

## Mn-Ga-N 薄膜の窒素量による磁気特性及び結晶構造の変化

中川史崇、土井正晶、嶋敏之  
(東北学院大学)

Effect of nitrogen content on the crystal structures and magnetic properties for Mn-Ga-N thin films

F. Nakagawa, M. Doi and T. Shima  
(Tohoku Gakuin University)

### はじめに

Nd-Fe-B 焼結磁石はハイブリッドカー (HV)、電気自動車 (EV)などに使用されるモーターから、磁気センサーや医療機器等の幅広い分野において応用されているが、硬磁性材料は温度の上昇に伴い熱減磁が生じるため、Dy や Tb などの重希土類元素置換により熱安定性を向上させる必要がある。しかしながら、希土類元素においては埋蔵・産出国の地域偏在性により将来に渡って安定供給の問題があることから、希土類元素を用いない Mn 系新規磁石材料の研究開発が盛んに行われている。ここで、 $D0_{22}$ -MnGa 構造を示す MnGa 合金は高い結晶磁気異方性エネルギーを有しており、先行研究から  $D0_{22}$ -MnGa の格子間距離を元素添加などにより制御することにより磁気特性の飛躍的な向上が期待されている。そこで、本研究では軽元素である窒素を  $D0_{22}$ -MnGa に添加した試料について結晶構造ならびに磁気特性の変化について報告する。

### 実験方法

すべての試料は超高真空多元スパッタ装置を用いて作製した。はじめに MgO (100) 単結晶基板上に基板温度を  $T_s = 400 \sim 550 \text{ }^\circ\text{C}$  の間で変化させ、基本組成である Mn-Ga 合金は  $\text{Mn}_{70}\text{Ga}_{30}$  (at.%) に調整し、70 nm の膜厚の試料を作製した。その際の窒素流量比は  $(\text{N}_2 / (\text{Ar} + \text{N}_2)) = 0 \sim 5 \%$  に変化させた。また酸化保護膜として Cr 層を室温において 10 nm 成膜した。組成は、エネルギー分散型 X 線分析 (EDX)、磁気特性は超伝導量子干渉磁束計 (SQUID)、結晶構造は X 線回折装置 (XRD)、微小角入射 X 線回折 (GID)を用いて評価を行った。

### 実験結果

窒素流量比を  $(\text{N}_2 / (\text{Ar} + \text{N}_2)) = 1, 2, 5 \%$  で固定し、成膜温度を  $T_s = 400 \sim 550 \text{ }^\circ\text{C}$  の間で変化させた試料の XRD パターンより、窒素無添加の試料では成膜温度の上昇に伴い  $D0_{22}$ -MnGa 構造の各ピーク位置が高角にシフトすることが確認された。また、磁化曲線より成膜温度の上昇に伴い飽和磁化の増加が確認された。次に、成膜温度を  $T_s = 550 \text{ }^\circ\text{C}$  に固定し、窒素流量比を  $(\text{N}_2 / (\text{Ar} + \text{N}_2)) = 0 \sim 5 \%$  の間で変化させた試料の XRD の結果、全ての試料において  $D0_{22}$ -MnGa 構造に起因するピークが明瞭に確認された。また、窒素流量比の増加に伴い  $D0_{22}$ -MnGa 構造の各ピーク位置が低角にシフトすることが確認された。これより  $D0_{22}$ -MnGa 構造の c 軸が増加することが確認され、GID 測定より a 軸は減少することが確認された。以上より、c/a の値は窒素流量比の増加に伴い窒素無添加の試料と比較すると最大で 7% 増加することが得られた。また、窒素を導入していない  $\text{Mn}_{70}\text{Ga}_{30}$  (at.%) 薄膜では  $M_s = 345$  (emu/cc),  $H_c = 4.7$  (kOe)、 $H_k = 6.9$  (T)、窒素を 5% 導入した  $\text{Mn}_{53.8}\text{Ga}_{23}\text{N}_{23.2}$  (at.%) 薄膜では  $M_s = 208$  emu/cc,  $H_c = 4.9$  (kOe)、 $H_k = 4.8$  (T)の結果が得られた。詳細は講演時に報告する。

### 参考文献

- 1) H. Lee, H. Sukegawa, J. Liu, T. Ohkubo, S. Kasai, S. Mitani, K. Hono, *Appl. Phys. Lett.*, 107, 032403 (2015).