

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	ix
Bildverzeichnis	xiv
Tabellenverzeichnis	xix
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	5
2.1 Laser-Direkt-Strukturierung als Basis	6
2.2 Aluminiumoxidkeramik als Ausgangswerkstoff	8
2.3 Katalytische Aktivierung des Grundkörpers durch Laserstrahlung	12
2.4 Nasschemische Metallisierung mit Kupfer, Nickel und Gold	19
2.5 Analysemethoden zur Beurteilung der Strukturierungs- und Metallisierungsqualität	23
2.5.1 Qualitative Bewertung der Metallisierung	24
2.5.2 Röntgenfluoreszenzanalyse zur Ermittlung der Metallisierungsschichtstärken	28
2.5.3 Hot-Pin-Pull-Test zur Bestimmung der Haftfestigkeit	30
3 Laserbasierte Aktivierung von Aluminiumoxid mit dem Ziel der nasschemischen Metallisierung	33
3.1 Laserbasierte Aktivierungsmechanismen von Aluminiumoxidkeramiken	33
3.1.1 Bildung von Anionenfehlstellen	34
3.1.2 Reduktion des Aluminiumoxids zu elementarem Aluminium	37
3.1.3 Bildung von alternativen Modifikationen des Aluminiumoxids	39
3.2 Keramikbasierte räumliche Schaltungsträgern durch Laser- Strukturierung	40
3.2.1 Strukturieren mittels UV-Laserquellen	41
3.2.2 Bearbeitung additiver Keramiken	43
3.2.3 Sintern unter reduzierender Atmosphäre	46
3.3 Diskussion der Forschungsarbeiten und Formulierung der Forschungsthese	48

4	Analyse möglicher Laser-Absorptionsschichten und der jeweiligen Prozessfenster	55
4.1	Prozessfolge zur Herstellung von aluminiumoxidkeramischen Schaltungsträgern	57
4.1.1	Vorbehandlung mit einer Laser-Absorptionsschicht	57
4.1.2	Laserstrukturierung mittels eines gepulsten Infrarot-Lasers	61
4.1.3	Reinigung der Probekörper und Entfernung der Laser-Absorptionsschicht im Ultraschallbad	62
4.1.4	Chemisch außenstromlose Metallisierung	64
4.2	Analyse der Prozessergebnisse unter Verwendung verschiedener Laser-Absorptionsschichten	66
4.2.1	Einfluss der Laserparameter auf die erzielten Oberflächenrauheiten	66
4.2.2	Vergleich der Metallisierungsqualität im Hinblick auf Schichtdicke und Prozessstabilität	68
4.3	Auswertung und Diskussion	73
5	Bestimmung optimierter Laserparameter für die Kreide-Laser-Absorptionsschicht	77
5.1	Probenherstellung für die Laserparameterstudie auf mit Kreidespray vorbehandeltem Aluminiumoxid	78
5.1.1	Aufbringen der Laser-Absorptionsschicht mittels Kreidespray	78
5.1.2	Laserstrukturierung mittels Infrarot-Laseranlage	78
5.1.3	Reinigung im Ultraschallbad inklusive Entfernung der Laser-Absorptionsschicht	79
5.1.4	Chemisch außenstromlose Metallisierung	80
5.2	Analyse und Auswertung der Versuche zur Parameterfindung	81
5.2.1	Metallisierungsqualität und Kupferschichtdicke	81
5.2.2	Erzielte Haftfestigkeiten	85
5.3	Auswertung und Diskussion	86
6	Weiterführende Versuche zur Evaluierung des Wirkmechanismus und zur Prüfung von Anwendungsmöglichkeiten	89
6.1	Analysen zum Aktivierungsmechanismus von Aluminiumoxid	90

6.1.1	Salpeter- und Salzsäureauslagerungen	91
6.1.2	Hochtemperaturauslagerung bei 990 °C	93
6.1.3	Analysen mittels Rasterelektronenmikroskopie	95
6.2	Untersuchungen zur Applikationseignung	97
6.2.1	Bondversuche mit 150 µm Aluminium-Dickdraht	97
6.2.2	Geometrietreue der Strukturierung und Metallisierung bei der Erstellung von Antennenstrukturen	99
7	Zusammenfassung und Ausblick	105
8	Summary and outlook	109
	Literaturverzeichnis	113
	Anhang	135
	Anhang 1 – Prüfprotokoll der Laserquelle	135
	Anhang 2 – Versuchsplan V1	136
	Anhang 3 – Versuchsplan und Ergebnisse der Kupferschichtdicke V2	149
	Anhang 4 – Raman-Spektroskopie unbehandelt (as sintered)	152
	Anhang 5 – Raman-Spektroskopie laserstrukturiert	152