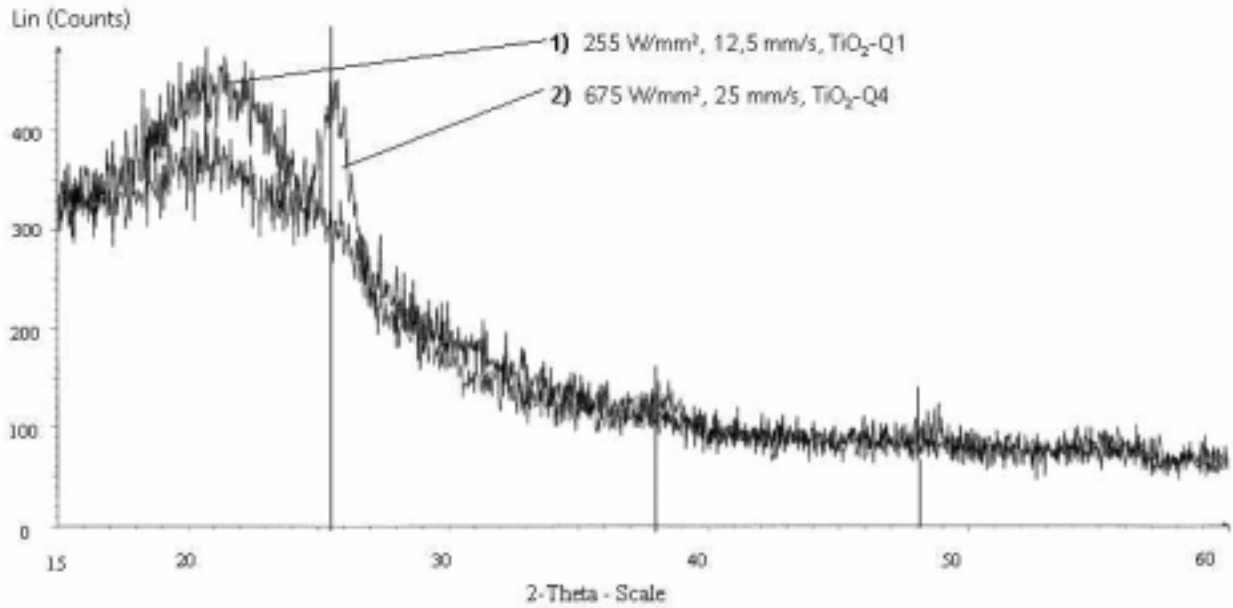
REM-Aufnahme einer TiO₂ Schicht

REM-Aufnahme einer Fehlstelle in einer TiO₂ Schicht

675 W/mm²: Schichtdicke 90 nm

Seite 16

Lasersintern von TiO_2 - Grazing Incidence XRD



