

MBE 法による強磁性窒化物 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ 薄膜のエピタキシャル成長

Epitaxial growth of ferromagnetic nitride $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ films by molecular beam epitaxy

○高田郁弥¹、伊藤啓太^{1,2,3}、具志俊希¹、東小菌創真¹、都甲薫¹、末益崇¹

(筑波大 数理物質¹、東北大 工²、学振³)

○F. Takata¹, K. Ito^{1,2,3}, T. Gushi¹, S. Higashikozono¹, K. Toko¹, and T. Suemasu¹

(1. Inst. of Appl. Phys., Univ. of Tsukuba, 2. Dept. of Electronic Eng., Tohoku Univ., 3. JSPS)

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

【背景】我々は新たな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おり、これまでに分子線エピタキシー(MBE)法により、 $\text{SrTiO}_3(\text{STO})(001)$ 基板上へ Fe_4N や $\text{Co}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ 混晶薄膜などのエピタキシャル成長に成功している^{1,2)}。 Fe_4N と Ni_4N の混晶である Ni_3FeN は、第一原理計算によりフェルミ準位における状態密度のスピンの分極率が -0.86 と予想され、高スピン分極率材料として期待できる。しかし、 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ 薄膜のエピタキシャル成長の報告例はほとんどない。本研究では、MBE 法により $\text{STO}(001)$ 基板上に $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ 薄膜のエピタキシャル成長を試みた。

【実験】MBE 法により固体 Ni、Fe と高周波プラズマ(RF) N_2 を同時供給し、 $\text{STO}(001)$ 基板上に $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}(x=0, 1, 3, 4)$ (20 nm)薄膜を作製した。トータルの Ni、Fe 供給量、 N_2 流量(1 sccm)、RF プラズマ出力(105 W)を固定し、成長温度のみを $150\sim 550^\circ\text{C}$ で変えて最適な成長条件を求めた。Ni/Fe 組成比は、Ni、Fe それぞれの K-Cell 温度により制御した。結晶性の評価に反射高速電子線回折(RHEED)、 ω - 2θ X 線回折(XRD)、 ϕ - 2θ XRD を用いた。

【結果・考察】Fig. 1 に $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}(x=0, 1, 3, 4)$ 薄膜の ω - 2θ XRD パターンと RHEED 像を示す。成長温度は $450^\circ\text{C}(x=0)$ 、 $550^\circ\text{C}(x=1)$ 、 $350^\circ\text{C}(x=3)$ 、 $250^\circ\text{C}(x=4)$ で高配向な膜が得られた。いずれの組成でも、 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}(002)$ 、(004)のピークが現れ、RHEED 像もストリークパターンを示したことから、 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ がエピタキシャル成長したといえる。しかし、 $\text{Ni}_4\text{N}(x=4)$ では熱分解により一部の N が抜けたことで $\text{Ni}_8\text{N}(004)$ のピークが現れた。より低温の成長では格子が歪み、結晶性が悪化したことから高品質な単相 Ni_4N 薄膜を作製することは難しいといえる。Fig. 2 に XRD パターンから算出した、格子定数の組成 x 依存性を示す。合わせて、第一原理計算により得られた値も示した。 x が大きくなるにつれて格子定数が小さくなり、理論計算結果とおおよそ一致している。今後は、磁気特性評価を行なう予定である。

【謝辞】本研究は、JSPS 科研費基盤 A(No. 26249037)の助成を受けた。

1) K. Ito *et al.*, *J. Cryst. Growth* **322**, 63 (2011). 2) T. Sanai *et al.*, *J. Cryst. Growth* **357**, 53 (2012).

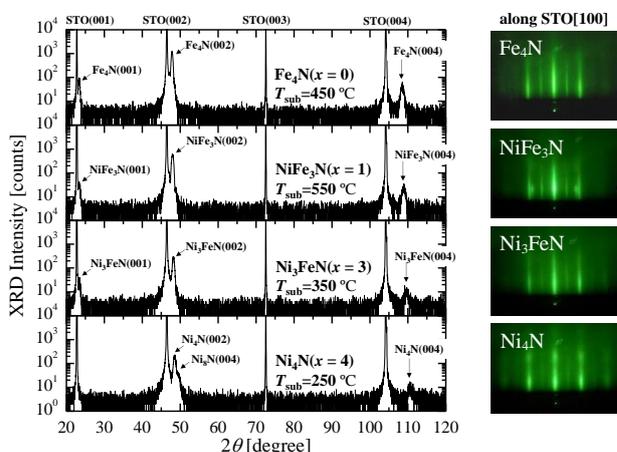


Fig. 1 ω - 2θ XRD and RHEED patterns of samples.

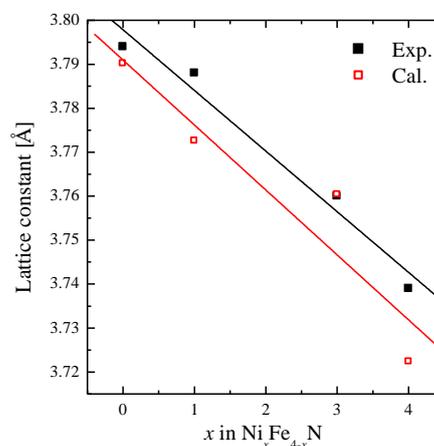


Fig. 2 Lattice constants of $\text{Ni}_x\text{Fe}_{4-x}\text{N}$ films.