
Untersuchungen zur lokalen Abscheidung von SiO_x -Schichten mittels Plasmajet

M. Janietz, Th. Arnold

Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e.V.
Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

- Motivation
- Experimenteller Aufbau
- Plasma
- Abscheidung
- Schichtcharakterisierung
- Zusammenfassung

Motivation

Vielseitige Einsatzmöglichkeiten von SiO_x -Schichten:

Dielektrikum in elektronischen Bauteilen

Korrosionsschutzschicht

Diffusionsbarriereschichten auf Verpackungsmaterial

...

konkretes Ziel: Bearbeitung von Linsen und Gläsern

Vorteile des Plasmajets:

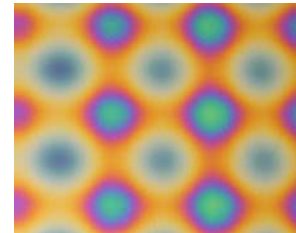
einfacher Aufbau

Arbeit bei Atmosphärendruck und Raumtemperatur

Bearbeitung von nicht-plasmaätzbaren Gläsern möglich

Ultrapräzise Bearbeitung - lokale Abscheidung im Nanometerbereich

Einstellbarkeit der Brechzahl durch Variation der Gaszusammensetzung



Experimenteller Aufbau

Gasflüsse

He:	200 ... 1000 sccm
O ₂ :	0 ... 20 sccm
He + HMDSO:	0 ... 20 sccm
N ₂ :	0 ... 1500 sccm

