

磁気表面プラズモン効果を用いたファイバ型磁気センサの薄膜構造設計

中山 惇、外山隆太、芦澤好人、中川活二
(日本大学)

Design of film structure for a fiber type magnetic sensor using magneto-plasmonic effect
A. Nakayama, R. Sotoyama, Y. Ashizawa, and K. Nakagawa
(Nihon Univ.)

はじめに

表面プラズモン(SP)の励起条件が磁性体の磁化方向により変化する磁気表面プラズモン効果が報告¹⁻³⁾され、注目を集めている。我々はこれまで Ag-Co 単層薄膜²⁾及び Au/フェライト二層薄膜³⁾などにおいて、磁気表面プラズモン効果を報告している。この磁気表面プラズモン効果を用いた新規磁気センサの実現を目指している。しかし、ファイバ型センサを創る上では、SPが励起する金属薄膜への光入射角度と、光ファイバ中の伝搬角度との不一致が問題になる。そこで、表面誘電率の変化を検出するプラズモンセンサの特性を活かし、SP励起材料上に誘電体を積層することにより、プラズモン共鳴角の高角度化を行った。本報告では実際に光ファイバとマッチング可能な薄膜構造の設計を検討した。

表面プラズモン励起角の高角度化

通常プリズムを用いる全反射減衰法の実験においては、およそ 45°近傍に表面プラズモンの励起に起因する反射率の低下が観測される。この角度は SP の励起を示す。今後共鳴角と呼ぶ。一方、シングルモード (SM) ファイバを用いる場合には、入射角はおよそ 75°以上になる。そこで、まず SP が励起する共鳴角の高角度化を検討した。

ファイバのコアに金属層と誘電体層を形成することを想定し、コア SiO₂/Ag (45 nm) /誘電体 (h₃) /空気の 4 層からなる多層膜における反射係数を算出した。入射光の波長は 700 nm とし、表層の誘電体を SiO₂ とし、誘電体厚 h₃ による入射角の高角度化を検討した。h₃ は 0 - 170 nm まで変化した。h₃ に対する反射率の入射角度依存性を Fig. 1 に、共鳴角の誘電体層厚の依存性 Fig. 2 示す。h₃ が厚くなるにつれて共鳴角が高角度側にシフトした。

磁気表面プラズモン効果のための表層誘電磁性体の最適化

磁気表面プラズモン効果を発現するためには、誘電磁性材料を表層に用いることが有効である。誘電磁性材料の選定指針を導出するために、ファイバ中を伝搬する入射角で SP が励起する誘電率と膜厚の条件を検討した。

Ag 薄膜上に積層する誘電体の膜厚と屈折率に対して、表面プラズモンの共鳴角を Fig. 3 に濃淡で示す。特に入射角 75°以上で共鳴する条件を○で示した。これにより、薄膜上の誘電体の屈折率及び膜厚の調整によりファイバ中の伝搬角において表面プラズモンの励起が可能であることが示された。

謝辞

本研究は文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(平成 25～29 年)の研究助成を受けて行った。

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) R. Slavík et al., *Sensors and Actuators B*, **51**, 311(1995).

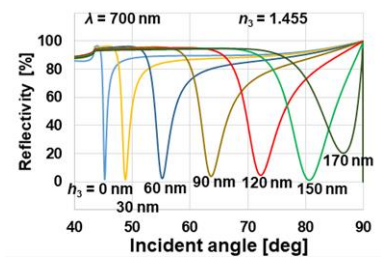


Fig. 1 Incident angle dependence of reflectivity as a function of thickness h_3 of a SiO₂ layer.

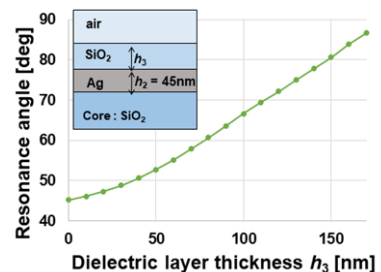


Fig. 2 Resonance angle as a function of dielectric layer thickness h_3 .

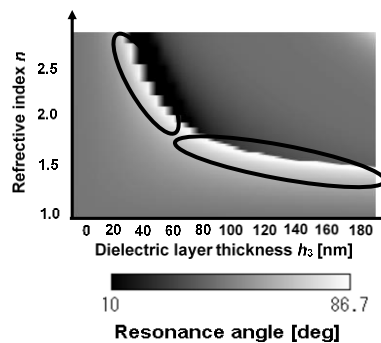


Fig. 3 SPP resonance angle map for ranges of index of refraction n and thickness h_3 of a dielectric matter.