

フタロシアニンイオン注入により形成された NV センターの コヒーレンス時間の評価

Coherence Time Evaluation of NV Centers Created by Phthalocyanine Ion Implantation

群馬大¹, 量研², ウルム大³, 物材機構⁴, 筑波大⁵

○(M2) 木村晃介^{1,2}, 小野田忍^{2,3}, Roberto Sailer³, Johannes Lang³, Christoph Findler³,
山田圭介², 加田渉¹, 寺地徳之⁴, 磯谷順一⁵, Fedor Jelezko³, 花泉修¹, 大島武²

Gunma Univ.¹, QST², Univ. of Ulm³, NIMS⁴, Univ. of Tsukuba⁵

○K. Kimura^{1,2}, S. Onoda^{2,3}, R. Sailer³, J. Lang³, C. Findler³, K. Yamada², W. Kada¹, T. Teraji⁴,
J. Isoya⁵, F. Jelezko³, O. Hanaizumi¹, and T. Ohshima²

E-mail: t201d028@gunma-u.ac.jp, kimura.kosuke@qst.go.jp

【はじめに】

ダイヤモンド中の窒素・空孔(NV)センターは、室温で優れた磁気光学特性を持つ量子ビットとして知られている。近接した位置に形成された NV センター配列は双極子-双極子相互作用によって結合され、多量子ビット量子レジスタとして利用できる。我々は、2019 年に有機化合物($C_{32}N_8H_{18}$)イオンをダイヤモンドに注入することで、NV センター電子スピンからなる 3 量子ビットの形成に成功した¹。より窒素数が多い有機化合物の注入が更なる多量子ビット化につながると考え、フタロシアニン($C_{32}N_8H_{18}$)イオン注入技術を報告した²。 $C_{32}N_8H_{18}$ イオン注入では、4 つの配向軸の異なる NV センターの形成が確認できた。本研究では、 $C_{32}N_8H_{18}$ イオン注入によって形成された NV センター電子スピンのコヒーレンス時間 (T_2) を Hahn echo 法を用いて評価した結果について報告する。

【実験及び結果】

本研究で使用した試料は、高温高压(HPHT)基板上にプラズマ化学気相成長(CVD)法によって形成した膜厚約 30 μm の IIa 型ダイヤモンド薄膜を用いた。コヒーレンス時間に対する不純物や ^{13}C 核スピンの影響を取り除くため、窒素不純物濃度 1 ppb 以下、 ^{12}C 濃縮 99.95%の薄膜を用いた。まず、 $C_{32}N_8H_{18}$ イオンを 284 keV で加速させ、深さ約 11 ± 4.3 nm の位置に窒素原子を注入した。注入後、1000°C で 2 時間の熱処理を真空中にて行い、NV センターを形成した。表面を酸素終端化させるため、約 200°C の熱混酸処理を施した後、460°C で 2 時間の酸素アニール処理を行った。形成された NV センターは共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡(CFM)を用いて測定した。CFM 測定時に、マイクロ波を印加してスピン操作することで T_2 等のパルス光検出磁気共鳴 (ODMR) 測定を室温にて行った。

観測した CFM マップ($5 \times 5 \mu m^2$)を Fig.1 に示す。単一 NV センターの蛍光強度は約 27 kcps であった(Fig.1 丸記号)。注入領域には複数の孤立した蛍光スポットが観測でき、Fig.1 内の四角記号(約 48 kcps)で示した通り単一 NV センターよりも高い蛍光強度をもつスポットが確認できる。一例として Fig.1 内の丸記号で示した NV センターの電子スピンの T_2 評価結果を Fig.2 に示す。測定された T_2 は 4.0 μs であった。NV センター周辺の核スピンやダイヤモンド表面の残留電子スピンなどは、 T_2 を短くするノイズとなる。発表では、 T_2 評価に加えて XY-8 測定によるノイズの評価も報告する。

【謝辞】

本研究は JST ムーンショット型研究開発事業・JPMJMS2062、文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) ・JPMXS0118067395、及び JPMXS0118068379 の支援を受けた。

【参考文献】

¹ M. Haruyama, et al., *Nat. Commun.* (2019).

² 木村 他 応用物理学会、2020 秋季学術講演会(8p-Z05-12)

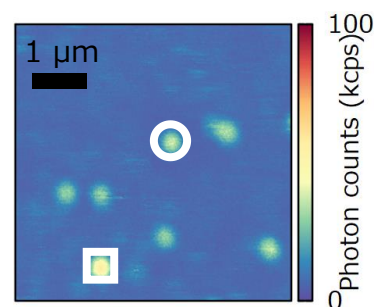


Fig.1 Typical CFM image of an implanted region.

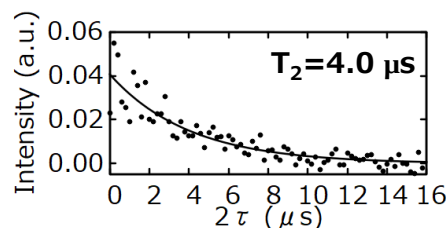


Fig.2 Hahn echo decay curves for an NV center shown in the Fig.1.