Mikrowellenpulsquelle

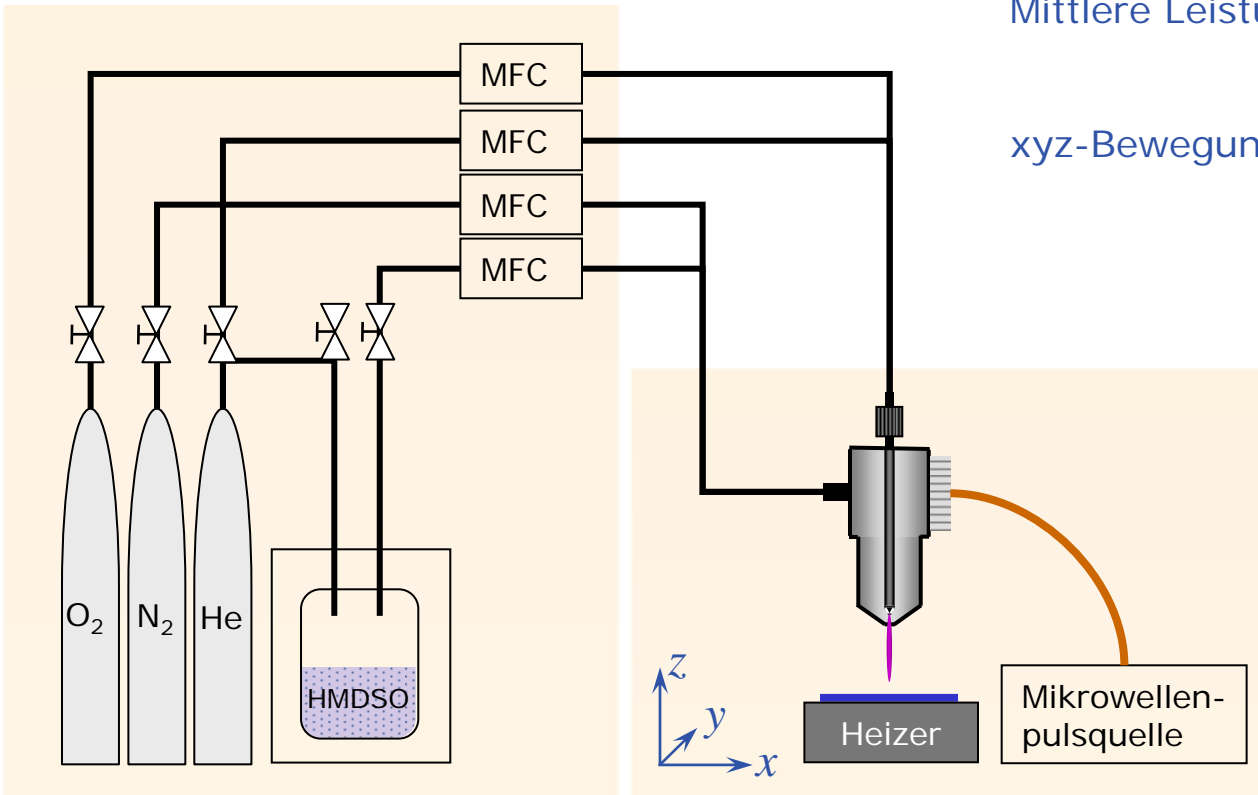
Frequenz $f = 2,45 \text{ GHz}$

Pulsbreite $5 \mu\text{s}$

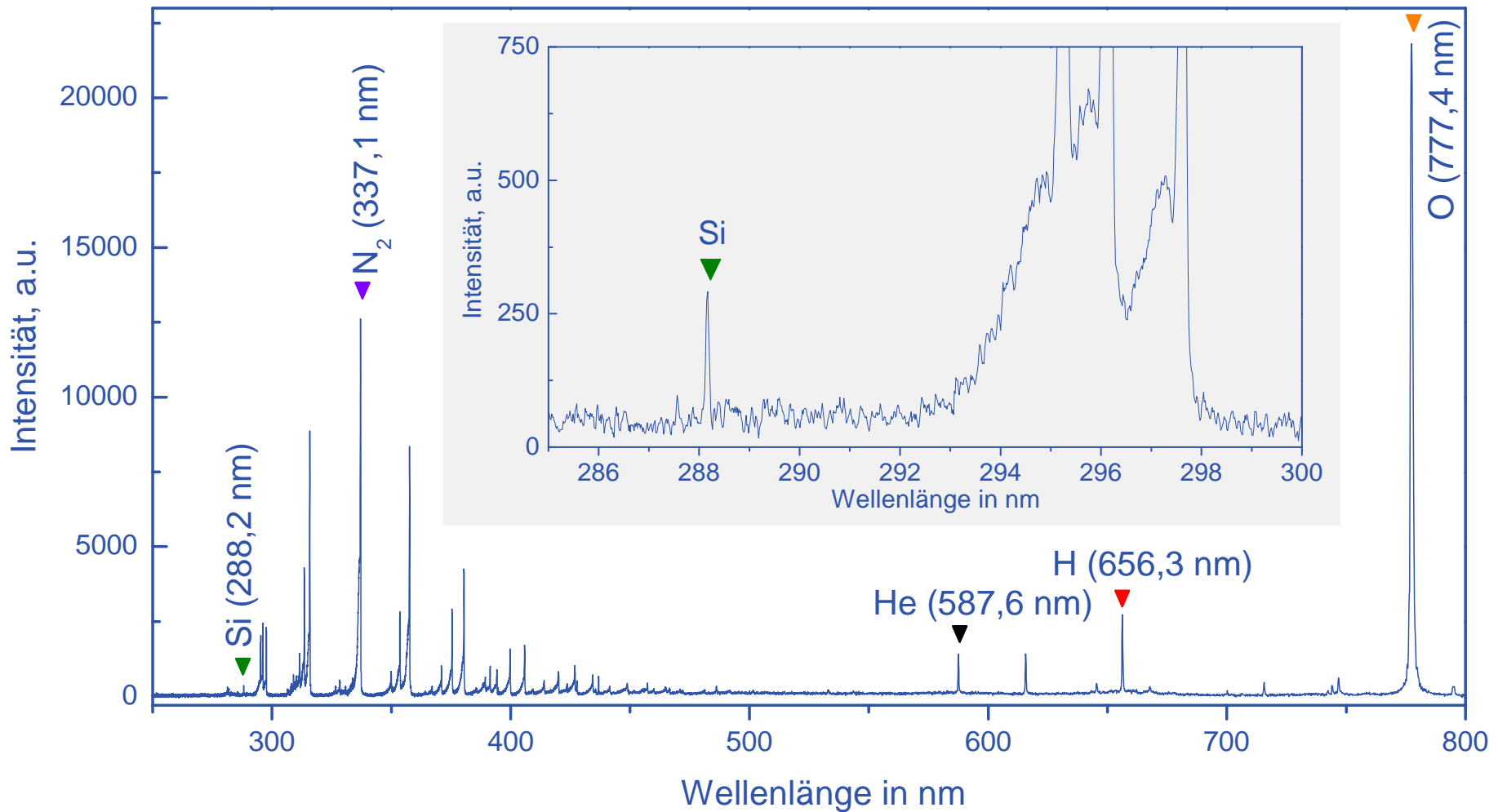
Maximale Peakleistung $S = 100 \dots 300 \text{ W}$

