

Elektronenspektroskopische Untersuchungen an Vanadiumoxidoberflächen

im Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie
der Freien Universität Berlin
eingereichte Dissertation

vorgelegt von
Bettina Tepper
aus Hamburg

Februar 2001

Diese Arbeit wurde von Oktober 1996 bis Februar 2001 am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in der Abteilung Chemische Physik unter Anleitung von Herrn Prof. Dr. H.-J. Freund angefertigt.

1. Gutachter: Prof. Dr. H.-J. Freund
2. Gutachter: Prof. Dr. K. Christmann

Tag der Disputation: 20. März 2001

Danksagung

Zunächst möchte ich an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. H.-J. Freund danken, daß er mir diese Promotion ermöglicht hat.

Herrn Prof. Dr. K. Christmann danke ich für sein Interesse an dieser Arbeit und die Übernahme des Korreferates.

Mein besonderer Dank gebührt Herrn Dr. H. Kuhlenbeck für die wissenschaftliche Betreuung und die Hilfsbereitschaft bei der Lösung unzähliger kleiner UHV-bedingter Schwierigkeiten.

Für die wissenschaftliche Zusammenarbeit und Unterstützung, insbesondere bei der Bewältigung apparativer Probleme, möchte ich mich ganz besonders bei Herrn Ralph Wichtendahl, Herrn Uwe Härtel, Herrn Thomas Risse, Herrn Kai Wolter, Frau Anne-Claire Dupuis, Frau Erika Popović und Herrn Andreas Gorschlüter bedanken.

Weiterhin danke ich allen Kollegen und Kolleginnen der Arbeitsgruppe, im besonderen Herrn Jörg Schmidt, Herrn Martin Frank, Herrn Thilo Dellwig, Frau Margarethe Kampling und Herrn Ingo Meusel für Ihre vielfältige Mithilfe und das angenehme Arbeitsklima.

Mit einem Dank bedacht seien auch diejenigen, die zur falschen Zeit am falschen Ort (Gebäude Q) waren und nicht umhin kamen, sich am „Manipulatorheben“ zu beteiligen.

Den Arbeitsgruppen von Herrn Prof. Dr. S. Horn (Experimentalphysik II, Universität Augsburg) und Herrn Prof. Dr. K. H. Ploog (Paul-Drude-Institut für Festkörperforschung, Berlin) danke ich für die Herstellung der verwendeten V_2O_5 -Kristalle.

Zu guter letzt danke ich den Mitgliedern unserer Kickermannschaft für das nichtwissenschaftliche Kontrastprogramm.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	11
1.1	Motivation	11
1.2	Konzept dieser Arbeit	12
2	Vanadiumoxide	14
2.1	Technische Bedeutung von Vanadiumoxiden	15
2.1.1	Gewinnung von Schwefelsäure	18
2.1.2	Gewinnung von Maleinsäureanhydrid	19
2.1.3	Gewinnung von Phthalsäureanhydrid	21
2.1.4	Zersetzung von Stickstoffoxiden	22
2.2	Vanadium(V)-Oxid: V_2O_5	23
2.3	Vanadium(IV)-Oxid: VO_2	25
3	Experimenteller Aufbau	26
3.1	Versuchsapparaturen	26
3.1.1	Photoelektronenspektroskopie	26
3.1.2	Hochaufgelöste Elektronenenergieverlustspektroskopie	28
3.1.3	Thermische Desorptionsspektroskopie	29
4	Meßmethoden	30
4.1	Beugung niederenergetischer Elektronen	30
4.2	Augerelektronenspektroskopie	32

4.3	Thermische Desorptionsspektroskopie	33
4.3.1	Aufnahme von thermischen Desorptionsspektren	34
4.4	Photoelektronenspektroskopie	37
4.4.1	Normalemission	42
4.4.2	Nichtnormale Emission	43
4.5	Schwingungsspektroskopie	44
4.5.1	Elektronenenergieverlustspektroskopie	44
4.5.1.1	Langreichweitige Wechselwirkung: Dipolstreuung	46
4.5.1.2	Kurzreichweitige Wechselwirkung: Stoßstreuung	49
5	Probenaufbau und Probenpräparation	51
5.1	Probenaufbau für Messungen an V_2O_5	51
5.1.1	Präparation der V_2O_5 (001)-Oberfläche	52
5.2	Züchtung eines dünnen VO_2 -Films	53
5.2.1	Probenaufbau für Messungen an einem VO_2 -Film	54
5.2.1.1	Präparation eines VO_2 -Films	54
6	Messungen	65
6.1	Ergebnisse der photoelektronenspektroskopischen Untersuchungen	65
6.1.1	Austrittsarbeit	68
6.1.1.1	Experimentelle Bestimmung der Austrittsarbeit	68
6.1.2	Wasserstoffadsorption	70

6.1.2.1	Wasserstoffadsorption auf anderen Vanadiumoxiden	76
6.2	Ergebnisse der schwingungsspektroskopischen Messungen	78
6.2.1	Adsorption von Wasserstoff	81
6.2.1.1	Bildung von Hydroxylgruppen	84
6.2.1.2	Vanadiumbronze	91
6.3	Thermodesorptionsspektroskopische Messungen	92
6.3.1	Modifizierter Probenaufbau	93
6.3.2	CO auf V_2O_5 (001)	94
6.3.3	CO auf ionenbeschossenem V_2O_5 (001)	98
7	Bandstrukturbestimmung an VO_2/TiO_2 (110)	102
7.1	Messung in normaler Emissionsrichtung	103
7.1.1	Dipol-Auswahlregeln für die Photoemission	109
7.2	Messung in nichtnormaler Emissionsrichtung	111
8	Zusammenfassung	119
	Literaturverzeichnis	123

