逆ペロブスカイト型強磁性窒化物 $Mn_xFe_{4-x}N$ 薄膜の磁気特性

Magnetic properties of anti-perovskite type ferromagnetic nitride $Mn_xFe_{4-x}N$ films

1. 筑波大数理物質，°安西聡仁 [1]，具志俊希 [1]，東小薗創真 [1]，高田郁弥 [1]，都甲薫 [1]，末益崇 [1]

1. Univ. Tsukuba, °A. Anzai[1], T. Gushi[1], S. Higashikozono[1], F. Takata[1], K. Toko[1], T. Suemasu[1]

E-mail: bk201310956@s.bk.tsukuba.ac.jp

【背景】新規スピントロニクス応用材料として、逆ペロブスカイト型強磁性窒化物に注目している。我々はこれまでに、分子線エピタキシー(MBE)法により MgO(001)基板上へ Mn_4N や Fe_4N のエピタキシャル成長に成功している [1,2]。フェリ磁性 Mn_4N は、正方晶歪み(c/a ~ 0.99)により薄膜で垂直磁気異方性を示し、室温で小さな飽和磁化(M_S = 145 emu/cm^3)を有する [2]。一方で、フェロ磁性 Fe_4N は面内磁化膜であり、M_S = 1400 emu/cm^3 と比較的大きい。本研究では Mn_4N と Fe_4N の混晶系である $Mn_xFe_{4-x}N$ に注目し、その磁性を調べることを目的とした。

【実験】MBE 法により固体 Mn、Fe と高周波プラズマ N_2 を同時供給することにより、MgO(001)基板上に $Mn_xFe_{4-x}N$(x = 3, 4)薄膜を作製した。成長時の基板温度(T_S)を 350 °C ~550 °C で変えることで最適な成長条件を決定した。結晶性の評価には、反射高速電子線回折(RHEED)、ω-2θ X 線回折(XRD)、ϕ-2θ_χ XRD を用い、磁気特性評価には試料振動型磁力計を用いた。

【結果・考察】Fig.1 に T_S = 350°C, 550 °C で作製した $Mn_xFe_{4-x}N$(x = 3, 4)薄膜のω-2θ XRD パターンと RHEED 像を示す。いずれの組成でも c 軸配向の回折ピークが現れ、RHEED 像も鮮明なストリークパターンを示したことから、$Mn_xFe_{4-x}N$(x = 3, 4)がエピタキシャル成長した。このとき、$Mn_xFe_{4-x}N$(x = 3, 4)(002)のピーク半値全幅は、1.002 °、1.854 °で最小値となり、最も配向性の良い膜が得られた。c/a はそれぞれ 0.98、0.99 程度であり、いずれの組成でも面内方向の引っ張り歪が生じていることが分かった。Fig.2 にこれらの磁化曲線を示す。飽和磁化(M_S)はそれぞれ、90 emu/cm^3、100 emu/cm^3 となり、Fe の添加により M_S がわずかに減少した。磁化曲線から求めた有効一軸磁気異方性定数(K_u^{eff})は、x = 3, 4 でそれぞれ、–4.0×10^4 erg/cm^3、+6.9×10^5 erg/cm^3 となり、Mn_4N へ Fe を添加することで磁気異方性が減少し、磁化が薄膜垂直方向から面内方向に向いたと考えられる。今後は、異なる組成の作製と評価をおこなう予定である。

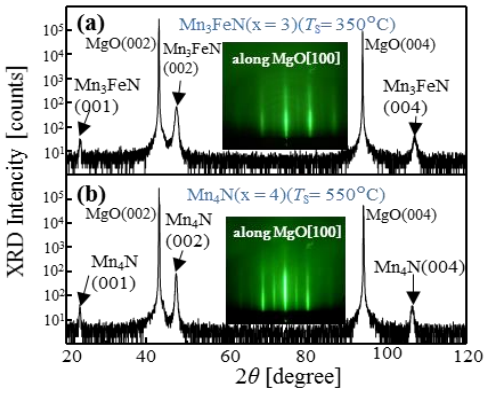

Fig.1 ω-2θ XRD and RHEED patterns of (a)Mn_3FeN and (b)Mn_4N films.

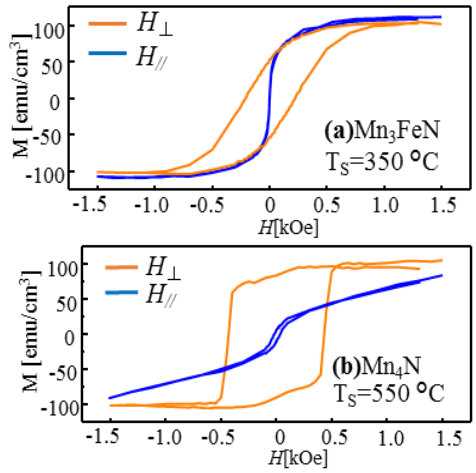

Fig.2 Hysteresis loops of (a)Mn_3FeN and (b)Mn_4N films.at room temperature

【謝辞】JSPS 科研費(Nos. 26249037 and 14J01804)の助成を受けた。磁化測定は、筑波大学 柳原・Sharmin 研究室のご協力を賜った。

1)K. Ito *et al*., J. Gryst. Growth **322**, 63 (2011). 2) Y. Yasutomi *et al*., J. Appl. Phys. **115**, 17A935 (2014).