

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01056

研究課題名(和文)炭化ケイ素半導体デバイス中の単一光子源の量子状態計測

研究課題名(英文)Quantum state measurements of single photon sources in silicon carbide devices

研究代表者

大島 武 (Ohshima, Takeshi)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・高崎量子応用研究所 先端機能材料研究部・部長(定常)

研究者番号：50354949

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、炭化ケイ素(SiC)中の単一光子源(SPS)の発光やスピン特性を明らかにするとともに、それらSPSの状態制御技術の開発を目的に、a)SPSをSiCデバイス内の任意位置に導入する技術を開発し、光検出磁気共鳴(ODMR)を用いたSPSのスピン制御及びそれを応用した磁場センシングの実証、b)電圧印加や電流注入といったデバイス動作がSPSの発光やスピン特性といった量子状態に及ぼす影響を明らかにすることで、デバイス動作によるSPSの量子状態制御の基盤技術の構築、c)窒素-空孔(NcVsi)や表面SPSの形成条件や物性及び量子状態に関する情報を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

量子コンピューティング、量子暗号通信技術や量子センシングといった量子技術の実用化には、安定・確実に動作する演算子(量子ビット)や量子センサの開発が不可欠である。本研究では、結晶成長技術やデバイス作製技術が確立しつつある炭化ケイ素(SiC)半導体に着目し、SiCを母材とした単一光子源(SPS)に関する研究を推進した。イオン照射技術等を駆逐することで位置制御可能なSPS形成技術を開発したこと、形成したSPSのスピンや光学特性を明らかにしたこと、更には、SPSをSiCデバイス中に導入し、デバイス動作によるSPSの量子状態制御を実証したことは、将来の量子デバイスの開発に向けて大いに意義がある。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the optical and spin properties of single photon sources (SPSs) in silicon carbide (SiC), and also to develop manipulation methods for those properties, a) we developed the position selective introduction method of SPSs in SiC devices and demonstrated magnetic field sensing using optically detected magnetic resonance (ODMR) in which spin manipulation is performed. b) We established basic technology on the quantum manipulation for SPSs such as spin and optical properties using operation of electronic device such as applying bias and injection of current. c) We obtained the information on the fabrication process of Nitrogen-vacancy center (NcVsi) and surface SPS of which atomic structure have not yet been identified, and also revealed the quantum properties of those SPSs.

研究分野：半導体工学

キーワード：量子センシング 結晶工学 格子欠陥 半導体物性 光物性 放射線

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

私達の生活をより快適・安全・安心にするため、量子効果を活用した技術、即ち量子コンピューティング、量子暗号通信技術や量子センシングが大いに期待されている。これらの実現には、安定、且つ確実に動作する演算子(量子ビット)や量子センサの開発が不可欠であり、固体中の単一光子源(Single Photon Source, SPS)はその有力候補の一つであり、ワイドバンドギャップ半導体中の孤立した欠陥、例えば、ダイヤモンド中の窒素-空孔センター(NV)は、室温動作が可能なSPSとして世界的に活発に研究が進められている[1]。しかし、一方で、ダイヤモンドは大口径の結晶成長やデバイス作製技術が未確立といった実用上の課題がある。

研究代表者らは、この解決として、超低損失パワーエレクトロニクス用半導体として国内外で活発な研究が展開されている炭化ケイ素(SiC)に着目し、世界に先駆けてSiC中のSPSに関する研究の推進を開始した。これまで研究代表者らは、炭素アンチサイト-炭素空孔ペア( $C_{Si}V_C$ )が室温動作可能なSPSであることの発見[2]、更に、SiC pnダイオード電極近傍に波長600nm付近に発光ピークを持つ高輝度なSPS(表面SPS)が存在することを見いだしている[3]。これら以外にも、SiC中のSPSとしてシリコン空孔( $V_{Si}$ )、シリコン空孔-炭素空孔ペア( $V_{Si}V_C$ )、炭素置換窒素-シリコン空孔( $N_CV_{Si}$ )が存在する。

### 2. 研究の目的

本研究では、SiC中のSPSの発光やスピン特性を明らかにするとともに、それらの状態を制御する技術を開発することを目的とした。具体的には、

- SPSをSiCデバイス内の任意位置に導入する技術を開発するとともに、光検出磁気共鳴(ODMR)を用いたSPSのスピン制御及びそれを応用した磁場センシングを行う
- 電圧印加や電流注入といったデバイス動作がSPSの量子状態(発光やスピン)に及ぼす影響を明らかにすることで、デバイス動作によるSPSの量子状態制御の基盤技術を構築する
- $N_CV_{Si}$ や表面SPSといった構造や物性が未解明なSPSに関して、形成条件や物性及び量子状態に関する情報を得る

ことを目的とした。

### 3. 研究の方法

実験には市販の六方晶(4H)SiC基板、必要に応じて、その4H-SiC基板上に化学気相成長(CVD)法を用いて高品質エピタキシャル4H-SiC膜を成長させたエピタキシャル基板を用いた。デバイス作製ではエピタキシャル基板を用い、リン及びアルミニウム(AI)の高温イオン注入(800°C)及びアルゴン中での1800°Cでの熱処理によりn<sup>+</sup>及びp<sup>+</sup>層を形成することでAI電極間及び幅が、それぞれ、40及び90µmのin-plane型のpnダイオードを作製した(図1)。

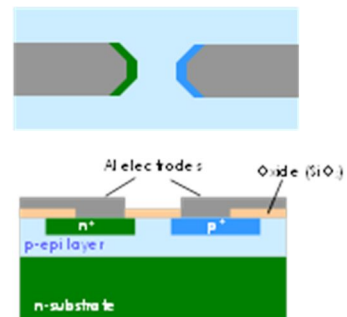


図1 pnダイオードの上面及び断面模式図

本研究では主に $V_{Si}$ 、表面SPS及び $N_CV_{Si}$ を対象に研究を展開した。 $V_{Si}$ に関しては、1µm直径に集束した陽子線及びヘリウム(He)イオンビームを用いた粒子線描画(Particle Beam Writing, PBW)技術を活用することで、任意位置への $V_{Si}$ 形成を試みた。表面SPS形成は、SiC表面を酸化することで行った。また、熱処理やガンマ線照射といった後工程が、酸化により形成した表面SPSに及ぼす影響も調べた。 $N_CV_{Si}$ については、窒素(N)イオン注入または陽子線照射、及び照射後の熱処理により形成を試みた。

フォトルミネッセンス(PL)を用いSPSの発光特性を観測した。特に、 $V_{Si}$ 及び表面SPSの観察では自作の共焦点蛍光顕微鏡を用い、高分解能に面内のSPSの分布を調べるとともに、 $V_{Si}$ に関してはODMR測定を実施した。

