N 添加が $L1_0$-MnAl の磁気異方性に与える影響

The effect of N addition on magnetic anisotropy of $L1_0$-MnAl

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

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

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

【背景】 Fig. 1(a)に示す $L1_0$-MnAl は、大きな垂直磁気異方性(K_u = 15 Merg/cm^3)、小さなダンピング定数(α ~ 0.006)と比較的小さな飽和磁化(M_S = 490 emu/cm^3)を有することから、垂直磁化型磁気トンネル接合素子への応用が期待される [1,2]。本研究では Fig. 1(b)に示すような、$L1_0$-MnAl の体心位置に N 原子が侵入した、逆ペロブスカイト型 MnAlN について、第一原理計算と実験から調査することを目的とした。

【実験方法】 電子状態計算には第一原理計算コード VASP を用いた。最初に MnAl と MnAlN の構造緩和計算をおこなった。その後、スピン軌道相互作用を考慮し、量子化軸を[100]と[001]とした時の全エネルギー(E_{tot})の差分($E_{tot}^{[100]}$–$E_{tot}^{[001]}$)から K_u を推定した。試料作製には分子線エピタキシー法を用いた。初めに、MgO(001)基板上へ $L1_0$-MnAl を作製した。表面反応抑制のため、MgO 基板上へ MnAl テンプレート層(0.35 nm)を室温で挿入し、300 °C・10 min のアニールを施した後、$L1_0$-MnAl(10 nm)を基板温度 300 °C で成長した。その後、表面酸化防止のため SiO_2 を 3 nm 堆積した。試料を真空チャンバーから搬出後、300 °C の急速熱処理(RTA)により $L1_0$ 規則化を促した。結晶性評価には X 線回折(XRD)と反射高速電子線回折、磁気特性評価には振動試料磁力計を用いた。

【結果・考察】 計算により得られた K_u は、$L1_0$-MnAl、MnAlN でそれぞれ 16.8、27.6 Merg/cm^3 となり、N により K_u が 65% 増大する予想となった。Fig. 2 に、RTA 処理前後の $L1_0$-MnAl の ω-2θ XRD 測定結果を示す。RTA により $L1_0$ 規則線(001)の回折強度が増大し、規則度が向上したことが分かる。しかし、面内(a)・面直(c)方向の格子定数は、a = 4.2・c = 3.0 Å となり、バルク値(a = 3.93・c = 3.56 Å)と比較して面内に伸びており、大きな格子歪みが存在することが分かった。また、磁化曲線により求めた K_u は最大でも 1 Merg/cm^3 程度と小さい。これらは、MnAl と MgO 基板(a = 4.2 Å)との格子不整合率が大きい(–7%)ことに起因すると考えられる。今後は、MgO 基板上への適切なバッファ層の挿入と、N 添加による影響を調べる予定である。

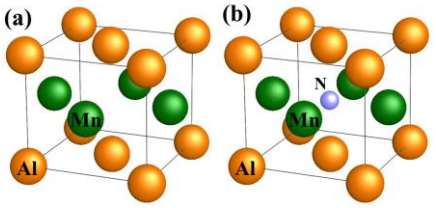

Fig. 1 Crystal structure of (a)$L1_0$-MnAl and (b)anti-perovskite type MnAlN.

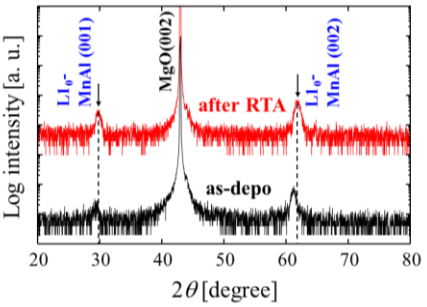

Fig. 2 ω-2θ XRD patterns of $L1_0$-MnAl film before and after RTA treatment.

【謝辞】 JSPS 科研費(No. 26249037)の支援を受けた。磁気特性評価には、筑波大学 柳原・Sharmin 研究室のご協力を賜った。

1) A. J. J. Koch *et al.*, J. Appl. Phys. **31**, S75 (1960). 2) H. Saruyama *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **52**, 063003 (2013).