

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Kurzfassung	iii
Abstract	v
1. Einleitung	1
2. Grundlagen und Stand der Technik	3
2.1. Hochtemperaturbelastete Fügestellen in der Elektronik	3
2.1.1. Thermomechanische Belastungen	3
2.1.2. Anforderungen an die eAVT thermomechanisch belasteter Systeme	6
2.2. Relevante Verfahren der elektronischen Aufbau- und Verbindungstechnik .	7
2.2.1. Löten	8
2.2.2. Sintern von Metallverbindungen	10
2.2.3. Diffusionslöten	15
2.3. Löten im System Cu-Sn	25
2.3.1. Das binäre System Cu-Sn	25
2.3.2. IMP-Bildung, Morphologie und Phasenwachstum	26
2.3.3. Benetzungseigenschaften bleifreier Zinn-Basislote	28
2.4. Infiltration von Fluiden in poröse Medien	31
2.5. Methoden der quantitativen Metallographie	33
2.6. Grundlagen zur Beschreibung des Kriechverhaltens metallischer Werkstoffe	34
3. Zielsetzung und Lösungsweg	37
4. Methodik und experimentelles Vorgehen	39
4.1. Prozesse zur Herstellung von Prüfkörpern	39
4.1.1. Reinigung der zu verbindenden Oberflächen	39
4.1.2. Schmelzlöten	39
4.1.3. Herstellung der Kupferpasten	40
4.1.4. Pastenbasiertes Diffusionslöten	42
4.2. Theoretische Betrachtungen zur Darstellung der Lotinfiltration	45
4.2.1. Quantitative Beschreibung des porösen Mediums	45
4.2.2. Modell zur Beschreibung des Infiltrationsprozesses	46
4.2.3. Vorbewertung prozessrelevanter Parameter	49
4.3. Untersuchungen zur Beschreibung des Infiltrationsverhaltens	54
4.3.1. Bestimmung des effektiven Kapillarradius mittels quantitativer Schliffanalyse	54
4.3.2. Quantitative Beschreibung des Infiltrationsverhaltens	55

Inhaltsverzeichnis

4.4. Versuche zur Charakterisierung diffusionsgelöteter Fügestellen	58
4.4.1. Charakterisierung des Vollmaterials	58
4.4.2. Gefüge-, Fehler-, und Bruchflächenanalyse	60
5. Ergebnisse	61
5.1. Untersuchungen zum Infiltrationsverhalten des pastenbasierten Diffusions- lötprozesses	61
5.1.1. Verifizierung des analytischen Ansatzes	61
5.1.2. Variation des Kupfer Pulvertyps	62
5.1.3. Variation des Kupfer Pulversystems	64
5.1.4. Variation des Kupfer Pastensystems	67
5.2. Charakterisierung diffusionsgelöteter Schichten	69
5.2.1. Gefügeanalyse	70
5.2.2. Mechanische Eigenschaften diffusionsgelöteter Schichten in Ab- hängigkeit vom Kupferpastensystem	77
5.2.3. Mechanische Eigenschaften in Abhängigkeit vom Alterungszustand	87
5.2.4. Thermische Eigenschaften diffusionsgelöteter Schichten	89
6. Diskussion	91
6.1. Darstellung großflächiger Fügestellen mittels pastenbasiertem Diffusionslötens	91
6.1.1. Der erweiterte Washburn-Ansatz	91
6.1.2. Anpassung der Cu-Pulverzusammensetzung zur Optimierung des Infiltrationsverhaltens	96
6.1.3. Einfluss organischer Komponenten im Trägermedium	104
6.2. Charakterisierung diffusionsgelöteter Schichten	106
6.2.1. Gefügebildung und Evolution	106
6.2.2. Mechanische Eigenschaften diffusionsgelöteter Schichten	113
6.3. Vergleich verschiedener Hochtemperatur-eAVT Konzepte	123
6.3.1. Transporteigenschaften im Vergleich	123
6.3.2. Mechanische Eigenschaften im Vergleich	124
6.3.3. Prozessierbarkeit	127
7. Zusammenfassung und Ausblick	129
7.1. Beschreibung und Optimierung des Infiltrationsverhaltens	129
7.2. Einfluss auf die Gefügebildung und -evolution	132
7.3. Charakterisierung diffusionsgelöteter Schichten	133
7.4. Anwendung in der Leistungselektronik	136
Abbildungsverzeichnis	141
Tabellenverzeichnis	149
Formelzeichen und Abkürzungen	151
A. Materialdaten und Prozessparameter	155
A.1. Materialdaten aus der Literatur	155
A.2. Verwendete Materialien	158

Inhaltsverzeichnis

A.3. Messprofile der verwendeten Lötöfenprogramme	160
B. Zusätzliche Untersuchungen und Messergebnisse	163
B.1. Zugversuche an Vollmaterialproben	163
B.2. Kriechversuche an Vollmaterialproben	165
Literaturverzeichnis	167