

2 層 Ni サブ波長周期構造を用いた微小磁場検出

Magnetic field sensing using bi-layer Ni-subwavelength periodic structure

徳島大¹, 日本学術振興会特別研究員² ◯高島 祐介^{1,2}, 原口 雅宜¹, 直井 美貴¹

Tokushima Univ.¹, JSPS Research Fellow²,

◯Yuusuke Takashima¹, Masanobu Haraguchi², Yoshiki Naoi

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

微小磁場の検出は多分野で応用されており、ホール素子や磁性流体等を用いた磁場センサーが報告されている。しかし、その測定には極低温状態や複雑な光学配置等が必要である[1,2]。今回、我々は2層 Ni-サブ波長周期構造(Subwavelength structure : SWS)を用いた簡単な垂直入射光学配置による微小磁場検出について検討を行ったので報告する。

2 層 Ni-SWS 構造を Fig.1 示す。SWS 中にはその周期的な屈折率コントラストから自由空間とは異なる光の固有モードが存在し、入射光とモードの波数が一致する場合両者で相互作用が発生する[3]。励起されたモードは上部と下部の SWS 間で干渉し、構造の透過率および反射率を決定する[4]。モードの位相は SWS を構成する材料の屈折率を強く反映しており、屈折率変動に対し敏感に変化する[2]。外部磁場が印加された場合、Ni の磁化により分極が変化する、すなわち等価的に Ni 屈折率が変動したとみなせるため上部と下部 SWS 間での干渉に変化が生じる。したがって、外部磁場の検出が可能である。本報告では固有モード波数分散関係を用いて、入射光とモード波数が一致するよう、周期 Λ 、格子幅 w 、格子高さ t 、SWS 間隔 d はそれぞれ、 $\Lambda=300$ nm, $w=200$ nm, $t=50$ nm, $d=100$ nm とした。また、上部と下部 SWS 間の物質は電子線リソグラフィ法による素子作製を考慮し、電子線レジストとした。本構造に p 偏光(電界が格子に垂直)平面波を垂直に入射した場合の電磁界分布を有限差分時間領域法により調査した。Figure 2 に2層 Ni-SWS における垂直反射強度の波長依存性を示す。また、同図に波長 550nm における電界分布を示す。Figure 2 に示すように波長 550nm 付近で反射率のピークが現れている。また電界分布においても上部 SWS-空気界面で格子部と空隙部の電界が同位相で反射が強め合う干渉になっていることが確認できる。本構造において外部磁場の印加を想定し、Ni の複素屈折率を変化させた場合の反射ピーク波長推移を Fig. 3 に示す。ピーク波長は Ni 複素屈折率の増加に対し短波側にシフトしており、その単位屈折率当たりの波長シフト量は 100 nm に達する。これらの結果は垂直入射の非常に簡単な光学配置において微小磁場検出が可能であることを示唆している。このような簡単な光学配置において高い感度が得られた原因としては、外部磁場による Ni-SWS の磁化は上層と下層両方の固有モードの位相変化現れるため、両者の干渉に強く影響したためであると考えられる。

以上のように2層 Ni-SWS 構造を用いて、垂直入射光学配置において高感度な磁場検出が可能であることを示した。謝辞：本研究の一部は JSPS 科研費 JP16J11232 の助成を受けたものです。

参考文献 [1] M. Pannetier et al., *Science* **304**, 1648-1650 (2004). [2] S. Dong et al., *Appl. Phys. Lett.* **103**, 111907 (2013). [3] C. J. Chang-Hasnain and W. Yang, *Adv. Opt. Photonics* **4**, 381-440 (2012). [4] Y. Ekinici et al., *Opt Express* **14**, 2323-2334 (2006).

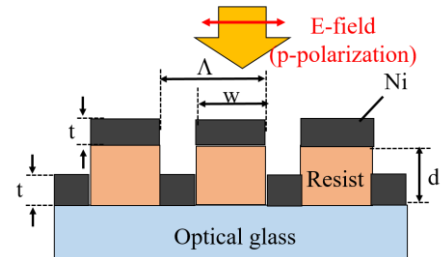


Fig.1 Schematic diagram of Ni-SWS

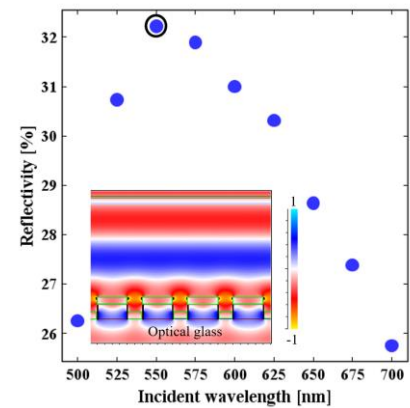


Fig.2 Reflectivity of bi-layer Ni-SWS

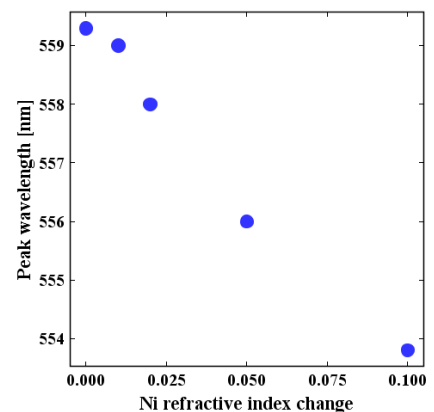


Fig.3 Peak wavelength shift with Ni refractive index variation