

FeNiN 薄膜からの脱窒素による $L1_0$ -FeNi 薄膜の形成

伊藤啓太¹、林田誠弘¹、水口将輝¹、末益崇²、柳原英人²、高梨弘毅¹
 (¹東北大学 金属材料研究所, ²筑波大学 物理工学域)

Formation of $L1_0$ -ordered FeNi films by nitrogen extraction from FeNiN films

K. Ito¹, M. Hayashida¹, M. Mizuguchi¹, T. Suemasu², H. Yanagihara², K. Takahashi¹
 (¹IMR, Tohoku Univ. ²Inst. of Appl. Phys., Univ. of Tsukuba)

背景

希土類や貴金属を含まない資源が豊富な元素で構成される、高い軸磁気異方性エネルギー(K_u)を有する強磁性体材料が求められている。我々は $L1_0$ -FeNi 規則合金に注目して単結晶薄膜の作製と、規則度および K_u の向上に取り組んできた。一方でごく最近、正方晶 FeNiN の多結晶粉末に対する、水素ガス雰囲気下熱処理による脱窒素法により、比較的高い規則度(0.71)を持つ多結晶 $L1_0$ -FeNi 粉末の合成が実現された²⁾。本研究では、脱窒素法により高規則度単結晶 $L1_0$ -FeNi 薄膜を作製し、より正確に K_u 等の磁気物性値を評価するために、分子線エピタキシー(MBE)法による単結晶 FeNiN 薄膜の作製と、それらに対する脱窒素処理を行った。

実験

Fe、Ni、高周波(RF) N_2 の同時供給による MBE 法により³⁾、SrTiO₃(STO)(001)、MgAl₂O₄(MAO)(001)、MgO(001) 基板上に FeNiN 薄膜(20 nm)のエピタキシャル成長を試みた。成膜温度を 300 °C、 N_2 流量を 1.0 sccm、RF 入力を 240 W、Fe と Ni の蒸着レートはそれぞれ 0.040 Å/s および 0.038 Å/s で固定した。作製した試料に対し、温度 300 °C、時間 4 h、 H_2 流量 1 L/min での脱窒素熱処理を行った。試料の構造を Out-of-plane(ω -2 θ)および In-plane(ϕ -2 θ)X 線回折(XRD)で評価し、室温での磁化曲線を振動試料磁力計で測定した。

結果

XRD 測定の結果から、いずれの試料も a 軸配向 FeNiN 薄膜のエピタキシャル成長に成功し、膜面内に倒れた c 軸の方向が互いに 90°異なる、2 種類のバリエーションが形成された {FeNiN[001](100) || 基板[100](001)および FeNiN[010](100) || 基板[100](001)}。脱窒素後の XRD パターンは、上記のエピ関係を保ったまま窒素が抜けて FeNi が形成された場合のパターンと矛盾しなかった。Fig. 1(a)および 1(b)に、脱窒素後の試料の膜面内および面外に外部磁場を印加した際の磁化曲線を示す。参照として、単結晶 A1-FeNi 薄膜の磁化曲線も示した。Fig. 1(a)では脱窒素法で作製した FeNi 薄膜の方が A1-FeNi 薄膜よりも保磁力が大きく、残留磁化が小さい。Fig. 1(b)では、脱窒素法で作製した FeNi 薄膜の方が飽和磁場が大きい。これらの結果から、一軸磁気異方性が膜面内の 2 つの c 軸方向に付与された a 軸配向 $L1_0$ -FeNi 薄膜の形成が示唆された。Fig. 1(b)の磁化曲線から脱窒素後の試料の K_u は 9.9×10^5 erg/cm³ 程度と見積もられ、規則度は 0.1 程度と推測される⁴⁾。今後は、FeNiN 薄膜の作製条件や脱窒素処理条件を最適化し、規則度と K_u の向上を目指す。

謝辞

本研究は JSPS 科研費(No. 17K14651)、文部科学省推進プロジェクト元素戦略磁性材料研究拠点(ESICMM)の支援を受けた。

参考文献

- 1)K. Takahashi *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **50**, 483002 (2017). 2)S. Goto *et al.*, Scientific Reports **7**, 13216 (2017).
- 3)F. Takata *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 058004 (2018). 4)T. Kojima *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **51**, 010204 (2012).

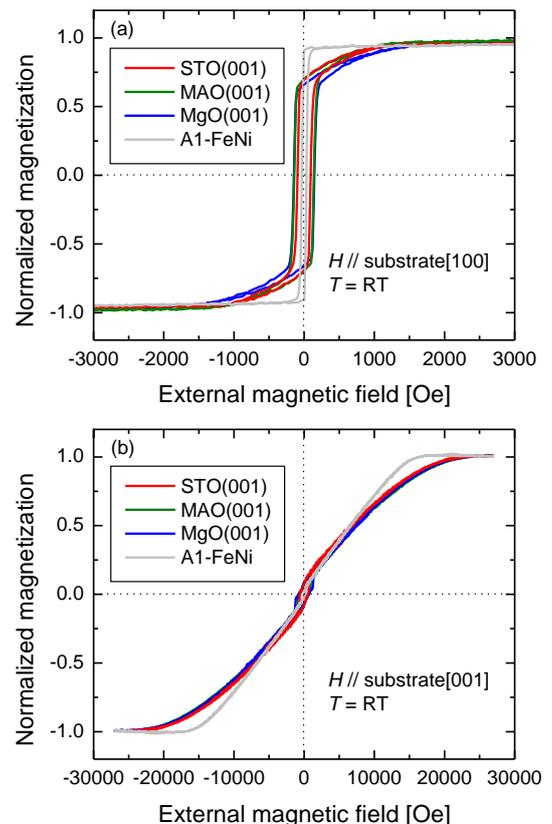


Fig. 1 Magnetization curves of FeNi films.
 $M_s = 1100$ emu/cm³.