

# **Schmelz- und Erstarrungsverhalten eingebetteter In Partikel bei hohen Heiz- und Kühlraten**

## **Melting and solidification behavior of embedded In particles at high heating and cooling rates**

**Masterarbeit  
im Rahmen des Studiengangs  
Master of Science Physik**

**Institut für Materialphysik  
Westfälische Wilhelms-Universität Münster**

**Ausgegeben und betreut von:  
Prof. Dr. Gerhard Wilde**

**Zweitgutachter:  
Dr. Harald Rösner**

**Vorgelegt von:  
Mark Stringe**

1. Juni 2017

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung und Motivation</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theoretische Überlegungen</b>	<b>3</b>
2.1	Thermodynamische Beschreibung von Phasengleichgewichten . .	3
2.2	Schmelzen . . . . .	4
2.2.1	Schmelzmodelle . . . . .	5
2.3	Schmelzen von Nanopartikeln . . . . .	5
2.3.1	Größeneffekt freistehender Partikel . . . . .	5
2.3.2	Grenzflächen- und Morphologieeffekte eingebetteter Partikel . . . . .	8
2.3.3	Druckeffekte eingebetteter Partikel . . . . .	9
2.4	Erstarrung . . . . .	10
2.4.1	Klassische Nukleationstheorie . . . . .	12
2.5	Kissinger Gleichung . . . . .	15
<b>3</b>	<b>Experimentelle Methoden</b>	<b>17</b>
3.1	Probensystem . . . . .	17
3.2	Probenpräparation . . . . .	18
3.3	Probencharakterisierung und Analyse . . . . .	20
3.3.1	Röntgenbeugung - XRD . . . . .	20
3.3.2	Transmissionselektronenmikroskopie - TEM . . . . .	21
3.3.3	Rasterelektronenmikroskopie - REM . . . . .	24
3.3.4	Energiedispersive Röntgenanalyse - EDX . . . . .	24
3.3.5	Dynamische Leistungsdifferenzkalorimetrie - DSC . . . . .	25
3.3.6	Leistungsdifferenzkalorimetrie für hohe Raten . . . . .	26
<b>4</b>	<b>Experimentelle Ergebnisse</b>	<b>31</b>
4.1	Strukturanalyse - XRD . . . . .	31
4.2	REM . . . . .	34
4.3	TEM . . . . .	36
4.4	DSC . . . . .	40
4.4.1	Al <sub>99</sub> In <sub>1</sub> . . . . .	42
4.4.2	Al <sub>96</sub> In <sub>4</sub> . . . . .	45
4.5	FSC - Fast Scanning Calorimetry . . . . .	51
4.5.1	Allgemein . . . . .	51
4.5.2	Al <sub>96</sub> In <sub>4</sub> -Probe . . . . .	53

*Inhaltsverzeichnis*

<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>63</b>
5.1	Struktur und Phasenanalyse . . . . .	63
5.2	Thermische Analyse - DSC . . . . .	65
5.3	Thermische Analyse - FSC . . . . .	67
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>71</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>73</b>
7.1	Anhang A . . . . .	73
7.2	Anhang B . . . . .	78
7.3	Anhang C . . . . .	81