

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K05022

研究課題名(和文)量子ビームを用いた構造改質による新奇機能性SiC系ナノ材料・複合材料の開発

研究課題名(英文) Synthesis of novel silicon carbide nanomaterials and nanocomposites by microstructural change using quantum beam irradiation

研究代表者

田口 富嗣 (Taguchi, Tomitsugu)

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 東海量子ビーム応用研究センター・上席研究員

研究者番号：50354832

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：量子ビーム照射により、これまででない新奇構造を有するSiC系ナノ材料・複合材料の創製を試みた。その結果、C-SiC複合ナノチューブを室温でイオン照射することにより、アモルファスSiCナノチューブの中に長さ方向に積層した50nm以下のグラフェンナノディスクと多層カーボンナノチューブが複合化された新奇構造を有するハイブリッドカーボンナノ材料の創製に成功した。また、多結晶及びアモルファス二層厚壁SiCナノチューブの創製にも世界で初めて成功した。さらに、電子線還元法により、Pt微粒子担持SiCナノチューブを合成し、標準試料であるPt微粒子担持カーボン材料よりも優れた触媒能を示すことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

材料をナノメートルサイズにしたり、新しい構造を有する新奇ナノ材料は、これまででない新しい機能を有する可能性や、機能の構造が期待される。そのため、量子ビームを用いてSiCやカーボン系の新奇構造ナノ材料やナノ複合材料の合成に成功したことは、学術的に意義深いと考えられる。また、本研究で合成に成功したPt微粒子担持SiCナノチューブが、標準材料であるPt微粒子担持カーボン材料よりも優れた触媒性能を持つことを明らかにしたことは、工学的にも重要な成果だと言える。

研究成果の概要(英文)： The synthesis of novel structured silicon carbide (SiC) and/or carbon (C) nanomaterials and nanocomposites by the irradiation with quantum beams was investigated in this study. In the result, A successful synthesis of a novel hybrid carbon nanomaterial was achieved for the first time, which consisted of one-dimensionally stacked graphene nanodisks with diameters less than 50 nm, and cylindrical multi-walled carbon nanotubes, inside an amorphous SiC nanotube by the irradiation of C-SiC nanotubes with ions beam. Polycrystalline and amorphous double-thick-walled SiC nanotubes were also synthesized for the first time. We also successfully synthesized SiC nanotubes equipped with platinum nanoparticles (PtNPs) by electron beam irradiation in an aqueous solution containing chloroplatinic acid and ethanol. The SiC nanotubes equipped with PtNPs exhibited more excellent catalysis property compared to carbon materials with PtNPs.

研究分野：無機ナノ材料工学

キーワード：炭化ケイ素 ナノ材料 量子ビーム照射 透過型電子顕微鏡 微構造制御

## 1. 研究開始当初の背景

SiC は、重要な半導体材料であり、高温強度特性にも優れているため、高温構造材料としても期待されている。一方、1 次元材料、特にナノチューブは、その特異な形状やサイズ効果により、バルク材料とは異なる機能を発現する可能性があることが知られている。我々はこれまでに、SiC ナノチューブ、C-SiC ナノチューブ、C-SiC-SiO<sub>2</sub> ナノチューブなどの新奇ナノ材料やナノ複合材料の合成に成功している。また、イオン照射法により、多結晶 SiC ナノチューブから、微結晶 SiC ナノチューブやアモルファス SiC ナノチューブの合成にも成功している。さらに、多結晶・アモルファスヘテロ構造 SiC ナノチューブや、アモルファス SiC ナノチューブ内に新しい構造を持つカーボンナノ材料の創製にも成功してきた。これら新奇ナノ材料、特に SiC ナノチューブは、バルク SiC ではなかった生体活性特性を有し、発光エネルギーのブルーシフトが見られるなど、バルク SiC とは異なる機能を発現することを報告してきた。加えて、SiC や C-SiC ナノチューブの照射による微構造変化挙動も、バルク SiC や黒鉛とは異なる挙動を示した。このようにナノ材料やナノ複合材料は、バルク材料とは異なる新たな特性を発現することが可能であることから、材料に大きなエネルギーを付与することが可能なイオンや電子線等の量子ビーム照射により、これまでにない新奇構造ナノ材料・複合材料の創製が期待されている。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、量子ビーム照射技術を用いて、これまでに合成されたことのない新奇構造を有する SiC 系ナノ材料・複合材料を創製することを試み、これら新奇構造と機能評価結果との相関関係を解明し、さらには、それらに及ぼす量子ビーム照射効果も明らかにすることにより、これまでにない高機能 SiC 系ナノ材料・複合材料開発に資する。