### 4. 研究成果

#### (1) シリコン空孔( $V_{Si}$ )

負に帯電したシリコン空孔( $V_{Si}$ )は、スピン(S)3/2を有し、室温においても900nm付近のPL発光が観察可能なSPSである(図2)。本研究ではPBW技術を活用することでSiC pnダイオード中の任意位置へ $V_{Si}$ を3次的に形成する技術の開発を進めた。ここで重要となるのは、 $V_{Si}$ の形成は結晶

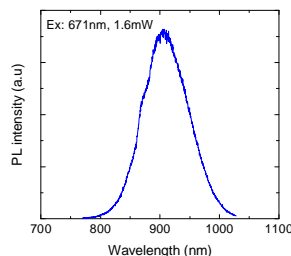


図2  $V_{Si}$ のPLスペクトル(室温)

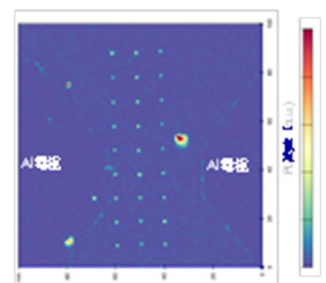


図3 PBW SiC pnダイオードのPLマッピング像(室温)

損傷の導入でもあることから、デバイス特性の劣化を抑制し、任意の位置に発光観察が可能な $V_{Si}$ を形成する条件を見出すことが挙げられる。そこで、本研究では1つのスポットに打ち込む陽子線量とPL強度、及びpnダイオードの順方向電流を用いたエレクトロルミネッセンス(EL)強度の関係を調べた。0.5MeVの陽子線を用いたPBWによりin-plane SiC pnダイオードのp<sup>+</sup>及びn<sup>+</sup>電極間に10µm間隔で11個のスポットを3列形成した。図3は1スポットに $3 \times 10^4$ 個の陽子を

打ち込んだ pn ダイオードから得られた室温 PL マッピング結果である(励起光 671nm、ロングパスフィルタ(LPF) 808nm)。図から分かるように陽子線の入射位置から発光が観察された。各発光点の PL スペクトル観察から  $V_{Si}$  が形成されていることが確認できた。また、pn ダイオードに順方向電流を流すことで EL 発光も観察され、スペクトル解析の結果から  $V_{Si}$  が発光していることが確認された。このことより、 $V_{Si}$  を内包する量子デバイス実現に向けたデバイス作製プロセスとして PBW が有用であることを実証した。図 4 に各スポットの PL 及び EL 発光強度と陽子線照射量の関係を示す。発光強度は 840~1130nm のスペクトルの積分

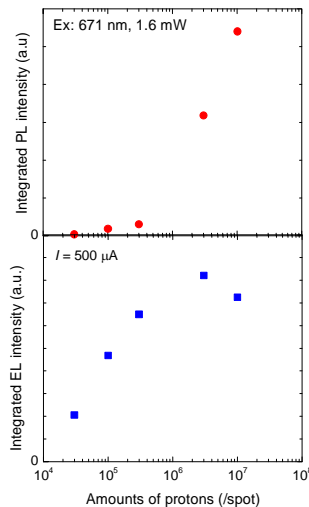


図 4 PL(上)、EL(下)発光強度と陽子線量の関係

値である。図より PL 強度は陽子線量の増加と共に増加するが、EL に関しては  $10^6$  個程度の陽子線量で最大強度を示し、それより多い場合は強度が低下することが見いだされた。これは、PL の場合は励起光が  $V_{Si}$  を直接励起するため、 $V_{Si}$  が多いほど発光強度が増加するが、EL の場合は  $V_{Si}$  に到達した電子により  $V_{Si}$  が励起され発光を示すため、陽子線照射量の増大による結晶損傷によりスポットの電気抵抗値が増加すると  $V_{Si}$  への電子注入が出来なくなり発光が低下するという描像で説明できる。これより、0.5MeV 陽子線での PBW では、発光強度を最大にできる陽子線量は  $10^6$  個程度であると決定した[4]。

電子スピン制御、それを活用した量子センシングを目指し、ODMR に関する研究を推進した。 $V_{Si}$  は  $m_s \pm 1/2$  と  $\pm 3/2$  のゼロ磁場分裂が 70MHz 付近であり、 $\pm 3/2$  では ODMR により PL 強度が増加する(図 5)。ODMR コントラスト向上や遷移幅の急峻さは量子センシングの感度向上にとっても重要な要因であり、照射後の熱処理による残留欠陥除去が ODMR 特性向上に有望であると考え、熱処理が ODMR 特性に及ぼす影響を調べた。図 6 に PBW を用いて  $1 \times 10^6$  個の陽子線を照射したスポットからの PL 発光強度(PL ピーク値)と熱処理温度の関係を示す(丸印)。また、図には PL のバックグラウンド値も示している(四角印)。PL 測定は、励起光 671nm、800 $\mu$ W で、LPF900nm を使用した。図より PL 発光強度は熱処理温度の上昇とともに徐々に低下していくこと、バックグラウンドレベルには影響を及ぼさないことが分かる。これは熱処理により  $V_{Si}$  の濃度が低下したためと考えられる。次に、ODMR コントラスト(ベース値に対するピーク値)及び半値幅と熱処理温度の関係調べた(図 7)。その結果、コントラストは 500~600 $^{\circ}$ C 付近が最大となること、半値幅は熱処理温度の上昇とともに狭くなることが判明し、500~600 $^{\circ}$ C での熱処理により ODMR 特性の向上を図れることを見出した。ODMR を利用した磁場計測も進めた。図 8 に 0~0.8mT の磁場中での  $V_{Si}$  の ODMR シグナルの変化を示す。磁場の印加により、ピークが 2 つに分裂し、磁場強度の増加と共にピーク位置が離れていくことが見てとれる。このピーク位置(四角印)を磁場強度に対してプロットしたところ、理論(実線)と良好一致を示し、今後、更に感度向上は必要であるものの、mT レベルの量子センシングに成功した(図 8) [5]。

図 8 (左) 磁場印加による ODMR シグナルの変化及び (右) ピーク周波数と磁場強度の関係

## (2) 表面 SPS

表面 SPS は、SiC 表面を酸化する

ことで形成されることを見出しているが、その構造は同定されていない[6]。本研究では、表面 SPS 同定に向け、PL スペクトルの把握、形成後の後処理が及ぼす影響を調べた。更に、in-plane pn ダイオード中に表面 SPS を導入し、ダイオードへの逆方向電圧印加や順方向電流注入が表面 SPS の発光特性に及ぼす影響を調べた。図 9 に典型的な 2 種類の表面 SPS の PL スペクトルを示す。左は比較的シャープな PL ピークを、右はブロードな PL ピークを有することが分かる。表面 SPS の PL ピーク位置が一定でないことから、分布幅を調べた(図 10)。シャープ、ブロードとも

