スパッタリング法を用いて作製したマグネタイト薄膜における スピンペルチェ効果のプロセスガス種依存性

Process gas dependence of spin Peltier effect in magnetite thin films prepared by reactive sputtering

筑波大物工[1], 物材機構(NIMS)[2]
○伊藤 拓真[1], 三浦 飛鳥[2], 内田 健一[2], 柳原英人[1]
Department of Applied Physics, University of Tsukuba[1], NIMS[2]
T. Itoh[1], A. Miura[2], K. Uchida[2] and H. Yanagihara[1]
E-mail: italy.truth.s12@gmail.com

はじめに

スパッタリング法は、多種多様な材料を高速に成膜できる物理的堆積法であり、産業上重要なプロセスである。プロセスガスとしては一般的に、希ガスの中で存在量が多く、安価に入手できる Ar が使用される。これに対して、Ar より原子量が大きい不活性ガスを用いると、ターゲットでのガスイオンの反跳が減少し、膜へのダメージが抑えられることが期待される[1]。本研究ではプロセスガスとともに反応性ガスを導入して化合物を作製する手法である反応性スパッタリング法を採用し、プロセスガスとして Kr、反応性ガスとして O_2を用いてマグネタイト薄膜を作製した。そしてマグネタイト薄膜のスピンペルチェ効果を観測し、その温度変化強度を、Ar を用いて作製した試料と比較して、スピンペルチェ効果のプロセスガス種依存性を調査した。

実験方法

マグネタイト薄膜は反応性マグネトロンスパッタリング法により作製した。成膜温度は 350℃とし、基板として MgO(001)、ターゲットとして Fe、反応性ガスとして O_2、プロセスガスとして Kr、Ar を用いた。O_2流量は、良質な Bulk のマグネタイトで報告されている抵抗率の急峻な変化(Verwey 転移)が観測され、飽和磁化が最も Bulk に近くなるよう調整した。作製した薄膜に対し、XRR による膜厚評価、XRD による結晶性評価、AFM による平坦性評価、VSM による磁化評価、ロックインサーモグラフィー法によるスピンペルチェ効果測定[2]を行った。

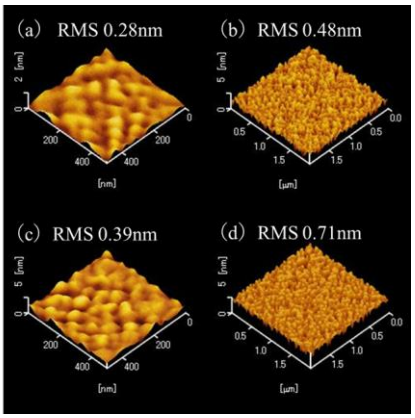

Fig.1 AFM image for the Fe_3O_4 samples grown under the gas conditions of (a) Ar 5sccm O_2 0.6sccm 500×500nm^2, (b) Ar 5sccm O_2 0.6sccm 2×2 μm^2, (c) Kr 4sccm O_2 0.5sccm 500×500nm^2 and (d) Kr 4sccm O_2 0.5sccm 2×2 μm^2

実験結果

Fig.1 に Kr、Ar を用いて作製したマグネタイト薄膜の AFM 測定結果を示す。XRD、VSM による結晶性評価と磁気特性評価の結果、プロセスガスに Kr、Ar どちらを用いても有意な差は生じなかった。一方 AFM による表面粗さ測定の結果、Kr を用いたマグネタイト膜粗さは RMS 値として Ar の約 3/2 の値が得られた。そしてロックインサーモグラフィー法によるスピンペルチェ効果測定の結果、その温度変化の強度は Kr を用いたマグネタイト薄膜の方が Ar を用いるより有意に大きいことが確認された。講演ではこの起源について考察する。

---

[1] M. Kon, et al. Crystallinity of Gallium-Doped Zinc Oxide Films Deposited by DC Magnetron Sputtering Using Ar, Ne or Kr Gas. J.Appl. Phys. 41, 6174 (2002)

[2] Daimon, S. et al. Thermal imaging of spin Peltier effect. Nat. Commun. 7, 13754 (2016).

© 2020年 応用物理学会