

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18830

研究課題名（和文）ナノダイヤモンド膜中への単一光子源の形成のための新たな物理的手法の創成

研究課題名（英文）Development of new physical methods for forming single photon sources in nanodiamond films

研究代表者

吉武 剛（Yoshitake, Tsuyoshi）

九州大学・総合理工学研究院・教授

研究者番号：40284541

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）：ナノダイヤモンド膜中への単一光子源の形成のための新たな物理的手法を創成することを目的として研究を行っている。膜作製時のプロセスの最適化により膜一面に渡ってNVセンターの発光が得られるようになった。共焦点顕微鏡、フォトルミネッセンス、ODMR法を用いて評価した。さらに可視/紫外RAMAN分光装置を用いて、NDC膜内のナノダイヤモンドの存在を評価した。CAPD法で形成されるナノダイヤモンド膜はアモルファスカarbonを含有するためにその影響を極めて大きく受けていることが示唆された。アモルファスカarbonの極限までの低減と、ナノダイヤモンド結晶の高品質化が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ダイヤモンド格子中のNVセンターをはじめとする単一光子源は、世界各国で国家プロジェクトが走っている状況である。その一方でその形成方法は既存の半導体に使われてきた技術で行われており、方法としては特に目新しいものはない。本研究はこれまでにない全く新しい方法によりNVセンターの形成を試みたものである。低温成長、大面積、高密度のメリットがあり、一方で同じに形成させるアモルファスカarbonの低減およびダイヤモンド結晶の結晶性の向上が課題となった。今後の研究により、全く新しいNVセンター形成法としてを大きく展開できる可能性を秘める。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aim to create a new physical method for the formation of single photon sources in nanodiamond films. Optimization of the process during film fabrication resulted in the emission of NV centers across the entire surface of the film. This was evaluated using confocal microscopy, photoluminescence, and ODMR methods. In addition to these measurements, NV centers were formed by electron beam irradiation of NCD thin films deposited on diamond substrates. The presence of nanodiamonds in the NDC films was further evaluated using visible/UV RAMAN spectroscopy, suggesting that the nanodiamond films formed by the CAPD method are extremely affected by the presence of amorphous carbon. It is necessary to reduce amorphous carbon to the utmost limit and to improve the quality of nanodiamond crystals.

研究分野：応用物理

キーワード：ダイヤモンド カラーセンター NVセンター ナノダイヤモンド 物理気相成長法 同軸型アークプラズマ堆積法

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ダイヤモンド格子中の NV センターをはじめとする単一光子源は、量子コンピューティングや超高感度磁気センサーへの応用が期待されており、世界各国で国家プロジェクトが走っている状況である。その一方でその形成方法は既存の半導体に使われてきた技術で行われており、方法としては特に目新しいものはない。

ダイヤモンドは高温高压相であり、他の半導体材料と比べて、その結晶成長および成長後の後処理は格段に自由度が小さい。特に、熱処理による原子拡散がほとんど起こらず、起こり始めたときはより安定なグラファイトが生成し始めてしまう。したがって、これまでの半導体材料で用いられてきた熱アニールによる原子拡散をほとんど利用できない。

NV センターの形成は、具体的には大別して、高压高温合成の単結晶ダイヤモンドに N 原子をイオン注入した後に熱アニールを施す方法、あるいは窒素をドーパされた単結晶ダイヤに対して高エネルギーイオン照射を行って欠陥を生じさせて NV センターを形成する方法、のいずれかである。常に、前述したように、熱処理の自由度は小さくより安定なグラファイトの生成に気を配る必要がある。

申請者はこれまでに、10 年以上にわたり物理気相成長法、具体的にはレーザーアブレーション (PLD) 法と同軸型アークプラズマ堆積 (CAPD) 法、によりナノダイヤモンド膜創製のためのプロセス開発と、生成膜の半導体およびハードコーティングとしての応用を検討してきた。化学気相成長 (CVD) 法以外で、ダイヤモンド膜を物理気相成長法で成長させている研究グループは、世界でも申請者のみである。長年のプロセス開発により、ターボ分子ポンプによる到達圧力下 (水素フリー) において、非加熱の室温基板上に、極めて純度の高いナノダイヤモンド膜を形成できるようになった。可視ラマンを用いて 1333cm^{-1} の鋭いピークが、極めて弱いアモルファスカーボン (a-C) とともに観測され、硬度は 70 GPa を超えて CVD 法に多結晶ダイヤモンドの硬度に近い。