## 3. 研究の方法

### (1) C-SiC 複合ナノチューブを用いた新奇カーボンナノ材料の創製

多層カーボンナノチューブ(MWCNT)と Si 粉末を、1200°C、真空中、100 時間の条件で熱処理を行い、C-SiC ナノチューブを作製した。未反応 MWCNT を除去するために、700°C、大気中、2 時間の条件で熱処理を行った。さらに、大気中熱処理によりナノチューブ表面に形成した酸化層を除去するために、5M NaOH 処理、及び、0.1M HCl 処理を行い、C-SiC 複合ナノチューブを合成した。このようにして合成した C-SiC 複合ナノチューブを塗布した TEM 観察用メッシュ全体を、200keV の Si イオンにより、室温でイオン照射をおこなった。イオン照射を TEM 内で行うことで、C-SiC 複合ナノチューブのイオン照射その場観察を行った。照射量は、最大  $9.2 \times 10^{20}$  ions/m<sup>2</sup> であり、照射損傷量は、24.1dpa に相当する。

### (2) 二層厚壁 SiC ナノチューブの創製

MWCNT と Si 粉末を、1100-1300°C、真空中、5-100 時間の条件で熱処理を行い、C-SiC ナノチューブを作製した。未反応 MWCNT 及び C-SiC 複合ナノチューブ内のカーボン層を除去するために、800°C、大気中、4 時間の条件で熱処理を行った。さらに、大気中熱処理によりナノチューブ表面に形成した酸化層を除去するために、5M NaOH 処理、及び、0.1M HCl 処理を行い、単相 SiC ナノチューブを合成した。このようにして合成した単相 SiC ナノチューブを、200keV の Si イオンにより、室温でイオン照射をおこない、多結晶からアモルファスへ変換させた。

### (3) 電子線還元による Pt 微粒子担持 SiC ナノチューブの創製と電気化学測定

1mmol/L の H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub> 水溶液に、単相 SiC ナノチューブ、C-SiC 複合ナノチューブ及び SiC-SiO<sub>2</sub> 複合ナノチューブのそれぞれ 3 種類の試料と 1vol% となるようにエタノールを入れ超音波分散した後、2MeV 電子線を照射量が 20kGy になるまで照射した。これにより、それぞれのナノチューブ表面に Pt 微粒子を担持させた。その後、これら試料の電気化学測定を行った。

## 4. 研究成果

### (1) C-SiC 複合ナノチューブを用いた新奇カーボンナノ材料の創製

図 1 に、C-SiC 複合ナノチューブの室温におけるイオン照射その場透過型電子顕微鏡(TEM)像、及び、電子線回折像を示す。これらの結果から、SiC 層は照射量が約 1.9dpa 程度でアモルファス化するが、内部のカーボン層は 24dpa までの照射量でも結晶性を維持していることが分かった。これは、バルクのカーボン材料ではありえない現象である。また、元々存在したナノチューブの長さ方向に平行なカーボン層だけでなく、長さ方向に垂直な方向に平行な新たなカーボン層が、イオン照射により出現することを明らかにした。すなわち、図 2 の模式図に示すよう

なアモルファス SiC ナノチューブ内に、長さ方向に積層した 50nm 以下のグラフェンナノディスクと MWCNT が複合化された新奇構造を有するハイブリッドカーボンナノ材料の創製に成功したことが示唆された。

