

アニール処理による Ni ナノ粒子を用いた微小磁場検出

Magnetic field sensing using Ni nano particles formed by thermal annealing

徳島大理工¹, °高島 祐介¹, 原口 雅宜¹, 直井 美貴¹

Tokushima Univ.¹, °Yuusuke Takashima¹, Masanobu Haraguchi¹, Yoshiki Naoi¹

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

光学式の磁場センサーは配線が不要かつ周囲の電磁ノイズ等の影響が少ないことから、宇宙等で動作するロボットの位置制御等に有効である。これまでに我々はナノ周期構造を用いた光学式磁場センサーを報告しているが、ナノ構造作製には電子線リソグラフィ等の複雑なプロセスが必要である[1]。今回、アニール処理によって形成した Ni ナノ粒子を用いて、磁場検出を実現したので報告する。

まず、c 面サファイア基板に結晶成長させた n 型 GaN 薄膜上に 15nm の Ni 薄膜を蒸着した。n 型 GaN 薄膜/サファイア基板を用いた理由は、将来的に発光ダイオード光源と磁場センサーの一体化を念頭に置いているためである。Ni を蒸着した試料を N₂ 雰囲気中において、800°C で 1 時間アニール処理を行った。アニール処理後の試料表面の走査型電子顕微鏡像(SEM: Scanning Electron Microscope)を Fig.1 に示す。Figure 1 に示すようにアニール処理を行った試料表面では、Ni が粒子状に凝集されていることが分かる。Ni 粒子の粒形はおよそ 100~200 nm 程度である。

作製した試料に直流磁場 B(向きは試料表面に垂直)を印加した場合の反射スペクトルを Fig.2 に示す。反射スペクトルには GaN の薄膜干渉が見られており、印加磁場の増加に伴いその反射率が増加している。特に変化の大きい波長 560 nm 付近の反射率磁場依存性(Fig. 2 中の赤点線部分)を Fig. 3 に示す。印加磁場 B の増加に伴いディップにおける反射率も増加しており、反射率の増加量は徐々に飽和しているのが分かる。この飽和は Ni 粒子のヒステリシス特性が原因であると思われる[2]。これらの実験結果は、過去の報告と同程度である数十 mT の磁場検出をアニール処理のみで実現できたことを示している[1, 3, 4]。

また、有限時間差分領域法により波長 560nm における Ni 粒子周囲の電磁場分布計算を行ったところ、粒子近傍には入射光の約 2 倍の電場が存在することが分かった。したがって、この強い電場によって磁気光学効果による誘電率の変化[5]が大きくなるため、磁場に対する反射率変化が大きくなったと考えられる。

以上のように、アニール処理により形成された Ni ナノ粒子を用いて、数十 mT オーダー磁場検出に成功した。

謝辞: 本研究の一部は科研費 JP18K04238 および General platform project of Tokushima University の支援によって行われた。

参考文献 [1] Y. Takashima *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 08PE01 (2018). [2] R. Ferré *et al.*, Phys. Rev. B **56**, 14066 (1997). [3] J. Dai *et al.*, Opt. Fiber Technol. **17**, 210 (2011). [4] D. Yang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **104**, 061903 (2014). [5] G. Dresselhaus *et al.*, Phys. Rev. **100**, 618 (1955).

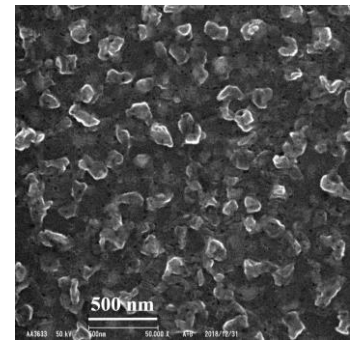


Fig.1 SEM image of Ni surface after annealing

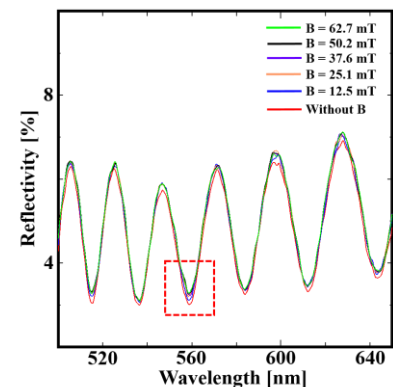


Fig.2 Reflectivity for the sample with Ni nanoparticles

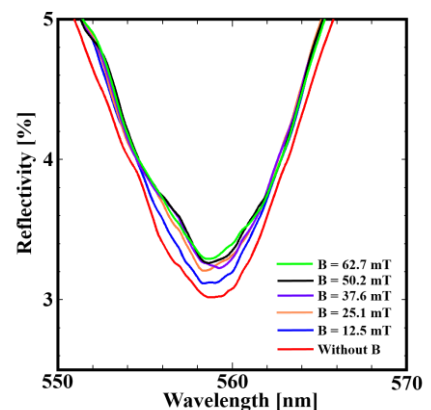


Fig.3 Dependence of Ni nano particle reflectivity around 560 nm wavelength on magnetic field intensity