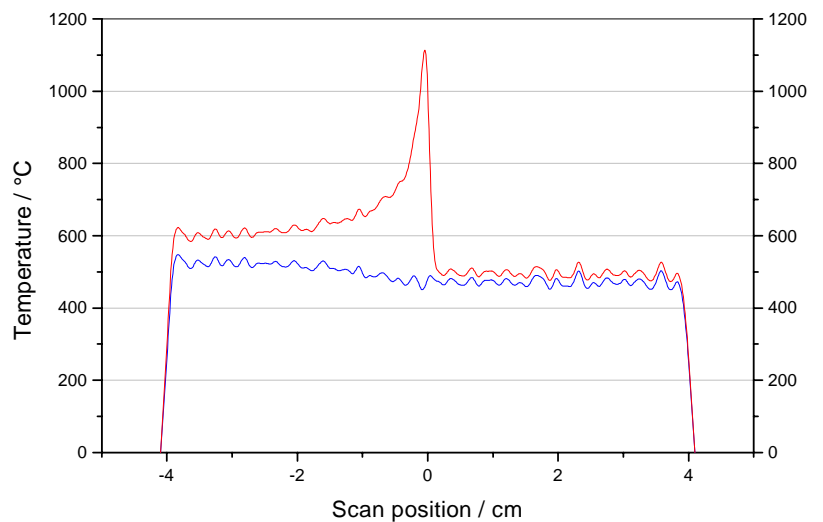
Seite 17

Lasersintern von ZrO_2 - Parameter und Simulation

Mix Modus

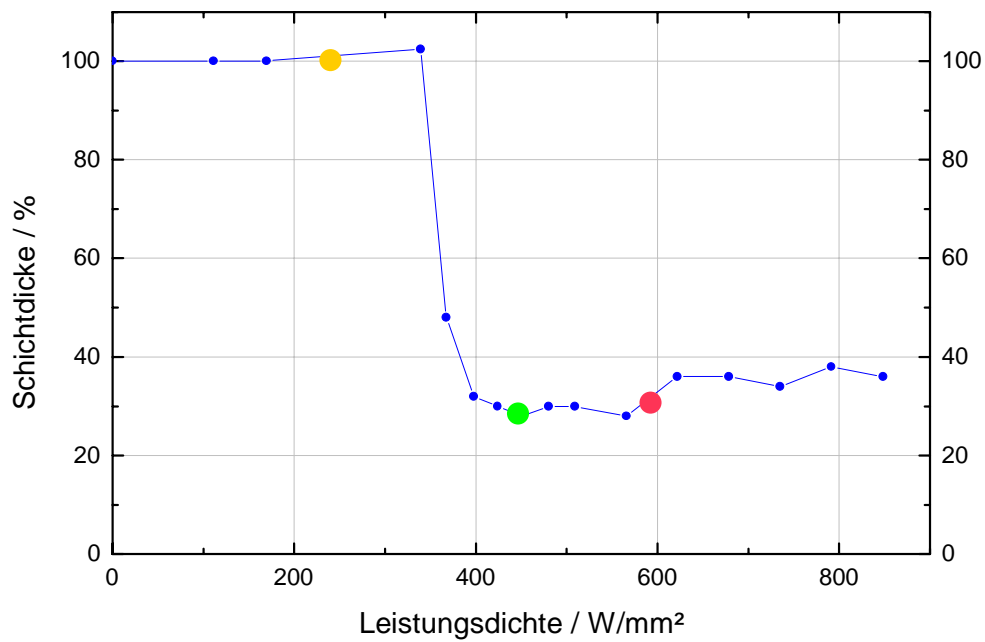
- Scan-Frequenz: 200 Hz
- Substratvorschub: 10 mm/s
- Leistungsdichte: 455 W/mm