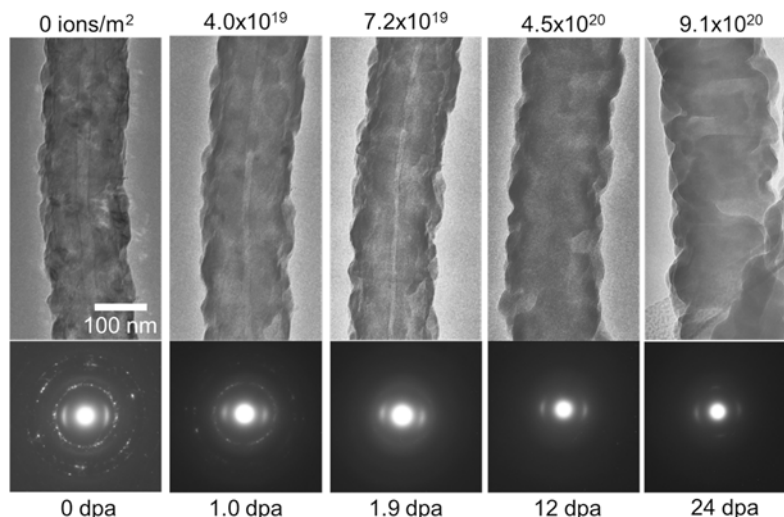


図 1 C-SiC 複合ナノチューブのイオン照射その場 TEM 観察像

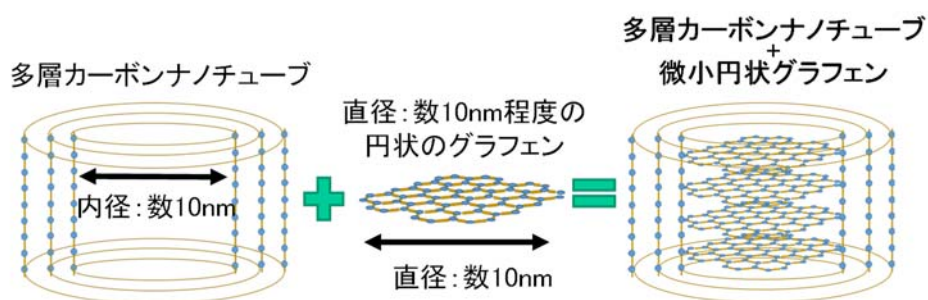


図 2 新しく創製に成功した新奇ハイブリッドナノカーボンの模式図

## (2) 二層厚壁 SiC ナノチューブの創製

熱処理条件を変化させて、二層厚壁 SiC ナノチューブの合成を試みた。その結果、1100°C による熱処理では、熱処理温度が低すぎ、MWCNT 表面全体を SiC 結晶で被覆できなかったため、壁に穴の開いた不完全な単相 SiC ナノチューブしか合成できなかった。逆に、1300°C による熱処理では、温度が高いため SiC 結晶の粒成長が加速されるため、単相 SiC ナノチューブもしくはナノワイヤーのみが合成された。1200°C、30-50 時間の条件で熱処理された試料では、MWCNT の外表面及び内表面が一様に、適度な厚みを持った SiC 層が形成されることで、その SiC 層に挟まれた残存カーボン層を大気中熱処理することにより、二層厚壁 SiC ナノチューブの合成に政界で初めて成功した。最適化を行った熱処理条件で得られた典型的な二層厚壁 SiC ナノチューブの TEM 像を、図 3 に示す。この結果から、外径が約 210nm の外側ナノチューブと、外径が約 120nm の内側ナノチューブで、二重構造になっていることがわかる。高分解能 TEM 観察結果から、内外どちらのナノチューブも、多結晶体であることが分かり、壁の厚さは、内外ナノチューブともに、約 20nm 程度であった。いくつかの二層厚壁 SiC ナノチューブの TEM 観察結果から、内外ナノチューブ間の平均隙間は、15nm から 40nm であった。さらに、このようにして合成に成功した二層厚壁 SiC ナノチューブを、200keV Si イオンを室温で照射することにより、アモルファス二層厚壁 SiC ナノチューブの合成にも、世界で初めて成功した。

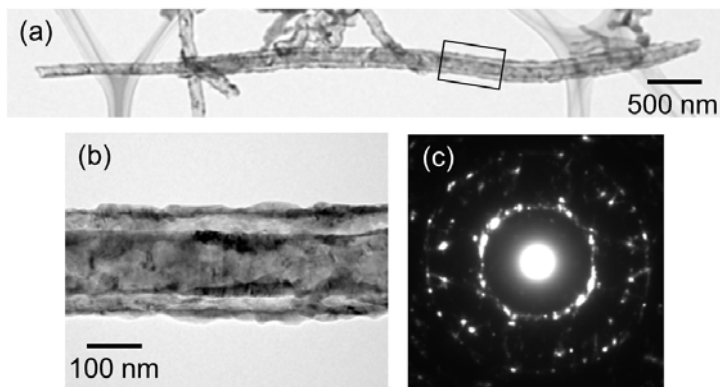


図 3 典型的な二層厚壁 SiC ナノチューブの(a)低倍 TEM 像、(b)高倍 TEM 像、(c)電子線回折像

### (3) 電子線還元による Pt 微粒子担持 SiC ナノチューブの創製と電気化学測定

電子線照射後の試料の TEM 観察を行った。その結果、C-SiC 複合ナノチューブ及び、SiC-SiO<sub>2</sub> 複合ナノチューブの表面には、ほとんど Pt 微粒子が担持されておらず、Pt 微粒子は凝集して 1 μm 程度の塊になっ

