

交差型広帯域高周波導波路基板を用いた、 アンサンブル NV センタのスピンの緩和時間 T_2^* 伸長の検証

Crossed broadband coplanar-waveguide circuits for extension of the spin dephasing time
 T_2^* of NV-center ensembles in bulk diamonds

東工大¹, 量研², 物材機構³ ◯関口武治¹, 上坪優希¹, 増山雄太², 谷口尚³, 宮川仁³, 真栄力³,
小野田忍², 佐伯誠一², 石井秀弥², 寺地徳之³, 大島武², 岩崎孝之¹, 波多野睦子^{1,2}

Tokyo Tech¹, QST², NIMS³ ◯Takeharu Sekiguchi¹, Yuki Kamitsubo¹, Yuta Masuyama², Takashi
Taniguchi³, Masashi Miyakawa³, Chikara Shinei³, Shinobu Onoda², Seiichi Saiki², Shuya Ishii²,
Tokuyuki Teraji³, Takeshi Ohshima², Iwasaki Takayuki¹, Mutsuko Hatano^{1,2}

E-mail: sekiguchi.t.aq@m.titech.ac.jp

ダイヤモンド中の NV センタは、次世代の高感度磁気センサとして一分子 NMR や脳磁計測など様々な分野への応用が研究されている。DC 磁場センシングの高感度化において、センサ材料に内在するノイズ源に注目すると、ダイヤモンド結晶中の歪や他の欠陥の制御が重要である。そこで、我々はこれらのノイズ源を結晶成長及び NV センタ形成の実験条件の最適化により減らすとともに、これらの影響を実効的に抑制する計測手法の開発を行っている。計測手法については、NV センタに共鳴する 2 周波数のマイクロ波(MW)を印加して歪ノイズを低減する手法(DQ: Double Quantum)とともに、P1 センタ(置換窒素)に共鳴する多周波数のラジオ波(RF)を印加して P1 による磁気ノイズを低減する手法(SBD: Spin Bath Drive)が、顕微鏡レベル(センサ体積 10^{-5} mm³)で実証されている[1]。我々はこの手法をミリメートルサイズのダイヤモンドセンサに適用するための準備として、広帯域のコプレーナリ導波路基板と共振型のコプレーナリ導波路基板を貼り合わせることで、いずれの導波路を用いても NV の Rabi 周波数として 1 MHz 以上が得られることを報告した[2]。

本講演では、内在ノイズを抑制する計測手法開発の一環として、広帯域なコプレーナリ導波路を 2 枚組み合わせて DQ および SBD を適用した場合の、スピン緩和時間 T_2^* の伸長効果について報告する。電子線照射した厚さ約 0.3 mm の高温高压合成ダイヤモンド結晶に対して、コプレーナリ導波路の線路幅を変えて Rabi 周波数の大きさと空間分布を計測し、最適な線路幅を求めた。この回路を用いて、DQ および SBD 手法を実装したところ、 T_2^* として 2 倍程度の伸長(0.8 → 1.6 μ s)が確認された。しかしこの値は、本試料の P1 濃度(1 ppm)で律速される T_2 値(≈ 160 μ s)はおろか T_2^* 値(≈ 10 μ s)よりもかなり短く、DQ および SBD 効果が十分に得られなかったことを示している。この原因として、MW・RF の磁場振幅つまり Rabi 周波数が充分ではなく DQ および SBD の制御が不完全であった可能性、DQ 法を適用するには試料内の歪が大き過ぎた可能性、が考えられる。今後は、DC 感度向上のために、ダイヤモンド結晶の成長・電子線照射条件最適化および MW・RF 印加手法の改善とともに、センサ体積を増やすための光学系の改良も含めた研究開発を進める。

本研究は、MEXT Q-LEAP(JPMXS0118067395, JPMXS0118068379)の支援を受けています。

[1] E. Bauch *et al.*, PRX **8**, 031025 (2018).

[2] Y. Kamitsubo *et al.*, The 67th JSAP Spring Meeting, 14p-D221-12 (2020).