

磁気カイラルメタ表面による近赤外光の非相反マジックミラー

富田知志、大西庸嵩*、柳久雄*、黒澤裕之**
(東北大、*奈良先端大、**情報通信機構)

Non-reciprocal one-way mirrors with magneto-chiral metasurfaces in near-infrared region

Satoshi Tomita, Nobutaka Onishi*, Hisao Yanagi*, Hiroyuki Kurosawa**
(Tohoku Univ., *NAIST, **NICT)

はじめに

磁性体とカイラル構造を組み合わせた人工構造においては、磁気光学効果と光学活性の協奏によって、偏光無依存・方向依存複屈折（磁気カイラル効果）が発現することが知られている。我々はこれまで各種共鳴を組み合わせて、磁気カイラル効果が増強できることをマイクロ波領域の実験と理論で報告してきた[1]。今回は数値計算を用いて、近赤外光領域で強い光学活性を示す金・シリカ・金三層膜の凹型構造[2]の下に、ビスマス置換イットリウム鉄ガーネット（Bi:YIG）を挿入したメタ表面で、磁気カイラル効果が発現することを明らかにする。これはランダム偏光の太陽光などに対する、非相反マジックミラーへの道を拓く。

計算方法

計算には有限要素法（COMSOL Multiphysics）を用いる。計算する磁気カイラルメタ表面を Fig.1 に示す。ガラス基板の上に Bi:YIG 膜を置き、その上に金・シリカ・金三層膜を凹型に加工したナノ構造を置く。金とシリカの膜厚はそれぞれ 25nm とする。x および y 方向には周期的境界条件を適用する。z 軸方向の直流磁場によって生じる Bi:YIG の磁気光学（ファラデー）効果は、誘電率の対角項（5.58）と非対角項（0.002）で表現する。ポートから $\pm z$ 方向に入射した直線偏光の透過係数に対応する S パラメータ（ S_{21} と S_{12} ）を、波長 1000~1500nm の範囲で掃引しながら計算する。そしてその差分である $S_{21} - S_{12}$ を求める。また Bi:YIG の膜厚を変化させ、 $S_{21} - S_{12}$ 差分スペクトルを調べる。

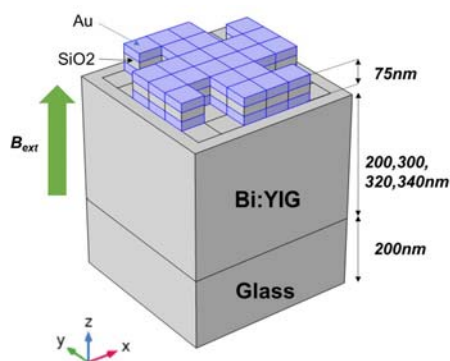


Fig. 1 Numerical calculation setup

結果と考察

Fig.2 に Bi:YIG の膜厚を 200、300、320、340nm とした場合の $S_{21} - S_{12}$ 差分強度スペクトルを示す。全てのスペクトルで、波長 1030nm 付近にディップが見える。また波長 1300nm 付近には、YIG200nm ではピークが、それ以外のスペクトルではディップが見える。これらの信号は磁気カイラル効果に起因すると考えられる。1030nm 付近の差分ディップ強度は、磁性体の膜厚と共に増加している。これは Bi:YIG 膜中での光の多重反射に起因していると考えられる。よって構造の最適化を行うことで、更なる非相反性の増大が期待される。近赤外光の偏光無依存・非相反マジックミラーとしての可能性も議論する。

参考文献

- 1) S. Tomita et al., Phys. Rev. Lett. 113, 235501 (2014); S. Tomita et al., Phys. Rev. B 95, 085402 (2017); S. Tomita et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 51, 083001 (2018).
- 2) M. Decker et al., Opt. Lett. 32, 856–858 (2007).

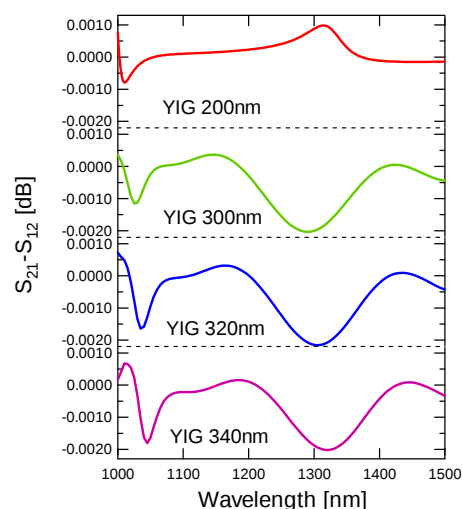


Fig. 2 Calculated spectra for metasurfaces with various Bi:YIG thickness