

低濃度ホウ素ドーパダイヤモンド中における単一 NV 中心の電荷安定性 Charge Stability of Single Nitrogen-Vacancy Centers in Lightly Boron-Doped Diamond

物材機構¹, 学振特別研究員², 量研機構³ ○蔭浦 泰資^{1,2}, 笹間 陽介¹, 真栄 力¹,

寺地 徳之¹, 山田 圭介³, 小野田 忍³, 山口 尚秀¹

NIMS¹, JSPS PD², QST³ ○Taisuke Kageura^{1,2}, Yosuke Sasama¹, Chikara Shinei¹, Tokuyuki Teraji¹,

Keisuke Yamada³, Shinobu Onoda³, Takahide Yamaguchi¹

E-mail: KAGEURA.Taisuke@nims.go.jp

ダイヤモンド中の窒素-空孔(NV)中心の電子スピンは、室温における優れたスピン制御性や長いコヒーレンス時間のために、高性能量子演算・高感度量子センサへの応用が期待されている。高性能な NV 量子デバイスの実現には NV 中心の電荷状態を負に安定化させることが重要であり、リン等のドナードーピング¹や窒化等の表面修飾^{2,3}が行われてきた。一方、ホウ素等のアクセプタは電子トラップとして働き、NV 中心を正に帯電させるあるいは中性にさせると考えられてきた。本研究では、ダイヤモンド中のホウ素濃度が低い場合には負に帯電した単一 NV 中心が形成できること、さらにスピン操作が可能であることを報告する。

我々は、マイクロ波プラズマ化学気相堆積法により低濃度ホウ素ドーパ薄膜 ($[B]=1\times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $[N]<6\times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$) を作製し、イオン注入法によりその表面近傍約 3.6 nm の位置に単一 NV 中心を形成した。その後酸素アニールにより酸素終端表面を形成した。20 個の NV 中心に対して光検出磁気共鳴計測を実施した結果、19 個の NV 中心で印加磁場に対応する周波数における蛍光強度の減衰を観測した。このような磁気共鳴は NV 中心が負に帯電した時のみ観測されるものであるため、観測された NV 中心は負に帯電していると考えられる。この負の帯電は従来のバンドモデルでは説明できず、レーザー励起による二光子過程によるものであると考えた。そこで、レーザー非照射時間の存在するパルス計測下における電荷安定性をラビ振動コントラスト値により評価した (Fig.1)。サンプルには、ホウ素濃度や表面終端形成手法を変えたものを用いた。その結果、高濃度 ($[B]=1\times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) かつ酸溶液処理表面の場合をのぞき明瞭なラビ振動が観測され、パルス計測下においても負の帯電が確認された。これは、レーザー励起により形成された負の帯電がラビ計測の時間スケールでは完全に消失していないことを意味する。Fig.1(b)におけるコントラスト値のばらつきは個々の NV 中心の電荷安定性の違いを示しており、この違いは NV 中心近傍に存在する最近接のドーパント種およびその距離に依存していると考察された。

本研究は、低濃度ドーパダイヤモンド中における単一 NV 中心の電荷安定性に関する新たな知見を与えるものであり、NV 量子デバイスの更なる発展に寄与する成果である。

[参考文献]

1. Y. Doi *et al.*, Phys. Rev. B, 93, 081203(R) (2016)
2. S. Kawai *et al.*, J. Phys. Chem. C, 123(6) 3594-3604 (2019)
3. A. Stacey *et al.*, Adv. Mater. Interfaces, 6(3) 1801449 (2019)

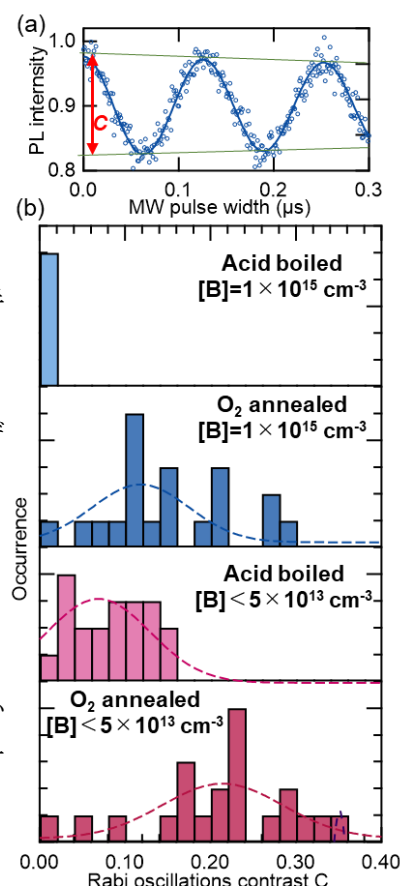


Figure 1. (a) Typically observed Rabi oscillations and (b) the distributions of C