



# Atmosphärendruck-Mikrowellen-PECVD zur Abscheidung von SiO<sub>2</sub>-Schichten

Fraunhofer IWS

- Motivation
- Experimenteller Aufbau
- SiO<sub>2</sub> Schichteigenschaften
- Zusammenfassung

Ines Dani

Fraunhofer IWS, Abteilung CVD-Dünnschichttechnologie,  
Arbeitsgruppe Atmosphärendruck-CVD





# Mikrowellen-PECVD bei Atmosphärendruck

## Motivation

PECVD bei Atmosphärendruck für

- kontinuierliche Großflächenbeschichtung
- in-line Prozesse (geringe Anlagengröße)
- Substrattemperaturen  $< 400\text{ °C}$ 
  - ⇒ Erweiterung der CVD-Anwendungen
  - ⇒ Beschichtung von Edelstahl, Glas, ausgewählten Polymeren...

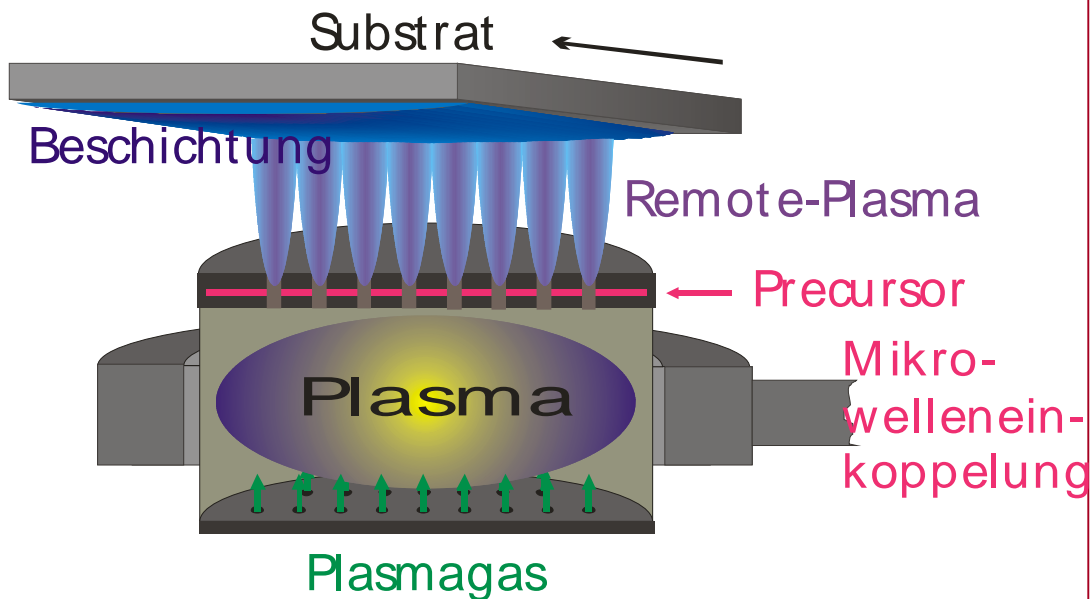
Zielstellung Prozessentwicklung

- hohe Aktivierung des Precursors im Remotebereich
- definierte Verweilzeit der Gase in Plasmaquelle
- ~~Stabilisierung des Plasmas, Homogenität,~~
- transparente, kratzfeste Schichten

Zielstellung SiO<sub>2</sub>-  
Schichtentwicklung



## Experimenteller Aufbau: Mikrowellen-PECVD



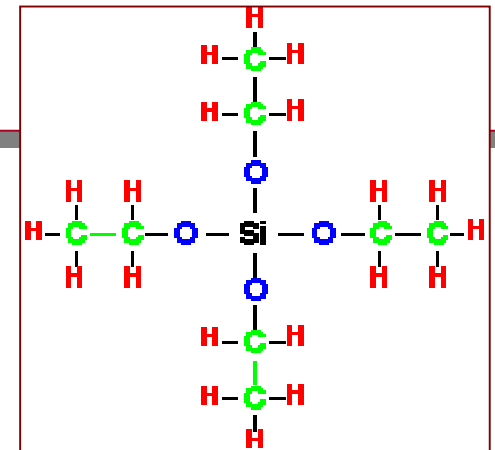
- “offener” Durchlaufreaktor zur kontinuierlichen Beschichtung
- aktuelle Arbeitsbreite 150 mm
- Remote Precursoraktivierung
- Beschichtungsrate: ca. 0.6 nm·m/s
- Plasmagase: N<sub>2</sub>, Ar, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> (kein Elektrodenkontakt)
- kontrollierte Beschichtungsatmosphäre für nichtoxidische Schichten
- Schichten: SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:H, a-C:H

