

令和 2 年 5 月 7 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03828

研究課題名(和文)全無機水分散性コア/シェル構造シリコン量子ドットのバイオフォトンクス応用展開

研究課題名(英文)All inorganic core/shell silicon quantum dots: toward the biophotonics applications

研究代表者

藤井 稔(Fujii, Minoru)

神戸大学・工学研究科・教授

研究者番号：00273798

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,700,000円

研究成果の概要(和文)：シリコン量子ドットは、高い生体親和性と生分解性を有しており、従来の重金属原子を主成分とした量子ドットに取って代わるバイオフォトンクス分野の新ナノ蛍光材料として期待されている。本研究は、シリコン量子ドットのバイオフォトンクス応用に不可欠な基盤技術を構築することを目的として行った。研究代表者らが開発した水分散性シリコン量子ドットに対して、構造の最適化、サイズ分布の低減、表面修飾技術の開発、抗体と結合する技術の開発、蛍光バイオイメージングの実証と細胞毒性の検証等を行い、当初目標を達成した。さらに、バイオセンサの高感度化のための実用的なプラズモニック基板の開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したシリコン量子ドットをバイオフォトンクス分野で応用するために必要な様々な技術は、物性解明が主体であった従来のシリコン量子ドット研究を、応用を見据えたより広いステージに展開するための基盤になると考えている。さらに、量子ドットへの不純物ドーピングが電子物性や光物性のみならず化学的性質を大きく変え、それが機能性ナノ材料創成につながることを実証したことは、不純物ドーピングによる量子ドットの物性制御という新研究領域を切り開くことにつながると考えている。

研究成果の概要(英文)：Silicon quantum dots are known to have high biocompatibility and biodegradability, and are expected as new nanofluorescent materials that replace conventional heavy metal-based quantum dots in the biophotonics field. The purpose of this study was to establish the fundamental technology that is essential for the application of silicon quantum dots to biophotonics. For water-dispersible silicon quantum dots developed by our group, optimization of the structure, reduction of the size distribution, development of surface modification technology, and development of the technology to bind antibody were performed. Furthermore, fluorescent bioimaging by using the silicon quantum dots was demonstrated and the cytotoxicity was examined. Development of a plasmonic substrate for the enhancement of the sensitivity of fluorescent biosensors was performed and a high performance plasmonic substrate was realized.

研究分野：材料科学

キーワード：量子ドット シリコン バイオフォトンクス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

半導体量子ドットは、生体内蛍光材料として、従来の材料(有機色素、蛍光タンパク質)に比べて高い耐光性、狭い発光線幅、広い励起(吸収)バンド幅、広い発光波長制御範囲、高い表面機能化の自由度などの魅力的な特性を有しており、発展が著しいバイオフォトンクス分野の中心材料の一つである。特に、量子ドットを用いたバイオリング、細胞イメージング、医療診断、バイオセンサなどの生体可視化計測技術と標的治療の高度化は、医療に革新をもたらすものとして期待されている。しかしながら、実用化されている量子ドットの大部分がカドミウム(Cd)カルコゲナイド(CdSe, CdTe等)であり、有害重金属元素のCdを主成分としているため、その使用は研究室における細胞や動物レベルの実験に留まっている。

代表的な半導体であるシリコン(Si)は、地殻構成元素の約25%を占める高環境親和性材料である。また、Si量子ドットは、高い生体親和性と生分解性を有しており、量子ドットバイオフォトンクス技術の爆発的普及をもたらす有望な材料として期待されてきた。しかしながら、現実には20年以上にわたる研究にも関わらず、顕著な進歩が見られていないのが現状である。

## 2. 研究の目的

本研究は、従来のSi量子ドットの課題を克服する新しいタイプのSi量子ドット材料の開発と、そのバイオ応用のための基盤技術の構築を目的とする。研究代表者は、塗布型電子デバイス材料としてSi量子ドットを開発する過程で、バイオフォトンクス分野で非常に高いポテンシャルを持つと期待できる新しいタイプのSi量子ドットを発見した。この量子ドットは、ホウ素(B)とリン(P)が固溶限界以上の超高濃度でドーピングされたSiシェルを有しており、以下の特徴を有する。以下、この新しいタイプのSi量子ドットを、「B,P同時ドーブコア/シェル構造Si量子ドット」と呼ぶ。