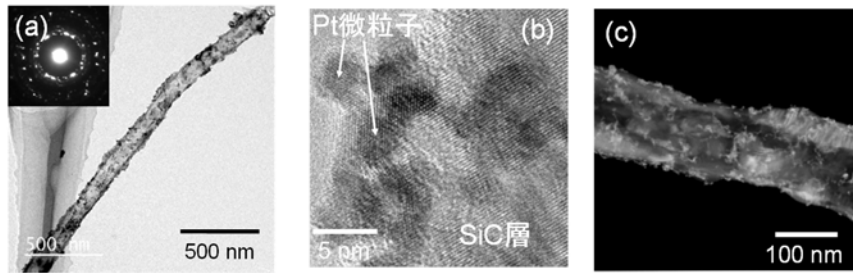


図 4 Pt 微粒子担持された単相 SiC ナノチューブの(a)低倍 TEM 像及び電子線回折像、(b)高倍 TEM 像、(c)HAADF 像

ていることが観察された。一方で、単相 SiC ナノチューブでは、Pt 微粒子がナノチューブ表面に均一に担持されており、凝集している Pt 微粒子の塊を確認できなかった。図 4 に Pt 微粒子担持された単相 SiC ナノチューブの TEM 像を示す。TEM 観察後から、形成された Pt 微粒子の直径は 5nm よりも小さいことが分かった。また、低倍 TEM 像及び HAADF 像から、ナノチューブ全体に均一に Pt 微粒子が蒸着されていることが示唆された。単相 SiC ナノチューブを合成する際に、実験方法に記したように、ナノチューブ表面に形成した SiO<sub>2</sub> 層を除去するためのアルカリ及び酸処理が、Pt 微粒子蒸着に必要だったと考えられる。

図 5 に、電気化学測定により評価された Pt 微粒子担持 SiC ナノチューブと標準材料として知られている FCCJ 製の Pt 微粒子担持カーボン材料の活性を示す Pt 単位面積当たりの電流値 ( $i_k$ ) と電位 ( $V$ ) の関係 (ターフェルプロット) を示す。この結果より、Pt 微粒子担持 SiC ナノチューブの方が Pt 微粒子担持カーボン材料よりも、0.85V における電流値が約 5 倍も高い値を示すことから、優れた触媒性能を示すことを明らかにしている。このように、優れた触媒能を示す新奇 Pt 微粒子担持 SiC ナノチューブの創製に成功したと言える。