- Oberflächentemperatur
- Temperatur in 50 μm Tiefe



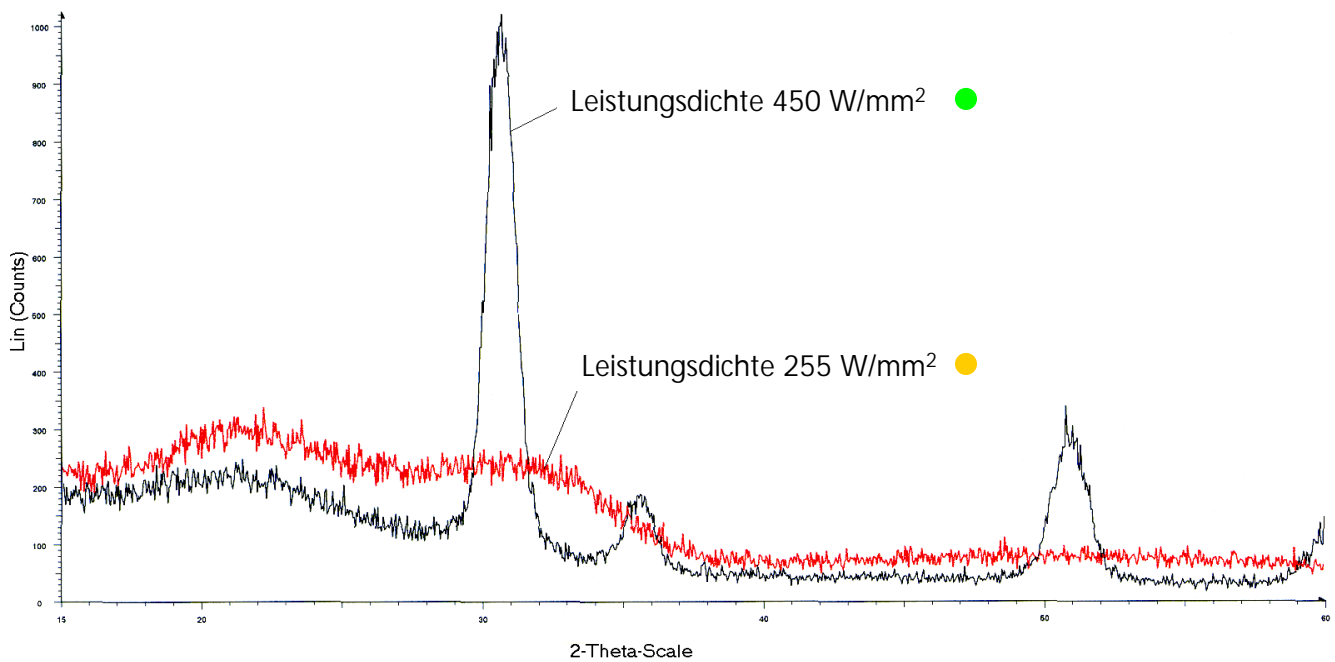
Seite 18

Lasersintern von ZrO_2 - Profilometermessung



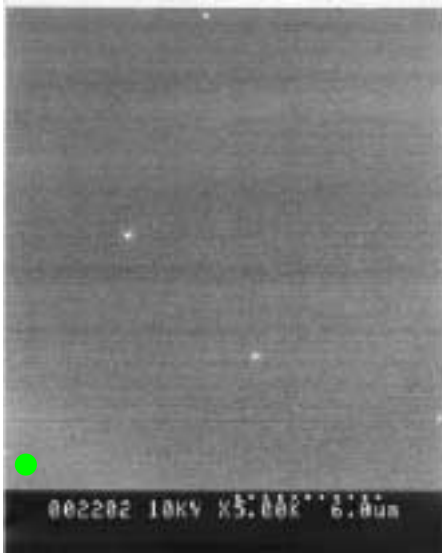
Seite 19

Lasersintern von ZrO_2 - Grazing Incidence XRD

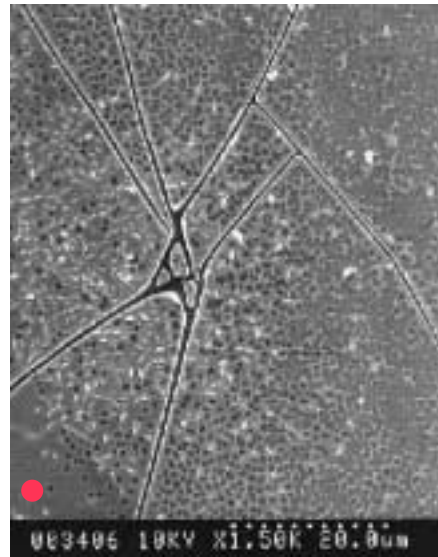


Seite 20

Lasersintern von ZrO_2 – REM-Untersuchung



