

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02617

研究課題名（和文）ダイヤモンド欠陥の同定と低減に関する研究

研究課題名（英文）Research on identification of diamond dislocations and its reduction

研究代表者

鹿田 真一（Shikata, Shinichi）

関西学院大学・工学部・教授

研究者番号：00415689

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：軽元素でX線侵入が深く、禁制反射の多いダイヤモンドは、転位評価が困難な物質である。パワーデバイスや量子デバイス実現に向けて極めて重要な「転位」に関して、欠陥解析手法の開発を実施した。放射光X線トポグラフィで良好な画像が得られる<404>反射モードを用いた計測において、三次元情報が二次元フィルムに転写される幾何学的考察を行い、入射角・方向及びブラッグ角の変数として、転位ベクトルを解析する手法を開発した。<113>反射モード像と併せて求めたバーガーズベクトルを用いて、転位の種類同定が可能になった。本手法を用いて、高温高压合成基板や気相成長基板の転位を完全に同定することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

軽元素でX線侵入が深いダイヤモンドは、転位評価が困難な物質である。本研究では、放射光X線トポグラフィを用いて欠陥解析手法の開発を実施した。<404>反射モードを用いた計測情報を元に、転位ベクトルを解析する手法を開発した。また転位の種類を同定することが可能になった。各種の高温高压合成や気相成長基板の転位を完全に同定し、結晶成長の様式が異なる事が明確になった。以上、転位を完全に把握する事が可能になり、よりよい結晶成長へのフィードバック、高出力パワーデバイスや各種量子デバイス実現に向けた転位の影響などの研究に適応することが可能になった。他の軽元素材料への波及も期待される。

研究成果の概要（英文）：Diamond, a light element that has a very deep X-ray transmission with many forbidden diffractions, is a material whose dislocations are difficult to evaluate. In this research, we have developed an analysis method for the identification of "dislocations" that are indispensable for the realization of high-power power devices and various quantum devices. Using the <404> reflection mode of synchrotron radiation X-ray topography, we made a geometrical analysis of 3D information transfer to 2D film. As a result, we have developed a method to obtain the dislocation vector as variables of the incident angle/direction and Bragg angle. Using this, we identified the dislocation vectors and dislocation types with the Burgers vector information obtained by <404> and <113> information. We have made complete analysis of high-temperature and high-pressure synthetic substrates and vapor phase growth substrates, indicating the different mode of crystal growth.

研究分野：半導体

キーワード：ダイヤモンド 転位 X線トポグラフィ パワーデバイス

## 1. 研究開始当初の背景

ダイヤモンドは物質中最高の物性を多数有する。絶縁破壊電界は SiC の 7 倍の 21.5MV/cm を有し、省エネパワーデバイスにおける優位性と冷却フリーの可能性などを目指し、次世代材料として研究が進んでいる。最近急速に注目を集めている NV センター（室温で超長寿命の量子ビットになる欠陥）に関して、高い磁場検出感度と空間分解能を有する量子磁気センサー等を目指した研究が進んでいる。これらの研究で、結晶内の欠陥の重要性が注目されている。現状個々の転位の同定が出来ていないために、デバイスへの影響が不明である。量子デバイスにおいては、NV センターが転位周辺に存在すると、歪の影響で電子スピンのコヒーレンス時間が短くなり量子センサ応用では均一で長いコヒーレンス時間が要求されるため、結晶中の転位低減は実用化に向けて解決せねばならない重要課題となっている。転位は、既に应用されている工具やレーザー・X線の窓材においても、結晶欠陥起因と思われる影響が多く見られ、課題となって来ている。