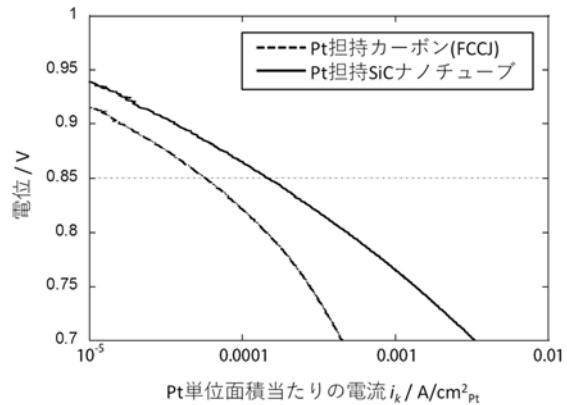


図 5 Pt 微粒子担持 SiC ナノチューブ及び Pt 微粒子担持カーボン材料のターフェルプロット

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Suzuki Tatsuya, Ishihara Jun, Taguchi Tomitsugu, Miyajima Kensuke	4. 巻 245
2. 論文標題 Effect of anionic surfactant on dispersibility and luminescence of silicon carbide nanotubes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Luminescence	6. 最初と最後の頁 118771 ~ 118771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jlumin.2022.118771	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 Ishikawa N, Fujimura Y, Kondo K, Szabo G L, Wilhelm R A, Ogawa H, Taguchi T	4. 巻 33
2. 論文標題 Surface nanostructures on Nb-doped SrTiO3 irradiated with swift heavy ions at grazing incidence	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 235303 ~ 235303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6528/ac58a5	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 Saitoh Hiroyuki, Sato Toyoto, Tanikami Mai, Ikeda Kazutaka, Machida Akihiko, Watanuki Tetsu, Taguchi Tomitsugu, Yamamoto Shunya, Yamaki Tetsuya, Takagi Shigeyuki, Otomo Toshiya, Orimo Shin-ichi	4. 巻 208
2. 論文標題 Hydrogen storage by earth-abundant metals, synthesis and characterization of Al3FeH3.9	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials & Design	6. 最初と最後の頁 109953 ~ 109953
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matdes.2021.109953	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 石川 法人、田口 富嗣、大久保 成彰	4. 巻 18
2. 論文標題 高速重イオン照射したセラミックスにおける照射損傷メカニズム	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 原子衝突学会誌しょうとつ	6. 最初と最後の頁 43 ~ 55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.50847/collision.18.3_43	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 Taguchi Tomitsugu, Yamamoto Shunya, Ohba Hironori	4. 巻 551
2. 論文標題 Synthesis and formation mechanism of novel double-thick-walled silicon carbide nanotubes from multiwalled carbon nanotubes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 149421 ~ 149421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2021.149421	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 Ishikawa Norito, Taguchi Tomitsugu, Ogawa Hiroaki	4. 巻 4
2. 論文標題 Comprehensive Understanding of Hillocks and Ion Tracks in Ceramics Irradiated with Swift Heavy Ions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Quantum Beam Science	6. 最初と最後の頁 43 ~ 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/qubs4040043	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 Tamura Koji, Ohba Hironori, Saeki Morihisa, Taguchi Tomitsugu, Lim Hwan Hong, Taira Takunori, Wakaida Ikuo	4. 巻 57
2. 論文標題 Development of a laser-induced breakdown spectroscopy system using a ceramic micro-laser for fiber-optic remote analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear Science and Technology	6. 最初と最後の頁 1189 ~ 1198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00223131.2020.1776648	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 Yoshimoto Masahiro, Nakanoya Takamitsu, Yamazaki Yoshio, Saha Pranab, Kinsho Michikazu, Yamamoto Shunya, Okazaki Hiroyuki, Taguchi Tomitsugu, Yamada Naoto, Yamagata Ryohei	4. 巻 33
2. 論文標題 Analysis of J-HBC Stripper Foil for the J-PARC RCS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 011019 ~ 011019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.33.011019	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 Taguchi Tomitsugu, Yamamoto Shunya, Ohba Hironori	4. 巻 173
2. 論文標題 Synthesis of novel hybrid carbon nanomaterials inside silicon carbide nanotubes by ion irradiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 153 ~ 162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2019.05.007	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 Saeki Morihisa, Matsumura Daiju, Yomogida Takumi, Taguchi Tomitsugu, Tsuji Takuya, Saitoh Hiroyuki, Ohba Hironori	4. 巻 123
2. 論文標題 In Situ Time-Resolved XAFS Studies on Laser-Induced Particle Formation of Palladium Metal in an Aqueous/EtOH Solution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 817 ~ 824
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b09532	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 Nakanishi Ryuzo, Saeki Morihisa, Taguchi Tomitsugu, Ohba Hironori	4. 巻 383
2. 論文標題 Photoinduced gold recovery mediated by isopolymolybdate in strongly acidic HCl/NaCl solutions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry	6. 最初と最後の頁 111994 ~ 111994
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2019.111994	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 Ishikawa N., Taguchi T., Kitamura A., Szenes G., Toimil-Molares M. E., Trautmann C.	4. 巻 127
2. 論文標題 TEM analysis of ion tracks and hillocks produced by swift heavy ions of different velocities in Y3Fe5O12	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 055902 ~ 055902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5128973	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 Yamamoto Shunya, Koshikawa Hiroshi, Taguchi Tomitsugu, Yamaki Tetsuya	4. 巻 4
2. 論文標題 Precipitation of Pt Nanoparticles inside Ion-Track-Etched Capillaries	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Quantum Beam Science	6. 最初と最後の頁 8~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/qubs4010008	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 -

