

# 正方晶 $\text{NiCo}_2\text{O}_4$ 薄膜における円錐型異方性

小泉 洸生、 柳原 英人  
(筑波大学)

Easy-cone anisotropy in tetragonal spinel  $\text{NiCo}_2\text{O}_4$  film

Hiroki Koizumi, and Hideto Yanagihara

(University of Tsukuba)

## 【背景】

$\text{NiCo}_2\text{O}_4(\text{NCO})$ は、AサイトにCo、BサイトにCoとNiが配列する逆スピネル構造を有しており、室温より高いキュリー温度や、酸化物の中では比較的高い電気伝導率を示すなどの特性を有しているため、スピントロニクス材料としても魅力的な物質である。また  $\text{MgAl}_2\text{O}_4(001)$  (MAO)基板上に作製することで、NCOが垂直磁気異方性(PMA)を示すことが薄膜試料において確認されている。このPMAの起源については、Aサイトにある  $\text{Co}^{3+}$ に圧縮歪が導入されることで生じることがシングルイオンモデルを用いた計算により示された<sup>2)</sup>。そのため、NCOは全温度範囲でPMAを有すると信じられているが、実験的に温度依存性などの詳細な磁気異方性を測定したものはない。そこで本研究では、PMAを有するNCO薄膜の磁気異方性を詳細に測定した。

## 【実験】

試料は、 $\text{Ar}+\text{O}_2(4:1)$ 雰囲気中でターゲットに  $\text{NiCo}(1:2)$ 合金を用いて反応性RFマグネトロンスパッタリング法により  $\text{MgAl}_2\text{O}_4(001)$  (MAO)基板上に作製した。作製した試料は、反射高速電子回折(RHEED)、X線回折法(XRD)による結晶構造の評価、VSMによる磁気特性、磁気トルク計による磁気異方性の評価、異常ホール効果による電気特性の評価を行った。

## 【結果】

RHEED観察並びにXRD測定により、MAO基板上にNCOがエピタキシャル成長しており、膜には圧縮歪が導入されていることが確認された。作製したNCO薄膜について磁気トルク測定を行うと、室温付近では、先行研究と同様にPMAを有することが確認された。しかし、温度を下げるにつれて低温ではcone異方性へと変化していくことが確認された(図1)。また、図2に示すように、試料を傾けた状態で異常ホール効果測定を行うと、傾ける角度( $\alpha$ )に依存して、異常ホール効果における角型比( $(\text{SR})_{\text{AHE}}$ )が、変化しており、ある角度以上で角型比が1.0を超えていることが確認された。これは低温においては磁化容易方向が膜面垂直方向から傾いていることを意味し、磁化容易面が円錐面となる磁気異方性の存在を示唆している。講演では、より詳細な実験結果について議論する。

## 参考文献

- 1) X. Chen, *et al.*, *Advanced Materials* **31**, 1805260 (2019).
- 2) C. Mellinger, *et al.*, *Physical Review B* **101**, 014413 (2020).

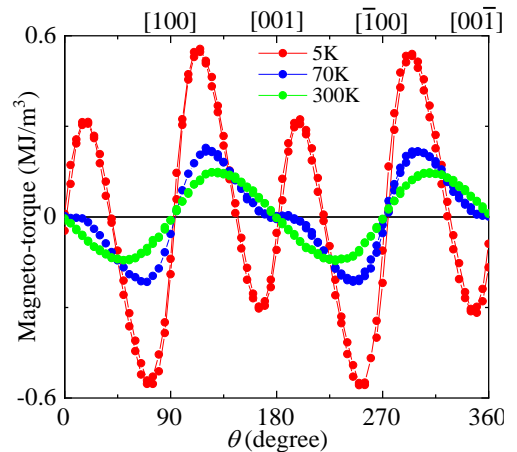


図1 磁気トルク曲線の温度依存性

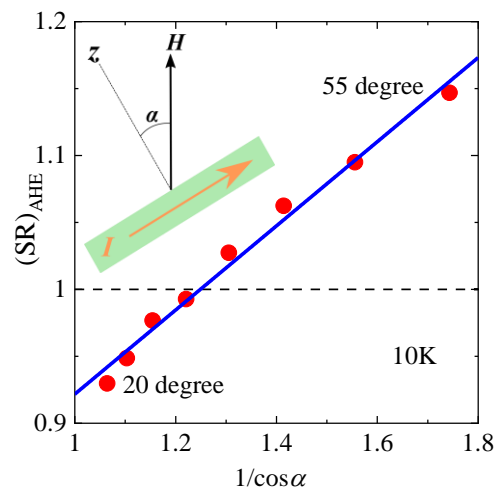


図2 異常ホール効果の角度依存性