

令和 2 年 7 月 2 日現在

機関番号：16301

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18883

研究課題名(和文) ナノ多結晶半導体ダイヤモンド創出にむけた新規ドーピング技術の確立

研究課題名(英文) Establishing doping technique for semi-conducting nano-polycrystalline diamond

研究代表者

石川 史太郎 (Ishikawa, Fumitaro)

愛媛大学・理工学研究科(工学系)・准教授

研究者番号：60456994

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：出発物質グラファイトにPをイオン注入してダイヤモンドに直接変換を行った試料では、良好なナノ多結晶ダイヤモンドを合成することが出来た。市販のCVDダイヤモンドにPをイオン注入し、高温・高圧印加を行ったところ、イオン注入時に失われた試料表面の結晶性が回復、エピタキシャル成長が発現した。その際、他手法でも欠陥周辺で一般に観測されるピラミッド状構造(Pyramidal hillock)が本手法でも現れることが判明した。イオン注入と高温・高圧処理を適切にすることで、Pが支配的な不純物となるダイヤモンドを得た。同手法でSnのドーピングも試みたところ、Sn-V複合欠陥起源と思われる発光が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Pをイオン注入したグラファイトから直接変換でダイヤモンドが得られたことは、新しいドーピングダイヤモンドの合成手法となり得る。CVDダイヤモンドへのイオン注入と高温・高圧処理による特性改質・制御が可能になれば、既存のダイヤモンド半導体の機能を同手法で拡張できる可能性がある。発生したエピタキシャル成長は、欠陥部位のPyramidal Hillock発現による欠陥部位の同定や、イオン注入ダメージの抑制による表面改質手法となり得る。高純度のイオン注入と高温・高圧処理でSnドーピングも可能であったことから、ダイヤモンドの導電性だけでなく、光機能の制御も可能であることが示された。

研究成果の概要(英文)：Nano-polycrystalline diamond could be synthesized in the sample in which P was ion-implanted into the starting material graphite and converted directly into diamond. When P was ion-implanted into a commercially available CVD diamond and a high temperature and high pressure was applied, the crystallinity of the sample surface, which was lost during the ion implantation, was recovered and epitaxial growth was progressed. At that time, the Pyramidal hillock, commonly observed around the defect by the other methods, also appears by this method. By using appropriate ion implantation and high-temperature/high-pressure treatment, we obtained a diamond with P as the dominant impurity. When Sn doping was attempted by the same method, luminescence that seems to originate from Sn-V defects was obtained.

研究分野：化合物半導体結晶成長・応用

キーワード：ダイヤモンド 高温・高圧合成 ドーピング 半導体 光特性

### 1. 研究開始当初の背景

ダイヤモンドは物質中で最高の熱伝導度に加え、高い硬度、透明性、絶縁破壊電界・移動度などの優れた半導体としての物性を併せ持つ。愛媛大学では、従来高温・高圧下でのダイヤモンド合成に取り組んでいる。近年は、世界最大級の超高压発生装置により、通常のダイヤモンドよりも高硬度な、ナノ多結晶ダイヤモンド(ヒメダイヤ)の合成や、その高品質化・大型化に成功している。本研究はこの特徴的高温・高圧合成技術を半導体合成へ応用し、新しいダイヤモンドの半導体機能発現を目指す。従来用いられることのなかったナノ多結晶ダイヤモンド合成に用いられる 10GPa、2000 以上の高温・高圧条件をダイヤモンドの物性制御に応用し、そこで発現する半導体・電子材料としての機能を探求する。

### 2. 研究の目的

高温・高圧合成ナノ多結晶ダイヤモンドに対する適切なドーピング技術を確立することで、新しい半導体ダイヤモンドを実現する。これにより、高温・高圧合成による半導体ダイヤモンド実現を目指す。短時間でバルク結晶合成が可能であり、従来用いられることのなかった高温・高圧条件下で発現するダイヤモンドの新機能を探求する。具体的には、以下を設定する。