Mittlere Leistung $M = 2,0 \dots 5,0 \text{ W}$

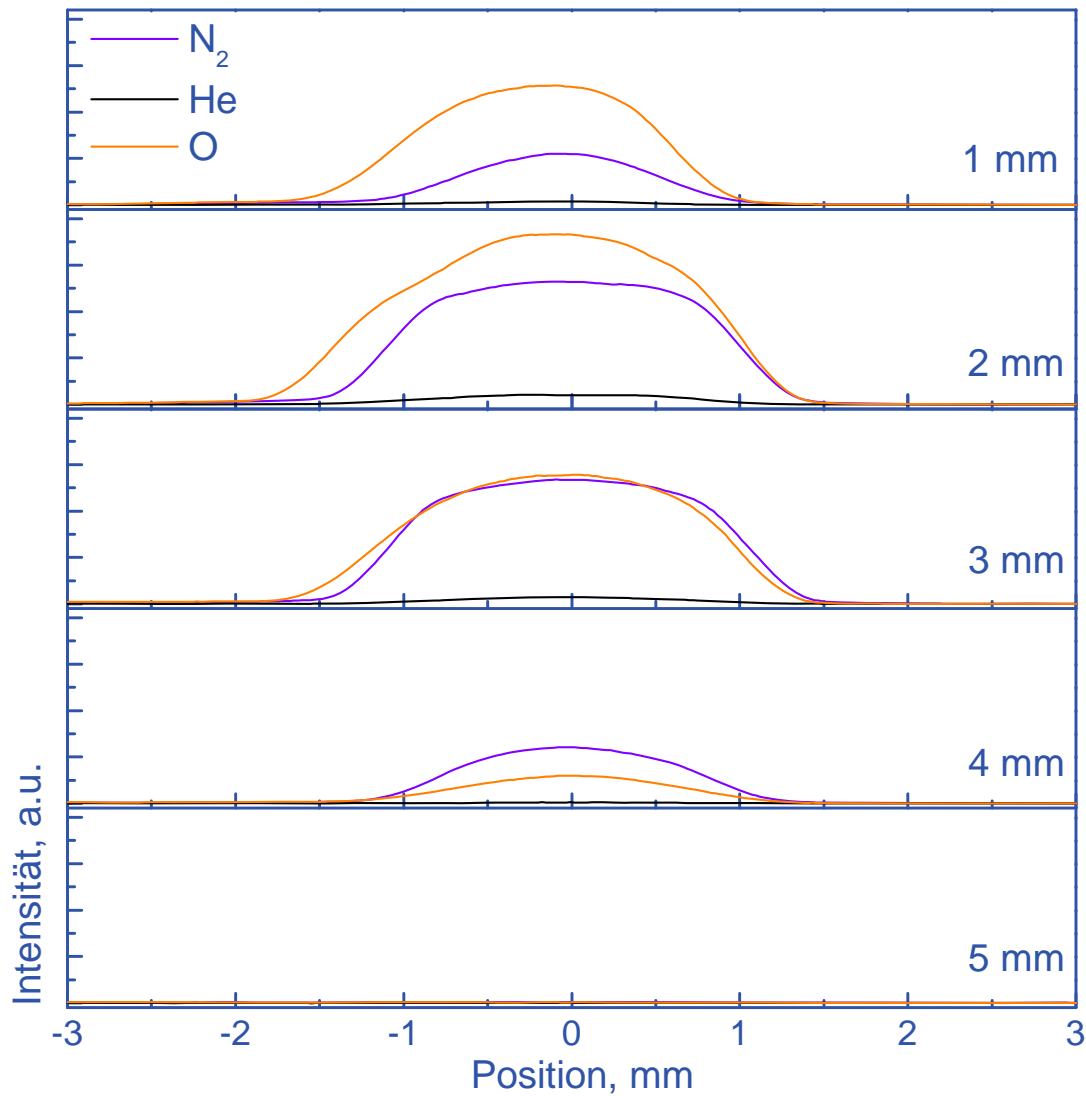
xyz-Bewegungssystem für Plasmajetquelle



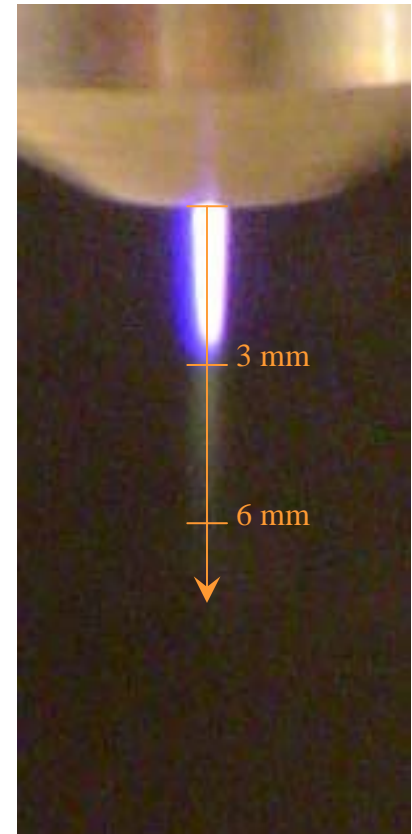
Plasma - OES



Plasma - OES



Abstand zur Düse



Abscheidung

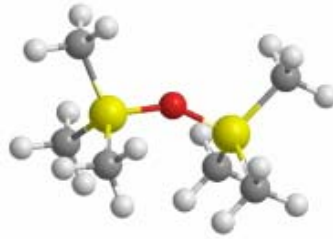
HMDSO (Hexamethyldisiloxan)



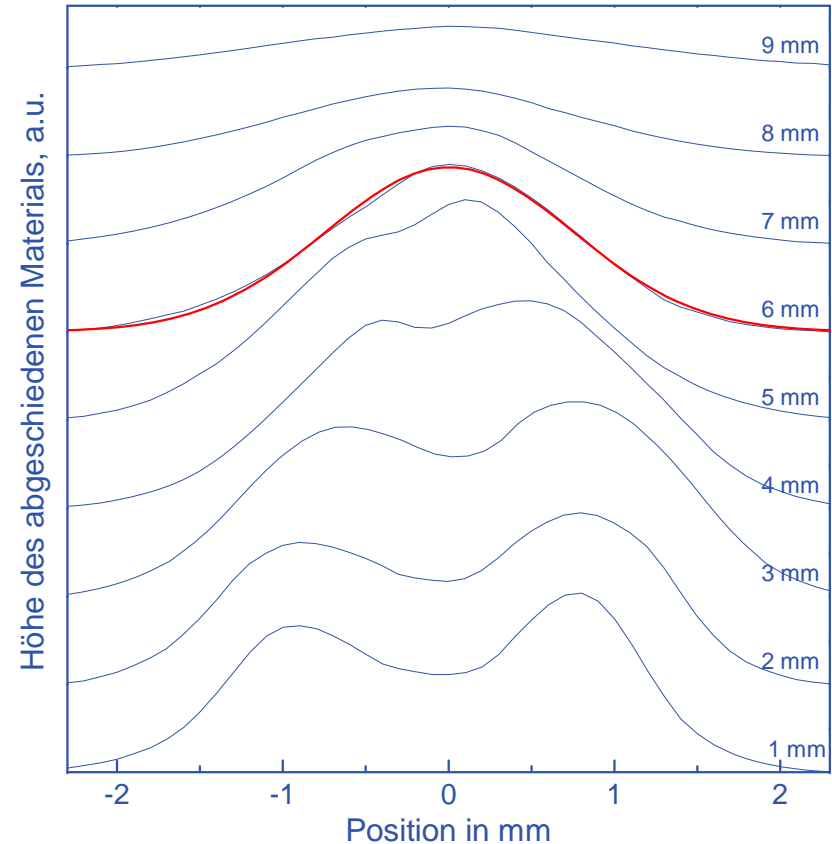
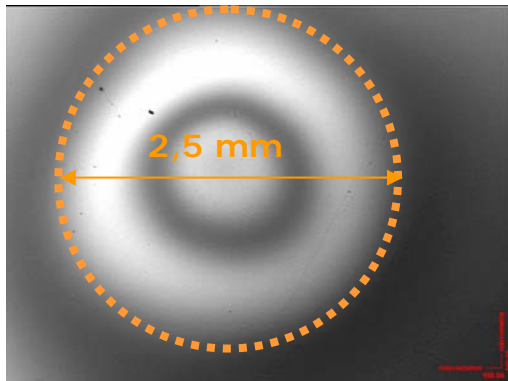
ungiftige, farblose Flüssigkeit

Siedepunkt 99°C

Dampfdruck (98 mbar, 310 K) [www.airliquide.com]

