

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Die Nutzung des Sonnenlichts	1
	Literatur	4
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>5</b>
2.1	Optische Grundlagen für Grenzflächen und Volumina von Festkörpern	5
2.1.1	Transmissions- $t$ und Reflexionskoeffizienten $r$ – Fresnelsche Gleichungen	5
2.1.2	Transmissions- $T$ , Absorptions- $A$ und Reflexionsgrade $R$	16
2.2	UV/Vis/NIR-Spektroskopie an Ein- und Zwei-Schichten-Systemen	29
2.2.1	Physikalische Größen für Ein-Schicht-Systeme	29
2.2.2	Das erweiterte Ein-Schicht-Modell	52
2.2.3	Das exakte Zwei-Schichten-Modell – Stadler-Modell	56
2.2.4	Grundlegendes zum Vermessen von Mehr-Als-Zwei-Schichten-Systemen	62
2.3	Das Keradec/Swanepoel-Modell	62
2.3.1	Parameter des Substrats	62
2.3.2	Die wellenlängenabhängige Transmissionsrate $T(n_{Sch}, \alpha_{Sch}, d_{Sch})$ nach Keradec	66
2.3.3	Brechungsindex $n_{Sch}$ und Absorptionskoeffizient $\alpha_{Sch}$ nach Swanepoel	68
2.4	Das Quantenmechanische Modell	73
2.4.1	Quantenmechanisches Modell für ein Ein-Schicht-System	73
2.4.2	Quantenmechanisches Modell für Zwei-Schichten-Systeme	81
2.5	Elektrische Bestimmung des spezifischen Widerstandes dünner Schichten	82
2.5.1	Van-der-Pauw Methode	82
2.5.2	Lineare Vier-Spitzen-Methode	85
2.5.3	Zwei-Spitzen-Methode	87

2.6	Dotierstoffkonzentrationen, Beweglichkeiten und Stoßzeiten .....	90
2.6.1	Ladungsträgerdichten, Dotierstoffkonzentrationen $n$ , $p$ und Energieniveaus $E$ .....	90
2.6.2	Beweglichkeit $\mu$ und Stoßzeit $\tau$ .....	100
2.7	Strom-Spannungs-Messungen an Solarzellen .....	105
2.7.1	Theoretische Strom-Spannungs-Kennlinie und Ersatzschaltbild ..	105
2.7.2	Einfluss des Lichtspektrums auf die $I(U)$ -Kennlinie .....	114
2.7.3	Alterung .....	120
	Literatur .....	124
<b>3</b>	<b>Experimente</b> .....	125
3.1	Das Materialsystem der Sulfide .....	125
3.1.1	Allgemeines zu Sulfiden für die Photovoltaik .....	125
3.1.2	Auswahl der Materialien, Produktionsverfahren und Analysemethoden .....	127
3.1.3	Untersuchte Material- und Solarzellen-Systeme .....	129
3.2	UV/Vis/NIR-Spektroskopie an transparenten und opaken Schichten ....	131
3.2.1	Transparente, isolierende Glas- und BSG-Substrate .....	131
3.2.2	Transparente, leitende Oxide (TCO) .....	132
3.2.3	Puffer- und Zwischenschichten .....	181
3.2.4	Opake, absorbierende Sulfide .....	185
3.2.5	Grundkontakte aus Molybdän Mo .....	216
3.3	Elektrische Bestimmung des spezifischen Schichtwiderstandes .....	220
3.3.1	Aluminiumdotierte Zinkoxid ( $\text{ZnO:Al}$ ) TCO-Schichten .....	221
3.3.2	Zinnsulfid ( $\text{Sn}_x\text{S}_y$ ) Absorberschichten .....	221
3.4	Strom-Spannungs-Messungen an Solarzellen .....	224
3.4.1	Strom-Spannungs-Messungen .....	224
3.4.2	Einfluss typischer Prozessparameter .....	226
3.4.3	Einfluss der Beleuchtungsstärke $E$ und der Temperatur $T$ .....	231
	Literatur .....	233
<b>4</b>	<b>Anhänge</b> .....	239
4.1	Anhang A: Exaktes Lösen eines Polynoms 3. Grades .....	239
4.2	Anhang B: Exaktes Lösen eines Polynoms 4. Grades .....	242
4.3	Anhang C: Perkin Elmer Lambda 750 UV/Vis/NIR Spektrometer .....	244
4.4	Anhang D: Strom-Spannungs-Messplatz .....	246
4.5	Anhang E: Vierspitzenmessplatz .....	248
4.6	Anhang F: Verbindungen, ausschließlich mit Zink Zn und Sauerstoff O, entsprechend der Inorganic Crystal Structure Database ICSD 2009/1 ...	249
4.7	Anhang G: Verbindungen, ausschließlich mit Zink Zn, Sauerstoff O und Aluminium Al entsprechend der Inorganic Crystal Structure Database ICSD 2009/1 .....	250

4.8	Anhang H: Verbindungen, ausschließlich mit Zink Zn, Sauerstoff O, Stickstoff N und Aluminium Al entsprechend der Inorganic Crystal Structure Database ICSD 2009/1 .....	250
4.9	Anhang I: Verbindungen, ausschließlich mit Zinn Sn und Schwefel S, entsprechend der Inorganic Crystal Structure Database ICSD 2009/1 ...	251
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	253