

表面プラズモン励起による Co/Ru 多層膜の 近赤外マグネトリフレクティブ効果の増強

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

Enhancement of NIR magneto-refractive effect for Co/Ru multilayer film by surface plasmon resonance

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

1. はじめに 強磁性/非磁性多層膜 (GMR 多層膜) で観測される反射型配置におけるマグネトリフレクティブ効果 (MRE) は、強磁性層の磁化配列に対応して反射光に強度変化が現れるため注目されている。しかしながら報告されている光量変化は 1550 nm で 0.3 % 程度と小さく、実際にアプリケーションに展開するためには MRE の材料および層構成の検討をさらに深める必要がある。一般に磁性多層膜における MRE は伝導電子のスピンの依存散乱によりもたらされる効果であると理解されている。そこで著者は MRE を増強する方策として伝導電子の集団運動の共鳴現象である、表面プラズモン共鳴 (SPR) を磁性多層膜に励起することを考えた。本講演では、近赤外域での MRE について SPR での増強現象を実測するとともに、スピン依存散乱を現象論的に扱った拡張ドルーデモデルに基づく誘電率解析により本現象を評価した結果を報告する。

2. 実験結果 Fig. 1 に Co(4 nm)/ Ru(0.7 nm)/Co(4 nm) 磁性多層膜にプラズモン励起層として Au(10 nm) のキャップ層を設けた試料をクレッチマン配置した際の、波長 1550 nm の P 偏光反射率の入射角依存性を示す。グラフの周囲には典型的な入射角における反射率磁気履歴曲線を示した。磁界は試料面内で光の進行方向と垂直方向に印加した。全反射臨界角 A では磁気光学効果は認められないが、B および D では横カー効果、C では MRE が支配的に観測されている。このことは磁性多層膜の磁化状態 (右向き/左向き、平行/反平行) を入射角の選定により判定できることを示している。横カー効果が発現しない SPR 共鳴角 C に注目し、MRE の SPR による増強効果について解析した。Fig. 2 上段に Au キャップ層膜厚を変化させた試料の MRE ($\Delta R/R$) をプラズモン励起強度 (ディップの深さ) に対してプロットした結果を示す。Au キャップ層膜厚を 30 nm から 4 nm まで薄くして SPR を強く励起すると、MRE は 1.8 % まで増大した。これは R の低下 (副軸参照) だけでなく ΔR の増加との相乗効果でもたらされたものである。磁性多層膜の部分を一層膜近似し、この層での伝導電子の平均散乱時間 τ_{SAL} 、平均スピン依存散乱係数 β_{SAL} を誘電率解析により求めた結果が Fig. 2 下図である。磁性多層膜の部分は Co(4 nm)/ Ru(0.7 nm)/Co(4 nm) で一定であるにもかかわらず、Au キャップ層の膜厚を 10 nm 以下にしていくと β_{SAL} が著しく増強していく様子がわかる。SPR 条件では伝導電子が膜厚方向の反電界を感じて集団運動をおこすことを考慮すると、 β_{SAL} の増大は個々の伝導電子の積層方向の運動成分が増加し多層膜中でのスピン依存散乱の頻度が高くなる結果もたらされたものと推察している。

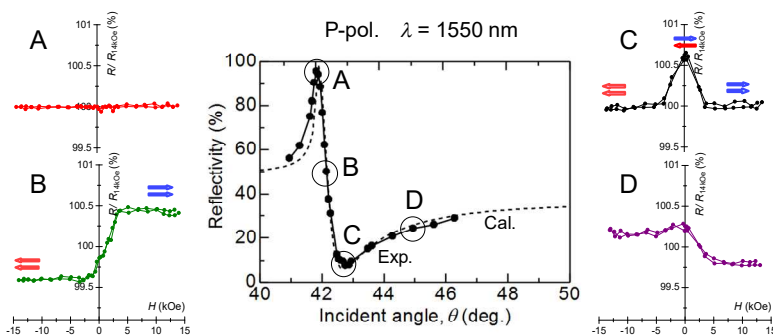


Fig. 1 Incident angle dependence of P-pol. reflectivity at 1550 nm for a Au(10 nm)/ Co(4)/ Ru(0.7)/ Co(4)/ ITO(2)/ sub. film with the Kretschmann configuration. Surrounding graphs are reflectivity hysteresis loops at (A) critical angle of total reflection, (B) intermediate angle between A and C, (C) SPR angle and (D) larger angle than C, respectively.

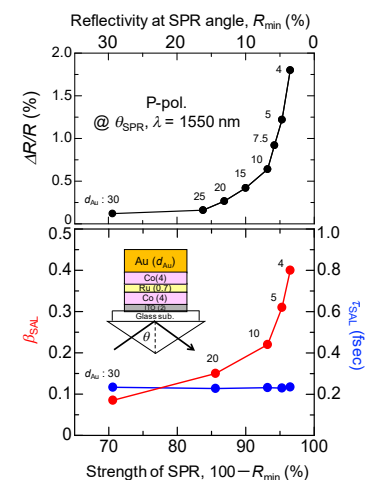


Fig. 2 (Upper) MRE and (lower) β_{SAL} and τ_{SAL} as a function of strength of SPR, $100-R_{min}$ for Au(d_{Au} nm)/ Co(4)/ Ru(0.7)/ Co(4)/ ITO(2)/ sub. film with the Kretschmann configuration at the θ_{SPR} with $\lambda=1550$ nm.