

GROWTH, STRUCTURE AND MAGNETIC
PROPERTIES OF SINGLE CRYSTALLINE
FE/COO/AG(001) BILAYERS

im Fachbereich Physik
der Freien Universität Berlin
eingereichte Dissertation



vorgelegt von
RADU MARIUS ABRUDAN

July 16th, 2007

GUTACHTER:

1. Prof. Dr. W. Kuch (Freie Universität Berlin);
2. Prof. Dr. P. Fumagalli (Freie Universität Berlin)

“Spune-mi, daca te-as prinde-ntr-o zi
si ti-as saruta talpa piciorului,
nu-i asa ca ai schiopata putin, dupa aceea,
de teama sa nu-mi strivesti sarutul?”
Nichita Stanescu

pentru familia mea,
pentru Anca

ABSTRACT

The structural and magnetic properties of epitaxially deposited single-crystalline CoO layers and Fe/CoO bilayers on Ag(001) were investigated. CoO films on Ag(001) exhibit (1×1) Low Energy Electron Diffraction (LEED) patterns similar to the clean Ag(001) substrate. The vertical interlayer spacing of the CoO films, deduced from a kinematic analysis of LEED I(E) curves, is $a_{\perp}/2 = 2.17 \text{ \AA}$, slightly expanded along the film normal. Scanning Tunneling Microscopy (STM) show a big improvement in the surface roughness after annealing the CoO films at 750 K in oxygen atmosphere. Magnetic measurements using the magneto-optical Kerr effect (MOKE) show a characteristic increase of the coercive field when the Fe/CoO bilayer system is cooled down from room temperature to 150 K. The ordering temperature for the antiferromagnetic layer is in the same range as the Néel temperature for bulk CoO ($T_N = 290 \text{ K}$). X-ray absorption spectroscopy was employed to probe magnetic and electronic properties with elemental selectivity. Absorption spectra taken from bilayers with different amounts of deposited Fe show only a weak indication for the formation of Fe oxide at the Fe/CoO interface (0.3 ML Fe). From the spectral shape it is concluded that an FeO type of oxide is formed. X-ray Magnetic Circular Dichroism (XMCD) measurements exhibit a sizeable induced ferromagnetic signal at the Co $L_{2,3}$ absorption edge, corresponding to an interface layer of 1.1 ML in which the magnetic spins couple with the Fe layer. The angular dependence of the X-ray Magnetic Linear Dichroism (XMLD) and X-ray Magnetic Circular Dichroism XMCD at both the Co and Fe $L_{2,3}$ edges shows the orientation of the Co and Fe moments in the bilayers with respect to the crystallographic direction. PhotoElectron Emission Microscope (PEEM) is used to image each ferromagnetic and antiferromagnetic layer separately. Magnetic contrast due to the induced magnetic spins at the interface is also recorded.

