

Daniel Schondelmeier: Herstellung und Charakterisierung von gekoppelten IrMn/CoFe Schichtsystemen. 2003

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung der Austauschkopplung, die in Schichtsystemen beobachtet wird, bei denen ein dünner ferromagnetischer Film in Kontakt mit einem dünnen antiferromagnetischen Film gebracht wird. Die Austauschkopplung ist von besonderem Interesse, da solche Systeme einerseits bereits eine Vielzahl technischer Anwendungen finden, andererseits das wissenschaftliche Verständnis über die Wirkungsweise und den Funktionsmechanismus noch am Anfang stehen.

Ein Ziel dieser Arbeit ist die Beobachtung des Einflusses des Probensubstrats auf den Kopplungsmechanismus. Dabei gilt es eine Möglichkeit zu finden, allein durch den Einfluss des Substrats die Kopplung im darüberliegenden Schichtsystem derart zu steuern, dass die Wechselwirkung zwischen ferromagnetischer- und antiferromagnetischer Schicht entweder stark ausgeprägt oder unterdrückt wird. So kann durch eine geeignete Kombination von gekoppelten und entkoppelten Bereichen ein System zum Erzeugen von magnetischen Bildern oder zum Speichern von binären Informationen erzeugt werden, das eine charakteristische magnetische Signatur trägt. Infolgedessen kann ein solches System als Sicherheitsmerkmal oder Echtheitszertifikat Anwendung finden. Darauf aufbauend ist es Zielsetzung dieser Arbeit anhand beider Probentypen die magnetischen Eigenschaften der Proben zu bestimmen. Diese Untersuchungen müssen an der Grenzfläche erfolgen, da die Wechselwirkung zwischen der antiferromagnetischen und der ferromagnetischen Schicht offenkundig ein reiner Grenzflächeneffekt ist. Ausgangspunkt für alle Untersuchungen ist ein metallisches IrMn/CoFe Schichtsystem, das sich durch geringe Interdiffusion der Atome an der Grenzflächen und hohe Kopplungsenergien (bis zu $0,5 \text{ erg/cm}^2$) bei kleiner Koerzitivität (ca. 60 Oe) auszeichnet.

Zunächst wird der Einfluss der Substratrauigkeit durch unterschiedliche Cu und Ta Pufferschichten auf die Kristalltexturierung im IrMn, die Austauschenergie J_e und die Koerzitivität H_c des Systems untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass weder die Rauigkeit des Substrates noch die Texturierung im Antiferromagneten einen grundlegenden Einfluss auf die Austauschkopplung haben. Mit dem Blick auf andere Veröffentlichungen wird deutlich, dass die Morphologie der Körner an der Grenzfläche einen wesentlichen Einfluss auf das Exchange Bias hat. Während dieser Untersuchungen zeigt sich, dass wenige Atomlagen Ta auf einer Cu- Pufferschicht das darüberliegende Exchange Bias System entkoppeln. Somit ist auch ein wirksames System gefunden, in dem sich bei sonst gleichbleibenden Parametern das Exchange Bias sehr einfach "an" und "abschalten" lässt.

Proben mit und ohne Ta, aber gleichem darüberliegendem IrMn/CoFe System, bilden den Ausgangspunkt für die Röntgen-Zirkular-Dichroismus Messungen an den Co L_{3,2}- und Mn L_{3,2} Kanten. Neben der Bestimmung von Spin- und Bahnmoment der jeweiligen Proben werden auch materialsensitive Hysteresen gemessen. Die Untersuchungen belegen die Existenz von unkompensierten Mn Spins an der Grenzfläche zum Ferromagneten. Die Anzahl der Mn- Atome, die ein ferromagnetisches Moment tragen, wird im Fall der gekoppelten Probe auf 0,22 Monolagen abgeschätzt. Im Fall der ungekoppelten Probe verdoppelt sich die Anzahl der unkompensierten Spins im Mn. Es wird gezeigt, dass sich die Kopplung des Ferromagneten an den Antiferromagneten im IrMn/CoFe System nicht über die hier beobachteten unkompensierten Mn Spins einstellt.

An investigation of exchange anisotropy, which is observed in thin magnetic bilayers containing a ferromagnetic film in contact with an antiferromagnetic film is presented in this work. On the one hand the manifold technical application, on the other hand a lack of a deeper scientific understanding of the exchange mechanism causes a exceptional interest in this field of basic research.

The influence of the substrate to the exchange mechanism is one of the main aims of the present work. While finding a possibility to influence the exchange bias by the substrate it is desirable to switch the exchange coupling 'on' or 'off'. A system to create magnetic images or to save a binary information

with a specific magnetic signature can be realized by a suitable combination of coupled or uncoupled areas. Applications for security features could therefore be realized. Based on this two types of buffer layers the investigation of the magnetic properties is followed as aim of this work. Evidently the investigation has to be done at the ferromagnetic - antiferromagnetic interface due to Exchange Bias is an interface effect. The metallic IrMn/CoFe bilayer forms the base of all investigation done here. The system is characterized by low atomic interdiffusion at the interface, high exchange energy (up to 0,5 erg/cm²) and small coercivity (approx 60 Oe).

At the beginning the influence of substrate roughness due to different Cu and Ta buffer layers is discussed with a view of the texture in IrMn, the exchange energy J_e and the coercivity H_c of the system. The absence of a basic correlation between roughness as well as texture and exchange anisotropy is the result of this investigation. While discussing this behavior in the context of other publications one expects that morphology of the interface grains has an essential influence on exchange bias. In this studies it is observed that the exchange bias system decouples if a few layers of Ta are sputtered on top of the Cu buffer. This is an effective system to switch exchange bias "on" or "off" without changing any other parameters.

Samples with and without Ta and the same IrMn/CoFe system on top serve as a starting point for the use of X-ray circular dichroism experiments at the Co L_{3,2} and Mn L_{3,2} edges. Among the determination of spin- and orbital moment of the respective sample the element specific magnetic hysteresis are given. The existence of uncompensated Mn Spins at the interface is verified. The amount of uncompensated Mn- Atoms carrying an ferromagnetic moment is estimated to 0,22 monolayers. It is doubled in the case of uncoupled sample. It is shown that the ferromagnetic antiferromagnetic coupling in the IrMn/CoFe bilayers is not due to the observed uncompensated spins at the interface.