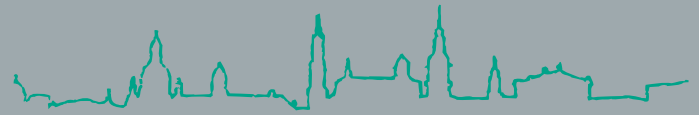




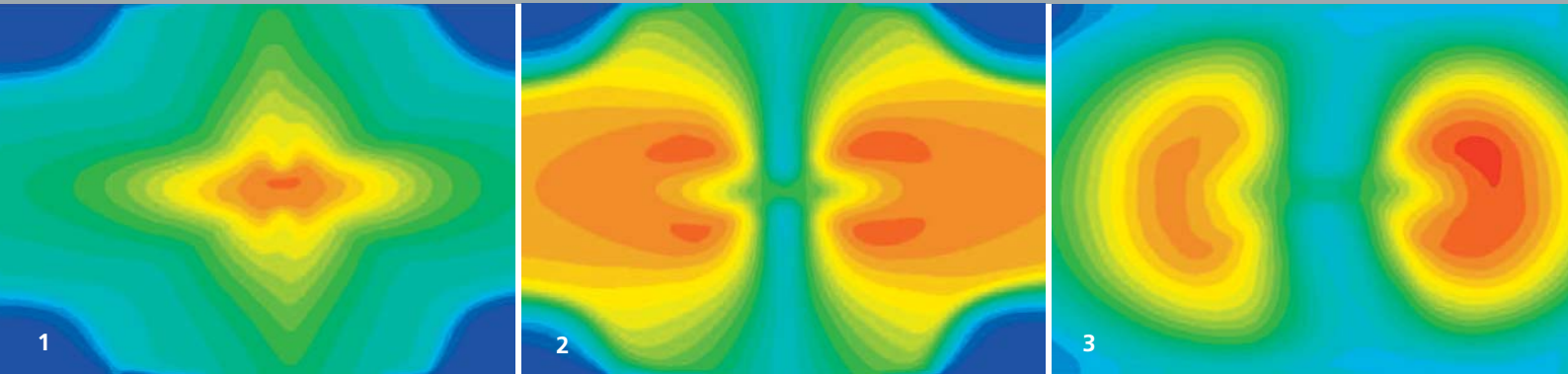
Fraunhofer

IWS



Dresden

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND STRAHLTECHNIK IWS



STRÖMUNGSSIMULATION ZUR PROZESSOPTIMIERUNG

Berechnung von Gas- und Partikelströmungen, Schichtabscheidung und Wärmeübertragung

Motivation

Die Prozesssimulation nimmt bei der Entwicklung und Optimierung von technischen Prozessen in zunehmendem Maße eine Schlüsselfunktion ein. Insbesondere das Verständnis nicht offensichtlicher Phänomene kann durch fluiddynamische Berechnungsmethoden erheblich vereinfacht werden.

Lösung

Am Fraunhofer IWS Dresden können FLUENT-Berechnungen zur Strömungssimulation durchgeführt werden. Zugschnitten auf den zu untersuchenden Prozess werden Simulationsmodelle zum einfachen und sicheren rechen-technischen Bestimmen der Strömungsvorgänge entwickelt.

Die Ergebnisse werden anschließend anhand von Meßwerten validiert. Am Fraunhofer IWS existieren umfassende Kenntnisse in den Bereichen:

- Gasströmungen
- Wechselwirkung von Partikeln innerhalb einer Gasströmung
- Simulation von Schichtabscheidungen (inkl. Modellbildung)
- Wärmeübertragung
- Gasströmungen in Volumenplasmaquellen

Vorteile

Mittels der Strömungssimulation können gegenüber empirisch gefundenen Abhängigkeiten wesentlich effizienter Wirkmechanismen anhand von Parametervariationen abgeschätzt werden.

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Winterbergstraße 28, 01277 Dresden

Ansprechpartner:

