CoPt/Ag 垂直磁化積層膜における表面プラズモン共鳴とセンサ応用

Surface Plasmon Resonances on CoPt/Ag Perpendicular Magnetic Stacked Films

秋田県産業技術センター　°山根 治起
Akita Industrial Technology Center, °Haruki Yamane, E-mail: yamane@aitc.pref.akita.jp

表面プラズモン共鳴による磁気光学効果の増強が注目されている。大きな磁気光学応答は、光情報通信やプラズモンセンサなど、光機能デバイスの高性能化に繋がると期待されている。本研究では、垂直磁気特性を有する CoPt/Ag 積層膜において、表面プラズモン共鳴が磁気光学特性（極 Kerr 効果）に与える影響、ならびに、光検知式化学センサへの応用について検討した。

CoPt/Ag 積層膜は、マグネトロンスパッタ法を用いてガラス基板上に作製し、直角プリズムとイマージョンオイルによって光学結合させた。代表的な試料の膜構造は、[SiO_2(5.0)/CoPt(3.9)/ZnO(3.0)/Ag(18.6)/ZnO(30)//ガラス基板, unit: nm]であり、表面保護層として SiO_2 膜を用いた。また、ZnO 界面層および下地層により、*hcp*(001)-$Co_{80}Pt_{20}$ 磁性層の垂直磁気特性の向上を図った。磁気光学特性は、膜面垂直方向に磁場を印加する極 Kerr 配置で測定した。図 1 は、Kerr 回転角: θ_K および反射光強度: I_R の入射角依存性であり、表面プラズモン共鳴による反射率の減少にともなって磁気光学効果が増強されることが分かる。共鳴角での Kerr 回転角は θ_K=±21.2 度であり、通常の極 Kerr 測定に比べて約 100 倍に相当する。また、磁気プラズモン共鳴は、入射角に対して急峻な応答を示しており、半値幅: $\Delta\theta_I$ は約 0.08 度であった。マトリックス法によるシミュレーション結果を図 2 に示す。上記の積層構造において、Ag 層厚による最適化を行った結果であり（Ag=19.4 nm）、共鳴条件での急峻かつ大きな磁気光学増強（θ_K~±50 度，$\Delta\theta$~0.05 度）が確認できた。比較として、Ag 単層膜における通常の表面プラズモン共鳴（反射率: R）の計算結果も示している。一般に、プラズモンセンサの性能指数: *FOM* は、センサ表面の屈折率の変化にともなう共鳴角の変動: $\delta\theta_R/\delta n$ を用いて、以下の式で与えられる。

$$FOM = \frac{\delta\theta_R/\delta n}{\Delta\theta_I} \qquad (1)$$

上式より、急峻な入射角スペクトルを有する磁気プラズモン共鳴では、高性能センサの実現が期待できる。一例として、水素ガスセンサへの応用について検討した。積層膜の表面に水素反応層として Pd 膜を形成することで、図 3 に示すように、水素-窒素混合ガスの導入/遮断にともなって明瞭な検知信号を確認することができた。さらに本測定では、差動法を用いて偏光角の変化を計測しており、磁気光学式センサの特徴である計測光の強度変動に対する安定な検出動作を確認することもできた。本研究は、科研費（20K05375）の助成を受けて実施した。

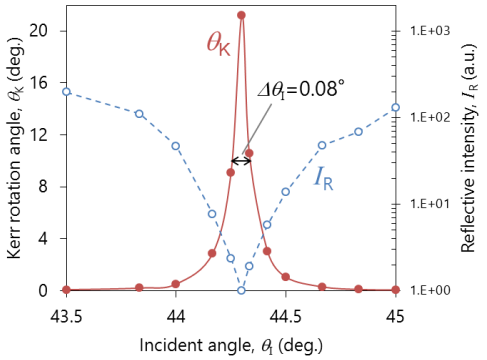

図 1. Magneto-optical enhancement by surface plasmon resonances.

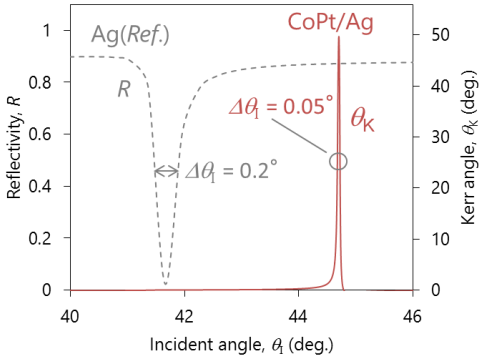

図 2. Simulation for magneto-optical spectrum on CoPt/Ag stacked film.

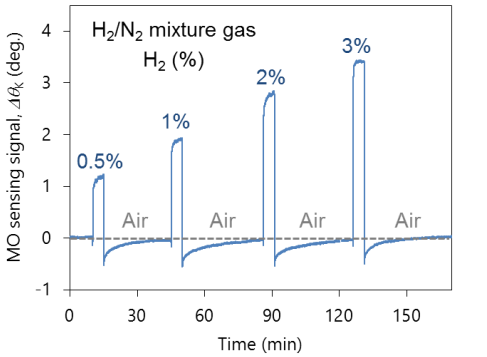

図 3. Hydrogen gas detection by CoPt/Ag magneto-plasmon sensor.