

ATR 法を用いた 2 層誘電体プラズモン導波路型光アイソレータの設計

A Design of Optical Isolators Utilizing Double Dielectric Plasmonic Waveguide

東京農工大 安藤健朗 貝原輝則 清水大雅

Tokyo Univ. of Agri. & Tech., Takeaki Andoh, Terunori Kaihara and, Hiromasa Shimizu

Email: h-shmz@cc.tuat.ac.jp

[はじめに] 近年、強磁性金属、低屈折率及び高屈折率誘電体（強磁性金属・二層誘電体）構造において強磁性金属と誘電体界面にプラズモンが励起され、特定の誘電体膜厚において磁化反転に伴う大きな光強度分布の変化により横磁気カー効果が増強され、 $0.1\text{dB}/\mu\text{m}$ もの光アイソレーションが理論的に報告されている[1]。強磁性金属と二層誘電体の組み合わせとして $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/\text{Fe}$ を考え、大きな光アイソレーションを得るために最適な SiO_2 の膜厚を算出するために全反射減衰(ATR)法の考え方から設計し、磁化反転に伴う反射率の変化を計算し、変化が最大となる条件から光アイソレータとして動作する素子構造を設計したので報告する。

[原理] Fig.1 に示すように $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}/\text{SiO}_2$ の層構造を考えた。Fe 直上の Al_2O_3 は酸化防止用の膜である。 Al_2O_3 から p 偏光を入射すると、 Al_2O_3 と SiO_2 境界で生じるエバネッセント波が Fe と Al_2O_3 の界面に到達してプラズモン共鳴し、反射率が極小になる。反射率が極小となる入射角において強磁性金属 Fe に y 方向に磁場を印加すると横磁気カー効果により光強度分布が変化し、プラズモンが励起される入射角度が変化する。磁化の反転による反射率の違いが最大となる SiO_2 膜厚が、光アイソレータの消光比が大きくなる膜厚に対応すると考え、光アイソレータとして動作する SiO_2 膜厚を計算した。

[シミュレーション計算結果] 多波干渉による理論から反射率の入射角度依存性を計算した。入射光の波長を 1550nm の p 偏光とし、各層の屈折率を Al_2O_3 :1.764、 SiO_2 :1.44、 Fe : $3.62+5.56i$ 、Fe の誘電率非対角項を $3.12 - 1.80i$ とし、 SiO_2 の膜厚を変化させながら計算した。 SiO_2 の膜厚を変化させたところ、 SiO_2 の膜厚が 536nm のときに反射率の変化が最大になった。計算結果を Fig.2 に示す。+ の磁化においては角度が 56.35° のとき、反射率が $1.68 \times 10^{-7} (-67.7\text{dB})$ となり、- の磁化においては角度が 56.53° のときの反射率が $5.10 \times 10^{-4} (-32.9\text{dB})$ 、 56.35° のときの反射率が $9.91 \times 10^{-4} (-30.0\text{dB})$ となった。反射率が極小となる角度は磁化反転によって 0.18° ずれ、入射角を 56.35° としたときの磁化の+と-の変化は 37.7dB となった。 10dB 以上の反射率変化が得られる SiO_2 膜厚は $530\text{nm} - 545\text{nm}$ となった。以上の設計と反射率の角度依存性の測定により、光アイソレータ動作のための素子構造を推定することができる。

[参考文献] [1] V.Zayets, et al., Materials 5 (2012) 857.

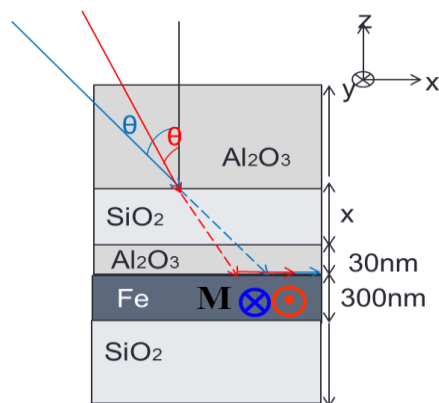
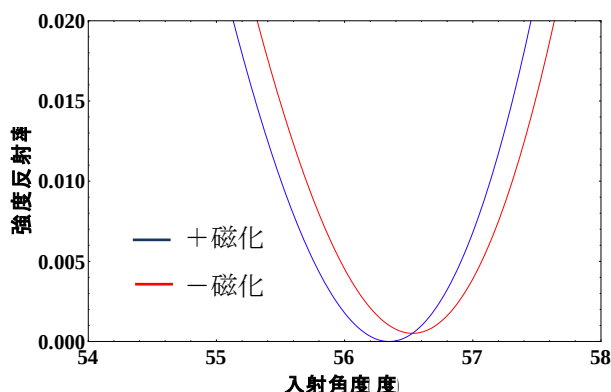


Fig.1 設計した構造の模式図

Fig.2 SiO_2 が 536nm のときの反射率の角度依存性