

## 垂直磁化 $\text{Mn}_{3+x}\text{Ge}$ 合金薄膜の構造と磁気特性

### $\text{Mn}_{3+x}\text{Ge}$ alloys thin films with perpendicular magnetic anisotropy

東北大 WPI-AIMR <sup>○</sup>水上成美, 窪田崇秀, 今藤由喜雄, 宮崎照宣

WPI-AIMR, Tohoku Univ., <sup>○</sup>S. Mizukami, T. Kubota, Y. Kondo, and T. Miyazaki

E-mail: mizukami@wpi-aimr.tohoku.ac.jp

ギガビット級のスピン注入磁気抵抗メモリが大きな関心を集めているが、その実現にはトンネル磁気抵抗素子の電極に用いる垂直磁化膜材料の開発が大きな課題である。垂直磁化電極はスピン注入反転電流を低減しかつ大きな熱安定性を確保できるメリットがあるが、従来材料ではダンピング定数  $\alpha$  が大きい傾向があり、高垂直磁気異方性と低ダンピングを兼備した新しい垂直磁化材料の開発が重要となる。これまで我々は高垂直磁気異方性を示す正方晶の  $\text{D0}_{22}$  ないし  $\text{L1}_0\text{-Mn}_x\text{Ga}_{1-x}$  合金でダンピング定数  $\alpha$  が比較的小さいことを見出しているとともに、 $\text{C38}$  構造を有する  $\text{MnAlGe}$  合金の研究をも進めている [1]。

本研究では、高スピン分極率と高垂直磁気異方性を示す Mn 基軽金属垂直磁化薄膜材料を探索する目的で、 $\text{D0}_{22}\text{-Mn}_{3+x}\text{Ge}$  (Fig. 1) についてエピタキシャル薄膜の作製および磁気特性の評価を行った。試料作製には超高真空マグネトロンスパッタを用い、磁化測定には振動試料型磁力計、構造解析には薄膜 X 線回折を用いた。Fig. 2 に  $\text{MgO}$  単結晶基板上に  $600^\circ\text{C}$  で製膜した約  $100\text{ nm}$  の厚みの  $\text{Mn}_{77}\text{Ge}_{23}$  薄膜における磁化曲線を示す。明瞭な垂直磁化を示しているが、保磁力が約  $2\text{ T}$  程度と非常に大きいためマイナーループになっている。構造解析の結果、この薄膜試料は  $c$  軸が膜面直方向に平行な  $\text{D0}_{22}$  構造を有し、格子定数は  $a=0.381\text{ nm}$ ,  $c=0.592\text{ nm}$  であった。当日は、構造と磁気特性の組成や成膜温度依存性、ならびに電子状態に関する知見についても報告する予定である [2]。

【謝辞】本研究は、科研費補助金、NEDO ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発（再委託）、および文科省 WPI プログラムの支援を受けている。

[1] S. Mizukami et al., Phys. Rev. Lett., **106**, 117201 (2011); Phys. Rev. B **85**, 014416 (2012); submitted, (2013).

[2] 加藤ら (特願 2012-208293, 2012 年 9 月 21 日出願).

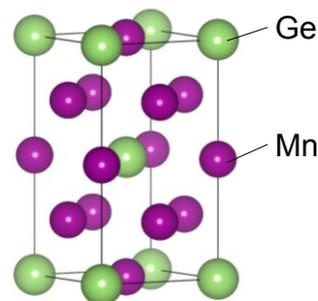


Fig. 1 Schematic of  $\text{D0}_{22}$  crystal structure of  $\text{Mn}_3\text{Ge}$  alloy.

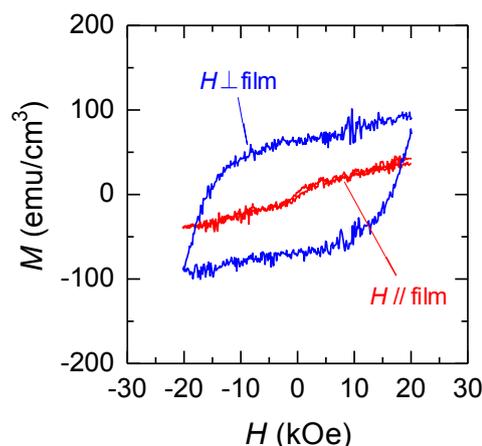


Fig. 2 Magnetization curves for the epitaxial  $\text{D0}_{22}\text{-Mn-Ge}$  films deposited on  $\text{MgO}$  substrate at  $600^\circ\text{C}$ .