

# $L1_0$ -Mn<sub>x</sub>Ga エピタキシャル薄膜の作製と磁気特性

高橋勇圭、手代木元太、嶋敏之、土井正晶  
(東北学院大学大学院工学研究科)

## Fabrication and their magnetic properties of $L1_0$ -Mn<sub>x</sub>Ga epitaxial thin films

Y. Takahashi, G. Teshirogi, T. Shima, M. Doi

(Graduate School of Engineering, Tohoku Gakuin University)

### はじめに

近年では Mn-Ga 合金薄膜は高結晶磁気異方性( $\sim 10^7$  erg/cc)<sup>1)</sup>を示すことから新規永久磁石材料やスピントロニクスデバイスの次世代材料として注目されており、Mn-Ga 合金薄膜の研究が多く行われている。 $L1_0$ 型 Mn-Ga 薄膜は強磁性で比較的高い飽和磁化を示し、高結晶磁気異方性を有するとされているが、バルクにおける  $L1_0$ 型 Mn-Ga (1 対 1) 合金は平衡状態図では存在しない。また、蒸着法を用いて作製された Mn-Ga 合金薄膜の報告も少なく、基板に対して容易軸が垂直に向いた高い垂直磁気異方性を有する薄膜も報告されていない。本研究では超高真空電子ビーム蒸着装置を用いて作製した  $L1_0$ 型 Mn<sub>x</sub>Ga エピタキシャル薄膜の規則度および表面粗さに対する磁気特性の関係を明らかにすることを目的とした。

### 実験方法

薄膜試料は超高真空電子ビーム蒸着装置を用いて作製し、蒸着ソースは到達真空度  $5 \times 10^{-3}$  Pa 以下の状態でアーク溶解法により作製した Mn<sub>1.0</sub>Ga 合金を用いた。到達真空度  $8.9 \times 10^{-7}$  Pa 以下、基板温度  $T_s = 300$  °C、熱処理温度  $T_a = 300 \sim 600$  °C、熱処理時間 3h、成膜速度 Cr は 0.1 (Å/s)、Mn-Ga は 0.3 (Å/s)とした。また膜構成は MgO(100) 基板上にバッファー層として Cr を 5 nm、磁性層として MnGa を 5~100 nm、キャップ層として Cr を 10 nm とした。作製した試料は組成をエネルギー分散型 X 線(EDX)分析装置、結晶構造を X 線回折装置(XRD)、結晶化評価を反射高速(RHEED)、磁気特性を(SQUID)により評価した。

### 実験結果

Fig.1 に薄膜作製時の MgO 基板と Cr バッファー、磁性層の  $L1_0$ -MnGa[100]azimuth をその場観察した RHEED パターンを示す。RHEED パターンではそれぞれのストリーク間隔が下の層に合うように成長しており、 $L1_0$ -MnGa 層では表面再配列構造も観察された。これは原子レベルで平坦な表面が成膜されたエピタキシャルな薄膜であるといえる。Fig.2 に Mn<sub>1.3</sub>Ga 薄膜における X 線回折パターンを示す。X 線回折パターンでは熱処理前、熱処理後のいずれも  $L1_0$ -MnGa の(001)超格子ピークと(002)基本ピークが観察され、高い垂直磁気異方性を有する薄膜が得られた。講演では Mn 組成と膜厚を変化させた薄膜の基板温度や熱処理温度における規則度および表面粗さと磁気特性の関係について報告する。

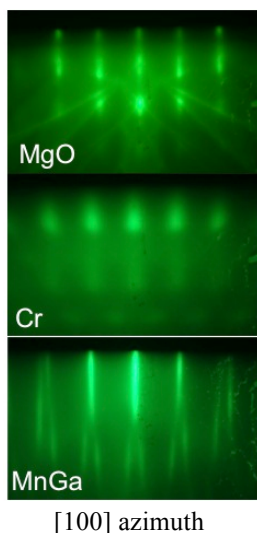


Fig.1 RHEED patterns of  $L1_0$ -Mn-Ga epitaxial

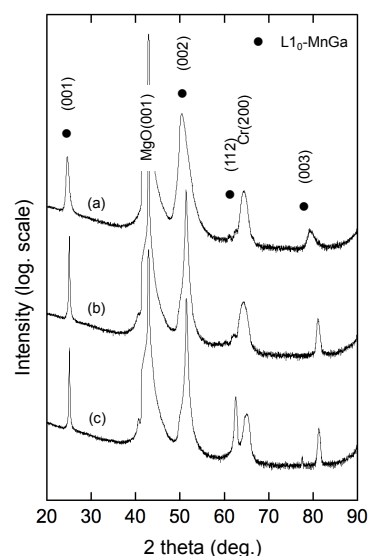


Fig.2 XRD patterns of Mn-Ga thin films  $T_s = 300$  °C,  $T_a =$  (a) Without annealing, (b) 500 °C, (c) 600 °C.

### 参考文献

- 1) S. Mizukami, T. Kubota, F. Wu, X. Zhang, T. Miyazaki, H. Naganuma, M. Oogane, A. Sakuma, and Y. Ando, *Phys. Rev. B* **85**, 014416 (2012).