

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Die Nutzung des Sonnenlichts	1
	Literatur	4
2	Theorie	5
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	30
2.2.1	Physikalische Größen für Ein-Schicht-Systeme	30
2.2.2	Das erweiterte Ein-Schicht-Modell	55
2.2.3	Das exakte Zwei-Schichten-Modell – Stadler-Modell	59
2.2.4	Grundlegendes zum Vermessen von Mehr-Als-Zwei-Schichten-Systemen	68
2.3	Das Keradec/Swanepoel-Modell	68
2.3.1	Parameter des Substrats	68
2.3.2	Die wellenlängenabhängige Transmissionsrate $T(n_{Sch}, \alpha_{Sch}, d_{Sch})$ nach Keradec	69
2.3.3	Brechungsindex n_{Sch} und Absorptionskoeffizient α_{Sch} nach Swanepoel	71
2.4	Das Quantenmechanische Modell	78
2.4.1	Quantenmechanisches Modell für ein Ein-Schicht-System	78
2.4.2	Quantenmechanisches Modell für Zwei-Schichten-Systeme	82
2.5	Elektrische Bestimmung des spezifischen Widerstandes dünner Schichten	85
2.5.1	Van-der-Pauw Methode	85
2.5.2	Lineare Vier-Spitzen-Methode	89
2.5.3	Zwei-Spitzen-Methode	90

2.6	Dotierstoffkonzentrationen, Beweglichkeiten und Stoßzeiten	93
2.6.1	Ladungsträgerdichten, Dotierstoffkonzentrationen n , p und Energieniveaus E	93
2.6.2	Beweglichkeit μ und Stoßzeit τ	104
2.7	Strom-Spannungs-Messungen an Solarzellen	109
2.7.1	Theoretische Strom-Spannungs-Kennlinie und Ersatzschaltbild	109
2.7.2	Einfluss des Lichtspektrums auf die $I(U)$ -Kennlinie	117
2.7.3	Alterung	126
	Literatur	128
3	Experimente	131
3.1	Das Materialsystem der Sulfide	131
3.1.1	Allgemeines zu Sulfiden für die Photovoltaik	131
3.1.2	Auswahl der Materialien, Produktionsverfahren und Analysemethoden	133
3.1.3	Untersuchte Material- und Solarzellen-Systeme	135
3.2	UV/Vis/NIR-Spektroskopie an transparenten und opaken Schichten	137
3.2.1	Transparente, isolierende Glas- und BSG-Substrate	137
3.2.2	Transparente, leitende Oxide (TCO)	138
3.2.3	Puffer- und Zwischenschichten	186
3.2.4	Opake, absorbierende Sulfide	190
3.2.5	Grundkontakte aus Molybdän Mo	222
3.3	Elektrische Bestimmung des spezifischen Schichtwiderstandes	226
3.3.1	Aluminiumdotierte Zinkoxid (ZnO:Al) TCO-Schichten	227
3.3.2	Zinnsulfid (Sn_xS_y) Absorberschichten	227
3.4	Strom-Spannungs-Messungen an Solarzellen	230
3.4.1	Strom-Spannungs-Messungen	230
3.4.2	Einfluss typischer Prozessparameter	232
3.4.3	Einfluss der Beleuchtungsstärke E und der Temperatur T	237
	Literatur	239
4	Anhänge	245
4.1	Anhang A: Exaktes Lösen eines Polynoms 3. Grades	245
4.2	Anhang B: Exaktes Lösen eines Polynoms 4. Grades	249
4.3	Anhang C: Perkin Elmer Lambda 750 UV/Vis/NIR Spektrometer	250
4.4	Anhang D: Strom-Spannungs-Messplatz	252
4.5	Anhang E: Vierspitzenmessplatz	254
4.6	Anhang F: Verbindungen, ausschließlich mit Zink Zn und Sauerstoff O, entsprechend der Inorganic Crystal Structure Database ICSD 2009/1	255

4.7	Anhang G: Verbindungen, ausschließlich mit Zink Zn, Sauerstoff O und Aluminium Al entsprechend der Inorganic Crystal Structure Database ICSD 2009/1	256
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	256
4.9	Anhang I: Verbindungen, ausschließlich mit Zinn Sn und Schwefel S, entsprechend der Inorganic Crystal Structure Database ICSD 2009/1	257
	Sachverzeichnis	259