450 W/mm²: Schichtdicke 111 nm,
Dichte > 90 % theor. Dichte
(Röntgenreflektometrie)

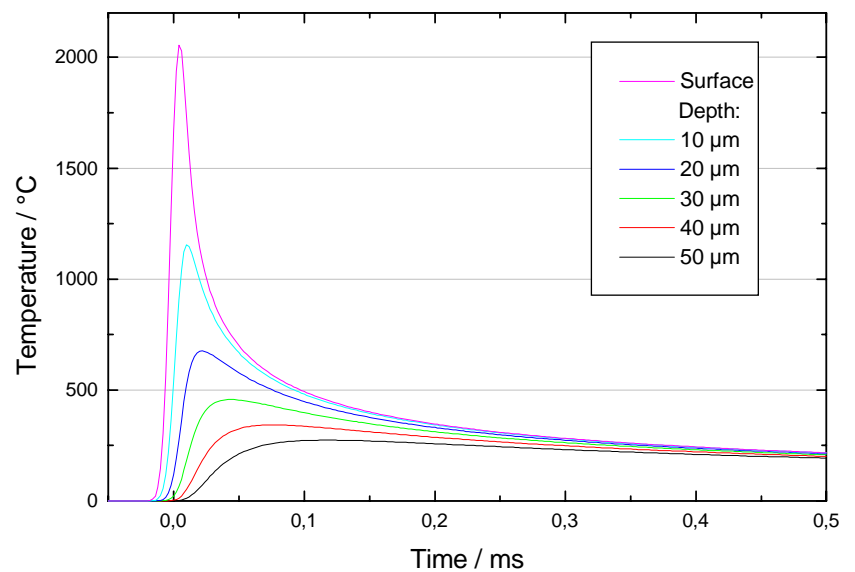


> 550 W/mm²: Rißbildung und
schollenartiges Abplatzen

Seite 21

Lasersintern von Al_2O_3 - Temperaturprofil

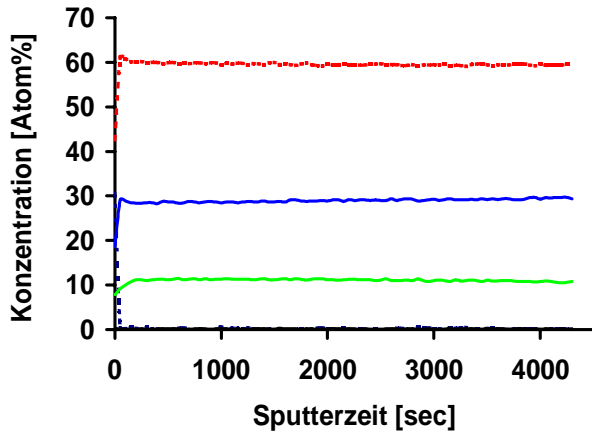
- Scan-Frequenz: 100 Hz
- Substratvorschub: 2100 mm/s
- Leistungsdichte: 1,9 kW/mm²



