

C-11

磁気表面プラズモン効果用 Mn-Zn フェライト相形成に及ぼす熱処理条件の影響

Influences of Annealing Conditions on Formation of Mn-Zn Ferrite Phase for Magneto-plasmonic Effect

○石橋佳大¹, 黒岩海斗², 芦澤好人³, 中川活二³*Keita Ishibashi¹, Kaito Kuroiwa², Yoshito Ashizawa³, Katsuji Nakagawa³

In order to observe a magneto-plasmonic effect for a highly-sensitive magnetic sensor device, it is necessary to prepare a two-layer film structure with a soft magnetic insulating layer and a good plasmonic metal layer. In this study, annealing conditions for formation of a spinel-typed Mn-Zn ferrite phase were investigated. The (111)-oriented Mn-Zn ferrite films are grown on a quartz substrate by combinational annealing of two temperature of 300 and 1100 °C.

1. 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、軟磁気特性に優れた酸化物強磁性体である Mn-Zn フェライト薄膜に着目し、これまでに、スパッタ時のガス種や熱処理雰囲気が Mn-Zn フェライト相の形成に関わっていることを示してきた^[3,4]。本研究では、より良質な Mn-Zn フェライト薄膜作製のため、焼成時の各雰囲気の影響の解析を目的とした。

2. 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石英基板上に成膜した後、高真空赤外線ランプ加熱装置を用いて熱処理を行うことで作製した Mn-Zn-Fe-O 薄膜は、 $\text{Mn}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 焼結ターゲットを用い、到達真空度 4.0×10^{-3} Pa 以下まで排気後、Ar ガス圧 0.57 Pa, 投入電力 80 W の条件で、膜厚 50 nm を成膜した。

焼成過程では、前焼成を 300 °C において、大気雰囲気 20 min, 真空 20 min, そして窒素雰囲気 20 min において連続して行った後、窒素雰囲気下で昇温時間 30 s で 1100 °C まで昇温し、20 min 本焼成を行った。300 °C での各雰囲気での焼成時間を変化させた。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。

3. 実験結果

前焼成温度 300 °C における大気雰囲気中前焼成時間 t_{Air} を変化して作製した薄膜の XRD プロファイルを Figure 1 に示す。いずれの焼成時間においても、Mn-Zn フェライト結晶粒の (1 1 1), (2 2 2), (3 3 3) 面からの回折線が観測され、Mn-Zn フェライトが (111) 面優先配向していることが明らかになった。 t_{Air} の変化により回折線強度に大きな変化は観測されなかった。

t_{Air} を変化して作製した薄膜の磁気特性を Figure 2 に示す。 t_{Air} の変化にかかわらず保磁力 H_c は 5 ~ 6.2 kA/m と結果となった。また Mn-Zn フェライトの飽和磁化のバルク値が 280 kA/m に対して各薄膜の飽和磁化が 200 kA/m と低い値となった。

これらの結果から、 t_{Air} は Mn-Zn フェライト相の形成に影響が小さいことが明らかになった。

謝辞 本研究の一部は公益財団法人 JKA の補助金を受けた

参考文献

- [1] J. B. González-Díaz et al.: Phys. Rev. B, Vol.76, No.15, pp.153402-1-153402-4, 2007.
 [2] K. Narushima et al.: Jpn. J. Appl. Phys., Vol.55, No.7S3, pp.07MC05-1-07MC05-4, 2016.
 [3] 黒岩海斗 他: 第 63 回日本大学理工学部学術講演会, M-11, 2019.
 [4] 黒岩海斗 他: 第 44 回日本磁気学会学術講演会, 15aD-7, 2020.

1 : 日大理工・学部・電子, 2 : 日大理工・院(前)・電子, 3 : 日大理工・教員・電子

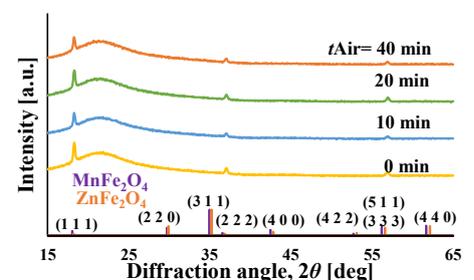


Figure 1. XRD profiles for Mn-Zn-Fe-O films as a function of pre-annealing time t_{air} .

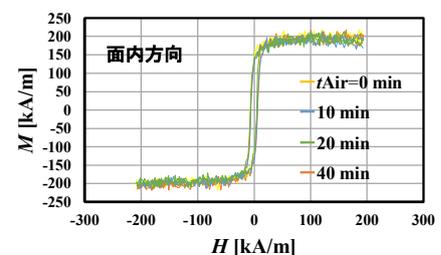


Figure 2. Magnetic properties for Mn-Zn-Fe-O films as a function of pre-annealing time t_{air} .