

Ag/Ni サブ波長周期構造による垂直入射型磁場センサーの高感度化

Improvement for detection sensitivity of magnetic field with normal light incident type utilizing Ag/Ni subwavelength grating

徳島大理工¹, 日本学術振興会² ○高島 祐介^{1,2}, 原口 雅宜¹, 直井 美貴¹

Tokushima Univ.¹, JSPS.², ○Yuusuke Takashima^{1,2}, Masanobu Haraguchi¹, Yoshiki Naoi¹

E-mail: takashima@ee.tokushima-u.ac.jp

磁場検出は医療、工業等の分野で多岐にわたる応用がなされている。これまでホール素子、干渉計、光ファイバー等による磁場センサーが報告されているが、斜入射光学配置など複雑な測定系が要求される。これまでに我々は2層 Ni-サブ波長周期構造(SWS: Subwavelength grating)を用い、簡単な垂直入射型の磁場センサーを報告している[1]。今回、Ni-SWS とプラズモニック構造を組み合わせて磁場センサーの高感度化を実現したので報告する。

Figure 1 に提案した構造を示す。Ni-SWS 中には、その周期的誘電率分布による光の固有モードが存在する。入射光とモード波数が一致する場合両者が相互作用し、上部と下部 Ni 間におけるモードの干渉が SWS の光学応答を決定する[2]。固有モードの伝搬定数は SWS 誘電率分布を反映し、誘電率変化に対し敏感である[3]。本構造に外部磁場が印加された場合、磁気光学効果によって Ni の誘電率が変化するため干渉条件に変化が生じる。つまり、外部磁場検出が可能である。また、モード波数と Ag 膜の表面プラズモン波数が一致したとき、Ag 膜に表面プラズモンが励起され電場が強まるため、Ni 磁化とモードの相互作用を強め高感度化が期待できる。

本原理に基づき波長 500 ~ 550 nm 付近で固有モードが Ni 磁化に対し敏感かつ表面プラズモンと相互作用するようモード波数分散関係を用いて SWS を設計した[3]。SWS 周期、Ni 格子幅、レジスト膜厚、Ni 膜厚および Ag 膜厚はそれぞれ $\Lambda = 300$ nm, $w = 200$ nm, $d = 100$ nm, $t_1 = 50$ nm および $t_2 = 20$ nm とした。本構造を電子線リソグラフィによりガラス基板上に作製した。作製した試料に p 偏光(電界が格子に垂直)を垂直入射し、試料に垂直に直流磁場 B_{ext} を印加した場合の SWS 反射率を測定した。Figure 2 に測定した反射率を示す(反射率は Ag 膜の反射率をリファレンスとした)。Figure 2 において外部磁場を印加していない場合、波長 525 nm 付近で反射率のディップが現れている。この反射率ディップの位置は外部磁場印可に伴い長波側にシフトしていることが分かる。このシフト量は約 25 pm/mT 程度と前回報告した 1.5 倍の感度に対応し、本提案によって一般的なホール素子や Bragg ファイバー[4]を用いた磁気センサーに匹敵する感度を非常に簡単な垂直入射配置において達成できた。また、有限時間領域差分法を用いて本構造中の電磁界分布計算を行ったところ、波長 550 nm において Ag-空気界面を伝搬する電磁場が見られ、SWS 中の電場が入射光に比べ 5 倍程度強くなることが分かった。したがって、期待したとおり表面プラズモンにより磁化と SWS モードの相互作用を強められ高感度化がなされたと考えられる。

以上のように Ni-SWS/プラズモニック構造を用いて、垂直入射光学配置において磁場検出の高感度化を達成した。

謝辞：本研究の一部は科研費 JP16J11232 の支援によって行われた。

参考文献 [1] Y. Takashima *et al.*, MOC Tech. Dig., 2017, p. 256. [2] Y. Zhou *et al.*, IEEE J. Sel. Top Quantum Electron. **15**, 1485 (2009). [3] Y. Takashima *et al.*, Sens. Actuators B **255**, 1711 (2018). [4] D. Yang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **104**, 061903 (2014).

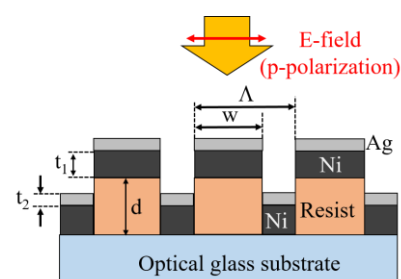


Fig. 1 Schematic diagram of Ag/Ni-SWS

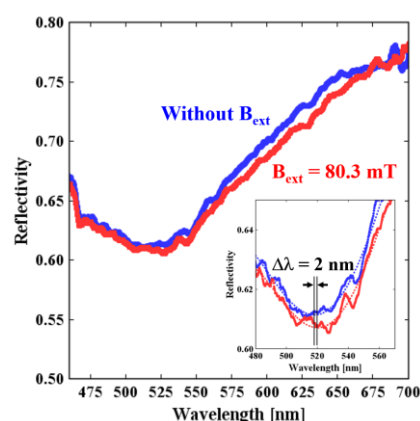


Fig. 2 Dependence of the SWG reflectivity on B_{ext}