

## MA 31 Magnetische Partikel/Cluster II

Zeit: Mittwoch 11:00–13:15

Raum: TU H1012

MA 31.1 Mi 11:00 TU H1012

**Electronic and Magnetic Properties of Arrays of well-separated fct FePt Nanoparticles Prepared using a Micellar Technique** — A. ETHIRAJAN<sup>1</sup>, H.-G. BOYEN<sup>1</sup>, U. WIEDWALD<sup>1</sup>, F. WEIGL<sup>1</sup>, G. KÄSTLE<sup>1</sup>, P. ZIEMANN<sup>1</sup>, K. FAUTH<sup>2</sup>, M. HESSLER<sup>2</sup>, M. BÜTTNER<sup>3</sup>, A. ROMANYUK<sup>3</sup> und P. OELHAFEN<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Abteilung Festkörperphysik, Universität Ulm, D-89069 Ulm — <sup>2</sup>Experimentelle Physik IV, Universität Würzburg, Am Hubland, D-97074 Würzburg — <sup>3</sup>Institut für Physik, Universität Basel, Klingelbergstr. 82, CH-4056 Basel

Arrays of colloidal FePt nanoparticles generally need to be annealed to elevated temperatures in order to achieve the desired, magnetically attractive, fct phase. Such heat treatment, however, is likely to result in the formation of larger agglomerates due to very small interparticle distances (few nanometers) of the as-deposited particle ensembles. Here, we present a new method allowing to prepare arrays of well separated and chemically pure FePt nanoparticles (diameter about 10 nm, interparticle distance about 100nm). These dots are synthesized by exploiting the selforganization of metal salt-loaded diblock copolymer reverse micells, followed by a plasma-induced removal of the polymer matrix after deposition of a micellar monolayer on a silicon substrate, leading to metallic nanodots in the chemically disordered fcc phase. These dots are then annealed to 650°C for 2 hours yielding the fct phase without any indication for sintering. X-ray induced photoelectron spectroscopy (XPS) and X-ray Magnetic Circular Dichroism (XMCD) are used to study the electronic and magnetic properties in detail after the different preparational steps. First results will be presented.

MA 31.2 Mi 11:15 TU H1012

**Magnetic properties of Ni/Ni-oxide core-shell** — V. SCHNEIDER<sup>1</sup>, A. TILLMANN<sup>2</sup>, A. REINHOLDT<sup>1</sup>, T. WEIRICH<sup>3</sup>, and U. KREIBIG<sup>1</sup> — <sup>1</sup>I. Phys. Inst. I.a, RWTH Aachen, Postfach 52056 — <sup>2</sup>II. Phys. Inst. II.a, RWTH Aachen, Hüskensweg, 52074 Aachen — <sup>3</sup>GFE, RWTH Aachen, Ahornstr. 55, 52074 Aachen

Nickel/Nickel-oxide core-shell nanoparticles are, at present, of great interest concerning medical applications and data storage devices.

Nanoparticles were produced by laser evaporation and adiabatic expansion. They were deposited on substrates and subsequently oxidized in-situ at a temperature up to 400°C forming oxide shells.

This talk will present structural and magnetic analysis on those particles including detailed Energy Filtered Transmission Electron Microscopy (EFTEM) and High Resolution Transmission Electron Microscopy (HRTEM). Magnetic hysteresis measurements were performed by SQUID. Results of samples with three different states of oxidation are discussed and their hysteresis including the observed exchange bias are interpreted.

MA 31.3 Mi 11:30 TU H1012

**Selbstorganisierte Eisennanoketten: Elektrische und Magnetische Eigenschaften** — HARTMUT WIGGERS<sup>1</sup>, TIM PATRICK HÜLSER<sup>1,2</sup>, JÖRG KNIPPING<sup>1</sup> und AXEL LORKE<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Verbrennung und Gasdynamik, Universität Duisburg-Essen, Lotharstrasse 1, 47048 Duisburg — <sup>2</sup>Laboratorium für Festkörperphysik, Universität Duisburg-Essen, Lotharstrasse 1, 47048 Duisburg

Ferromagnetische Eisen-Nanopartikel mit einem Durchmesser von 35 nm können durch Gasphasenpyrolyse von  $Fe(CO)_5$  in einem Heisswandreaktor hergestellt werden. Die Partikelagglomeration wird von magnetischen Wechselwirkungen bestimmt und führt zur Bildung von bis zu 300  $\mu\text{m}$  langen Eisenketten. Durch kontrollierte Oxidation lassen sich diese Nanodrähte mit einer 3-4 nm dicken schützenden Oxidhülle umgeben. HRTEM und EELS Untersuchungen liefern detaillierte Informationen über Morphologie, Struktur und chemischer Zusammensetzung des Materials.