KURZFASSUNG

Es wurden die Struktur und die magnetischen Eigenschaften von epitaktisch gewachsenen, einkristallinen CoO- Schichten sowie Fe/CoO- Doppelschichten auf Ag(001)- Oberflächen untersucht. Die CoO- Schichten auf Ag(001) zeigen (1×1) Niederenergie- Elektronen- Beugungsmuster (LEED) ähnlich denen des reinen Ag(001)- Substrats. Der vertikale Ebenenabstand innerhalb der CoO- Schicht wurde durch eine kinematische Analyse von I(E)- LEED- Kurven zu $a_{\perp}/2 = 2.17 \text{ \AA}$ bestimmt. Dies entspricht einer leichten Verzerrung entlang der Schichtnormalen. Durch Rastertunnel- Mikroskopie konnte gezeigt werden, dass sich die Rauigkeit der Oberfläche nach Erhitzen des CoO auf 750 K in einer Sauerstoffatmosphäre stark verbessert. Magnetische Messungen mit Hilfe des magneto- optischen Kerreffektes (MOKE) zeigen ein charakteristisches Anwachsen des Koerzitivfeldes, wenn die Temperatur der Fe/CoO- Doppelschichten von Raumtemperatur auf 150 K abgesenkt wird. Die Ordnungstemperatur der antiferromagnetischen Schicht liegt im Bereich der Néel- Temperatur des CoO- Volumenfestkörpers ($T_N = 290 \text{ K}$). Mit Hilfe von Röntgenabsorptionsspektroskopie wurden elementspezifisch die magnetischen und elektronischen Eigenschaften bestimmt. Die Spektren der Fe/CoO- Doppelschichten zeigen nur schwache Anzeichen von Fe- Oxid- Bildung an der Grenzfläche (entsprechend 0.3 ML Fe). An Hand der spektralen Form kann darauf geschlossen werden, dass es sich um ein Oxid vom Typ FeO handelt. Messungen des magnetischen Röntgenzirkulardichroismus lassen ein beträchtliches, induziertes, ferromagnetisches Signal an den Co- $L_{2,3}$ - Absorptionskanten erkennen. Dieses entspricht einem Beitrag von 1.1 ML CoO an der Grenzfläche, in denen die magnetischen Spins des Cobalts ferromagnetisch an die des Eisens koppeln. Die Winkelabhängigkeit des magnetischen Röntgenlineardichroismus und des Röntgenzirkulardichroismus an den Co- und Fe- $L_{2,3}$ - Kanten gibt Auskunft über die Orientierung der Co- und Fe- Momente relativ zu den kristallographischen Achsen. Photoelektronenemissions-Mikroskopie (PEEM) wurde zur getrennten Abbildung der ferromagnetischen und antiferromagnetischen Schichten benutzt. Außerdem wurde der magnetische Kontrast der induzierten magnetischen Spins an der Grenzfläche gemessen.

CONTENTS

1	INTRODUCTION	1
2	BRIEF APPROACH TO MAGNETISM AT THE NANOSCALE	5
2.1	Magnetic interactions between FM and AFM material	7
2.1.1	Exchange anisotropy	7
2.1.2	Theoretical models of the exchange anisotropy	9
2.2	CoO as an antiferromagnetic system	19
2.2.1	General overview on transition-metal oxides	19
2.2.2	Structural, electronic and magnetic properties	20
3	EXPERIMENTAL TECHNIQUES	25
3.1	Sample growth	27
3.1.1	Substrate preparation	27
3.1.2	Layer deposition	28
3.2	Sample characterization techniques	30
3.2.1	Auger electron spectroscopy	30
3.2.2	Low energy electron diffraction	32
3.2.3	Scanning tunneling microscopy	35
3.2.4	Magneto optical Kerr effect	36
3.2.5	Polarized soft X-ray spectro-microscopy	38
3.3	A brief description of the setup development	48
4	RESULTS	49
4.1	Growth and structural characterization	51
4.2	Macroscopic magnetic properties - Kerr effect	56
4.3	Magnetic spectroscopy	58
4.3.1	Measurement geometry	58

4.3.2	Single CoO film	60
4.3.3	Fe/CoO bilayers	62
4.4	Magnetic microscopy	72
4.4.1	Ferromagnetic domains in the as-grown Fe wedge	73
4.4.2	XMLD-PEEM image formation	74
4.4.3	Separate imaging of the FM and AFM domains	76
5	DISCUSSION	81
5.1	Properties of CoO/Ag	83
5.2	Closer look at the Fe/CoO interface	90
5.2.1	Interfacial induced magnetic moments	90
5.2.2	Interfacial Fe oxidation	93
5.2.3	FM/AFM magnetic interlayer coupling	96
6	CONCLUSIONS	101
	REFERENCES	105
	ZUSAMMENFASSUNG	iii
	ACKNOWLEDGEMENTS	vii
	CURRICULUM VITAE	ix