Im Einsatz: Cyrannus 6“

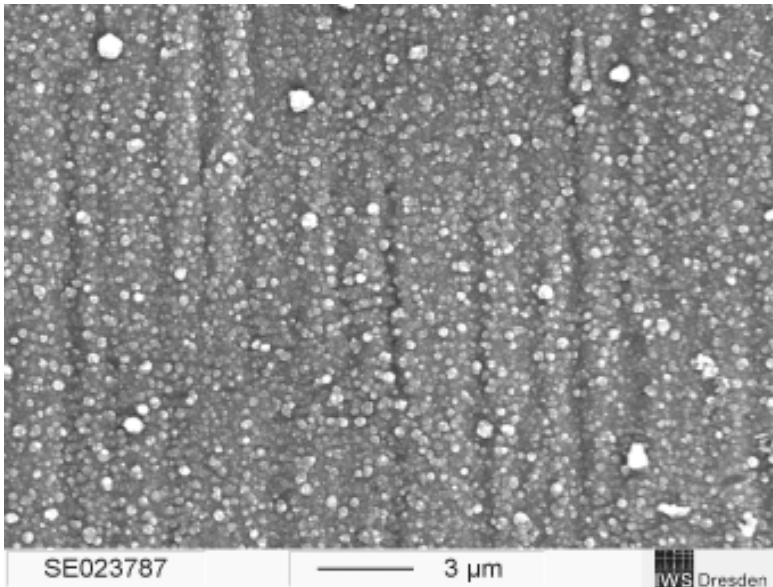
## Versuchsbedingungen



- Substrat: polierter Edelstahl; keine Substratvorbehandlung
- Substrattemperatur: 200°C
- Precursor: TEOS
- Trägergas: N<sub>2</sub>
- Remotegas: N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>
- Plasmagas: N<sub>2</sub>+Ar