## 2. 研究の目的

このような背景を受けて、ダイヤモンドの次世代応用及び現行応用展開の双方における共通基盤課題として、結晶転位に関する研究を目的とした。現在、転位のベクトルを読むことが困難であるため、主に X 線トポグラフィを用いて正確な欠陥解析手法を開発する。基板のみならずエピタキシャル成長膜及び気相成長による基板にも対応可能なように、反射モードにおける解析を目指した。そして各種材料の転位の同定、影響調査を行い、各々の応用における転位に関する課題を明らかにする。また成長メカニズムとの関連性や、さらには転位終端手法の糸口を探索する。一連の研究で、ダイヤモンド欠陥の理解を深め、各種応用への展開を促進させると共に、本質的に解析の困難な軽元素結晶欠陥解析の先鞭をつける。多くの半導体、特に最近の SiC の欠陥解析とその低減研究が、省エネパワーデバイスの実用化に大きく貢献したことは記憶に新しい。さらなる低消費電力パワーデバイスや種々の高機能量子デバイスを目指した研究における、転位に関する情報を取得可能にすることで、既存応用も含めて、その展開に貢献する。

## 3. 研究の方法

上記目的に対応するため、すべての前提となる (1) 欠陥解析手法確立に注力した。九州放射光研究所 (BL09) の単色 X 線を用いた X 線トポグラフィ (XRT) により、鮮明な画像の得られる  $g$  ベクトル ( $\langle 404 \rangle$ ,  $\langle 113 \rangle$ ) を用いた。三次元幾何学的解析を行い、それらが二次元フィルム上へ投影された欠陥の同定をおこない、同時にバーガーズベクトルも同定することにより、欠陥の種類も同定する。次にそれを用いて (2) 欠陥同定を行う。高温高压合成基板、気相合成基板、など、様々な結晶について欠陥の違いを解析し、合成法と欠陥の関連について解析する。またその他観察・分析手法で得た情報との比較を行う。ショットキーダイオードを欠陥上に選択的に作製し、各種欠陥のデバイスへの影響を電氣的に調査し、致命欠陥などの解析を行う。また (3) 欠陥終端手法に関して直接的・間接的に転位終端している現象を調査し、目的に応じたキラ欠陥を無害化終端する技術を開発する。

## 4. 研究成果

ダイヤモンドは軽元素で構成されるため、Si、SiC、GaN などの半導体材料と異なり、一桁近く深く（概ね 300~800 $\mu$ m）結晶中に X 線が入射する。また対称性の最も高い空間群立方晶に属し、禁制反射が多く上記材料と比べて観察に用いる事の出来る  $g$  ベクトルが極端に少ない。この 2 つの本質的な背景の下、未だ転位低減が未達のため、転位が一度に多数観察され、また観測方向  $g$  ベクトルによって重なりが変わり、欠陥ベクトルの判定が極めて困難である。

### (1) 欠陥解析手法確立

まず始めに放射光施設の単色 X 線を用いた X 線トポグラフィを、いくつかの  $g$  ベクトルを用いて、主として反射モードを用いて観察を行い、画像の鮮明さを確認し、また比較的侵入深さも近くバーガーズベクトル判定に大きな支障の生じない  $\langle 404 \rangle$  と  $\langle 113 \rangle$  の 8 つのベクトルを選定した。そして三次元の結晶における転位情報が二次元フィルムに転写される幾何学的解析を行った。具体的には、発生しやすい転位の開始点の平面と終点の平面の二つを考え、その直上または直下の仮想点を仮定した幾何をベースに、入射角・入射方向及びブラッグ角の変数として、三次元の転位ベクトルが二次元フィルムに投影される位置を計算した。実際に  $\langle 404 \rangle$  の XRT 像上で、 $\langle 111 \rangle$ 、 $\langle 101 \rangle$ 、 $\langle 001 \rangle$ 、 $\langle 121 \rangle$ 、 $\langle 211 \rangle$ 、 $\langle 112 \rangle$  など立方晶の結晶において発生しやすい転位方向との比較検討を行ったところ、殆どの転位方向を同定することができた。また併せて  $\langle 404 \rangle$ 、 $\langle 113 \rangle$  の中で、転位消滅が観測できる場合には、 $g \cdot b$  解析からバーガーズベクトルが決定でき、転位の種類を決定することが出来た (図 1)。既知の刃状、 $30^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $73^\circ$  などの転位である。現状ではこれらに分類されない転位も多く、特に CVD により成長した結晶に関しては、転位束になっていて分離することが不可能で、同定困難なものも多く、今後の課題である。

