



# X線トポグラフィによるダイヤモンド結晶中の歪評価

原田 俊太<sup>1</sup>, 瀬尾 圭介<sup>1</sup>, 辻 越行<sup>2</sup>, 花田 賢志<sup>3</sup>

1 名古屋大学, 2 物質・材料研究機構, 3 科学技術交流財団あいちシンクロトロン光センター

キーワード：パワーデバイス、ダイヤモンド、X線トポグラフィ、転位、

## 1. 背景と研究目的

ダイヤモンドは高いバンドギャップ(=5.5 eV)、高い移動度 (2200 cm<sup>2</sup>/Vs) などの特徴を持つため、次世代のパワー半導体としての応用が期待されている[1]。近年では、結晶中のカラーセンタを利用した量子技術応用も注目されている[2]。しかし、ダイヤモンド中の歪（特に転位）はこれらのアプリケーションの性能を低下させる[2]。また、化学気相成長法（CVD 法）により製膜されるダイヤモンド膜は、膜厚やドーピング濃度の制御が可能のため、ダイヤモンドを用いたアプリケーション応用に不可欠な技術である[3]。したがって、CVD ダイヤモンド中の歪を高い分解能、広い面積、非破壊で歪評価を行う技術が必要である。そこで本研究では、X線トポグラフィを用いて、CVD ダイヤモンド中の歪、特に転位の位置やバーガーズベクトルの同定を行った。さらに、その他の欠陥観察手法（位相差顕微鏡、ラマン分光法）との比較により、ダイヤモンド結晶中の歪の空間的な評価を行う。

## 2. 実験条件と実験内容

高温高压法で作製された Ib 型 (100) ダイヤモンド基板に対し、化学気相成長法（CVD 法）を用いて 30 μm のダイヤモンド膜を成膜した（CVD 膜の詳細な成膜条件については参考文献[4]を参照のこと）。転位のバーガーズベクトル **b** を特定するため、複数の回折条件を利用した（ここで  $\mathbf{g} \cdot \mathbf{b} = 0$  となる条件下で転位の像が消滅する性質を活用した）。本研究では、異なる複数の回折条件を設定して X 線トポグラフィ像を撮影し、バーガーズベクトルを求めるとともに、同一視野における欠陥観察画像との比較検討のための詳細なデータ収集を行った。具体的には、 $\mathbf{g} = [-1-13]$ 、 $\mathbf{g} = [113]$  とし、X 線 CMOS カメラ（浜松ホトニクス製）やフラットパネルセンサー（浜松ホトニクス製）を用いて、ダイヤモンド基板の X 線トポ像が鮮明に観察できる回折条件（X 線エネルギー、 $\omega$ 、 $\phi$  など）を詳細に検討した。その後、X 線トポグラフィ像の撮影には、名古屋大学で開発された原子核乾板を用い、高解像度の X 線トポグラフィ像を取得した。異なる条件で撮影された 2 種類の X 線トポグラフィ像から、ダイヤモンド結晶中の転位のバーガーズベクトルを特定することができた。また、偏光観察像を同一視野で表示可能なプログラムを開発し、これによりさらに精密な観察を実施している。

## 4. 参考文献

- [1] H. Umezawa, M. Nagase, Y. Kato, S.-I. Shikata, High temperature application of diamond power device, *Diam. Relat. Mater.* 24 (2012) 201–205. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2012.01.011>.
- [2] T. Tsuji, T. Sekiguchi, T. Iwasaki, M. Hatano, Extending spin dephasing time of perfectly aligned nitrogen - vacancy centers by mitigating stress distribution on highly misoriented chemical - vapor - deposition Diamond, *Adv. Quantum Technol.* (2023). <https://doi.org/10.1002/qute.202300194>.
- [3] T. Teraji, C. Shinei, Nitrogen-related point defects in homoepitaxial diamond (001) freestanding single crystals, *J. Appl. Phys.* 133 (2023). <https://doi.org/10.1063/5.0143652>.
- [4] C. Shinei, Y. Masuyama, M. Miyakawa, H. Abe, S. Ishii, S. Saiki, S. Onoda, T. Taniguchi, T. Ohshima, T. Teraji, Nitrogen related paramagnetic defects: Decoherence source of ensemble of NV<sup>-</sup> center, *J. Appl. Phys.* 132 (2022) 214402. <https://doi.org/10.1063/5.0103332>.