



WESTFÄLISCHE
WILHELMS-UNIVERSITÄT
MÜNSTER

Kinetik der Nukleation in tief unterkühlten Ge-Schmelzen

Bachelorarbeit in Physik
angefertigt im Institut für Materialphysik

von
Manoel W. da Silva Pinto
August 2016

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretische Grundlagen	2
2.1	Klassische Nukleationstheorie	2
2.1.1	Einleitung	2
2.1.2	Homogene Nukleation	3
2.1.3	Heterogene Nukleation	6
2.2	Statistische Analyse	8
2.3	Energiedispersive Röntgenspektroskopie	12
3	Experimentelle Durchführung	13
3.1	Einleitung	13
3.2	Differenz-Thermoanalyse	14
3.3	Temperaturbestimmung	16
3.4	Glass-Flux-Methode	22
4	Resultate	24
4.1	Nukleation von Germanium	24
4.2	Grenzflächenenergie	33
5	Diskussion	37
5.1	Durchführung	37
5.2	Datenanalyse	39
6	Zusammenfassung	44

Abbildungsverzeichnis

2.1	Volumen- und Flächenabhängigkeit der Gibbs-Energie	5
2.2	Die Keimbildung an einem Substrat	6
2.3	Energiebarriere für homogene und heterogene Nukleation	7
2.4	Nukleationsrate aus dem Histogramm	9
2.5	Bestimmung der kumulativen Verteilungsfunktion	10
2.6	Kumulative Verteilungsfunktion	11
2.7	Skizze der Röntgenemission	12
3.1	Messkopf eines Differenz-Kalorimeters	14
3.2	Kalibration I	15
3.3	Kalibration II	15
3.4	Kalibration III	16
3.5	Temperaturbestimmung mit der Tangentenkonstruktion	17
3.6	Temperaturbestimmung aus dem Untergrundsrauschen I	18
3.7	Temperaturbestimmung aus dem Untergrundsrauschen II	19
3.8	Verschiebung der Schmelztemperatur	19
3.9	Verschiebungen der Schmelz- und Peaktemperaturen	20
3.10	Wärmeverlust für die Zyklen 10 und 400	21
3.11	Unterkühlungswerte von Ge in Abhängigkeit der Zyklen	22
3.12	Unterkühlungswerte von Ge bei variierenden Flussmitteln	22
3.13	Auflösung der Oxiden im Glas	23
4.1	Masse in Abhängigkeit der Zyklen.	25
4.2	Unterkühlung gegen Zyklus von 11,27 mg Germanium.	26
4.3	$c(T)$ und $f(T)$ von Ge	27
4.4	Nukleationsrate von Ge I	27
4.5	Nukleationsrate von Ge II	28
4.6	Nukleationsrate von Ge III	28
4.7	$c(T)$ und $f(T)$ mit der Massenkorrektur I	29
4.8	$c(T)$ und $f(T)$ mit der Massenkorrektur II	29
4.9	$c(T)$ und $f(T)$ mit der Massenkorrektur III	30
4.10	$c(T)$ und $f(T)$ mit der Massenkorrektur IV	30
4.11	Nukleationsrate mit der Massenkorrektur	31
4.12	Energiebarriere in Abhängigkeit der Unterkühlung	32

4.13 Grenzflächenenergie in Abhängigkeit von ΔT	34
4.14 Grenzflächenenergie für $195 \leq \Delta T$ [K] ≤ 212 und $208 \leq \Delta T$ [K] ≤ 213	34
4.15 Grenzflächenenergie mit der Massenkorrektur	35
4.16 Strukturfaktor von Ge	36
5.1 Darstellung der Zyklen in Abhängigkeit der Temperatur und Zeit.	38
5.2 Normalverteilung der Schmelztemperatur	40
5.3 Normalverteilung der Schmelzenthalpie	41