

MA 2 Magnetische dünne Schichten I

Zeit: Freitag 10:30–13:00

Raum: TU H1012

MA 2.1 Fr 10:30 TU H1012

Magnetische Oberflächenanisotropie von Fe Monolagen auf GaAs(100) — ●KH. ZAKERI, J. LINDNER und M FARLE — Fachbereich Physik, Experimentalphysik, AG Farle, Universität Duisburg-Essen, Lotharstr. 1, 47048 Duisburg

Mittels MBE wurden auf Ga-terminierten GaAs(001) Substraten ultradünne Fe-Filme mit einer Schichtdicke von 5 bis 7 ML bei 300K aufgewachsen. Die magnetischen Eigenschaften wurden mit *in situ* Ferromagnetischer Resonanz bei 4 und 9.3 GHz von 40 bis 400K untersucht. Wir finden eine große effektive Magnetisierung ($M_{eff} = 7800$ G) bei 300K und eine uniaxiale in-plane Anisotropie mit leichter Richtung entlang $[1 \bar{1} 0]$, wobei ein großer Beitrag der Oberfläche und der Grenzfläche ($K_{2si||} = 8.7 \times 10^{-5}$ J/m²) und nur ein sehr kleiner Wert dem Volumen zugeordnet werden kann.

Unterstützt durch Sonderforschungsbereich 491, TPA9.

MA 2.2 Fr 10:45 TU H1012

Magnetismus an Fe/InAs(001) Grenzflächen — ●R. PETERS¹, W. KEUNE¹, W. STURHAHN² und E. E. ALP² — ¹Angewandte Physik, Universität Duisburg-Essen, 47048 Duisburg, Germany — ²APS, Argonne National Laboratory, 60439 IL, USA

Spininjektion in Halbleiter spielt in der Spinelektronik eine entscheidende Rolle. Fe/InAs(001) ist bei der Spininjektion aus einem Ferromagneten ein möglicher Kandidat [1]. Dabei ist sowohl die Grenzflächenbeschaffenheit als auch die Beständigkeit des Fe-Films ein wichtiger Aspekt. Mit Mössbauerspektroskopie (CEMS) und der ⁵⁷Fe-Sondenschichtmethode wurde das magnetische Verhalten direkt an der Grenzschicht untersucht. Zu diesem Zweck wurden 4 ML ⁵⁷Fe an der Fe/InAs(001)-Grenzfläche mittels MBE aufgebracht. Die CEM-Spektren ließen sich mit zwei Unterspektren charakterisieren: Ein reines bcc-Fe ($B_{hf} = 33.0$ T) und ein gestörtes bcc-Fe-Unterspektrum. Für das gestörte Spektrum ergab sich eine Verteilung $P(B_{hf})$, mit einem mittleren magn. Hyperfeinfeld $\langle B_{hf} \rangle$ von 23 - 27 T, entsprechend 1.5-1.8 μ_B , was vermutlich auf in bcc-Fe gelöste As-Atome zurückzuführen ist. Ein Jahr später gemessene CEM Spektren weisen auf keine Alterungseffekte hin. Mittels inelastischer kernresonanter Streuung (NRXS) wurde die Phononenzustandsdichte der ⁵⁷Fe-Sondenschicht gemessen, welche eine deutliche Veränderungen zu bcc-Fe zeigt.

Gefördert durch DFG (SFB 491 und GRK277).

[1] H. Ohno et al., Japn. J. Appl. Phys. **42** (2003) L87

MA 2.3 Fr 11:00 TU H1012

Präparation und Charakterisierung von epitaktischen dünnen Fe(001) Schichten auf GaAs basierender LED für Spininjektion — ●ELLEN SCHUSTER¹, WERNER KEUNE¹, FANG YUH LO², DIRK REUTER², ANDREAS WIECK² und KURT WESTERHOLT³ — ¹Angewandte Physik, Universität Duisburg-Essen, Duisburg — ²Angewandte Festkörperphysik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum — ³Experimentalphysik/Festkörperphysik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum

