

2次元 NV アンサンブルのスピ特性向上

Spin Property Improvement of 2D NV Ensemble

金久京太郎¹, 立石哲也¹, 藺田隆弘¹, 齋藤悠太¹, 中村洸介¹, 川勝一斗¹, 畑雄貴¹, 永岡希朗¹, 石井昌¹, 谷井孝至¹, 小野田忍², Alastair Stacey³, 磯谷順一⁴, 河野省三⁵, 川原田洋^{1,5}

(¹早大, ²量研, ³メルボルン大, ⁴筑波大, ⁵材研)

Kyotaro Kanehisa¹, Tetsuya Tatsuiishi¹, Takahiro Sonoda¹, Yuta Saito¹, Kosuke Nakamura¹, Kazuto Kawakatsu¹, Yuki Hata¹, Kiro Nagaoka¹, Yu Ishii¹, Takashi Tani¹, Shinobu Onoda², Alastair Stacey³, Junichi Isoya⁴, Shozo Kono⁵, Hiroshi Kwarada^{1,5}

(¹Waseda Univ., ²QST, ³Univ. of Melbourne, ⁴Univ. of Tsukuba, ⁵ZAIRKEN)

E-mail: kanehisa1216@ruri.waseda.jp

ダイヤモンド中の NV アンサンブルは磁場センサや量子情報通信デバイスへの応用が期待される。2017 年、NV アンサンブルを利用した量子プロセッサが提案された[1]。この実現には NV アンサンブルを 2 次元的に分布させることが望ましい。そこで、我々は 2 次元 NV アンサンブルを作製するために、(111)ダイヤモンド基板に窒素終端処理を施した後、終端された表面に(111)ダイヤモンド薄膜を成長した。その結果、窒素終端を起源とする[111]に配向した NV アンサンブルの生成が確認できた。だが、[111]配向の NV アンサンブルは調査した NV アンサンブル試料のうち 42%であった。Fig.1 に窒素ラジカル照射後のダイヤモンド表面の模式図を示す。3 配位の窒素は[111]配向の NV センタとなるが、アミノ (NH₂) 終端された窒素は[111]以外に配向した NV センタとなり、NH₂ 吸着構造の除去が[111]高配向 NV アンサンブルに必須である。

本研究では、炭素-窒素結合数の違いからアニール処理によりアミノ基終端を選択的に除去できると考え、[111]以外に配向した NV センタの減少に取り組んだ。超高純度(111)ダイヤモンド基板に対し、分子線エピタキシー(MBE)装置を用いた窒素ラジカル照射[2]にて窒素終端化処理を施した。次に、400°Cで真空アニール処理を施した。最後に、窒素終端化された表面に高純度(111)ダイヤモンド薄膜をホモエピタキシャル成長した。

400°Cの真空アニール処理による表面の変化を確認するためアニール前後で XPS 測定を行った。その結果、窒素被覆率は 0.64ML から 0.41ML へと減少した。また、調査した NV アンサンブル試料のうち約 60%で [111]配向が支配的であった。これらの結果は、400°Cの真空アニールにより、3 配位窒素終端に比べてアミノ基終端の割合が低減したことを示している。コヒーレンス時間測定の結果、アニール無しの場合、 $T_2 = 2.45 \mu\text{s}$ を示し、その scaling factor は 0.44 であった。scaling factor とは π パルス数に対するコヒーレンス時間の伸びを表す指数である。なお scaling factor を次の式で計算した。 $T_2^{DD} = N^s \cdot T_2^{Hahn}$ ここで、 T_2^{Hahn} は Hahn echo 測定で求めた T_2 、 T_2^{DD} は dynamical decoupling により伸長した T_2^{Hahn} 、 N はシーケンスに用いた π パルス数、 s は scaling factor を表す。) 一方、400°Cアニールを導入した場合、 $T_2 = 3.82 \mu\text{s}$ を示す NV アンサンブルの scaling factor は 0.52 であった(Fig.2)。この値は、シングル NV に匹敵している。この結果から、真空アニールを導入した場合に、NV アンサンブル付近のデコヒーレンス源が大幅に減少したと言える。

[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 教授に感謝いたします。

[1] M. Pfender, J. Wrachtrup, et al., Nano Letters, 17, 5931-5937 (2017).
[2] T. Kageura, H. Kwarada, et al., APEX, 10, 5:055503 (2017).

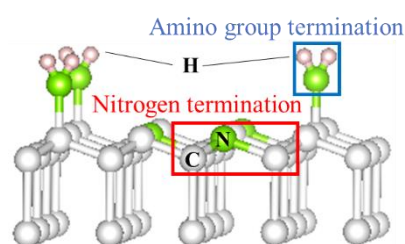


Fig.1 (111) diamond surface after nitrogen radical exposure

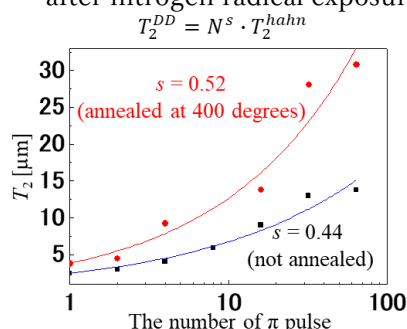


Fig.2 Elongation of T_2 by increasing the number of π pulses