- 1) 生体に無害な元素(Si, B, P)のみで構成されている。
- 2) 負の表面電位により広いpH範囲で水分散性を示し、凝集による光散乱が全くないクリアな溶液が得られる。これは、バイオ応用において非常に大きいアドバンテージである。尚、従来の量子ドットは難水分散性であり、分子修飾による水分散性付与が不可欠である。
- 3) 生体の光学的窓をカバーする広範囲の発光波長制御が可能である(直径1nm-9.5nm, 発光エネルギー1.85eV(670nm)-0.85eV(1460nm))。
- 4) コア内への励起子の閉じ込めにより発光特性が表面状態に鈍感であり、表面修飾の自由度が高い。また、酸や酸化環境下において安定であり、取扱いに特殊な環境が必要ない。有機分子近赤外発光色素に見られるような光照射による発光の劣化はほとんど見られない。
- 5) 表面に酸素もしくは水素で終端されたSi原子を有するため、よく知られた反応を用いて任意の生体相互作用機能を付加できる可能性が高い。

## 3. 研究の方法

上述の様に、B,P同時ドーブコア/シェル構造Si量子ドットは、極めて汎用性の高い新ナノバイオフォトンクス材料である。本研究では、本材料のバイオ応用のための汎用的基盤技術の構築を目的に以下の研究を実施する。

- 1) 発光特性を犠牲にすることなく、量子ドット表面を様々な官能基(アミノ基、カルボキシル基、エポキシ基等)で修飾するプロセスを開発する。さらに、それらの反応活性種を用いて生体分子(タンパク質、抗体等)を結合する。これにより、量子ドットの固定や多様な量子ドット2次構造を形成する技術を開発する。
- 2) プラズモニクスとの融合により、発光励起効率と発光量子効率の向上、及び発光の狭線幅化を達成する。具体的には、金属ナノ構造基板上への量子ドットの固定技術、金属ナノ粒子と量子ドットの複合ナノ構造形成技術を開発する。
- 3) 開発した要素技術を融合することによりSi量子ドット蛍光検出型バイオセンサ(ウイルスセンサ)を実現する。これにより、本材料の有用性を機能面から実証する。
- 4) Si量子ドット蛍光体を用いた蛍光バイオイメージング研究を実施し、イメージング応用における有用性を実証する。

## 4. 研究成果

### 4.1 B,P同時ドーブコア/シェル構造Si量子ドットの構造評価、成長機構解明、サイズ分布低減

本プロジェクトの目的を達成するためには、B,P同時ドーブSi量子ドットの構造を完全に明らかにする必要がある。従来から用いられているアモルファスカーボン薄膜を支持膜として用いた透過型電子顕微鏡観察ではアモルファス層が観察できないため、酸化グラフェン支持膜を用いてSi量子ドットの低ノイズ透過型電子顕微鏡観察を行った。その結果、B,P同時ドーブSi量子ドットは結晶Siコアとアモルファスシェルからなるコア-シェル構造であることを示した(図1)。また、アモルファスシェルがB, Si, Pにより構

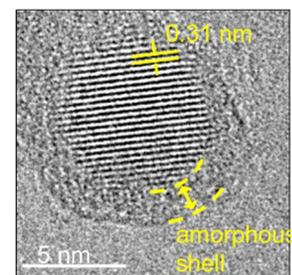


図1 B,P同時ドーブSi量子ドットの透過型電子顕微鏡像。【1】

成されており、シェルの厚さをドーピング濃度により制御できることを明らかにした。

シドニー大学のグループと共同で、Atom Probe Tomography (APT) による Si 量子ドットの評価を行った。その結果 B と P の 3 次元分布を原子レベルの分解能で示すことに成功し、B が再表面に、リンがその内側に偏析することを明らかにした(図 2)。

B, P 同時ドーピング Si 量子ドットは、熱処理によりボロンリンガラス中に Si 量子ドットを成長させる方法で作製する。成長初期の試料をラマン散乱と透過型電子顕微鏡により詳細に調べることにより、固体中における Si 量子ドット成長とシェル形成の過程を解明した。熱処理中に Si 結晶が固溶限界をこえる過剰な不純物を吐き出すことにより B, Si, P からなるアモルファスシェルが形成されることが明らかになった。

