

## 高スピン偏極材料の内殻吸収磁気円二色性分光

X-ray magnetic circular dichroism study of high-spin polarization materials

<sup>1)</sup>伊藤啓太, <sup>1)</sup>佐内辰徳, <sup>1)</sup>安富陽子, <sup>1)</sup>都甲薫, <sup>2)</sup>竹田幸治, <sup>2)</sup>斎藤祐児,

<sup>3)</sup>今井庸二, <sup>4)</sup>木村昭夫, <sup>1)</sup>末益崇

<sup>1)</sup>K. Ito, <sup>1)</sup>T. Sanai, <sup>1)</sup>Y. Yasutomi, <sup>1)</sup>K. Toko, <sup>2)</sup>Y. Takeda, <sup>2)</sup>Y. Saitoh,

<sup>3)</sup>Y. Imai, <sup>4)</sup>A. Kimura and <sup>1)</sup>T. Suemasu<sup>1</sup>

<sup>1)</sup>筑波大院 数理物質科学研究科, <sup>2)</sup>原子力機構 SPring-8, <sup>3)</sup>産総研, <sup>4)</sup>広島大院 理学研究科

### (概要)

内殻吸収磁気円二色性 (XMCD) 分光測定により, 高スピン偏極材料として期待される $\text{Co}_3\text{FeN}$ 薄膜のスピンおよび軌道磁気モーメントを評価した。XMCD測定の結果から算出した $\text{Co}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ のCo/Fe比と, ユニットセル当たりのスピンおよび軌道磁気モーメントの関係では, Co/Fe比の増加に伴いスピン磁気モーメントが減少し, プロットが直線上にのる傾向がみられた。

**キーワード:** 内殻吸収磁気円二色性 (XMCD), 負のスピン分極, 分子線エピタキシー (MBE), スピン・軌道磁気モーメント

### 1. 目的

我々は, 新たなスピントロニクス材料として期待される遷移金属窒化物薄膜に注目している。 $\text{Fe}_4\text{N}$ 、 $\text{Co}_4\text{N}$ 、 $\text{Co}_3\text{FeN}$ は, 第一原理計算により大きな負のスピン分極が予言されており<sup>1-3)</sup>, これまでに, 分子線エピタキシー (MBE) 法により,  $\text{SrTiO}_3$  (001)基板上へのエピタキシャル成長に成功した<sup>4,6)</sup>。また,  $\text{Fe}_4\text{N}$ と $\text{Co}_4\text{N}$ の磁気モーメントの大きさを, 内殻吸収磁気円二色性 (XMCD) 測定によって評価した (ナノネット支援課題 2010A3877, 2010B3876, 2011A3872)<sup>7,8)</sup>。一方,  $\text{Co}_3\text{FeN}$ については, バルクおよび薄膜試料の作製例がほとんど無く, 基本的な磁気物性の評価が進んでいない。本研究ではXMCD測定により, MBE法により作製した $\text{Co}_3\text{FeN}$ 薄膜の磁気モーメントを評価した。

### 2. 方法

MBE法により, 格子不整合率が 3.9%の $\text{STO}$ (001)基板上に, 基板温度  $450^\circ\text{C}$ で固体FeとCo,  $\text{RF-N}_2$ を同時供給し,  $\text{Co}_3\text{FeN}$ (10 nm)薄膜を成長した。続いて, 酸化防止のために $\text{CaF}_2$ (2 nm)を室温で堆積した。 $\text{Co}_3\text{FeN}$ (10 nm)薄膜のRHEED像はストリークを示し, XRDには $\text{Co}_3\text{FeN}$ (002),(004)のピークのみが現れたことから, エピタキシャル成長に成功したといえる。XMCD測定はBL23SUにて 300 Kにて試料の面直方向に $\pm 3$  Tの磁場を印加し, 飽和磁化状態で行った。

### 3. 結果及び考察

$\text{Co}_3\text{FeN}$ 薄膜のFe  $L_{2,3}$ 端, Co  $L_{2,3}$ 端, N  $K$ 端において, それぞれの吸収端で明瞭なXMCDスペクトルが観測され, NのMCDの符号がFe, Coの逆となり,  $\text{Co}_4\text{N}$ と同じ傾向を示した。純Fe, 純Coの標準スペクトルと $\text{Co}_3\text{FeN}$ のスペクトルに磁気光学総和則を適用し,  $\text{Co}_3\text{FeN}$ の3d軌道のホール数( $n_h$ )と原子1個当たりのスピン( $m_{\text{spin}}$ )および軌道磁気モーメント( $m_{\text{orb}}$ )を算出した。結果は,  $n_h(\text{Fe})=4.02\pm 0.37$ ,  $m_{\text{spin}}(\text{Fe})=1.84\pm 0.11\mu_B$ ,  $m_{\text{orb}}(\text{Fe})=0.11\pm 0.01\mu_B$ ,  $n_h(\text{Co})=2.59\pm 0.30$ ,  $m_{\text{spin}}(\text{Co})=1.47\pm 0.13\mu_B$ ,  $m_{\text{orb}}(\text{Co})=0.15\pm 0.01\mu_B$ となった。XMCD測定の結果から算出した $\text{Co}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ のCo/Fe比と, ユニットセル当たりの $m_{\text{spin}}$ ,  $m_{\text{orb}}$ の関係では, Co/Fe比の増加に伴い $m_{\text{spin}}$ が減少し, プロットが直線上にのる傾向がみられた。

### 4. 引用(参照)文献等

1) S. Kokado *et al.*, Phys. Rev. B **73**, 172410 (2006). 2) Y. Imai *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. **322**, 2665 (2010). 3) Y. Takahashi *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. **323**, 2941 (2011). 4) K. Ito *et al.*, J. Cryst. Growth **322**, 63 (2011). 5) K. Ito *et al.*, J. Cryst. Growth **336**, 40 (2011). 6) T. Sanai *et al.*, J. Cryst. Growth **357**, 53 (2012). 7) K. Ito *et al.*, Appl. Phys. Lett. **98**, 102507 (2011). 8) K. Ito *et al.*, Appl. Phys. Lett. **99**, 252501 (2011).