窒素終端(111)ダイヤモンドを用いて作製した高配向 2 次元 NV アンサンブル

Highly Aligned 2-Dimensional NV Ensemble Using Nitrogen-Terminated (111) Surface

○金久京太郎 [1], 立石哲也 [1], 薗田隆弘 [1], Jorge J. Buendia[1], 蔭浦泰資 [1,5], 川勝一斗 [1], 畑雄貴 [1], 永岡希朗 [1], 石井邑 [1], 谷井孝至 [1], 小野田忍 [2], 春山盛善 [3], Alastair Stacey[4], 寺地徳之 [5], 磯谷順一 [6], 河野省三 [7], 川原田洋 [1,7]
(1. 早大, 2. 量研, 3. 産総研, 4. メルボルン大, 5. NIMS, 6. 筑波大, 7. 材研)
○Kyotaro Kanehisa[1], Tetsuya Tatsuishi[1], Takahiro Sonoda[1], Jorge J. Buendia[1], Taisuke Kageura[1,5], Kazuto Kawakatsu[1], Yuki Hata[1], Kiro Nagaoka[1], Yu Ishii[1], Takashi Tanii[1], Shinobu Onoda[2], Moriyoshi Haruyama[3], Alastair Stacey[4], Tokuyuki Teraji[5], Junichi Isoya[6], Shozo Kono[7], Hiroshi Kawarada[1, 7]
(1. Waseda Univ., 2. QST, 3. AIST, 4. Univ. of Melbourne, 5. NIMS, 6. Univ. of Tsukuba, 7. ZAIKEN)
E-mail: kanehisa1216@ruri.waseda.jp

ダイヤモンド中の格子置換型窒素とそれに隣接する 1 つの原子空孔により構成される NV センタは、量子プロセッシングや量子センシングへの応用が期待され、特に室温動作の高感度な磁気センサに向けた研究が盛んに行われている。我々は最近ダイヤモンド表面の窒素終端化により電荷安定性の高い浅い単一 NV センタを用いて ^{1}H 核スピンの検出に成功している[1, 2]。一般に、検出可能な磁場はセンサとして用いる NV センタの数 n に対して$1/\sqrt{n}$に比例して小さくなる。また、NV アンサンブル中の他と異なる配向を有する NV センタは磁気感度を低下させる[3]。ゆえに、更なる磁気感度向上には配向した NV アンサンブルの形成が望ましい。近年、窒素終端(001)ダイヤモンド上にダイヤモンドを追成長させ、窒素 δ ドープ層中に NV アンサンブルを形成したと報告された[4]。しかし、δ ドープ層に隣接する層にも多くの NV センタが存在し、かつ高純度ダイヤモンド基板を用いていないため、窒素終端によるドーピングなのか明らかでない。また、窒素終端(001)ダイヤモンドを用いた場合、NV センタの 4 つの配向([111], [1$\bar{1}\bar{1}$], [$\bar{1}$1$\bar{1}$], [$\bar{1}\bar{1}$1],)の原子空孔の生成率は制御できない。そこで今回我々は、超高純度(111)ダイヤモンド上の窒素終端表面を用いることで、Fig.1 に示すような[111]方向に高配向な NV アンサンブルの形成を試みた。

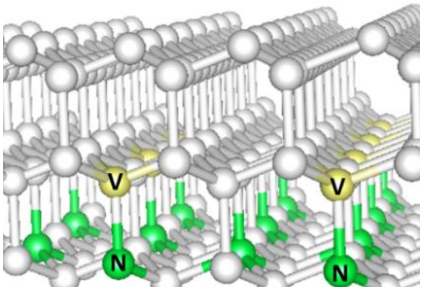

Fig 1. Structure of NV ensemble fabricated by diamond growth on nitrogen terminated (111)

本研究では、高圧合成法による超高純度ダイヤモンド基板表面に対する窒素ラジカル暴露法[1, 2]によって高被覆な窒素終端(111)ダイヤモンドを作製し、その上に膜厚約 10nm の高純度(111)ダイヤモンド膜を化学気相成長法(CVD)により追成長した。二次イオン質量分析法(SIMS)により測定した追成長膜中の窒素濃度は検出限界（1×10^{16} cm^{-3}）以下であった。また、高純度ダイヤモンド膜の追成長前後の PL マッピングを比較すると、成長前は NV センタが観測されず、追成長後の NV センタ密度はおよそ 1×10^{11} cm^{-2} であった。さらに、[111]軸方向への磁場印加時の光検出磁気共鳴(ODMR)スペクトルを測定することで、窒素終端(111)表面にダイヤモンド膜を追成長させて作製した NV アンサンブルの配向[5]を初めて確認した(Fig. 2)。この結果は NV センタが 2 次元的に配列している可能性を示唆している。当日は形成した高配向 2 次元 NV アンサンブルのスピン特性等についての報告も行う。

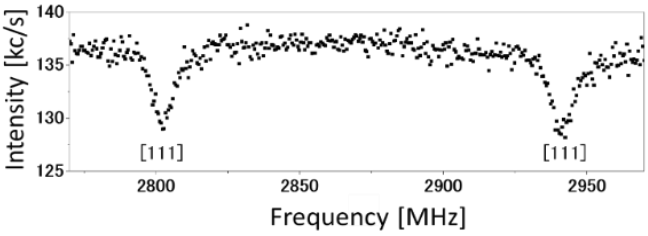

Fig 2. ODMR spectrum when magnetic field was applied along to [111] axis.

[謝辞] 本研究は日本学術振興会の支援（基盤研究(S26220903 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] T. Kageura, H. Kawarada, *et al.*, Appl. Phys. Exp. 10, 055503 (2017).
[2] S. Kawai, H. Kawarada, *et al.*, J. Phys. Chem. C 123, 3594-3604 (2019).
[3] L. Pham, R. Walsworth, *et al.*, Phys. Rev. B 86, 121202(R) (2012).
[4] M. Chandran, A. Hoffman, *et al.*, Appl. Phys. Lett. 109, 221602 (2016).
[5] T. Fukui, N. Mizuochi, *et al.*, Appl. Phys. Exp. 7, 055201 (2014).

© 2019年 応用物理学会