DNA の NMR 検出に向けた部分 NH_2 終端ダイヤモンド中の浅い NV センター

Shallow NV centers in partially NH_2 terminated diamond for NMR sensing of DNA

○梶家美貴[1]，[1]加藤かなみ[1]，河合空[1]，山野颯[1]，Evi Suaebah[1]，蔭浦泰資[1]，稲葉優文[1]，東又格[1]，春山盛善[2,4]，谷井孝至[1]，山田圭介[2]，小野田忍[2]，寺地徳之[3]，加田渉[4]，花泉修[4]，磯谷順一[5]，河野省三[1]，川原田洋[1,6]
(1. 早大理工，2. 量研機構，3. 物材機構，4. 群馬大，5. 筑波大，6. 早大材研)

○M. Kajiya[1], K. Kato[1], S. Kawai[1], H. Yamano[1], Evi Suaebah[1], T. Kageura[1], M. Inaba[1], I. Higashimata[1], M. Haruyama[2,4], T. Tanii[1], K. Yamada[2], S. Onoda[2], T. Teraji[3], W. Kada[4], O. Hanaizumi[4], J. Isoya[5], S. Kono[1], H. Kawarada[1,6]
(1. Waseda University, 2. National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, 3. National Institute for Materials Science, 4.Gunma University, 5. University of Tsukuba, 6. Kagami Memorial Research Institute for Materials Science and Technology)
E-mail: stage110@suou.waseda.jp

ダイヤモンド中の浅い NV センターは、高感度な磁場検出に有望な候補のひとつであり、近年、アンサンブル核スピン(^{1}H、^{19}F、^{31}P)の NMR シグナルの検出が報告されている[1]。ダイヤモンド表面の DNA 検出には、部分 NH_2 終端により、検出対象の DNA をアミド結合（共有結合）により直接固定することが必要である[2]。先行研究より、N 終端のダイヤモンド表面は、磁場の外乱と電荷不安定性が O 終端よりも少なく、窒素で表面被覆をしていると正の電子親和力(PEA)となるため、フェルミ準位がバンドギャップの上方に位置し、NV^-センターにとって有利である[3],[4],[5]。本研究では、浅い NV センターに対する表面 NH_2 終端の効果に焦点をあて、浅い NV センターの電荷状態を DNA 固定前後で評価した。

Element six 社製の IIa(001)基板に ^{15}N イオン(1×10^9 /cm^2)を 3 keV(平均イオン注入深さ~5.3 nm[6])及び 6.5 keV(~10.1 nm)で注入し、アニール処理により浅い NV センターを作製した。酸処理により O 終端を形成し、部分 NH_2 終端を N_2-H_2(H_2:4 %)ガスのラジカルビームにより形成した[7]。浅い NV センターの電荷状態について部分 NH_2 終端の効果を測定するため、共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡(CFM)により、部分 NH_2 終端処理前後と DNA 固定後で発光スポットの密度を比較した(図 1)。部分 NH_2 終端後および DNA 固定後のダイヤモンド表面上の発光スポット密度は~1×10^7 /cm^2 で、N_2-H_2 処理前後さらに DNA 固定後で相違なかった。また生体分子から NMR シグナルを得るには NV センターの直近に表面 NH_2 基に結合した DNA の存在が必要である。XPS 測定より、十分な密度の DNA(リン原子)が NV^-を維持したまま、表面に固定されたことがわかった。

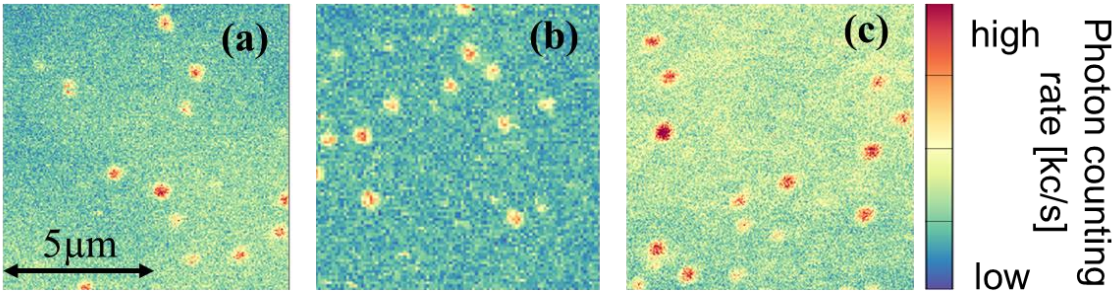

図 1. 3keV イオン注入領域における(a)O 終端(b)部分 NH_2 終端(c)DNA 固定後の CFM 像

[謝辞]本研究は日本学術振興会の支援（基盤研究(S)26220903）の助成により行われた。CFM 装置の立ち上げに協力いただいた Liam P. McGuinness 博士と Fedor Jelezko 教授に感謝する。

[1] S. J. DeVience, R. L. Walsworth, et al., Nature nanotech. 10 (2015) 129.
[2] GJ. Zhang, H. Kawarada, et al.,Langmuir 22 (2006) 3728.
[3] A.Stacey, S. Prawer, et al., Adv. Mater. Interf. 2 (2015) 1500079.
[4] M.V. Hauf, J.A.Garrido, et al., Phys. Rev. B 83 (2011) 081304.
[5] K. M. O'Donnell, D.Cherns, et al., Phys. Rev. B 82 (2010) 115303.
[6] J. F. Ziegler et al., SRIM the stopping and range of ions in matter, SRIM co. (2008)
[7] M. Chandran, A. Hoffman, et al., Appl. Phys. Lett. 107 (2015) 111602.

© 2016年 応用物理学会