CONTENTS

LIST OF FIGURES

2.1	Hysteresis loops of oxide-coated Co particles	8
2.2	Schematic representation of an FM/AFM interface	10
2.3	Mauri's model of the FM/AFM interface	13
2.4	Malozemoff's model of the FM/AFM interface	15
2.5	Domain state model	18
2.6	The phase diagram for Co oxide formation	20
2.7	Crystal field splitting in the case of O_h symmetry	21
2.8	Simplified model of the type-II AFM order in bulk CoO	22
3.1	Schematic drawing of the preparation chamber	27
3.2	Principle of wedge preparation	29
3.3	Schematic representation of the Auger process	30
3.4	AES characterization of samples	31
3.5	LEED picture of a clean Ag(001) surface	33
3.6	Schematic view of the STM technique	36
3.7	Polar and longitudinal geometry for MOKE	37
3.8	Origin of X-ray magnetic circular dichroism in photoabsorption .	41
3.9	Origin of the XMLD effect	43
3.10	Schematic view of the Photoelectron Emission Microscope	45
3.11	Principle of XMCD-PEEM image acquisition	47
4.1	LEED patterns of Ag(001) and different thicknesses of CoO	51
4.2	Oxide formation dependence on the temperature	52
4.3	STM images before and after sample annealing	53
4.4	LEED pattern for 5 ML Fe/ 10 ML CoO/Ag(001)	53
4.5	LEED intensity versus energy curves of the (00) spot of CoO	54
4.6	Results concerning the vertical layer spacing for CoO	55

4.7	Hysteresis loops for 5 ML Fe / 6.5 ML CoO/Ag(001)	57
4.8	Thickness dependence of the coercive field	58
4.9	Measurement geometries used for the spectroscopy experiments .	59
4.10	Polar angle dependent X-ray absorption spectra (XAS)	61
4.11	Oxide features at the Co L_3 edge for CoO	62
4.12	Polar and azimuth angle dependence of the XMCD signal	63
4.13	Azimuth angle dependence of the XMLD	65
4.14	Separation of the magnetic and structural contribution	66
4.15	XMLD temperature dependence measured for CoO	67
4.16	X-ray absorption spectra for Fe/CoO bilayers	68
4.17	Azimuth angle dependent XMCD and XMLD spectroscopy	69
4.18	XAS spectra for different thicknesses of Fe	71
4.19	XAS spectra and the respective Co XMCD signals	72
4.20	Room-temperature XMCD signal	73
4.21	Magnetic domain image, for the Fe wedge	74
4.22	Domain formation in PEEM	75
4.23	Ferromagnetic Fe domain pattern	76
4.24	Imaging each layer separately	78
4.25	XMCD- and XMLD-PEEM images	79
5.1	Phase diagram of CoO/Ag(001)	84
5.2	Top view of the crystal structure	84
5.3	Splitting of the atomic levels for Co due to the different distortion	86
5.4	Magnetic unit cell of bulk CoO	88
5.5	XMLD for CoO/NiO	89
5.6	Circular dichroism of bulk CoO in the paramagnetic state	93
5.7	Different types of Fe oxide	95

LIST OF ABBREVIATION

- **EB** – Exchange Bias
- **FM/AFM/NM** – Ferromagnetic/Antiferromagnetic/NonMagnetic
- **MCA** – Magnetocrystalline anisotropy
- **TM** – Transition Metals
- **UHV** – Ultra High Vacuum
- **AES** – Auger Electron Spectroscopy
- **LEED** – Low Energy Electron Diffraction
- **MEED** – Medium Energy Electron Diffraction
- **RHEED** – Reflection High Energy Electron Diffraction
- **STM/STS** – Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy
- **MOKE** – Magneto Optical Kerr Effect
- **XAS** – X-ray Absorption Spectroscopy
- **XMCD** – X-ray Magnetic Circular Dichroism
- **XMLD** – X-ray (Magnetic) Linear Dichroism
- **TEY** – Total Electron Yield
- **XRMS** – Soft X-ray resonant magnetic scattering
- **PNR** – Polarized Neutron Reflectometry
- **(X)PEEM** – (X-ray) Photo Electron Emission Microscope
- **PGM** – Planar Grating Monochromator
- **UV** – Ultra Violet
- **PCO** – Peltier Cooled Objective