2. 研究の目的

本研究では、ナノダイヤモンド膜中への単一光子源の形成のための新たな物理的手法を創成することを目的として研究を行う。具体的には、物理気相成長法により成長するナノダイヤモンド膜に NV センターをはじめとする単一光子源を形成するための、物理現象の理解を含めた、基盤技術を確認する。

3. 研究の方法

同軸型アークプラズマ堆積 (CAPD) 法により N ドープナノダイヤモンド膜の堆積を行い、生成膜の NV センター形成を PL 測定に加えて、共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡、ODMR 法によりその形成分布を評価した。これらの測定に加え、ダイヤモンド基板上に成膜した NCD 薄膜に電子ビーム照射を行い、NV センター形成を行った。さらに可視/紫外 RAMAN 分光装置を用いて、NDC 膜内のナノダイヤモンドの存在を評価した。

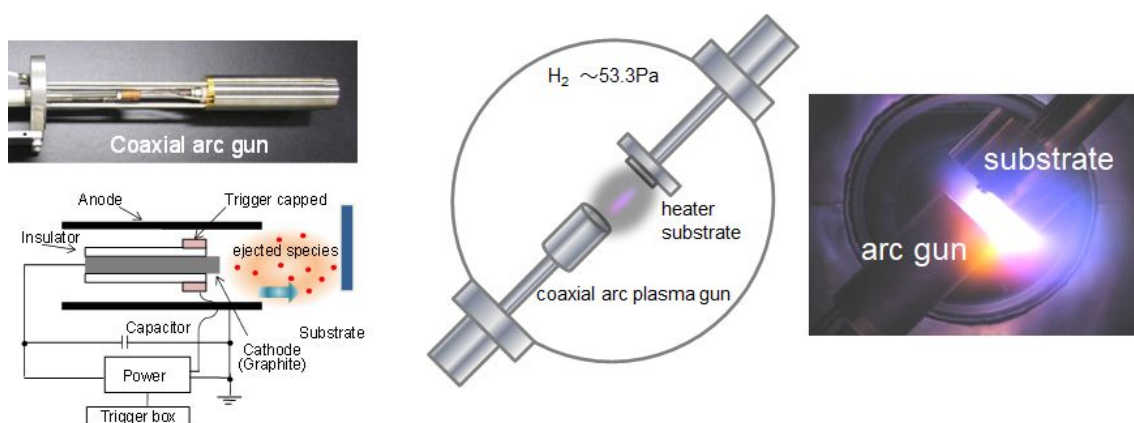


図1 同軸型アークプラズマ堆積法の概略図

4. 研究成果

膜作製時のプロセスの最適化により膜一面に渡って NV センターの発光が得られるようになった。CAPD 法で形成されるナノダイヤモンド膜はアモルファスカーボンを含有するためにその影響を極めて大きく受けていることが示唆された。アモルファスカーボンの極限までの低減と、ナノダイヤモンド結晶の高品質化が必要である。

