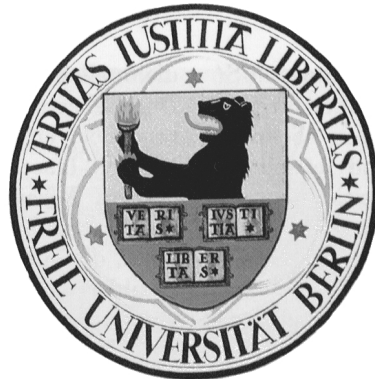


Statische und dynamische Untersuchungen ultradünner Metallfilme mit optischer Frequenzverdopplung und nichtlineare Mikroskopie

Im Fachbereich Physik
der Freien Universität Berlin
eingereichte Dissertation



UWE CONRAD
1999

Veröffentlichungen im Zusammenhang mit dieser Arbeit :

U. CONRAD, J. GÜDDE, V. JÄHNKE UND E. MATTHIAS.

Ultrafast electron and magnetization dynamics of thin Ni and Co films on Cu(001) observed by time-resolved SHG. *Applied Physics B* **68**, 511 – 517 (1999).

J. GÜDDE, U. CONRAD, V. JÄHNKE, J. HOHLFELD UND E. MATTHIAS.

Magnetization dynamics of Ni and Co films on Cu(001) and of bulk nickel surfaces. *Physical Review B* **59**, R6608 – R6611 (1999).

V. JÄHNKE, U. CONRAD, J. GÜDDE UND E. MATTHIAS.

SHG investigations of the magnetization of thin Ni and Co films on Cu(001). *Applied Physics B* **68**, 485 – 489 (1999).

J. HOHLFELD, U. CONRAD, J.G. MÜLLER, S.-S. WELLERSHOFF UND E. MATTHIAS.

Femtosecond Time-Resolved Linear and Second-Order Reflectivity of Metals. In : *Nonlinear Optics in Metals*, Ed. K.-H. Bennemann, Oxford University Press, 219 – 267 (1998).

J. HOHLFELD, J. GÜDDE, U. CONRAD, O. DÜHR, G. KORN UND E. MATTHIAS.

Ultrafast magnetization dynamics of Nickel. *Applied Physics B* **68**, 505 – 510 (1999).

J. HOHLFELD, S.-S. WELLERSHOFF, J. GÜDDE, U. CONRAD, V. JÄHNKE UND E. MATTHIAS.

Electron dynamics and energy deposition depth following optical excitation of metals *Chemical Physics* to be published (1999).

Erstgutachter : Prof. Dr. Dr. h.c. E. Matthias

Zweitgutachter : Prof. Dr. L. Wöste

Datum der Disputation : 20.10.1999

Für Susann, Paul und Johannes.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Methode der SHG	5
2.1 Grundlagen der Frequenzverdopplung	5
Symmetrieeigenschaften	7
Mikroskopische Struktur	9
2.2 Einfluß einer Magnetisierung	10
2.3 Meßgrößen der SHG	12
3. Lasersysteme	17
3.1 Prinzip der Pulserzeugung	17
3.1.1 Kerr-Linsen-Modensynchronisation	17
3.1.2 Gruppengeschwindigkeitsdispersion und Selbstphasenmodulation	20
3.2 Modengekoppelter Ti:Sa-Laser	22
3.2.1 Aufbau des Lasers	22
3.2.2 Leistungsdaten des Lasers	24
3.3 Verstärkersystem	27
4. SHG-Mikroskopie	29
4.1 Aufbau des SHG-Mikroskops	29
4.1.1 Vorbereitender Aufbau	29
4.1.2 Umbau des kommerziellen Mikroskops	31
4.2 Messungen mit dem SHG-Mikroskop	40
4.2.1 Abbildung magnetischer Domänen	40
4.2.2 Messungen zur Auflösung	45
4.2.3 Erste Messungen an künstlichem Diamant	49
4.2.4 Messungen an amorphen Halbleitern	50
4.3 Zusammenfassung	57
5. Statische Eigenschaften dünner ferromagnetischer Filme	61
5.1 UHV-Apparatur und Präparation der Filme	62
5.2 Bedeckungsabhängigkeiten	63

5.2.1	Co/Cu(001)	65
5.2.2	Ni/Cu(001)	71
5.3	Phasensensitive SHG-Messungen	76
5.3.1	Methoden	76
5.3.2	Messungen der Phase im UHV	81
5.3.2.1	Ni/Cu(001)	84
5.3.2.2	Co/Cu(001)	89
5.4	Zusammenfassung	93
6.	Dynamische Eigenschaften dünner ferromagnetischer Filme	95
6.1	Experimenteller Aufbau	96
6.2	Magnetisierungsdynamiken	99
6.2.1	Ni/Cu(001)	101
6.2.2	Co/Cu(001)	115
6.3	Gitterdynamik	119
6.4	Zusammenfassung	125
7.	Zusammenfassung und Ausblick	129
A.	Autokorrelator	133
B.	Lineare Reflektivitäten dünner Goldfilme	135
C.	Gruppengeschwindigkeitsdispersion einiger optischer ...	139
	Abbildungsverzeichnis	149
	Tabellenverzeichnis	154
	Verwendete Symbole und Konstanten	157
	Literaturverzeichnis	160
	Danksagungen	173
	Lebenslauf	175

