

交互積層法により作製した高保磁力を有する $D0_{22}$ - Mn_3Ge 薄膜の磁気特性

○渡部健太¹(院生) 土井正晶² 嶋敏之²
(東北大学大学院工学研究科¹ 東北学院大学大学院工学研究科²)

Magnetic properties of $D0_{22}$ - Mn_3Ge thin films with a high coercivity fabricated by laminated sputtering method

K. Watanabe¹, M. Doi², T. Shima²

(Graduate school of engineering, Tohoku university¹ Graduate school of engineering, Tohoku gakuin university²)

【背景】

現在、省エネルギー、クリーンエネルギーな社会の実現に向けて技術開発がさらに進歩している。そこで、省エネルギーかつ、より高性能な次世代超高密度・大容量・超高速のスピン트로ニクスデバイスの開発が強く要求されている。超高密度化、超高集積化において熱揺らぎによる磁性層の超常磁性化が問題視され、安定して強磁性としての状態を維持するためには 10^7 erg/cm^3 ほどの高い結晶磁気異方性を有する磁性材料が必要となる。そこで、従来の MRAM に用いられている Co-Fe-B ($\sim 10^6 \text{ erg/cm}^3$) に代わり、高い結晶磁気異方性 ($2.3 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$) を有し、なおかつ高いキュリー温度 ($\sim 850 \text{ K}$) を有する $D0_{22}$ - Mn_3Ge が注目されている¹⁾。本研究では、STT-MRAM、垂直磁化膜の次世代材料として注目されている $D0_{22}$ - Mn_3Ge 薄膜を交互積層スパッタ法において人工的に金属積層制御し、薄膜作製を行い、磁気特性を調べることを目的とした。

【実験方法】

本研究において、薄膜試料は、超高真空多元スパッタ装置を用いて MgO(100)単結晶基板上に成膜した。膜構成はバッファ層として Cr を 5 nm、磁性層として $[Mn_xGe]_t$ 多層膜を 100 nm、キャップ層として Cr を 10 nm とした。到達真空度は $7.0 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ 以下の条件下で成膜を行った。積層回数は $t = 1 \sim 30$ 回、Mn 組成比は $x = 2.7 \sim 3.5$ 、基板温度 T_s は $T_s = 400 \sim 500 \text{ }^\circ\text{C}$ 、アニール温度 T_a は $T_a = 475 \sim 550 \text{ }^\circ\text{C}$ まで変化させて成膜を行った。まず、Mn 層と Ge 層の積層順序を変化させた場合の結晶成長を調べるために $D0_{22}$ - Mn_3Ge は組成比が化学量論比より Mn リッチ領域でその結晶構造が安定に得られることから、Mn の組成比を $x = 3.5$ 、 $t = 15$ として $[Mn_{3.5}Ge]_{15}$ を磁性層とした。磁性層である $[Mn_{3.5}Ge]_{15}$ は Mn 原子と Ge 原子を交互に成膜するのを各原子 15 回繰り返して、多層構造を有する $[Mn_{3.5}Ge]_{15}$ 層とした。また、 $[Mn_xGe]_t$ 多層膜における磁気特性の積層回数依存性、Mn 組成比依存性、 $[Mn_xGe]_t$ 多層膜において高配向な単相の $D0_{22}$ - Mn_3Ge 結晶構造と良好な磁気特性を得るために基板温度 T_s 、また磁性層の結晶化を図るためのアニール温度 T_a の最適条件を検討した。成膜後結晶構造は X 線回折法(XRD)、磁気特性は超伝導量子干渉型磁束計(SQUID)を用いて評価した。

【結果】

アニール温度 T_a の最適条件を検討するため $T_a = 475 \sim 550 \text{ }^\circ\text{C}$ まで変化させ結晶構造と磁気特性を評価した。Fig. 1 にはアニール温度 $T_a = 475 \sim 550 \text{ }^\circ\text{C}$ まで変化させ成膜した時の、X 線回折パターンと SQUID による磁化曲線の結果を示す。 $T_a = 500 \text{ }^\circ\text{C}$ において最も単相に近い(001)高配向を示す薄膜が得られ、飽和磁化が $M_s = 119 \text{ emu/cc}$ 、保磁力 $H_c = 11.9 \text{ kOe}$ を示した。講演では、膜構造、飽和磁化、保磁力及び結晶磁気異方性の Mn 組成比依存性について詳しく報告する。

【参考文献】

- 1) Atsushi Sugihara, Shigemi Mizukami, Yuki Yamada, Kazuyuki Koike, and Terunobu Miyazaki : Appl. Phys. Lett., 104, 132404 (2014).

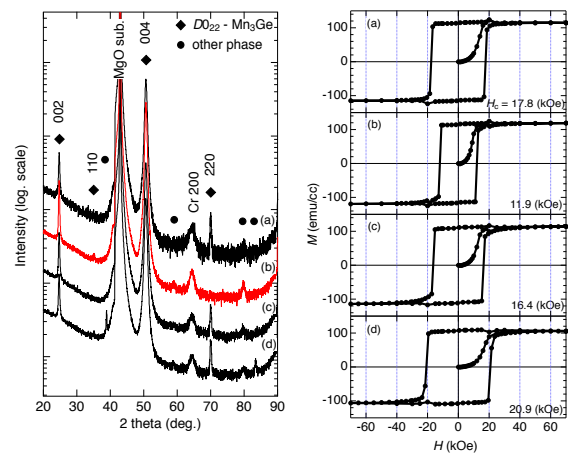


Fig. 1 XRD patterns and M - H curves of Cr (5nm) / $[Mn_{3.5}Ge]_{15}$ (100nm) / Cr (10nm) $T_s = 450 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_a =$ (a) $475 \text{ }^\circ\text{C}$, (b) $500 \text{ }^\circ\text{C}$ (c) $525 \text{ }^\circ\text{C}$, (d) $550 \text{ }^\circ\text{C}$ for 60 min.