(1) 合成時もしくは合成後の新規なドーピング技術を提案・実施し、そのキャリア制御を行う。

(2) 導入元素や合成条件により、ドーピング濃度、活性化率およびその配位を制御し、その伝導特性制御と、新たな機能発現について探求する。

### 3. 研究の方法

(1) グラファイトからの直接変換でダイヤモンドを合成する際、グラファイトに直接イオン注入で P イオンを注入しておき、不純物として導入することを試みる。直接大容量のダイヤモンド合成が可能であり、合成時点でドーピングが完了していることが期待される。P は表面から深さ約 400 nm まで、濃度  $2 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  で均一にイオン注入によって出発物質のグラファイトに導入した。その後、15GPa、2300 で 20 分間の高温高圧処理を行った。

(2) 既存のダイヤモンド半導体に対する機能付加の可能性について検討するため、試料基板に化学気相堆積(CVD)法で作製された市販の単結晶ダイヤモンドに対する P イオン注入と高温・高圧処理による特性改質を試みた。実験は、CVD ダイヤモンド表面に対してイオン注入を行い、表面約 100nm ~ 200 nm に P が  $4 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  で均質に分布するよう導入した。その後、キュービク型超高压発生装置を用い約 2300 、15GPa の高温・高圧で試料を 20 分保持し、表面の結晶性改質を試みた。作製した試料に対して、原子間力顕微鏡(AFM)、走査型電子顕微鏡(SEM)、二次イオン質量分析法(SIMS)、カソードルミネッセンスによる評価を行った。

(3) ダイヤモンドは高い絶縁破壊電圧や移動度を示す電気特性だけでなく、深紫外で発光する光学材料としても注目される。また、N-V センターのように長いスピン緩和時間を持つ量子光学材料としても期待される。近年、Sn と空孔欠陥とで形成される Sn-V 結合欠陥がより長いスピン緩和時間を持つ可能性のある量子光源として報告されている。[1] 本研究では、(2) で得られたイオン注入と高温・高圧処理を用い、Sn-V 結合欠陥を持つダイヤモンドの合成を試みた。

### 4. 研究成果

(1) 合成した試料外観を図 1 に示す。直径約 4 mm のダイヤモンドが得られた。試料表面には出発物質のグラファイトには見られなかった光沢が見られ、ダイヤモンドが形成されたと考えられる。図 2 は試料に対する X 線回折(XRD) -2 測定結果である。明瞭なダイヤモンド(111)、(022)、(113)、(004)、(331)面回折ピークが観測され、多結晶ダイヤモンドが合成されたことを確認できた。二次イオン質量分析(SIMS)では表面の粗さからプロファイルのデータを得ることはできなかったが、P の信号強度がダイヤモンド全体から得られた。これは当初導入した表面 400nm の薄膜部位よりも大きな広がりを持っており、高温高圧合成によって P が試料の広範囲に熱拡散したことが考えられた。以上より、高温・高圧合成でグラファイトを多結晶ダイヤモンドに変換する際、事前にイオン注入を行っておくことで P を不純物として含有する多結晶第 2 種ダイヤモンドが得られることがわかった。