Danksagungen

An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. E. Matthias danken. Er gab mir die Gelegenheit auf diesem sehr spannenden Gebiet der Physik zu promovieren und hat durch sein andauerndes Interesse am Fortschreiten der Arbeit stark zu meiner Motivation beigetragen. Über seine ständige fachliche Diskussionsbereitschaft hinaus, war er aber auch für nichtfachliche Belange ansprechbar, was wesentlich zu meinem Wohlbefinden innerhalb der Arbeitsgruppe beigetragen hat. Seine Politik der „offenen Tür“ schafft eine sehr angenehme und produktive Atmosphäre.

Herrn Prof. Dr. L. Wöste möchte ich dafür danken, daß er die Zweitbegutachtung dieser Arbeit übernommen hat.

Weiterhin möchte ich Dr. Jens Gütde, dessen analytischen Scharfsinn ich nicht hätte missen möchten, und Volker Jähnke („auf die Plätze, fertig, los“) herzlich danken. Die tägliche Zusammenarbeit mit ihnen – im Labor und beim Diskutieren – war mir ein Vergnügen und angenehmer Ansporn zugleich. Unsere entspannte Arbeitsatmosphäre habe ich sehr genossen.

Danken möchte ich auch Dr. Julius Hohlfeld. Er hat mich während meiner Diplomarbeit an die nichtlineare Optik und die Kurzzeitspektroskopie herangeführt und war danach mit großer Begeisterungsfähigkeit immer zu einer Diskussion auf dem Gang oder im Kaffeezimmer bereit.

Herrn Frank Peters wünsche ich weiterhin viel Erfolg und Vergnügen bei der Erweiterung des SHG-Mikroskopes zu einem abbildenden Verfahren im Rahmen seiner Diplomarbeit.

Nicht nur für die Unterstützung bei der Lösung so manchen EDV-Problems möchte ich mich recht herzlich bei Dr. Peter West und Svante Wellershof bedanken, sondern auch für den angenehm persönlichen, alltäglichen Umgang.

An dieser Stelle sei auch Dietgard Mallwitz für die Erledigung vieler organisatorischer Dinge gedankt, sowie allen übrigen nicht namentlich erwähnten Gruppenmitgliedern der AG Matthias.

Dr. Jan Siegel, sowie Dr. J. Solis und Prof. C. N. Afonso, danke ich für die Bereitstellung der laserbestrahlten Halbleiterfilme.

Mein spezieller Dank richtet sich an Herrn M. Prüfer, den Leiter unserer Studentenwerkstatt, der mir bei den nicht unerheblichen mechanischen Aufbauarbeiten mit Rat und Tat sehr geholfen hat.

Mein herzlichster Dank aber gilt meiner Frau Susann und meinen Söhnen Paul und Johannes, die ich in der letzten Zeit doch oft vernachlässigt habe. Meiner Frau danke ich für ihre große Geduld und ihre aufbauende Liebe, die sie mich immer dann am stärksten spüren lies, wenn etwas mal nicht so richtig lief. Meinen Söhnen danke ich für ihre pure Existenz, mit der sie eine wunderbare Bereicherung meines Lebens schaffen.

Lebenslauf

- Name : Uwe Conrad
Geburtsdatum : 14.09.1966
Geburtsort : Hamburg
- Familienstand : verheiratet mit Susann Conrad, geb. Höhne
zwei Kinder: Paul und Johannes
- 1973 - 1980 : Besuch der Grundschule (Volks- und Realschule Sengelmanstr.
in Hamburg-Alsterdorf)
1980 - 1983 : Besuch der Realschule (Volks- und Realschule Sengelmanstr.
in Hamburg-Alsterdorf)
1983 : Erwerb der mittleren Reife
1983 - 1987 : Besuch des Gymnasiums (Lohmühlen-Gymnasium in
Hamburg-Mitte)
1987 : Erwerb des Abiturs
1987 - 1989 : Zivildienst in Hamburg: Individuelle Schwerstbehinderten-
betreuung
1989 : Beginn des Physikstudiums an der Freien Universität Berlin
1991 : Erwerb des Vordiploms in Physik
1992 - 1995 : Studentische Hilfskraft im physikalischen Praktikum für Mediziner
1993 - 1995 : Diplomarbeit in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Dr. h.c. E. Matthias
mit dem Titel : „Lineare und nichtlineare fs-zeitaufgelöste transiente
Thermoreflexionsspektroskopie an Edelmetallen“
11.07.1995 : Letzte Diplomprüfung : Abschluß des Physikstudiums als
Diplom-Physiker
- seit 01.08.1995 : Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Freien Universität Berlin
in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Dr. h.c. E. Matthias im
Rahmen des Sonderforschungsbereiches 290 : „Metallische dünne
Filme : Struktur, Magnetismus und elektronische Eigenschaften“

Ich versichere, die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und keine
weiteren als die angeführten Hilfsmittel und Hilfen benutzt zu haben.

Berlin, im September 1999