

RF-Dressed 状態による ダイヤモンド中 NV 中心を用いた温度センサの高感度化

Highly-sensitive temperature sensing using RF-dressed states of nitrogen-vacancy centers in diamond

慶大理工¹, 産総研², 京大³

○(M1)田淵 響¹, 古谷 登¹, 松崎 雄一郎², 渡邊 幸志², 水落 憲和³, 早瀬 潤子¹
Keio Univ.¹, AIST.², Kyoto Univ.³

○(M1)Hibiki Tabuchi¹, Noboru Furuya¹, Yuichiro Matsuzaki², Hideyuki Watanabe²,
Norikazu Mizuochi³, and Junko Ishi-Hayase¹

E-mail: hibiade0914@keio.jp

【背景・目的】近年、様々な分野において、ナノスケールの空間分解能、かつ幅広い温度帯域を持つ温度センサのニーズが高まっている。そのような温度センサの有力候補として、ダイヤモンド中窒素空孔中心(NV センター)がある。NV 電子スピンのゼロ磁場分裂の温度変化を CW-ODMR^[1]で読み出す温度センシングでは、セットアップが簡便、応答速度の遅い検出器と親和性が良いという利点があるが、Pulse-ODMR^[2]を用いた温度センサに比べて感度が低いという欠点があった。そこで本研究では、RF-Dressed 状態^[3,4]を利用した、CW-ODMR 温度センサの高感度化を提案する。

【方法】ゼロ磁場もしくは NV 配向に対して垂直な静磁場下での NV 電子スピンの固有状態は $|0\rangle$, $|B\rangle=(|+1\rangle+|-1\rangle)/\sqrt{2}$, $|D\rangle=(|+1\rangle-|-1\rangle)/\sqrt{2}$ と表される。 $|B\rangle$ - $|D\rangle$ 間遷移に共鳴するラジオ波(RF 波)を印加すると、RF-Dressed 状態が生成され、 $|B\rangle$, $|D\rangle$ 準位はそれぞれ 2 つに分裂する(Fig. 1)。RF-Dressed 状態の共鳴周波数の温度変化を CW-ODMR で読み取ることで、温度センサとなる。RF-Dressed 状態では RF 波強度が強くなるほど環境ノイズの影響が抑えられ、RF 波を印加しない場合と比較して CW-ODMR スペクトルの線幅が狭くなるため、温度センサ感度が高くなることが期待される。実験では垂直磁場下で RF 波(6.88 MHz)を連続的に印加しながら、同時にグリーンレーザー(532 nm)とマイクロ波(MW)を照射して、CW-ODMR スペクトルを取得した。CW-ODMR スペクトル中の dip の傾きとコントラストの標準偏差から温度センサの感度を見積もった。

【結果】RF 波印加時の CW-ODMR スペクトルの一例を Fig. 2 に示す。RF-Dressed 状態に対応する 4 つの dip が観測され、RF 波を印加していない場合に比べて線幅が約 0.6 倍程度と狭くなった。さらに RF が弱いときは、ローレンツ関数の重ね合わせでは説明できない Sharp dip^[5]が観測され、さらに線幅が狭くなることが分かった。Sharp dip は Lindblad マスター方程式を用いた理論計算により精度高くフィッティングできることを見出した。今回我々が提案した手法による感度は、0.093 K/ $\sqrt{\text{Hz}}$ と見積もられ、従来の CW-ODMR 温度センサと比較すると、1 桁以上感度が向上することが分かった。この結果、RF-Dressed 状態を利用することで、環境ノイズの影響が抑えられ、温度センサの感度が向上可能であることが示された。

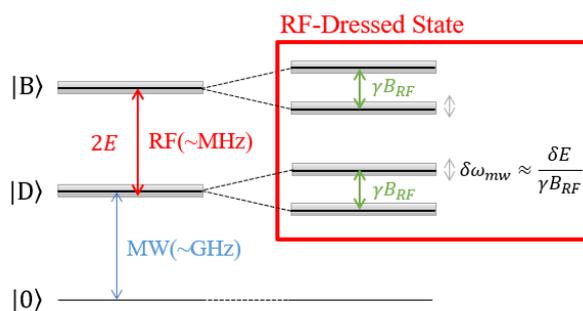


Fig. 1 Energy level

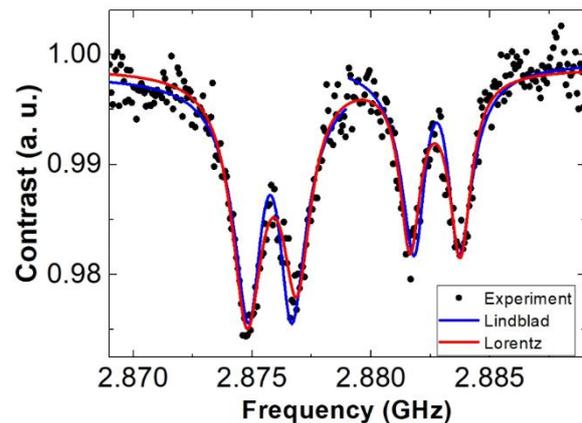


Fig. 2 CW-ODMR spectra

This work supported by MEXT KAKENHI(18H01502,15H05868), Q-LEAP(No.JPMXS0118067395), CSRN, Keio university

[1] G. Kucsko, *et al.*, Nature, **500**, 54 (2013). [2] J. Wang, *et al.*, Phys. Rev., **B**, 155404 (2015). [3] T. Yamaguchi, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **58**, 100901 (2019). [4] S. Saijo, *et al.*, Appl. Phys. Lett., **113**, 082405 (2018). [5] Y. Matsuzaki, *et al.*, J. Phys. Condens. Matter., **28**, 275302 (2016).