表面酸化によるダイヤモンド中の浅い NV センターのコヒーレンス特性

Coherence Properties of Shallow NV Centers in Diamond by Surface Oxidation

○河合空[1]，山野颯[1]，梶家美貴[1]，加藤かなみ[1]，蔭浦泰資[1]，稲葉優文[1]，岡田拓真[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]，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）
°S. Kawai[1], H. Yamano[1], M. Kajiya[1], K. Kato[1], T. Kageura[1], M. Inaba[1], T. Okada[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], 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: sora.11-11@asagi.waseda.jp

ダイヤモンド中の浅い NV センターにおいて、基板外部の核スピン[1]の高感度検出（ナノスケール MMR）が期待されている。しかし、NV センターの特徴である長いコヒーレンス時間が表面近傍では 1 桁以上減少する[2],[3]。そこで、ナノスケール NMR 応用には、XY8 法などの dynamical decoupling[4]の手法で除去されない表面近傍の磁場のゆらぎ（ノイズ）の低減が重要になる。

本研究では、^{12}C を濃縮した高純度[5]ダイヤモンド基板の表面近傍に低加速（1-5 keV）イオン注入法により NV センターを形成し、酸処理、及び種々の表面処理を行った場合の特性を評価した。ダイヤモンド表面の酸化処理として、UV オゾン処理[6]、酸素雰囲気でのアニール処理[7]、酸素プラズマ処理[8]を行った。なお、本研究では天然存在比でほぼ存在しない（約 0.36 %）^{15}N イオンを注入したため、^{15}N からなる NV センター（^{15}NV）は表面近傍に位置すると判断できる。^{14}NV と ^{15}NV は FID の測定から判別可能であるが、FID の減衰時定数（T_2^*）が極めて短い場合や、NV センターの負の電荷状態が極めて不安定な場合には ^{14}NV と ^{15}NV の区別は困難になる。図 1 及び図 2 に、1.2 keV イオン注入領域の UV オゾン処理前（酸処理後）と処理後において観測された、単一の NV センターの Rabi 振動のコントラストの分布を示す。オゾン処理前（図 1）では、バルクの NV センターと比較してコントラストが悪く、^{14}NV として識別されるものは約 17%、^{15}NV として識別されるものはなかった。残りの約 83%は識別不可能であった。UV オゾン処理後（図 2）には、^{15}NV が約 38%観測され（図 2 中に赤色で示した）、識別不可能なものは約 15%であった。また、処理後のコントラストの平均値が処理前（酸処理後）の 2 倍以上になっていることから、電荷状態が安定したと考えられる。この結果、UV オゾン処理という弱い酸化が、低加速イオン注入により形成された浅い ^{15}NV$^-$の観測に有利な環境を提供することがわかった。

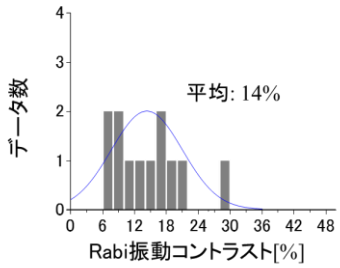

図1. UVオゾン処理前の Rabi振動のコントラスト

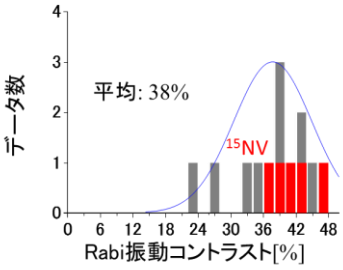

図2. UVオゾン処理後のRabi振動のコントラスト

[謝辞]本研究は日本学術振興会の支援（基盤研究(S)26220903 及び基盤研究(B)15H03980）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 教授に感謝します。

[1] T. Staudacher, J. Wrachtrup, et al., Science 339, 561 (2013).
[2] B. K. Ofori-Okai, C. L. Degen, et al., Phys. Rev. B 86, 081406(R) (2012).
[3] B. A. Myers, A. C. Bleszynski Jayich, et al., Phys. Rev. Lett. 113, 027602 (2014).
[4] L. M. Pham, R. L. Walsworth, et al., Phys. Rev. B 86, 045214 (2012).
[5] T. Teraji, J. Appl. Phys. 118, 115304 (2015).
[6] T. Sakai, H. Kawarada, et al., Diam. Relat. Mater. 12, 1971 (2003).
[7] I. Lovchinsky, M. D. Lukin, et al., Science 351, 836 (2016).
[8] F. F. de Oliveira, J. Wrachtrup, et al., Appl. Phys. Lett. 107, 073107 (2015).

© 2016年 応用物理学会