

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Experimentelle Methoden	3
2.1	Einrichtungen zur Probenbeschichtung	3
2.2	Quarzkristall-Mikrowaage (QCM)	3
2.3	Probenheizung	4
2.4	Ionenstrahlätzen (IBE)	4
2.5	Metallorganische chemische Gasphasenabscheidung (MOCVD)	4
2.6	Transfer der GaP/Si(100)-Proben	5
2.7	Sekundärelektronenmikroskopie (SEM)	5
2.8	Rasterkraftmikroskopie (AFM)	6
2.9	Lichtmikroskopie	6
2.10	Augerelektronenspektroskopie (AES)	6
2.10.1	Konventionelle AES	6
2.10.2	Ortsaufgelöste AES	7
2.10.3	Raster-Augerelektronen-Abbildung (SAM)	7
2.10.4	Quantitative Augerelektronenspektroskopie	7
2.11	Beugung niederenergetischer Elektronen (LEED)	9
2.12	Niederenergieelektronenmikroskopie (LEEM)	9
2.12.1	Prinzip	9
2.12.2	Kontraste im LEEM-Bild	10
2.12.3	Auflösungsvermögen des LEEM	12
2.12.4	Detaillierte Beschreibung des LEEM	13
2.12.5	Relativer Rotationswinkel zwischen verschiedenen Bildern	13
2.13	Andere Betriebsarten des LEEM	15
2.13.1	PEEM	15
2.13.2	MEM	16
2.13.3	μ LEED	16
3	Vanadiumoxid auf W(110)	17
3.1	Einleitung	17
3.2	Das W(110)-Substrat	19
3.3	Chemische Zusammensetzung der Vanadiumoxidschicht	21
3.4	Auswertung der Beugungsbilder	21
3.4.1	Berechnungen von Überstrukturmatrizen	21
3.4.2	Nomenklatur der Beugungsreflexe	22
3.4.3	Bestimmung der Überstruktur	24
3.4.4	Angabe von kommensuraten Überstrukturmatrizen	24
3.4.5	Kommensurate Einheitszellen	26
3.5	Das Doppelbeugungsmodell	27
3.6	Das Translationsdomänen-Modell	27

3.7	Das Domänenwandmodell	29
3.8	Übersicht berücksichtigter Interpretationen für Beugungsbilder	29
3.9	Beugungsbilder für hexagonale Schichten auf bcc(110)-Kristallen	33
3.10	Einfache Überstrukturen von Vanadiumoxid auf W(110)	35
	3.10.1 (2 × 1)-Überstruktur	35
	3.10.2 (1 × 1)-Überstruktur	37
	3.10.3 Hexagonale Schichten	39
3.11	Mehrdeutige Überstrukturen von Vanadiumoxid auf W(110)	40
	3.11.1 Auswahlkriterien der Interpretationen	40
	3.11.2 Kurdjumov-Sachs-ähnliche Überstrukturen (KS)	41
	3.11.3 Nishiyama-Wassermann-ähnliche Überstrukturen (NW)	52
3.12	Übersicht der Vanadiumoxidschichtstrukturen	56
	3.12.1 Präparationsmöglichkeiten für Vanadiumoxidschichtstrukturen	57
	3.12.2 Oberflächen-Phasendiagramm von dünnen Vanadiumoxidschichten auf W(110)	60
3.13	Strukturübergänge	62
	3.13.1 Entstehung einer KS-ähnlichen Überstruktur	62
	3.13.2 Veränderung der Domänenverteilung in KS-ähnlicher Überstruktur	65
	3.13.3 Entstehung einer NW-ähnlichen Überstruktur	66
	3.13.4 Übergang verschiedener KS-ähnlicher Überstrukturen	67
	3.13.5 Übergang NW-ähnliche Überstruktur ↔ KS-ähnliche Überstruktur	71
	3.13.6 Übergang hexagonale Überstruktur → KS-ähnliche Überstruktur → NW-ähnliche Überstruktur	83
3.14	Vanadiumoxidschichten auf W(110): Zusammenfassung und Ausblick	87
4	III-V-Heteroepitaxie auf Si: Anti-Phasen-Domänen, Grenzflächen und Defekte in GaP/Si(100)	89
4.1	Einleitung	89
4.2	Präparation von GaP/Si(100)	90
4.3	Anti-Phasen-Domänen	90
4.4	Schwerpunkt der LEEM-Untersuchungen: Die phosphorreiche GaP(100)-Oberfläche	92
4.5	Voraussetzungen und Begrenzungen für zerstörungsfreie Untersuchungen der phosphorreichen GaP-Schicht	93
	4.5.1 Strukturertaltender Proben transfer MOCVD→LEEM	94
	4.5.2 Beschädigung der Oberfläche durch Augerelektronenspektroskopie	95
	4.5.3 Beschädigung der Oberfläche durch Heizen der Probe	96
	4.5.4 Mögliche Beschädigungen der GaP-Oberfläche durch LEEM-Untersuchungen	96
4.6	Reguläre Anordnung der Haupt- und Anti-Phasen-Domänen	97
	4.6.1 Bestimmung der Orientierung des Anstiegs von Substratstufen	99
	4.6.2 Vergleich zwischen LEEM und TEM	101
4.7	Unregelmäßige Verteilungen von Hauptphasendomänen und Anti-Phasen-Domänen	102
4.8	Defekte auf der GaP-Oberfläche	103
	4.8.1 PEEM an Galliumtropfen	105
4.9	Großflächige Inspektion der GaP-Schicht	106