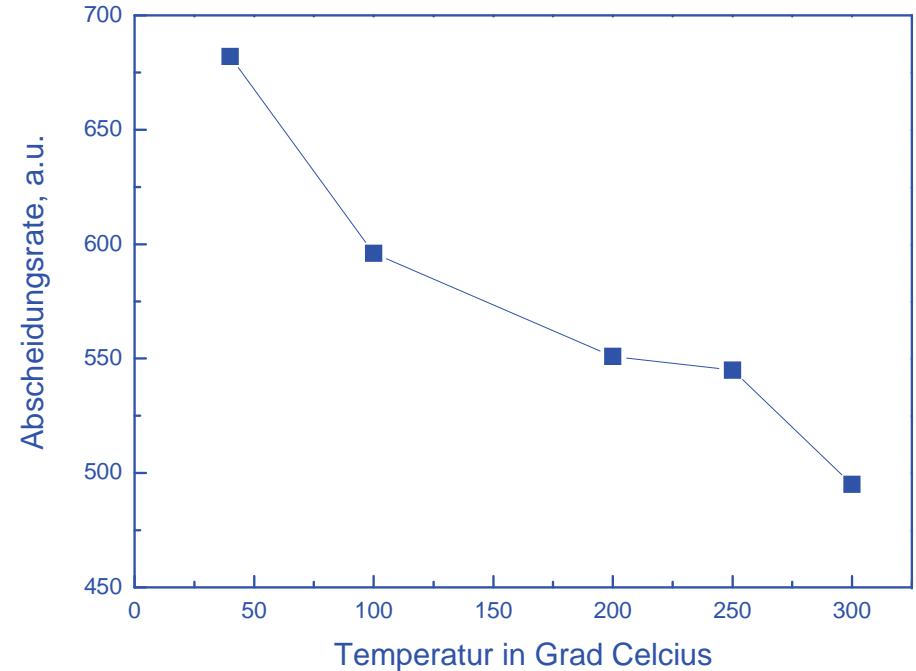
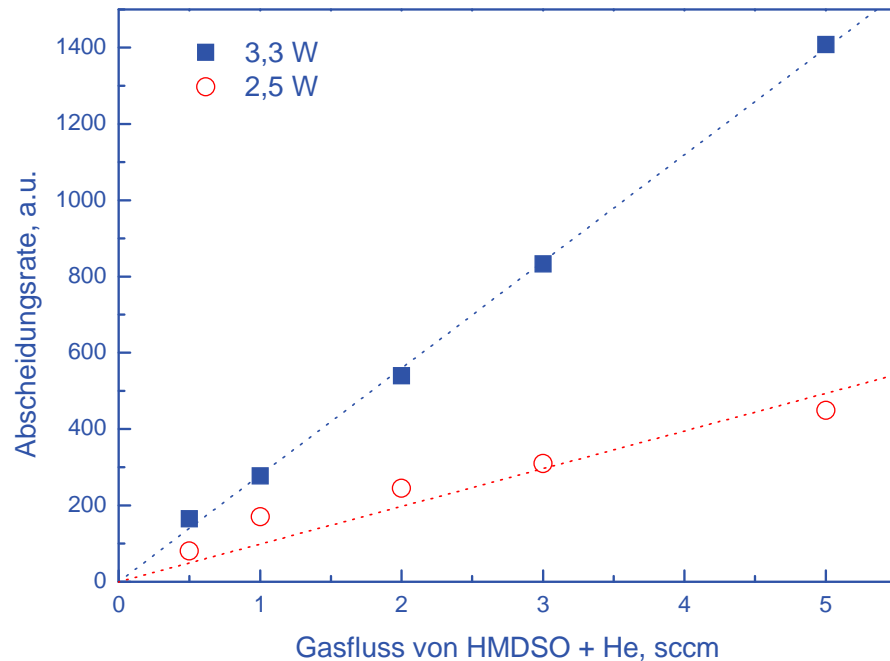


