

発光強度の重み付けによるダイヤモンド量子ビットの読み出し最適化

Optimizing the readout of diamond qubits by weighting the luminescence intensity

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

近年、ダイヤモンド中の窒素空孔(NV)中心は、高空間分解能な磁場センサーなど、その量子制御技術応用が注目されている。NV中心のスピン状態を高精度に決定する技術は、センシングの高精度化につながるなど、利用価値が高いため、盛んに研究されている。

殆どの研究では、NV中心のスピン情報は発光強度によって読み出されている。NV中心のスピンはレーザー照射による光学励起で初期化し、スピン状態依存の発光強度により読み出せる。初期化と読み出しは同時に起こり、スピンの情報を持った光子はレーザー照射からおおよそ500 nsの間しか得られない。一回の読み出しで得られる光子数は少なく(0.02光子程度)、十分な光子数が得られるまで、同じプロトコルを何度も繰り返す必要がある。この少ない光子数は読み出し精度を制限する主要因であり、光子のもつスピン情報を最大限にするデータ処理が重要となる。

先行研究では、NV中心の発光強度の時間分解データに重み付けを行い、読み出し精度を向上する技術が提案されている[1]。特徴的なスピン状態、 $m_s = 0$ と $m_s = -1$ のデータの差分を直接参照して重み付けの係数として利用することで7 %程の効率向上が確認された。最近では、参照データを機械学習して最適化する手法も提案されている[2]。しかし、この最適化法の妥当性や、文献[1]と比較して向上した点についての議論は曖昧であり、具体的に示されていない。

本研究では、NV中心の発光強度の時間分解データの重み付け手法[1, 2]の比較を行った。その結果、文献[2]の手法の方が、信号ノイズ比の低い(測定時間が短い)データにおいて、解析精度が高い結果を得た。ただし、信号ノイズ比の高いデータにおいては、文献[1]と変わらない精度に留まった。今後、窒素核スピンを利用したNV中心のシングルショット読み出し法[3]など、複数回連続して読み出しを行う技術に対して、このアイデアを適用することを予定している。時間とともに変化する光子の検出確率を考慮するだけで少しでも精度が向上できれば、単一核スピン計測など、数日といった長い測定時間スケールで行うセンシング実験において大切な利得になる。

本研究は MEXT KAKENHI (18H01502), 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] P. Neumann *et al.*, Science **329**, 529 (2010).