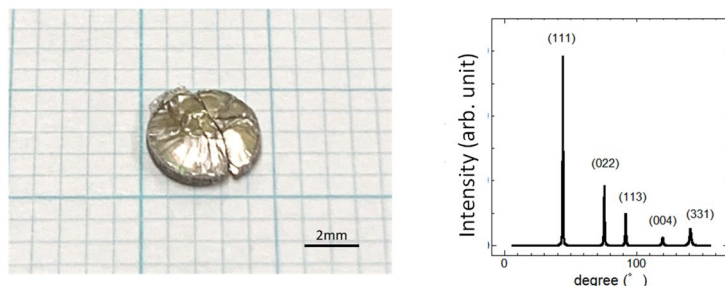


図 1 P をイオン注入したグラファイトから直接変換して合成したダイヤモンドの外観と X 線回折測定結果

(2) 市販の CVD ダイヤモンド表面約 100nm に P が  $4 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  で均質に分布するよう導入し、キュービック型超高压発生装置を用い約 2300 °C、15GPa の高温・高圧で試料を 20 分保持し、表面の結晶性改質を試みた。SEM 観察の結果、試料表面は平坦な部位が保持されながらも四角錐状の窪み、もしくは突起となる pyramidal hillock が多数確認された。AFM 測定においても同様の四角錐状の物体が確認され、突起もしくは窪みとなっていることが判明した。図 2 は、pyramidal hillock が確認された部位の SEM および波長分解 CL 像、および、CL スペクトルである。高温・高圧処理によって表面でエピタキシャル成長が発生した部位では、突起型の pyramidal hillock が形成されることが考えられた。同部位では欠陥起源の発光が観測され、従来のダイヤモンドエピタキシャル成長における報告同様、pyramidal hillock が欠陥部位で形成され、欠陥起源の発光が同部位で観測された。この結果は、特殊な高温・高圧環境でダイヤモンドがその結晶特性を改質させ、エピタキシャル成長も発現することを示唆している。

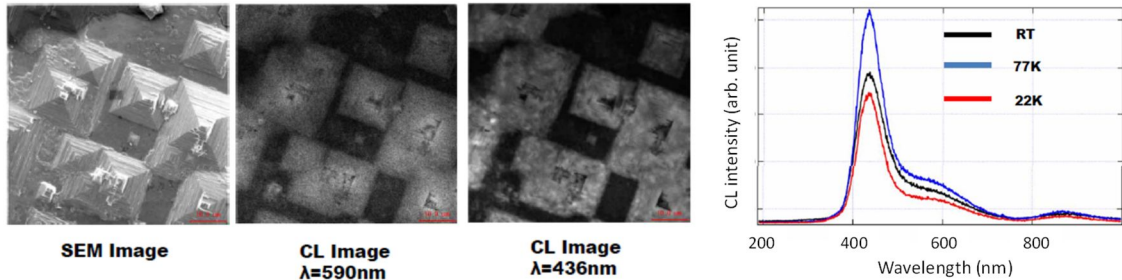


図 2 P を表面にイオン注入した CVD ダイヤモンド(001)に高温・高圧処理後に発生した欠陥部位の pyramidal hillock

図 3 に P を濃度  $4 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  で表面 200nm に均質な分布となるよう注入し、高温高圧処理したダイヤモンド試料の SIMS 測定結果を示す。その結果、イオン注入部位の P 元素がイオン注入直後と同程度で想定した濃度で分布をもって試料中に存在することが確認できた。また、大気起因の不純物元素である H, N, O よりも注入部位の P 濃度は一桁以上高濃度で分布していることが確認できた。この結果より、イオン注入直後の不純物プロファイルを高温・高圧処理後も保持し、さらに大気中の不純物を抑制したダイヤモンドが大気中のプロセスである高温・高圧処理後にも得られることを示すことができた。

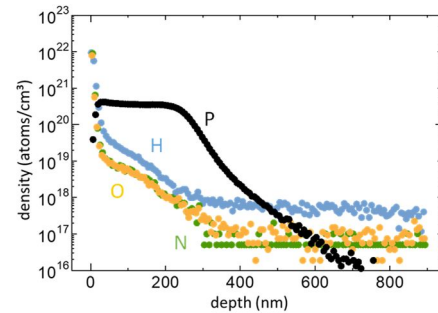


図 3 P を表面にイオン注入したダイヤモンドに高温・高圧処理した後の SIMS 測定結果

(3) 試料基板は、CVD 法で作製された市販の単結晶ダイヤモンドを用いた。同試料表面に対して、表面約 50nm に均質に Sn を  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  が存在するよう注入加速電圧を制御して Sn イオンを導入した。次に、キュービック型超高压発生装置を用いて約 2300 °C、15GPa の高温・高圧で試料を 20 分保持し、非結晶化した表面の再結晶化と欠陥低減を試みた。SEM 観察の結果、試料表面は平坦な部位が保持されながらも四角錐状の凹凸が複数確認された。また、AFM 測定においても同様の四角錐状の物体が確認でき、同部位は高さが平坦部に比べて低く、凹凸が窪みであることが判明した。SIMS 分析の結果、イオン注入を行った Sn は導入した分布領域を反映し、表面からおよそ 50nm の深さまで信号を確認できた。これらの構造特性から試料中に確かに Sn 元素が導入されているのを確認したうえで、イオン注入前の試料、イオン注入後を行った試料、高温・高圧処理を施した試料それぞれに対してフォトルミネッセンス(PL)測定を行った。測定は、10K-300K の温度範囲で行った。その結果、高温・高圧処理を施すまでは観測されなかった 1.8-2.2eV に渡るブロードな発光が、高温・高圧処理を施した試料では全測定温度領域で観測された。さらに同試料からは、低温の 10K と 77K では Sn-V センターで報告されている 1.999eV 付近と 2.003eV にピークを有する鋭い発光を観測した(図 4)。この結果は、本研究手法で Sn-V センターの形成とそこからの発光が得られることを示唆している。