Dissoziation des Precursors im Plasma,
u.a. durch atomaren Sauerstoff



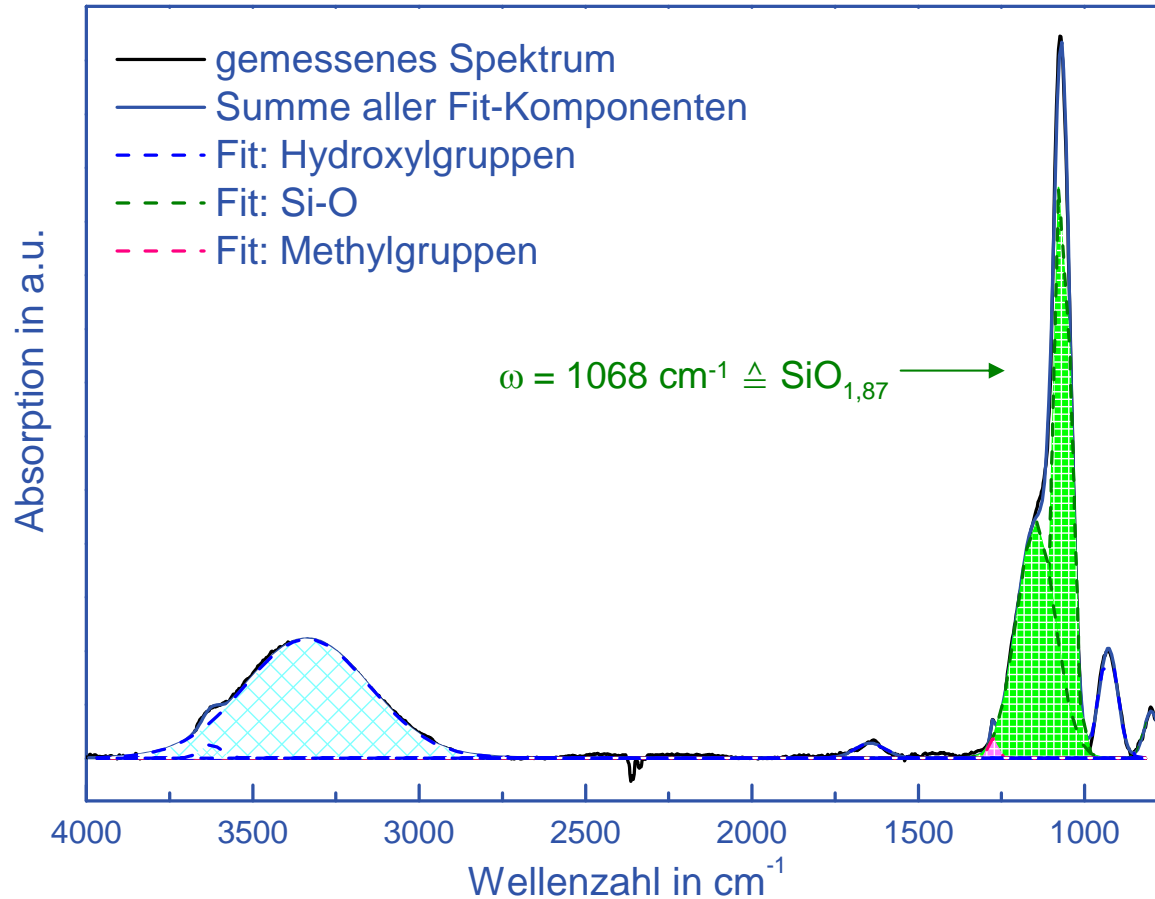
- Abgeschiedene Menge: $1 \cdot 10^{-4} \dots 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{s}$
- Umwandlungsgrad HMDSO $\rightarrow \text{SiO}_x$: circa 10^{-3}

Abscheidung - Parametereinfluss



- Anstieg der Abscheidungsrate mit Gasfluss des Precursors und Mikrowellenleistung
- Sinken der Abscheidungsrate bei steigender Substrattemperatur und wachsendem Abstand zur Düse