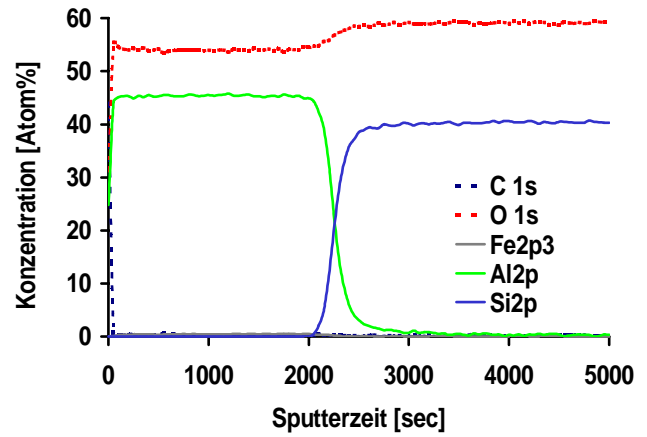
Seite 22

Lasersintern von Al_2O_3 - ESCA-Tiefenanalyse

Mix Modus

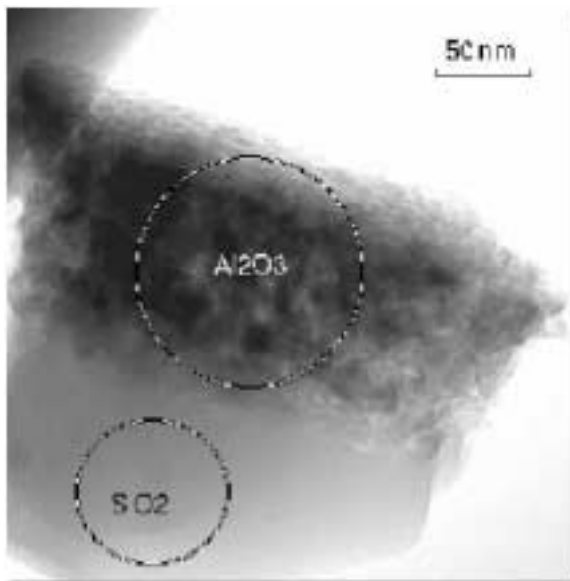


Punkt Modus

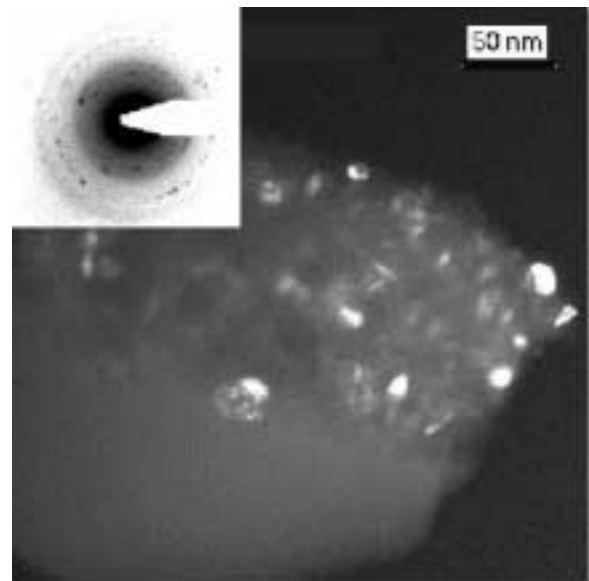


Seite 23

Lasersintern von Al_2O_3 - TEM Untersuchung



TEM-Hellfeldaufnahme

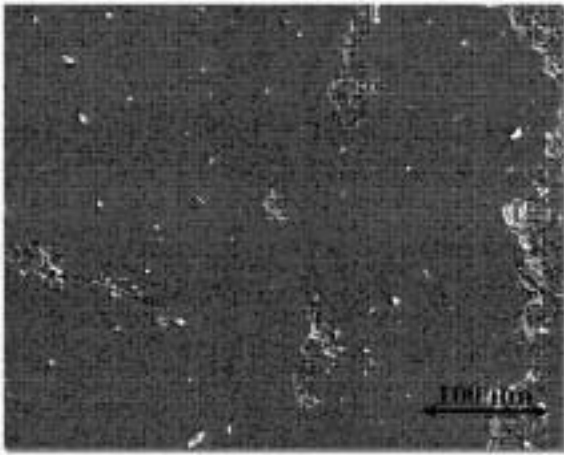


TEM-Dunkelfeldaufnahme

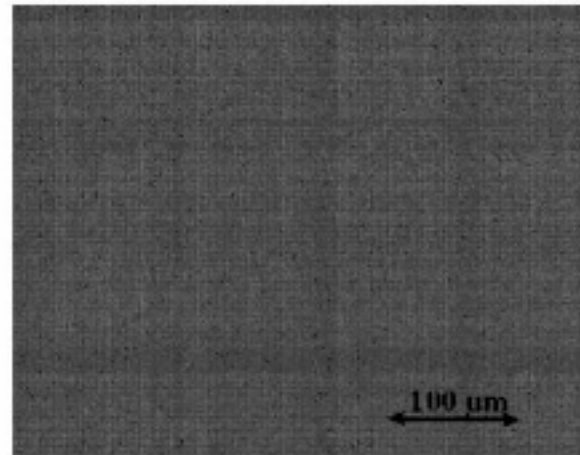
Seite 24

Kratzfestigkeit von Kieselglasoberflächen - REM

Unbeschichtet



Lasergesinterte Al₂O₃-Schicht



(Taber Abraser Test, 10000 Zyklen)

Seite 25

Zusammenfassung

- Lasererwärmung ermöglicht Sinterungen in Milli- und Mikrosekunden.
- Je nach Fläche beträgt die Gesamtbearbeitungsdauer unter 1 min.
- Es können extrem steile Temperaturgradienten erzeugt werden.
- Ein homogener Energieeintrag ist möglich.
- Es wurden dichte und rißfreie Schichten aus Al₂O₃, ZrO₂, SiO₂, TiO₂ u.a. hergestellt.
- Die Kratzfestigkeit wurde durch Al₂O₃-Beschichtung deutlich verbessert.
- Die gezielte thermische Nachbearbeitung von Keramikoberflächen ist möglich.

Seite 26

Danke!

Seite 27