

Mn_xFe_yGa 薄膜における磁気特性の作製手法依存性

片山靖和、渡邊彩恵、峯田陸、嶋敏之、土井正晶
(東北学院大)

Dependence of fabrication method on magnetic properties of Mn_xFe_yGa thin films

S.Katayama, S.Watanabe, R.Mineta, T.Shima, M.Doï

(Tohoku Gakuin Univ.)

はじめに

Mn-Ga 薄膜はバルク調整可能な飽和磁化($M_s \sim 200-600 \text{ emu/cm}^3$)¹⁾、高い垂直磁気異方性($K_u \sim 10 - 20 \text{ Merg/cm}^3$)¹⁾、高スピン分極率($\sim 88\%$)²⁾を示すことが知られている。そのため、貴金属や希土類元素を含まない新規永久磁石材料やスピエレクトロニクスデバイスの次世代材料としての幅広い可能性を有している。現在、Mn-Ga 薄膜は盛んな研究が行われているが蒸着法を用いた報告はわずかしかない¹⁾³⁾。そのため、当研究室では蒸着法を用いた Mn-Ga 薄膜の研究を行ってきたが、先行研究より膜厚の減少に伴う垂直磁気異方性の減少が報告されている。従って、本研究では Mn-Ga に Fe を添加した Mn_xFe_yGa 薄膜を作製し、組成変化に伴う磁気異方性および諸磁気特性の関係を明らかにし、膜厚を薄くした際の磁気特性の変化を調べることを目的とした。また、蒸着法およびスパッタリング法を用いて試料を作製することにより、作製手法による磁気特性への影響を検討した。

実験方法

試料は超高真空電子ビーム蒸着装置および超高真空マグネトロンスパッタリング装置を用いて作製した。膜構成は MgO (100) sub. / Mn-Fe-Ga / Cr (10 nm) である。主層の Mn-Fe-Ga の膜厚は $t_{\text{Mn-Fe-Ga}} = 1, 2, 3, 5, 10, 20 \text{ nm}$ と変化させた。はじめに、基板処理を 700°C で 30 分間行った後、Mn_xFe_yGa を基板温度 $T_s = 200^\circ\text{C}$ で Mn-Ga と Fe を交互積層させることにより成膜を行った。その後、 $T_a = 300^\circ\text{C}$ で 30 分間熱処理し、キャップ層として Cr を室温で成膜した。作製した試料の組成はエネルギー分散型 X 線回折装置(EDX)、結晶構造は X 線回折装置(XRD)、磁気特性は超伝導量子干渉時束計(SQUID)で評価し、表面荒さは原子間力顕微鏡(AFM)で観察した。また、超高真空電子ビーム蒸着法を用いた試料作製では結晶成長は反射高速電子回折装置(RHEED)によりその場観察を行った。

実験結果

蒸着法を用いて作製した Mn_xFe_yGa 薄膜では全組成の試料において、膜厚の減少に伴い $t_{\text{Mn-Fe-Ga}} = 5 \text{ nm}$ 近傍で面内容易軸から垂直容易軸へと変化し、飽和磁化(M_s)および垂直磁気異方性(K_u)の上昇が確認され、 $x = 0.5$ 、 $y = 2.5$ で最大の飽和磁化 $M_s = 878 \text{ emu/cm}^3$ 、 $x = 1.5$ 、 $y = 1.5$ で非常に大きな垂直磁気異方性 $K_u = 20.1 \text{ (Merg/cm}^3)$ が得られた。XRD パターンより、膜厚の減少に伴う c 軸の格子定数が減少する傾向および RHEED 構造解析により a 軸を算出した結果、膜厚の減少に伴う格子定数の増加が確認された。また、蒸着法とスパッタ法の両手法を用いて作製した Mn_{0.5}Fe_{2.5}Ga において、飽和磁化は作製手法による大きな差は確認されなかった。然しながら、蒸着法を用いた試料においては $t_{\text{Mn-Fe-Ga}} = 1 \text{ nm}$ で垂直磁気異方性の発現が確認されたが、スパッタ法を用いて作製した試料においては全ての膜厚において面内容易軸を示すことが確認された。従って、蒸着法を用いて作製した場合、スパッタ法と比較して面内容易軸から垂直容易軸へと変化しやすいことが考えられる。講演では、磁気特性の膜厚依存性および作製手法依存性について格子歪の観点から考察する。

参考文献

- 1) Y. Takahashi, H. Makuta, T. Shima and M. Doi, T. Magn. Soc. Jpn., 1, 30-33(2017).
- 2) B. Balke, G. H. Fecher, J. Winterik, and C. Felser, Appl. Phys. Lett., 90, 152504 (2007).
- 3) K. Sato, Y. Takahashi, H. Makuta, T. Shima and M. Doi, T. Magn. Soc. Jpn., 2, 48-51 (2018)