

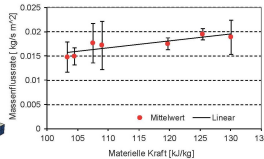
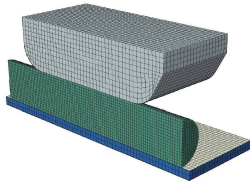
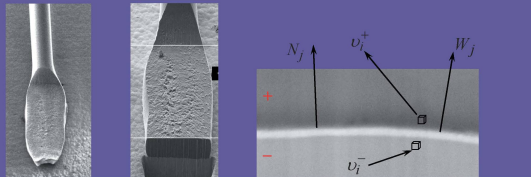


Mohamad Sbeiti (Autor)

# Thermomechanische Beschreibung der Ausbildung einer intermetallischen Phase beim Ultraschall-Wedge/Wedge-Drahtbonden im Rahmen der Theorie der materiellen Kräfte

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Kontinuumsmechanik und Materialtheorie  
der Technischen Universität Berlin

Herausgegeben von Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang H. Müller



Mohamad Sbeiti

**Thermomechanische Beschreibung der  
Ausbildung einer intermetallischen Phase beim  
Ultraschall-Wedge/Wedge-Drahtbonden im  
Rahmen der Theorie der materiellen Kräfte**



Cuvillier Verlag Göttingen  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6416>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhaltsverzeichnis

<b>Danksagung</b> .....	<b>ix</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>x</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>xi</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Stand der Technik .....	2
1.2 Motivation und Fragestellung .....	6
1.3 Zielsetzung und Gliederung der Arbeit.....	9
<b>2 Grundlagen der Kontinuumsmechanik</b> .....	<b>11</b>
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
<b>3 Charakterisierung der verwendeten Materialien</b> .....	<b>53</b>
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
<b>4</b>	<b>Bonduntersuchungen.....</b>	<b>63</b>
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
<b>5</b>	<b>FE-Simulation des Drahtbondprozesses.....</b>	<b>75</b>
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
<b>6</b>	<b>Postprozessor zur Ermittlung der thermomechanischen Kraft am Interface.....</b>	<b>91</b>
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
<b>7</b>	<b>Vergleich der FE-Simulationen mit den Bonduntersuchungen.....</b>	<b>105</b>
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
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>121</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>123</b>
	<b>Symbolverzeichnis.....</b>	<b>124</b>



<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>130</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>133</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>134</b>