(2) 欠陥同定に関して

(1) で開発した新手法を用いて、いくつかの高温高圧 (HPHT) 合成基板の全体の転位解析を実施した。用いた結晶は、複数のノンドープ絶縁性 HPHT 結晶、N ドープ絶縁 HPHT 結晶、B ドープ低抵抗 HPHT 結晶である。その結果、ノンドープ絶縁性 HPHT 結晶の転位ベクトルは、 $\langle 101 \rangle$  系が全体の 84% を占め、 $\langle 111 \rangle$  系は 7%、それ以外はわずかな  $\langle 001 \rangle$ ,  $\langle 211 \rangle$ ,  $\langle 121 \rangle$ ,  $\langle 112 \rangle$  系に絞られていることがわかった。N ドープ絶縁 HPHT 結晶では、 $\langle 101 \rangle$  系は皆無であり、 $\langle 211 \rangle$ ,  $\langle 121 \rangle$ ,  $\langle 112 \rangle$  系が 71%、 $\langle 111 \rangle$  が 29% であることがわかった。同じ絶縁性でありながら、全く異なる事が明らかになった。転位の種類は、前者で 47% が刃状転位、38% がらせん転位、後者は刃状が 65%、 $30^\circ$  転位が 29% を占めていて、これらも大きく異なる事がわかり、成長機構に迫れるデータを得ることができた (図 2)。B ドープ低抵抗 HPHT 結晶に関しては、成長セクター境界が明瞭に観測され、また積層欠陥が多く観測された。転位については、結晶個別で大きく転位の様子が異なることがわかった。まだこの結晶を成長している機関が少なく、技術は未熟である。絶縁性 HPHT 基板からエピ膜へ引き継がれて、Band-A 発光の起因となる転位の同定を行った。既知の  $45^\circ$  転位以外に、刃状転位、 $30^\circ$  転位、 $60^\circ$  転位が Band-A 発光の起因となっていることが分かった。基板からエピ成長によって引き継がれた一部の転位は、引継ぎの過程で転位ベクトルと転位種が変化していることが分かった。エピ成長起因欠陥の Band-A 同定に関して、成長前後の XRT 像と Band-A マッピング像を比較することでエピ膜に新たに形成された転位はすべて Band-A 発光を示すことが分かった。

(3) 欠陥終端手法開発に関して

転位の発生・終端は、転位や積層欠陥などが相互作用していることが推測される。始めに HPHT 結晶に関して、転位深さ解析と併せて、積層欠陥に関連して発生・終端する転位の推定を行った。また HPHT 基板からの引継ぎ、エピ界面からの新規転位発生の方向 (図 3) など、同定する事が出来た。一連の  $g$  ベクトル像の位置比較を用いた  $c$  軸深さの情報同定より、転位の終点の位置を認識する手法が出来た。その他転位深さ情報、エピにおける一点から複数転位発生等々、転位に関して様々な有用な情報を得ることができた。デバイスに関して、ダイヤモンド薄膜の CVD 成長を行った。薄膜中にホウ素を  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  程度をドープすることでショットキーダイオードを作製できるようにし、CVD 薄膜中の欠陥構造と漏れ電流特性の相関を得た。また量子デバイスに用いられる量子ビットに用いられる NV センターに関して、N ドープエピ膜の、転位部での NV 発光の深さ方向計測を実施したところ、 $10 \sim 30$  倍の強度を観測し、空孔を多数有する転位部に NV センターが形成され易いことがわかった。またデバイスへの影響評価を行うにあたり、CVD 薄膜成長を行った。