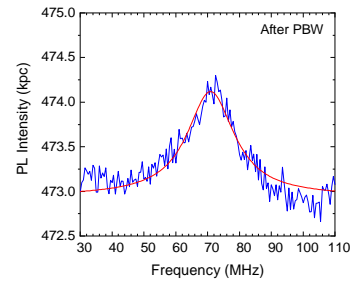


図 5  $V_{Si}$  の ODMR シグナル

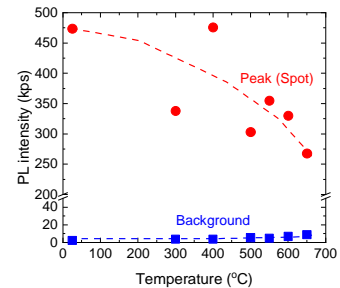


図 6 PL 強度及びバックグラウンドと熱処理温度の関係

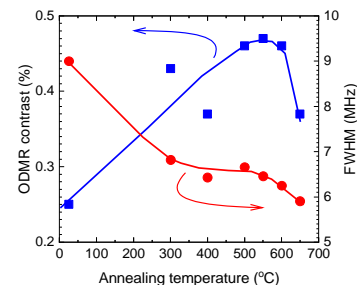
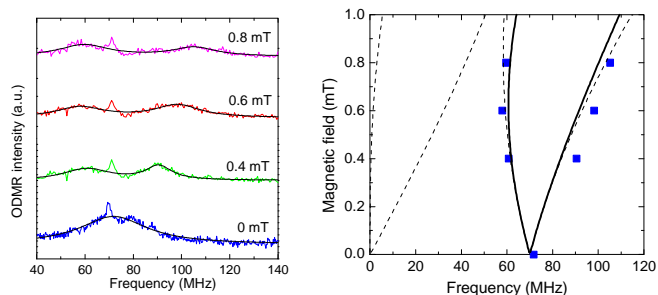


図 7 ODMR コントラスト及び半値幅と熱処理温度の関係



に PL ピーク位置は 0.35eV 程度の分布を示すことが分かる。次に、酸化膜形成方法や温度と表面 SPS の発生量や発光の安定性を述べる。まずは、プラズマ化学気相成長 (CVD) 法による酸化膜堆積でも表面 SPS が形成されるかを調べた。その結果、300°C の成長温度で酸化膜堆積した場合でも表面 SPS は形成されるが、発光は不安定であり、安定な表面 SPS を得るには少なくとも 350°C が必要であることが判明した。このことは、酸化膜と SiC 界面の制御が表面 SPS 形成の鍵を握ることを示唆する結果といえる。また、酸化膜厚 (熱酸化で形成) の影響に関しては、発光の PL ピークの平均値は変化しないが、酸化膜が厚くなるに従い発光ピークが短波長側に広がっていくこと、酸化膜厚が 10nm 以上になると表面 SPS の数は徐々に減少することが見出された。加えて、ガンマ線照射による表面 SPS の形成・消滅を調べたところ、ガンマ線照射によって表面 SPS の数が増加するが、10 kGy 以上では増加は飽和傾向になることが見いだされた。表面 SPS の PL 強度に偏向角度依存性があることから、アモルファスである酸化膜中のランダムな向きの欠陥ではなく、SiC の結晶構造を反映した欠陥であることが示唆されるが、構造同定にまでは至らなかった。

デバイス中の表面 SPS の発光制御に関しては、図 11 中の円内に示すように逆方向電圧印加により発光強度が増加するものが存在することを発見した [7]。この発光強度の増加は可逆であり、電圧印加時に発光強度が増加、0V に戻すと発光強度がもとの戻ることも合わせて見出した (図 12, 13)。また、順方向電圧による電流注入により発光強度が増加する表面 SPS も観察された。これらの結果から、デバイス動作により表面 SPS の発光を制御できることを実証したといえ、表面 SPS を用いた光子源デバイスの基盤となる成果を得た。

### (3) 窒素-空孔 ( $N_C V_{Si}$ )

SiC 中の C 格子位置を置換した窒素 (N) と隣接する Si 格子位置が空孔である欠陥である ( $N_C V_{Si}$ ) は、波長 1300nm 付近という近赤外領域発光を示すことから通信応用や生物内の量子センシング応用が期待されるが、その生成技術に関しては未だ確立していない。そこで、N イオン照射後の熱処理などの生成条件に関する研究を進めた。図 14 に室温で 2MeV-N イオンを  $2 \times 10^{14}/\text{cm}^2$  注入後にアルゴン中で 1000°C、30 分間熱処理した試料から得られた PL スペクトルを示す (励起光 1064nm)。80K で測定した PL スペクトルからは、N 注入及び熱処理後に  $N_C V_{Si}$  のゼロフォノン線 (ZPL) が観測され  $N_C V_{Si}$  の形成が確認できる。更に、室温 PL 測定の結果においても、ZPL は判別できないが  $N_C V_{Si}$  由来の PL スペクトルが観測された。加えて、図より N 注入のみでは  $N_C V_{Si}$  は形成されていないことから、N 注入後の熱処理が  $N_C V_{Si}$  形成

に重要な処理であることが分かる。そこで、熱処理温度と  $N_C V_{Si}$  形成の関係を調べた。図 15 に PL 強度と熱処理温度の関係を示す。PL 強度は、80K での PL 測定では  $N_C V_{Si}$  の ZPL である 1215~1235

