

垂直・水平方向反応性イオンエッチングによる温度イメージングに適したバルクダイヤモンド薄板構造の作製

Fabrication of bulk diamond thin structure using vertical and horizontal RIE for temperature wide-field imaging

慶大理工¹, 慶大 CSRN², 東大先端研³, 産総研⁴

○(M2) 土屋宏樹^{1,2,4}, 板橋 佑真^{1,2}, 伊牟田 航基^{1,2,4}, 渡邊 幸志⁴, 石田 悟己³,
松清 秀次³, 西岡 政雄³, 岩本 敏³, 早瀬 潤子^{1,2}

Keio Univ.¹, Keio CSRN², RCAST U-Tokyo³, AIST⁴

○(M2) Hiroki Tsuchiya^{1,2}, Yuma Itabashi^{1,2}, Koki Imuta^{1,2}, Hideyuki Watanabe⁴, Satomi Ishida³,
Hidetsugu Matsukiyo³, Masao Nishioka³, Satoshi Iwamoto³, and Junko Ishi-Hayase^{1,2}

E-mail: hivoshi01234@keio.jp

【背景・目的】ダイヤモンド中の窒素-空孔中心(NV センタ-)は、局在した電子スピンの量子状態を利用することで、温度の 2 次元空間分布を高感度・高空間分解能に測定できる量子センサとして活用できる。したがって集積回路やナノデバイスの評価、生体測定など様々な分野への応用が期待されている。一般に温度の空間分布測定(イメージ手法)を行う際には、ナノダイヤモンドシートかバルクダイヤモンドを用いる。しかし前者は測定点が離散的であること、測定において重要な NV 配向軸がバラバラであること、感度が低いことが問題であった。それに対し後者は熱拡散の大きいことが課題であった。近年我々のグループではダイヤモンド中の NV センターの電子スピン二重共鳴励起下で起こる RF-Dressed 状態を測定に利用することで、バルクダイヤモンドを用いて従来よりも高感度に温度イメージングを実現することに成功したが、熱拡散に問題がある。そこで本研究では、熱拡散の問題を克服し、連続測定点・広い測定領域・高感度での温度イメージングを実現するために、バルクダイヤモンド薄板構造を作製することを目指す。具体的には、垂直・平行方向への反応性イオンエッチング(RIE)を組み合わせることで、厚さが 1 μm 以下のバルクダイヤモンド薄板構造を作製する。さらに薄板構造の表面を熱伝導率の低いガラスで覆う、もしくは周りを真空にすることで熱放射の影響を抑える。

【方法・結果】Fig. 1 にバルクダイヤモンド単一薄板構造の作製方法を示す。はじめに SiO₂ とレジストを塗布し、電子線描画 (EB 描画)・現像によりマスクパターンを作製した。次に垂直方向のみを削り出す異方性 RIE と、垂直・平行方向を同時に削り出す等方性 RIE により加工を行った。垂直 RIE では、マスクパターン以外の部分の表面に RIE の影響を受けない SiO₂ を残存させることにより、そのパターンのみを垂直方向に削り出しを行った。それに対して等方性 RIE では、垂直方向の削り出しに伴って現れる目的の形状を覆った上で、それよりも深い位置の側面を平行方向に削り出した。Fig. 2 に作製したバルクダイヤモンド単一薄板構造 (厚さ 0.5 μm) の SEM 像を示す。作製した単一薄板構造は、マイクロピペットで水を垂らして吸引することにより、水圧で分離する。発表では、作製した単一薄板構造における NV 特性について議論する。

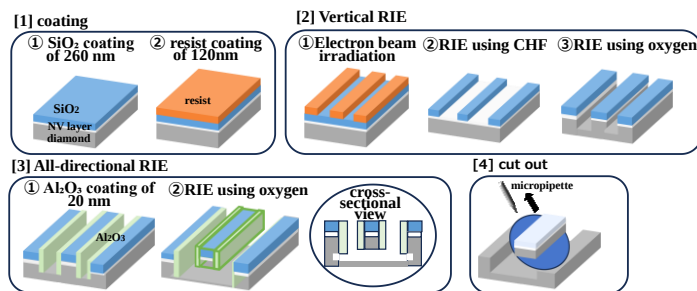


Fig. 1 バルクダイヤモンド単一薄板構造の作製方法

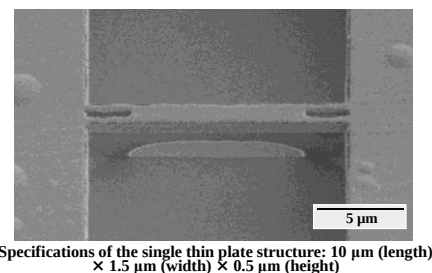


Fig. 2 単一薄板構造の SEM 像

本研究の一部は、MEXT/JSPS Q-LEAP (No. JP-MXS0118067395), Q-LEAP (No. JP-MXS0118067395), 科研費 (No. JP25K01292), 文科省 JST CREST (No. JPMJCR24A5), JST Moonshot R&D Grant Number (No. JPMJMS2062), SIP プログラム, 慶大次世代研究プロジェクト推進プログラム, 慶大 CSRN の支援を受けて行われた。

[1] Y. Chen, *et al.*, npj. Quant. Tech. **8**, 8 (2021). [2] Y. Itabashi *et al.*, ICDCM 2024, P5.26 (Sep, 2024).

[3] H.Tabuchi, *et al.*, J.Appl.Phys.**133**,024401(2023). [4] Noel H. Wan, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **112**, 141102 (2018).