

FORTSCHRITT-  
BERICHTE

**VDI**

Dipl.-Ing. Christian Bayer, Jestetten

**Aufbringung von  
Siliziumoxidschichten  
durch Plasma-CVD und  
Anwendung auf  
Beschichtungen in einer  
Plasma-Wirbelschicht**

Reihe **3**: Verfahrenstechnik

Nr. **534**

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Vorwort</b>	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>XI</b>
<b>Summary</b>	<b>XIII</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Kenntnisstand</b>	<b>3</b>
2.1 Plasmen und plasmaunterstützte CVD	3
2.1.1 Plasmagrundlagen	3
2.1.2 Plasmaprozesse	9
2.1.3 Plasmaunterstützte CVD	10
2.2 Rate-Modellierungen bei der plasmaunterstützten CVD	14
2.3 Siliziumoxidschichten	18
2.4 Messung und Modellierung von Sauerstoffatomkonzentrationen	21
<b>3. Versuchsanlage, Versuchsdurchführung und Messeinrichtungen</b>	<b>24</b>
3.1 Versuchsanlage	24
3.2 Prozessparameter und Versuchsdurchführung	29
3.3 Ratemessungen	31
3.4 Qualitätsmessungen	31
3.5 Plasmaanalysen	35
<b>4. Experimente</b>	<b>37</b>
4.1 Versuche zur Beschichtungsrate	37
4.2 Versuche zur Schichtqualität	43
4.2.1 Diffusionsschutzwirkung	43
4.2.2 Härte	46
4.2.3 Chemische Zusammensetzung	49
4.2.4 Oberflächenstruktur	52
4.3 Versuche zur Schichtdickenhomogenität	59

## VI

4.4	Versuche zur Gasanalyse	63
4.4.1	Gaskomponentenanalyse im Afterglow	63
4.4.2	Gesamtumsatzbestimmung	67
<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>72</b>
5.1	Overall-Ansatz für die Beschichtungsrate im Remote PECVD-Verfahren	72
5.1.1	Herleitung des Overall-Ansatzes	72
5.1.2	Anwendung des Overall-Ansatzes auf die Beschichtungsrate	77
5.2	Diskussion des Sauerstoffatomflusses	87
5.3	Schichthärte und Beschichtungsrate	92
5.4	Diskussion der Schichtdickenhomogenität	94
5.5	Zusammenfassende Diskussion der Remote PECVD-Beschichtungsversuche	97
<b>6.</b>	<b>Anwendung des PECVD-Verfahrens auf Beschichtungen in einer Plasma-Wirbelschicht</b>	<b>99</b>
6.1	Theorie und Literatur zur Plasma-Wirbelschicht	99
6.1.1	Grundlagen der Plasma-Wirbelschicht	99
6.1.2	Literaturübersicht	102
6.2	Versuchsaufbau, Versuchsdurchführung und Messeinrichtungen	103
6.3	Ergebnisse der Fluidisierungsversuche im Vakuum	107
6.4	Ergebnisse zur Stabilität der Plasma-Wirbelschicht	109
6.5	Ergebnisse der Beschichtungsversuche in der Plasma-Wirbelschicht	109
6.5.1	Hydrophobe Siliziumoxidschichten	109
6.5.2	Beschichtungsrate	110
6.5.3	Präparation dünnster Siliziumoxidhohlkugeln	113
6.5.4	Oberflächenstruktur	114
6.5.5	Diffusionssperrwirkung	117
6.6	Zusammenfassende Diskussion der Partikel-Behandlungen in der Plasma-Wirbelschicht	122
<b>7.</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick</b>	<b>125</b>
<b>Anhang: Versuchsprotokoll der Rate-Versuche im Remote PECVD-Verfahren</b>		<b>128</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>132</b>