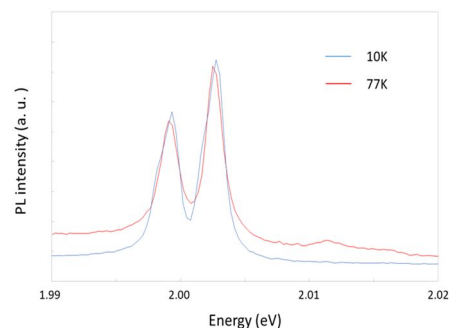


図 4 Sn をイオン注入したダイヤモンドに高温・高圧処理した後の PL 測定結果

< 引用文献 >

Iwasaki et al, Phys. Rev. Lett. 119, 253601, 2017.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Rei Fukuta, Naoya Yamamoto, Fumitaro Ishikawa, Masafumi Matsushita, Tsuyoshi Yoshitake, Hiroshi Ikenoue, Hiroaki Ohfuji, Toru Shinmei, Tetsuo Irifune	4. 巻 57
2. 論文標題 Pulsed laser irradiation as a process of conductive surface formation on nanopolycrystalline diamond	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 118004-1-3
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7567/JJAP.57.118004	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 Rei Fukuta, Fumitaro Ishikawa, Akihiro Ishikawa, Kohsuke Hamada, Masafumi Matsushita, Hiroaki Ohfuji, Toru Shinmei, Tetsuo Irifune	4. 巻 84
2. 論文標題 Electronic properties of nano-polycrystalline diamond synthesised by high-pressure and high-temperature technique	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Diamond and Related Materials	6. 最初と最後の頁 3
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.diamond.2018.03.007	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 Ryota Ishii, Rei Fukuta, Fumitaro Ishikawa, Masafumi Matsushita, Hiroaki Ohfuji, Toru Shinmei, Tetsuo Irifune, Mitsuru Funato, Yoichi Kawakami	4. 巻 40
2. 論文標題 Deep-ultraviolet near band-edge emissions from nano-polycrystalline diamond	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 High Pressure Research	6. 最初と最後の頁 140-147
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1080/08957959.2019.1702658">https://doi.org/10.1080/08957959.2019.1702658</a>	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33件（うち招待講演 1件/うち国際学会 12件）