これまでに開発された赤色から近赤外領域に発光を示す Si 量子ドットの形成方法では、作製直後には必ずサイズ分布が存在する。Si 量子ドットを高精度にサイズ選別する技術を開発し、サイズ分布が非常に小さい Si 量子ドットの溶液を作製することに成功した。

#### 4.2 エネルギー準位構造評価、発光特性評価

ヘブライ大学(イスラエル)のグループと共同で、Scanning Tunneling Spectroscopy (STS) により、単一の Si 量子ドットの状態密度スペクトルを測定することに成功した。これにより、ドナー準位、アクセプター準位、伝導帯端、価電子帯端、フェルミ準位のサイズ依存性を明らかにした(図 3)。

サイズ選別技術によりサイズ分布を可能な限り小さくした Si 量子ドットの溶液について(図 4 (a)): 透過型

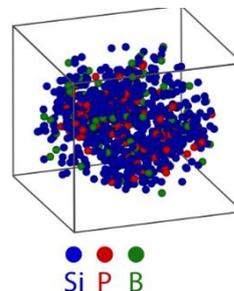


図 2 B, P 同時ドーピング Si 量子ドットの APT 像。B, Si, P の分布をカラーで示している。[2]

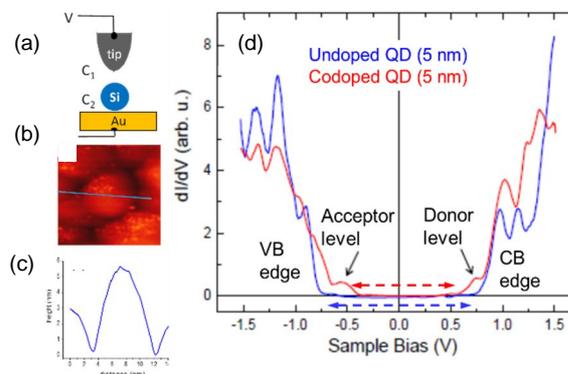


図 3 STS による B, P 同時ドーピング Si 量子ドットの評価。(a) STS 測定系の模式図, (b) STM 像, (c) 高さプロファイル, (d) 同時ドーピング Si 量子ドットと、ドーピングしない Si 量子ドットの状態密度スペクトル。[3]

電子顕微鏡像), 発光スペクトルとサイズ及びドーピング濃度の関係を明らかにした(図 4(b))。また、発光量子効率とドーピング濃度の関係を詳細に調べ、生体の第一窓の波長領域で約 30%, 第二窓の波長領域で約 1% の発光量子効率を実現した。

#### 4.3 分子吸着(化学ドーピング)による発光特性制御

Si 量子ドットと吸着分子間の電荷移動による Si 量子ドットの発光特性の制御を実現した。特に、分子吸着により Si 量子ドットの電子トラップを不活性化し、発光量子効率を向上させることに成功した。また、溶媒に還元剤を添加し正孔を除去することにより、発光強度が大きく増加することを見出した。

#### 4.4 B, P 同時ドーピングコア/シェル構造 Si 量子ドットの表面修飾

Si 量子ドット表面の Si-H 結合及び Si-O 結合を用いて Si 量子ドットに様々な官能基や生体分子を結合するプロセスの開発を行った。また、表面修飾した Si 量子ドットの発光特性を詳細に調べ、発光特性と表面修飾プロセスの関係を明らかにした。それにより、発光特性および溶液分散性を損なうことなく表面修飾を行うプロセスを開発した。さらに、Si 量子ドット表面に一本鎖 DNA を結合する技術を開発し、相補的な一本鎖 DNA で修飾した金ナノ粒子と結合させることにより、

