

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung und Aufgabenstellung</b> .....	1
<b>2. Wechselwirkung von Strahlung mit Glas und Glasbeschichtungen</b> .....	4
2.1 Die Eigenschaften von Floatglas .....	4
2.1.1 Der Wärmedurchgangskoeffizient : k-Wert .....	4
2.1.2 Gesamtdurchlassgrad g.....	4
2.1.3 Optische Eigenschaften von Fensterglas .....	5
2.2 Anwendungen von dünnen Schichten in der Optik .....	7
2.2.1 Grundgleichung.....	7
2.2.2 Einfluss einer reflexmindernden Schicht – Entspiegelung.....	8
2.2.3 Doppelschichten.....	9
2.2.4 Dreifachschichten.....	10
2.2.5 Beschichtetes Glas – Wärmedämm- und Sonnenschutzschichten.....	11
2.3 „Smart Windows“ .....	12
2.3.1 Phototrope Gläser.....	12
2.3.2 Elektrochrome Schichten.....	12
2.3.3 Thermotrope Beschichtungen .....	13
2.3.4 Gasochrome Beschichtungen.....	13
2.3.5 Thermochrome Beschichtungen .....	14
<b>3. Beschichtungsverfahren</b> .....	15
3.1 Chemical Vapour Deposition – CVD .....	15
3.2 Physical Vapour Deposition – PVD .....	15
3.2.1 Aufdampfen im Vakuum .....	16
3.2.2 Ionenplattieren .....	17
3.2.3 Kathodenzerstäuben .....	17
3.3 IBAD-Verfahren .....	19
<b>4. Ionen-Festkörper-Wechselwirkung</b> .....	22
4.1 Der elastische Streuvorgang .....	23
4.2 Elektronisches Abbremsen .....	25
4.3 Effekte im kristallinen Festkörper – Channeling.....	27
<b>5. Isolator-Metall-Übergänge</b> .....	29
5.1 Band-Isolatoren (Bloch-Wilson-Isolatoren).....	29
5.2 Peierls Isolator-Metall-Übergang .....	30
5.3 Anderson Isolator Metall-Übergang .....	30
5.4 Mott Isolator-Metall-Übergang .....	31
5.5 Hubbard Isolator-Metall-Übergang .....	33
<b>6. Materialeigenschaften</b> .....	38
6.1 Vanadiumoxide.....	38
6.1.1 Vanadium(II)-oxid VO .....	38
6.1.2 Vanadium(III)-oxid V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	38

6.1.3 Vanadium(IV)-oxid VO <sub>2</sub> .....	39
6.1.4 Vanadium(V)-oxid V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	39
6.2 Synthese von VO <sub>2</sub> und V <sub>x</sub> O <sub>y</sub> -Phasendiagramm .....	40
6.3 Ansätze zur Erklärung des Halbleiter-Metall-Übergangs im VO <sub>2</sub> .....	41
6.4 Phänomenologische Beschreibung des Halbleiter-Metall-Übergangs im VO <sub>2</sub> .....	42
<b>7. Anlage und Komponenten</b> .....	<b>48</b>
7.1 Die IBAD-Anlage .....	48
7.2 Die Ionenquellen .....	49
7.2.1 ECWR-Ionenquelle .....	49
7.2.2 Multi-Cusp-Ionenquelle MUCIS .....	50
7.3 Messung des Ionenstroms .....	51
7.3.1 Standard Faraday-Cup .....	51
7.3.2 Scanner .....	51
7.3.3 Multi-Faraday-Cup .....	52
7.4 Probenhalter .....	53
7.4.1 Halter ohne Probenbewegung (statisch) .....	53
7.4.2 Halter mit Probenbewegung (dynamisch) .....	54
7.5 Elektronenstrahlverdampfer .....	55
7.6 Schwingquarzsyste me .....	55
7.7 Kammer und Pumpstand .....	56
<b>8. Analytik</b> .....	<b>57</b>
8.1 Temperaturabhängige Widerstandsmessung .....	57
8.2 Photometrische Messungen .....	57
8.3 Photoelektronenspektroskopie – XPS .....	58
8.4 Rutherford-Back-Scattering – RBS .....	60
8.5 Glancing-Angle X-Ray Diffraction – GXR D .....	62
8.6 Rasterelektronen (REM)- und Rasterkraftmikroskopie (AFM) .....	63
8.7 Profilometrie .....	63
8.8 Augerelektronenspektroskopie – AES .....	63
<b>9. Experimente und Ergebnisse</b> .....	<b>64</b>
9.1 Probenvorbereitung und VO <sub>2</sub> -Vorbehandlung .....	65
9.2 Synthese der Filme mit anschließender Ausheilung .....	64
9.2.1 Zusammensetzung der kalt und ohne Ionenbeschuss abgeschiedenen Filme .....	65
9.3 Synthese der Filme mit in-situ-Heizung .....	68
9.3.1 Zusammensetzung der mit in-situ-Heizung abgeschiedenen Filme .....	69
9.4 Synthese unter Ionenbeschuss – Der Einfluss energiereicher Teilchen .....	69
9.4.1 Zusammensetzung der unter Ionenbeschuss abgeschiedenen Filme .....	71
9.4.2 Zusammensetzung der mit in-situ-Heizung und unter Ionenbeschuss abgeschiedenen Filme .....	72
9.4.3 Schichtzusammensetzung bei Synthese aus reinem Vanadium .....	75
9.4.4 Einfluss der Aufwachsrate .....	75
9.4.5 Schaltvermögen und Zusammensetzung des Ionenstrahls .....	76

9.4.6	Schalteigenschaften in Abhängigkeit von der Ionenenergie .....	78
9.4.7	Abhängigkeit des Schaltvermögens vom I/A-Verhältnis .....	81
9.4.8	Strahlprofile .....	83
9.4.9	Schaltvermögen in Abhängigkeit vom Ioneneinfallswinkel.....	86
9.4.10	Schaltvermögen und Filmdicke .....	88
9.4.11	Korrelation von UV/VIS/NIR und R(T)-Spektren.....	90
9.4.12	Topographie der Schichten .....	91
9.5	Probenrotation während der Synthese.....	95
9.6	Veränderung der Schichteigenschaften.....	99
9.6.1	Beschichtung mit zwei Ionenquellen .....	99
9.6.2	Synthese mit Stickstoff- und Sauerstoffionen aus einer Quelle.....	101
9.6.3	Dotierung mit zwei Verdampfern .....	104
9.6.4	Dotierung aus einem Gemisch.....	107
<b>10.</b>	<b>Zusammenfassende Diskussion und Ausblick .....</b>	<b>110</b>
<b>11.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>115</b>
<b>12.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>121</b>
12.1	Probenliste .....	121