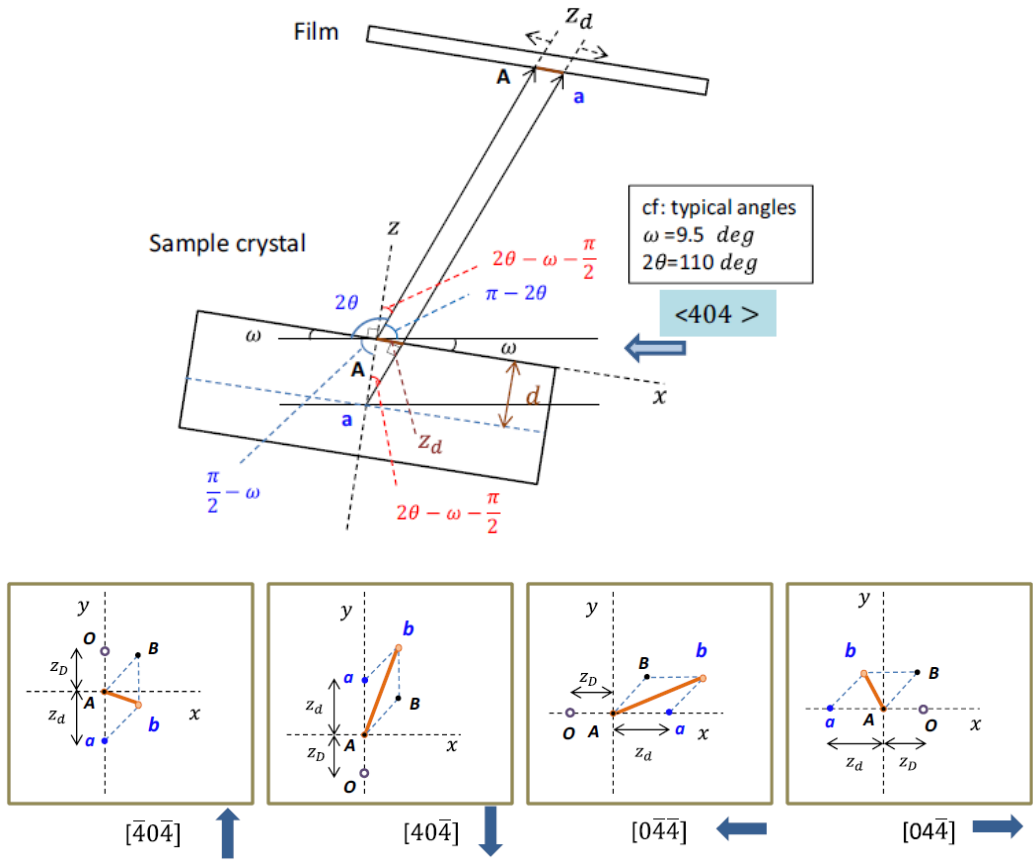


図 1 X線トポグラフィ計測における回折幾何と、2次元フィルム上の出現図

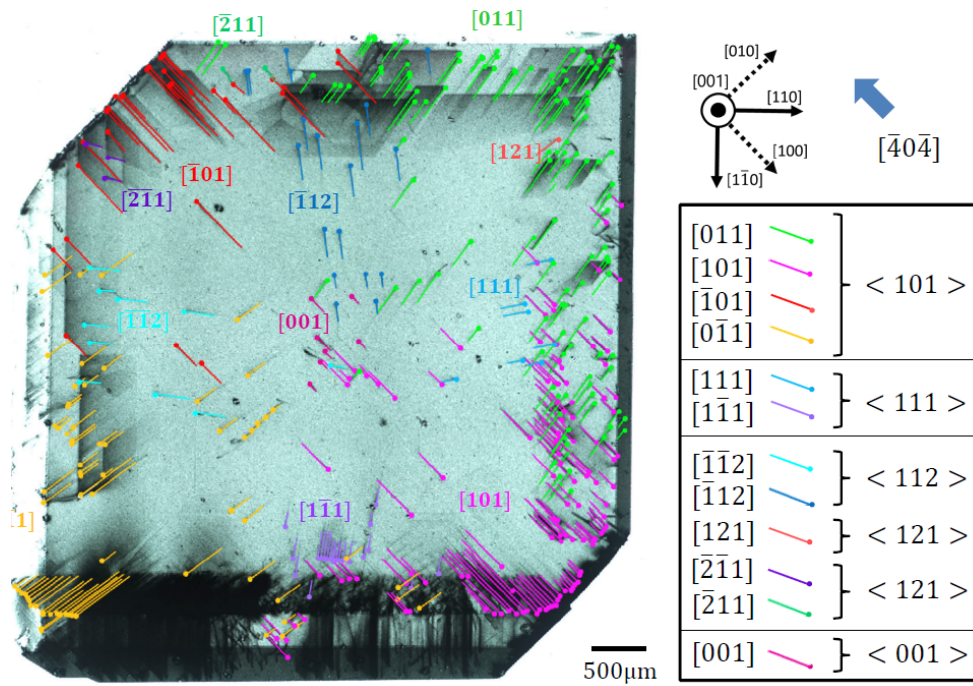


図2 転位ベクトル解析例 (HPHT 絶縁性 IIa 基板) ([-40-4]に投影した図)



