

マイクロ波プラズマ CVD を用いたダイヤモンド保護膜作製と量子光源の評価 Formation of diamond protective film using microwave plasma CVD and evaluation of quantum emitters

東工大¹, NIMS²,[○]廣川 一樹¹, 福田 浩平¹, 汪 鵬¹, 谷口 尚², 波多野 睦子¹, 岩崎 孝之¹

Tokyo Tech¹, NIMS²,[○] K. Hirokawa¹, K. Fukuda¹, P. Wang¹, T. Taniguchi², M. Hatano¹ and T. Iwasaki¹

E-mail: hirokawa.k.ab@m.titech.ac.jp

量子ネットワークは量子状態を用いる安全な通信であり、その実現のためには量子もつれ状態をつくる量子光源が必要である。その候補として優れた光学特性を有するダイヤモンド中のIV族-空孔カラーセンターが注目されており、中でもスズ-空孔 (SnV) および鉛-空孔 (PbV) センターはケルビン温度での長いスピニコヒーレンス時間が期待されている [1][2]。しかし、高品質な SnV、PbV を作製する際には 2100°C の高温高压アニールを行うため基板表面のエッチングや合成を引き起こし、量子光源の除去やナノフォトニクス構造形成が困難という課題があった。本研究では、基板表面にダイヤモンド保護層を堆積させることでこの問題を解決するための手法を試み、形成した SnV センターの光学評価を行った。

プロセスの概略図を Fig. 1 に示す。まず、IIa ダイヤモンド基板に、加速エネルギー700 keV、ドーズ量 $2 \times 10^{19}/\text{cm}^2$ の条件で Sn をイオン注入した。その後、2 台のマイクロ波プラズマ CVD 装置を用いて合計 40 時間ダイヤモンド保護膜を堆積させた。初めの 20 時間は低い合成レートで不純物の量を抑えて行い、残りの 20 時間はハイパワーCVD を用いて厚いダイヤモンド膜を堆積させた。次に 2100°C、7.7 GPa の条件でアニールを行い、共焦点顕微鏡を用いて SnV を評価した (Fig. 2)。基板全体を縦 3×横 3 の 9 つの領域に分け、それぞれで CFM 測定を行った。深さ約 10 μm (屈折率差補正により約 27 μm) の位置に SnV の発光を確認した。また、低温 PL 測定において 9 領域すべてにおいて SnV からの ZPL が観測されたことから、ダイヤモンド膜によって量子光源を保護できていることがわかった。CVD 膜のストレスが起因である不均一広がりが見られるが、これはさらなる高品質化によって抑制できると考えられる。また、保護膜の表面を研磨することで、ナノフォトニクス構造形成への展開も期待できる。

本研究は東レ科学振興会、文部科学省 Q-LEAP フラッグシッププログラム (No. JPMXS0118067395)、ナノテクノロジープラットフォームプログラム (No. JPMXP09F-21-IT-013) の助成を受けております。

[1] T. Iwasaki et al, Phys. Rev. Lett., 119, 253601, 2017. [2] P. Wang et al, ACS Photon., 2947, 2954, 2021.

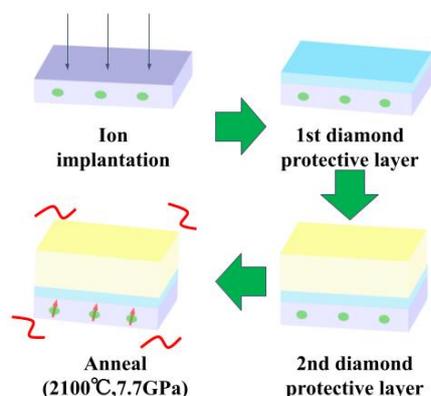


Fig. 1 Schematic diagram of protective film fabrication

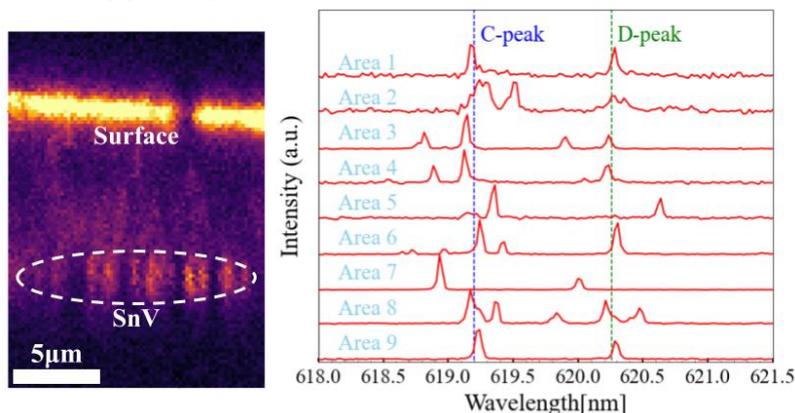


Fig. 2 Low temperature PL spectra of SnVs in 9 regions over the substrate.