

## NiO/Ni/Cu(001)薄膜の成長過程と磁性の観察 Observation of the growth and magnetism of NiO/Ni/Cu(001) thin films

雨宮健太<sup>1,2,\*</sup>, 酒巻真粧子<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>放射光科学研究施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

<sup>2</sup>構造物性研究センター, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

Kenta Amemiya<sup>1,2,\*</sup> and Masako Sakamaki<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Photon Factory, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

<sup>2</sup>Condensed Matter Research Center, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

### 1 はじめに

我々は最近, 典型的な強誘電体である BaTiO<sub>3</sub> 基板上に成長させた Fe および FeCo 薄膜について, 基板への電圧印加による磁性の変化を観測してきた[1,2]. その中で, 界面に Fe の酸化物 FeO<sub>x</sub> が存在し, 電界効果の発現において重要な役割を果たしていることが示唆された。そこで本研究では, 特異な磁気異方性を示す Ni/Cu(00)薄膜上に NiO を成長させて, その磁性を調べるとともに, NiO/Ni 界面における電界効果を利用して磁性を変化させることを試みた。NiO は典型的な反強磁性体として知られているので, NiO/Ni は絶縁体/金属界面であるとともに反強磁性/強磁性界面でもあり, 磁氣的相互作用も含めた効果が期待される。ここではその準備として, 試料の成長過程と磁性の観察について報告する。

### 2 実験

試料の作製および X 線を用いた測定は, 軟 X 線ビームライン 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[3], その上に酸素雰囲気下での Ni の反応性蒸着によって NiO 層を作製した。蒸着はすべて電子衝撃加熱法によって行った。試料の化学状態は X 線吸収微細構造(XAFS), 磁気状態は X 線磁気円二色性(XMCD)および磁気光学 Kerr 効果(MOKE)によって, それぞれ評価した。さらに, このようにして作製した NiO/Ni 薄膜の上に誘電体である SiO<sub>2</sub>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できる状態にした上で, 試料の磁性を観察した。

### 3 結果および考察

作製した試料(SiO<sub>2</sub> および Au を蒸着する前)に対して, Ni L 吸収端および K 吸収端で測定した XAFS スペクトルを図 1,2 にそれぞれ示す。L 吸収端は電子収量法で測定したために検出深度が数 nm 程度であるのに対し, K 吸収端は蛍光収量法なので膜厚に比べて十分に深い検出深度となっている。いずれの場合も, Ni がいない場合にはほぼ完全な NiO のスペクトルが得られており, Ni 膜厚の増加にしたがって金属 Ni のスペクトル成分が増加する。また, K 吸

収端のデータから NiO と Ni の成分比を見積もると, ほぼ膜厚の比に等しくなっており, 狙い通りの試料ができていくことがわかる。なお, K 吸収端のデータは大気中で測定されていることを考えると, 表面の NiO によって内部の金属 Ni が酸化から保護されていることがわかる。最終的に Au 電極まで蒸着した試料に対して, Ni L 吸収端で測定した XMCD スペクトルを図 3 に示す。吸収スペクトルには NiO 成分も多く含まれているが, XMCD 差スペクトルはほぼ金属 Ni のものとなっており, 磁性は金属 Ni が担っていることが確認された。

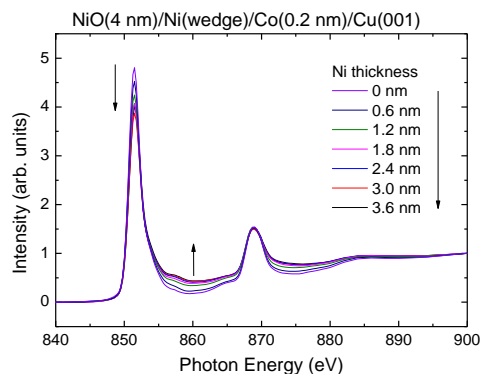


図 1 : Ni L-edge XAFS スペクトル (ドレインカレントによる全電子収量法)。Ni 膜厚の増加にしたがって矢印の方向に変化が見られる。

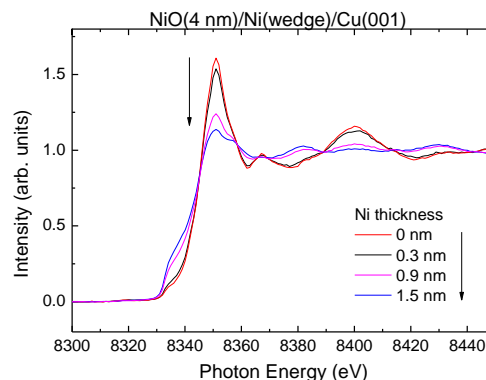


図 2 : Ni K-edge XAFS スペクトル (多素子 SSD を用いた蛍光収量法)。Ni 膜厚の増加にしたがって矢印の方向に変化が見られる。

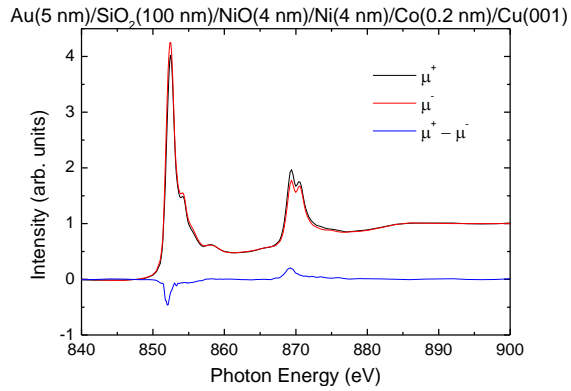


図 3 : Ni L-edge XMCD スペクトル (マイクロチャンネルプレートによる全蛍光収量法)。

参考文献

- [1] M. Sakamaki and K. Amemiya, *e-J. Surf. Sci. Nanotech.* **13**, 139 (2015).
- [2] K. Amemiya and M. Sakamaki, *e-J. Surf. Sci. Nanotech.*, submitted.
- [3] K. Amemiya and M. Sakamaki, *Appl. Phys. Lett.*, **98**, 012501 (2011).

\* kenta.amemiya@kek.jp