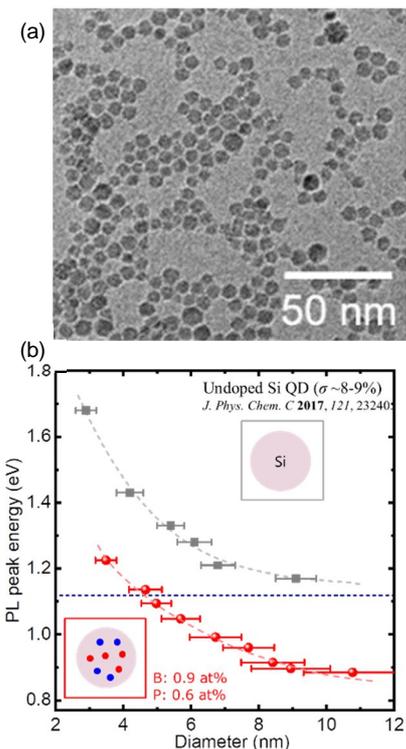


図 4 (a) サイズ選別した Si 量子ドットの透過型電子顕微鏡像, (b) B, P 同時ドーピング Si 量子ドットの発光エネルギーとサイズの関係。[4]

Si 量子ドットと金ナノ粒子からなる複合ナノ粒子を形成することに成功した。また、複合ナノ粒子形成による発光増強を実証した。

#### 4.5 蛍光バイオイメージングの実証と細胞毒性の検証

カレル大学（チェコ）のグループとの共同研究により、骨芽細胞を用いて Si 量子ドットを蛍光体とする蛍光バイオイメージングの実証を行った。また、数種類の細胞について細胞毒性の検証を行った。

Si 量子ドットは、蛍光寿命が非常に長いため（数十  $\mu$  秒）、Time-gated imaging 法により、生体の自家発光と蛍光体の発光を高コントラストで分離することが可能である。B,P 同時ドーピングシリコン量子ドットを用いて、生体の第二窓の波長領域で、Time-gated imaging を行い、高コントラストイメージングが可能であることを実証した(図5)。

#### 4.6 表面プラズモン共鳴による発光増強

蛍光検出型バイオセンサの高感度化を実現する上で、基板から一定の距離に存在する蛍光体の発光のみを増強する技術の開発が非常に重要である。その実現のために、金の凹凸構造(プラズモニック基板)の開発を行った。その結果、量産可能な手法で、従来のプラズモニック基板に比べて非常にシャープな共鳴を有する構造の開発に成功した(図6)。さらに、金属薄膜と金属ナノ粒子の間に Si 量子ドットを挟み込む等、様々な金属ナノ構造において発光増強とスペクトルの狭帯域化を実現した。

#### 4.7 IgG 抗体と Si 量子ドットの結合

これまでに開発してきた Si 量子ドットの表面修飾技術等を融合し、IgG 抗体に Si 量子ドットを結合する技術の開発を行った。その結果、Si 量子ドットの近赤外発光特性を損なうことなく(図7左図)、また IgG 抗体の結合活性を損なうことなく複合体を形成する事に成功した。これは、Si 量子ドットを蛍光体とする蛍光検出型バイオセンサを開発する上で、最も重要なステップである。

#### 4.8 まとめ

以上のように、本プロジェクトの当初目標は概ね達成することができた。さらに、本プロジェクトから派生した研究においても多くの成果を挙げることができた。主なものを列挙すると、i) 金属イオンを介して Si 量子ドット間を結合する技術を開発した。これにより、Si 量子ドット間の電荷移動を容易にし、量子ドット薄膜の電気伝導度を向上することに成功した。ii) Si 量子ドットの水素生成光触媒としての機能を詳細に研究した。その結果、量子サイズ効果による伝導体端の上昇が、光触媒活性を向上させることが明らかになった。iii) 本プロジェクトで開発した Si 量子ドットの形成技術をさらに発展させ、リン化ホウ素量子ドット及び B, Si, P からなる新しい3元化合物量子ドットの開発を行った。実験と理論計算により、これらの量子ドットの構造とエネルギー準位構造を初めて明らかにした。また、これらの材料が光触媒として有望であることを示した。iv) 量子ドットよりも一桁以上サイズの大きい、直径 100nm 程度の Si 球の開発を行った。このようなサイズの Si 球は可視領域に強い Mie 共鳴を示すことから光ナノアンテナの構成要素として期待されている。

