

ODMR 上複数動作点を用いたダイヤモンド NV センタによる磁気センサ Magnetometry using multiple operation points on the ODMR of the diamond NV center

東工大¹, 量研²

○岩塚 春樹¹, 波多野 雄治¹, 増山 雄太², 小野田 忍², 大島 武², 岩崎 孝之¹, 波多野 睦子^{1,2}
Tokyo Inst. Tech.¹, QST²

Haruki Iwatsuka¹, Yuji Hatano¹, Yuta Masuyama², Shinobu Onoda², Takeshi Ohshima²

Takayuki Iwasaki¹, Mutsuko Hatano^{1,2}

【背景】ダイヤモンド基板中の NV センタを用いた磁気イメージングは生体親和性とナノスケールの空間分解能の特徴を活かせることから NV センタに好適な応用の一つである。そして、その高感度化には、温度・光量のドリフトを磁気信号から分離することが必要である。そのために我々は、ダイヤモンド基板中の NV センタの光検出磁気共鳴(ODMR; Optically Detected Magnetic Resonance)スペクトル上の動作点 4 点を用いて温度ドリフトの影響を除き磁気イメージングの感度を向上する方法を開発してきた[1]。その際、動作点の切り替えを 1 台のマイクロ波発振器のマイクロ波周波数を切り替えて行くと、 ~ 1 ms の切り替え時間が必要であり、4 点の測定を 1 周期とする測定時間の制約となっていた。本研究では 4 台のマイクロ波発振器およびダイオードスイッチを用いた繰り返し周波数 4 kHz の高速化を行った結果を報告する。

【実験方法及び結果】実験に用いた装置を図 1 に示す。4 台のマイクロ波発振器出力はダイオードスイッチにより順次切り替えダイヤモンドセンサに照射した。ダイオードスイッチの切り替え時間は ~ 1 μ s であった。同じタイミングでフォトダイオード出力をサンプルホールドした。ダイヤモンドセンサとして $2 \times 2 \times 0.3$ mm³ の Ib 基板に 10^{18} cm⁻² 電子線照射を行ったものを用いた。励起光としてレーザー 190 mW は端面を密着させたファイバから入出力し、ファイバから戻ってくる蛍光をダイクロミックミラーで分離し、フォトダイオードで検出した。4 つの動作点を図 2 に示すように、ODMR の最急傾斜点 f1~f4 に設定し、f1 と f2、f3 と f4 のサンプルホールド出力の各差分が 0 になるようにマイクロ波発振器の FM 変調入力にフィードバックを行い、各動作点をロックした。その状態で磁場 B は磁気回転比(28 Hz/nT)を γ とおくと $B=(f1+f2-f3-f4)/\gamma$ となる。f1 \rightarrow f2 \rightarrow f3 \rightarrow f4 \rightarrow f1 の 1 周を 4 kHz とした時の B の雑音レベルは 21 nT/ $\sqrt{\text{Hz}}$ であった。動作点を f1~f4 の何れか 1 点とした場合、雑音レベルは 1 μ T 以上であったので、f1 \rightarrow f2 \rightarrow f3 \rightarrow f4 \rightarrow f1 の切り替えにより AC 電源周波数(及びその高調波)を主とする実験室中の雑音の主要部を除けたと考えられる。

【考察】動作点を ODMR 上の最急傾斜点 f1~f4 ではなく 2 台のみのマイクロ波発振器を用いてピーク点 P1, P2 に設定し、(f2-f1)及び(f4-f3)の偏移幅で FM 変調を行う先行研究の方法[2]でも同様の雑音であることを確認した。周波数 4 点を逐次切り替える本方法は 4 台のマイクロ波発振器が必要ではあるが、各動作点周波数でのマイクロ波照射時間を任意に設定可能なため、イメージセンサの露光制御に適用容易で磁気イメージングに適する特徴が有り、今回はその原理動作を確認できたものである。

【謝辞】本研究は、MEXT,Q-LEAP(JPMXS0118067395)の支援を受けております。

【参考文献】 [1] Y. Hatano, Phys. Status Solidi A, 1800254 (2018) [2] J. Schloss PRA 10, 034044 (2018)

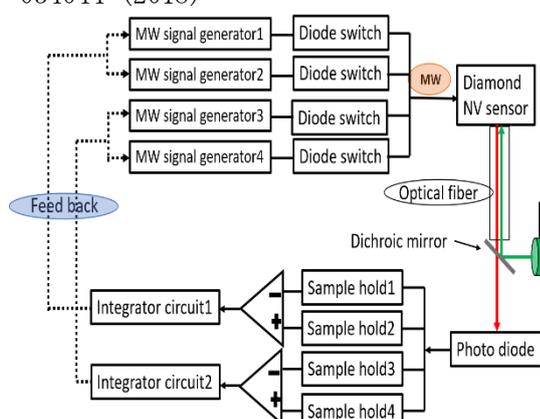


Fig. 1 Block diagram of the measurement set-up

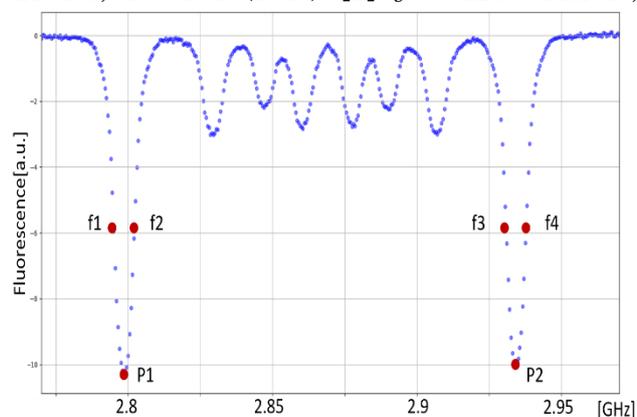


Fig.2 Four operation points (f1~f4) and two peak points (P1, P2) on the ODMR spectrum of the diamond sensor