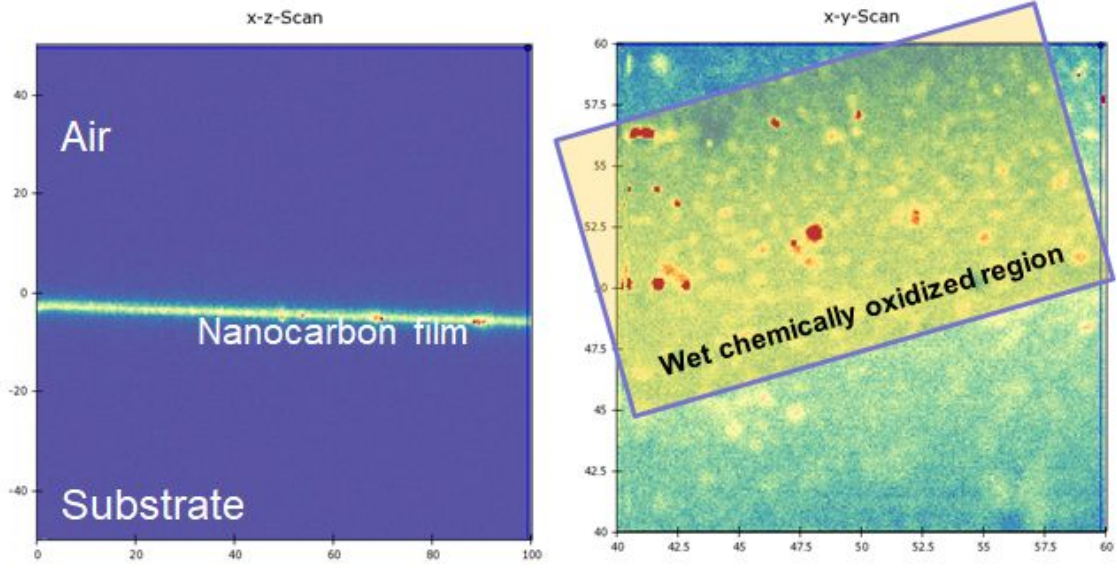


図2 NV センターからと考えられるナノダイヤモンド膜からの発光

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 13件／うちオープンアクセス 11件）

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Sreenath Mylo Valappil, Abdelrahman Zkria, Phongsaphak Sittimart, Shinya Ohmagari, Tsuyoshi Yoshitake | 4. 巻 56 |
| 2. 論文標題 Maximizing visible Raman resolution of nanodiamond grains fabricated by coaxial arc plasma deposition through oxygen plasma etching optimization | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 Surface and Interface Analysis | 6. 最初と最後の頁 230-238 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/sia.7289 | 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 Lama Osman, Abdelrahman Zkria, Ali M. Ali, Satoki Nagano, Hiroshi Naragino, and Tsuyoshi Yoshitake | 4. 巻 16 |
| 2. 論文標題 Synergistic effects of optimal negative bias-enhanced growth of quenched-produced diamond films on titanium substrates | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Applied Physics Express | 6. 最初と最後の頁 75501 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1882-0786/acdfb7 | 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 Lama Osman, Ali M. Ali, Abdelrahman Zkria, Hiroshi Naragino, and Tsuyoshi Yoshitake | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Influence of different pretreatments on the adhesion of nanodiamond composite films on Ti substrates via coaxial arc plasma deposition | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Materials Research Express | 6. 最初と最後の頁 66401 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/2053-1591/acd992 | 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 Sreenath Mylo Valappil, Abdelrahman Zkria, Shinya Ohmagari, Hiroshi Naragino, Hiromitsu Kato, and Tsuyoshi Yoshitake | 4. 巻 220 |
| 2. 論文標題 Corrosion-resistive and Low Specific Contact Resistance Ohmic Contacts to Semiconducting Diamonds Using Nanocarbon electrodes | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Phys. Status Solidi A | 6. 最初と最後の頁 2200627 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/pssa.202200627 | 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 Ali Abdelrahman, Abdelrahman Zkria, Tsuyoshi Yoshitake | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Advances in Nitrogen-Vacancy color centers in diamond for magnetometry: Advantages and Challenges | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of International Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences (IEICES) | 6. 最初と最後の頁 417-422 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5109/7158033 | 査読の有無 無 |
| 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 Sreenath Mylo Valappil, Abdelrahman Zkria, Shinya Ohmagari, and Tsuyoshi Yoshitake | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Overcoming the impact of post-annealing on uniformity of diamond (100) Schottky barrier diodes through corrosion-resistant nanocarbon ohmic contacts | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Materials Research Express | 6. 最初と最後の頁 115901 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2053-1591/aca31f | 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 Sreenath Mylo Valappil, Abdelrahman Zkria, Shinya Ohmagari, Hiroshi Naragino, Hiromitsu Kato, and Tsuyoshi Yoshitake | 4. 巻 220 |