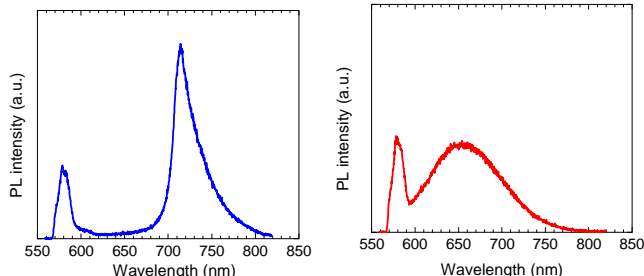


図 9 表面 SPS の PL スペクトル (室温)。570nm 付近のピークはラマンピークであり表面 SPS の PL ではない。

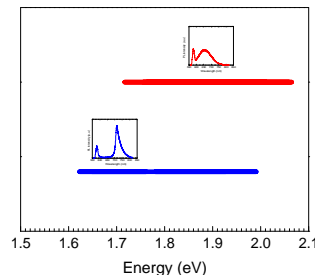


図 10 PL ピーク位置の分布。上線及び下線はブロード及びシャープな PL ピークを示す表面 SPS

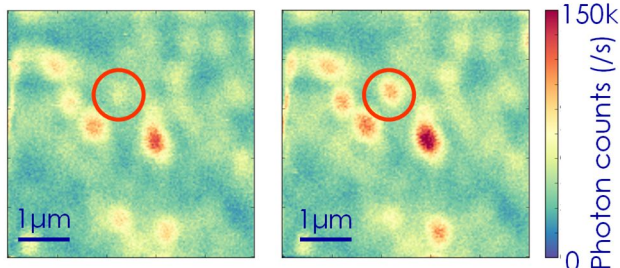


図 11 pn ダイオード中の表面 SPS からの PL 発光。(左) 印加電圧なし、(右) 30V の逆方向電圧

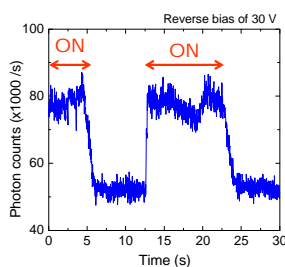


図 12 pn ダイオードに逆バイアス 30V 印加時の表面 SPS の PL 発光強度変化。「ON」が電圧印加時

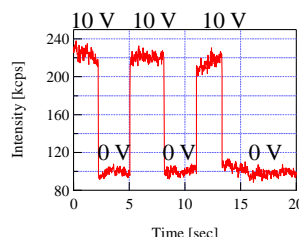


図 13 MOSFET にバイアス 10V を印加した時の表面 SPS の PL 発光強度変化

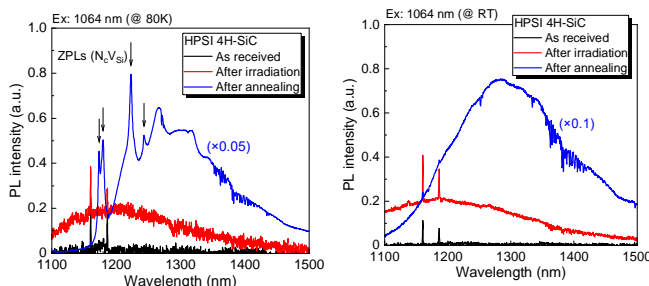


図 14 2MeV-N 注入及び 1000°C 熱処理した SiC の PL スペクトル。(左) 80K、(右) 室温測定

nm を、室温測定では PL スペクトルがブロードなため 1150 ~ 1450 nm の PL の積分強度を示している。図より 1000°C での熱処理により PL 強度が最大になることが分かる。このことは、熱処理温度の上昇とともに  $N_C V_{Si}$  が形成されるが 1000°C を超える温度では

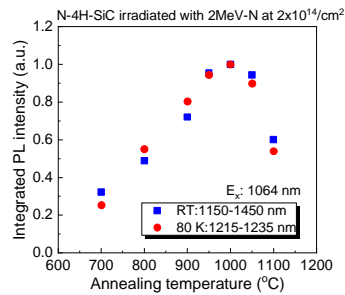


図 15  $N_C V_{Si}$  の PL 強度と熱処理温度の関係。熱処理はアルゴン中で 30 分間実施

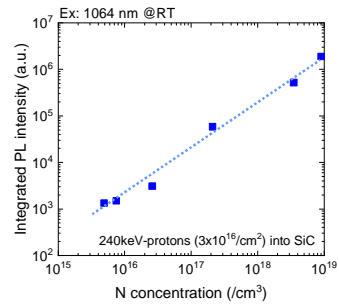


図 16 240keV 陽子線 ( $3 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ) を異なる N 濃度の SiC 基板に照射後、アルゴン中 1000°C、30 分間熱処理したときの  $N_C V_{Si}$  の PL 強度と基板に含有する N 濃度の関係

$N_C V_{Si}$  が安定に存在できず、濃度が減少するという描像で説明できる。このことから、 $N_C V_{Si}$  の効率的な形成には N 注入後に 1000°C での熱処理が重要であると結論できる[8]。更に、異なる N 濃度を有する SiC 基板に対して、陽子線照射及び 1000°C 熱処理を行い、 $N_C V_{Si}$  の PL 強度との関係を調べたところ、N 含有濃度の増加とともに PL 強度も増加することを見出し、 $N_C V_{Si}$  濃度が基板の N 含有濃度に比例して直線的に増加することが判明した(図 16)。更に本研究では、任意位置への  $N_C V_{Si}$  形成を目指し、N 含有 ( $9 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ) SiC 基板へ PBW を用いた  $N_C V_{Si}$  形成を試みた。ここでは、0.5MeV-陽子線を用い、 $1\mu\text{m}$  径のビームにより  $30\mu\text{m}$  ステップで格子点への照射を行った。陽子線照射量はスポット当たり  $1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^8$  であり、照射後に 1000°C 熱処理を行った。図 17 に室温 PL マッピング像を示す。各スポットの PL 強度と陽子線入射量の関係を調べたところ、陽子線の照射量と共に PL 強度が増加し  $N_C V_{Si}$  が形成されていることが明らかとなった。