4.9.1	Bestimmung der Defektkonzentration	106
4.9.2	Verbesserung des Kontrastes der Domänenstruktur durch Entfernen von überschüssigem Phosphor	107
4.10	Großflächige Unregelmäßigkeiten in der Verteilung der Haupt- und Anti-Phasen-Domänen	109
4.11	Bestimmung der lokalen Domänenkonzentration mit LEEM	114
4.12	Die stöchiometrische GaP-Oberfläche	115
4.13	Die lokal galliumreiche GaP-Oberfläche	116
4.14	GaP/Si(100): Zusammenfassung und Ausblick	117
5	Eisen- und Eisen-Nickel-Polykristalle	119
5.1	Einleitung	119
5.2	Präparation von polykristallinen Proben	121
5.3	Chemische Zusammensetzungen der Oberflächen	121
5.3.1	Chemische Zusammensetzung von Eisen-Polykristallen	121
5.3.2	Chemische Zusammensetzung von FeNi-Polykristallen	122
5.3.3	Nano-Augerelektronenspektroskopie	124
Eisen-Polykristall		127
5.4	Ausrichtung der Kristallitoberflächen: Der Facettenkontrast im LEEM	127
5.5	Oberflächenstrukturen von Fe-Kristalliten	128
5.6	Oberflächenorientierungen und Stufen an Korngrenzen	135
5.7	Oberflächenoxidation des Fe-Polykristalls	137
5.7.1	Kristallitoberfläche während Anfangsstadien der Oxidation	137
5.7.2	Oxidierter Kristallitoberflächen	140
5.8	Gleitebenen und kohärente Korngrenzen	142
5.9	Rekristallisation	145
5.9.1	Topographische Strukturen als Ergebnis einer Rekristallisation	146
5.9.2	Vorboten und Nachwirkungen einer schnell ablaufenden Rekristallisation	147
5.9.3	Detaillierte Untersuchung einer Rekristallisation	150
5.10	Auflösung großflächiger Verunreinigungsinseln	156
5.11	Zyklische Segregation und Rückdiffusion	159
Eisen-Nickel-Polykristall		161
5.12	Oberflächentopographie und Kristallographie von FeNi-Polykristallen	161
5.12.1	Identifizierung einfacher Oberflächenorientierungen	161
5.12.2	Topographie von Stufen	163
5.12.3	Kristallzwillinge	166
5.13	Ausscheidungsinseln	168
5.14	Übersicht verschiedener Kristallitoberflächen	175
5.15	Segregation von Verunreinigungen	179
5.15.1	Flächendeckende Segregation von Verunreinigungen	179
5.15.2	Desegregationen kompletter Verunreinigungsschichten	183
5.15.3	Inselsegregation	186
5.15.4	Desegregation von Inseln	190
5.15.5	Korngrenzensegregation und Rekristallisation	193
5.16	Bewegung kompletter Inseln	198
5.17	Kristallitspezifische (De-)Segregationen	201
5.18	Ostwald-Reifung	204
5.19	Vergleich mit weiteren Messmethoden	210