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Struktur und die magnetischen Eigenschaften von einkristallinen, epitaktisch gewachsenen Fe/CoO- Doppelschichten auf Ag(001)- Substraten untersucht. Mit Hilfe des Abscheidens von Co in einer Sauerstoffatmosphäre konnten dünne, epitaktische CoO-Schichten bis zu einer Dicke von 13 Monolagen (ML) *in-situ* hergestellt werden. Um eine hohe kristallographische Ordnung zu erzielen, wurde das Substrat während der Präparation auf 450 K gehalten und anschließend auf 750 K erhitzt. Die so hergestellten CoO- Schichten weisen ähnlich scharfe (1×1) Niederenergie- Elektronen- Beugungsmuster (LEED) wie das saubere Ag(001)- Substrat auf. An Hand von $I(E)$ - LEED- Messungen wurde die Verzerrung des Gitters senkrecht zur Ebene bestimmt. Der vertikale Abstand der einzelnen CoO- Lagen konnte mit Hilfe einer kinematischen Analyse der $I(E)$ - LEED- Kurven zu $a_{\perp}/2 = 2.17 \text{ \AA}$ bestimmt werden. Dies entspricht einer leichten Expansion der ultradünnen CoO/Ag(001)- Schichten senkrecht zur Oberfläche im Vergleich zur Struktur des Volumenfestkörpers, wie sie auch in anderen Untersuchungen am gleichen System gefunden wurde. Es stellte sich heraus, dass diese vertikale Verzerrung innerhalb der Schicht einen überaus starken Einfluss auf die elektronischen und magnetischen Eigenschaften des CoO hat.

Die Morphologie der CoO/Ag(001)- Proben im Bereich weniger Monolagen wurde vor und nach dem Erhitzen der Probe in Sauerstoffatmosphäre mittels Rastertunnel-Mikroskopie (STM) untersucht. Vor dem Erhitzen setzt sich die CoO- Oberfläche aus Inseln mit einer Höhe von 1–1.5 nm zusammen, die sich nach dem Erhitzen um den Faktor 5 reduziert. In den STM- Bildern sind dabei gleichzeitig drei atomare Lage sichtbar, wobei die durchschnittliche Terrassenbreite etwa 15 nm beträgt. Dies stützt die Schlussfolgerung, dass das in dieser Arbeit benutzte Präparationsverfahren eine glatte Oberfläche der CoO- Schicht gewährleistet. Die im nächsten Schritt auf das CoO abgeschiedenen Fe- Schichten weisen ebenfalls verhältnismäßig scharfe LEED- Spots auf. Um eine intakte Grenzfläche sicherzustellen, wurde die Probe nach dem Abscheiden der Fe- Schicht nicht erhitzt.

Die makroskopischen magnetischen Eigenschaften wurden durch Messung des magneto- optischen Kerr- Effektes bestimmt. Bei Abkühlung der Fe/CoO/Ag(001) - Proben von Raumtemperatur auf 150 K zeigte sich eine charakteristische Vergrößerung des Koerzitivfeldes (H_c) der Proben. Hierbei konnten Diskontinuitäten in der Steigung von $H_c(T)$ bei der Temperatur T_{AFM} für CoO- Dicken von 8 ML und 10 ML eindeutig beobachtet werden, während sie für niedrigere Schichtdicken schwerer auszumachen waren. Diese können mit dem Übergang zur antiferromagnetischen Ordnung im CoO identifiziert werden. Die Ordnungstemperatur der antiferromagnetischen Schicht liegt damit im Bereich der Néel-Temperatur des CoO- Volumenfestkörpers ($T_N = 290$ K). Es konnte gezeigt werden, dass die leichte Richtung der Fe- Schicht entlang der $\langle 110 \rangle$ Richtungen des Ag- Substrates liegt.

Die hohe Sensitivität synchrotronstrahlungsbasierter Techniken wie Röntgenabsorptionsspektroskopie (XAS), magnetischer Röntgenzirkulardichroismus (XMCD) und magnetischer Röntgenlineardichroismus (XMLD) wurde dazu eingesetzt einen tieferen Einblick in die elementaufgelösten elektronischen und magnetischen Eigenschaften des Systems Fe/CoO/Ag(001) zu gewinnen.