Schichtcharakterisierung - FTIR

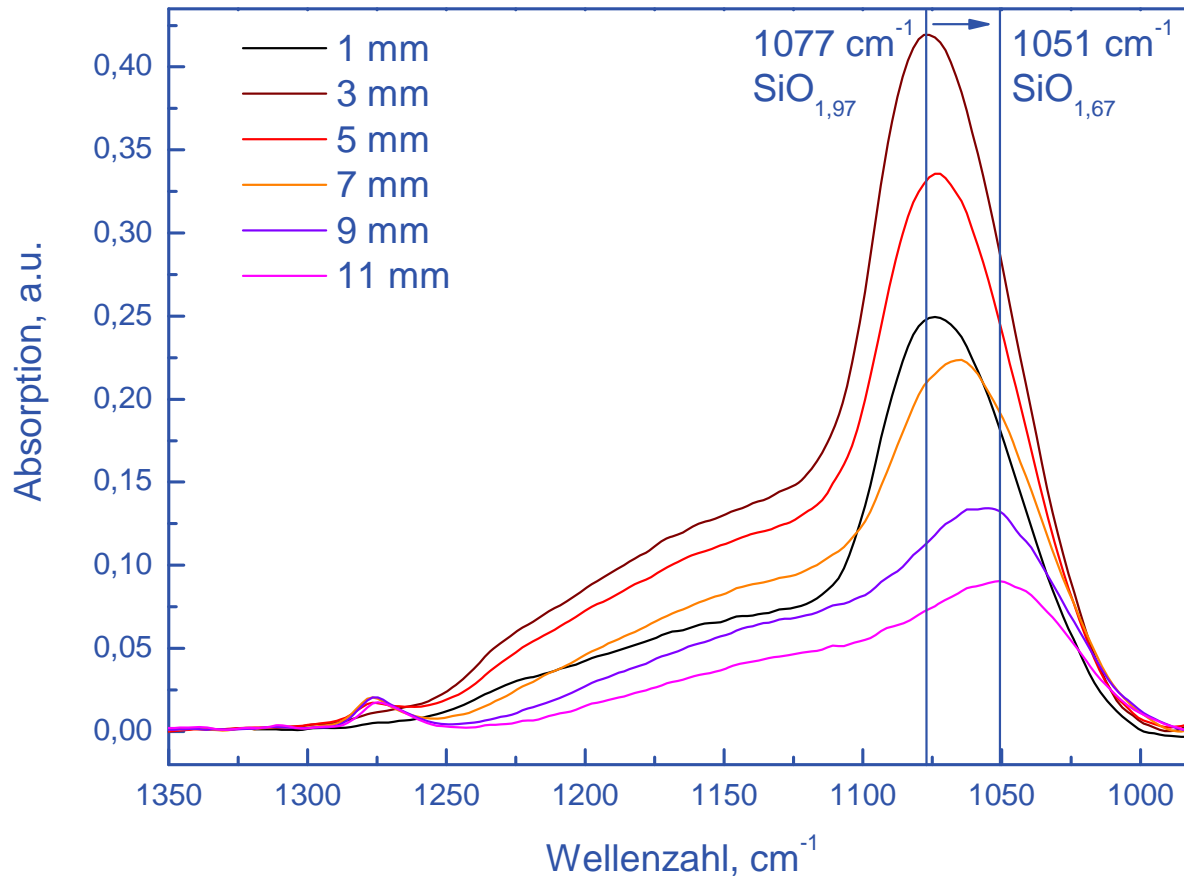


Stöchiometrie-Bestimmung

$$\omega(\text{SiO}_x) = 900 + 90x(\text{cm}^{-1})$$

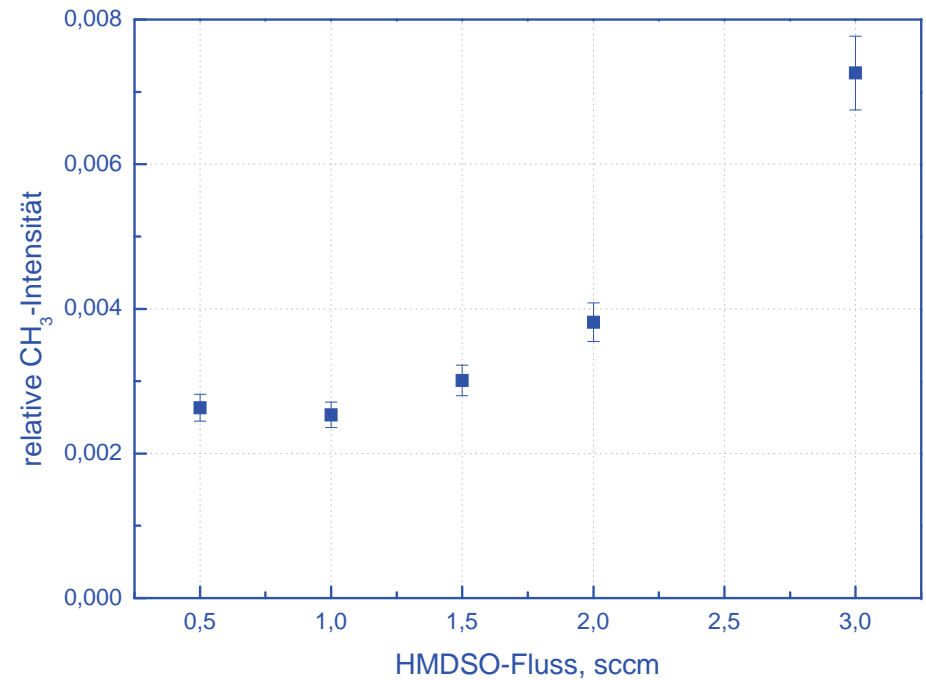
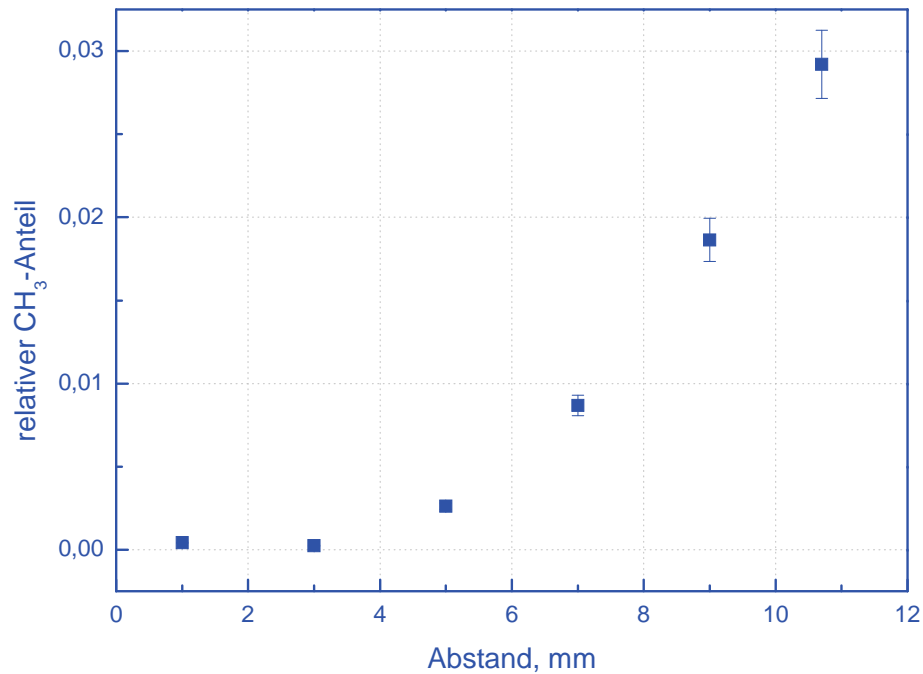
ω ... Frequenz

Schichtcharakterisierung - FTIR



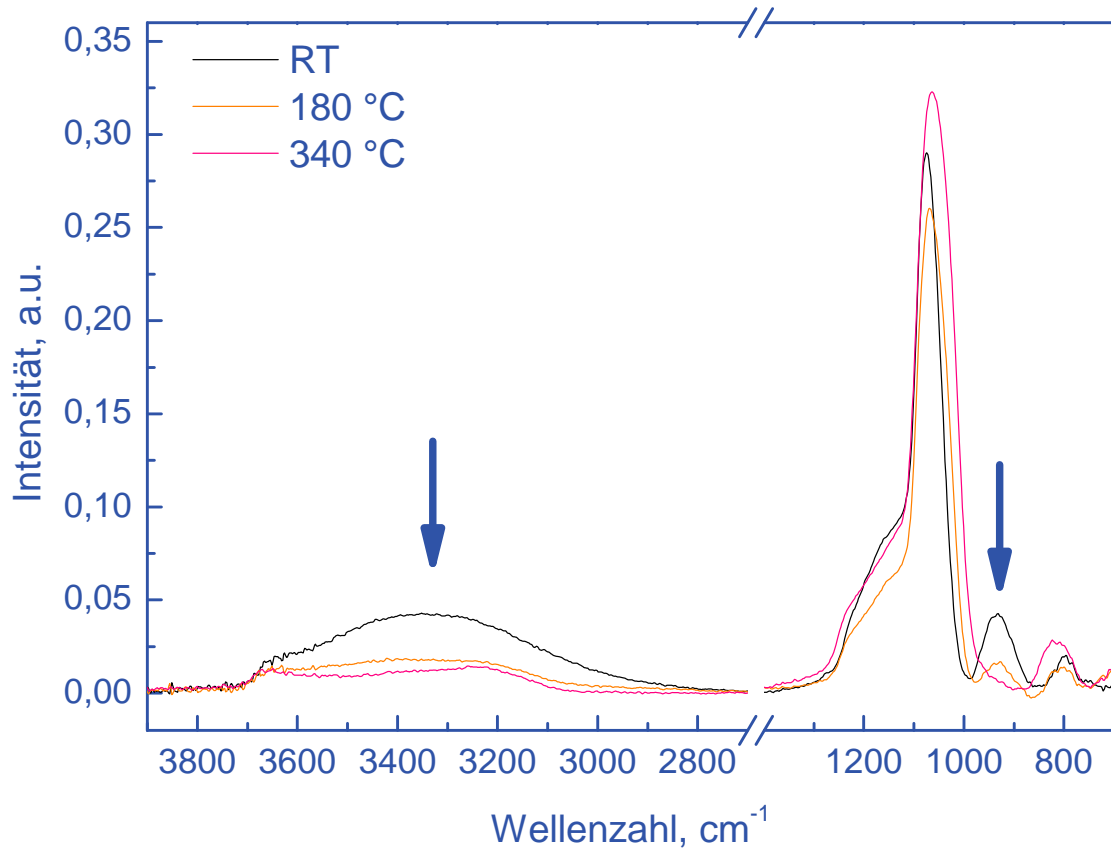
- Sauerstoffgehalt der Schichten hängt vom Abstand zur Düse ab
- Anteil der Methylgruppen steigt mit wachsendem Abstand

