

(001)配向 Cu_2Sb 型 MnAlGe 多結晶薄膜の磁気特性

窪田崇秀^{1,2}, 小田洋平³, 伊藤啓太^{1,2}, 梅津理恵^{1,2}, 孫銘嶺¹, 水口将輝^{1,2,4}, 高梨弘毅^{1,2}

(1 東北大金研、2 東北大 CSRN、3 福島高専、4 JST-CREST)

Magnetic Properties of poly-crystalline Cu_2Sb -type MnAlGe films with a (001)-texture

Takahide Kubota^{1,2}, Yohei Kota³, Keita Ito^{1,2}, Rie Y Umetsu^{1,2}, Mingling Sun¹,

Masaki Mizuguchi^{1,2,4}, and Koki Takanashi^{1,2}

(1 IMR, Tohoku Univ., 2 CSRN, Tohoku Univ., 3 NIT Fukushima college, 4 JST-CREST)

はじめに

低飽和磁化を示す垂直磁化薄膜は、スピン移行トルク書込み型の磁気ランダムアクセスメモリの磁化反転層として低反転電流密度化のために重要である。これまでに、 D_{022} 型の Mn_3Ga ^{1,2)}、 Mn_3Ge ³⁾や L_{10} 型の MnGa ²⁾、 MnAl ⁴⁾といった材料が注目されてきたが、それらは面心正方晶系の結晶構造であり、最密安定結晶面が(001)面以外であるために、(001)配向の MgO 障壁層を用いる磁気トンネル接合と組み合わせるためにはエピタキシャル成長した下地を用いる等のプロセス上の制約があった。 Cu_2Sb 型の MnAlGe は 300 emu/cm^3 程度と比較的低い飽和磁化を示し、エピタキシャル薄膜で $5 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$ 程度の垂直磁気異方性エネルギーと 0.03 程度の比較的小さなギルバート磁気緩和定数を示すことが報告されている材料である^{5,6)}。 MnAlGe の K_u は他の Mn 系垂直磁化材料に及ばない一方で、 Cu_2Sb 型材料系は無配向基板上に(001)配向で作製できるという利点がある⁷⁾。しかしながら、多結晶 MnAlGe 薄膜の定量的な磁気特性を報告した先行研究は無いことから本研究では多結晶 MnAlGe 薄膜の結晶構造並びに磁気特性を定量的に明らかにすることを目的とした。

実験方法

試料は超高真空マグネトロンスパッタ装置を用い、熱酸化膜付きのシリコン基板上に作製した。積層構造は、基板 | Mn-Al-Ge 100 nm | MgO 2 nm | Ta 3 nm とした。 Mn-Al-Ge 層は Mn-Al ターゲットと Ge ターゲットからの同時放電により作製し、薄膜組成は $\text{Mn}_{1.08}\text{Al}_{0.90}\text{Ge}_{1.02}$ である。成膜温度は全層室温とした。 MgO | Ta の保護層成膜後にスパッタ装置から取り出し、真空熱処理炉で $300 - 500^\circ\text{C}$ で熱処理を行った。試料の結晶構造と磁化曲線をそれぞれ室温にて X 線回折 (XRD) 装置と振動試料型磁力計を用いて測定した。

実験結果

XRD 測定の結果、熱処理後の試料は全て(001)配向を示すことを確認した。また、磁化曲線の測定により、熱処理後のすべての試料が垂直磁化となることを確認した。飽和磁化と薄膜膜面垂直方向並びに面内方向の磁化曲線の面積差より求めた K_u は、熱処理温度 500°C の試料でそれぞれ最大値の 270 emu/cm^3 , $4.4 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$ となった。いずれの値もエピタキシャル薄膜の報告⁵⁾に近く、多結晶膜においても良好な垂直磁化膜が得られることが明らかになった。講演では Ge 組成依存性の実験結果も合わせて報告する。

謝辞

本研究は(公財)村田学術振興財団の支援を受けて行われた。また、東北大金研の成田一生技術職員の技術支援に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) F. Wu *et al.*, Appl. Phys. Lett. **94**, 122503 (2009).
- 2) S. Mizukami *et al.*, Phys. Rev. Lett. **106**, 117201 (2011).
- 3) S. Mizukami *et al.*, Appl. Phys. Express **6**, 123002 (2013).
- 4) M. Hosoda *et al.*, J. Appl. Phys. **111**, 07A324 (2012).
- 5) S. Mizukami, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 142405 (2013), Y. Kato *et al.*, US Patent 8,520,433 B1 (2013), 加藤他, 特許 第 5499264 号 (2014).
- 6) S. Mizukami *et al.*, J. Appl. Phys. **120**, 142102 (2016).
- 7) R. Sherwood *et al.*, J. Appl. Phys. **42**, 1704 (1971), D. Bacon *et al.*, US Patent: 3,676,867 (1972).