

$\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ ($x = 1, 3$) 薄膜の負の異方性磁気抵抗効果

Negative anisotropic magnetoresistance effect of $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ ($x = 1$ and 3) films

筑波大数理物質¹、東北大工²、学振³ ○高田郁弥¹、伊藤啓太^{1,2,3}、鹿原和樹²、東小蘭創真¹、
具志俊希¹、都甲薫¹、角田匡清²、末益崇¹

Univ. of Tsukuba¹, Tohoku Univ.², JSPS³, °F. Takata¹, K. Ito^{1,2,3}, K. Kabara², S. Higashikozono¹,

T. Gushi¹, K. Toko¹, M. Tsunoda², and T. Suemasu¹

E-mail: bk1413075@s.bk.tsukuba.ac.jp

【背景】逆ペロブスカイト型立方晶構造を有する Fe_4N は、Fe と N の電子軌道混成に起因して主として少数スピンの電気伝導を担い¹⁾、特徴的な負の異方性磁気抵抗(AMR)効果が観測される²⁾。類型材料である $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ は、 Ni_3FeN で Fe_4N よりも高い状態密度のスピンの分極率($P_D = -0.86$)が予想され、高スピン分極率材料として期待できる³⁾。しかし、同組成において室温で大きな正の AMR 効果($\sim 6\%$)が観測された報告と⁴⁾、 $x \geq 3$ でキュリー温度が室温を下回る報告があり⁵⁾、その磁気・伝導特性が不明瞭である。本研究では、 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ ($x = 1, 3$) 薄膜の AMR 効果を測定することで、磁気輸送特性を評価した。

【実験】分子線エピタキシー法により固体 Ni、Fe と高周波プラズマ N_2 を同時供給し、 $\text{SrTiO}_3(\text{STO})(001)$ 基板上に $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ ($x = 1, 3$) (50 nm) 薄膜を作製した。成膜直後に酸化防止膜として Al を 3 nm 堆積した。結晶性評価には反射高速電子線回折(RHEED)、 ω -2 θ X 線回折(XRD)、 ϕ -2 θ XRD を用いた。フォトリソグラフィとイオンミリングにより、各試料を[100]または[110]を長手方向とした 0.2 mm 幅 × 6 mm 長のホールバーに加工し、測定温度 5 ~ 300 K、外部磁場 30 kOe、直流電流 0.2 mA のもとで 4 端子法により AMR 効果を測定した。

【結果・考察】Fig. 1 に、作製した $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ ($x = 1, 3$) 薄膜の RHEED 像と ω -2 θ XRD パターンを示す。いずれの組成で、RHEED の鮮明なストリークパターンと XRD で窒化物由来の(001)配向のみの回折ピークが得られ、単相の $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ ($x = 1, 3$) がエピタキシャル成長した。Fig. 2 に $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ ($x = 1, 3$) 薄膜の AMR 比の温度依存性を示す。5 K での AMR 比は、 NiFe_3N (Ni_3FeN) において $I // [100]$ で -1.0% (-1.6%)、 $I // [110]$ で -0.5% (-4.0%) となり、ほぼすべての温度で負の AMR 効果が観測された。Kokado らの理論によれば、負の AMR 効果は $s_{\uparrow} \rightarrow d_{\uparrow}$ または $s_{\downarrow} \rightarrow d_{\downarrow}$ の s - d 散乱で説明される⁶⁾。 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ ($x = 1, 3$) の P_D は第一原理計算より負であることから、これら負の AMR 効果は $s_{\downarrow} \rightarrow d_{\downarrow}$ の散乱機構に起因し、主として少数スピンの電気伝導を担うことが明らかになった。

【謝辞】JSPS 科研費(Nos. 26249037 and 14J01804)、東北大通研プロ(H26/A04)の支援を受けた。

1) S. Kokado *et al.*, Phys. Rev. B **73**, 172410 (2006). 2) M. Tsunoda *et al.*, Appl. Phys. Express **2**, 083001 (2009). 3) F. Takata *et al.*, the 63rd JSAP spring meeting, 21a-W241-6 (2016). 4) R. Loloee, J. Appl. Phys. **112**, 023902 (2012). 5) X. G. Diao *et al.*, J. Appl. Phys. **85**, 4485 (1999). 6) S. Kokado and M. Tsunoda, J. Phys. Soc. Jpn. **84**, 094710 (2015).

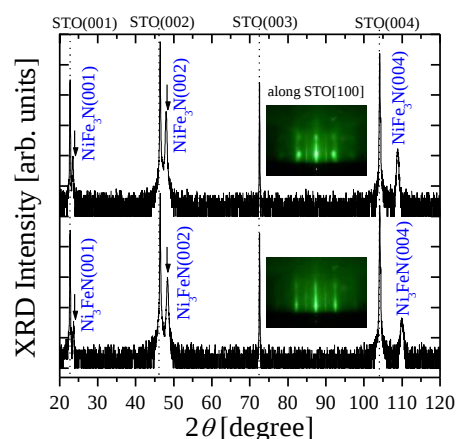


Fig. 1 RHEED and ω -2 θ XRD patterns of $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ ($x = 1$ and 3) films.

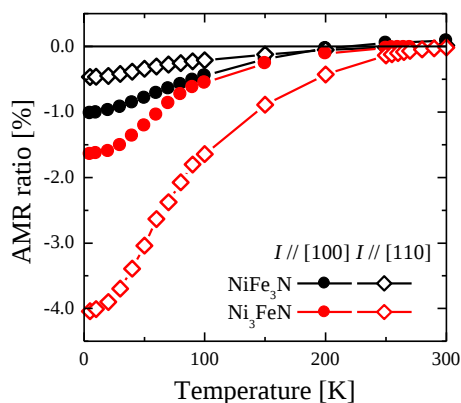


Fig. 2 Temperature dependence of AMR ratio of $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ ($x = 1$ and 3) films.