



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation	1
2	Cu(In,Ga)Se₂-Dünnschichtsolarzellen	4
2.1	Historie und Stand der Technik	4
2.2	Materialeigenschaften	5
2.3	Aufbau von Cu(In,Ga)Se ₂ -Dünnschichtsolarzellen	10
2.4	Fertigungsverfahren	12
3	Hetero-Solarzelle	14
3.1	p-n- und Heteroübergang	14
3.2	Optoelektronische Eigenschaften und Charakterisierungsmethoden	15
3.2.1	Strom-Spannungs-Charakteristik	15
3.2.2	Kapazität-Spannungs-Charakteristik	18
3.2.3	Quantenausbeute	22
3.2.4	Intensitäts- und temperaturabhängige Kennlinien	24
3.2.5	Admittanzspektroskopie	25
3.3	Simulation	27
4	Langzeitstabilität und Lebensdauermodelle	30
4.1	Methodik	31
4.2	Phänomenologie	33
4.3	Modelle zur Meta- und Langzeitstabilität	36
4.3.1	Metastabilitäten	37
4.3.2	Modelle zur Erklärung von Metastabilitäten	39
4.3.3	Langzeitstabilität	46
4.3.4	Modelle für Kennlinienverhalten	48
5	Langzeittests an Cu(In,Ga)Se₂-Dünnschichtsolarzellen	56
5.1	Parameterdriften	57
5.2	Reversibilität	62
5.3	Kennlinienverhalten	62
5.3.1	Dunkel- und Hellkennlinie	63
5.3.2	Intensitätsabhängigkeit	65
5.3.3	Dotierungsprofil	68



5.3.4	Externe Quantenausbeute	69
5.4	Temperaturabhängigkeit	70
5.4.1	Initialer Zustand	70
5.4.2	Zustand nach Alterung	72
5.4.3	Spannungsinduzierte Veränderungen	75
5.5	Zusammenfassung Langzeittests an Cu(In,Ga)Se ₂ -Dünnschichtsolarzellen	75
6	Einführung des Phototransistor-Modells	77
6.1	Validierung bestehender Modelle	77
6.2	Phototransistor-Modell	78
6.3	Analytische Verifikation	80
6.4	Numerische Simulationen des Phototransistor-Modells	89
6.5	Parameterextraktion	93
6.6	Admittanzspektroskopie	95
6.7	Einfluss diverser Parameter auf die Zellcharakteristik	97
6.7.1	Barrierenhöhe am Rückkontakt	97
6.7.2	Dotierung	98
6.8	Punch-Through Effekt	99
6.9	Rückkontakt	103
6.10	Zusammenfassung Einführung des Phototransistor-Modells	105
7	Bewertung und Optimierung der Langzeitstabilität	106
7.1	Lebensdauerkalkulation	106
7.1.1	Optimierung der Langzeitstabilität	108
8	Zusammenfassung und Ausblick	109
	Veröffentlichungen	113
	Publikationen	113
	Konferenzbeiträge	113
	Literaturverzeichnis	115