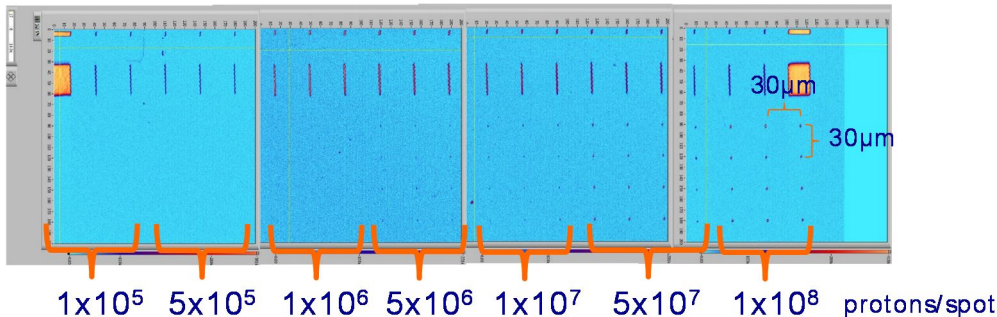


図 17 0.5MeV-陽子線 PBW を用いて形成した  $N_C V_{Si}$  スポットの PL マッピング像

#### <引用文献>

- [1] A. Kuwahata, *et al.*, "Magnetometer with nitrogenvacancy center in a bulk diamond for detecting magnetic nanoparticles in biomedical applications", Scientific Reports **10** (2020) 2483-1-9.
- [2] S. Castelletto, *et al.*, "A silicon Carbide Room-Temperature Single-Photon Source", Nature Materials **13** (2014) 151-156.
- [3] A. Lohrmann, *et al.*, "Single-Photon Emitting Diode in Silicon Carbide", Nature Communications **6** (2015) 7783-1-7.
- [4] Y. Yamazaki, *et al.*, "Electrically controllable position-controlled color centers created in SiC pn junction diode by proton beam writing" J. Mater. Res. **33** (2018) 3355-3361.
- [5] Y. Chiba, *et al.*, "Creation of Color Centers in SiC PN Diodes Using Proton Beam Writing" Mater. Sci. Forum **963** (2019) 709-713.
- [6] A. Lohrmann, *et al.*, "Activation and Control of Visible Single Defects in 4H-, 6H-, and 3C-SiC by Oxidation", Appl. Phys. Lett. **108** (2016) 021107-1-4.
- [7] S.-i. Sato, *et al.*, "Room Temperature Electrical Control of Single Photon Sources at 4H-SiC Surface", ACS Photonics **5** (2018) 3159-3165.
- [8] S.-i. Sato, *et al.*, "Formation of nitrogen-vacancy centers in 4H-SiC and their near infrared photoluminescence properties", J. Appl. Phys. **126** (2019) 083105-1-10.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 26件／うち国際共著 20件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 C. Kasper, D. Klenkert, Z. Shang, D. Simin, A. Gottscholl, A. Sperlich, H. Kraus, C. Schneider, S. Zhou, M. Trupke, W. Kada, T. Ohshima, V. Dyakonov, G. V. Astakhov	4. 巻 13
2. 論文標題 Influence of Irradiation on Defect Spin Coherence in Silicon Carbide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Appl.	6. 最初と最後の頁 044054-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevApplied.13.044054	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. P. Anderson, A. Bourassa, K. C. Miao, G. Wolfowicz, P. J. Mintun, A. L. Crook, H. Abe, J. U. Hassan, N. T. Son, T. Ohshima, D. D. Awschalom	4. 巻 366
2. 論文標題 Electrical and optical control of single spins integrated in scalable semiconductor devices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 1225-1230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aax9406	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. Niethammer, M. Widmann, T. Rendler, N. Morioka, Y-C. Chen, R. Stohr, J. U. Hassan, S. Onoda, T. Ohshima, S-Y. Lee, A. Mukherjee, J. Isoya, N. T. Son, Jorg Wrachtrup	4. 巻 10
2. 論文標題 Coherent electrical readout of defect spins in silicon carbide by photo-ionization at ambient conditions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nat. Commun.	6. 最初と最後の頁 5569-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-13545-z	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 該当する
1. 著者名 K. C. Miao, A. Bourassa, C. P. Anderson, S. J. Whiteley, A. L. Crook, S. L. Bayliss, G. Wolfowicz, G. Thiering, P. Udvarhelyi, V. Ivady, H. Abe, T. Ohshima, A. Gali, D. D. Awschalom	4. 巻 5
2. 論文標題 Electrically driven optical interferometry with spins in silicon carbide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sci. Adv.	6. 最初と最後の頁 eaay0527-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aay0527	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. Widmann, M. Niethammer, D. Y. Fedyanin, I. A. Khrantsov, T. Rendler, I. D. Booker, J. U Hassan, N. Morioka, Y.-C. Chen, I. G. Ivanov, N. T. Son, T. Ohshima, M. Bockstedte, A. Gali, C. Bonato, S.-Y. Lee, J. Wrachtrup	4. 巻 19
2. 論文標題 Electrical Charge State Manipulation of Single Silicon Vacancies in a Silicon Carbide Quantum Optoelectronic Device	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nano Lett.	6. 最初と最後の頁 7173-7180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.9b02774	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 S.-i. Sato, T. Narahara, Y. Abe, Y. Hijikata, T. Umeda, T. Ohshima	4. 巻 126
2. 論文標題 Formation of nitrogen-vacancy centers in 4H-SiC and their near infrared photoluminescence properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 083105 ~ 083105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5099327	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. Chiba, Y. Yamazaki, T. Makino, S.-i. Sato, N. Yamada, T. Satoh, K. Kojima, S.-Y. Lee, Y. Hijikata, T. Ohshima	4. 巻 963
2. 論文標題 Creation of Color Centers in SiC PN Diodes Using Proton Beam Writing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mater. Sci. Forum	6. 最初と最後の頁 709-713
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.963.709.	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 N. T. Son, P. Stenberg, V. Jokubavicius, H. Abe, T. Ohshima, J. U. Hassan, I. G. Ivanov	4. 巻 114
2. 論文標題 Energy levels and charge state control of the carbon antisite-vacancy defect in 4H-SiC	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 212105-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5098070	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 Nagy Roland, Niethammer Matthias, Widmann Matthias, Chen Yu-Chen, Udvarhelyi P?ter, Bonato Cristian, Hassan Jawad Ul, Karhu Robin, Ivanov Ivan G., Son Nguyen Tien, Maze Jeronimo R., Ohshima Takeshi, Soykal ?ney O., Gali ?d?m, Lee Sang-Yun, Kaiser Florian, Wrachtrup J?rg	4. 巻 10
2. 論文標題 High-fidelity spin and optical control of single silicon-vacancy centres in silicon carbide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1954-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-09873-9	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 該当する
1. 著者名 J. Davidsson, V. Ivady, R. Armiento, T. Ohshima, N. T. Son, A. Gali, I. A. Abrikosov	4. 巻 114
2. 論文標題 Identification of divacancy and silicon vacancy qubits in 6H-SiC	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 112107-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5083031	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 N. T. Son, P. Stenberg, V. Jokubavicius, T. Ohshima, J. U. Hassan, I. G Ivanov	4. 巻 31
