

微細加工基板上に生成されたダイヤモンド中 NV 中心 — 微細加工法による特性の違い —

Nitrogen – Vacancy Centers in Diamond on Micropatterned Substrate
fabricated using RIE and FIB

○ 花野 郁也¹, 藤田 留士郎¹, 渡邊 幸志², 赤羽 浩一³,
早瀬 潤子¹ (1. 慶大理工, 2. 産総研, 3. 情報通信研究機構)

°Ikuya Hanano¹, Ryushiro Fujita¹, Hideyuki Watanabe², Kouichi Akahane³, and Junko Ishi-Hayase¹
(1. Keio Univ., 2. AIST, 3. NICT)

E-mail: ikuya.hanano@a3.keio.jp

【背景・目的】ダイヤモンド中窒素空孔中心(NV 中心)は, 優れたコヒーレンス特性を有することから, 量子計測や量子情報処理・通信への応用が期待されている. 応用上, NV 中心の生成位置や配向(N と V の並ぶ方向)を制御することが非常に重要である[1]. 近年我々の研究グループは, 反応性イオンエッチング(RIE)もしくは集束イオンビーム(FIB)で微細加工を施した(001)ダイヤモンド基板上に, 窒素ドーピング化学気相成長(CVD)によりダイヤモンド薄膜を選択成長させることで, NV 中心の生成位置と配向(方向・割合)を同時に制御することに成功した[2]. 本手法で生成される NV 中心の光学・スピン特性は, 微細加工基板表面のミクロな形状や残留イオン・歪に強く依存すると考えられる. そのため, RIE と FIB で加工された部分に生成された NV 中心の特性は異なると予想されるが, 詳細は明らかでない. そこで本研究では, (001)ダイヤモンド基板に RIE と FIB を用いて同一パターンの微細加工を行い, 同一条件で窒素ドーピング CVD 成長させ生成した NV 中心の光学・スピン特性を比較したので報告する.

【実験方法】高純度(001)面ダイヤモンド基板を RIE と FIB で微細加工を施した. RIE では SiO₂ をハードマスクとし, エッチングガスは O₂ と CF₄ ガスを用いた. 続いて微細加工基板上に [¹²C]=99.999 % に同位体制御された ¹²CH₄ ガスと窒素ガスを [¹²CH₄/H₂]=0.5 % , [N/¹²C]=1.75 % の割合で流して CVD 成長を行った. 表面形状は, レーザー顕微鏡, 原子間力顕微鏡, 断面 SEM で評価した. 光学・スピン特性は, 自作の共焦点レーザー顕微鏡および光検出磁気共鳴の実験系を用いて評価した.

【実験結果】図 1 は(a)RIE と(b)FIB で加工したホール構造の断面 SEM である. RIE 加工部分は側面に溝があり, 両者で形状が異なる. 図 2 は RIE と FIB で加工したホール内に生成した NV 中心集合体の発光像である. FIB 加工部分は RIE 加工部分に比べて発光の強い領域が広く, NV 中心の生成量は RIE 加工部分に比べて多いと考えられる. これは FIB 加工部分では CVD 成長による結晶面形成が早く, その結果成長量と NV 生成量が多かったためと考えられる. 本発表ではさらに RIE と FIB 加工部分の ODMR スペクトル, スピンエコー測定から生成された NV 中心の光学・スピン特性の違いを報告する.

本研究の一部は, 科研費 (15H05868, 26220602, 50392684, 50342746)および先端光量子科学アライアンスの支援を受けて行なわれた. また使用したダイヤモンドサンプルは, NICT フォトニックデバイスラボ, NIMS 微細加工プラットフォームの協力の下作製した.

[1] L. M. Pham, et al., Physical Review B **86**,121202 (2012). [2] H. Watanabe, et al., IEEE Transactions on Nanotechnology, PP, 1 (2016).

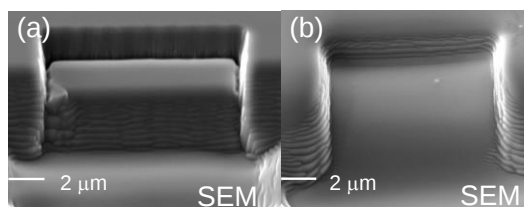


図 1. (a) RIE 及び(b) FIB で加工されたホールの断面 SEM 像.

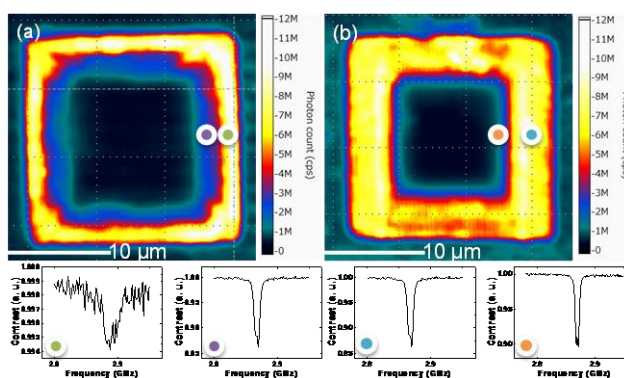


図 2. (a) RIE 及び(b) FIB 加工部分の PL マッピングと ODMR スペクトル