## Schichteigenschaften – ERDA und REM



### Elementzusammensetzung (ERDA)

- nahezu stöchiometrisches  $\text{SiO}_2$
- 62 at% O, 29 at% Si, 9 at% H

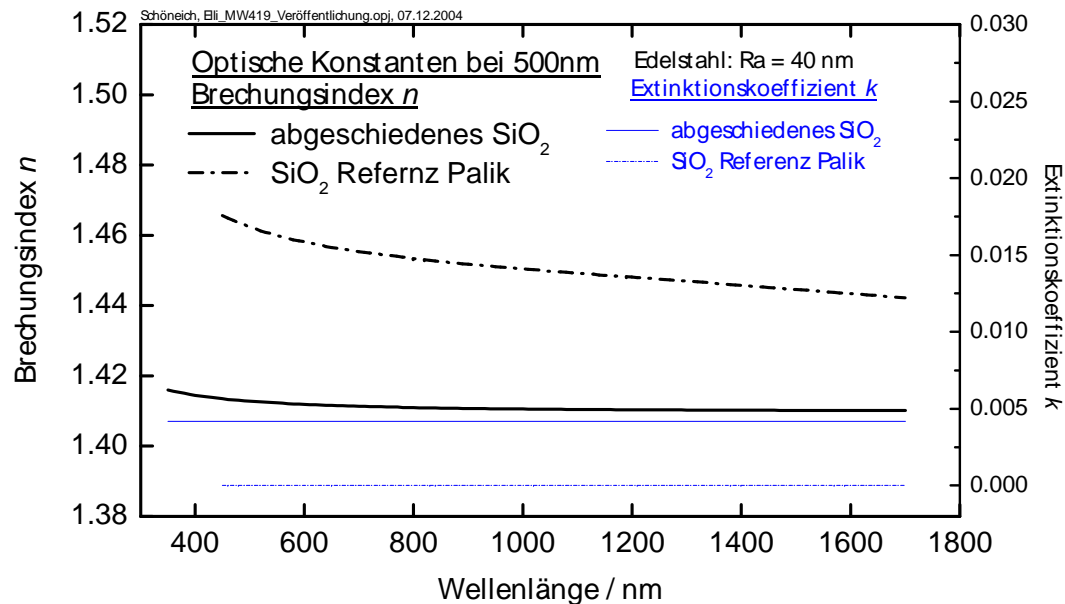
### REM-Untersuchungen zur Morphologie

- relativ grobkörniges Oberflächenprofil
- typisch für Edelstahlbeschichtungen



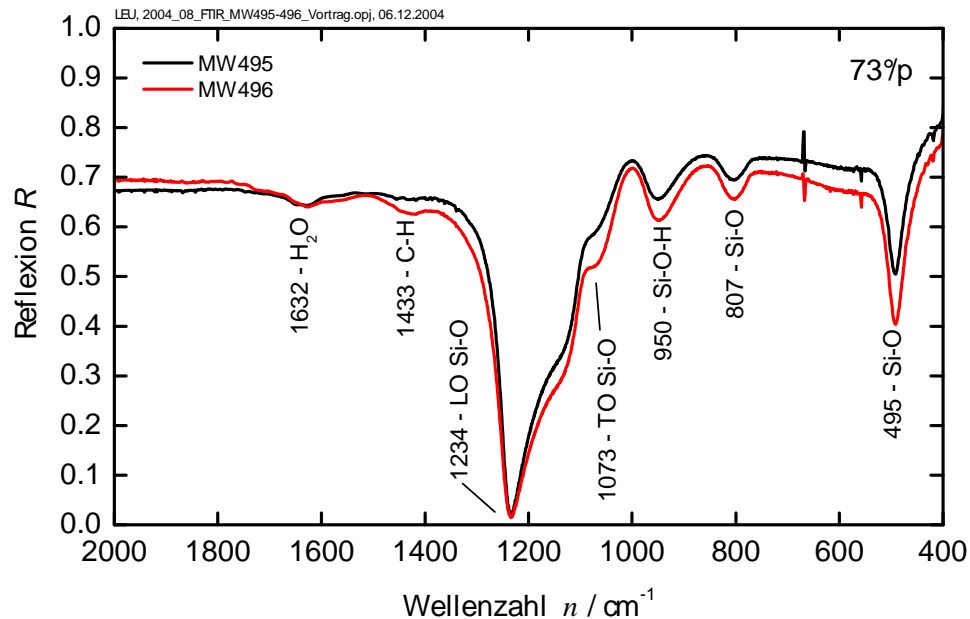
## Schichteigenschaften - Ellipsometrie

optische Charakterisierung UV-VIS-NIR-  
Spektroellipsometrie



- 70 % dichte Unterschicht (optische Funktionen von Quarzglas)
- lockere Deckschicht (30 %): mit Effective-Media-Approximation-Modell als 50% Luft + 50% kugelförmiges Material beschreibbar
- hohe Transparenz im VIS
- keine sichtbare Trübung bis zu Schichtdicken von ca. 1000 nm
- Brechungsindex bei 500 nm: 1.42 bis 1.52

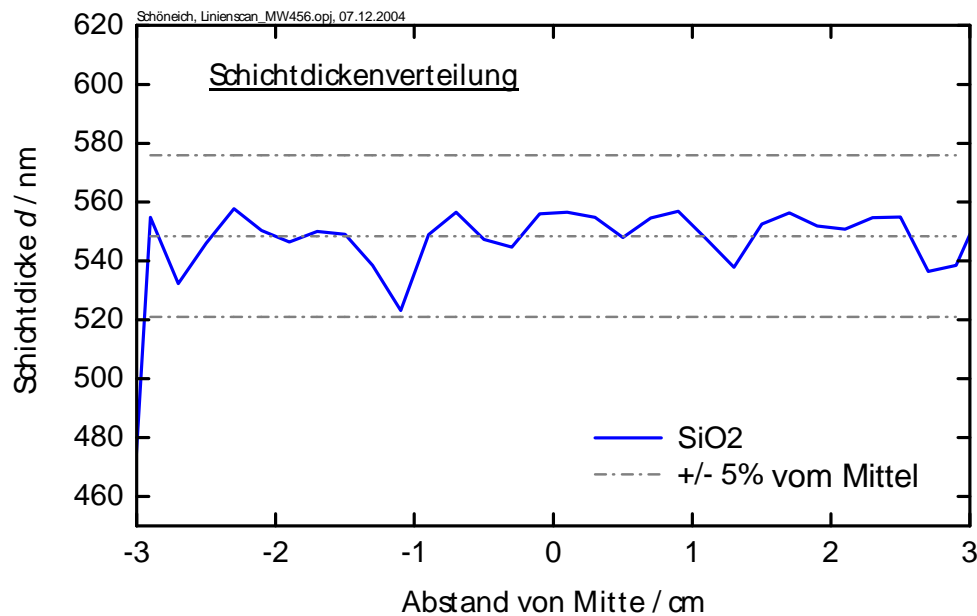
## Schichteigenschaften - FTIR-Reflexionsspektroskopie



