

ダイヤモンド量子センサによる複数動作点同時計測時の感度評価 Sensitivity of the diamond quantum sensor in the simultaneous multiple operation point measurement

東工大¹, 量研²

○波多野 雄治¹、西谷 大祐¹、増山 雄太²、小野田 忍²、大島 武²、
荒井 慧悟¹、岩崎 孝之¹、波多野 睦子^{1,2}

Tokyo Inst. Tech.¹, QST²

○Yuji Hatano¹, Daisuke Nishitani¹, Yuta Masuyama², Shinobu Onoda², Takeshi Ohshima²,
Keigo Arai¹, Takayuki Iwasaki¹, Mutsuko Hatano^{1,2}

E-mail: hatano.y.aa@m.titech.ac.jp

ダイヤモンド結晶中の NV センタを用いたダイヤモンド量子センサは、磁場のみならず、温度・電界・圧力等複数の物理状態を、無シールド下で、同時計測可能な高感度マルチモーダルセンサとして有望である。複数の物理状態を計測するために、ODMR (Optically Detected Magnetic Resonance) スペクトル上の複数の共鳴点を追跡する必要がある。その際、広い動作範囲を安定に追跡可能とするため、マイクロ波周波数を複数の共鳴点に同時にロックさせる必要がある。本発表では、磁場・温度の同時計測が可能な 2 点ロック計測系の感度評価に関して報告する。

2 点ロック計測の測定系を Fig. 1(a) に示す。ダイヤモンドセンサとしては $2.0 \times 2.0 \times 0.7 \text{ mm}^3$ の Ib HPHT 結晶に 10^{18} cm^{-2} の電子線室温照射を行ったものを光ファイバ先端に接着、励起光 190 mW を加えた。光ファイバから戻ったダイヤモンドセンサからの赤色蛍光をフォトダイオードで検出した。ロックインアンプ→積分回路→マイクロ波発振器の外部 FM 変調入力への帰還ループを 2 系統設ける。マイクロ波発振器は周波数 F_{mod} の方形波で別の FM 変調も受けており、 F_{mod} に同期したロックインアンプ出力として得られる微分 ODMR を Fig. 1(b) に示す。微分 ODMR がゼロとなる一対の共鳴点に 2 つのマイクロ波周波数を同時にロックさせる。一対の動作点における信号を雑音 N_1 、 N_2 とドリフト D_1 、 D_2 に分けて Fig. 1(a) (b) 中に示す。これらの逆相成分 $(N_2 - N_1)/2$ 、 $(D_2 - D_1)/2$ 、同相成分 $(N_2 + N_1)/2$ 、 $(D_2 + D_1)/2$ の実測された周波数スペクトルを Fig. 2 に示す。 F_{mod} は 5 kHz とした。逆相成分は磁場に比例し、同相成分は $(\sim 82 \text{ kHz}/^\circ\text{C})/\gamma$ (磁気回転比) を比例定数として温度に比例する。Fig. 2 より $(N_2 - N_1)/2$ 、 $(N_2 + N_1)/2$ のノイズフロアが 1~500 Hz の帯域でフラットであり、この帯域内で $17 \sim 19 \text{ nT}/\sqrt{\text{Hz}}$ の感度での計測が可能である。ドリフト成分は除かれるので雑音電力平均値、Allan 分散として計測される感度も同じ値となる。1 Hz 以下でも $(D_2 - D_1)/2$ 、 $(D_2 + D_1)/2$ として磁場・温度ドリフトを分離計測可能である。1 Hz 以下での磁場ドリフト $(D_2 - D_1)/2$ の主要因は実験棟近傍の電車通過に伴うものであり、温度ドリフト $(D_2 + D_1)/2$ の主要因はレーザー・マイクロ波によるセンサ部の使用開始後の数 $^\circ\text{C}$ の温度上昇によるものであった。本計測技術は、温度と磁場を分離計測可能であるので車載電池応用[1]や生体計測応用に有効である。

謝辞 本研究は MEXT Q-LEAP (JPMXS0118067395) の支援を受けた。

[1] 申在原, 第 33 回ダイヤモンドシンポジウム

ム 314, 2019

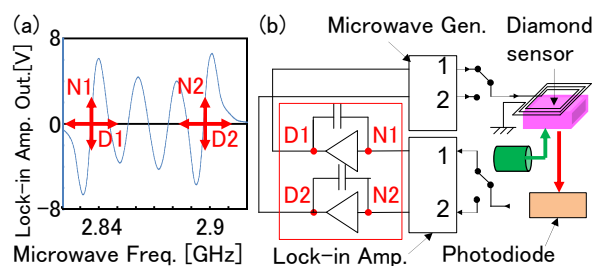


Figure 1. (a) Operation points and (b) set-up of the two-points measurement system.

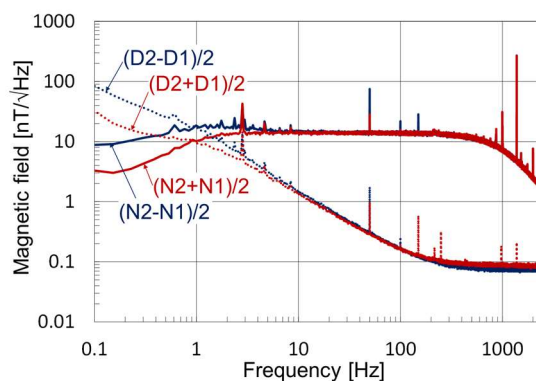


Figure 2. Frequency spectrum of the signals in the two-points measurement system.