

Mn₄N 薄膜の異方性磁気抵抗効果と異常ホール効果

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 and anomalous Hall effect of Mn₄N films

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

はじめに

γ -Fe₄N は fcc Fe と体心位置の N の電子軌道混成により少数スピン電子が主として伝導に寄与し[1]、その結果としてインバーストンネル磁気抵抗 (TMR) 効果[2]、負の異方性磁気抵抗 (AMR) 効果[3]等の特徴的な磁気伝導特性が観測される。 γ -Fe₄N の類型材料である Mn₄N は、fcc Mn の体心位置に N が入ることによりフェリ磁性となり低飽和磁化を示す。加えて薄膜においては垂直磁気異方性[4]が報告されていることから、垂直磁化方式強磁性トンネル接合を用いたスピントロニクスデバイスへの応用が期待できる。本研究では、Mn₄N 薄膜のスピントロニクスデバイス応用に鑑みて、その磁気伝導特性 (AMR 効果及び異常ホール効果) について調査を行った。

実験方法

Mn ターゲットを用いて Ar+8%N₂ の混合ガスによる反応性マグネトロンスパッタ法で MgO 基板上に 100 nm の薄膜を堆積させた。N サイト規則度促進を目的として、堆積直後に成膜装置内で 120~390°C の範囲で温度を変化させて加熱処理を施した。冷却後、酸化防止層として Ta を 2nm 成膜した。X 線回折法 (XRD) を用いて結晶性評価を行い、Mn₄N(110)、Mn₄N(220) 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、直流 4 端子法を用いて AMR 効果及び異常ホール効果の測定を行った。

実験結果

Fig.1 の挿入図に $S=0.94$ の Mn₄N 薄膜の印加磁場角度に対する抵抗変化率を示す。300K では AMR 曲線は $\cos 2\theta$ 形状であり、その符号は正だが 100K 以下では AMR 比が負に変化するとともに、 $\cos 4\theta$ 成分が重畳している。また、Fig.1 は S を変化した各試料の AMR 曲線から求めた $\cos 2\theta$ ($\cos 4\theta$) 成分のフーリエ係数 C_{20} (C_{40}) の測定温度依存性を示す。 $S=0.94$ の試料では 100K 程度から C_{20} が負へ急激に増大し、150K から C_{40} 成分が重畳している。しかし、 S 低下に伴ない、 C_{20} の急激な増大と C_{40} の重畳現象が減衰している。Kokado らによれば C_{40} の出現は結晶場効果によるものであり[5]、 S 低下に伴う C_{40} の減衰は、Mn₄N でも Fe₄N[6] 同様に結晶場効果による AMR の変化が低温で現れたことによると考えられる。Fig.2 に各試料における異常ホール伝導率の温度依存性を示す。 $S=0.94$ では異常ホール伝導率が 150K から急激に減少しているが、 S 低下に伴い 150K 以下での急激な減少が消失している。講演では、低温における異常ホール伝導率の急激な減少と結晶場の相関についても議論する。

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] M. Tsunoda *et al.*, Appl. Phys. Express **2**, 083001 (2009)
- [4] Y. Yasutomi *et al.*, J. Appl. Phys. **115**, 17A935 (2014)
- [5] S. Kokado *et al.*, Phys. Status Solidi C **11**, 1026 (2014)
- [6] K. Kabara, *et al.*, Appl. Phys. Express **7**, 063003 (2014)

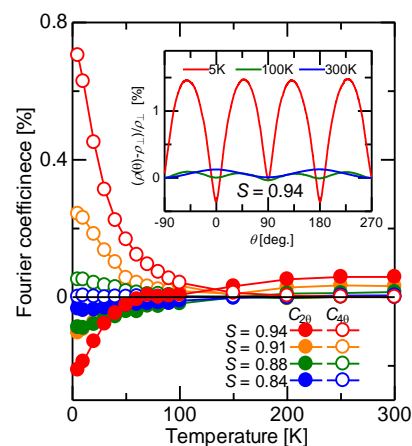


Fig.1 Fourier coefficients for C_{20} and C_{40} determined from the AMR curves (inset).

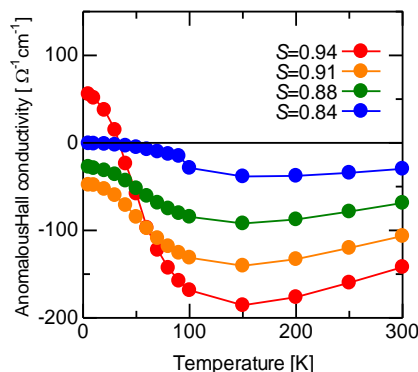


Fig.2 The measurement temperature dependence of anomalous Hall conductivity.