

# 数値計算による窒素核スピンを用いたダイヤモンド磁気センサの感度評価

## Numerical simulation of sensitivity improvement of nuclear-spin-assisted diamond magnetometry

東工大<sup>1</sup>, <sup>○</sup>(M1) 藤崎 伊久哉<sup>1</sup>, 水野 皓介<sup>1</sup>, 荒井 慧吾<sup>1</sup>, 岩崎 孝之<sup>1</sup>, 波多野 睦子<sup>1</sup>

Tokyo Tech<sup>1</sup>, <sup>○</sup>(M1) Ikuya Fujisaki<sup>1</sup>, Kosuke Mizuno<sup>1</sup>, Keigo Arai<sup>1</sup>, Takayuki Iwasaki<sup>1</sup>, Mutsuko Hatano<sup>1</sup>

E-mail: fujisaki.i.aa@m.titech.ac.jp

ダイヤモンド中の NV センタは、常温で長いコヒーレンス時間を備えた電子スピン系を持つ。このスピン系はマイクロ波操作と蛍光によるスピン状態の測定が可能であるため、高感度磁気センサとしての応用が期待されている。磁気感度は蛍光のショットノイズにより制限されることから、感度向上のためには検出される蛍光光子数を増大させることが重要である。1つの方法として核スピンを用いた測定が挙げられ、単一 NV センタを用いた先行研究[1]では NMR の XY8 測定に核スピンへの転写と量子非破壊 (QND) 測定を適用して 1/10 倍の低ノイズ化を実現している。ここで QND 測定の精度は静磁場の強度・角度ずれといった実験条件に強く影響される。本研究では、静磁場に関する実験条件と QND 測定の精度の関係について数値計算により評価を行い、さらに QND 測定を磁気計測に適応した場合に得られる感度について考察した。

NV センタ中の窒素核スピン ( $^{14}\text{N}$ ) を想定し、Lindblad 方程式を用いて QND 測定中のダイナミクスを数値計算した。電子スピン及び核スピンの量子状態の時間発展から、QND 測定で検出される光子数とショットノイズレベルを求めた。図 1(a)に示すように、QND 測定無しの場合と比較して、静磁場強度 250 mT で角度ずれ無し (0.0 度) の場合には、ショットノイズを 0.04 以下に低減できることがわかった。また角度ずれが 1.0、2.0 度と大きくなると、ショットノイズ低減効果が抑制され、静磁場の高度な制御が重要であることがわかった。以上の結果をもとに、QND 測定によって期待される感度を見積もった。Fig.1(b) に QND 測定有無における AC 磁気測定プロトコルを示す。NMR 計測で使用される XY8 correlation 測定[2]に QND 測定を組み合わせた場合、感度が 9.3 倍に改善できることがわかった。ここで静磁場 250 mT、角度ずれなし、XY8 の計測時間 50  $\mu\text{s}$ 、correlation の計測時間を 1.0 ms とした。また NV センタの特性として縦緩和時間 1.7 ms、横緩和時間 50  $\mu\text{s}$  を仮定している。

本研究は文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) JPMXS0118067395 の助成を受けたものです。

[1] I. Lovchinsky *et al.*, *Science* **351**, 6275, 836 (2016)

[2] T. Staudacher *et al.*, *Nature Communications* **6**, 8527 (2015)

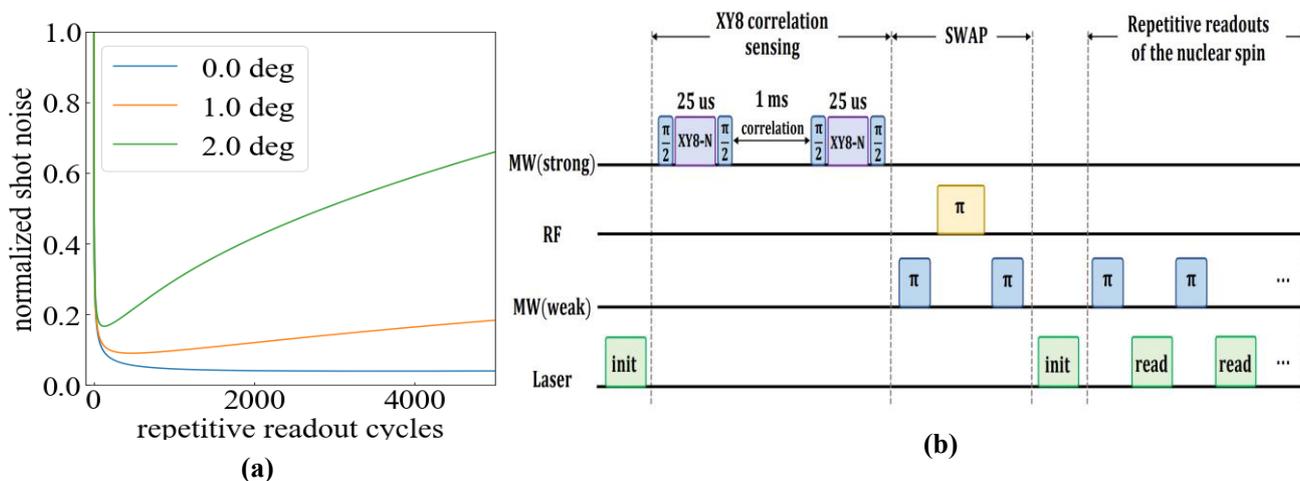


Fig. 1. (a) Normalized shot noise as a function of repetitive QND readout cycles for each misalignment of magnetic field angle. Repetitive readouts of the nuclear spin increase the detectable photon and decrease the noise level. (b) AC magnetic field sensing protocol: XY8 correlation measurement with  $^{14}\text{N}$  ancilla spin.