Die Experimente wurden sowohl an Fe/CoO- Doppelschichten sowie reinen CoO- Schichten durchgeführt. Die unter streifendem Einfall gemessenen CoO/Ag(001)- Proben wiesen einen sehr großen linearen Dichroismus (XLD) bei Raumtemperatur auf. Dieser ist auf die vertikale Verzerrung der CoO- Schicht zurückzuführen. Bei Messungen mit senkrechtem Einfall konnte in der Ebene der Probe kein XLD- Signal detektiert werden, was die erwartete vierzählige Symmetrie der Schicht bestätigt. Im Gegensatz dazu wiesen Fe/CoO- Proben bei 150 K einen magnetischen linearen Dichroismus bei senkrechtem Einfall auf. Aus der $\sin^2 \phi$ - Abhängigkeit und dem Verschwinden des XLD bei Raumtemperatur kann der magnetische Ursprung des Dichroismus gefolgert werden. Allerdings wurde das magnetische Signal von einem schwachen strukturellen Signal überlagert, was möglicherweise auf eine Verkippung der Probe relativ zur azimuthalen Rotationsachse zurückzuführen ist. An Hand der Winkelabhängigkeit des X(M)LD ließen sich jedoch der strukturelle und der magnetische Beitrag zum Dichroismus voneinander trennen.

Darüber hinaus konnten die komplementären Informationen der Ergebnisse der spektroskopischen XMCD- und XMLD- Untersuchungen zusammen mit denen der Photoelektronenemissions-Mikroskopie (PEEM)- Messungen be-

nutzt werden, um die Fe/CoO- Grenzfläche sowohl chemisch wie auch magnetisch vollständig zu charakterisieren.

Die Absorptionsspektren der Fe/CoO- Doppelschichten zeigen nur schwache Anzeichen von Fe-Oxid-Bildung an der Grenzfläche (entsprechend 0.3 ML Fe). An Hand der spektralen Form kann darauf geschlossen werden, dass es sich um ein Oxid vom Typ FeO handelt. Das verhältnismäßig hohe XMCD- Signal an den Co- $L_{2,3}$ - Kanten liefert den Beweis für eine beträchtliche Anzahl nicht-kompensierter Co- Momente, die ferromagnetisch an die Fe- Magnetisierung koppeln. Dies entspricht einem Beitrag von 1.1 ML CoO. Aus der Tatsache, dass das Co- $L_{2,3}$ - XMCD- Signal nicht bei Raumtemperatur verschwindet lässt sich schließen, dass sich diese magnetischen Momente an der Grenzfläche befinden. Die für CoO typischen Merkmale in den XAS- Spektren werden in den Co- XMCD- Spektren reproduziert, was darauf hindeutet, dass die Co- Spins an der Grenzfläche ihren oxidischen Charakter beibehalten.

Um das Potential von XMCD- und XMLD- PEEM vollständig auszuschöpfen, wurde eine keilförmige Fe Schicht auf eine gleichmäßig dicke CoO- Schicht abgeschieden. Durch den Einsatz dieser beiden unterschiedlichen Kontrastmechanismen konnten die beiden Schichten unabhängig voneinander abgebildet werden. Während die Fe- Domänenstruktur durch einen Wechsel des Polarisation des einfallenden Lichts zwischen links und rechts zirkular polarisiert bestimmte wurde, wurde im Fall der CoO- Schicht die Energie der Röntgenstrahlung zwischen Werten mit negativen und positiven XMLD- Kontrast gewechselt. Der vier- farbige Kontrast in den Fe- XMCD- Bildern ist ein Beweis dafür, dass die Fe- Magnetisierung in jede der $\langle 110 \rangle$ - Richtungen in der Ebene zeigen kann. Die XMCD- Bilder an den Co- Kanten reproduzieren perfekt die Fe- Domänenstruktur, was noch einmal die parallele Kopplung an die Fe- Magnetisierung bestätigt. Andererseits weisen die Co- XMLD- PEEM- Bilder nur einen zwei- farbigen Kontrast auf, der das Vorhandensein antiferromagnetischer Domänen beweist, deren Domänenwände an die des Fe gekoppelt sind. Der zwei- farbige Kontrast ist eine Folge der zweifachen Symmetrie der antiferromagnetischen Ordnung in der CoO- Schicht. Selbst in Bereichen mit niedriger bzw. keiner Fe- Bedeckung konnte eine Domänenstruktur mit einer sehr geringen mittleren Größe ausgemacht werden, die auf Grund der begrenzten Auflösung des eingesetzten Mikroskops allerdings nicht quantifiziert werden konnte.