図3 エピタキシャル膜/基板 界面から2本転位が発生・成長している例

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 N.Akashi, N.Fujimaki, and S.Shikata	4. 巻 109
2. 論文標題 Influence of threading dislocation on diamond Schottky barrier diode characteristics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Diamond and Related Materials	6. 最初と最後の頁 108024
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.diamond.2020.108024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 M.Matsuoka, Y.Tsuchida, N.Ohtani, T.Yamada, S.Koizumi and S.Shikata	4. 巻 114
2. 論文標題 Polarized Raman spectroscopy of phosphorous doped diamond films	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Diamond and Related Materials	6. 最初と最後の頁 108283
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.diamond.2021.108283	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 S. Ishizu, K. Sasaki, D. Misonou, T. Teraji, K.M. Itoh, E. Abe,	4. 巻 127
2. 論文標題 Spin coherence and depths of single nitrogen-vacancy centers created by ion implantation into diamond via screening masks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 244502
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0012187	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 C. Osterkamp, P. Balasubramanian, G. Wolff, T. Teraji, M. Nesladek, F. Jelezko,	4. 巻 3
2. 論文標題 Benchmark for Synthesized Diamond Sensors Based on Isotopically Engineered Nitrogen Vacancy Spin Ensembles for Magnetometry Applications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Quantum Technologies	6. 最初と最後の頁 2000074
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/qute.202000074	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 K. Ichikawa, T. Shimaoka, Y. Kato, S. Koizumi, T. Teraji	4. 巻 128
2. 論文標題 Dislocations in chemical vapor deposition diamond layer detected by confocal Raman imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 155302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0021076	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 A.J. Healey, A. Stacey, B.C. Johnson, D.A. Broadway, T. Teraji, D.A. Simpson, J-P. Tetienne, L.C.L. Hollenberg	4. 巻 4
2. 論文標題 Comparison of different methods of nitrogen-vacancy layer formation in diamond for wide-field quantum microscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 104605-1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.4.104605	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 G. Alba, D. Leinen, M. P. Villar, R. Alcantara, J. C. Pinero, A. Fiori, T. Teraji, D. Araujo	4. 巻 537
2. 論文標題 Comprehensive nanoscopic analysis of tungsten carbide/Oxygenated-diamond contacts for Schottky barrier diodes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 147874
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2020.147874	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 A.Matsushita, N. Fujimori, Y. Tsuchida, N. Ohtani, D. Dojima, K. Koide, T. Kaneko and S.Shikata	4. 巻 101
2. 論文標題 Evaluation of diamond mosaic wafer crystallinity by electron backscatter diffraction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Diamond and Related Materials	6. 最初と最後の頁 107558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.diamond.2019.107558	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S.Shikata, K.Yamaguchi, A.Fujiwara, Y.Tamenori, K.Tsuruta, T.Yamada, S.S.Nicley, K.Haenen and S.Koizumi	4. 巻 105
2. 論文標題 X-ray absorption near edge structure and extended X-ray absorption fine structure study of P doped (111) diamond	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Diamond and Related Materials	6. 最初と最後の頁 107769
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.diamond.2020.107769	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 P. Jamonneau, M. Lesik, J. P. Tetienne, I. Alvizu, L. Mayer, A. Dreau, S. Kosen, J. F. Roch, S. Pezzagna, J. Meijer, T. Teraji, Y. Kubo, P. Bertet, J. R. Maze and V. Jacques	4. 巻 99
