

ダイヤモンドNV中心を用いた交流磁場測定における有限パルス幅の影響

Effects of finite-width pulses in decoupling sequences on AC magnetometry using
nitrogen-vacancy centers in a diamond

産総研¹、名古屋大工²

○石川豊史¹、吉澤明男¹、柏谷聡^{1,2}、馬渡康德¹、渡邊幸志¹

AIST¹, Nagoya Univ.², °Toyofumi Ishikawa¹, Akio Yoshizawa¹, Satoshi Kashiwaya^{1,2},

Yasunori Mawatari¹, Hideyuki Watanabe¹

E-mail: toyo-ishikawa@aist.go.jp

ダイヤモンド中の窒素-空孔発光中心 (NV 中心) の量子状態を利用した超高感度磁気センサー (量子センサー) の研究開発が活発に進められている [1- 4]。複数のパルスで構成されるダイナミカルデカップリングは量子重ね合わせ状態の位相に対する周波数フィルターの役割を果たすため、量子センサーのコヒーレンス時間の向上や、ある特定周波数の交流磁場検出に有用であり、量子センサーの検出感度および周波数高分解能の向上に用いられている [5]。通常、ダイナミカルデカップリングの周波数特性は、パルス幅を無視した場合でのフィルター関数モデルによって議論され[1, 6]、より優れた量子センシング技術開発に利用されている [7]。しかし、実際の実験や量子センシングの実用においてパルス幅は有限であり、その影響がセンシング結果にどのように影響するかを評価する必要がある。本研究では、量子センシング方式による交流磁場測定で検出した信号がパルス幅によってどう変化するかを、理論モデルを構築し、実験によって評価した。

本研究では、同位体制御 ^{12}C ダイヤモンド薄膜中の NV 中心集団 ($\sim 3 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$) を量子センサーとして用いた。同位体制御薄膜の成膜には原料ガス $^{12}\text{CH}_4$ (^{12}C > 99.999%) を使用した。デカップリングシーケンス (Hahn エコー、Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG) シーケンス、XY8 シーケンス) と同期させた交流磁場を、 π パルス幅を変えながら測定を行ったところ、図 1 のような結果が得られた。図 1 は CPMG-2 での交流磁場 (周波数 500 kHz) の測定結果を示しており、パルス幅が長くなるにつれて交流磁場に起因する量子センシング信号がシフトしていく様子が観測された。図中の実線は、有限パルス幅を考慮した理論モデルに基づいてプロットしている。この理論モデルと実験結果がよく一致していることから、量子センシング信号のシフトはパルス幅由来であることを理論的にも確かめた。交流磁場の周期がパルス幅よりも遥かに長い場合でも、パルス幅による信号のシフトが観測されており、その詳細は理論モデルと併せて当日の発表にて報告する。

本研究の一部は、JSPS 科研費若手研究(B)17K14079、JSPS 科研費 JP15H05853、JST 先端計測分析技術・機器開発プログラムの助成を受けたものです。

参考文献: [1] C. L. Degen, et al., Rev. Mod. Phys. **89**, 035002 (2017). [2] R. Schirhagl, et al., Rep. Prog. Phys. **77**, 056503 (2014). [3] K. Ohashi, et al., Nano Lett. **13**, 4733 (2013). [4] 石川豊史他, 第 31 回ダイヤモンドシンポジウム講演要旨集, 210-211(2017). [5] L. M. Pham et al., Phys. Rev. B **86**, 045214 (2012). [6] L. Cywiński, et al., Phys. Rev. B **77**, 174509 (2008). [7] S. Schmitt, et al., Science **356**, 832 (2017).

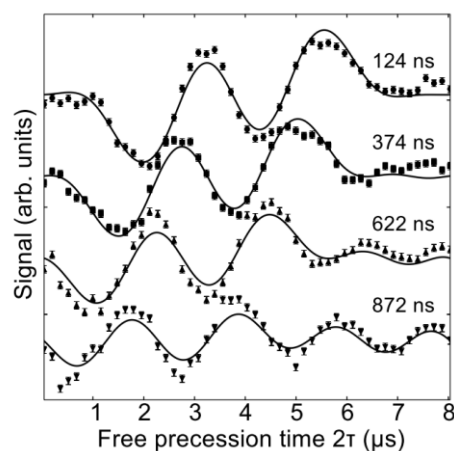


図 1 : CPMG-2 シーケンスを用いた量子センサーによる交流磁場測定の結果。図中にそれぞれの測定に用いた π パルス幅を記載している。