| 2. 論文標題 Corrosion-Resistive and Low Specific Contact Resistance Ohmic Contacts to Semiconducting Diamonds Using Nanocarbon Electrodes | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Physica Status Solidi A | 6. 最初と最後の頁 2200627 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssa.202200627 | 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 Lama Osman, Ali M. Ali, Abdelrahman Zkria1,, Hiroshi Naragino, and Tsuyoshi Yoshitake | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Adhesion of Nanodiamond composite films on Ti substrates at Room Temperature via hybrid ion etching gun and coaxial arc plasma deposition | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Applied Physics Express | 6. 最初と最後の頁 115004 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac99b6 | 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 Sreenath Mylo Valappil, Shinya Ohmagari, Abdelrahman Zkria, Phongsaphak Sittimart, Eslam Abubakr, Hiromitsu Kato, and Tsuyoshi Yoshitake | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Nanocarbon electrodes fabricated by coaxial arc plasma deposition for phosphorus-doped diamond electronics application | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 AIP Advances | 6. 最初と最後の頁 85007 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0093470 | 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 Ali Ali M., Egiza Mohamed, Murasawa Koki, Sugita Hiroaki, Deckert-Gaudig Tanja, Deckert Volker, Yoshitake Tsuyoshi | 4. 巻 417 |
| 2. 論文標題 Effects of substrate temperature and intermediate layer on adhesion, structural and mechanical properties of coaxial arc plasma deposition grown nanodiamond composite films on Si substrates | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Surface and Coatings Technology | 6. 最初と最後の頁 127185 ~ 127185 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.surfcoat.2021.127185 | 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 Abubakr Eslam, Ohmagari Shinya, Zkria Abdelrahman, Ikenoue Hiroshi, Yoshitake Tsuyoshi | 4. 巻 139 |
| 2. 論文標題 Laser-induced novel ohmic contact formation for effective charge collection in diamond detectors | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Materials Science in Semiconductor Processing | 6. 最初と最後の頁 106370 ~ 106370 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mssp.2021.106370 | 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 Abubakr Eslam, Ohmagari Shinya, Zkria Abdelrahman, Ikenoue Hiroshi, Yoshitake Tsuyoshi | 4. 巻 139 |
| 2. 論文標題 Laser-induced novel ohmic contact formation for effective charge collection in diamond detectors | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Materials Science in Semiconductor Processing | 6. 最初と最後の頁 106370 ~ 106370 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mssp.2021.106370 | 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 Zkria Abdelrahman, Gima Hiroki, Abubakr Eslam, Mahmoud Ashraf, Haque Ariful, Yoshitake Tsuyoshi | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Correlated Electrical Conductivities to Chemical Configurations of Nitrogenated Nanocrystalline Diamond Films | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Nanomaterials | 6. 最初と最後の頁 854 ~ 854 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano12050854 | 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 |

