

磁気表面プラズモン効果用 Mn-Zn-Fe-O 薄膜の熱処理過程の解析

黒岩海斗, 芦澤好人, 中川活二
(日本大学)

Analyses of annealing process of Mn-Zn-Fe-O thin films for magneto-plasmonic effect

Kaito Kuroiwa, Yoshito Ashizawa, and Katsuji Nakagawa
(Nihon Univ.)

はじめに

表面プラズモンの励起状態が外部磁界によって変化する磁気表面プラズモン効果¹⁾が確認されている。誘電性磁性体を用いる検討として、これまで酸化物磁性体であるフェライト $M\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($M = \text{Ni}, \text{Co}, \text{Zn}$) 薄膜を用いた $\text{Au}/M\text{Fe}_2\text{O}_4$ 二層薄膜構造で磁気表面プラズモン効果が報告されている²⁾。弱磁界における大きな磁気表面プラズモン効果を実現するため、軟磁気特性に優れる酸化物強磁性体である Mn-Zn フェライト薄膜に着目した。良質な薄膜を作製する手法として Mn-Zn-Fe-O スパッタ薄膜に焼成を行ったが、その時の熱処理過程の各条件のわずかな変化により大きく異なる結晶配向の薄膜が作製された。そこで本研究では、より良質な薄膜作製のため熱処理過程の各条件で作製された薄膜の評価を行い、膜中の結晶状態遷移の解析を目的とする。

実験方法

試料は、RF マグネトロンスパッタリング法により SiO_2 基板上に成膜後に高真空赤外線ランプ加熱装置を用いて熱処理を施した。ターゲットには、 $\text{Mn}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ を用いた。Mn-Zn-Fe-O 薄膜は、一旦チャンバを 2.6×10^{-3} Pa 以下まで排気後、スパッタ時 Ar ガス圧 0.4 Pa、投入電力 100 W の条件で、膜厚 50 nm 程度を成膜した。

熱処理過程を Fig. 1 に示す。大気中において 300°C で焼成後、一旦真空中に引いた後、窒素を流入してから窒素中において 1100°C で焼成を行った。 1100°C 時の焼成時間 20 min 及び昇温時間 30 s を固定し、大気中焼成時間、真空引き時間、窒素流入時間を変化させた。作製された薄膜の結晶構造は X 線回折 (X-Ray Diffraction : XRD) 法を用いて評価し、磁気特性は振動試料型磁力計 (VSM) を用いて行った。

実験結果

窒素流入時間 t_N を 2 min および 10 min として焼成した薄膜の XRD プロファイルを図 2 に示す。 $t_N = 2$ min では Mn-Zn フェライト結晶粒の (3 1 1), (4 0 0), (3 3 3) 面からの回折線が観測された。一方、 $t_N = 10$ min では Mn-Zn フェライトの (4 0 0) 面に起因すると考えられる強い回折線が観測された。一方、Mn-Zn フェライト結晶では観測されない 41° 付近にも回折線が観測されている。そこで配向の変化や他の生成物を解析するために、各熱処理過程 (Fig. 1 中の 1~5) における構造解析を行った。Fig. 3 には $t_N = 2$ min において熱処理過程の各条件における XRD プロファイルを示す。 300°C の熱処理過程 1~3 では回折線が観測されなかったが、 1100°C の熱処理過程 4, 5 において Mn-Zn フェライト相からの回折線が観測された。以上より、形成する相や配向面が、結晶化温度以下での焼成条件により制御可能なことが示唆された。

参考文献

- 1) J. B. González-Díaz et al., *Phys. Rev. B*, **76**, 153402 (2007).
- 2) K. Narushima et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **55**, 07MC05 (2016).

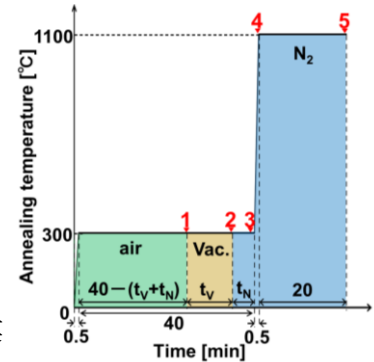


Fig. 1 Annealing process

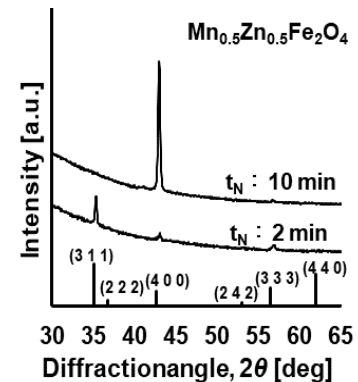


Fig. 2 XRD profiles for Mn-Zn-Fe-O thin films with different annealing time t_N , in N_2 atmosphere at 300°C .

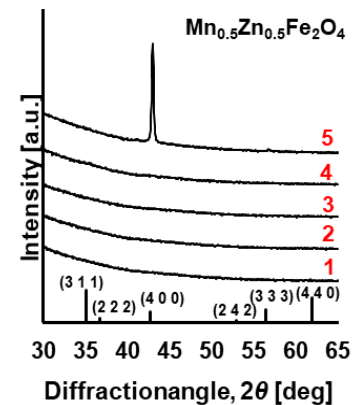


Fig. 3 XRD profiles for Mn-Zn-Fe-O thin films annealed at various conditions of the annealing process.