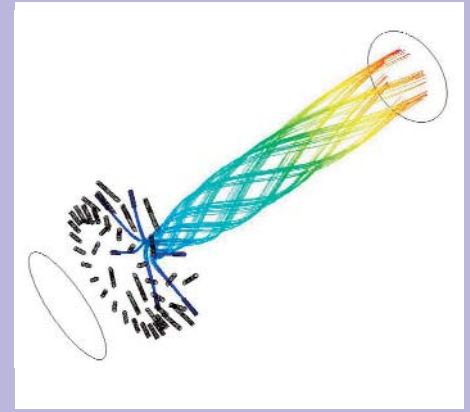
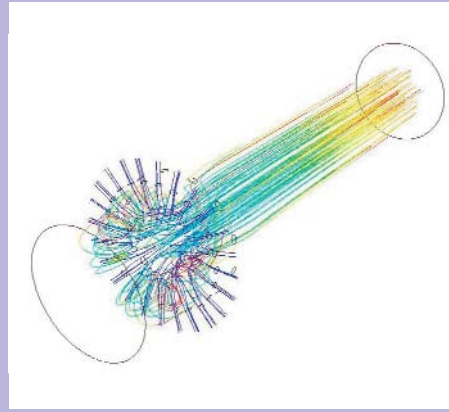
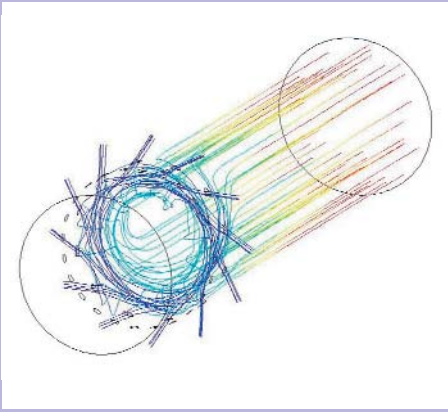
Dr. Gerrit Mäder

Telefon +49 351 83391-3262

Telefax +49 351 83391-3300

gerrit.maeder@iws.fraunhofer.de

www.iws.fraunhofer.de



Ergebnisse

Simulation der Schichtabscheidung bei der plasmagestützten Gasphasenabscheidung (PECVD)

Für die effektive Entwicklung von Atmosphärendruck-PECVD-Reaktoren wurde ein Simulationsmodell zur Berechnung der Abscheidfiguren von Beschichtungsdüsen entwickelt. Die Wirkungsweise solcher Düsen besteht im Auftragen einer dünnen Reaktivgas- (Abb. 1) bzw. angeregten Plasma-gasschicht (Abb. 2) direkt auf der Substratoberfläche. Die Schichtabscheidung erfolgt durch die Reaktion beider Komponenten. Es wurde festgestellt, dass es eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den berechneten (Abb. 3) und realen Beschichtungsfiguren gibt. Es zeigt sich, dass bei Atmosphärendruck-Plasma-Prozessen der konvektive und diffusive Gasaustausch die geschwindigkeitsbestimmenden Komponenten darstellen. Der Einfluss der Reaktionskinetik ist vernachlässigbar.

Die Simulation der Abscheidfiguren wurde unter den folgenden Randbedingungen durchgeführt:

Schichtmaterial: $\text{SiO}_2\text{:H}$
 Precursor: $\text{TEOS (Si(OC}_2\text{H}_5)_4) + \text{O}_2$
 Plasmagasfluss: 50 slm Ar + N_2
 Düsendurchmesser Precursor: 0,5-2 mm
 Düsendurchmesser Plasmagas: 6 mm
 Substrattemperatur: 300 °C

Vermeidung von Partikelablagerungen bei der In-situ-Prozessdiagnostik

Die Qualität und Reproduzierbarkeit technischer Prozesse hängt in hohem Maße von der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der Prozessgasatmosphäre ab. Zur Gasanalyse werden oft nicht invasive, optische Gasmesszellen eingesetzt. Eine Herausforderung beim Design einer in das Abgassystem von Beschichtungsanlagen (PECVD) integrierten Messzelle stellte die langzeitstabile Funktion ohne Reduktion der optischen Transparenz dar. Diese kann mitunter durch Fensterverschmutzungen von partikelhaltigen aggressiven Prozessgasen beeinflusst werden. Durch Simulation der Partikelströmung innerhalb des Abgassystems wurde in Verbindung mit einer entsprechenden Fensterspülung (Abb. 4) eine langzeitstabile Gasmesszelle entwickelt.

Die Optimierung der optischen Gasmesszelle wurde unter folgenden Randbedingungen durchgeführt:

Gasvolumenstrom: 100 slm
 Partikeldichte: 10-6 g/cm^3
 Partikeldurchmesser: 3 bis 30 μm
 Rohrdurchmesser: 100 mm
 Fensterflanschdurchmesser: 25 bzw. 40 mm

Modelle

- CAD-Import von 3D-Geometrien
- bis zu 4 Mio. Zellen

Simulationen

- 2D, 2D-rotationssymmetrisch oder 3D
- stationär / zeitabhängig
- laminar / turbulent
- chemische Reaktion
- Wärmeübergang durch Konvektion und Strahlung
- bewegte Bezugssysteme (Rotation/Translation)

- 1 Reaktivgaskonzentration an der Substratoberfläche.
- 2 Plasmagaskonzentration an der Substratoberfläche.
- 3 Simulierte Beschichtungsfigur.
- 4 Strömungstrajektorien zur Gasspülung eines optischen Fensters.