

## Co/Ru 多層膜におけるマグネトリフラクティブ効果の 近赤外域での波長依存性

○佐藤 春彦<sup>1</sup>, 水野 翔太<sup>2</sup>, 赤羽 浩一<sup>1</sup>, 内田 裕久<sup>2</sup>, 斉藤 伸<sup>1</sup> (<sup>1</sup> 東北大学, <sup>2</sup> 東北工業大学)

Wavelength dependence of near infrared on magnetorefractive effect for Co/Ru multilayer films

H. Sato<sup>1</sup>, S. Mizuno<sup>2</sup>, K. Akahane<sup>1</sup>, H. Uchida<sup>2</sup> and S. Saito<sup>1</sup> (<sup>1</sup> Tohoku Univ., <sup>2</sup> Tohoku Inst. Tech.)

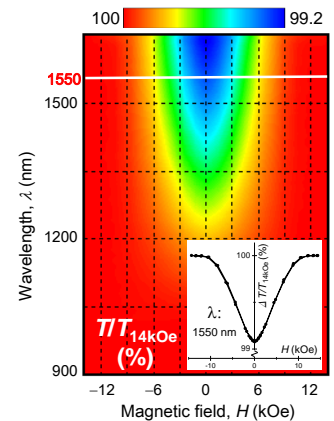
**はじめに** 光をプローブとした磁気センサは検出部を小型にでき、真空中、液中、あるいは狭空間中での磁界のセンシングが可能となるため注目されている。偏光子や検光子を用いない簡素な光学系で磁気センサを実現するためには、材料の反射率や透過率が磁界によって変化する現象の活用が有効であり、材料開発が待望されている。著者らは強磁性材料では磁化状態を印加磁界に対応させて変化させられることを鑑み、伝導電子のスピンの依存散乱現象の光学特性に表れる効果に注目した。このような観点での先行研究 (マグネトリフラクティブ効果 (MRE) : Magnetorefractive Effect) は、理論報告は 1995 年以降<sup>2)</sup>, 実験報告は 2002 年以降<sup>3)</sup> にみられ始めている。しかしながら、研究者の主たる目的が磁気抵抗素子における MR 曲線の非接触計測<sup>4)</sup>にあるため、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。著者らは昨年、磁化の平行/反平行配列を電磁石磁界で確実に実現できる層構成を採用するために、強磁性層に Co, 非磁性層に Ru を選択した RKKY 的層間結合を有する Co/Ru 多層膜を作製し、透過系における MRE (T-MRE) を測定した。本報では、上記 Co/Ru 多層膜の近赤外域における T-MRE の増強現象に注目し、T-MRE の波長依存性について解析したので報告する。

**実験結果** Fig. 1 に作製した [Co(4 nm)/ Ru(0.7 nm)]<sub>10</sub> 多層膜の波長 900 から 1700 nm までの T-MRE の測定結果をカラーマップで示す。図中の白線は波長 1550 nm を示しており、印加磁界に対する透過率ヒステリシス曲線 (右下挿入図) と対応する。T-MRE は長波長ほど増強されていることが見てとれる。この増強現象についてスピン依存散乱項を考慮して拡張したドルーデ項に基づく誘電率

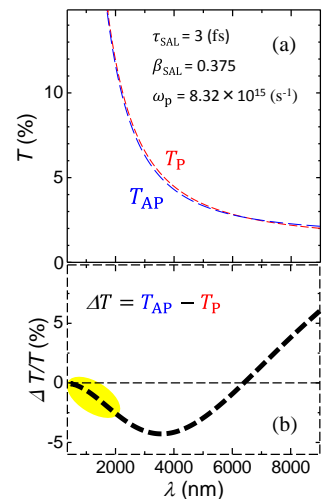
$$\epsilon_{\text{SAL}} = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \frac{1 - i\omega\tau_{\text{SAL}}}{1 - i\omega\tau_{\text{SAL}}} \left( 1 + \frac{\beta_{\text{SAL}}^2 (M/M_S)^2}{(1 - i\omega\tau_{\text{SAL}})^2 - \beta_{\text{SAL}}^2 (M/M_S)^2} \right) \quad \dots (1)$$

を用いて解析を行った。(1)式における  $\tau_{\text{SAL}}$  と  $\beta_{\text{SAL}}$  はそれぞれ多層膜全体での平均散乱時間、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方向が平行の場合 1, 反平行の場合 0 で与えられる。(1)式を用いて多層膜の磁化の方向が平行あるいは反平行の場合について、多重反射を考慮した透過率スペクトル ( $T_P$ ,  $T_{AP}$ ) を計算した結果を Fig. 2 (a) に示す。Fig. 2 (b) には、 $(T_{AP} - T_P)/T_P$  で定義される T-MRE を示した。 $\tau_{\text{SAL}}$ ,  $\beta_{\text{SAL}}$ ,  $\omega_p$  は Co/Cu 多層膜で報告されている値や、Co, Ru の物性値を参考にグラフ中に記載した。これらの計算結果によると、多層膜における T-MRE の波長依存性は長波長化にともない一旦増強されるが、ある波長で極小を迎えることがわかった。このことを考慮すると、Fig. 1 に示した実験結果は Fig. 2 (b) の強調色領域を観測していたことが推察される。当日は近赤外域における T-MRE の増強要因について多重反射に関わる各項に分解して解析した結果を併せて報告する。

**参考文献** 1) M. N. Baibich et al., *PRL*, **61**, 2472 (1988). 2) J. C. Jacquet et al., *MRS*, **384**, 477 (1995). 3) V. G. Kravets et al., *PRB*, **65**, 054415 (2002). 4) M. Vopsaroiu et al., *Rev. Sci. Instrum.*, **75**, 3127 (2004).



**Fig. 1** Experimental MRE plotted against wavelength and magnetic field for a [Co(4)/ Ru(0.7)]<sub>10</sub> film. The cross section in the white line corresponds to the normalized transmittance in the inset figure



**Fig. 2** Simulation of (a) transmittance for parallel and anti-parallel magnetization state and (b) normalized MRE against wavelength