

磁気表面プラズモン効果における Ag/Gd-Fe/Ag 三層薄膜の Gd-Fe 膜厚最適化 Optimization of Gd-Fe Thickness of Ag/Gd-Fe/Ag Tri-layer Thin Films for Magneto-plasmonic Effect

○寺内大貴¹, 芦澤好人², 中川活二²

*Daiki Terauchi, Yoshito Ashizawa, Katsuji Nakagawa

A magneto-plasmonic (MP) effect, which is a phenomenon that conditions of exciting surface plasmon polaritons are modulated by an external magnetic field, has attracted much attention. In order to apply this effect to a highly sensitive magnetic sensor, large magneto-optical effects and good soft magnetic characteristics are required. Therefore, we investigated the MP effect in Ag/Gd-Fe/Ag tri-layer thin films. The MP effect was confirmed within a magnetic field of several kA/m. In this study, we focused on the film thickness dependence of the Gd-Fe magnetic layer for further improvement of the MP effect.

1. はじめに

プラズモン励起材料と磁性材料を組み合わせた試料において磁気表面プラズモン効果^[1]が報告されており, 我々は Gd-Fe 薄膜を用いた多層薄膜構造において数 kA/m での本効果を報告している^[2]. 多層薄膜構造は表面プラズモンに起因するパラメータが多く各膜厚に依存するため, これまで磁氣的応答を考慮し磁性層厚を 10 nm 固定で薄膜構成の最適化を検討してきた. しかし, 希土類-遷移金属非晶質薄膜では界面に非磁性層が形成されている報告^[3]があることから, 表面プラズモンの特性と磁気特性の両立に向け磁性層膜厚に着目した. 本講演では磁気表面プラズモン効果向上に向けた Ag/Gd-Fe/Ag 三層薄膜の Gd-Fe 薄膜の最適な膜厚の検討を行った.

2. 表面プラズモンの Gd-Fe 膜厚依存性

Gd-Fe 膜厚を厚くすることで, 良好な磁気特性が得られること, Gd-Fe 層の誘電率変化の寄与が大きくなることから, 表面プラズモンの磁氣的応答の向上が期待できる. しかし一方で, 光の吸収が大きくなるため, 表面プラズモン励起特性が劣化する. そのため表面プラズモンの磁氣的応答の向上が見込める膜厚の最適化が必要となる. **Figure 1** に計算モデルを示す. Air/Ag^{top}/Gd-Fe/Ag^{bottom}/Glass の 5 層の薄膜構造における反射率 R_{12345} をフレネル係数を用いた式(1)より導出した.

$$R_{12345} = \left| \frac{r_{12} + r_{2345} \exp(2ik_{z2}h_2)}{1 + r_{12}r_{2345} \exp(2ik_{z2}h_2)} \right|^2 \quad (1)$$

r は反射係数, k は波数, h は膜厚である. 波長は700 nmとした. 屈折率 n 及び消衰係数 κ は, Ag層^[4], Gd-Fe層^[5]共に文献値を用いた. 計算により求めた反射率の角度依存性を, Gd-Fe膜厚 h に対して**Figure 2**に示す. **Figure 2**より, 既報^[2]のGd-Fe層10 nmより反射率変化の急峻差は劣化するものの, 15 nmにおいても表面プラズモンが励起すると推察される. 今後はGd-Fe膜厚に対する表面プラズモン励起特性の実測を行い, 磁性層-磁気表面プラズモン効果の相関を得ることで更なる磁気表面プラズモン効果向上に向けた検討を行っていく.

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, p.153402, 2007.
 [2] 寺内大貴 他: 令和3年電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 3-C-p2-1, 2021.
 [3] 植田涼平 他: 第39回日本磁気学会学術講演概要集, 10-pD-13, p. 254, 2015.
 [4] D. W. Lynch and W. R. Hunter, Handbook of Optical Constants for Solids, ed. E. D. Palik, p. 285, 1985.
 [5] T. Tachikawa, et al.: J. Magn. Soc. Jpn., Vol. 38, p.135, 2014.

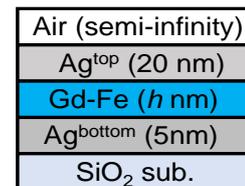


Figure 1. A model of film structure for calculation of reflectivity using Fresnel equations.

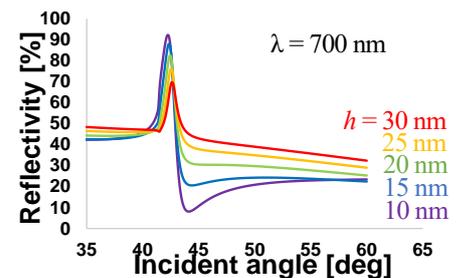


Figure 2. Incident angle dependence on reflectivity of Air/Ag^{top}/Gd-Fe/Ag^{bottom}/Glass structure as a function of Gd-Fe layer thickness.