

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	VII
ABSTRACT	IX
INHALTSVERZEICHNIS	XI
1 EINLEITUNG, MOTIVATION, ZIELE	1
2 TECHNOLOGISCHE GRUNDLAGEN	5
2.1 LTCC-Technologie	5
2.1.1 Standardprozessierung	8
2.1.2 Integration metallischer Strukturen in LTCC	12
2.2 Aufbau- und Verbindungstechnologie	16
2.2.1 Chip-Montage - <i>First Level of Interconnect</i>	17
2.2.2 Package-Montage - <i>Second Level of Interconnect</i>	18
2.2.3 Verbindungstechnologie	18
3 THERMISCHES MANAGEMENT KERAMISCHER MEHRLAGEN-PACKAGES	23
3.1 Grundlagen des thermischen Managements	23
3.1.1 Wärmestrahlung	24
3.1.2 Wärmeleitung	26
3.1.3 Konvektion	27
3.1.4 Wärmekapazität	28
3.1.5 Thermische Modellierung	29
3.2 Entwicklung eines Thermomessstands zur thermischen Charakterisierung	32
3.2.1 Messprinzipien	33
3.2.2 Aufbaukonzept des Thermomessstands	36
3.2.3 Ergebnis Thermomessstand	41

Inhaltsverzeichnis

3.3 Motivation für die thermische Betrachtung von keramischen Mehrlagen-Packages	43
3.4 Konzept zur Untersuchung von keramischen Mehrlagen-Packages	45
3.5 Einflussfaktorenanalyse und technologische Möglichkeiten zur Wärmeleitungsoptimierung im keramischen Verdrahtungsträger	45
3.5.1 Einfluss von Durchkontaktierungen auf die thermischen Eigenschaften	46
3.5.2 Einfluss des Via-Füllmaterials	53
3.5.3 Einfluss von Wärmespreizern auf die thermischen Eigenschaften	54
3.5.4 Optimiertes thermisches Design des keramischen Verdrahtungsträgers	55
3.6 Einflussfaktorenanalyse und Optimierung des Systemdesigns keramischer Mehrlagen-Packages	56
3.6.1 Aufbau des Systemdesigns	56
3.6.2 Einflüsse verschiedener Systemdesignkomponenten	59
3.6.3 Empfehlungen für ein optimiertes Systemdesign keramischer Mehrlagen-Packages	66
3.7 Untersuchung des optimierten Systemdesigns von keramischen Mehrlagen-Packages	68
3.7.1 Thermische Modellierung	68
3.7.2 Aufbau und Messung	73
3.7.3 Ergebnisse	75
3.7.4 Zusammenfassung des optimierten Systemdesigns keramischer Mehrlagen-Packages	79
4 ZUVERLÄSSIGKEITSBETRACHTUNGEN KERAMISCHER MEHRLAGEN-LGA-PACKAGES	81
4.1 Grundlagen der Zuverlässigkeitssanalyse	81
4.1.1 Lebensdauervorhersage	81
4.1.2 Zuverlässigkeitstests	86
4.1.3 Bewertung und Betrachtung von Zuverlässigkeitstests	91
4.2 Motivation zur Zuverlässigkeitssanalyse keramischer Mehrlagen-LGA-Packages	97
4.3 Untersuchungskonzepte zur Qualifikation keramischer Mehrlagen-LGA-Packages	98

4.3.1	Konzept zur Qualifizierung lötbarer Dickschichtmetallisierungen auf keramischen Verdrahtungsträgern	99
4.3.2	Konzept zur Qualifizierung eines lunkerfreien Montageprozesses keramischer LGA-Packages	101
4.3.3	Konzept zur Qualifizierung der Zuverlässigkeit keramischer LGA-Packages	102
4.4	Qualifizierung lötbarer Dickschichtmetallisierungen auf keramischen Verdrahtungsträgern	103
4.4.1	Aufbau und Analyse der LTCC-Testmodule	103
4.4.2	Tape-System DuPont 951	106
4.4.3	Tape-System DuPont 943	117
4.4.4	Tape-System Heraeus CT 707 BF	131
4.4.5	Vergleich qualifizierter lötbarer Dickschichtmetallisierungen auf verschiedenen keramischen Verdrahtungsträgern	135
4.5	Qualifizierung eines lunkerfreien Montageprozesses keramischer LGA-Packages	139
4.5.1	Aufbau der Testmodule	139
4.5.2	Einfluss des Schablonendesigns	140
4.5.3	Einfluss des Lötprofils	143
4.6	Qualifizierung der Zuverlässigkeit keramischer LGA-Packages	144
4.6.1	Aufbau der Testmodule	144
4.6.2	Testbedingungen	146
4.6.3	Untersuchung der Zuverlässigkeit keramischer LGA-Packages	148
4.6.4	Untersuchung von lötbaren Dickschichtmetallisierungen und LTCC-Systemen auf die Package-Lebensdauer	154
4.6.5	Ergebnisse der Zuverlässigkeitstests keramischer LGA-Packages	161
5	TECHNOLOGISCHES VERFAHREN FÜR EIN NEUARTIGES LTCC-PACKAGE MIT HOHEN KONTAKTIERUNGSDICHTEN	165
5.1	Feinstrukturierungsverfahren auf LTCC - Stand der Technik	165
5.1.1	Dünnenschichttechnologie	165
5.1.2	Dickschichttechnologie	166
5.2	Motivation zur Herstellung eines hochintegrierten, neuartigen LTCC-Packages	167

Inhaltsverzeichnis

5.3 Konzept zur Herstellung eines hochintegrierten, neuartigen LTCC-Packages	168
5.4 Untersuchung zur Realisierung eines hochintegrierten, neuartigen LTCC-Packages	169
5.4.1 Herstellung der Resinatpastenschicht	170
5.4.2 Strukturierung der Resinatpastenschicht nach dem Semi-Additiv-Verfahren	172
5.4.3 Eigenschaften der strukturierten Schichten	174
5.5 Ergebnisse des Verfahrens	175
6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	179
6.1 Zusammenfassung	179
6.2 Ausblick	186
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	191
TABELLENVERZEICHNIS	199
FORMELZEICHENVERZEICHNIS	201
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	205
LITERATURVERZEICHNIS	207
THESEN	223
LEBENSLAUF	225
PUBLIKATIONSVERZEICHNIS	227