

ダイヤモンド中 NV 中心の電子スピン多周波マイクロ波制御による 温度と磁場の複合センシング

Multiplexed Sensing of Temperature and Vector Magnetic field based on Manipulation of Electron Spin of NV Centers in Diamond using Multi-frequency Microwaves

1. 慶大理工, 2. 産総研, 3. 京大

○中橋 克弥¹, 松崎 雄一郎², 林 寛³, 水落 憲和³, 早瀬 潤子¹

Keio Univ.¹, AIST.², Kyoto Univ.³

°Katsuya Nakahashi¹, Yuichiro Matsuzaki², Kan Hayashi³, Norikazu Mizuochi³, and Junko Ishi-Hayase¹

E-mail: katsuya.n@keio.jp

ダイヤモンド中窒素空孔中心 (NV センター) は、室温大気圧下で動作する高感度・高空間分解能量子センサとして期待されている。NV センターを用いた従来の量子センサでは、単一周波マイクロ波 (MW) を用いて、特定の配向方向を有する NV センターの電子スピンを制御しセンシングを行う (Fig. 1(a))。この方法では、センサに用いない他の 3 つの配向方向を有する NV センターからの発光がノイズとなり、低感度になることが問題であった (Fig. 1(c))。そのため、温度センシングのためには単一の配向を持つサンプル、ベクトル磁場測定のためには 4 配向を持つサンプルと測定用途によってサンプルの使い分けがなされており、同一サンプルを用いて温度とベクトル磁場の両方を高感度にセンシングすることが困難であった。一方我々のグループでは、配向方向の異なる NV センター電子スピンを、多周波 MW を用いて同時に制御する新たなセンシング手法を開発した (Fig. 1(b))^[1]。この手法を用いることで、ダイヤモンド中に存在する 4 つの異なる配向方向を有する NV センターすべてをセンサとして用いることができ、ベクトル磁場センサの高感度化が可能であることを実証した (Fig. 1(d))^[2]。この手法を用いれば、4 配向を持つサンプルを用いて高感度な温度センシングを行えることが見込まれ、シミュレーションでは従来手法に比べ $2\sqrt{2}$ 倍高感度に測定できることを明らかにした。そこで本研究では、多周波 MW 制御技術を用いた温度センシング手法を実験的に実証するとともに、同手法を用いて同時にベクトル磁場センシングと温度センシングを同一の実験系で行う手法を実証する。

実験ではあらかじめ静磁場を印加し、NV センターの各配向軸の共鳴周波数を分離し独立に操作できるようにした。その後単一周波のマイクロ波を用いて 1 配向のみを用いた測定と 4 周波のマイクロ波を用いてすべての配向を用いた測定を行った。測定シーケンスについては交流磁場に関してはスピンエコーシーケンスを用い、温度測定に関してはラムゼーシーケンスを用いた。測定対象の磁場はサンプル表面に張ったワイヤーに電流を流すことによって生成し、温度変動はサンプル下面に設置したサーモプレートを用いて行った。交流磁場に関して単一周波と多周波の測定を行ったところ、単一周波で行った各配向の測定信号に比べ、多周波で行った測定信号強度が大きい様子が観察され、また多周波の測定結果は各軸の単一周波測定信号の和になっていることが確認された。講演では同様の実験を温度測定で行った実験に関して詳細な報告を行う。

本研究は MEXT KAKENHI (18H01502, 15H05868), Q-LEAP (No. JPMXS011806395), CSRN, Keio university の支援を受けて行なった。

Reference:

[1] S. Kitazawa, *et al.*, Physical Review A **96**, 042115 (2017).

[2] K. Yahata, *et al.*, Applied Physics Letters **114**, 022404 (2019).

[3] P. Neumann, *et al.* Nano Letters **13**, 2738 (2013).

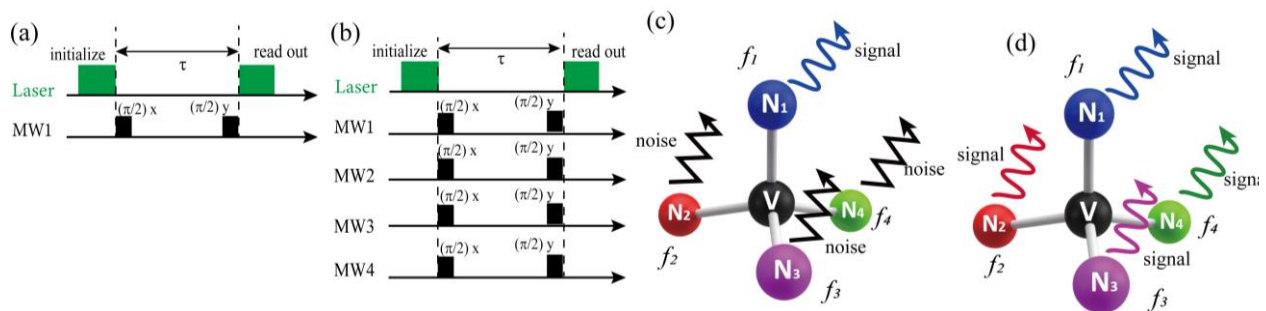


Fig. 1 (a)Single frequency measurement pulse sequence. (Ramsey sequence)
(b)Multi frequency measurement pulse sequence. (Ramsey sequence)
(c)Single frequency sensing. (d) Multi frequency sensing.