2. 論文標題 Competition between electric field and magnetic field noise in the decoherence of a single spin in diamond	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 249903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.249903	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 M. Haruyama, S. Onoda, T. Higuchi, W. Kada, A. Chiba, Y. Hirano, T. Teraji, R. Igarashi, S. Kawai, H. Kawarada, Y. Ishii, R. Fukuda, T. Tanii, J. Isoya, T. Ohshima and O. Hanaizumi,	4. 巻 10
2. 論文標題 Triple nitrogen-vacancy centre fabrication by C5N4Hn ion implantation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communicaitons	6. 最初と最後の頁 2664
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-10529-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S.Shikata and N.Akashi	4. 巻 1004
2. 論文標題 Dislocation vector analysis method of deep dislocation having c-axis segment in diamond	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Material Science Forum	6. 最初と最後の頁 519-524
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/MSF.1004.519	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S.Shikata, K.Miyajima, and N.Akashi	4. 巻 118
2. 論文標題 Analysis method of diamond dislocation vectors using reflectance mode X-ray topography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Diamond and Related Materials	6. 最初と最後の頁 108502 (1-10)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.diamond.2021.108502	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 K. Kouda, Y.Sato, M.Takeuchi, H.Takahashi and S. Shikata	4. 巻 60
2. 論文標題 Forbidden X-ray diffraction of highly B doped diamond substrate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 071002(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac0b23	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 J. F. da Silva Barbosa, M. Lee, P. Campagne-Ibarcq, P. Jamonneau, Y. Kubo, S. Pezzagna, J. Meijer, T. Teraji, D. Vion, D. Esteve, R. W. Heeres and P. Bertet	4. 巻 129
2. 論文標題 Determining the position of a single spin relative to a metallic nanowire	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 144301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0042987	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 C. Shinei, M. Miyakawa, S. Ishii, S. Saiki, S. Onoda, T. Taniguchi, T. Ohshima and T. Teraji	4. 巻 119
2. 論文標題 Equilibrium charge state of NV centers in diamond	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 254001 (1-5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0079687	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 T. Kageura, Y. Sasama, C. Shinei, T. Teraji, K. Yamada, S. Onoda, T. Yamaguchi	4. 巻 192
2. 論文標題 Charge Stability of Shallow Single Nitrogen-Vacancy Centers in Lightly Boron-Doped Diamond	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Carbon	6. 最初と最後の頁 473-481
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2022.01.027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Sato, K. Miyajima and S. Shikata	4. 巻 126
2. 論文標題 Complete analysis of dislocations in single crystal diamonds	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Diamond and Related Materials	6. 最初と最後の頁 109129 (1-7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.diamond.2022.109129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計25件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 鹿田真一
2. 発表標題 ダイヤモンドウェハ・エピの貫通欠陥とデバイスへの影響
3. 学会等名 応用物理学会 先進パワーエレクトロニクス分科会 第7回講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮嶋孝輔, 市川公善, 寺地徳之, 鹿田真一
2. 発表標題 X線トポグラフィによるダイヤモンド単結晶膜のBand-A欠陥同定
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 見方尚輝,市川公善,寺地徳之, 鹿田真一
2. 発表標題 ダイヤモンド結晶転位が縦型デバイスに及ぼす影響評価
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T.Teraji
2. 発表標題 Diamond Growth for Power Electronics and Quantum Applications
3. 学会等名 Second Workshop on Diamond Electronics 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S.Shikata, N.Akashi, and N.Fujimaki
2. 発表標題 Dislocation analysis using XRT and their effect to the device characteristics
3. 学会等名 New Diamond and Nano Carbons 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S.Shikata and N.Akashi
