

# 垂直磁化を有する $\text{NiCo}_2\text{O}_4$ 薄膜におけるカチオン価数状態と軌道磁気モーメント

## Cation valence states and orbital magnetic moments

### in perpendicularly magnetized $\text{NiCo}_2\text{O}_4$ epitaxial thin films

京大化研<sup>1</sup>, JASRI/SPRING-8<sup>2</sup>, KEK-IMSS<sup>3</sup>

菅大介<sup>1</sup>, 水牧仁一朗<sup>2</sup>, 北村未歩<sup>3</sup>, 小谷佳範<sup>2</sup>, 潘昱帆<sup>1</sup>, 鈴木郁美<sup>1</sup>, 堀場弘司<sup>3</sup>, 島川祐一<sup>1</sup>

ICR, Kyoto Univ.<sup>1</sup>, JASRI/SPRING-8<sup>2</sup>, KEK-IMSS<sup>3</sup>

D. Kan<sup>1</sup>, M. Mizumaki<sup>2</sup>, M. Kitamura<sup>3</sup>, Y. Kotani<sup>2</sup>, Y. Shen<sup>1</sup>, I. Suzuki<sup>1</sup>, K. Horiba<sup>3</sup>, Y. Shimakawa<sup>1</sup>

E-mail: dkan@scl.kyoto-u.ac.jp

逆スピネル構造を有する  $\text{NiCo}_2\text{O}_4(\text{NCO})$  は転移温度が約 400K のフェリ磁性体である。また第一原理計算からはハーフメタルであることが示され、薄膜試料においては垂直磁気異方性が見出されるなど、NCO はスピントロニクス材料として注目されている。近年、我々は、NCO 薄膜中のカチオン組成が作製状態に応じて変化し、磁気特性や輸送特性に影響を与えることを見出した[1]。一方で、Co や Ni は複数の価数状態を取りうることを考慮すると、NCO 薄膜中のカチオン組成だけでなく価数状態も作製条件に依存し、薄膜特性に影響を及ぼすと考えられる。

本研究では、X 線吸収分光(XAS)および X 線磁気円二色性(XMCD)分光によって、NCO 薄膜中のカチオン価数状態およびそれらが磁気特性に与える影響を調べた。NCO エピタキシャル薄膜(膜厚 30nm)はパルスレーザー堆積法によって、基板温度が 350°C、酸素分圧  $\text{P}_{\text{O}_2}$  が 0.1, 0.05 および 0.03 Torr の条件下で (100) $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  基板上に作製した。共鳴 X 線回折測定から求めた、これらの薄膜の八面体サイトの Ni 組成  $y_{\text{Ni}}$  はそれぞれ 0.98, 0.92 および 0.86 であった(組成は  $[\text{Co}]_{\text{tet}}[\text{Co}_{1-y}\text{Ni}_y]_{\text{oct}}\text{O}_4$  として定義)。XAS および XMCD 測定は SPRING-8 BL25SU にて、室温で 1.9 テスラの磁場下で行った。Figure 1 に示すのは、作製した NCO 薄膜から得られた Co および Ni- $L_{2,3}$  端での XAS スペクトルである。詳細な解析から、次のことを見出した。

- (1) NCO における Co および Ni の価数状態は理想的には  $[\text{Co}^{2+}]_{\text{tet}}[\text{Co}^{3+}\text{Ni}^{3+}]_{\text{oct}}\text{O}_4$  である。
- (2)  $\text{P}_{\text{O}_2} = 0.1\text{Torr}$  で作製した定比に近いカチオン組成を有する薄膜は理想に近い価数状態を有する。
- (3) 低い  $\text{P}_{\text{O}_2}$  下で作製された薄膜では、八面体サイトの Ni 量が減少するが、その平均価数も理想的な +3 から減少し +2 に近くなる。また八面体サイトの Ni を置換した余分の Co の価数状態は理想的な +3 ではなく、+2 である。一方で四面体サイトの Co は理想的な +2 の価数状態のままである。

当日は、XMCD スペクトルや総和則を適用した解析結果も含めて薄膜中の価数状態が磁気特性に与える影響を議論する。[1] Y. Shen ら 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 予稿集

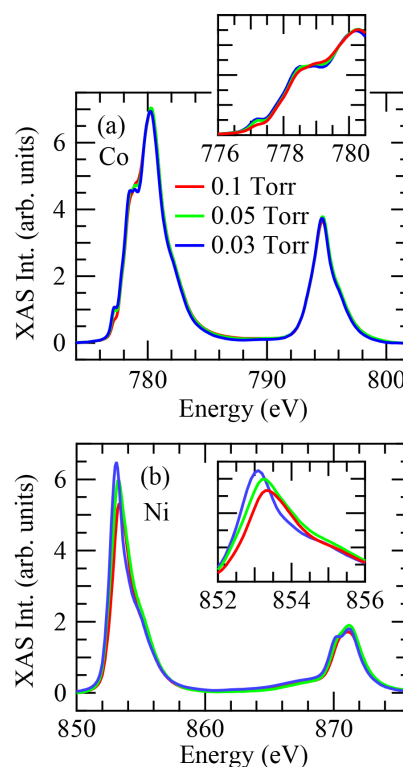


Figure 1 : (a) Co and (b) Ni  $L_{2,3}$ -edge XAS spectra for NCO films grown under  $\text{P}_{\text{O}_2} = 0.1, 0.05$  and  $0.03$  Torr. The insets show the expanded views of the  $L_3$ -edge XAS spectra.