2. 論文標題 Ligand hyperfine interactions at silicon vacancies in 4H-SiC	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Phys.: Condens. Matter	6. 最初と最後の頁 195501-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ab072b	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 Y. Hijikata, T. Horii, Y. Furukawa, Y. Matsushita, T. Ohshima	4. 巻 2
2. 論文標題 Oxygen-incorporated single-photon sources observed at the surface of silicon carbide crystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys. Commun.	6. 最初と最後の頁 111003-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2399-6528/aaede4	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 B. Magnusson, N. T. Son, A. Csore, A. Gallstrom, T. Ohshima, A. Gali, I. G. Ivanov	4. 巻 98
2. 論文標題 Excitation properties of the divacancy in 4H-SiC	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 195202-1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.195202	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 Y. Yamazaki, Y. Chiba, T. Makino, S. -I. Sato, N. Yamada, T. Satoh, Y. Hijikata, K. Kojima, S.-Y. Lee, T. Ohshima	4. 巻 33
2. 論文標題 Electrically controllable position-controlled color centers created in SiC pn junction diode by proton beam writing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Mater. Res.	6. 最初と最後の頁 3355-3361
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/jmr.2018.302	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 Y. Matsushita, Y. Furukawa, Y. Hijikata, T. Ohshima	4. 巻 464
2. 論文標題 First-Principles Study of Oxygen-Related Defects on 4H-SiC Surface: The Effects of Surface Amorphous Structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 451-454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2018.09.072	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. Ohshima, T. Satoh, H. Kraus, G. V. Astakhov, V. Dyakonov, P. G. Baranov	4. 巻 51
2. 論文標題 Creation of Silicon Vacancy in Silicon Carbide by Proton Beam Writing toward Quantum Sensing Applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys. D: Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 333002-1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/aad0ec	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 S.-i. Sato, T. Honda, T. Makino, Y. Hijikata, S.-Y. Lee, T. Ohshima	4. 巻 5
2. 論文標題 Room Temperature Electrical Control of Single Photon Sources at 4H-SiC Surface	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 3159-3165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsp Photonics.8b00375	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 H. Tsunemi, T. Honda, T. Makino, S. Onoda, S.-I. Sato, Y. Hijikata, T. Ohshima	4. 巻 924
2. 論文標題 Various Single Photon Sources Observed in SiC pin Diodes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mater. Sci. Forum	6. 最初と最後の頁 204-207
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.924.204	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. Abe, T. Umeda, M. Okamoto, S. Onoda, M. Haruyama, W. Kada, O. Hanaizumi, R. Kosugi, S. Harada, T. Ohshima	4. 巻 924
2. 論文標題 Oxidation-Process Dependence of Single Photon Sources Embedded in 4H-SiC MOSFETs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mater. Sci. Forum	6. 最初と最後の頁 281-284
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.924.281	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 V. Ivady, J. Davidsson, N. T. Son, T. Ohshima, I. A. Abrikosov, A. Gali	4. 巻 924
2. 論文標題 Ab Initio Theory of Si-Vacancy Quantum Bits in 4H and 6H-SiC	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mater. Sci. Forum	6. 最初と最後の頁 895-900
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.924.895	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. Widmann, M. Niethammer, T. Makino, T. Rendler, S. Lasse, T. Ohshima, J. Ul Hassan, N. T. Son, S.-Y. Lee, J. Wrachtrup	4. 巻 112
2. 論文標題 Bright single photon sources in lateral silicon carbide light emitting diodes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 203102-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5032291	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. Fischer, A. Sperlich, H. Kraus, T. Ohshima, G. V. Astakhov, V. Dyakonov	4. 巻 9
2. 論文標題 Highly Efficient Optical Pumping of Spin Defects in Silicon Carbide for Stimulated Microwave Emission	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Appl.	6. 最初と最後の頁 054006-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevApplied.9.054006	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 Y. Abe, T. Umeda, M. Okamoto, R. Kosugi, S. Harada, M. Haruyama, W. Kada, O. Hanaizumi, S. Onoda, T. Ohshima	4. 巻 112
2. 論文標題 Single photon sources in 4H-SiC metal-oxide-semiconductor field-effect transistors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 031105-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4994241	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 R. Nagy, M. Widmann, M. Niethammer, D. B.R. Dasari, I. Gerhardt, O. O. Soykal, M. Radulaski, T. Ohshima, J. Vuckovic, N. T. Son, I. G. Ivanov, S. E. Economou, C. Bonato, S.-Y. Lee, J. Wrachtrup	4. 巻 9
2. 論文標題 Quantum Properties of Dichroic Silicon Vacancies in Silicon Carbide	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Applied	6. 最初と最後の頁 034022-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevApplied.9.034022	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. F. de las Casas, D. J. Christle, J. Ul Hassan, T. Ohshima, N. T. Son, D. D. Awschalom	4. 巻 111
2. 論文標題 Stark tuning and electrical charge state control of single divacancies in silicon carbide	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 262403-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5004174.	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 V. Ivady, J. Davidsson, N. T. Son, T. Ohshima, I. A. Abrikosov, A. Gali	4. 巻 96
2. 論文標題 Identification of Si-vacancy related room-temperature qubits in 4H silicon carbide	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 161114-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.161114.	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