[学会発表] 計24件(うち招待講演 1件/うち国際学会 17件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 Physical vapor deposition of nanodiamond films and their applications |
| 3. 学会等名 4th International conference of Chemical, Energy and Environmental Engineering (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ali Abdelrahman, Abdelrahman Zkria, Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 Advances in Nitrogen-Vacancy color centers in diamond for magnetometry: Advantages and Challenges |
| 3. 学会等名 International Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences (IEICES) (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Sreenath Mylo Valappil, Shinya Ohmagari, Abdelrahman Zkria, Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 Low Specific Contact Resistance Nanocarbon Ohmic Contacts Fabricated by Coaxial Arc Plasma Deposition on Semiconducting Diamonds and Their Device Applications |
| 3. 学会等名 The 70th JSAP Spring Meeting 2023, March 15-18, 2023, Yotsuya Campus, Sophia University + online |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 齊藤 誠志郎、アリ モハメド、村澤 功基、榎木野 宏、吉武 剛 |
| 2. 発表標題 CAPD法によって成膜されたナノダイヤモンド混相膜の構造的・機械的特性に対する負バイアス周波数の影響 |
| 3. 学会等名 2022年度第83回応用物理学会秋季学術講演会、東北大学川内北キャンパス + オンライン、2022年9月20日～23日 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Sreenath Mylo Valappil, Shinya Ohmagari, Abdelrahman Zkria, Phongsaphak Sittimart, Eslam Abubakr, Hiromitsu Kato, Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 Alternative Carbon-based Ohmic Electrodes for Phosphorus-doped Diamond-electronics Applications |
| 3. 学会等名 2022年度第83回応用物理学会秋季学術講演会、東北大学川内北キャンパス + オンライン、2022年9月20日～23日 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ali Mohamed Ali Abdelgawad, Kouki Murasawa, Hiroaki Sugita, Seishiro Saito, Hiroshi Naragino, Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 Negative Bias Voltage Enhanced Growth and Mechanical Properties of Nanodiamond Composite Films Deposited by CAPD |
| 3. 学会等名 15th International Conference on New Diamond and Nano Carbons (NDNC) 2022, Kanazawa Bunka Hall, Japan, June 5-9, 2022 (国際学会) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sreenath Mylo Valappil, Shinya Ohmagari, Abdelrahman Zkria, Phongsaphak Sittimart, Eslam Abubakar, Hiromitsu Kato, Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 Nanocarbon Electrodes Fabricated by Coaxial Arc Plasma Deposition for Phosphorus-doped Diamond Electronics Application |
| 3. 学会等名 15th International Conference on New Diamond and Nano Carbons (NDNC) 2022, Kanazawa Bunka Hall, Japan, June 5-9, 2022 (国際学会) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | Eslam N. H. ABUBAKR, Shinya Ohmagari, Abdelrahman Zkria, Hiroshi Ikenoue, Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 | Effective Charge Collection in Diamond Detectors Through Direct OhmicContact Writing by Nanosecond Laser Irradiation |
| 3. 学会等名 | 15th International Conference on New Diamond and Nano Carbons (NDNC) 2022, Kanazawa Bunka Hall, Japan, June 5-9, 2022 (国際学会) (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2022年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | H. Naragino, M. Egiza, H. Ohue, A. M. Ali, K. Murasawa, H. Sugita, Y. Fukui, H. Gonda, M. Sakurai, and T. Yoshitake |
| 2. 発表標題 | Mechanical and structural properties of Si doped nanodiamond composite coatings deposited on cemented carbide |
| 3. 学会等名 | International Conference on New Diamond and Nano Carbons 2020/2021 (NDNC2020/2021), June 7-9, 2021, (online). 8A-13 (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2021年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Y. Katamune, K. Murasawa, T. Kikuchi, T. Yoshitake, and H. Ikenoue |
| 2. 発表標題 | Polishing of Polycrystalline Diamond Films on WC-Co by KrF-Laser-Induced Surface Modification |
| 3. 学会等名 | International Conference on New Diamond and Nano Carbons 2020/2021 (NDNC2020/2021), June 7-9, 2021, (online). 8A-11 (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2021年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | E. N. H. Abubakr, S. Ohmagari, A. Zkria, Y. Katamune, H. Ikenoue, and T. Yoshitake |
| 2. 発表標題 | Direct Printing of Low-Resistance Ohmic Contacts to p-type Diamond (100) Through Nanosecond Excimer Laser Irradiation |
| 3. 学会等名 | International Conference on New Diamond and Nano Carbons 2020/2021 (NDNC2020/2021), June 7-9, 2021, (online). 8A-07 (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2021年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 A. Z. Ahmed, E. N. Abubakr, M. B. Egiza, A. Haque, J. Narayan, and T. Yoshitake |
| 2 . 発表標題 Nanosecond pulsed laser treatments of diamond like carbon, nanodiamond composite and singlecrystalline diamond |
