

INHALT

Abkürzungen	V
Einleitung	1
A Grundlagen	5
1 Grundlagen der Solarzelle	5
2 Eigenschaften und Präparation der Schichtgittermaterialien MoS₂ und WS₂ ..	7
2.1 Kristallographische Eigenschaften	7
2.2 Schichtwachstum von MoS ₂ und WS ₂	10
2.3 Chemische Zusammensetzung / Stöchiometrie.....	12
2.4 Elektronische und photoelektrische Eigenschaften.....	14
2.5 Verwendete Herstellungsmethoden.....	18
3 Magnetronspütern	19
3.1 Das Plasma	19
3.2 Zerstäuben (Sputtern)	19
3.3 Magnetronspütern.....	21
3.4 Plasmapotential und Plasmaanregung	26
3.5 Wirkung von Plasmaprozessen auf Festkörperoberflächen	28
3.6 Vor- und Nachteile des Magnetronspüterns.....	29
4 Wachstumsmechanismen	31
4.1 Epitaxie.....	32
4.2 Energieminimierung bei der Nukleation	33
4.3 "Überleben der Schnellsten".....	34
4.4 "Überleben der Schnellsten" bei Schichtgittern	35
4.5 Interkalation.....	36
4.6 Texturumschlag	37
4.7 Oberflächenaktive Substanzen	39
4.8 Turbostratisches Wachstum.....	40
4.9 Kinetik nach dem Johnson-Mehl-Avrami-Modell	41
5 Ex situ-Schichtcharakterisierung	45
5.1 Schichtdickenmessung	45
5.2 Durchbiegungsmessung.....	45
5.3 Winkeldispersive Röntgenbeugung.....	46
5.4 Röntgenreflektometrie	49
5.5 Rutherford-Rückstreuung (RBS).....	50
5.6 Elastische Rückstreuanalyse (ERDA).....	51
5.7 Optische Reflexionsmessungen.....	53
5.8 Elektrische Messungen.....	53
5.9 Rasterelektronenmikroskopie (REM).....	54
5.10 Transmissionselektronenmikroskopie (TEM).....	55

B	Experimentelles.....	59
6	Schichtpräparation von MoS_x und WS_x durch reaktives Magnetronspütern.....	59
6.1	Sputteranlagen.....	59
6.2	Standardabscheidebedingungen.....	60
6.3	Sputterquelle.....	62
6.4	Substrate, Gase und Targets.....	64
6.5	Plasmaentladungsbedingungen.....	67
7	In situ-EDXRD während des Magnetronspüterns.....	71
7.1	in situ-Röntgenbeugung.....	71
7.2	EDXRD und WDXRD.....	72
7.3	Synchrotronstrahlung.....	75
7.4	Synchrotronstrahlungsquelle HASYLAB.....	76
7.5	Das EDXRD-Experiment.....	79
7.5.1	Experimenteller Aufbau.....	79
7.5.2	Auswertelektronik und Intensitätsnormierung.....	80
7.5.3	Justage der Probe im polychromatischen Röntgenstrahl.....	82
7.5.4	Röntgendetektor und Energiekalibrierung.....	84
7.5.5	Bestimmung des Beugungswinkels.....	86
7.6	Auswertung der in situ-EDXRD-Spektren.....	88
7.6.1	Korngröße und Variation des c-Gitterparameters.....	88
7.6.2	Detektorverbreiterung.....	89
7.7	Röntgenfluoreszenz.....	90
7.7.1	Intensität.....	91
7.7.2	Selbstabsorption.....	93
7.7.3	Normierung der Schichtdicke bzw. der Abscheiderate.....	93
8	Ergebnisse und Diskussion.....	95
8.1	In situ-EDXRD während des Magnetronspüterns.....	95
8.1.1	In situ-EDXRD von (001)-texturierten Schichten.....	96
8.1.2	In situ-EDXRD von (100)-texturierten Schichten.....	101
8.1.3	In situ-EDXRD während des Texturumschlags.....	103
8.1.4	Texturumschlag von gesputterten Schichten.....	105
8.1.5	c-Gitterparameter und Korngröße von (001)-texturierten Schichten.....	108
8.1.6	Strukturelle Schichteigenschaften bei Variation des Sputterdrucks.....	110
8.1.7	Strukturelle Schichteigenschaften bei Variation des H ₂ S-Partialdrucks...	114
8.1.8	Strukturelle Schichteigenschaften bei Variation der Substrattemperatur .	115
8.1.9	Strukturelle Schichteigenschaften bei Variation der Substratvorspannung.	116
8.1.10	Strukturelle Schichteigenschaften bei Variation des Substrats.....	118
8.2	Eigenschaften reaktiv gesputterter MoS _x - und WS _x -Schichten.....	121
8.2.1	Stöchiometrie.....	121
8.2.2	Schichtspannungen.....	126
8.2.3	Elektrische Schichteigenschaften.....	128
8.2.4	Mechanische Eigenschaften.....	130
8.2.5	Ex situ-Röntgenbeugung.....	131
8.2.6	Dichtebestimmung.....	141
8.2.7	Optische Eigenschaften.....	144
8.2.8	Morphologie.....	146
8.2.9	Zusammenfassung.....	155

8.3	Transmissionselektronenmikroskopie (TEM).....	157
8.3.1	TEM an (001)- und (100)-texturierten Schichten.....	157
8.3.2	Dicke der c_{\perp} -orientierten Basisschicht	160
8.3.3	Ermittlung des Gitterparameters c aus TEM-Aufnahmen	161
8.3.4	(100)-orientierte Kristallite	163
8.3.5	Kippgrenze und Nanokristallite	168
8.3.6	Kristallbaufehler	168
8.3.7	Haftung von MoS_x - und WS_x -Schichten auf dem Substrat	171
8.3.8	Zusammenfassung	172
9	Zusammenfassende Diskussion.....	173
	Zusammenfassung	181
	Abstract.....	183
	Veröffentlichungen	185
	Danksagung	187
	Lebenslauf	189
	Literatur	191