〔学会発表〕 計52件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 山崎 雄一, 千葉 陽史, 佐藤 真一郎, 牧野 高紘, 山田 尚人, 佐藤 隆博, 土方 泰斗, 児嶋 一聡, 土田 秀一, 星乃 紀博, 大島 武
2. 発表標題 SiC デバイス内に作製したシリコン空孔の光・電気同時励起時における光学特性
3. 学会等名 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第6回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 千葉 陽史, 山崎 雄一, 牧野 高紘, 佐藤 真一郎, 山田 尚人, 佐藤 隆博, 土方 泰斗, 大島 武
2. 発表標題 SiC結晶中シリコン空孔の光検出磁気共鳴信号にアニール温度が及ぼす影響
3. 学会等名 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第6回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 檜原 拓真, 佐藤 真一郎, 児島 一聡, 山崎 雄一, 土方 泰斗, 大島 武
2. 発表標題 4H-SiC中の窒素・空孔複合欠陥の形成量と窒素不純物濃度の関係
3. 学会等名 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第6回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Abe, T. Umeda, M. Okamoto, S. Harada, Y. Yamazaki, T. Ohshima
2. 発表標題 The effect of $\gamma$ -ray irradiation on optical properties of single photon sources in 4H- SiC MOSFET
3. 学会等名 International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2019 (ICSCRM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Chiba, Y. Yamazaki, S.i. Sato, T. Makino, N. Yamada, T. Satoh, Y. Hijikata, T. Ohshima
2. 発表標題 Enhancement of ODMR Contrasts of Silicon Vacancy in SiC by Thermal Treatment
3. 学会等名 International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2019 (ICSCRM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Narahara, S.-i. Sato, K. Kojima, Y. Yamazaki, Y. Hijikata, T. Ohshima
2. 発表標題 Effects of Nitrogen Impurity Concentration on Nitrogen-Vacancy Center Formation in 4H-SiC
3. 学会等名 International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2019 (ICSCRM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S.-i. Sato, T. Narahara, S. Onoda, Y. Yamazaki, Y. Hijikata, B. C. Gibson, A. D. Greentree, T. Ohshima
2. 発表標題 Near Infrared Photoluminescence in High-Purity Semi-Insulating 4H-SiC Irradiated with Energetic Charged Particles
3. 学会等名 International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2019 (ICSCRM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Yamazaki, Y. Chiba, S.-I. Sato, T. Makino, N. Yamada, T. Satoh, K. Kojima, Y. Hijikata, H. Tsuchida, N. Hoshino, T. Ohshima
2. 発表標題 Optically detected magnetic resonance study of 3D arrayed silicon vacancies in SiC pn diodes
3. 学会等名 International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2019 (ICSCRM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎 雄一, 千葉 陽史, 佐藤 真一郎, 牧野 高紘, 山田 尚人, 佐藤 隆博, 土方 泰斗, 児嶋 一聡, 土田 秀一, 星乃 紀博, 大島 武
2. 発表標題 SiCデバイス内の3次元配列シリコン空孔を用いた光検出磁場共鳴測定
3. 学会等名 2019年 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 千葉 陽史, 山崎 雄一, 牧野 高紘, 佐藤 真一郎, 山田 尚人, 佐藤 隆博, 土方 泰斗, 大島 武
2. 発表標題 SiC結晶中シリコン空孔のODMR信号に熱処理温度が及ぼす影響
3. 学会等名 2019年 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 檜原 拓真, 佐藤 真一郎, 児島 一聡, 山崎 雄一, 土方 泰斗, 大島 武
2. 発表標題 4H-SiC中の窒素・空孔複合欠陥の形成における窒素不純物濃度の影響
3. 学会等名 2019年 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Ohshima, S.-i. Sato, T. Narahara, Y. Yamazaki, Y. Abe, T. Umeda, Y. Hijikata
2. 発表標題 Creation of nitrogen-vacancy centers in SiC by ion irradiation
3. 学会等名 30th International Conference on Defects in Semiconductors (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Ohshima, Y. Yamazaki, Y. Chiba, Y. Hijikata, K. Kojima, S.-Y. Lee, W. Kada
2. 発表標題 Position-Selective Silicon Vacancy Formation in Silicon Carbide Devices using Proton Beam Writing
3. 学会等名 Quantum 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Ohshima
2. 発表標題 Creation of silicon vacancy in silicon carbide using proton beam writing techniques for quantum sensing
3. 学会等名 Workshop on Ion beams for future technologies 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿部裕太, 梅田享英, 岡本光央, 原田信介, 佐藤真一郎, 山崎雄一, 大島武
2. 発表標題 4H-SiC MOSFETチャネルの単一光子源のゲート電圧制御2
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎雄一, 常見大貴, 佐藤真一郎, 土方泰斗, 大島武
2. 発表標題 線照射が炭化ケイ素表面発光中心の生成・発光特性に与える影響
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土方泰斗, 松下雄一郎, 大島 武
2. 発表標題 同位体酸素を用いたSiC 表面に形成される単一光子源の構造推定
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榎原拓真, 佐藤真一郎, 土方泰斗, 大島武
2. 発表標題 4H-SiC中の窒素・空孔複合欠陥の形成におけるイオンビーム照射の影響
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Hoang Minh Tuan, Takeshi Ohshima, Makoto Nakajima, Kosuke Mizuno, Yuta Masuyama, Takayuki Iwasaki, Digh Hisamoto, Mutsuko Hatano
2. 発表標題 Quantum Sensing in 4H-SiC Power Devices
3. 学会等名 2018 MRS Fall Meeting and Exhibit, Materials Research Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿部裕太, 梅田享英, 原田信介, 佐藤真一郎, 山崎雄一, 大島武
2. 発表標題 a面およびm面4H-SiC MOSFETにおける単一光子源の探索
3. 学会等名 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第5回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎雄一, 千葉陽史, 牧野高紘, 佐藤真一郎, 山田尚人, 佐藤隆博, 加田 渉, 土方泰斗, 児島一聡, S. -Y. Lee, 大島武
2. 発表標題 プロトンビーム描画により形成したシリコン空孔の光学特性劣化要因に関する研究
3. 学会等名 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第5回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 常見大貴, 佐藤真一郎, 山崎雄一, 牧野高紘, 土方泰斗, 大島武
2. 発表標題 SiC表面に形成される単一光子源の酸化膜厚依存性
3. 学会等名 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第5回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 千葉陽史, 山崎雄一, 牧野高紘, 佐藤真一郎, 山田尚人, 佐藤隆博, 加田渉, 児島一聡, 土方泰斗, 大島 武
2. 発表標題 プロトンビーム描画により形成されたSiC pnダイオード中シリコン空孔のODMR測定
3. 学会等名 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第5回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 檜原拓真, 佐藤真一郎, 土方泰斗, 大島武
2. 発表標題 4H-SiC中の窒素・空孔複合欠陥の形成と発光特性
3. 学会等名 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第5回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎雄一, 千葉陽史, 牧野高紘, 佐藤真一郎, 山田尚人, 佐藤隆博, 土方泰斗, 児島一聡, S. -Y. Lee, 大島武
2. 発表標題 プロトンビーム描画プロセスがSiC pnダイオード中に導入したシリコン空孔の光学特性に与える影響
3. 学会等名 2018年 第79回応用物理学会秋季学術講演
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 常見大貴, 佐藤真一郎, 山崎雄一, 牧野高紘, 土方泰斗, 大島武
2. 発表標題 SiC p+nn+ダイオード中の単一光子源の発光特性に関する考察
3. 学会等名 2018年 第79回応用物理学会秋季学術講演
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 千葉陽史, 山崎雄一, 牧野高紘, 佐藤真一郎, 山田尚人, 佐藤隆博, 児島一聡, 土方泰斗, 大島武
2. 発表標題 プロトンビーム描画を用いてSiCデバイス中に作製したシリコン空孔のODMR測定
3. 学会等名 2018年 第79回応用物理学会秋季学術講演
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Chiba, Y. Yamazaki, T. Makino, S.-i. Sato, N. Yamada, T. Sato, K. Kojima, S.-Y. Lee, Y. Hijikata, T. Ohshima
2. 発表標題 Creation of electrically controllable radiation centers in SiC using proton beam writing
