逆ピラミッド型{111}面を露出した(100)基板における高配向窒素空孔中心の生成と高密度化

Creation and Densification of Highly-oriented Nitrogen-Vacancy Centers on (100) Diamond Substrate with {111}-facet Inverted Pyramid structure

慶應義塾大学[1]，金沢大学[2]
○(B4)及川 耀平[1], 千地 遼平[1], 長井 雅嗣[2], 中野 裕太[2], 徳田 規夫[2], 早瀬 潤子[1]
Keio Univ.[1], Kanazawa Univ[2], ○Yohei Oikawa[1], Ryohei Chiji[1], Masatsugu Nagai[2], Yuta Nakano[2], Norio Tokuda[2], Junko Ishi-Hayase[1]
E-mail: yhi1056-bump.ex@keio.jp

【背景・目的】ダイヤモンド中窒素空孔中心（NV センター）は、室温大気圧下で動作する高感度量子センサとしての応用が期待されている[1]。NV センターを用いた磁場センシングでは、NV センターを構成する N と V の並ぶ方向(配向方向)の揃った高配向率 NV センターを生成することが重要である。近年、我々の研究グループでは、微細加工を施した(100)ダイヤモンド基板上で化学気相成長(CVD)を行い、ダイヤモンド薄膜を成長させることで、配向方向の選択可能な高配向 NV センターの生成に成功した[2]。さらに我々は、Ni 異方性エッチング[3]を新たに導入し、{111}面逆ピラミッド型構造を有する(100)基板上に CVD 成長をすることで、従来よりも高い配向率を有する NV センターを(100)基板上に生成することに成功した[4]。しかし、低密度であること、ホール内の一部にしか NV センターが生成されないことが課題であった。本研究では、同手法においてエッチング条件並びに成長条件を変えることで、従来よりも高密度な高配向率 NV センターの生成に成功したので報告する。

【方法】高純度(100)ダイヤモンド基板に Ni をパターニングして堆積し、高温水蒸気雰囲気下でアニールすることで 4 つの{111}面で囲まれた逆ピラミッド型のホール構造を形成した。その際、V 字でなく底面を残した形状のホール構造を形成した。その後、前回とは異なり窒素ドープ CVD 成長を行って NV センター層を形成した(Fig. 1 参照)。生成した NV センターの特性は、自作の共焦点顕微鏡を用いて評価した。

【結果】Figure 2 に作製したサンプルの共焦点顕微鏡像を示す。ホール内の各{111}面に対し、斜面全体への NV センターの生成に成功した。従来と比較してコヒーレンス時間 T_2はあまり低下せず、NV センターの密度 ρは 5 倍以上に向上したため、感度のパラメータのひとつである $\rho\times T_2$を大幅に向上させることに成功した。これは底面を残した形状によって成長の開始端となるステップが多くなったこと、成長時の窒素流入量を増加させたことに起因すると考えられる。また Fig. 3 に生成された NV センターの ODMR スペクトルを示す。マイクロ波強度による影響を考慮し、ODMR のディップ面積の比から配向率を求めたところ NV センターの配向率は 4 つの面でそれぞれ 95%以上が得られた。以上より、NV センターの高密度化には底面を残した形状のエッチング、窒素ドープ CVD 成長の有効性が示唆される。

本研究の一部は、科研費(18H01502,15H05868)、Q-LEAP (No. JPMXS0118067395)、CSRN、慶大スピントロニクス研究開発センター、金沢大学先魁プロジェクト 2020 の支援を受けて行われた。またサンプルは NIMS 微細加工プラットフォームの支援の下に作製された。

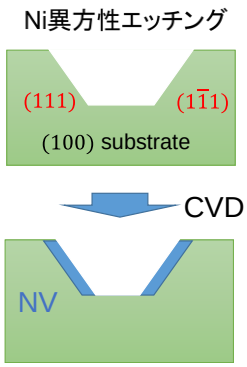

Fig. 1 サンプル作製方法

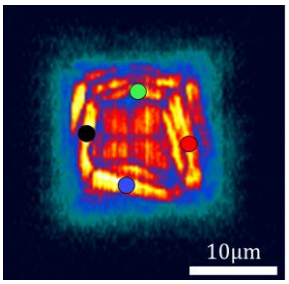

Fig. 2 共焦点顕微鏡像と ODMR の測定点

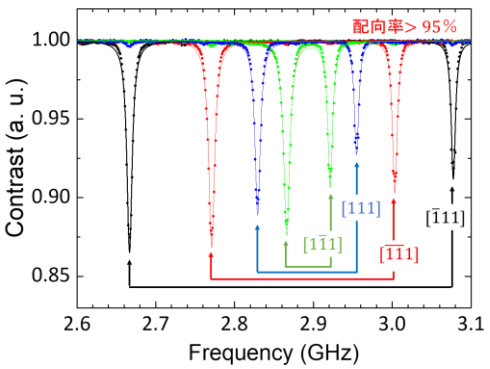

Fig. 3 各測定点での ODMR スペクトル

[1] L. Childress, *et al.*, Science **314**, 281 (2006).
[2] H. Watanabe, *et al.*, IEEE Transactions on Nanotechnology **4**, 614 (2016).
[3] M. Nagai, *et al.*, Scientific Report **8**, 6687 (2018).
[4] 千地遼平他, 第 81 回応用物理秋季学術講演会, 8p-Z05-14 (2020).

© 2021年 応用物理学会