Schichtcharakterisierung - FTIR



- Starke Zunahme des Methylgruppenanteils bei Schichten, die außerhalb der aktiven Plasmazone abgeschieden wurden
- Anstieg des Anteils von Methylgruppen mit steigendem Precursor-Fluss

Schichtcharakterisierung – FTIR



stark verringerter Anteil von Hydroxylgruppen bei steigender Substrattemperatur

Schichtcharakterisierung - Ellipsometrie

Bestimmung von

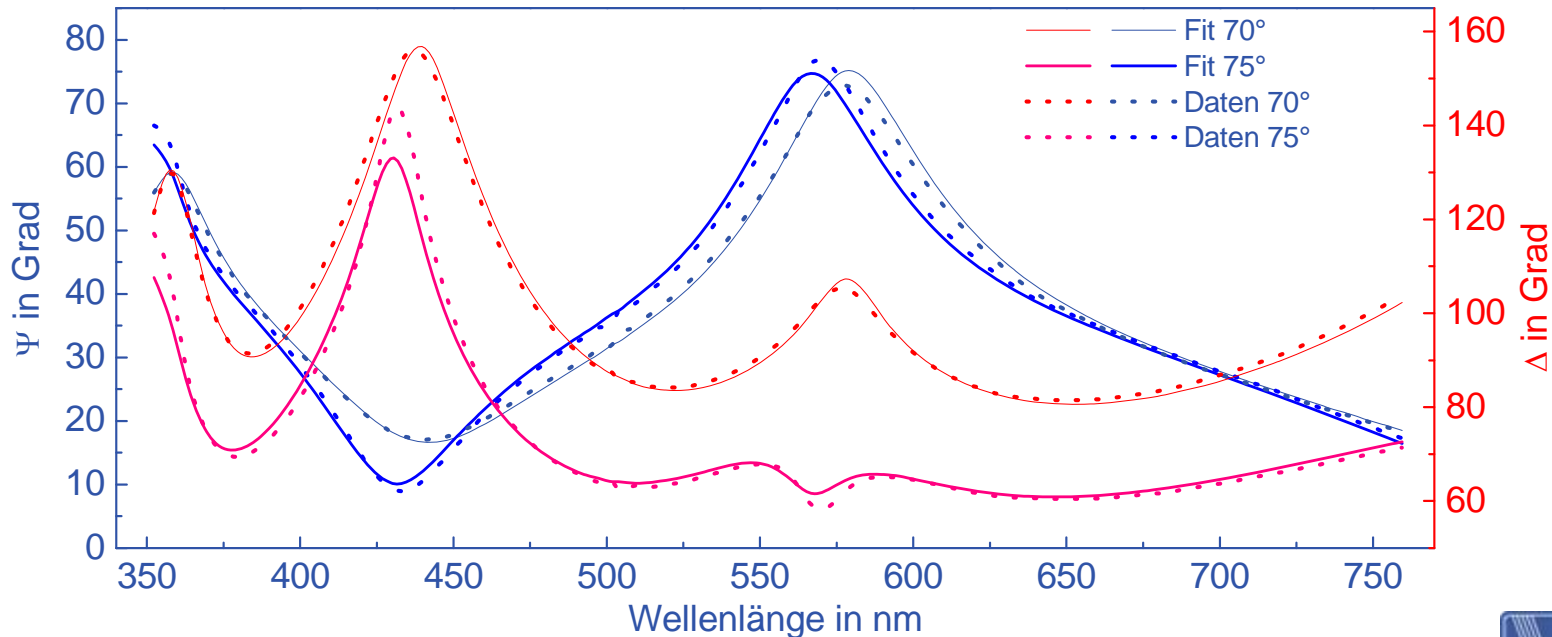
- Brechungsindex
- Schichtdicke
- Schichtdickeninhomogenität