| 3 . 学会等名 International Conference on New Diamond and Nano Carbons 2020/2021 (NDNC2020/2021), June 7-9, 2021, (online). 7A-21 (国際学会) |
| 4 . 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 A. Mohamed Ali, M. Egiza, K. Murasawa, H. Sugita, Y. Fukui, H. Gonda, M. Sakurai, and T. Yoshitake |
| 2 . 発表標題 Structural properties and adhesion enhanced of Nanodiamond Composite Films Deposited on Si Substrates at Room Temperature by Employing Buffer Layer |
| 3 . 学会等名 International Conference on New Diamond and Nano Carbons 2020/2021 (NDNC2020/2021), June 7-9, 2021, (online). 11-06-1 (国際学会) |
| 4 . 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Lama Osman, Abdelrahman Zkria, and Tsuyoshi Yoshitake |
| 2 . 発表標題 Structural and physical characterization of nanodiamond composite thin films synthesized by pulsed-laser ablation method (a review) |
| 3 . 学会等名 7th International Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences (IEICES 2021), Oct. 21-22, 2021, Kyushu University, Oral. (国際学会) |
| 4 . 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Lama Osman, Abdelrahman Zkria, Hiroshi Naragino and Tsuyoshi Yoshitake |
| 2 . 発表標題 Ultrananocrystalline diamond film coated on Titanium substrates by Arc Plasma Deposition Technique for biomedical applications |
| 3 . 学会等名 International Thin Films Conference, National Taipei University of Technology (TACT 2021), Taipei, Taiwan, Nov. 15-18, 2021, Oral (online). D-0-231 (国際学会) |
| 4 . 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Abdelrahman Zkria, and Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 Evaluation of N-type nanodiamond films deposited on p-type silicon for optoelectronic applications |
| 3. 学会等名 International Thin Films Conference, National Taipei University of Technology (TACT 2021), Taipei, Taiwan, Nov. 15-18, 2021, Poster (online). C-P-074 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Abdelrahman Zkria, Eslam Abubakr, Ali Mohamed, and Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 Thermal stability of nanodiamond composite films coated on Silicon and Tungsten carbide substrates by arc plasma deposition method |
| 3. 学会等名 International Thin Films Conference, National Taipei University of Technology (TACT 2021), Taipei, Taiwan, Nov. 15-18, 2021, Oral (online). B-0-73 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 橋口寛生, 榎木野宏, 吉武剛 |
| 2. 発表標題 二酸化炭素の電気化学還元に向けた導電性超ナノ微結晶ダイヤモンド電極の作製 |
| 3. 学会等名 2021年(令和3年度)応用物理学会九州支部学術講演会, 2021年12月4日(土) ~ 5日(日), オンライン開催 4Ap-4 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Lama Osman, Abdelrahman Zkria, Hiroshi Naragino, and Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 Nanodiamond composite film coated on Titanium substrates by Arc Plasma Deposition for biomedical applications |
| 3. 学会等名 The 6th Asian Applied Physics Conference (Asian-APC), Dec. 4-5, 2021, Oral (online). 4Ep-4 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Eslam Abubakr, Shinya Ohmagari, Abdelrahman Zkria, Hiroshi Ikenoue, and Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 Direct contact-writing to diamond through nanosecond pulsed laser irradiation |
| 3. 学会等名 The 6th Asian Applied Physics Conference (Asian-APC), Dec. 4-5, 2021, Oral (online). 4Ep-3 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ali Mohamed Ali, Koki Murasawa, Hiroaki Sugita, and Tsuyoshi Yoshitake |
| 2. 発表標題 Influence of Negative Bias Frequency on Deposition Processes and Structural Properties of Deposited Nanodiamond Composite Film |
| 3. 学会等名 The 6th Asian Applied Physics Conference (Asian-APC), Dec. 4-5, 2021, Oral (online). 4Dp-5 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Saito, A. M. Ali1, M. Egiza, K. Murasawa, H. Sugita, T. Deckert-Gaudig, Volker Deckert, and T. Yoshitake |
| 2. 発表標題 シリコン基板上に成膜されたナノダイヤモンド混相膜の機械的・構造的特性に基板温度及び中間層がもたらす影響 |
| 3. 学会等名 2021年応用物理学会九州支部学術講演会, 2021年12月4日(土) ~ 5日(日), オンライン開催, Oral, 4Ap-3 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 橋口寛生, 榎木野宏, 吉武剛 |
| 2. 発表標題 窒素ドーブ超ナノ微結晶ダイヤモンド電極の作製とCO2還元特性 |
| 3. 学会等名 第12回半導体材料・デバイスフォーラム, 2021年12月11日(土), オンライン開催 0-10 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 榎木野宏, 橋口寛生, 吉武剛 |
| 2. 発表標題 同軸型アークプラズマ成膜法による導電性超ナノ微結晶ダイヤモンド電極の作製 |
| 3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会, 2022年3月22-26日, 青山学院大学相模原キャンパス+オンライン開催 22p-P06-11 |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| 九州大学大学院 総合理工学研究院 エネルギー科学部門 吉武研究室 http://yoshitake.private.coocan.jp/univ_lab/index-j.htm 吉武研究室、九州大学大学院総合理工学研究院エネルギー科学部門 http://yoshitake.private.coocan.jp/univ_lab/index-j.htm |
|--|

| | | |
|---------------------------|-----------------------|----|
| 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 |

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 |
|---------|---------|