Elektrische Spininjektion von einer magnetisierten Schicht in einen Halbleiter ist eine Grundvoraussetzung für spätere spinelektronische Anwendungen. Bei einem optischen Nachweis wird die Elektrolumineszenz einer LED (light-emitting diode) gemessen, um über die zirkuläre Polarisation Rückschlüsse auf die Spinpolarisation ziehen zu können. Der Nachteil der bisherigen Versuche ist die Notwendigkeit eines sehr hohen äußeren magnetischen Feldes von etwa 2 Tesla, da aufgrund der Formanisotropie die dünnen ferromagnetischen Schichten in der Ebene magnetisiert sind. Für den Nachweis der Spininjektion wird jedoch eine senkrechte Magnetisierung des Ferromagneten benötigt, wobei es wesentlich ist, diese spontan - ohne äußeres magnetisches Feld - zu erhalten, um in Resonanz Spininjektion messen zu können. Wir berichten von der Herstellung und Charakterisierung ferromagnetischer Fe/Tb-Vielfachschichten mit senkrechter magnetischer Anisotropie auf sauberen As-terminierten GaAs(001) Oberflächen einer GaAs-basierenden LED-Struktur mittels RHEED, Magnetometrie und ⁵⁷Fe-Mössbauerspektroskopie (CEMS). Gefördert durch DFG (SFB491)

MA 2.4 Fr 11:15 TU H1012

Rastertunnelmikroskopische Charakterisierung von ionenstrahlgesputtertem Fe(001) auf GaAs(001) — ●ALEXANDRA SCHINDLER, THORSTEN DAMM, DANIEL BÜRGLER und CLAUS M. SCHNEIDER — Institut für Festkörperforschung, Elektronische Eigenschaften, Forschungszentrum Jülich

Die Fe-Schichten werden mittels Ionenstrahlputtern unter UHV-Bedingungen epitaktisch gewachsen. Die Untersuchung von Wachstums- und Strukturbildungsvorgängen wird zunächst an Fe auf GaAs-Substraten durchgeführt. Die Schichten werden in Abhängigkeit von der Substratpräparation, der Substrattemperatur und der Fe-Schichtdicke hergestellt. Die Morphologieuntersuchungen werden mit einem Rastertunnelmikroskop durchgeführt. Die Messungen werden in Hinblick auf die Höhenvariation des Eisens und dem Unterschied der RMS-Rauhigkeit bei unterschiedlichen Herstellungsbedingungen verglichen. Dabei ist zu erkennen, dass das Vorsputtern (Reinigen) des GaAs die Aufrauung der Fe-Schicht zur Folge hat. Bei erhöhter Substrattemperatur (300°C) wächst der Fe-Film zunehmend in Form von gleichmäßigen sphärischen Clustern. Die RMS-Rauhigkeit beträgt 5Å (3ML), ist damit etwas niedriger als bei Raumtemperatur hergestelltem Fe (7Å, 5ML). Der Einfluss der Morphologie auf die magnetischen Eigenschaften wird betrachtet und die Untersuchungen werden auf Schichtsysteme wie z.B. Fe/Si/Fe, Fe/MgO/Fe ausgeweitet.

MA 2.5 Fr 11:30 TU H1012

Magnetic properties of Fe₃Si/GaAs(001) thin films — ●K. LENZ¹, E. KOSUBEK¹, K. BABERSCHKE¹, J. HERFORT², H.-P. SCHÖNHERR², and K. H. PLOOG² — ¹Inst. f. Experimentalphysik, Freie Universität Berlin, Arnimallee 14, 14195 Berlin — ²Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, Hausvogteiplatz 5-7, 10117 Berlin

The magnetic properties of Fe₃Si/GaAs(001) hybrid structures are studied. The ferromagnetic films show a high crystalline and interfacial perfection [1]. Structural characterization and SQUID magnetometry has been done [2]. We present ferromagnetic resonance (FMR) studies showing an exceptional narrow linewidth (<17 Oe) confirming the high structural quality. Secondly, anisotropy fields are determined. The easy axis of magnetization is the in-plane [010] direction. The angular dependence of the resonance field reveals a small uniaxial in-plane anisotropy field of $\approx 10 - 20$ G along the $[\bar{1}10]$ direction, being not equivalent to the [110] direction. For samples with higher Si content (less Fe) the in-plane anisotropy field is smaller.