2. 発表標題 Dislocation vector analysis method of deep dislocation having c-axis segment in diamond
3. 学会等名 Int 'l Conf. SiC and Related Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S.Shikata, K.Miyajima, and N.Akashi
2. 発表標題 Evaluation of heavily B doped HPHT crystals for power device application
3. 学会等名 The 9th Asia-Pacific Workshop on Wide gap Semiconductors (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮嶋孝輔, 寺地徳之, 鹿田真一
2. 発表標題 ダイヤモンドエピタキシャル膜起因のCL発光欠陥の同定
3. 学会等名 第33回 ダイヤモンドシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鹿田真一, 明石直也
2. 発表標題 X線トポグラフィによる転位ベクトル解析手法
3. 学会等名 第33回 ダイヤモンドシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松下晁生, 藤森直治, 土田有記, 大谷昇, 堂島大地, 小出和典, 金子忠昭, 鹿田真一
2. 発表標題 接合型ダイヤモンド単結晶基板の配向性
3. 学会等名 第6回先進パワーエレクトロニクス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺地徳之
2. 発表標題 量子デバイス応用を目指したダイヤモンド結晶成長
3. 学会等名 大阪大学ナノ理工学人材育成産学コンソーシアム 令和元年度第3回ナノ理工学情報交流会 「センシング技術の進化」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Teraji
2. 発表標題 Growth of high-purity and high-quality diamond films for quantum device applications
3. 学会等名 DCM2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N.Mikata, M.Takeuchi, K.Ichikawa, T.Teraji, and S.Shikata
2. 発表標題 Influence of dislocations on diamond schottky barrier diode characteristics
3. 学会等名 New Diamond and Nano Carbons 2020/2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Miyajima, K. Ichikawa, T. Teraji and S. Shikata
2. 発表標題 Dislocation type identification of Band A in diamond epitaxial film
3. 学会等名 New Diamond and Nano Carbons 2020/2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 M.Matsuoka, Y.Tsuchida, N.Ohtani, T.Yamada, S.Koizumi and S.Shikata
2 . 発表標題 Polarized Raman spectroscopy of P doped diamond
3 . 学会等名 New Diamond and Nano Carbons 2020/2021 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 S. Shikata, K. Miyajima, E. Kamei, and N. Akashi
2 . 発表標題 Dislocation features of various type of diamond substrates
3 . 学会等名 New Diamond and Nano Carbons 2020/2021 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Teraji
2 . 発表標題 Growth of High-Purity Diamond Films and Doping for Quantum Device Application
3 . 学会等名 MRS Spring Meeting & Exhibit ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 S. Shikata, A.Nakamura, and Y.Sato
2 . 発表標題 Depth analysis of diamond dislocations
3 . 学会等名 New Diamond and Nano Carbons 2022 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1. 発表者名 Y.Fujii, K.Miyajima, S.Toyama and S. Shikata
2. 発表標題 Dislocation propagation analysis of diamond epitaxial layer
3. 学会等名 New Diamond and Nano Carbons 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤雄哉, 宮嶋孝輔, 明石直也, 鹿田真一
2. 発表標題 X線トポグラフィを用いたダイヤモンドHPHT基板の結晶転位解析
3. 学会等名 第35回ダイヤモンドシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹内茉莉花, 見方尚輝, 市川公善, 寺地徳之, 大谷昇, 鹿田真一
2. 発表標題 逆方向リーク電流の違いを有するダイヤモンド貫通転位の観察
3. 学会等名 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第8回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺地徳之
2. 発表標題 電子デバイス・量子デバイスを目指したダイヤモンドCVD成長
3. 学会等名 第59回センサ&アクチュエータ技術シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺地徳之
2. 発表標題 量子デバイス応用のためのダイヤモンド化学気相成長
3. 学会等名 第50回結晶成長国内会議（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺地徳之
2. 発表標題 量子磁気センサ応用を目指したダイヤモンド結晶成長
3. 学会等名 NIMS WEEK 2021（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺地徳之
2. 発表標題 量子磁気センサのためのダイヤモンド結晶成長技術
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 T.Teraji	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Academic Press	5. 総ページ数 19
3. 書名 Semiconductors and Semimetals: Diamond for Quantum Applications Part 1	

1. 著者名 笹間 陽介, 小松 克伊, 森山 悟士, 井村 将隆, 寺地 徳之, 渡邊 賢司, 谷口 尚, 内橋 隆, 山口 尚秀	4. 発行年 2019年
2. 出版社 ニューダイヤモンドフォーラム	5. 総ページ数 7
3. 書名 NEW DIAMOND	

1. 著者名 鹿田真一	4. 発行年 2022年
2. 出版社 シーエムシー	5. 総ページ数 7
3. 書名 次世代パワー半導体の開発動向と応用展開	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	寺地 徳之  (Teraji Tokuyuki)  (50332747)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・機能性材料研究拠点・主席研究員   (82108)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------