

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	ix
Kurzfassung.....	x
Abstract.....	xi
Inhaltsverzeichnis	xiii
1 Einleitung	1
1.1 Stand der Technik	2
1.2 Motivation und Fragestellung	6
1.3 Zielsetzung und Gliederung der Arbeit.....	9
2 Grundlagen der Kontinuumsmechanik.....	11
2.1 Kinematik.....	11
2.1.1 Bestimmung der Lage und Deformation eines Körpers	11
2.1.2 Ausgewählte kinematische Beziehungen.....	14
2.1.3 Singuläre Flächen und deren Kompatibilitätsbedingung.....	15
2.2 Materialgesetze	17
2.2.1 Verzerrungs- und Spannungstensoren	18
2.2.2 Lineare Elastizitätstheorie	20
2.2.3 Zeitunabhängige Plastizität.....	23
2.3 Fundamentale Bilanzgleichungen	27
2.3.1 Die allgemeine Bilanzgleichung.....	28
2.3.2 Transporttheoreme für Volumina und Flächen.....	29
2.3.3 Bilanzgleichungen für reguläre Punkte.....	31
2.3.4 Sprungbedingungen auf singulären Flächen.....	34
2.4 Theorie der materiellen Kräfte	35
2.4.1 ESHELBY Tensor.....	35
2.4.2 Phasenwachstum zwischen zwei singulären Flächen	39
2.5 Dissipation und thermomechanisch gekoppelte Wärmeleitungsgleichung.....	40
2.6 Freie Energie in einem elastisch-thermoplastischen Material mit linearer isotroper Verfestigung	44
3 Charakterisierung der verwendeten Materialien.....	53
3.1 Geometrie und Schichtaufbau	53
3.2 Thermische Materialparameter	54
3.3 Mechanische Materialparameter	55

3.3.1	Prinzip der Nanoindentation	56
3.3.2	Versuchsdurchführung und Auswertemethodik.....	57
3.3.3	Ergebnisse und Literaturvergleich	59
4	Bonduntersuchungen	63
4.1	Zeitliche Verläufe der vertikalen Drahtdeformation	63
4.2	Vermessung der Wedgegeometrie.....	65
4.3	FIB- und TEM-Untersuchungen zur Vermessung der Dicke der intermetallischen Phase	65
5	FE-Simulation des Drahtbondprozesses	75
5.1	Vorgehensweise bei der Finiten-Elemente-Methode	75
5.2	Erstellung eines dreidimensionalen FE-Modells	78
5.2.1	Materialeigenschaften und Vernetzung.....	79
5.2.2	Rand- und Kontaktbedingungen	80
5.3	Durchführung und erste Ergebnisse der FE-Simulation des Bondprozesses	86
5.3.1	Herrschende Temperaturen am Interface	87
5.3.2	Verteilung der plastischen Energiedichte und der Normalspannung am Interface	89
6	Postprozessor zur Ermittlung der thermomechanischen Kraft am Interface	91
6.1	Beschreibung des Hauptprogramms.....	92
6.1.1	LAGRANGESches Interpolationsverfahren.....	93
6.1.2	Bestimmung des Deformationsgradienten und des ESHELBY Tensors an den Integrationspunkten.....	95
6.1.3	Extrapolation der ESHELBY Werte an den Knoten	96
6.2	Unterprogramm zur Berechnung der Differenz des ESHELBY Tensors....	97
6.3	Validierung des Postprozessors	101
7	Vergleich der FE-Simulationen mit den Bonduntersuchungen.....	105
7.1	Diskussion der thermomechanischen Kraft.....	106
7.2	Validierung des entwickelten Zusammenhangs	108
7.3	Untersuchung des Zeiteinflusses auf die berechnete effektive Diffusionskonstante	112
7.4	Entwicklung eines Wachstumsgesetzes für die Ausbildung der intermetallischen Phasen	116
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	121
	Abkürzungsverzeichnis.....	123
	Symbolverzeichnis.....	124

Abbildungsverzeichnis.....	130
Tabellenverzeichnis	133
Literaturverzeichnis	134