

γ' -Fe₄N 擬単結晶薄膜の異方性磁気抵抗効果 ～規則度依存性～

鹿原 和樹¹, 角田 匡清¹, 古門 聡士²
(¹東北大, ²静岡大)

Anisotropic magnetoresistance effect in pseudo single crystal γ' -Fe₄N films ~degree of order dependence~

K. Kabara¹, M. Tsunoda¹, and S. Kokado²
(¹Tohoku Univ., ²Shizuoka Univ.)

1. はじめに

我々はこれまでに、 γ' -Fe₄N 薄膜で負の異方性磁気抵抗 (AMR) 効果が観測されることを見出し[1]、理論予測[2]された Fe₄N の少数スピン電子伝導の証拠であることを示した[3]。また Fe₄N 擬単結晶薄膜で電流を Fe₄N[100]方向に流した場合、50 K 以下の温度で AMR 比の大きさが急激に増大し、AMR 曲線に $\cos 40$ 成分が重畳する特徴的な変化を示す[4]が、その起源については明らかとなっていない。Fe₄N の特異なスピン依存伝導は、ペロブスカイト構造の体心位置に存在する N 原子と面心位置に存在する Fe 原子との電子軌道混成が原因である[2]ことから、本研究では N 原子位置の規則度を変化させた擬単結晶 γ' -Fe₄N 薄膜を作製し、AMR 効果と規則度との関係について調べた。

2. 実験方法

反応性スパッタ法を用い MgO(100)単結晶基板上に 50 nm 厚の Fe₄N 擬単結晶薄膜をエピタキシャル成長させた。成膜直後の Fe₄N 薄膜を、成膜装置内で 50~300°C の範囲で温度を変えて 15 分間熱処理した。冷却後、酸化防止層として 2 nm 厚の Ta 薄膜を Fe₄N 薄膜に堆積させた。試料の構造解析は XRD により行い、Fe₄N(100) と Fe₄N(200)の回折線強度比から N 原子位置の規則度 (S) を求めた。各熱処理温度に対応して $S = 0.82 \sim 0.93$ の試料が得られた。各試料を 0.2 mm 幅×7 mm 長のストライプ状に加工し、直流 4 端子法で Fe₄N[100]方向の電気抵抗 (R) を 5~300 K の温度範囲で測定した。30 kOe の直流磁界を膜面内に印加し、印加磁界方向と電流方向の間の角度 (θ) の関数として R (AMR 曲線) を測定した。 $\theta = 0$ (90°) における抵抗値 $R_{//}$ (R_{\perp}) を用いて、AMR 比を $(R_{//} - R_{\perp}) / R_{\perp}$ と定義した。

3. 実験結果

図には各試料の AMR 曲線から求めた $\cos 2\theta$ ($\cos 4\theta$) 成分のフーリエ係数 $C_{2\theta}$ ($C_{4\theta}$) の測定温度依存性を示す。ここで $2C_{2\theta}$ が AMR 比に相当する。50 K 以下での AMR 比の大きさの急激な増大と $\cos 4\theta$ 成分の重畳現象が、 S の低下に伴って徐々に消失してゆくことが判った。著者らによる最近の AMR の理論[5]によれば、結晶場が AMR に及ぼす効果として、スピン軌道相互作用によるスピン混成から生じる従来の $\cos 2\theta$ 形状の AMR 効果[3,6]に加えて、 d_x 軌道と d_y 軌道のエネルギー差 (Δ) とフェルミ準位における両軌道の状態密度差に応じた $\cos 2\theta$ 成分、ならびに正方晶歪に伴う d_x 内の軌道分裂に応じた $\cos 4\theta$ 成分が、AMR 曲線に重畳することが示されている。N 位置の不規則化ならびに測定温度の上昇は Fe₄N の電子構造の結晶場分裂を低減させる結果、低温における AMR 効果の特徴的な変化が S の低下に伴って低減したものと考えられる。

参考文献

- 1) M. Tsunoda et al., Appl. Phys. Express **2** (2009) 083001.
- 2) S. Kokado et al., Phys. Rev. B **73** (2006) 172410.
- 3) S. Kokado et al., J. Phys. Soc. Jpn. **81** (2012) 024705.
- 4) M. Tsunoda et al., Appl. Phys. Express **3** (2010) 113003.
- 5) S. Kokado et al., Phys. Status Solidi C **11** (2014) 1026.
- 6) S. Kokado et al., Adv. Mater. Res. **750-752** (2013) 978.