3. 学会等名 12th European Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ECSCRM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S.-I. Sato, Y. Abe, T. Umeda, T. Ohshima
2. 発表標題 Near Infrared Photoluminescence from Nitrogen-Vacancy Centers in Silicon Carbide
3. 学会等名 12th European Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ECSCRM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Ohshima, Yuichi Yamazaki, Yuji Chiba, Naoto Yamada, Shin-ichiro Sato, Takahiro Satoh, Yasuto Hijikata, Sang-Yun Lee, Kazutoshi Kojima
2. 発表標題 Creation of silicon vacancy in silicon carbide device by proton beam writing toward quantum applications
3. 学会等名 25th International Conference on Application of Accelerators in Research and Industry (CAARI2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Yamazaki, Y. Chiba, T. Makino, S. -i. Sato, N. Yamada, T. Satoh, Y. Hijikata, K. Kojima, S. Y. Lee, T. Ohshima
2. 発表標題 Position-selective introduction of electrically excitable color centers in SiC pn junction diode by proton beam writing
3. 学会等名 16th International Conference on Nuclear Microprobe Technology and Applications (ICNMTA2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Hijikata, Y. Furukawa, Y. -i. Matsushita, T. Ohshima
2. 発表標題 Radiation Efficiency Enhancement of Single Photon Source near Stacking Fault in 4H-SiC Epilayer
3. 学会等名 2018 E-MRS Spring meeting and Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 千葉陽史, 常見大貴, 本多智也, 牧野高紘, 佐藤真一郎, 山田尚人, 佐藤隆博, 土方泰斗, 大島武
2. 発表標題 プロトンビーム描画を用いたSiC pinダイオード中への発光中心の形成
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤堀周平、古川頼誉、松下雄一郎、大島武、土方泰斗
2. 発表標題 4H-SiCエピ層中の積層欠陥近傍における単一光子源の発光効率向上
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hoang Minh Tuan, Takeshi Ohshima, Yuta Masuyama, Takayuki Iwasaki, Digh Hisamoto, Mutsuko Hatano
2. 発表標題 Magnetic Field Sensing with Silicon Vacancy in 4H-SiC Under Ambient Conditions
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古川頼誉, 土方泰斗, 大島武, 松下雄一郎
2. 発表標題 4H-SiC酸化によるアモルファス構造が表面単一光子光源に与える影響の理論的分析
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Ohshima, T. Honda, H. Tsunemi, T. Makino, S. Sato, S. Onoda, Y. Hijikata
2. 発表標題 Functionalization of Silicon Carbide by Particle Irradiation toward Quantum Devices
3. 学会等名 2017 MRS Fall Meeting and Exhibit (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Ohshima
2. 発表標題 Radiation Response of Silicon Carbide Devices - Degradation and Functionalization -
3. 学会等名 Workshop on Ultra-Precision Processing for Wide Bandgap Semiconductors 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 常見大貴, 本多智也, 佐藤真一郎, 小野田忍, 牧野高紘, 土方泰斗, 大島武
2. 発表標題 SiC p-nn+ダイオード表面に形成される単一光子源の発光特性
3. 学会等名 先進パワー半導体分科会 第4回講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本多智也, 常見大貴, 小野田忍, 佐藤真一郎, 牧野高紘, 土方泰斗, 大島武
2. 発表標題 バイアス印加によるSiCダイオード中の発光中心の発光強度変化
3. 学会等名 先進パワー半導体分科会 第4回講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古川頼誉, 土方泰斗, 大島武, 松下雄一郎
2. 発表標題 4H-SiC 中の積層欠陥が単一光子光源の発光波長に及ぼす影響の理論的分析
3. 学会等名 先進パワー半導体分科会 第4回講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Abe, M. Okamoto, S. Onoda, T. Ohshima, M. Haruyama, W. Kada, O. Hanaizumi, R. Kosugi, S. Harada, Y. Kagoyama, T. Umeda
2. 発表標題 Oxidation-process dependence of Single photon sources embedded in 4H-SiC MOSFETs
3. 学会等名 International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 C. Kasper, D. Simin, H. Kraus, W. Kada, T. Ohshima, A. Sperlich, C. Salter, M. Trupke, V. Dyakonov, G. V. Astakhov
2 . 発表標題 Coherent defect engineering with varying irradiation methods
3 . 学会等名 International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 H. Kraus, D. Simin, C. Kasper, W. Kada, Y. Hijikata, C. Cochrane, T. Ohshima, V. Dyakonov, G. V. Astakhov
2 . 発表標題 Controlled 3D Placement of Vacancy Spins for Quantum Applications in Silicon Carbide
3 . 学会等名 International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Hijikata, S. Akahori, T. Ohshima
2 . 発表標題 Enhanced single photon emission near stacking fault in 4H-SiC epilayer
3 . 学会等名 International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 H. Tsunemi, T. Honda, T. Makino, S. Onoda, S-I. Sato, Y. Hijikata, T. Ohshima
2 . 発表標題 Various single photon sources observed in SiC pin diodes
3 . 学会等名 International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 梅田亨英, 阿部裕太, 岡本光央, 原田信介, 春山盛善, 加田渉, 花泉修, 小野田忍, 大島武
2. 発表標題 4H-SiC MOSFETチャネルの単一光子源のゲート電圧制御
3. 学会等名 2017年 第78回応用物理学会秋季学術講演
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 阿部裕太, 岡本光央, 小野田忍, 大島武, 春山盛善, 加田渉, 花泉修, 原田信介, 鹿児島山陽平, 梅田亨英
2. 発表標題 4H-SiC MOSFETチャネル中の単一光子源に対する水素の影響
3. 学会等名 2017年第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本多智也, 常見大貴, 児島一聡, 佐藤真一郎, 牧野高紘, 小野田忍, 土方泰斗, 大島武
2. 発表標題 SiC p+nn+ダイオード中の発光中心のバイアス電圧による発光強度変化
3. 学会等名 2017年 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 赤堀周平, 古川頼誉, 松下雄一郎, 大島武, 土方泰斗
2. 発表標題 4H-SiCエピ層における積層欠陥近傍の単一光子源の発光特性
3. 学会等名 2017年 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 常見大貴, 本多智也, 牧野高紘, 小野田忍, 佐藤真一郎, 土方泰斗, 大島武
2. 発表標題 SiC p+nn+ダイオードに形成される単一光子源の発光スペクトル
3. 学会等名 2017年 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Ohshima, T. Honda, H. Tsunemi, T. Makino, S. Sato, S. Onoda, Y. Hijikata, B. C. Johnson, J. R. Klein, A. Lohrmann, J. C. McCaiium
2. 発表標題 Observation of Single Photon Sources in Silicon Carbide PiN Diodes
3. 学会等名 International Union of Materials Research Societies, The 15th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所 プロジェクト「半導体照射効果研究」 <a href="https://www.qst.go.jp/site/semiconductor/">https://www.qst.go.jp/site/semiconductor/</a>
---

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	波多野 睦子  (Hatano Mutsuko)  (00417007)	東京工業大学・工学院・教授    (12608)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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	藤ノ木 享英 (梅田享英) (Umeda Takehide)  (10361354)	筑波大学・数理物質系・准教授  (12102)	
研究分担者	土方 泰斗 (Hijikata Yasuto)  (70322021)	埼玉大学・理工学研究科・准教授  (12401)	
研究協力者	山崎 雄一 (Yamazai Yuichi)		
研究協力者	佐藤 真一郎 (Sato Shin-ichiro)		
研究協力者	小野田 忍 (Onoda Shinobu)		
研究協力者	牧野 高紘 (Makino Takahiro)		
研究協力者	阿部 浩之 (Abe Hiroshi)		
研究協力者	増山 雄太 (Masuyama Yuta)		

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力 者	武山 昭憲  (Takeyama Akinori)		