

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	ION LAYER GAS REACTION –ILGAR, ein alternatives Depositionsverfahren für dünne Beschichtungen	5
2.1	Depositionsmethoden für Verbindungen in der Dünnschichttechnologie	5
2.2	ILGAR-Verfahren	6
2.2.1	Funktionsprinzip	6
2.2.2	Chemische Reaktionsprozesse für II–VI-Halbleiterschichten	8
2.2.3	Die Deposition von Sulfidverbindungen	8
2.2.4	Die Deposition von Oxidverbindungen	9
2.2.5	Die Deposition von Hydroxid-Oxid-Sulfidgemischen	10
2.3	Zusammenfassung des Kapitels	11
3	Informationen über das Schichtwachstum beim ILGAR-Sulfid-Prozeß aus strukturellen und optischen Eigenschaften	13
3.1	Standard-ILGAR-Präparationsbedingungen für nanokristalline Sulfidschichten	13
3.2	Komposition, Kristallstruktur und Morphologie von ILGAR-Metallsulfid-Schichten	14
3.2.1	Komposition und Kristallstruktur	15
3.2.2	Morphologie der ILGAR-Sulfidschichten	17
3.3	Vereinfachtes Wachstumsmodell von ILGAR-CdS-Nanokristalliten	18
3.3.1	Abschätzung der Weite der optischen Bandlücke	18
3.3.2	Größenquantisierungseffekt und Kristallitgrößenbestimmung bei den ILGAR-CdS-Schichten	20
3.3.2.1	„Größenquantisierungseffekt“ (Q-Size-Effect)	21
3.3.2.2	Einfluß der Schichtdicke auf die Kristallitgröße	24
3.3.2.3	Einfluß der CdCl ₂ -Konzentration auf die Kristallitgröße	24
3.3.2.4	Mechanismus der ILGAR-CdS-Abscheidung	25
3.4	Beschreibung der Absorptionskante einer nanokristallinen Schicht	27
3.4.1	Lichtabsorption und Interbandübergänge bei nanokristallinen Schichten	28
3.4.2	Berücksichtigung der Kristallitgrößenverteilung einer nanokristallinen Schicht	29
3.5	Anwendung des optischen Modells auf nanokristalline ILGAR-ZnS-Schichten	31
3.5.1	Vorgehensweise bei der Simulation	31
3.5.2	Optisches Absorptionsverhalten von ILGAR-ZnS-Schichten	32
3.6	Zusammenfassung des Kapitels	37
4	Modifikationen des ILGAR-Sulfid-Verfahrens für verschiedene Anwendungsbereiche	39
4.1	Einfluß der Prozeßführung auf die stöchiometrischen und optischen Eigenschaften der ILGAR-Sulfid-Schichten	39

4.1.1	Reduzieren und Entfernen von Ausgangsmaterial	39
4.1.2	Modell des Reaktionsablaufs beim ILGAR-Sulfid-Prozeß	42
4.2	Anwendungsbeispiele	44
4.3	Zusammenfassung des Kapitels	45
5	Sulfidische ILGAR-Halbleiterschichten in Chalkopyrit-Dünnschichtsolarzellen	47
5.1	Aufbau der Cu(In,Ga)(S,Se) ₂ -Chalkopyrit-Dünnschichtsolarzelle und Aufgabe der Pufferschicht	47
5.1.1	Funktion der bisher verwendeten CBD-CdS-Pufferschicht und Rolle des Abscheideverfahrens	48
5.1.2	Anforderungen an alternative Pufferschichten und Abscheideverfahren	50
5.2	Diagnostik für die Entwicklung der Dünnschichtsolarzelle	51
5.2.1	Wirkungsweise der Solarzelle und Zellenparameter	51
5.2.2	Photoelektronen-Spektroskopie – eine Methode zur Grenzflächenanalyse	53
5.3	Einfluß der Oberflächen-Modifikation des Absorbers auf die Bauelement-Eigenschaften	55
5.3.1	Verfahren der Oberflächenmodifikation des Absorbers	55
5.3.2	Ergebnisse aus der Oberflächenmodifikation von CIGSSe	67
5.4	Solarzellen mit ILGAR-Pufferschichten; Einfluß der chemischen Zusammensetzung des Puffers	69
5.4.1	ILGAR-Sulfid-Puffer	69
5.4.2	ILGAR-Hydroxid-Oxid-Sulfid-Puffer für hocheffiziente CIGSSe-Solarzellen	72
5.5	Zusammenfassung des Kapitels	80
6	Zusammenfassung	81
Anhang		
AI)	Bestimmung des Volumenanteils von ZnS im ILGAR-ZnS-Dünnsfilm	85
AII)	Funktionsprinzip des Spektrophotometers und Auswertung der Transmissions- und Reflexionsspektren	86
AIII)	Standardbedingungen der Pufferschichtabscheidung	90
AIV)	Photoelektronen-Spektroskopie – Übersichtsspektren von Cu(In, Ga)(S, Se) ₂ , Mess- und Literaturdaten	92
AV)	Materialeigenschaften der betrachteten Sulfid-Verbindungen	96
AVI)	Formelzeichen und Abkürzungen	98
	Literaturverzeichnis	100
	Patent, Veröffentlichungen, Konferenz- und Messebeiträge	105

