

NiO/Ni/Cu(001)薄膜における磁気異方性の NiO 膜厚依存性 NiO thickness dependence on magnetic anisotropy of NiO/Ni/Cu(001) thin films

雨宮健太^{1,*}, 酒巻真粧子¹

¹物質構造科学研究所, 放射光科学研究施設 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

Kenta AMEMIYA^{1,*} and Masako SAKAMAKI¹

¹Institute of Materials Structure Science, Photon Factory,
1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

1 はじめに

Cu(001)単結晶上に成長させた Ni 薄膜は、10 層 (1.8 nm)以下程度で面内磁化、10 層から 40 層程度で面直磁化、それより厚くなると再び面内磁化という、特異な磁気異方性を示すことが知られている。本研究では、この Ni/Cu(001)薄膜上に NiO を成長させ、Ni の磁気異方性の変化を観察した。NiO は典型的な反強磁性体として知られているので、反強磁性/強磁性 (AFM/FM) 相互作用も含めた効果が期待される。

2 実験

試料の作製および X 線を用いた測定は、軟 X 線 BL-7A, 16A および硬 X 線ビームライン BL-12C において行った。Cu(001)単結晶基板上に酸素原子が単原子層吸着した Ni 薄膜を作製し[1], その上に酸素雰囲気下での反応性蒸着によって NiO 層を作製した。薄膜の蒸着は、すべて電子衝撃加熱法によって行った。さらに、ここでは結果は報告しないが、このようにして作製した NiO/Ni 薄膜の上に SiO₂ 層および Au 電極を順次成長させ、電極と基板との間に電圧を印加することによる磁性の変化を観察した。また、Ni の膜厚変化による磁気異方性転移の転移膜厚を調整するために、試料によっては Ni と Cu(001)基板の間に Co を挿入した。試料の化学状態は X 線吸収微細構造 (XAFS) により、磁気状態は X 線磁気円二色性 (XMCD) および直入射配置の磁気光学 Kerr 効果 (Polar MOKE) によって、それぞれ評価した。

3 結果および考察

図 1 に多素子 SSD を用いて蛍光収量法で測定した Ni K-edge XAFS を示す。Ni が無い試料では NiO に特徴的なスペクトルが得られ、Ni の厚さが増加するにつれて金属 Ni 成分が増加していく様子が見られる。この一連のスペクトルから、狙い通りの NiO/Ni 薄膜が作製できていること、また、4 nm の NiO 層に覆われた Ni 層は大気中においても酸化されないことが確認できた。Ni L-edge XMCD スペクトルの一例を図 2 に示す。吸収スペクトルには矢印で示すように NiO に特徴的な構造が見られるが、XMCD 差分スペクトルは金属 Ni のものに似ており、Ni が磁性を担っていることがわかる。

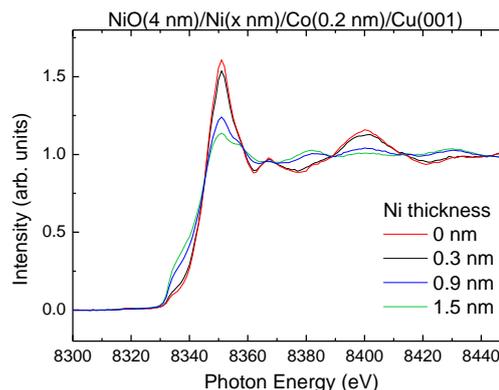


図 1 : Ni K-edge XANES の Ni 膜厚依存性。

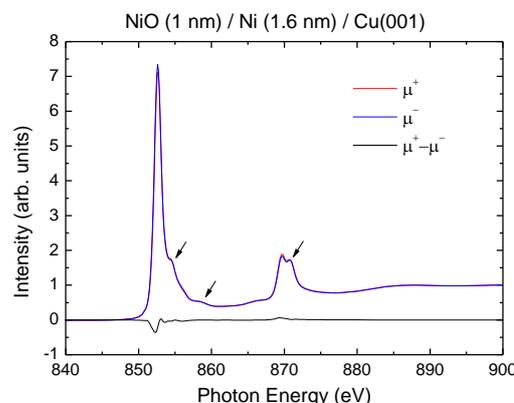


図 2 : 典型的な Ni L-edge XXMCD スペクトル。

図 3 に Polar MOKE を用いて測定した磁化曲線を示す。NiO が無い試料においては、斜めに寝た磁化曲線が観察され、残留磁化も小さいため、薄膜は主に面内磁気異方性を持つことがわかる。NiO 膜厚の増加に伴って、磁化曲線が角型に近づき、1.0–1.5 nm 程度において、ほぼ面直磁気異方性となる。ここからさらに NiO 膜厚を増加させると、保磁力が大幅に増大していく。これは、膜厚の増加にしたがって NiO のネール温度が上がることによって、NiO が室温で反強磁性を示し、AFM/FM 相互作用の効果が表れることが原因と考えられる。

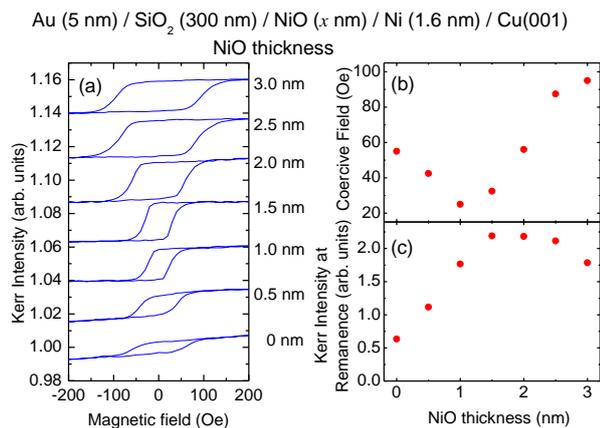


図 3 : Polar MOKE を用いて測定した磁化曲線(a), および, 磁化曲線から見積もった保磁力(b)と残留磁化状態における MOKE 強度(c)。

4 まとめ

NiO/Ni/Cu(001)薄膜における磁気異方性の NiO 膜厚依存性を, Ni L-edge XMCD および MOKE を用いて観察した。NiO 膜厚の増加に伴って, Ni の面直磁気異方性が増加するとともに, NiO が反強磁性を示すことに起因する保磁力の増加が観測された。今後, NiO/Ni 界面における電界印加による磁気異方性の制御へ向けた研究を行う予定である。

参考文献

[1] K. Amemiya and M. Sakamaki, *Appl. Phys. Lett.* **98**, 012501 (2011).

* kenta.amemiya@kek.jp