

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Oberflächen und Grenzflächen von Halbleitern	7
2.1	Elektrische Eigenschaften von Halbleiteroberflächen	7
2.1.1	Zustände und Dipole an Oberflächen	8
2.1.2	Lokale und absolute Austrittsarbeit	10
2.2	Elektrische Eigenschaften von Halbleiter-Übergängen	12
2.2.1	Metall-Halbleiter-Übergang	12
2.2.2	Halbleiter-Heteroübergang	13
2.3	Oberflächenphotospannung an Heterostrukturen	17
2.4	Oberflächenbandverbiegung am p/n-Querschnitt	20
3	Experimentelle Methoden	23
3.1	Rastersondenmikroskopie	24
3.1.1	Rastersondenkraftmikroskopie	24
3.1.2	Das Kelvin-Prinzip zur Messung von Austrittsarbeiten	29
3.1.3	Kelvinsondenkraftmikroskopie (KPFM)	30
3.1.4	Aufbau des Kelvinsondenkraftmikroskops	32
3.1.5	Bestimmung der Austrittsarbeit	33
3.1.6	Simulation der Spitzen-Proben-Wechselwirkung	35
3.2	Photoelektronenspektroskopie	37
3.2.1	Röntgen- und UV-Photoelektronenspektroskopie (XPS/UPS)	38
3.2.2	Inverse Photoelektronenspektroskopie (IPES)	39
3.3	Weitere Analyse-Methoden	40
3.3.1	Strom-Spannungs-Kennlinien	40
3.3.2	Quanteneffizienz	42
4	(Zn,Mg)O in Chalkopyrit-Dünnschichtsolarzellen	43
4.1	Aufbau der Chalkopyrit-Dünnschichtsolarzelle	43
4.2	(Zn,Mg)O als Substitut für CdS / i-ZnO	46
4.2.1	Präparation und Eigenschaften von (Zn,Mg)O	47

4.3	Verhalten von (Zn,Mg)O in der Heterostruktur	49
4.3.1	Solarzellenparameter	49
4.3.2	Solarzellen mit (Zn,Mg)O im Stabilitätstest	52
4.3.3	Rekombinationsprozesse in Solarzellen mit (Zn,Mg)O	55
4.4	Zusammenfassung	59
5	Oberflächenuntersuchungen	61
5.1	Präparation der Oberflächen	62
5.2	Photoelektronenspektroskopie	64
5.3	Kelvinsondenkraftmikroskopie	71
5.4	Zusammenfassung der Oberflächenmessungen	82
6	KPFM-Querschnittsuntersuchungen	85
6.1	Präparation der Querschnitte	86
6.2	Modellstruktur der Fensterschichten	88
6.3	Chalkopyrit-Dünnschichtszellensolarzellen im Querschnitt	91
6.4	Simulation der Spitzen-Proben-Wechselwirkung	97
6.5	Zusammenfassung der Querschnittsmessungen	99
7	Diskussion	101
8	Zusammenfassung und Ausblick	107
	Anhang	108
A	Kelvinsondenkraftmikroskopie, AM- und FM-Modus	109
B	(Zn,Mg)O in Kombination mit anderen Chalkopyrit-Absorbern	111
	Abkürzungen und Symbole	113
	Abbildungsverzeichnis	117
	Tabellenverzeichnis	118
	Literaturverzeichnis	121
	Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge	131
	Lebenslauf	135
	Danksagung	137