

Entwicklung von CNT-Schichten für Anwendungen in der Gastrennung

SUSANNE MÜLLER*, JÖRG RICHTER, INGOLF VOIGT

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, Institutsteil Hermsdorf, Michael-Faraday-Str. 1, 07629 Hermsdorf
* susanne.mueller@ikts.fraunhofer.de

Einführung

Carbon Nanotubes (CNTs) gelten auf Grund ihrer definierten Struktur, ihrer großen spezifischen Oberfläche und ihrer besonderen Oberflächenaktivität als ein geeignetes Material zur Gastrennung, Gasspeicherung oder für Anwendungen in der Katalyse.

Experimentelles

Poröse, keramische Einkanalrohre werden als Träger für die Herstellung der CNT-Schichten eingesetzt. Die Einkanalrohre besitzen einen Innendurchmesser von 7 mm, einen Außendurchmesser von 10 mm und eine Länge von 105 mm (Bild 1b).



Bild 1
a) CVD-Anlage zur Herstellung von CNT-Schichten.
b) CNT-Schicht abgeschieden auf der Innenseite eines Al_2O_3 -Einkanalrohres.

Die Abscheidung der CNT-Schichten auf der Innenseite der rohrförmigen Träger erfolgt über ein CVD-Verfahren (Chemical Vapor Deposition, CVD) (Bild 1a). Vor der Abscheidung werden die Träger mit geeigneten Katalysatoren beschichtet. Gasförmige oder flüssige Kohlenwasserstoffe werden anschließend zwischen 500 °C und 1000 °C zersetzt. Der gebildete Kohlenstoff scheidet sich an den Katalysatorpartikeln in Form von CNT-Schichten ab (Bild 1b). Reaktionen während des CVD-Prozesses können über IR-Spektroskopie und GCMS analysiert werden (Bild 2).

Ergebnisse

Eine Erhöhung des Katalysatorgehaltes verschiebt die katalytische Zersetzung des Kohlenwasserstoff-Precursors von 600 °C auf 500 °C. Gleichzeitig steigt die CNT-Ausbeute mit zunehmender Katalysatormenge (Bild 2a, b).

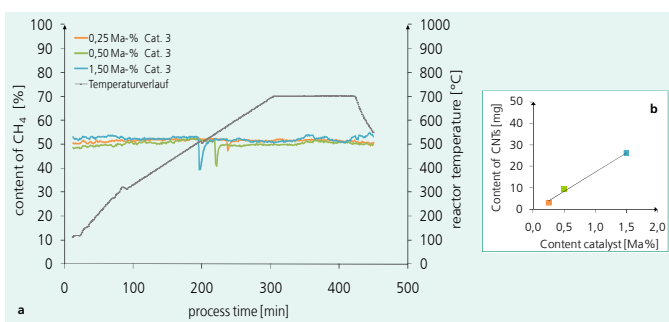


Bild 2
a) CNT-Abscheidung durch C_2H_2 -Zersetzung an einem Katalysator unterschiedlicher Katalysatormenge.
b) CNT-Ausbeute in Abhängigkeit des Katalysatorgehaltes.

Durch Chemical Vapor Deposition (CVD) können gleichmäßige CNT-Schichten mit Schichtdicken $< 5 \mu\text{m}$ auf der Innenseite poröser, keramischer Einkanalrohre abgeschieden werden (Bild 3a, b). Die Carbon Nanotubes besitzen Röhrendurchmesser $< 200 \text{ nm}$ (Bild 3c).

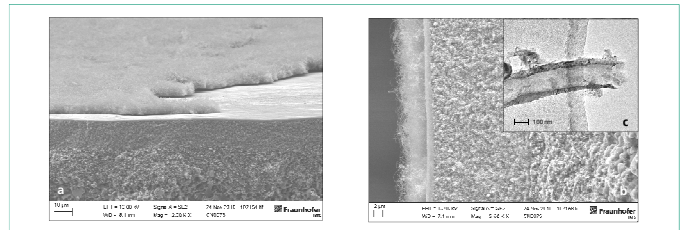


Bild 3
a) CNT-Schicht, gleichmäßig abgeschieden auf einem Al_2O_3 -Träger.
b) Querschnitt einer CNT-Schicht mit einer Schichtdicke $< 5 \mu\text{m}$.
c) Geöffnetes Carbon Nanotube mit einem Röhrendurchmesser $< 200 \text{ nm}$.

Die hergestellten CNT-Schichten zeigen in den Gaspermeationsmessungen adsorptionsselektive Gastrenneigenschaften. Durch die Variation des Katalysators können die Einzelgaspermeanzen verändert werden. Hohe Katalysatorgehalte führen zu höheren Einzelgaspermeanzen (Bild 4).

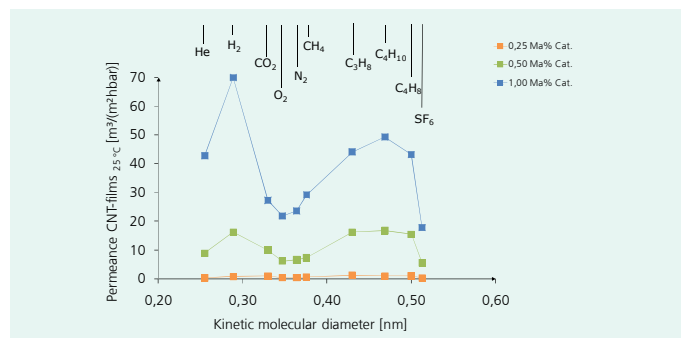


Bild 4
Einzelgaspermeanzen von CNT-Schichten, unterschiedlicher Katalysatorgehalte, abgeschieden auf Al_2O_3 .

In geschlossenen CNTs könnte die Gastrennung durch Adsorptionseffekte an der CNT-Oberfläche erfolgen (ASCM). Bei geöffneten CNTs wäre ein Gastransport innerhalb der Röhren möglich (MSCM) (Bild 5).

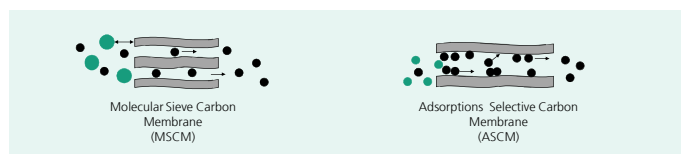


Bild 5
Theoretische Gastrennung in den Poren einer Kohlenstoffmembran mit molekularsiebenden (MSCM) und adsorptionsselektiven (ASCM) Trenneigenschaften.

Schlussfolgerung

CNT-Schichten zeigen Potential zur Trennung von Gasen unterschiedlicher Molekülgröße (H_2/CO_2). Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die Separation von Gasen ähnlicher Molekülgrößen durch Adsorption (Paraffin/Olefin). Wegen ihrer Eigenschaften sind CNTs von wachsendem Interesse für zukunftsorientierte Anwendungsfelder, wie die Bereitstellung von Kraftstoffen. CNTs könnten wegen ihrer zylindrischen Struktur mit großer Oberfläche ein ideales Material zur Speicherung von Gasen darstellen.