

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Aufbau und Wirkungsweise elektrochromer Schichtsysteme	6
2.1	Transparente Elektroden	6
2.2	Elektrochrome Schichten	8
2.3	Ionenleiter	9
2.4	Ionenspeicherschichten	10
3.	Energetische Simulation elektrochromer Systeme	11
3.1.	Elektrochrome Fenster	11
3.2.	Elektrochrome Wandelemente	13
4	Physikalische Eigenschaften des $WO_3$	17
4.1	Struktur und Zusammensetzung	17
4.2	Die elektronische Struktur des $WO_3$	24
5	Herstellung von $WO_3$ -Filmen	27
5.1	Das Aufdampfen	28
5.2	Kathodenzerstäubung (Sputtern)	30
6	Elektrochemische Charakterisierung	36
6.1	Versuchsaufbau	36
6.2	Experimentelle Ergebnisse	40
6.2.1	Aufgedampfte $WO_3$ -Filme	41
6.2.2	Gesputterte $WO_3$ -Filme	44
7	Optische Eigenschaften	47
7.1	Absorptionsmechanismen	47
7.1.1	Das Oszillatormodell	48
7.1.2	Das Drude-Modell	52
7.1.3	Das Polaron-Modell	53
7.2	Methoden zur Bestimmung optischer Konstanten	56
7.2.1	Spektroskopie auf transparenten Substraten	56
7.2.2	Das $n,k$ -Iterationsverfahren	58
7.2.3	Reflexions-Spektroskopie	62
7.3	Optische Konstanten von $WO_3$ -Filmen	64
7.3.1	Spektroskopie im Ultravioletten	64
7.3.2	Spektroskopie im Sichtbaren und im nahen Infrarot	65

7.3.2.1 Brechungsindizes transparenter WO <sub>3</sub> -Filme . . . . .	66
7.3.2.2 Brechungsindizes absorbierender Filme . . . . .	69
7.3.2.3 Kristalline WO <sub>3</sub> -Filme . . . . .	76
7.3.3 Spektroskopie im mittleren Infrarot . . . . .	81
7.3.3.1 Substrate für die Reflexionsspektroskopie . . . . .	82
7.3.3.2 IR-Absorption in aufgedampften WO <sub>3</sub> -Filmen . . . . .	83
7.3.3.3 IR-Absorption gesputterter Filme . . . . .	86
7.3.3.4 IR-Absorption in kristallinen Filmen . . . . .	91
8 Elektrische Eigenschaften . . . . .	95
8.1 Leitungsmechanismen in amorphen Halbleitern . . . . .	95
8.1.1 Herleitung des T <sup>-1/4</sup> -Gesetzes . . . . .	96
8.1.2 Abschätzung der Zustandsdichte am Fermi-niveau . . . . .	100
8.2 Experimentelle Ergebnisse . . . . .	102
8.3 Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Absorption . . . . .	107
9 Gegenelektroden . . . . .	112
9.1 Nickelhydroxid . . . . .	112
9.2 Vanadiumoxid . . . . .	113
10 Elektrochrome Zellen . . . . .	115
10.1 Dünnschichtzellen . . . . .	115
10.2 Laminierte Zellen . . . . .	117
10.3 Zellen für Anzeigeelemente . . . . .	118
11 Zusammenfassung . . . . .	120
Anhang A: Untersuchung des durch Interferenz bedingten Peaks im In-	
frarot . . . . .	124
Anhang B: Voltammetrie mit simultaner Transmissionsmessung . . . . .	129
Literaturverzeichnis . . . . .	131