Supported by DFG (Sfb 290, TP A2).

[1] J. Herfort *et al.*, Appl. Phys. Lett. **83**, 3912 (2003)

[2] J. Herfort *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. B **22**, 2073 (2004)

MA 2.6 Fr 11:45 TU H1012

Magnetism of thin Fe films on GaAs — ●MICHAL KOSUTH, VOICU POPESCU, and HUBERT EBERT — Department Chemie / Physikalische Chemie, Universität München, Butenandstr. 5-13, D-81377 München, Germany

The electronic and magnetic properties of thin Fe layers on GaAs have been studied using the fully-relativistic TB-KKR band structure method. The most important features observed in the magnetisation profiles are that no magnetically dead layers occur and there is an appreciable induced magnetisation in the semiconductor subsystem. An increase of the orbital moment in the Fe layers both at the surface as well as at the GaAs/Fe interface has been observed.

Calculations of the magnetic anisotropy energy for thin layers of Fe on a GaAs substrate lead to an in-plane magnetisation as the ground state configuration with a noticeable uniaxial character in accordance with experiments.

Within the experiments the Fe surface of the GaAs/Fe system is covered by protective layers of Au (or Cu) to avoid corrosion. Corresponding results of calculations on the effects of additional Au (and Cu) layers on top of GaAs/Fe on the magnetic anisotropy will be presented and discussed.

MA 2.7 Fr 12:00 TU H1012

Magnetische und strukturelle Eigenschaften epitaktischer c-FeSi-Filme auf MgO(100) — ●M. WALTERFANG¹, K. TROUNOV¹, W. KEUNE¹, U. RÜCKER² und K. WESTERHOLT³ — ¹Angewandte Physik, Universität Duisburg-Essen, 47048 Duisburg — ²Forschungszentrum Jülich, Institut für Festkörperforschung, 52425 Jülich — ³Institut für Experimentalphysik/Festkörperphysik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Die metastabile c-FeSi-Phase mit B2-Struktur wurde durch Ko-deposition molekularstrahlepitaktisch auf MgO(100) mit einer Fe- oder Cr-Pufferschicht hergestellt und mößbauerspektroskopisch (⁵⁷Fe-CEMS) untersucht. Die Anpassung der CEM-Spektren erfolgte jeweils mit einem asymmetrischen Quadrupoldublett D1, das die metastabile stöchiometrische c-FeSi-Phase repräsentiert, sowie einem zusätzlichen asymmetrischen Dublett D2, das aus einer statistischen Verteilung von überschüssigen Fe-Atomen auf Si-Gitterplätzen in der B2-Gitterstruktur resultiert. Mit abnehmenden Temperaturen bis auf 4.2 K nimmt die spektrale Fläche des D2-Dubletts, verbunden mit einer drastischen Linienverbreiterung, auf Kosten des D1-Dubletts stark zu. Als Ursache für die Linienverbreiterung kann eine Zunahme der Quadrupolwechselwirkung aufgrund von erhöhter Gitterverzerrung ausgeschlossen werden. Dies folgt aus Röntgenbeugungsergebnissen bei tiefer Temperatur. Mittels SQUID-Magnetometrie wurde bestätigt, dass die beobachteten Effekte bei Abkühlung auf magnetische Ordnungseffekte zurückzuführen sind. Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (GRK 277 und Ke 273/17-1).

MA 2.8 Fr 12:15 TU H1012

Fe Spin Structure During Magnetization Reversal of Exchange Biased Fe/MnF₂ — ●B. SAHOO¹, J. EISENMENGER^{2,3}, W. A. A. MACEDO⁴, R. RÖHLSBERGER⁵, W. KEUNE¹, V. KUNCSEK^{1,6}, M. D. MARTINS⁴, J. NOGUÉS⁷, I. K. SCHULLER², KAI LIU⁸, I. FELNER⁹, K. SCHLAGE¹⁰, O. LEUPOLD¹¹, and R. RÜFFER¹¹ — ¹Uni. Duisburg-Essen, Germany — ²Uni. California-San Diego, USA — ³Uni. Ulm, Germany — ⁴CDTN, Brazil — ⁵HASYLAB@DESY, Germany — ⁶NIPM, Romania — ⁷ICREA and Uni. Barcelona, Spain — ⁸Uni. California-Davis, USA — ⁹Hebrew University, Israel — ¹⁰Uni. Rostock, Germany — ¹¹ESRF, France

