

Defektspektroskopie an CuGaSe_2 aus der halogenunterstützten Gasphasenabscheidung

Dissertation

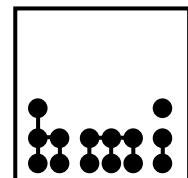
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

von
Alexander Meeder

eingereicht im Fachbereich Physik der
Freien Universität Berlin



angefertigt am
Hahn–Meitner–Institut, Berlin



Mai 2003

Ich versichere, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Die Arbeit enthält, zu meinem besten Wissen und Gewissen, keine bereits von anderen Personen veröffentlichten Materialien noch wurden jegliche Teile dieser Arbeit bereits von einer anderen Universität oder ähnlichen Bildungsstätte zur Erlangung eines Abschlusses oder Titels vorgelegt, außer entsprechendes Material ist als solches gekennzeichnet.

Arbeit eingereicht am:	30. Mai 2003
Tag der mündlichen Prüfung:	05. November 2003
Gutachter:	1. Prof. Dr. M. Ch. Lux-Steiner 2. Prof. Dr. W. D. Brewer

Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung	1
II	Grundlagen	7
2.1	Struktur	9
2.2	Phasendiagramm	10
2.3	Eigendefekte und Dotierung	12
2.4	Dotierungsgrenzen und Selbstkompensation	13
III	Chemischer Gasphasentransport im offenen System	17
3.1	Theoretische Grundlagen	19
3.2	Die Präparationsanlage	20
3.2.1	Chemie des Schichtwachstums im offenen CVD-System	22
3.3	Präparation der CuGaSe ₂ -Dünnschichten	25
3.3.1	Der Ein-Stufen Prozess	25
3.3.2	Der Zwei-Stufen Prozess	28
IV	Strahlende Rekombination in CuGaSe₂	31
4.1	Grundlagen	34
4.1.1	Strahlende Rekombinationspfade in Halbleitern	34
4.1.2	Experimentelle Charakteristika strahlender Rekombination	36
4.2	PL-Spektroskopie an CuGaSe ₂ - eine Übersicht	38
4.3	Photolumineszenz in CVD-CuGaSe ₂ - Dünnschichten	43
4.3.1	Exzitonische Lumineszenz	43
4.3.2	DAP-Rekombinationen	46
4.3.3	Modell zur strahlenden Rekombination in CVD-CuGaSe ₂	49

4.4	Photolumineszenz in CVT-CuGaSe ₂ - Einkristallen	52
4.4.1	DAP-Rekombinationen in CVT-CuGaSe ₂	52
4.4.2	Exzitonische Lumineszenz in CVT-CuGaSe ₂ -Einkristallen	54
4.4.3	Temperaturabhängigkeit der exzitonischen PL	55
4.4.3.1	Modellierung der PE(T)-Messung	57
4.5	Defektchemie	60
4.5.1	Photolumineszenz und Defektchemie	60
4.5.2	Punktdefekthalpien in reaktiver Gasatmosphäre	62
4.6	Zusammenfassung der Ergebnisse aus Kapitel 4	65
V	Defektabsorptionsspektroskopie	67
5.1	Methoden der Defektabsorptionsspektroskopie	69
5.1.1	Photothermische Deflektionsspektroskopie (PDS)	70
5.1.2	Methode des konstanten Photostroms (CPM)	73
5.1.3	PDS versus CPM	76
5.2	Defektabsorption in CVD-CuGaSe ₂	79
5.2.1	Defektabsorption versus strahlende Rekombination	82
5.2.1.1	Die van Roosbroeck-Shockley Relation	83
5.3	Defektverteilung in CVD-CuGaSe ₂	87
5.3.0.2	Modell einer Zwei-Schicht Defektverteilung in CVD- CuGaSe ₂ -Dünnschichten	90
5.4	Zusammenfassung der Ergebnisse aus Kapitel 5	92
VI	Photoelektronenspektroskopie	93
6.1	Prinzip der Photoelektronenspektroskopie	95
6.1.1	Rumpfelektronenspektroskopie	98
6.2	Photoelektronenspektroskopie an CVD-CuGaSe ₂	100
6.2.1	Messaufbau	101
6.2.2	XPS an CVD-CuGaSe ₂ -Dünnschichten	101
6.2.3	CPIP-Spektroskopie an CVD-CuGaSe ₂	107
6.3	Zusammenfassung der Ergebnisse aus Kapitel 6	110
VII	Zusammenfassung	111
	Anhang	117

A	Der Photolumineszenz-Messplatz	117
B	Messungen zur Leitfähigkeit	119
C	Ergänzende XPS-Messungen	121
D	Abkürzungen und Symbole	125
	Literaturverzeichnis	129
	Index	137
	Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge	137
	Lebenslauf	139
	Danksagung	141

