

Co/Ru 多層膜の光学応答に現れるスピン依存散乱の効果

○斉藤伸¹, 水野翔太², 赤羽浩一¹, 佐藤春彦², 内田裕久² (¹ 東北大学, ² 東北工業大学)

Effect of Spin-dependent Scattering on Optical Properties for Co/Ru Multilayer Film

S. Saito¹, S. Mizuno², K. Akahane¹, H. Sato², and H. Uchida² (¹ Tohoku Univ., ² Tohoku Inst. 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、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。偏光子を用いない簡素な光学系でこれ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、伝導電子のスピン依存散乱現象の光学特性に表れる効果に注目した。特に巨大磁気抵抗 (GMR) 効果、すなわち、強磁性/非磁性金属多層膜において、隣接する強磁性層のスピンが平行/反平行配列した際に現れる直流抵抗変化は非常に大きく¹⁾、この現象が近赤外から可視光領域の周波数でどの程度光学特性に現れるか興味を持たれる。このような観点での先行研究は、理論報告は 1999 年以降²⁾、実験報告は 2002 年以降³⁾ にみられ始めている。しかしながら、実験報告に注目すると、GMR 効果が確認された Co/Cu 多層膜⁴⁾ を基本として磁性層材料を CoFe 合金とした論文²⁾ が散見される程度で、材料検討は十分とはいえない。そこで著者らは、まず、非磁性層材料として Ru を選択し、強い反強磁性的層間結合を有する Co/Ru 多層膜を作製した。続いて透過率の磁化状態に対する変化を評価したので報告する。

2. 実験結果 Fig. 1 に今回構築した光学系の模式図を示す。ハロゲンランプ光源から出射した白色光を集光して試料に照射し、試料を透過した光を分光検出した。検出光の波長範囲は 900 nm~1650 nm である。磁界は試料面内方向に印加した。Fig. 2 に 一例として反強磁性的層間結合を有する [Co(4 nm)/ Ru(0.7 nm)]₁₀ 多層膜の (a) 磁化 M および (b) 波長 1550 nm での透過率の印加磁界に対する変化を示す。透過率は最大印加磁界 14 kOe 時の値で規格化した。(a)によると、最大印加磁界では磁界方向に飽和していた M は印加磁界を減少させると 10 kOe 付近から減少し始め、零磁界状態では、ほぼ零となり反平行配列することがわかる。これに対応して透過率 (b) は、10 kOe から減少し始め、零磁界状態では飽和時から 1%強度が低くなる。このことより透過率変化は、光ファイバが使用できる近赤外領域でも十分検出可能であることがわかった。Fig. 3 には規格化透過率の磁界ヒステリシスを波長毎に分光測定した結果をカラーマップとして示す。図中の白線が Fig. 2 (b) に対応する。この図によると、長波長ほどスピン依存散乱による透過光量変化が大きくなることが見てとれる。

参考文献 1) M. N. Baibich et al., *PRL*, **61**, 2472 (1988). 2) A. B. Granovskii et al., *JETP*, **89**, 955 (1999). 3) V. G. Kravets et al., *PRB*, **65**, 054415 (2002). 4) M. Vopsaroiu et al., *Rev. Sci. Instrum.*, **75**, 3127 (2004).

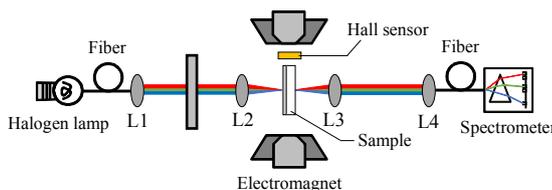


Fig. 1 Sketch of the spectroscopic magneto-refractive measurement system. L1-L4 are condensing and collimation lens

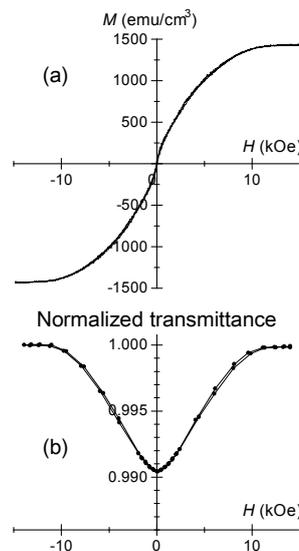


Fig. 2 (a) Hysteresis loop and (b) normalized transmittance at $\lambda = 1550$ nm for a [Co(4)/Ru(0.7)]₁₀/SiN(10) film.

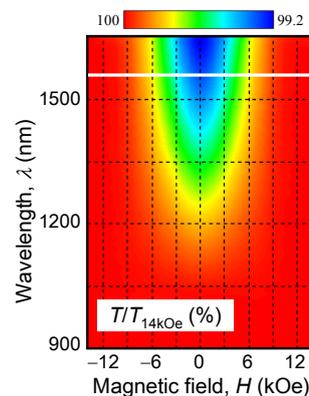


Fig. 3 Normalized transmittance plotted against wavelength and magnetic field. The white line corresponds to Fig. 2 (b).