

# イオン照射した MnGa 膜の磁気特性の温度依存性

大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡  
(名大)

Temperature dependence of magnetic properties of ion-irradiated MnGa films

D. Oshima, T. Kato, S. Iwata  
(Nagoya Univ.)

## はじめに

我々はこれまでに MnGa 膜を用いたイオン照射型のビットパターン媒体の作製に取り組んできた<sup>1)</sup>. これは, 少量の Kr イオンを L1<sub>0</sub>-MnGa 膜へ照射することで, 不規則相である A1-MnGa 膜へと遷移させ, 非磁性化することを利用して作製したものである. しかしながら, イオン照射による MnGa の磁性遷移過程については十分理解されていない. そこで本研究では, イオン照射された MnGa 膜の磁気特性の温度依存性を測定することにより, 強磁性 MnGa 相の活性化体積などを推定したので報告する.

## 実験方法

RF マグネトロンスパッタ法により単結晶 MgO (001) 基板上に Cr (2 nm) / MnGa (15 nm) / Cr (20 nm) / MgO(001) の膜構成で成膜した. Cr 層は基板温度 400 °C で成膜し, 600 °C で 60 min のポストアニールを行った. MnGa 層は基板温度 300 °C で成膜し, 400 °C で 60 min のポストアニールを行った. イオン注入装置を用い, 作製した MnGa 膜に 30 keV の Kr イオンを  $5 \times 10^{12} \sim 2 \times 10^{14}$  ions/cm<sup>2</sup> の範囲で照射した. 磁気特性の温度依存性は物理特性測定装置 (PPMS) を用いて調べた.

## 実験結果

イオン照射前の MnGa 膜の飽和磁化  $M_s$  は室温で 650 emu/cc であった. Fig. 1 にイオン照射前および照射後の MnGa 膜の保磁力  $H_c$  の温度依存性を示す. イオン照射前の MnGa の  $H_c$  は 300 K で 1.5 kOe であったが, 50 K では 1.9 kOe と若干大きくなった. 一方, 照射量が  $2 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> の MnGa 膜では, 300 K の  $H_c$  が 2.7 kOe であるのに対し, 50 K では 12 kOe と 4.4 倍に増加した.  $2 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> 照射後の MnGa 膜の 300 K と 50 K における  $M_s$  はそれぞれ, 170 emu/cc, 210 emu/cc であった. また, トルク曲線から見積もった 300 K と 50 K における垂直磁気異方性定数  $K_u$  はそれぞれ, 3.2, 6.5 Merg/cc となった. 300 K と 50 K の  $M_s$  および  $K_u$  を比較すると, 一軸異方性の材料における  $K_u \propto M_s^3$  の関係<sup>2)</sup>を示している. 一方,  $2 K_u / M_s$  から算出した異方性磁界  $H_k$  は 300 K, 50 K でそれぞれ 38 kOe, 62 kOe となる. つまり, Fig. 1 で示した  $2 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> 照射後の MnGa 膜の低温での保磁力増加は  $H_k$  の増加だけでは説明できないことが分かった. 次に, イオン照射された MnGa 膜中では, 非磁性化された A1-MnGa マトリクス中に強磁性の L1<sub>0</sub>-MnGa が分散したような構造をとっていると考え, Sharrock の式<sup>3)</sup>を用いて  $H_c$  の温度依存性のフィッティングを行い, 活性化体積を見積もった. Fig. 1 の実線は, Sharrock の式において試行周波数  $f_0 = 10^9$  Hz, 観測時間  $t = 100$  sec, 指数  $n = 0.5$ ,  $K_u \sim 10^7$  erg/cc, 活性化体積  $V = 200$  nm<sup>3</sup> とした結果である. イオン照射された MnGa 膜は膜厚方向に均一な構造を有すると仮定すると, 活性化体積  $V = 200$  nm<sup>3</sup> は,  $(3.7 \text{ nm})^2 \times 15 \text{ nm}$  に相当する. 照射量  $2 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> は  $(2.2 \text{ nm})^2$  の面積にイオンが 1 つ照射されると計算されるが, これと活性化体積から見積もられる面積が同程度となることが分かった.

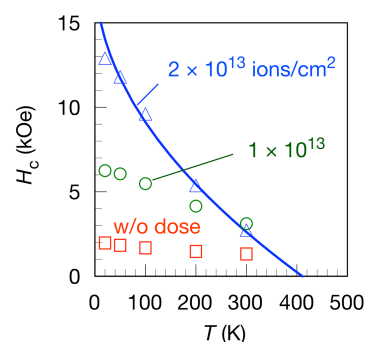


Fig. 1 Temperature dependence of coercivity  $H_c$  of MnGa films before and after the ion doses of  $1 \times 10^{13}$  and  $2 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup>. The solid line represents the fitted curve by Sharrock's equation<sup>3)</sup>.

## 参考文献

- 1) D. Oshima et al., *IEEE Trans. Magn.*, **49**, 3608 (2013).
- 2) H. B. Callen et al., *J. Phys. Chem. Solids*, **27**, 1271 (1966).
- 3) M. P. Sharrock, *J. Appl. Phys.*, **76**, 6413 (1994).