Die magnetische Kopplung zwischen den beiden Schichten wurde durch

Messung der azimuthalen Winkelabhängigkeit nachgewiesen. Die Fe- XMCD-Spektren bei Raumtemperatur und 150 K wiesen eine Fe- Magnetisierung entlang $\langle 110 \rangle$ in Übereinstimmung mit den MOKE- Ergebnissen auf. Auf der anderen Seite weist die Winkelabhängigkeit des Co- XMLD eine Orientierung der Spins entlang einer der $\langle 110 \rangle$ - Richtungen in der Ebene auf. Durch den Vergleich mit aktuellen experimentellen Ergebnissen und theoretischen Multiplett-Rechnungen an dem System Co/NiO konnte auf die Existenz einer parallelen Kopplung zwischen der Fe- Magnetisierung und der Co- Spinachse im System Fe/CoO/Ag(001) geschlossen werden. Diese parallele Kopplung kann durch die verhältnismäßig große Anzahl an nicht-kompensierten Co- Spins an der Fe/CoO- Grenzfläche zurückgeführt werden.

ACKNOWLEDGEMENTS

First and foremost, I would like to thank my supervisor, Prof. Dr. Wolfgang Kuch for his continuous support and understanding during this three years. He was always there for open discussions on physics, related or not to this work. Thank you, Wolfgang – I have learned a lot !

In the same time, I would like to thank Prof. Dr. Jürgen Kirschner for giving me the opportunity to work in his department in the Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik in Halle, making possible for me to meet all the nice people I worked with.

I give my thanks to the ex-BESSY team from MPI for all the help that they offer: to Dr. Keiki Fukumoto for always being there for a discussion concerning the vacuum, Dr. Z. Liu for his shared experience in magnetism, and last but not least, to Dr. Carsten Tieg showing me how challenges should be overcome in a “proper german way”.

I cannot thank enough to the whole AG Kuch in FU Berlin: to Dr. Jorge Miguel for using his patience and professionalism in explaining things that nobody would have explained to me (at least not in such a style). Since the first days we started our “fights”, but finally all of them were finishing with a coffee (usually in the injection time). I also want to thank Matthias Bernien for his robust experience shared with me during the beamtimes and coffee-breaks, his tenacity was motivating me to move on. I include here Marten Piantek for his help during the synchrotron experiments, Dr. Kilian Lenz for always being there for me for no matter what problem.

I would like to thank also to Frank Helbig from Halle, B. Zada, and W. Mahler from BESSY for the technical support they offered me during beamtimes.

I extend my thanks to Prof. Dr. K. Baberscke (FU-Berlin), Prof. Dr. W. Wulfhekel, Dr. M. Alexe, Dr. L. Pintilie, PD Dr. R. Hertel, Dr. A. Matos Abiague, Dr. Georgo Metalidis, Dr. M. Elhajal, Dr. I. Radu, and M. Lisca. I am indebted to Dr. F. Radu from BESSY for having all the time an opinion concerning the CoO and exchange-bias.

J'adresse mes remerciements a tout l'equipe “NANO” du Grenoble pour m'avoir accueilli: W. Wernsdorfer, E. Bonet, B. Barbara, R. Tiron. I should not forget the group from Cluj: Pr. Dr. E. Burzo, Prof. Dr. V. Pop and Prof. Dr. R. Tetean.

And finally I should add here all my friends from Halle and Berlin, the whole “romanian mafia” : Ema, Neacsu, Irina, Paulica, Alex, Dani, Florescu, Gabi, Elena,

Simona mica, Andrei, Liisi, Andre and many, many more....

