FMR を用いたナノ結晶 YIG 薄膜の損失定数観測

FMR Study of Gilbert Damping Constant in Nanocrystalline YIG Thin Films

◦小木曽一磨 [1], 山田啓介 [1], 塩田陽一 [2], 森山貴広 [2], 小野輝男 [2], 嶋睦宏 [1]
岐阜大院自 [1], 京大化研 [2]
◦K. Kogiso[1], K. Yamada[1], Y. Shiota[2], T. Moriyama[2], T. Ono[2], M. Shima[1]
Gifu Univ.[1], Kyoto Univ.[2]

【緒言】磁性絶縁体であるイットリウム鉄ガーネット($Y_3Fe_5O_{12}$: YIG)は、損失定数αが小さく (単結晶 YIG : $\alpha \sim 10^{-3}$-10^{-5}, 多結晶 YIG: $\alpha \sim 10^{-2}$)[1,2]、マグノンスピン流の伝搬距離が長いことから、スピンポンピングやスピンゼーベック効果を用いたスピントロニクスデバイスへの応用が期待されている[3]。本研究では、共沈法を用いて化学的に合成した YIG ナノ粒子をスピンコート法により Si 基板上に分散させてナノ結晶 YIG 薄膜を作製し、その損失定数を強磁性共鳴(FMR)法を用いた測定により調べた。

【実験方法】共沈法では、Fe^{3+}, Y^{3+}の各硝酸塩水溶液を目的の組成(Fe^{3+}:Y^{3+}=5:3）と同じ比率で混合し、アンモニア水溶液を用いて pH 9.5 を保持しながら沈殿物を合成した[4]。遠心分離により分離した沈殿物をエタノールに拡散させ、スピンコートを用いて Si 基板上に塗布した。これらの試料を大気中で、温度 1048 K～1223 K で 1 時間アニールを行い、薄膜試料を作製した。試料の構造及び磁気特性については XRD, VSM, SEM, SPM, FMR 測定を用いて調べた。

【結果と考察】XRD により結晶構造を調べたところ、YIG 結晶由来のピークが観測された。シェラー式を用いて結晶子径を求めたところ、アニール温度が上昇するにつれて、結晶子径は 15.3 nm から 18.8 nm に増加した。図 1 に示す SEM による表面観察結果から YIG ナノ粒子は、緻密に形態し、薄膜が形成されていることがわかった。また SEM 観察から求めた YIG 粒子の平均粒子径は、アニール温度が上昇するにつれ、57.5 nm から 77.3 nm と増加した。この結果より、YIG ナノ粒子の大きさはアニール温度により増加していることがわかった。図 2 は、平均粒子径に対する損失定数依存性を示した結果である。平均粒子径が増加するにつれて損失定数が増加していることがわかった。この理由は、YIG 粒子はアニール温度の上昇によって粒径が増大するため[5]、粒子内の粒界の増加や粒子間の磁化の相互作用が増加し、ナノ粒子内の磁化の歳差運動が妨げられることで、損失定数が大きくなったと考えられる。

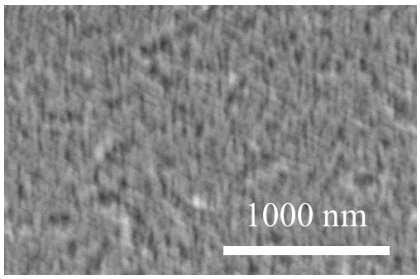

Fig.1 Surface image of YIG thin film by SEM.

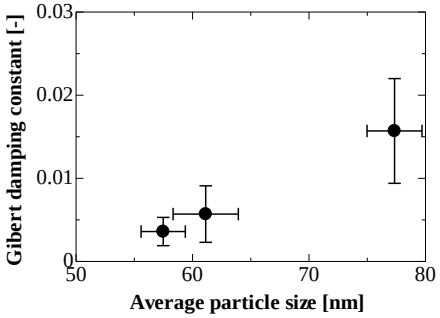

Fig.2 Gilbert damping constant as a function of average nanoparticle size.

[参考文献]
[1] Y. Sun, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **101**, 152405, 2012.
[2] F. Xue, et al., *J. Magn. Magn. Mater.*, **446**, 118-124, 2017.
[3] Y. Shiomi, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **104**, 242406, 2014.
[4] B. Huang, et al., *J. Alloys Compd.* **558**, 56-61, 2013.
[5] T. Kim, et al., *J. Nanoparticle Research*, **9**, 737-743, 2007.

© 2018年 応用物理学会