ダイヤモンド NV 量子センサーを用いた交流磁場位相測定

Detection of phase shift of an alternate-current magnetic field by NV quantum sensors

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]、馬渡康徳 [1]、渡邊幸志 [1]

AIST[1], Nagoya Univ.[2], °Toyofumi Ishikawa[1], Akio Yoshizawa[1], Satoshi Kashiwaya[1,2],

Yasunori Mawatari[1], Hideyuki Watanabe[1]

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、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。通常、ダイナミカルデカップリングを利用した交流磁場検出は交流磁場の振幅を如何にして高感度に測定するかを中心に研究が進められている。しかし、マイクロ波分光においては振幅だけでなく位相情報も重要なパラメータであり、電気回路の正確な評価には振幅と位相の両者の変化を測定しなければならない。そこで本研究では、量子センシング方式による交流磁場測定において、どこまで高感度に位相を検出できるかを実験および理論から考察した[5]。

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（~ 3×10^{14} 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 $^{12}CH_4$([^{12}C] > 99.999%)を使用した。デカップリングシークエンス（Carr-Purcell-Meiboom-Gill（CPMG）シークエンス、XY8 シークエンス）と、位相差が 90 度となるように交流磁場を同期させ [図 1 (a)]、そのとき得られた量子センサーからの信号を基準として実験を行った。交流磁場の位相を、位相差 90 度からわずかに変化させたところ、図 1(b)のような結果が得られた。図 1(b)の実線は、有限パルス幅を考慮した理論モデル [6] に基づいてプロットした。この理論モデルを基に位相検出感度を導出したところ、パルス数 $N = 256$ のときに、本研究で用いた NV 量子センサーでは 10^{-3} オーダーの位相検出感度であることがわかった。当日の発表では上記の詳細に加え、パルス数や交流磁場振幅の依存性などを含めた交流磁場位相検出の高感度化に関する考察を報告する。

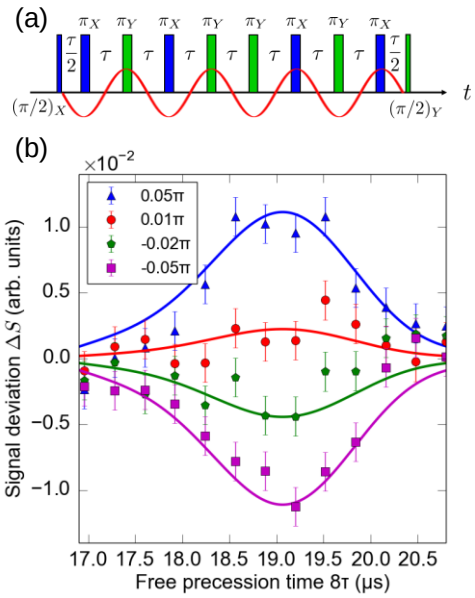

図 1 ：(a) XY8-1 シークエンスと交流磁場。お互いの位相差が 90 度なるように同期している。(b) 交流磁場の位相を位相差 90 度から変化させたときの信号の変化。

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] T. Ishikawa et al., arXiv:1808.03784 [quant-ph] (2018). [6] T. Ishikawa et al., Phys. Rev. Applied **10**, 054059 (2018).

© 2019年 応用物理学会