durch die Analyse der
Polarisationsänderung von Licht

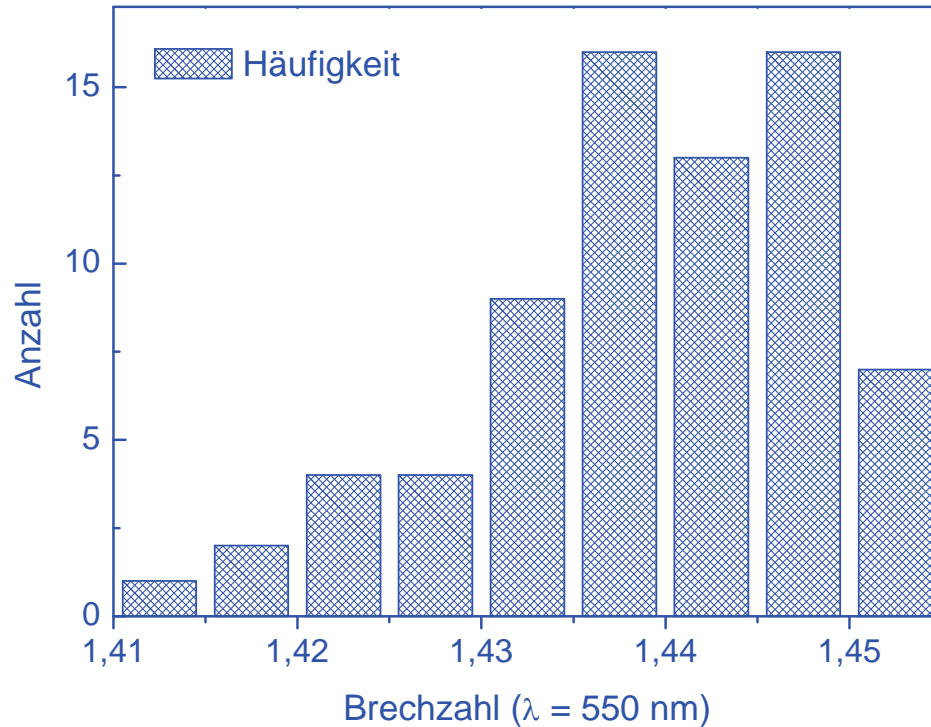
Schichtmodell nach Cauchy-Gleichung

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$$

n ... Brechzahl, λ ... Wellenlänge, A, B, C ... Konst.



Schichtcharakterisierung - Ellipsometrie



Brechzahl von Quarzglas:
1,46 ($\lambda = 550$ nm)
(Cauchyparameter:
 $A = 1,458$, $B = 0,00354 \mu\text{m}^2$)

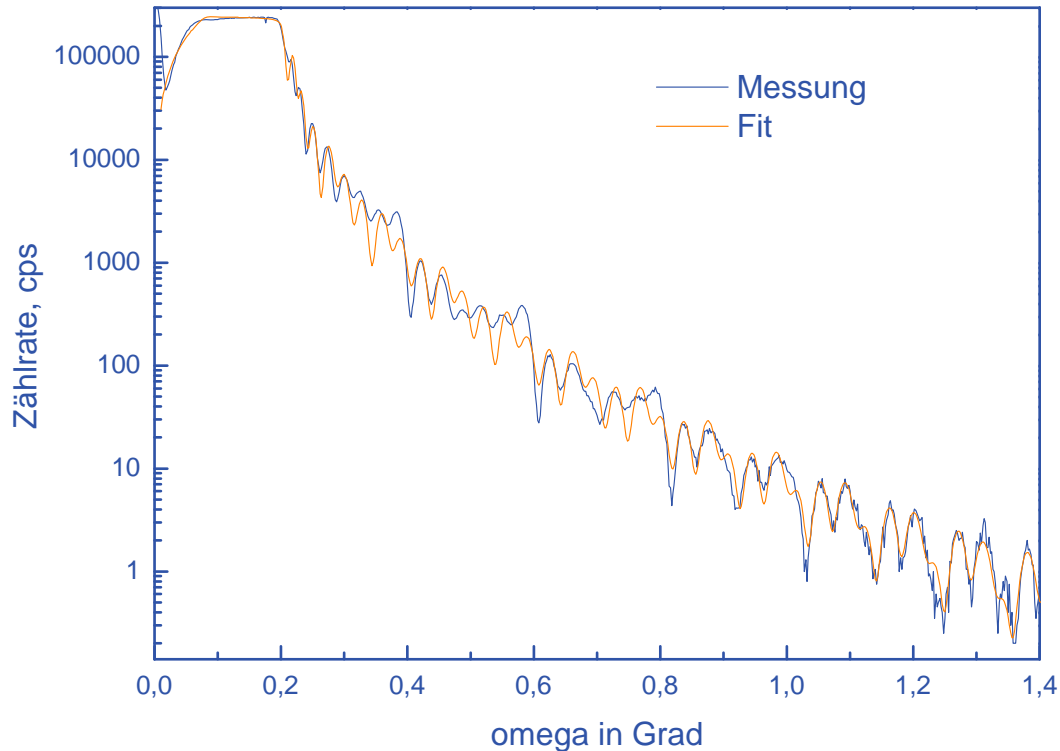
Bestimmte Brechzahlen niedriger als
Tabellenwert für Siliziumdioxid

Brechungsindex wird verändert von

- Hohlräumen (-) und Kohlenstoffrückständen (+) [van Hest, Thin Solid Films 449, 52]
- OH-Gruppen (-) [Yamagata, Mineralogical Journal 16, 1]

Schichtcharakterisierung - XRR

Dichtebestimmung mit Röntgenreflektometrie



Dichte $1,9 \text{ g/cm}^3$
(amorphes SiO_2 : $2,2 \text{ g/cm}^3$)

→ abgeschiedene Schichten porös

Zusammenfassung

- Abscheidung von Siliziumsuboxid-Schichten mittels mikrowellenangeregtem Plasmajet
- Abscheidungsrate abhängig von diversen Parametern:
 - Arbeitsabstand
 - Plasmaenergie
 - Gasflüsse
 - Substrattemperatur
- Schichteigenschaften:
 - Brechungsindex 1.41 ... 1.45
 - Schichtdicken bis zu 2 μm
 - Kaum organische Rückstände
 - Keine Partikel
 - Porosität

Danksagung

Dr. Gerlach (XRR-Messungen)

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