Impedanz Spektroskopie an einzelnen, ca. 20  $\mu\text{m}$  langen, Nanodrähten zeigt sowohl ohm'sche als auch kapazitive Impedanzbeiträge. Daraus lässt sich ein spezifischer Widerstand von  $\rho = 3,2 \times 10^{-5} \Omega\text{m}$  bestimmen. Magnetische Messungen mittels SQUID Magnetometrie ergeben eine Sättigungsmagnetisierung von 160 emu/g. Impedanz Spektroskopie unter reduzierender  $H_2$ -Atmosphäre an kompaktiertem Material belegt ohm'sches Verhalten. Mittels REM wird Sinterverhalten nachgewiesen.

MA 31.4 Mi 11:45 TU H1012

**Molekulardynamik-Simulationen dipolarer magnetischer Nanopartikel** — ALFRED HUCHT, STEPHAN BUSCHMANN und PETER ENTEL — Theoretische Physik, Universität Duisburg-Essen und SFB 445, 47048 Duisburg

Neue Untersuchungen an Fe- und Ni-Nanopartikeln aus der Gasphase zeigen, dass diese sich unter bestimmten Bedingungen in Form langer Ketten anordnen [1]. Es wird angenommen, dass die Dipolwechselwirkung zwischen den magnetischen Nanopartikeln Ursache für die Kettenbildung ist.

Wir untersuchen die Dynamik und Thermodynamik dipolarer magnetischer Nanopartikel mit Molekulardynamik-Simulationen und analysieren den Einfluss u. a. von magnetischem Moment, Partikelgröße, Temperatur und äußerem Magnetfeld auf das System. Weiterhin ergeben sich interessante Effekte bei Berücksichtigung des quantenmechanischen Spindrehimpulses zusätzlich zum Massendrehimpuls der Partikel.

[1] J. Knipping *et. al.*, Nanotechnology 15, 1665 (2004).

MA 31.5 Mi 12:00 TU H1012

**Classifying magnetic interactions in nanoparticle assemblies using Cole-Cole plots** — OLEG PETRACIC<sup>1</sup>, ANDREAS GLATZ<sup>2</sup>, SUBHANKAR BEDANTA<sup>1</sup>, XI CHEN<sup>1</sup>, and WOLFGANG KLEEMANN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Angewandte Physik, Universität Duisburg-Essen, 47048 Duisburg, Germany — <sup>2</sup>Institut für Theoretische Physik, Universität zu Köln, 50937 Köln, Germany

Studying the magnetic ac susceptibility,  $\chi = \chi' - i\chi''$ , of nanoparticle assemblies leads to important conclusions about the role of inter-particle interactions. We demonstrate that the Cole-Cole plot,  $\chi''$  vs.  $\chi'$ , can be used as a tool for classifying the magnetic behavior of interacting or non-interacting nanoparticles. Distinguishing non-interacting superparamagnetic from collective behavior like in the superspin glass or superferromagnetic state is easily possible. We performed measurements of the magnetization hysteresis and ac susceptibility on the granular multilayer  $[Co_{80}Fe_{20}/Al_2O_3]_n$ . The results are successfully compared to simulations within two approaches for a driven domain wall in random media.

MA 31.6 Mi 12:15 TU H1012

**Polarized Neutron Reflectometry and magnetometry studies on granular multilayers** — SUBHANKAR BEDANTA<sup>1</sup>, EMMANUEL KENTZINGER<sup>2</sup>, OLEG PETRACIC<sup>1</sup>, WOLFGANG KLEEMANN<sup>1</sup>, ULRICH RÜCKER<sup>2</sup>, AMITESH PAUL<sup>2</sup>, THOMAS BRÜCKEL<sup>2</sup>, S. CARDOSO<sup>3</sup>, and P. P. FREITAS<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Angewandte Physik, Universität Duisburg-Essen, D-47048 Duisburg, Germany — <sup>2</sup>Institut für Festkörperforschung, Forschungszentrum Jülich, D-52425 Jülich, Germany — <sup>3</sup>INESC, Rua Alves Redol 9-1, 1000, Lisbon, Portugal

Polarized neutron reflectivity (PNR) and magnetometry studies have been performed on the granular multilayers  $[Co_{80}Fe_{20}(t_n)/Al_2O_3(3\text{nm})]_{10}$  for two different nominal thicknesses  $t_n = 1.3 \text{ nm}$  (non-percolating superferromagnet) and  $t_n = 1.6 \text{ nm}$  (percolating ferromagnet). The ac-susceptibility components measured as a function of frequency, temperature and field amplitudes show similar results as obtained from recent simulations. They hint at sliding and switching regimes of pinned domain walls. This is also confirmed by PNR measurements of the slowly relaxing magnetization reversal, which does not show any spin flip scattering. For the percolated sample fast relaxation is found, which is accompanied by two enhanced satellites around the first Bragg peak. This is probably due to an oscillating magnetization between FeCo layers with a period of five bilayers along the multilayer stack.

