

**Innere Photoemission in
Au/Si und CoSi₂/Si Heterostrukturen**

im Fachbereich Physik
der Freien Universität Berlin
eingereichte Dissertation

Volker Hoffmann

Hahn - Meitner - Institut Berlin

1998

Innere Photoemission in Au/Si und CoSi₂/Si Heterostrukturen

im Fachbereich Physik
der Freien Universität Berlin
eingereichte Dissertation

von

Volker Hoffmann

Betreut durch: **Dr. habil. M. Schmidt**

1. Gutachter: **Prof. Dr. K.-H. Rieder**

2. Gutachter: **Prof. Dr. W. Fuhs**

Tag der Disputation: 18.6.1998

Hahn - Meitner - Institut Berlin

1998

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Physikalisches Modell	3
2.1	Metall-Halbleiter Kontakt (Schottky-Barriere)	3
2.2	Innere Photoemission	6
2.2.1	Fowler Modell	9
2.2.2	Streuprozesse im Metallfilm	12
2.2.3	Monte - Carlo - Methode	15
3	Experimentelles Vorgehen	19
3.1	Meßaufbau	19
3.2	Kalibrierung	22
3.3	Probenherstellung	25
3.3.1	Substrate	26
3.3.2	Filmdeposition	27
3.3.3	Rückkontakte	30
4	Optische Eigenschaften	31
4.1	Theoretische Grundlagen	32
4.2	Optische Ergebnisse an Au/Si	35
4.2.1	Reflexionsspektrum $R(h\nu, d)$ und Schichtdickenbestimmung	35
4.2.2	Transmissionsvermögen $Tr(h\nu, d)$	38
4.2.3	Absorptionsvermögen $A(h\nu, d)$	39
4.3	Absorptionsvermögen von $CoSi_2/Si$	43
5	Photoelektrische Eigenschaften	45
5.1	Au/n-Si	45
5.1.1	Innere Quantenausbeute $Y(h\nu, d)$	45
5.1.2	Bestimmung der Fowlerbarriere E_{FB}	49

5.1.3 Emissionskoeffizient G_0	51
5.2 Au/p-Si	56
5.3 CoSi ₂ /n-Si	60
6 Diskussion	63
6.1 Erhöhtes Absorptionsvermögen $A(d)$ dünner Au/Si Filme (optical-size effect)	64
6.2 Einfluß der Trägerstreuung auf den Emissionkoeffizienten $G_0(d)$	65
6.3 Bestimmung der Barrierenenergie E_B	73
7 Zusammenfassung	80
8 Literatur	82
9 Danksagung	85
10 Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge	86
11 Lebenslauf	88

9 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben:

Dr. M.Schmidt, für die Bereitstellung des Themas und Betreuung und

Prof. W.Fuhs, für die Begutachtung der Arbeit.

Prof. K.H.Rieder hat freundlicherweise meine Betreuung an der FU-Berlin übernommen.

Die bereitwillige und präzise Hilfe bei feinmechanischen und elektronischen Problemlösungen von J.Griebel haben mir meine Arbeit sehr erleichtert.

Unentbehrlich war die zuverlässige Probenherstellung von B.Rabe, D.Patzek, P.Stauß und Dr. G.U.Reinsperger.

Dr. M.Brauer hat das Monte - Carlo Programm erstellt und durch zahlreiche Rechnungen die Arbeit theoretisch abgesichert.

Die optischen Vergleichsmessungen wurden von Dr. W.Henrion und M.Rebien durchgeführt.

Die AFM Charakterisierung hat R.Würz übernommen.

M.Poschenrieder hat die optischen Spektren simuliert und gern mit mir ausdiskutiert.

Und ganz besonders danke ich Inge, für die ständige Motivation, und

... Astrid.

10 Veröffentlichungen und Koferenzbeiträge

- „Enhanced photoyield with decreasing film thickness on metal-semiconductor structures“, V.Hoffmann, M.Brauer, M.Schmidt, Mat.Res.Soc.Symp.Proc. Vol. **448**, 413 (1997)
- „Influence of scattering on internal photoemission in heterostructures“, M.Schmidt, M.Brauer, V.Hoffmann, Appl.Surf.Sci. **102**, 303 (1996)
- „Internal photoemission in heterostructures affected by scattering processes“, M.Schmidt, M.Brauer, V.Hoffmann, J.Phys.D: Appl.Phys. **30**, 1442 (1997)

Posterbeiträge

- „Photoelektrische Untersuchungen an Metall/Halbleiter - Heterostrukturen“, V.Hoffmann, M.Brauer, G.U.Reinsperger, P.Stauß, M.Schmidt, Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Münster, März 1997
- „Photoelektrische Untersuchungen an ZnO/Si - Heterostrukturen“, V.Hoffmann, F.Fenske, M.Schmidt, Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Regensburg, März 1996
- „Investigation of silicon based heterojunctions by photoinjection“, M.Schmidt, M.Brauer, V.Hoffmann, P.Stauß, W.Fuhs, 2nd International Symposium of Silicon Heterostructures, Barga, Italien, September 1997
- „Monte Carlo studies of internal photoemission mechanisms in metal - silicon structures“, M.Brauer, V.Hoffmann, P.Stauß, M.Schmidt, 2nd International Symposium of Silicon Heterostructures, Barga, Italien, September 1997
- „Einfluß von Streuprozessen auf die Quantenausbeute der inneren Photoemission“, M.Brauer, V.Hoffmann, M.Schmidt, Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Berlin, März 1995

- „Growth and characterization of ultrathin epitaxial CoSi_2/Si Heterojunctions“, P.Stauß, V.Hoffmann, G.U.Reinsperger, M.Schmidt, B.Selle, I.Sieber, W.Fuhs, Materials Research Society Spring Meeting, San Francisco, März 1997
- „Photoleitungsuntersuchungen an MBE β - FeSi_2/Si Heterostrukturen“, P.Stauß, G.U.Reinsperger, V.Hoffmann, S.Brehme, I.Sieber, M.Schmidt, H.Lange, Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Regensburg, März 1996

Vortrag

- „Enhanced photoyield with decreasing film thickness on metal-semiconductor structures“, V.Hoffmann, M.Brauer, M.Schmidt, Materials Research Society Fall Meeting, Boston, Dezember 1996

11 Lebenslauf

- 1965 geboren am 31.3. in Schwaan
- 1970 Umzug nach Leverkusen
- 1971 Einschulung in Leverkusen
- 1974 Umzug nach San Jose / Costa Rica
- 1982 Schulabschluß an der (deutschen) Humboldt-Schule in San Jose
- 1983/84 Deutsches Abitur am Zentralkolleg in Hamburg
- 1984 Beginn des Physik-Studiums im Winter-Semester an der Universität Stuttgart
- 1988 Abschluß des Vordiploms im März an der Universität Stuttgart
- 1988 Umzug nach Berlin und Fortsetzung des Physik - Studiums an der Freien Universität Berlin
- 1990-93 Anstellung als Tutor im Physik-Praktikum für Mediziner der FU-Berlin
- 1993 Abschluß des Physik-Studiums im Februar an der FU - Berlin
Diplomarbeit in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. K.-H. Rieder über UHV - Rastertunnelmikroskopie, Wachstum und Morphologie dünner Eisenschichten auf Glimmer
- 1993/94 Weltreise
- 1994-98 Doktorarbeit am Hahn-Meitner-Institut Berlin in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. H. Flietner und Prof. Dr. W. Fuhs, über innere Photoemission an Au/Si und CoSi₂/Si Heterostrukturen