This work is dedicated to my family who supported me all these years and to Anca, for being always there and showing me the things that matter.

PUBLICATIONS AND PRESENTATIONS

2007

Strongly enhanced orbital moment by reduced lattice symmetry and varying composition of $\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x$ alloy films

F. Yildiz, F. Luo, C. Tieg, R. M. Abrudan, A. Winkelmann, M. Przybylski, and J. Kirschner

submitted to Physical Review Letters

Structural and magnetic properties of epitaxial Fe/CoO bilayers on Ag(001)

R. M. Abrudan, J. Miguel, M. Bernien, C. Tieg, M. Piantek, W. Kuch, J. Kirschner

submitted to Physical Review B

The 15th International Conference on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics, July 29th – August 3rd, 2007, Berlin, Germany

Spectromicroscopy of Fe/CoO coupled layers (Poster)

R. M. Abrudan, J. Miguel, M. Bernien, M. Piantek, C. Tieg, W. Kuch, J. Kirschner

2006

BESSY Annual Report, 2006

Probing the magnetic coupling between Fe and CoO by means of dichroic X-ray absorption spectroscopy

R. M. Abrudan, J. Miguel, M. Bernien, C. Tieg, M. Piantek, W. Kuch, J. Kirschner

BESSY Annual Report, 2006

Spectroscopic investigation of the coupling between an antiferromagnetic and a ferromagnetic film: NiMn/Co/Cu(001)

C. Tieg, R. M. Abrudan, M. Bernien, W. Kuch, J. Kirschner

Workshop on Properties of Ultrathin Magnetic Films, 07.- 09.09.2006,
Bialowiesza, Poland

Probing electronic and magnetic properties of epitaxial Fe/CoO/Ag(001) by X-ray absorption spectroscopy (Poster)

R. M. Abrudan, W. Kuch, M. Bernien, J. Miguel, C. Tieg, and J. Kirschner

3rd Joint European Magnetic Symposia, 26. - 30.06.2006, *San Sebastian, Spain*

Probing electronic and magnetic properties of epitaxial Fe/CoO bilayers by X-ray absorption spectroscopy (Poster)

R. M. Abrudan, W. Kuch, M. Bernien, J. Miguel, C. Tieg, and J. Kirschner

DPG Frühjahrstagung, 27. - 31.03.2006, *Dresden, Germany*

Probing electronic and magnetic properties of epitaxial Fe/CoO bilayers by X-Ray absorption spectroscopy (Talk)

R. M. Abrudan, W. Kuch, M. Bernien, J. Miguel, C. Tieg, and J. Kirschner

2005

BESSY Annual Report, 2005:

Magnetic domain structure in bilayers of antiferromagnetic NiMn and ferromagnetic Co

C. Tieg, R. M. Abrudan, M. Bernien, W. Kuch, J. Kirschner

BESSY Users Meeting, 01. - 02.12.2005, *Berlin, Germany.*

Growth, structure and magnetic properties of epitaxial Fe/CoO bilayers (Poster)

R. M. Abrudan, M. Bernien, C. Tieg, J. Miguel, W. Kuch, and J. Kirschner

ECOSS23, 23rd European Conference on Surface Science, 4. - 9.11.2005, *Berlin, Germany*

Growth, structure and magnetic properties of epitaxial Fe/CoO bilayers (Poster)

R. M. Abrudan, W. Kuch, J. Kirschner

DPG Frühjahrstagung, 04. - 09.03.2005, Berlin, Germany

Probing electronic and magnetic properties of epitaxial Fe/CoO bilayers by X-Ray absorption spectroscopy (Poster)

R. M. Abrudan, W. Kuch, M. Bernien, C. Tieg, and J. Kirschner

2nd International workshop on "oxidic interfaces", Wittemberg, 24. - 26.02.2005

Growth, structure and magnetic properties of epitaxial Fe/CoO bilayers (Poster)

R. M. Abrudan, W. Kuch and J. Kirschner