

高配向・高密度 NV センタアンサンブルを用いた交流磁場測定 AC magnetometry using highly-aligned and high-density NV center ensemble

○田原 康佐、小澤 勇斗、岩崎 孝之、波多野 睦子 (東工大、JST-CREST)

○K. Tahara, H. Ozawa, T. Iwasaki, M. Hatano (Tokyo Tech, JST-CREST)

E-mail: tahara.k.ac@m.titech.ac.jp

ダイヤモンド中の窒素-空孔中心 (NV センタ) は、そのスピン状態 ($S=1$) の光による初期化・読み取りと、電子スピン共鳴による操作が室温で可能であり、量子センサや量子情報処理への応用が期待される。顕微鏡 (μm) スケールでの磁場イメージングセンサ応用を考えたとき、必要な視野内に均一な信号を得るためには、高密度な NV センタアンサンブルが必要となる。CVD 法による NV センタの選択配向を用いることで、アンサンブル測定時のスピン状態の検出コントラストを向上し、センサを高感度化できると期待される。このような目的で、著者らは CVD 法による高配向・高密度 NV センタアンサンブルの作製を行い、80%以上の配向率・ 10^{15} cm^{-2} 以上の密度を持つ試料を実現してきた。[1] 本研究では、これらの試料を交流磁場センサとして動作させ、性能を評価した。交流磁場センサとしての動作は、スピンエコー法を拡張した Dynamical Decoupling 法[2] を、共焦点顕微鏡の1スポット内に存在する複数の NV センタに適用して行った。

図1に NV センタアンサンブルのラビ振動を示す。比較としてイオン注入により作製した NV センタアンサンブルの結果を示した。選択配向した CVD 試料は、無配向のイオン注入試料に比べ、2.4 倍大きい振幅 (スピン状態の検出コントラスト) を持つ。図2は、XY8 法 (π パルス数 24) を用いて $f=1.5625 \text{ MHz}$ の正弦波交流磁場を検出した際のセンサ出力である。交流磁場に対する発光強度の変化が、理論通り正弦波で表される[2]。ゼロ磁場付近において、CVD 試料はイオン注入試料に比べ 1.4 倍の傾き (dI/db_{AC}) を持つことがわかった。磁気感度 η (単位時間で検出可能な最小の磁場) は、単位時間測定を行ったときの発光強度のゆらぎ (標準偏差) を σ_I として、 $\eta = \sigma_I / (dI/db_{AC})$ と表される。CVD 試料は NV センタ密度・発光強度がより大きいことから、 σ_I はイオン注入試料の 1/7 程度となった。その結果、イオン注入試料では $\eta = 350 \text{ nT/Hz}^{1/2}$ 程度であるのに対し、CVD 試料では $\eta = 35 \text{ nT/Hz}^{1/2}$ と 10 倍高い磁気感度を得ることができた。

CVD 試料のスピン緩和時間 T_2 は $2.3 \mu\text{s}$ とイオン注入試料 ($11 \mu\text{s}$) と比較し小さい値となったものの、高い検出コントラストと NV センタ密度により高い磁気感度が得られ、CVD 法による高配向・高密度 NV センタアンサンブルの有用性が確かめられた。NV センタ密度・配向率・スピン緩和時間を最大化することで、今後のさらなる感度向上が期待できる。

[1] K. Tahara *et al.* APL **107**, 193110 (2015) [2] de Lange *et al.* PRL **106**, 080802 (2011), Naydenov *et al.* PRB **83**, 081201 (2011)

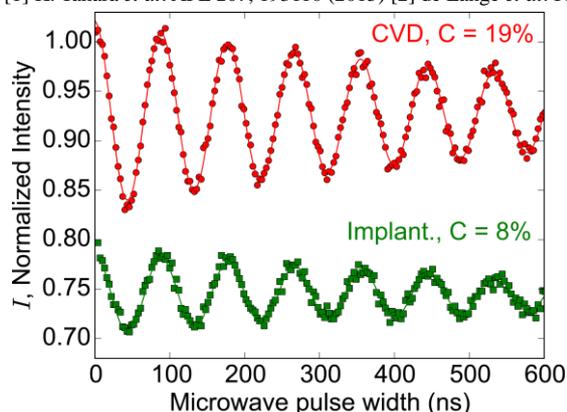


Fig 1. Optically detected Rabi nutation for each NV center ensemble. Lower data (implant.) is offset by -0.2 for clarity.

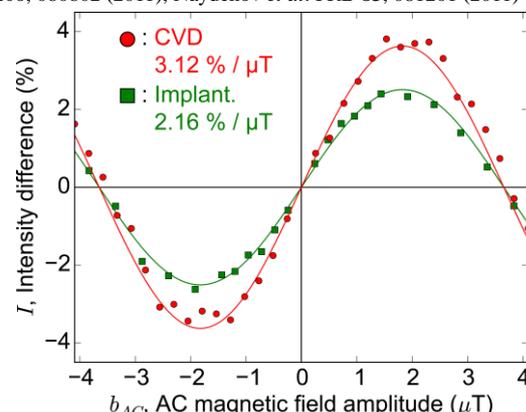


Fig 2. Intensity as a function of AC magnetic field amplitude under XY8-24 AC magnetometer operation.