5.19.1	Lichtmikroskopie, AFM und LEEM	210
5.19.2	Vergleich der mit AFM, SEM, SAM und LEEM aufgenom- menen Bilder von Ausscheidungsinseln	212
5.20	Fe- und FeNi-Polykristalle: Zusammenfassung und Ausblick	217
6	Übersicht der Zusammenfassungen	219
A	Schichtdicke von Vanadium und Vanadiumoxid auf W(110)	221
A.1	Kalibration für die Schichtdickenbestimmung	221
A.2	Bestätigung des Monolagenwachstums durch Quarz-Mikrowägung	224
A.3	Schichtdickenbestimmung	225
A.4	Vergleich der Dämpfungskonstanten verschiedener epitaktischer Schichten	226
B	Oxidationsstufenbestimmung mit AES	231
C	Alternative Beschreibungen komplizierter Beugungsbilder	233
C.1	Wahl der Einheitszelle	233
C.1.1	Wirkung von Basiswechsel	233
C.2	Ausmessen von Beugungsbildern	234
C.2.1	Weiter entfernte Reflexe	235
C.2.2	Andere Richtungen	236
D	Interpretationen der Beugungsbilder	239
D.1	Große Elementarzellen	239
D.1.1	Interpretationen	240
D.1.2	C ₂ -Interpretation	241
D.2	Vergleichbar große Einheitszellen von Substrat und Adsorbat	241
D.2.1	Einleitendes Beispiel: Alternative Darstellung von <i>n</i> × <i>m</i> -Überstrukturen	246
D.2.2	KS-Interpretation	246
D.2.3	NW-Interpretationen	249
D.2.4	NW _{sym} -Interpretation	249
D.2.5	NW _{asym} -Interpretation	251
D.2.6	NR-Interpretation	253
D.2.7	NR _{sym} -Interpretation	253
D.2.8	NR _{asym} -Interpretation	255
D.2.9	Interpretationen mit weiter entfernten Beugungsreflexen	257
D.2.10	Z _a -Interpretation	258
D.2.11	Z _b -Interpretation	260
D.2.12	Z _c -Interpretation	262
D.2.13	Z _d -Interpretation	264
D.2.14	X _a -Interpretation	266
D.2.15	X _b -Interpretation	268
D.2.16	X _c -Interpretation	270
D.2.17	X _d -Interpretation	272
D.3	Einseitig große Elementarzellen	274
D.4	Einseitig große Elementarzellen: Quasi-KS-Ausrichtung	275
D.4.1	QKS-Interpretation	279
D.4.2	QN-Interpretation	280
D.4.3	Interpretationen mit weiter entfernten Beugungsreflexen	282

D.4.4	QZ _a -Interpretation	282
D.4.5	QZ _c -Interpretation	284
D.4.6	QX _a -Interpretation	285
D.4.7	QX _c -Interpretation	287
D.5	Einseitig große Elementarzellen, Quasi-NW-Ausrichtung	289
D.5.1	QNW*-Interpretation	291
D.5.2	QZ _a *-Interpretation	294
D.5.3	QZ _c *-Interpretation	295
D.5.4	QX _a *-Interpretation	296
D.5.5	QX _c *-Interpretation	298
E	Weitere Überstrukturen von Vanadiumoxid auf W(110)	301
E.1	c(6 × 2)-Überstruktur	301
E.2	$\begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 4 \end{pmatrix}$ -Überstruktur	304
E.3	$\begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 0 & 4 \end{pmatrix}$ -Überstruktur	305
E.3.1	$\begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 0 & 4 \end{pmatrix}$ -ähnliche Überstruktur	305
E.4	(3 × 1)-Überstruktur	306
E.5	(3 × 3)-Überstruktur	308
E.6	((3...4) × 1)-Überstruktur	311
E.6.1	(3, 33 × 1)-Überstruktur	311
E.7	(5 × 2)-Überstruktur	312
E.8	Große Kurdjumov-Sachs-ähnliche Überstrukturen	313
E.8.1	Kurdjumov-Sachs-ähnliche (2 × 2)-Überstruktur (KS (2 × 2))	313
E.8.2	Kurdjumov-Sachs-ähnliche (3 × 3)-Überstruktur (KS (3 × 3))	316
E.8.3	Kurdjumov-Sachs-ähnliche c(6 × 2)-Überstruktur (KS c(6 × 2))	317
E.9	Varianten von Nishiyama-Wassermann-ähnlichen Überstrukturen	318
E.9.1	NW(8)-ähnliche Überstrukturen	318
E.9.2	NW(6)-ähnliche Überstrukturen	319
E.10	Große Nishiyama-Wassermann-ähnliche Überstrukturen	320
E.10.1	Nishiyama-Wassermann-ähnliche (2 × 2)-Überstruktur (NW (2 × 2))	320
E.11	(10 × 10)-ähnliche Überstruktur	322
E.12	Vergleichsmessungen mit ESCA – andere Überstrukturen & zusätzliche Beugungsreflexe	323
F	Weitere Untersuchungen von Strukturübergängen	325
F.1	Übergang KS-ähnliche Überstruktur → NW (2 × 2)-ähnliche Überstruktur	325
F.2	Übergang (2 × 1)-Überstruktur → NW-ähnliche Überstruktur	326
G	Details zur chemischen Zusammensetzung von Eisen-Nickel-Polykristallen	327
H	PEEM an polykristallinen Eisen-Nickel-Legierungen	331
	Literaturverzeichnis	331