MA 31.7 Mi 12:30 TU H1012

**Transport und Positionierung von Biomolekülen mit magnetischen Markern** — MICHAEL PANHORST<sup>1</sup>, PAUL-BERTRAM KAMP<sup>2</sup>, JÖRG SCHOTTER<sup>1</sup>, GÜNTER REISS<sup>1</sup> und HUBERT BRÜCKL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Fakultät für Physik, Universität Bielefeld, Universitätsstr. 25, D-33615 Bielefeld — <sup>2</sup>Fakultät für Biologie, Universität Bielefeld

Kommerziell erhältliche magnetische Marker werden in verschiedenen biomedizinischen Anwendungen genutzt. Die Marker gibt es je nach Anwendung in unterschiedlichen Konfigurationen (Größe, Matrix, Oberflächenfunktionalisierung, magnetische Eigenschaften ...). Diese magnetischen Marker und damit auch die angebundene Biomoleküle, können über externe Magnetfelder manipuliert werden.

Ein on-chip Manipulationssystem wurde entwickelt, das den Transport von magnetischen Markern und eine genaue Positionierung auf der Chipoberfläche erlaubt. Dazu werden Gold-Leiterbahnen auf einem Si-Wafer mit optischer Lithographie strukturiert und mit 100 nm SiO<sub>2</sub> abgedeckt. Ströme bis zu 100 mA durch die Leiterbahnen erzeugen dabei Magnetfelder, durch die die paramagnetischen Marker magnetisiert und ausgerichtet werden. Die Marker folgen dem Gradienten zum nächsten lokalen Maximum des Magnetfeldes.

Durch ein spezielles Design der Leiterbahnen können magnetische Marker (Durchmesser: 1,5  $\mu\text{m}$ ) exakt auf einem 2x2  $\mu\text{m}^2$  großen Sensor positioniert werden. Mit der Untersuchung von Bindungskräften zwischen zwei Biomolekülen (gezeigt am Beispiel von Streptavidin-Biotin und Avidin-Biotin) wird eine weitere Anwendung dieses Manipulationssystems vorgestellt.

MA 31.8 Mi 12:45 TU H1012

**Magnetic susceptibility of magnetite nanoparticles in biological environments** — •JIANDONG WEI and UWE HARTMANN — Experimental Physics Department, University of Saarbruecken, Saarbruecken, Germany

Biogenic magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) has been found in a wide range of organisms, such as magnetotactic bacteria and homing pigeons. Magnetite nanoparticles are assumed to play a key role in the detection of the geomagnetic field and are the basis for several magnetoreception hypotheses. However, the susceptibility of the particles as an important property is not very well defined. On the other hand this quantity largely determines the plausibility of those hypotheses. Magnetite nanoparticles from bacteria and particles similar to those found in pigeons have been investigated. The static and dynamic magnetic behavior found in experiments provides a solid base for further theoretical work. The particle size and environmental dependence of the magnetic susceptibility were the main targets of the analysis. The work is supported by DFG.

MA 31.9 Mi 13:00 TU H1012

**Nature of <sup>3</sup>He Nuclear-Spin Relaxation on Glass** — •IOURI SOBOLEV<sup>1</sup>, WERNER HEIL<sup>1</sup>, ERNST OTTEN<sup>1</sup>, JOERG SCHMIEDESKAMP<sup>1</sup>, WOLFGANG KILIAN<sup>2</sup>, HERBERT RINNEBERG<sup>2</sup>, THORSTEN SANDER-THOEMMES<sup>2</sup>, FRANK SEIFERT<sup>2</sup>, REINHARD KREMER<sup>3</sup>, and ARNDT SIMON<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Institut fuer Physik, Mainz — <sup>2</sup>PTB Berlin — <sup>3</sup>MPI fuer Festkoerperforschung, Stuttgart

Relaxation free storage and transport of hyperpolarised <sup>3</sup>He gas is a prerequisite for its use as contrast agent in MR imaging of the human lungs. Normally the spin-polarised gas is stored in aluminosilicate glass vessels but relaxation times  $T_1 > 100$  h are demanded if one thinks of a central production facility and a distribution network of hyperpolarised gas to the clinics. The nature of <sup>3</sup>He relaxation on glasses was investigated quantitatively and will be presented: Using iron-free aluminosilicate glass cells where paramagnetic impurities are less than 30 ppm, the main source of wall relaxation is due to ferromagnetic sites. By means of a SQUID gradiometer the  $T_1$ -hysteresis of bare glass cells was studied. Furthermore, using arrays of SQUIDS, the location of ferromagnetic sites within the cell wall was traced. A numerical MC-simulation of spin-relaxation of <sup>3</sup>He atoms diffusing near ferromagnetic sites reproduces the experimental findings. Finally, the ferromagnetic-site induced wall relaxation could be eliminated by means of an appropriate degaussing procedure resulting in measured  $T_1$  relaxation times of up to 200 h.