We have investigated the local spin structure of Fe in Fe/MnF₂ during magnetization reversal. The nuclear resonant scattering technique allowed for the determination of the depth dependent magnetic hyperfine field and Fe spin structure, and their temperature dependence. The obtained Fe spin structure will be discussed. Interestingly, during the magnetization reversal process the spins rotate (in-plane) up to an angle of 45° away from the applied field direction. By further decreasing the negative field the Fe spins jump from the 45° to the 135° direction and then again continuously rotate into the negative applied field direction.

MA 2.9 Fr 12:30 TU H1012

Beobachtung der Korrelation zwischen Defektstruktur und Exchange-Bias-Effekt in Fe/FeSn₂-Doppellagen mittels Mößbauereffekt — ●F. STROMBERG¹, W. KEUNE¹, M. ACET¹ und V.E. KUNCSEK² — ¹Angewandte Physik, Universität Duisburg-Essen, 47048 Duisburg — ²NIPM, MG7, 77125 Bucharest-Magurele, Romania

Unter verschiedenen MBE-Bedingungen auf InSb(001) präparierte Fe/FeSn₂(001)-Doppellagen bilden ein neues System mit Exchange-Bias. Isotopisch angereicherte ⁵⁷Fe- und ⁵⁷FeSn₂-Sondenschichten wurden auf die entsprechende Seite der Grenzfläche positioniert, um die Fe-Spinstruktur und die Interdiffusion mittels ⁵⁷Fe-CEMS bei RT und 10 K zu studieren. In den CEM-Spektren wurden Komponenten aufgelöst, die zu reinem bcc-Fe, Sn-haltigem bcc-Fe, antiferromagnetischen (AF) FeSn₂ und defektbehaftetem (paramagnetischen) FeSn₂ zugeordnet werden können. Ergänzend wurde die T-Abhängigkeit des Exchange-Bias-Feldes H_E mittels SQUID gemessen. Die CEMS Ergebnisse weisen auf eine Korrelation zwischen chemischer Unordnung (paramagnetischen defektbehafteten Bereichen) in AF FeSn₂ und H_E sowie T_B hin. Die Blocking-Temperatur T_B ist im Vergleich zu T_N stark erniedrigt. Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (SFB491).

MA 2.10 Fr 12:45 TU H1012

Magnetic properties of ultrathin Ni on Pd measured by 111mCd PAC — ●Y. MANZHUR¹, P. IMIELSKI², M. J. PRANDOLINI^{1,2}, K. POTZGER¹, H. H. BERTSCHAT¹, and M. DIETRICH³ — ¹Bereich Strukturforschung, Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH, D-14091 Berlin, Germany — ²Institut für Experimentalphysik, Freie Universität Berlin, D-14195 Berlin, Germany — ³ISOLDE - Collaboration, CERN, Genève 23, Switzerland

Ultrathin two-dimensional magnetic systems grown on non-magnetic substrates, introduces new physical properties important for future applications. One such important property is perpendicular surface anisotropy causing the magnetic layer to come out of the plane. In this work we investigate the direction and the surface magnetic properties using the PAC-method. This method has proven to be a highly sensitive technique to investigate the structure and the magnetic properties of surfaces with atomic resolution. In the present experiment single isolated radioactive 111mCd probe atoms were evaporated in situ at 40 K onto 2 MLs of Ni grown on a Pd(001) single crystal. We could determine the magnetic hyperfine field of the Cd adatoms. The results are compared to the values measured for Cd adatoms on bulk Ni single crystals with the same surface orientation. We could conclude that the magnetic response of a non-magnetic impurity (Cd) on the surface of 2 MLs of Ni(100) on Pd bulk, and on the surface of Ni(100) bulk is equal, however, the magnetic hyperfine field of the Cd probes on 2 MLs of Ni comes out of the plane with an angle of about 60°.