[学会発表] 計16件(うち招待講演 0件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Taguchi Tomitsugu, Yamamoto Shunya, Ohba hironori
2. 発表標題 Synthesis of Polycrystalline and Amorphous Double-Thick-Walled Silicon Carbide Nanotubes
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yamamoto Shunya, Koshikawa Hiroshi, Taguchi Tomitsugu, Idesaki Akira, Okazaki Hiroyuki, Yamaki Tetsuya
2. 発表標題 Formation of Metal Nanoparticles inside Ion-Track-Etched Polyimide Capillaries
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taguchi Tomitsugu, Yamamoto Shunya, Ohba hironori
2. 発表標題 Ion Irradiation Induced Synthesis of Novel Amorphous Double-Thick-Walled Silicon Carbide Nanotubes
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS9) (国際学会)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 田口富嗣、山本春也、大場弘則
2. 発表標題 イオン照射によるアモルファス二層厚壁SiCナノチューブの合成とその形状変化
3. 学会等名 日本顕微鏡学会 第77回学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本春也、齋藤寛之、田口富嗣、内海伶那、綿貫徹、八巻徹也
2. 発表標題 スパッタリング法により成膜したAl-Fe薄膜中の水素
3. 学会等名 日本金属学会 2021年秋期(第169回)講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田口富嗣、大場弘則
2. 発表標題 二層厚壁SiCナノチューブの合成
3. 学会等名 日本顕微鏡学会 第76回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本春也、越川博、田口富嗣、出崎亮、岡崎宏之、八巻徹也
2. 発表標題 Synthesis of Precious Metal Nanoparticles inside Ion-Track-Etched Capillaries Formed in Polyimide Films
3. 学会等名 第30回日本MRS年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Okazaki Hiroyuki, Yamamoto Shunya, Koshikawa Hiroshi, Taguchi Tomitsugu, Idesaki Akira, Yamaki Tetsuya
2. 発表標題 The suppression of oxidative corrosion of carbon by structural change due to ion irradiation
3. 学会等名 第30回日本MRS年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taguchi Tomitsugu, Yamamoto Shunya, Oba Hironori
2. 発表標題 Synthesis of new structured hybrid carbon nanomaterials by ion irradiation of C-SiC coaxial nanotubes
3. 学会等名 第29回 日本MRS年次大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田口 富嗣, 山本 春也, 大場 弘則
2. 発表標題 C-SiCナノチューブのイオン照射による新奇ハイブリッドカーボンナノ材料の創製
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第75回学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Oba Hironori, Tamura Koji, Saeki Morihisa, Taguchi Tomitsugu, Hong Lim Hwan, Taira Takunori, Tagawa Akihiro, Wakaida Ikuo
2. 発表標題 Characterization of fiber-optic LIBS analysis using Nd:YAG ceramic micro-laser
3. 学会等名 The 3rd Asian Symposium on Laser Induced Breakdown Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tamura Koji, Oba Hironori, Saeki Morihisa, Taguchi Tomitsugu, Hwan Hong Lim, Taira Takunori, Tagawa Akihiro, Wakaida Ikuo
2. 発表標題 Radiation Dose Rate Effects of Microchip-Laser Induced Breakdown Spectroscopy for Remote Analysis of Severe Accident Reactor
3. 学会等名 The 3rd Asian Symposium on Laser Induced Breakdown Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐伯 盛久, 松村 大樹, 蓬田 匠, 田口 富嗣, 辻 卓也, 齋藤 寛之, 中西 隆造, 大場 弘則
2. 発表標題 白金族元素イオン溶液におけるレーザー微粒子化反応のその場・時間分解XAFS研究
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐伯 盛久, 蓬田 匠, 松村 大樹, 中西 隆造, 田口 富嗣, 辻 卓也, 齋藤 寛之, 大場 弘則
2. 発表標題 ナノ秒パルス紫外レーザー照射時のPd溶液における光誘起微粒子化の 時間分解XAFS研究
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐伯 盛久, 松村 大樹, 蓬田 匠, 田口 富嗣, 辻 卓也, 齋藤 寛之, 中西 隆造, 大場 弘則
2. 発表標題 レーザー誘起パラジウム微粒子化反応のDXAFS研究
3. 学会等名 XAFS・X線顕微鏡分光分析分野でのIMSS, PF戦略的利用に関する研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田口富嗣、山本春也
2. 発表標題 SiCナノチューブのアモルファス化照射量に及ぼす外径の影響
3. 学会等名 日本顕微鏡学会 第78回学術講演会
4. 発表年 2022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
研究分担者	山本 春也  (Yamamoto Shunya)  (70354941)	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・上席研究員   (82502)	
研究分担者	佐伯 盛久  (Saeki Morihisa)  (30370399)	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 東海量子ビーム応用研究センター・上席研究員   (82502)	

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
---------	---------