

Ga 組成の異なる $\text{Fe}_{100-x}\text{Ga}_x$ 膜における磁気特性の膜厚依存性

川辺 泰之、宮崎 孝道、遠藤 恭 (東北大学)

Thickness Dependence of Magnetic Properties for $\text{Fe}_{100-x}\text{Ga}_x$ Films with Various Ga Compositions (x)

Yasuyuki Kawabe, Takamichi Miyazaki, Yasushi Endo (Tohoku Univ.)

はじめに 巨大磁気ひずみを有する Fe-Ga 膜は、高速・小型・エネルギー高効率な高周波デバイスへの応用に向けて¹⁾、構造や磁気および電気特性に関する検討が行われている。我々のグループも含めて、これまでの研究では、Ga 組成 20 at.% 近傍の Fe-Ga 膜における磁気特性の膜厚による変化^{2,3)}や、特定の膜厚での高周波磁気特性の Ga 組成による変化⁴⁾について検討されてきた。本研究では、Ga 組成の異なる Fe-Ga 膜における静的および高周波磁気特性の膜厚による変化について検討した。

実験方法 5 ~ 100 nm 厚の $\text{Fe}_{100-x}\text{Ga}_x$ (Fe-Ga) 膜はガラス基板上に DC マグネトロンスパッタリングを用いて製膜した。なお、膜の酸化を防ぐために 5 nm 厚の Cr 層を試料表面に積層した。作製した膜の組成 ($x = 18.5, 24.9, 33.4$) に関しては、EDX を用いて評価した。作製した膜の構造に関しては、TEM、XRD を用いた一方、磁気特性に関しては、VSM、光てこ法を用いた高感度薄膜磁歪装置 ((株) 東栄科学産業製)、ブロードバンド FMR (B-FMR) 測定法を用いて評価した。

結果および考察 $\text{Fe}_{100-x}\text{Ga}_x$ 膜における結晶構造は、Ga 組成および膜厚によらず bcc 多結晶であった (図 1)。このような構造を有する $\text{Fe}_{100-x}\text{Ga}_x$ 膜の飽和磁気ひずみ (λ_s) と面内有効ダンピング定数 ($\alpha_{||}$) を評価した。それらの結果を図 2 に示す。 λ_s に関しては、いずれの Ga 組成においても膜厚の増加とともに増加し、 $t = 30$ nm にて極大をとり、さらに膜厚が増加すると緩やかに減少した。 λ_s の値は、Fe-Ga バルク合金⁵⁾や Fe-Ga 多結晶膜⁶⁾と比較して低くなった。この原因は、膜の結晶方位が主に $[111]$ 方向を向いていることと、膜の結晶粒径が小さく微結晶状態となっていることによるものと考えられる。一方、 $\alpha_{||}$ に関しては、いずれの Ga 組成においても膜厚の増加とともにほぼ一定となり、 $t = 50$ nm にて極大をとり、さらに膜厚が増加すると減少した。また、いずれの $\alpha_{||}$ の値も、低磁気ひずみを有する $\text{Ni}_{78}\text{Fe}_{22}$ 膜の結果と比べるとおよそ 4–7 倍ほど高くなった。この原因は、2-マグノン散乱や異方性分散といった磁氣的不均一性によるものと考えられる。

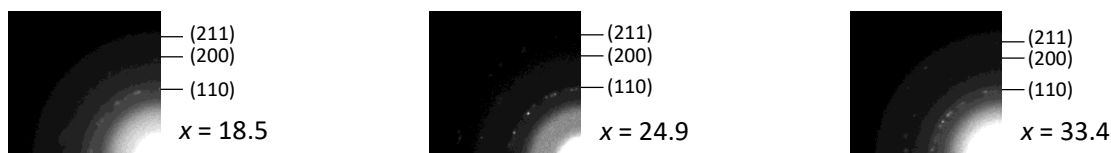


Fig. 1. Selected-area diffraction (SAD) patterns of 10-nm-thick $\text{Fe}_{100-x}\text{Ga}_x$ films ($x = 18.5, 24.9$, and 33.4).

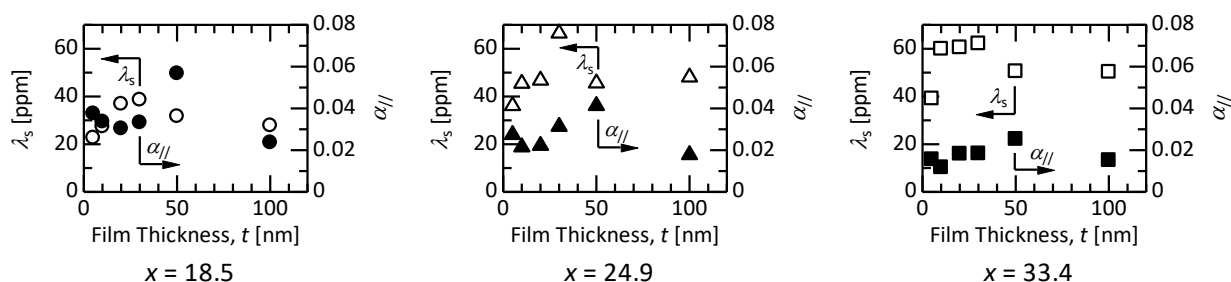


Fig. 2. Thickness dependence of the saturation magnetostriction (λ_s) and the in-plane effective damping constant ($\alpha_{||}$) for $\text{Fe}_{100-x}\text{Ga}_x$ films ($x = 18.5, 24.9$, and 33.4).

謝辞 本研究の一部は、東北大学先端スピントロニクス研究開発センター、東北大学スピントロニクス学術連携研究教育センター、東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター、および情報ストレージ研究推進機構 (ASRC) の支援のもとで行われた。また、本研究の一部は、科研費基盤研究 (B) (No. 17H03226) の支援のもとで行われた。

参考文献 1) B. K. Kuanr *et al.*, J. Appl. Phys., 115, 17C112 (2014)., 2) A. Javed *et al.*, J. Appl. Phys., 107, 09A944 (2010)., 3) Y. Endo *et al.*, IEEE Trans. Magn., 53, 11, 2502305 (2017)., 4) Y. Kawabe *et al.*, T. Magn. Soc. Jpn., 3, 34 (2019)., 5) A. E. Clark *et al.*, IEEE Trans. Magn., 36, 3238 (2000)., 6) N. A. Morley *et al.*, J. Appl. Phys., 105, 07A912 (2009).