

高被覆率窒素終端(111)ダイヤモンドの作製

Formation of Nitrogen-Terminated (111) Diamond with High Nitrogen Coverage

早大¹, 量研², 群馬大³, メルボルン大⁴, 兵庫県立大⁵, SALLC⁶, NIMS⁷, 筑波大⁸, 早大材研⁹

○(B)立石 哲也¹, 藺田 隆弘¹, 河合 空¹, 山野 颯¹, Jorge J. Buendia¹, 蔭浦 泰資¹, 石井 邑¹, 永岡 希朗¹, 福田 諒介¹, 谷井 孝至¹, 春山 盛善^{2,3}, 山田 圭介², 小野田 忍², 加田 渉³, 花泉 修³, Alastair Stacey⁴, 神田 一浩⁵, 上村 雅治^{5,6}, 寺地 徳之⁷, 磯谷 順一⁸, 河野 省三⁹, 川原田 洋^{1,9}

Waseda Univ.¹, QST², Gunma Univ.³, Univ. of Melbourne⁴, Univ. of Hyogo⁵, SALLC⁶, NIMS⁷, Univ. of Tsukuba⁸, ZAIKEN⁹

○Tetsuya Tatsuishi¹, Takahiro Sonoda¹, Sora Kawai¹, Hayate Yamano¹, Jorge J. Buendia¹, Taisuke Kageura¹, Yu Ishii¹, Kiro Nagaoka¹, Ryosuke Fukuda¹, Takashi Tani¹, Moriyoshi Haruyama^{2,3}, Keisuke Yamada², Shinobu Onoda², Wataru Kada³, Osamu Hanaizumi³, Alastair Stacey⁴, Kazuhiro Kanda⁵, Masaharu Uemura^{5,6}, Tokuyuki Teraji⁷, Junichi Isoya⁸, Shozo Kono⁹, Hiroshi Kawarada^{1,9}

E-mail: tetsuya-mail-wu@waseda.ne.jp

ダイヤモンド中の窒素-空孔中心(NV センター)は、格子置換型窒素とそれに隣接した1つの原子空孔から成り、負に帯電したNV センター(NV⁻)は、量子コンピュータ・量子通信・量子センサへの応用が期待されている。量子センサ応用にはダイヤモンドの表面近傍(数 nm 程度以下)にNV センターを作製することが望ましいが、そのような浅いNV センターはNV⁻としての電荷状態が不安定になる。そこで、ダイヤモンド表面を炭素より高い電気陰性度を有する元素(酸素、フッ素、窒素など)で被覆し、正の電子親和力(PEA)とし、NV⁻の電荷状態を安定化する試みがなされている。我々は窒素ラジカル暴露により、高い窒素被覆率を有する窒素終端(100)ダイヤモンドを作製し、初めて浅いNV⁻の電荷状態への窒素被覆の有効性を観測した[1,2]。窒素終端(100)ダイヤモンドは高いPEA(“Full N”構造: +3.46 eV、”N/H”構造: +0.32 eV)を有するが[3]、窒素終端(111)表面においても同様に高いPEA(+3.23eV)を有することが計算で示されている[4]。窒素終端(111)ダイヤモンドの表面構造は図1のように最表面の窒素が3つの炭素と結合した構造である[4]。今回、(111)面上に高い窒素被覆率を有する窒素終端ダイヤモンドの作製に成功したので報告する。

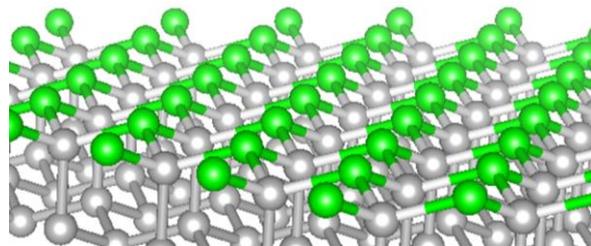


図1. (111)面上の窒素終端構造

本研究ではラジカル源として純窒素ガスと水素含有窒素ガス(窒素: 96%、水素: 4%)の2種類を用いて窒素ラジカル暴露によって窒素終端(111)ダイヤモンドを作製し、X線光電子分光法(XPS)による表面分析を行った。図2に窒素終端(111)ダイヤモンドのXPS測定結果を示す。図2(a)に水素含有窒素ガス使用時、図2(b)に純窒素ガス使用時を示す。XPS測定結果から窒素被覆率を算出する[5]と、純窒素ガス使用時は0.60 ML、水素含有窒素ガス使用時は0.28 MLとなった。(111)面において純窒素ガス使用時は水素含有窒素ガス使用時に比べて窒素被覆率が大きくなることを確認した。浅いNV⁻の電荷状態の安定化等については当日報告する。

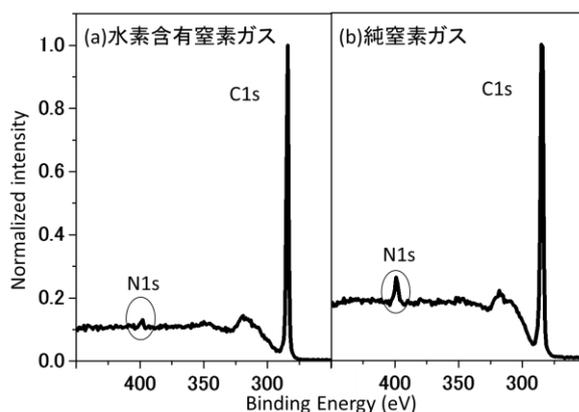


図2. (111)面窒素終端ダイヤモンド表面のXPS測定結果

[謝辞]本研究は日本学術振興会の支援(基板研究 (S) 26220903 及び 基板研究 (B) 15H0390)の助成により行われた。CFM装置の立ち上げに協力していただいた 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., APEX, 10, 5:055503 (2017).

[2] S. Kawai, H. Kawarada, J. Phys. Chem. C (2019) (in press).

[3] A. Stacey, S. Praver, et al., Adv. Mater. Interfaces 2, 1500079 (2015).

[4] J. Chou, A. Gali, et al., Nano Lett. 17, 2294-2298 (2017).

[5] C. S. Fadley, Prog. Surf. Sci. 16, 275 (1984).