

スピン緩和モデルを用いた窒素空孔中心スピンの光学的読み出し最適化 Optimizing optical readout of nitrogen-vacancy center spins with spin relaxation model

慶應大¹, 産総研², 東大³, [○](M1)中村 祐貴¹, 渡邊 幸志², 伊藤 公平¹, 佐々木 健人³,
小林 研介³, 早瀬 潤子¹

Keio Univ.¹, AIST², Univ. Tokyo³, [○]Yuki Nakamura¹, Hideyuki Watanabe², Kohei M. Itoh¹,
Kento Sasaki³, Kensuke Kobayashi³, Junko Ishi-Hayase¹

E-mail: yuki-nmura@keio.jp

ダイヤモンド中の窒素空孔(NV)中心は、室温で光学的に初期化と読み出しができる量子ビットであり、高空間分解能な磁場センサーなどへ応用されている。NV中心のスピン状態を高精度に決定する技術は、センシングの高感度化につながる課題であるため、盛んに研究されている。殆どの研究では、NV中心のスピン状態は発光強度から決定される。NV中心にレーザーが照射されると、NV中心は発光を伴いながら500 nsec程度でその電子スピン状態が初期化する。この限られた時間中に得られる光子数は0.02程度と少ない。スピン状態の決定に十分な光子数を得るためには、何万回も測定を繰り返す必要がある。先行研究では、この繰り返し回数を減少させるために、発光強度の時間分解データに重み付けを行う技術が提案されている[1]。NV中心が完全に初期化した状態($m_s = 0, -1$)の発光強度を参照データとして取得し、直接重み付け係数として用いる。最近では、機械学習を用いて重み付け係数を調整する手法も提案されている[2]。しかし、これらは参照データの信号ノイズ(SN)比が高くないと機能せず、その積算時間にも時間を要してしまう。また、これらの手法を定量的に比較した文献は存在しない。

本研究では、参照データをスピン緩和モデルで滑らかにフィッティングした結果を重み付け係数にする手法を提案し、先行研究[1][2]との比較を行った。どちらの先行研究の手法においても、精度向上効果を得るためには1分程度の参照データの積算時間が必要であったが、本手法では、3秒という短い積算時間で7%の読み出し精度の向上が得られた。この結果は、ラビ振動のような日常的に行う数分の短い測定の効率化に本手法が有用であることを意味する。さらに、ナノスケール核磁気共鳴(NMR)などの長時間の測定で利用されている、核スピンメモリを用いた光学読み出し手法[3]に対しても、本手法を適用した。その結果、従来手法に比べて11%高いSN比を得た。これは単一核スピンNMR分光など、数日間の長い測定が要する実験においても、本手法が強力に機能することを示す。

本研究は MEXT KAKENHI (18H01502, 19H02547, 19H00656, 19H05826), Q-LEAP (No. JPMXS0118067395), CSRN, Keio university の支援を受けて行った。

[1] A. Gupta *et al.*, J. Opt. Soc. Am. B **33**, B28 (2016).

[2] P. Qian *et al.*, Appl. Phys. Lett. **118**, 084001 (2021).

[3] N. Aslam *et al.*, Science, **357**, 67 (2017).

[4] Y. Nakamura *et al.* (in preparation).