磁性積層膜における磁気光学キャビティ効果と化学センサへの応用

Magneto-optical Cavity Effect on Magnetic Stacked Films for Chemical Sensors

秋田産技センター[1], Tianma Japan(株)[2] ○山根 治起[1], 高橋 慎吾[1], 山川 清志[1], 高橋 幸希[2], 世古 暢哉[2], 住吉 研[2], 重村 幸治[2], 三浦 聡[2]

Akita Ind. Tech. Center[1], Tianma Japan, Ltd.[2], °H. Yamane[1], S. Takahashi[1], K. Yamakawa[1], K. Takahashi[2], N. Seko[2], K. Sumiyoshi[2], K. Shigemura[2], S. Miura[2]

E-mail: yamane@rdc.pref.akita.jp

フォトニック結晶あるいはプラズモン共鳴などによる磁気光学効果の増強が注目されている。我々は、磁性積層膜における光干渉(キャビティ)効果による磁気 Kerr 回転角の増大、および、本現象を用いた新たな化学センサの開発を進めている[1,2]。本研究では、磁気光学式化学センサの性能評価手法の確立、ならびに、水素ガスセンサへの応用を目的として検討を行った。

試料の作製には、マグネトロンスパッタ法を用い、ガラス基板上にシード層として Al 添加 ZnO[AZO]薄膜(10 nm)を形成した。磁気光学キャビティ素子は、【表面ハーフミラー層/磁気光学干渉層/全反射層】で構成され、各層には、Pd 薄膜(3 nm)、[AZO(40 nm)/CoPt(2.8 nm)/AZO(40 nm)]積層膜、および、Ag 薄膜(100 nm)を用いた。磁気光学特性は、膜面垂直方向に磁場を印加する極 Kerr 光学系により測定した。また、直線偏光に対するマトリックス法を用いた光学シミュレーションにより理論的な解析を行った。

磁気光学キャビティ素子では、図 1(a)に示すように、測定光の波長が、[AZO/CoPt/AZO]干渉層の光学的な厚さの 4 倍となる共鳴条件で、磁気光学効果の極性が反転し、近傍波長では、CoPt 単層膜(100 nm)に比べて、100 倍以上の磁気 Kerr 回転角が得られる。本現象は、ハーフミラー層の光学特性を含めた表面状態の変化に敏感であり、各種の化学センサとして応用が可能である。化学センサの性能は、測定精度と検知感度によって評価される。一般に、磁気光学特性の測定精度は、反射率:R および Kerr 回転角:θ_K を用いて、$\sqrt{R}\cdot\theta_K$ で与えられることが知られている。同様に、検知感度は、$\sqrt{R}\cdot\Delta\theta_K$ によって評価することが可能である。図 1(b)は、積層膜および単層膜の性能指数の比較を示しており、磁気光学キャビティ効果の有用性が確認できる。

実際に、水素ガスセンサへの応用について実験的な検証を行った。図 2 に示すように、Pd 表面層の水素反応にともなう磁気光学特性の明瞭な変化を確認することができた。本研究は、科研費の助成を受けて実施した。

[1] 山根 他, 応用物理 2016 秋季講演会, 14a-P2-7.
[2] 山根 他, 電気学会 2018 センサ講演会, 30am3-PS-49.

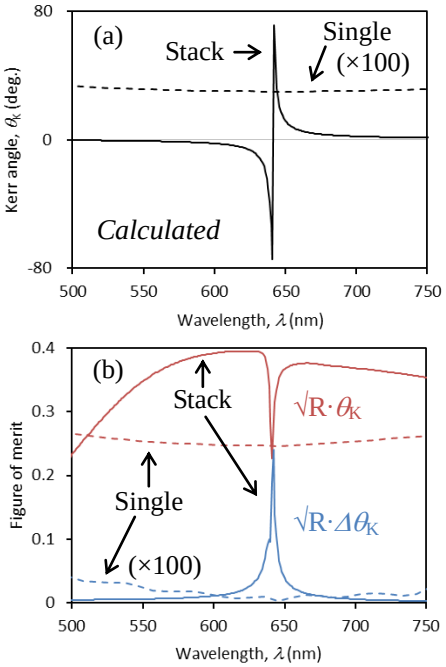


図 1. Magneto-optical simulation for stack (solid) and single (dashed) films.

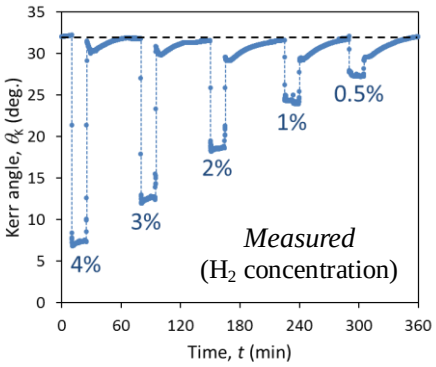


図 2. Magneto-optical response of stacked film to N_2-H_2 mixture gas. Dashed black line shows the condition of pure-N_2 flow.

© 2019年 応用物理学会