

Dipl.-Phys. Dipl.-Wirt. Phys. Stefan Nehlsen,
Lübeck

**Plasmapolymerisierte
Membranen
zur Verbesserung
der Selektivität
von Gassensoren**

Reihe **3**: Verfahrenstechnik

Nr. **511**

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Grundlagen der Plasmapolymerisation | 4 |
| 2.1 | Hochfrequenzplasmen für die Plasmapolymerisation | 5 |
| 2.1.1 | Grundlagen | 5 |
| 2.1.2 | Kinetische Aspekte | 6 |
| 2.1.3 | Anregungsmechanismen | 7 |
| 2.1.4 | Elektronenverlustmechanismen | 9 |
| 2.2 | Schichtbildung durch Plasmapolymerisation | 10 |
| 2.2.1 | Nicht-plasmagestützte Polymerisation | 10 |
| 2.2.2 | Mechanismus der Plasmapolymerisation | 10 |
| 2.2.3 | Kinetik der Plasmapolymerisation | 11 |
| 3 | Gastransport in Membranen | 13 |
| 3.1 | Grundlagen | 13 |
| 3.2 | Transportmodelle | 15 |
| 3.2.1 | Molekularer Fluß in mikroporösen Membranen | 16 |
| 3.2.2 | Diffusiver Fluß in Lösungsdiffusions-Membranen | 16 |
| 3.2.3 | Doppeltransport-Modell | 21 |
| 3.3 | Modellierung von Kompositmembranen | 22 |
| 4 | Metalloxid-Gassensoren | 24 |
| 4.1 | Wechselwirkung zwischen Metalloxidoberflächen und der Gasphase . . . | 24 |
| 4.2 | Elektronische Leitfähigkeit von Metalloxiden | 27 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5 | Zielsetzung der experimentellen Arbeit und Stand der Technik | 32 |
| 5.1 | Gasmessung mit Metalloxid-Gassensoren | 32 |
| 5.1.1 | Verwendung von Katalysatoren | 33 |
| 5.1.2 | Zinkoxid-Gassensoren | 34 |
| 5.1.3 | Mehrelementige Sensorsysteme. | 35 |
| 5.2 | Anforderungen an Membranen zur Verbesserung der Selektivität von Gassensoren | 35 |
| 5.3 | Gastrennung mit Plasmapolymere | 36 |
| 5.3.1 | Polymere Materialien zur Gastrennung | 36 |
| 5.3.2 | Herstellung von Plasmapolymere zur Gastrennung | 37 |
| 5.4 | Aufbau des experimentellen Teils der Arbeit | 39 |
| 6 | Realisierung der eingesetzten Mikrotechnologien | 40 |
| 6.1 | Plasmapolymere | 40 |
| 6.1.1 | Prozeßtechnische Grundlagen | 40 |
| 6.1.2 | Parameterraum der zu realisierenden Plasmapolymere | 42 |
| 6.1.3 | Technische Umsetzung | 45 |
| 6.2 | Kathodenzerstäuben | 45 |
| 6.2.1 | Sputtern von Metallen | 46 |
| 6.2.2 | Sputtern von Isolatoren | 47 |
| 6.2.3 | Reaktives Sputtern | 47 |
| 6.3 | Strukturierungsverfahren | 48 |
| 6.3.1 | Photolithographie | 48 |
| 6.3.2 | Plasmaätzen | 48 |
| 6.3.3 | Naßchemische Tiefenstrukturierung | 49 |
| 6.4 | Aufbau- und Verbindungstechnik | 50 |
| 7 | Meß- und Analyseverfahren | 53 |
| 7.1 | Verfahren zur Dünnschichtcharakterisierung | 53 |
| 7.1.1 | Schichtdickenbestimmung | 53 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 7.1.2 | Dichtebestimmung | 55 |
| 7.1.3 | Bestimmung der Mikrohärtigkeit | 56 |
| 7.1.4 | Analytische Verfahren – Infrarotspektroskopie | 57 |
| 7.2 | Permeationsmeßverfahren | 58 |
| 7.2.1 | Druckanstiegsmethode | 59 |
| 7.2.2 | Bestimmung der partialdruckdifferenzgetriebenen Gemischpermeation mittels Infrarotspektroskopie | 62 |
| 7.3 | Sensor- und Mikrosystemcharakterisierung | 65 |
| 7.3.1 | Periodisches Gaswechselverfahren | 65 |
| 7.3.2 | Sensorkenngrößen | 66 |
| 8 | Plasmapolymerisation von Dünnschichtmembranen | 68 |
| 8.1 | Voruntersuchungen | 68 |
| 8.1.1 | Substrat für die Kompositmembranen | 68 |
| 8.1.2 | Charakterisierung des Abscheideprozesses | 70 |
| 8.1.3 | Reproduzierbarkeit der Plasmapolymere und Diskussion des Meßfehlers der Permeationsmessungen | 72 |
| 8.2 | Zusammenhang zwischen der Morphologie der Plasmapolymere und deren Membraneigenschaften | 76 |
| 8.2.1 | Vorbemerkungen | 76 |
| 8.2.2 | Siliziumorganische Präkursoren | 76 |
| 8.2.3 | Kohlenwasserstoffe als Präkursoren | 81 |
| 8.2.4 | Fluorkohlenwasserstoffe als Präkursoren | 83 |
| 8.2.5 | Mehrkomponentige Präkursoren | 84 |
| 8.3 | Standfestigkeit der Membranen | 89 |
| 8.3.1 | Thermische und Langzeitstabilität | 89 |
| 8.3.2 | Chemische Resistenz | 92 |
| 8.4 | Intrinsische Permeationseigenschaften | 93 |

| | |
|---|------------|
| 9 Entwurf und Realisierung integrierter Membran/Gassensor-Mikrosysteme | 96 |
| 9.1 Gesamtkonzeption | 96 |
| 9.2 Dünnschicht-Gassensor mit integrierter Heizung und Temperatursensor | 98 |
| 9.2.1 Entwurf | 98 |
| 9.2.2 Realisierung | 99 |
| 9.3 Meßgas-Kompartimente und Spülsystem | 100 |
| 9.3.1 Entwurf eines Zwillingssystems | 100 |
| 9.3.2 Erweiterung des Systems | 102 |
| 9.4 Aufbau- und Verbindungstechnik | 103 |
| 10 Charakterisierung der Membran/Gassensor-Mikrosysteme | 106 |
| 10.1 Charakterisierung des Basissystems | 106 |
| 10.2 Charakterisierung des Gesamtsystems | 108 |
| 11 Zusammenfassung und Ausblick | 110 |
| A Tabellen | 113 |
| B Abbildungen | 122 |
| Symbolverzeichnis | 157 |
| Abkürzungsverzeichnis | 160 |
| Literaturverzeichnis | 162 |