

磁気表面プラズモン効果用 Ag/Fe_{100-x}Gd_x/Ag 三層薄膜構造の設計

宇田川嵩登、芦澤好人、中川活二

(日本大学)

Design of film structures of Ag/Fe_{100-x}Gd_x/Ag tri-layer for magneto-plasmonic effects

Takato Udagawa, Yoshito Ashizawa, and Katsuji Nakagawa

(Nihon Univ.)

はじめに

表面プラズモンの励起が外部磁界により変化する磁気表面プラズモン効果¹⁻³⁾が報告され、注目を集めている。先行研究において我々は、非固溶Ag-Co単層構造²⁾、Au/フェライト二層薄膜構造³⁾など複数の薄膜構造において磁気表面プラズモン効果を報告している。本効果を用いて感度の高い磁気センサへ応用するためには、磁界に対する大きな誘電率変化だけでなく、良好な軟磁気特性が要求される。そこで、軟磁気特性を示し、良好な磁気光学特性を示す⁴⁾ことで知られる非晶質Fe-Gd薄膜を用いた三層薄膜構造に着目した。金属多層薄膜構造では、すべての層の表面プラズモン効果への影響を考慮する必要があり、磁気表面プラズモン効果を得るための膜厚設計が課題となる。そこで本報告では、Ag/Fe-Gd/Ag三層薄膜構造の設計を検討した。

フレネル係数を用いた反射率特性の理論値計算

Fig. 1に計算モデルを示す。Air/Ag^{top}/Fe_{100-x}Gd_x/Ag^{bottom}/Glassの5層構造における反射率特性を、フレネル係数を用いた以下の式

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

により算出した。波長は700 nmとした。屈折率 n 及び消衰係数 k は、Ag層では文献値⁵⁾を、Fe-Gd層では分光エリプソメトリーを用いて十分厚い薄膜で測定した値を用いた。Fig. 2にその n と k の波長依存性を示す。Fe-Gd層の組成は、エネルギー分散型X線分析法により評価し、Fe₇₅Gd₂₅ (at.%)を用いた。

膜構造はAg^{top}を5 nm、Fe-Gdを4 nmで固定し、Ag^{bottom}の膜厚を $d = 5 \sim 50$ nmの範囲で変化した。反射率特性の理論値ではプラズモン励起角において反射率強度が最も小さくなる膜厚条件を評価した。結果をFig. 3に示す。反射率強度は30 nmのときに43.7°において最小値を示した。

謝辞 本研究は公益財団法人双葉電子記念財団の助成を受けた。

参考文献

- 1) J. B González-Díaz et. al, Phys. Rev. B, 76, 153402 (2007).
- 2) T. Tachikawa, et al., J. Magn. Soc. Jpn., 38, 135 (2014).
- 3) K. Narushima, et al., Jpn. J. Appl. Phys., 55, 07MC05 (2016).
- 4) Y. Mimura, N. Imamura, T. Kobayashi, A. Okada, and Y. Kushiro, J. Appl. Phys, 49, 1208 (1978).
- 5) D. W. Lynch and W. R Hunter, Handbook of Optical Constants for Solids, ed. E. D. Palik p. 285 (1985).

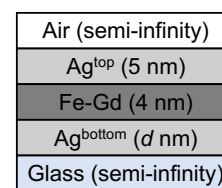


Fig. 1 Film structure

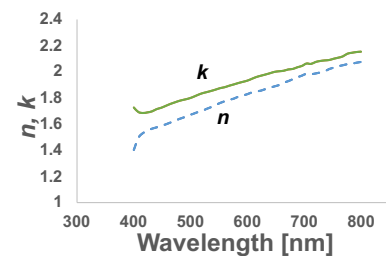


Fig. 2 Wavelength dependence of refractive index, n and extinction coefficient, k of a Fe₇₅Gd₂₅ film.

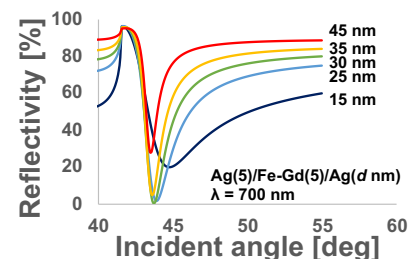


Fig. 3 Incident angle dependence of reflectivity for the Ag/Fe-Gd/Ag films.