

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen	11
1 Einleitung	15
2 Stand der Forschung und Technik.....	17
2.1 Einteilung der präkeramischen Polymere	17
2.2 Precursorsynthese	18
2.3 Precursorpyrolyse	18
2.3.1 Vernetzung	19
2.3.2 Keramisierung	20
2.4 Herstellung keramischer Materialien mittels Precursorpyrolyse.....	22
2.5 Pyrolyse mittels Laserstrahlung	23
2.5.1 Herstellung von Massivteilen	24
2.5.2 Herstellung von Keramikpulver	25
2.5.3 Herstellung von Schichten.....	26
3 Zielsetzung und Lösungsmethodik.....	29
4 Versuchsdurchführung und Messmethoden	31
4.1 Verwendetes Probenmaterial.....	31
4.1.1 Substrate	31
4.1.2 Precursoren.....	32
4.1.2.1 Polycarbosilazanprecursor ABSE	32
4.1.2.2 Polysiloxanprecursor MK	34
4.1.3 Lösungsmittel	35
4.1.4 Füller	36
4.2 Probenpräparation.....	38
4.2.1 Ansetzen des Precursor-Füller-Lösungsmittel-Systems	38
4.2.2 Probenvorbehandlung	39
4.2.3 Schichtapplikation	39
4.2.3.1 Tauchbeschichtung	40
4.2.3.2 Sprühbeschichtung.....	41
4.2.3.3 Rakelbeschichtung	43
4.3 Pyrolyse.....	44
4.3.1 Offenpyrolyse	44
4.3.2 Laserpyrolyse	44
4.3.2.1 Nd:YAG-Laser.....	44
4.3.2.2 CO ₂ -Laser	48
4.3.2.3 Bestrahlungsstrategie	50
4.4 Untersuchungsmethoden	53
4.4.1 Substratcharakterisierung	53
4.4.2 Charakterisierung der Precursorschichten	55
4.4.2.1 Absorptionsmessung	55
4.4.2.2 FTIR-Spektroskopie.....	57
4.4.2.3 Schichtdickenmessung.....	58
4.4.2.4 Charakterisierung der Füllerverteilung	60
4.4.3 In situ-Untersuchung des Pyrolyseprozesses.....	60
4.4.3.1 Thermogravimetrische Analyse mit gekoppelter FTIR-Spektroskopie	60
4.4.3.2 Wärmebildkameraaufnahmen	61
4.4.3.3 Hochgeschwindigkeitskameraaufnahmen.....	65
4.4.4 Untersuchung der Pyrolyseprodukte	66
4.4.4.1 Lösemitteltest.....	66
4.4.4.2 Absorptionsmessung.....	66

4.4.4.3	Infrarotspektroskopie	66
4.4.4.4	Festkörper-NMR-Spektroskopie	67
4.4.4.5	Röntgendiffraktometrie	68
4.4.4.6	Materialographische Untersuchung	68
4.4.4.7	Mikrohärteprüfung	68
4.5	Selektive Laserpyrolyse	69
4.5.1	Strukturerzeugung	69
4.5.2	Strukturcharakterisierung	70
4.5.3	Strukturfunktionalisierung	71
5	Ergebnisse und Diskussion	73
5.1	Ofenpyrolyse	73
5.1.1	Thermogravimetrische Analyse	73
5.1.1.1	Untersuchung des Pyrolyseverhaltens von ABSE	73
5.1.1.2	Untersuchung des Pyrolyseverhaltens von MK	75
5.1.2	FTIR-Spektroskopie und Lösemitteltest	76
5.1.2.1	FTIR-Spektren des ABSE-Precursors	76
5.1.2.2	FTIR-Spektren des MK-Precursors	80
5.2	Substratcharakterisierung	83
5.2.1	Fensterglassubstrat SSG Dünnglas	83
5.2.2	Quarzglassubstrat Suprasil®300	86
5.2.3	Aluminiumoxidsubstrat Rubalit 708S	88
5.3	Schichtapplikation	89
5.3.1	Beschichtungstechnik	89
5.3.1.1	Tauchbeschichtung	89
5.3.1.2	Sprühbeschichtung	90
5.3.1.3	Rakelbeschichtung	91
5.3.2	Optische Eigenschaften der Precursorschichten	93
5.3.3	Füllerverteilung in den Precursorschichten	96
5.4	Einflussgrößen bei der Laserpyrolyse	99
5.4.1	Einfluss der Laserwellenlänge	99
5.4.1.1	Bestrahlung mit dem CO ₂ -Laser	99
5.4.1.2	Bestrahlung mit dem Nd:YAG-Laser	103
5.4.2	Einfluss von Laserleistung und Vorschubgeschwindigkeit	110
5.4.2.1	Messungen mit der Wärmebildkamera	110
5.4.2.2	FTIR-Analyse des Laserpyrolysats	115
5.4.3	Einfluss des sich räumlich ändernden Absorptionsgrads	117
5.4.4	Einfluss des sich zeitlich ändernden Absorptionsgrads	119
5.4.5	Einfluss des Substrates	121
5.4.6	Einfluss des Füllermaterials	125
5.4.7	Einfluss der Anzahl an Bestrahlungsdurchgängen	128
5.5	Phänomenologisches Prozessmodell	133
5.6	Selektive Laserpyrolyse	139
5.6.1	Struktureigenschaften	139
5.6.2	Elektrisch leitfähige Strukturen	141
5.6.2.1	Einfluss des Graphitfüllergehalts	141
5.6.2.2	Einfluss der Laserparameter	142
5.6.2.3	Verhalten bei Erwärmung	147
6	Zusammenfassung und Ausblick	149
7	Summary and Outlook	153
8	Literaturverzeichnis	157
Anhang		171