

擬単結晶 $\gamma'$ -Fe<sub>4</sub>N 薄膜の異常ホール効果

鹿原 和樹<sup>1</sup>, 角田 匡清<sup>1</sup>, 古門 聡士<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>東北大, <sup>2</sup>静岡大)

Anomalous Hall effect in pseudo-single-crystal  $\gamma'$ -Fe<sub>4</sub>N films

K. Kabara<sup>1</sup>, M. Tsunoda<sup>1</sup> and S. Kokado<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>Shizuoka Univ.)

## はじめに

$\gamma'$ -Fe<sub>4</sub>N は、面心立方構造の Fe の体心位置に N 原子が侵入した構造であり、Fe と N の電子軌道混成による伝導電子の負のスピンの極性が報告されている[1]。また、この特徴を反映したインバーストンネル磁気抵抗効果[2]、インバース電流誘起磁化反転[3]、及び負の異方性磁気抵抗効果(AMR) [4]が報告されている。特に AMR 効果では 50K 以下の低温で AMR 比が急激に増大し、30K 以下では AMR 曲線に  $\cos 4\theta$ 成分が発現する特異な現象を示している[5]。我々は、AMR 効果と N サイト規則度の関係について調査し、AMR 効果の低温における特異な現象は結晶場効果によるものであると明らかにしてきた[6, 7]。AMR 効果は強磁性体のスピンの軌道相互作用に起因するものであり、異常ホール効果など他の電流磁気効果でも $\gamma'$ -Fe<sub>4</sub>N の特異な磁気伝導特性を観察できることが予測される。それより本研究では、規則度を変化させた $\gamma'$ -Fe<sub>4</sub>N 薄膜の異常ホール効果について検討を行った。

## 実験方法

試料の作製にはマグネトロンスパッタ装置を用いて、MgO 単結晶基板上に Fe<sub>4</sub>N(50nm)/Ta(2nm)の膜構成で成膜を行った。Fe<sub>4</sub>N 層は、Ar+25%N<sub>2</sub>の混合ガスによる反応性スパッタ法で形成し、Fe<sub>4</sub>N 層成膜直後に真空装置内で 50~300°C の範囲で温度を変化させた加熱処理を施した。室温まで冷却した後、酸化防止層の Ta を成膜した。結晶性評価は X 線回折法(XRD)により行い、Fe<sub>4</sub>N(100)、Fe<sub>4</sub>N(200)の回折強度比から N サイト規則度(S)を算出した。フォトリソグラフィプロセスとイオンミリングにより、各試料に 0.2mm 幅、7mm 長のホールバーを形成し、異常ホール効果と縦抵抗率の同時測定を直流 4 端子法により行った。

## 実験結果

図には、異常ホール伝導率( $\sigma_{AH} = \rho_{AH} / (\rho_{AH}^2 + \rho_{xx}^2)$ )の測定温度依存性を示す。ここで、 $\rho_{AH}$  は異常ホール抵抗率、 $\rho_{xx}$  は縦抵抗率を表している。S = 0.93 の試料では、測定温度が低下するにつれて増大していた $\sigma_{AH}$  が 50K 以下では急激に減少し、5K では室温における値よりも低くなる現象が起きている。また他の Fe<sub>4</sub>N 試料について見てみると、S = 0.91 の試料でも低温における $\sigma_{AH}$ の減少がわずかに見て取れるが、S = 0.85, 0.82 の試料では低温における $\sigma_{AH}$ の減少はほぼ見られなくなっていることがわかる。本実験結果は、上述した Fe<sub>4</sub>N 薄膜の AMR 効果の低温での特異な現象が、S を低下させた場合に見られなくなっていくこと[6]とよく対応している。すなわち、50K 以下では結晶場分裂による 3d 軌道の縮退解消が顕著となり、軌道角運動量が凍結したことによって、異常ホール伝導率が減少したものと考えられる。

## 参考文献

- [1] S. Kokado *et al.*, Phys. Rev. B **73**, 172410 (2006)
- [2] K. Sunaga, *et al.*, J. Appl. Phys. **102**, 013917 (2007)
- [3] S. Isogami *et al.*, Appl. Phys. Express **3**, 103002 (2010)
- [4] M. Tsunoda *et al.*, Appl. Phys. Express **2**, 083001 (2009)
- [5] M. Tsunoda *et al.*, Appl. Phys. Express **3**, 113003 (2010)
- [6] K. Kabara, *et al.*, Appl. Phys. Express **7**, 063003 (2014)
- [7] S. Kokado *et al.*, Phys. Status Solidi C **11**, 1026 (2014)

