

透過型配置における Co/Ru 多層膜のマグネトリフラクティブ効果の近赤外波長依存性

○大木 敬介, 佐藤 春彦, 赤羽 浩一, 内田 裕久*, 斉藤 伸 (東北大学、*豊橋技術科学大学)

Near-infrared wavelength dependence of magneto-refractive effect of Co/Ru multilayer film in transmission configuration

K. Ooki, H. Sato, K. Akahane, H. Uchida* and S. Saito (Tohoku Univ. *Toyohashi Univ. Tech.)

1. はじめに

磁気センサは空間の磁界の大きさや方向を検出するデバイスである。所望の周波数帯において高い検出感度や必要なダイナミックレンジを達成するために、様々な磁界効果を測定原理とするデバイスが提案され、実用化されている。中でも光をプローブとしたセンサは検出部を小型にでき、真空中、液中、狭空間中での磁界のセンシングが可能となるため注目されている。簡素な光学系によりセンサを構成するためには、偏光変化ではなく光の強度変化を用いることが有効であり、我々は強磁性/非磁性多層膜 (GMR 多層膜) やグラニュー膜等に現れるマグネトリフラクティブ効果 (MRE) に注目している。MRE の先行研究は、理論報告は 1995 年以降¹⁾、実験報告は 2002 年以降²⁾ から散見される。しかしながら、実験者の主な興味が磁気抵抗素子の MR 曲線の非接触計測にあったため、センサ応用を念頭においた MRE の材料研究は十分とはいえない。そこで著者らは、零磁場での反平行配列を確実に実現することを意図して、強磁性層に Co、非磁性層に Ru を選択した GMR 多層膜の透過型配置における MRE (T-MRE) を測定し、伝導電子の輸送特性と光学遷移が MRE に及ぼす影響について、赤外域波長依存性を誘電率解析して評価した。

2. 実験結果

Fig. 1 に [Co(4 nm)/Ru(0.7 nm)]₁₀ 多層膜の (a) 波長 1550 nm 及び (b) 900 nm での T-MRE の印加磁界に対する変化を示す。900 nm の MRE 曲線は磁気抵抗曲線と類似しており、別途計測した磁化曲線と対応させると、磁化の相対角に応じて光量変化していることがわかる。一方、1550 nm での MRE 曲線は 900 nm とは変化分の符号が異なった。T-MRE の波長依存性をまとめた結果 (c)、前述した符号反転は 1100 nm 程度で生じており、長波長程負の T-MRE 値が増強されていることが見てとれる。

この T-MRE の波長依存性を理解するために、磁化の平行/反平行配列それぞれの場合についてドルーデモデルを仮定し、誘電率解析を行った。GMR 多層膜全体の誘電率を ϵ_{SAL} とすると

$$\epsilon_{\text{SAL}} = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \frac{-i\omega\tau_{\text{SAL}}}{1 - i\omega\tau_{\text{SAL}}} \left(1 - \frac{\beta_{\text{SAL}}^2 (M/M_s)^2}{(1 - i\omega\tau_{\text{SAL}})^2 - \beta_{\text{SAL}}^2 (M/M_s)^2} \right)$$

とかける¹⁾。ただし、 τ_{SAL} と β_{SAL} はそれぞれ多層膜全体での伝導電子の平均散乱時間、平均スピン依存散乱係数である。 M/M_s は強磁性層の磁化の配列が平行の場合 1、反平行の場合 0 で与えられる。Fig. 2 に多層膜の磁化の配列が平行あるいは反平行の場合について、ガラス基板での多重反射を考慮した透過率スペクトル (T_{AP} , T_{P}) を算出し、差分である T-MRE の波長依存性を計算した結果を示す。ここで ω_p , τ_{SAL} , β_{SAL} は楕円偏光解析法と MRE の計測結果からフィッティングにより算出した。計算結果によると、長波長化に伴う負の T-MRE の増強は、3 μm 以上にて飽和傾向を示し、その値は -1.3 % 程度と見積もられた。

講演では T-MRE 増強のための材料設計指針も説明する。

参考文献 1) J. C. Jacquet et al., *MRS*, 384, 477 (1995).
2) V. G. Kravets et al., *PRB*, 65, 054415 (2002).

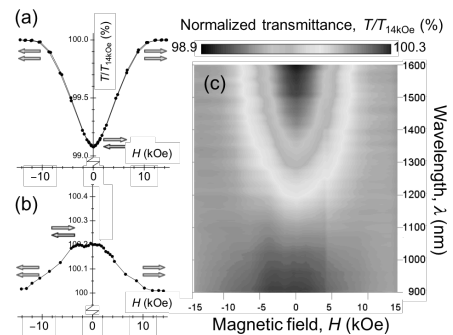


Fig. 1 Normalized loops of T-MRE for a [Co/Ru]₁₀ film at (a) 1550 nm and (b) 900 nm, and (c) 900 – 1600 nm.

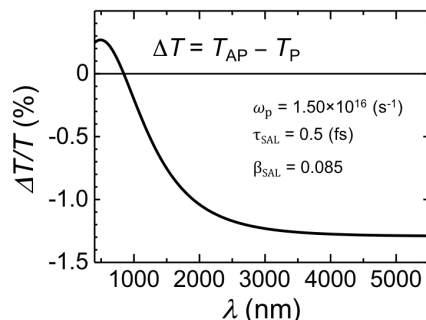


Fig. 2 Normalized T-MRE spectrum calculated with extended Drude model.