1. 発表者名 R. Fukuta, Y. Murakami, F. Ishikawa, M. Matsushita, T. Shinmei, H. Ohfuji, T. Irifune
2. 発表標題 High pressure and high temperature treatment for ion implanted diamonds
3. 学会等名 2019 MRS FALL MEETING & EXHIBIT（国際学会）
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Rei Fukuta, Yohei Murakami, Ken Otsuyama, Fumitaro Ishikawa, Masafumi Matsushita, Toru Shinmei, Hiroaki Ohfuji and Tetsuo Irifune
2 . 発表標題 Pyramid formation by high pressure and high temperature processing of diamond
3 . 学会等名 The 9th Asia-Pacifi Workshop on Widegap Semiconductors ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Rei Fukuta, Yohei Murakami, Fumitaro Ishikawa, Masafumi Matsushita, Toru Shinmei, Hiroaki Ohfuji, Tetsuo Irifune
2 . 発表標題 Controlling Diamond Properties by Ion Implantation and High Pressure and High Temperature Treatment
3 . 学会等名 7th International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructures ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 R. Fukuta, Y. Murakami, F. Ishikawa, M. Matsushita, T. Shinmei, H. Ohfuji, T. Irifune
2 . 発表標題 High temperature and high pressure processing on phosphorous ion implanted diamond
3 . 学会等名 30th international conference on Diamond and carbon materials ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Murakami, R. Fukuta, F. Ishikawa, M. Matsushita, H. Ohfuji, T. Irifune
2 . 発表標題 Tin-implanted diamond treated by high pressure and high temperature
3 . 学会等名 30th international conference on Diamond and carbon materials ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Otsuyama, R. Fukuta, Y. Murakami, F. Ishikawa, M. Matsushita, H. Ohfuji, T. Shinmei, T. Irifune
2. 発表標題 Direct conversion of diamond from P ion implanted graphite by high pressure and high temperature technique
3. 学会等名 30th international conference on Diamond and carbon materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福田 玲, 村上 洋平, 石川 史太郎, 松下 正史, 新名 亨, 大藤 弘明, 入船 徹男
2. 発表標題 Snイオン注入した高温高圧処理ダイヤモンドのフォトルミネッセンス
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 福田 玲, 村上 洋平, 石川 史太郎, 松下 正史, 新名 亨, 大藤 弘明, 入船 徹男
2. 発表標題 Pイオンを注入したナノ多結晶ダイヤモンド合成
3. 学会等名 第60回高圧討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Otsuyama, R. Fukuta, Y. Murakami, F. Ishikawa, M. Matsushita, T. Shinmei, H. Ohfuji and T Irifune
2. 発表標題 Direct conversion of P ion implanted graphite to diamond by high pressure and high temperature technique
3. 学会等名 38th Electronic Materials Symposium EMS-38
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 東浦 健人, 福田 玲, 村上 洋平, 石川 史太郎, 松下 正史, 新名 亨, 大藤 弘明, 入船 徹男
2. 発表標題 Pイオン注入した高温高圧処理ダイヤモンドの表面近傍元素分布
3. 学会等名 2019年度 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大津山 健, 福田 玲, 村上 洋平, 石川 史太郎, 松下 正史, 大藤 弘明, 新名 亨, 入船 徹男
2. 発表標題 高温・高圧合成によるP元素を導入したナノ多結晶ダイヤモンドの合成
3. 学会等名 2019年度 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福田 玲, 村上 洋平, 石川 史太郎, 松下 正史, 新名 亨, 大藤 弘明, 入船 徹男
2. 発表標題 InP封入して合成したナノ多結晶ダイヤモンドの特性
3. 学会等名 2019年度 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村上 洋平, 福田 玲, 石川 史太郎, 松下 正史, 新名 亨, 大藤 弘明, 入船 徹男
2. 発表標題 高温高圧処理を施したスズ注入ダイヤモンドのフォトルミネッセンス
3. 学会等名 2019年度 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 大津山健, 福田玲, 村上洋平, 石川史太郎, 松下正史, 大藤弘明, 新名亨, 入船徹男
2. 発表標題 高温高压法によるPイオン注入グラファイトからダイヤモンドの直接変換
3. 学会等名 2019年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部 合同学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大津山健, 福田玲, 村上洋平, 石川史太郎, 松下正史, 大藤弘明, 新名亨, 入船徹男
2. 発表標題 高温高压法によるP不純物を導入したグラファイトを出発物質としたダイヤモンド合成
3. 学会等名 2019年度 応用物理学会中国四国支部 若手半導体研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 F. Ishikawa
2. 発表標題 Impurity doping for electronic carrier control of diamond using high pressure and high temperature technique