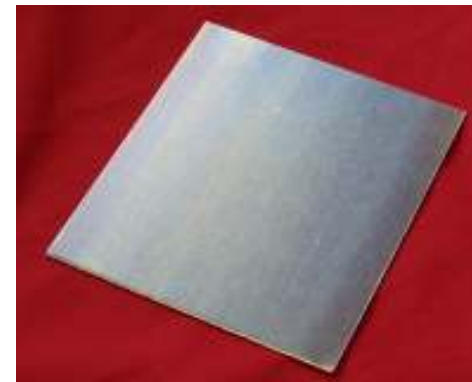
- Auswertung der Reflexionsspektren dicker Schichten durch Spektren-Simulation
- 3-Medienmodell (Stahlsubstrat – dichte SiO<sub>2</sub>-Schicht – raue Oberflächenschicht)
- IR-optische Funktionen: Quarzglas
- geringere Halbwertsbreite der Si-O-Phononenbanden  $\Rightarrow$  Nanokristallinität
- geringe Mengen an Si-OH-Gruppen
- Spuren C-H-Gruppen

## Schichteigenschaften – Schichtdickenprofil

### Spektroellipsometrie



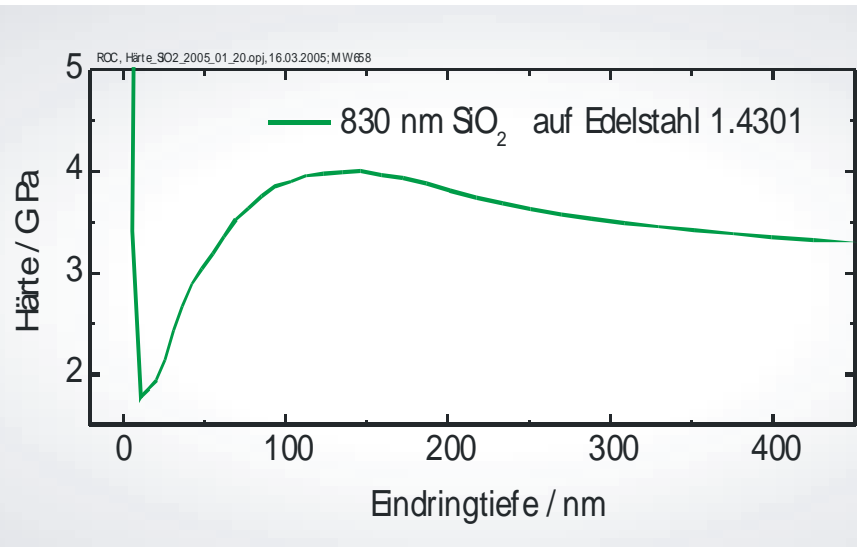
- optimierte Plasmaquellengeometrie
- laterales Schichtdickenprofil: Abweichungen von unter 5 %



## Schichteigenschaften – mechanische Eigenschaften

### Nanoindenter

- Berkovich-Indenter, konstante Dehnrates
- 1000 nm dicke Schichten
- Härte ca. 2...4 GPa ( $\text{SiO}_2$ : 9 GPa)
- E- Modul ca. 13...42 GPa



### Gitterschnitt-Test nach DIN EN ISO 2409

- Mehrschneidegerät, Abstand 1 mm
- 1  $\mu\text{m}$   $\text{SiO}_2$  Schichten auf Stahl
- kein Abplatzen der Schichten an den Schnittändern (auch nicht nach Abzug des Klebebandes)



### Zusammenfassung

- Transparente  $\text{SiO}_2$ -Schichten bei Atmosphärendruck mit Mikrowellen-PECVD abscheidbar
- einsetzbar
  - als Barrierschichten für den Korrosionsschutz,
  - zur Erhöhung der Kratzfestigkeit von Oberflächen
  - als elektrisch isolierende Schichten





## Mikrowellen-PECVD bei Atmosphärendruck

Fraunhofer IWS  
**DANKE!**

**Liliana Roch  
Steffen Krause  
Gerrit Mäder  
Beate Leupolt  
Volkmar Hopfe**

Die Arbeit wurde gefördert durch die Fraunhofer Gesellschaft im Rahmen der Wirtschaftsorientierten Strategischen Allianz (WISA) "Transparenter Kratzschutz"