3. 学会等名 Science and Technology of Nano-Polycrystalline Diamond 2019 (STNPD-2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rei Fukuta, Naoya Yamamoto, Fumitaro Ishikawa, Masafumi Matsushita, Hiroaki Ohfuji, Toru Shinmei, Tetsuo Irifune
2. 発表標題 Epitaxial formation of pyramidal structure on CVD diamond by high pressure and high temperature treatment
3. 学会等名 Science and Technology of Nano-Polycrystalline Diamond 2019 (STNPD-2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 福田 玲, 山本 直也, 村上 洋平, 石川 史太郎, 松下 正史, 新名 亨, 大藤 弘明, 入船 徹男
2. 発表標題 イオン注入したダイヤモンドの高温高压処理
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 村上洋平, 福田玲, 山本直也, 石川史太郎, 松下正史, 新名亨, 大藤弘明, 入船徹男
2. 発表標題 イオン注入後に高温高压処理を施したダイヤモンドの面内元素分布
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 福田玲, 山本直也, 石川史太郎, 松下正史, 大藤弘明, 新名亨, 入船徹男
2. 発表標題 高温高压処理によるCVDダイヤモンド表面の特性改質
3. 学会等名 第32回ダイヤモンドシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福田玲, 村上洋平, 山本直也, 石川史太郎, 松下正史, 新名亨, 大藤弘明, 入船徹男
2. 発表標題 InP封入によるナノ多結晶ダイヤモンドへの影響
3. 学会等名 第59回高压討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福田 玲, 村上洋平, 山本 直也, 石川 史太郎, 松下 正史, 大藤弘明, 新名亨, 入船徹男
2. 発表標題 ナノ多結晶ダイヤモンド高温・高圧合成時InP封入の影響
3. 学会等名 第79回 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Yamamoto, Y. Murakami, R. Fukuta, F. Ishikawa, M. Matsushita, H. Ohfuji, T. Shinmei, T. Irifune
2. 発表標題 Impurity introduction at the synthesis of nano-polycrystalline diamond by high-pressure and high-temperature
3. 学会等名 29th International Conference on Diamond and Carbon Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Fukuta, N. Yamamoto, F. Ishikawa, M. Matsushita, H. Ohfuji, T. Shinmei, T. Irifune
2. 発表標題 Epitaxial formed pyramidal diamond by high temperature and high pressure treatment
3. 学会等名 29th International Conference on Diamond and Carbon Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Fukuta, N. Yamamoto, F. Ishikawa, T. Yoshitake, H. Ikenoue, M. Matsushita, H. Ohfuji, T. Shinmei, T. Irifune
2. 発表標題 Conductive surface formation on nano-polycrystalline diamond by laser irradiation
3. 学会等名 29th International Conference on Diamond and Carbon Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yohei Murakami, Rei Fukuta, Naoya Yamamoto, Fumitaro Ishikawa, Masafumi Matsushita, Toru Shinmei, Hiroaki Ohfuji, Tetsuo Irifune
2. 発表標題 Microstructural Characteristics of Nano-polycrystalline Diamond by the Introduction of Indium and Phosphorous Synthesized by High Pressure and High Temperature Technique
3. 学会等名 第37回電子材料シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 直也、福田 玲、石川 史太郎、松下 正史、新名 享、大藤 弘明、入船 徹男
2. 発表標題 ダイヤモンド高温・高圧合成時のInP封入効果
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 福田 玲、山本 直也、石川 史太郎、松下 正史、新名 享、大藤 弘明、入船 徹男
2. 発表標題 ダイヤモンド表面に形成された微細ピラミッド構造の観察
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 R. Fukuta, N. Yamamoto, F. Ishikawa, M. Matsushita, H. Ohfuji, T. Shinmei, T. Irifune
2. 発表標題 Pyramid diamond synthesised with high pressure and high temperature technique
3. 学会等名 28th International Conference on Diamond and Carbon Materials (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福田玲, 山本直也, 石川史太郎, 松下正史, 大藤弘明, 新名亨, 入船 徹男
2. 発表標題 ダイヤモンド表面処理によるピラミッド型微細構造形成
3. 学会等名 第58回高圧討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 R. Fukuta, N. Yamamoto, F. Ishikawa, M. Matsushita, H. Ohfuji, T. Shinmei and T. Irifune
2. 発表標題 Pyramidal diamond formation by high pressure and high temperature technique
3. 学会等名 第36回電子材料シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福田 玲、山本 直也、石川 史太郎、松下 正史、大藤 弘明、新名 亨、入船 徹男、吉武 剛、池上 浩
2. 発表標題 レーザー照射によるナノ多結晶ダイヤモンドの表面処理
3. 学会等名 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 福田 玲、山本 直也、石川 史太郎、松下 正史、大藤 弘明、新名 亨、入船 徹男
2. 発表標題 高温・高圧処理によるダイヤモンド表面での微細ピラミッド形成
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----