#### <引用文献>

- (1) Minoru Fujii, Hiroshi Sugimoto, and Shinya Kano, "Silicon Quantum Dot with heavily Boron and Phosphorus Codoped Shell",

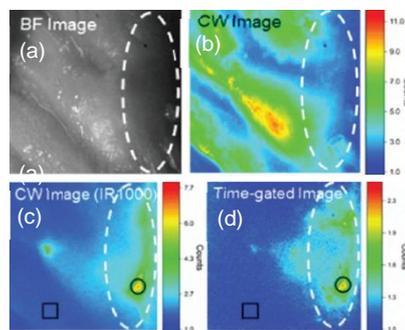


図5 B,P同時ドーピングSi量子ドットを用いた蛍光イメージング。(a)明視野像、(b)蛍光イメージ、(c)蛍光イメージ(1000nm long pass filter 挿入)、(d) Time-gated imaging. [5]

プラズモニック基板に比べて非常にシャープな共鳴を有する構造の開発に成功した(図6)。さらに、金属薄膜と金属ナノ粒子の間に Si 量子ドットを挟み込む等、様々な金属ナノ構造において発光増強とスペクトルの狭帯域化を実現した。

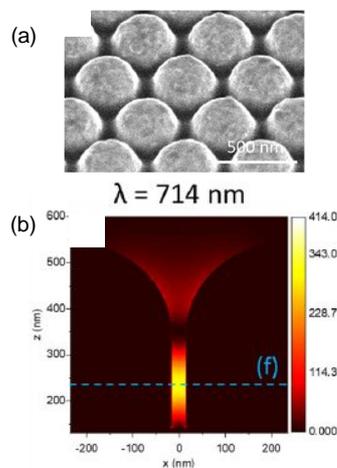


図6 (a) プラズモニック基板の電子顕微鏡像、(b)断面の電場分布。[6]

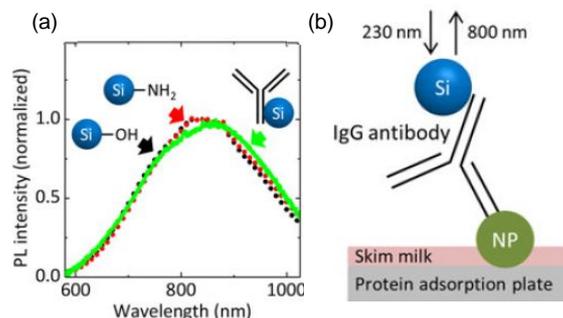


図7 (a) IgG 抗体と結合したシリコン量子ドットの発光スペクトル。(b)シリコン量子ドットを用いた蛍光免疫アッセイの検証実験の模式図。[7]

- Chemical Communications, Vol. 54, Issue 35, pp. 4375-4389 (2018).
- (2) Keita Nomoto, Hiroshi Sugimoto, Xiang-Yuan Chi, Anna V. Ceguerra, Minoru Fujii, and Simon P. Ringer, "Distribution of Boron and Phosphorus and Roles of Co-Doping in Colloidal Silicon Nanocrystals", *Acta Materialia*, Vol. 178, pp.186-193 (2019).
  - (3) Or Ashkenazi, Doron Azulay, Isaac Balberg, Shinya Kano, Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii, and Oded Millo, "Size-Dependent Donor and Acceptor States in Codoped Si Nanocrystals Studied by Scanning Tunneling Spectroscopy", *Nanoscale*, Vol. 9, pp. 17884-17892 (2017).
  - (4) Hiroshi Sugimoto, Masataka Yamamura, Riku Fujii, and Minoru Fujii, "Donor-Acceptor Pair Recombination in Size-Purified Silicon Quantum Dots", *Nano Letters*, Vol. 18, Issue 11, pp. 7282-7288 (2018).
  - (5) Makoto Sakiyama, Hiroshi Sugimoto, and Minoru Fujii, "Long-Lived Luminescence of Colloidal Silicon Quantum Dots for Time-Gated Fluorescence Imaging in the Second Near Infrared Window in Biological Tissue", *Nanoscale*, Vol. 10, Issue 29, pp. 13902-13907 (2018).
  - (6) Hiroto Yanagawa, Tatsuki Hinamoto, Takashi Kanno, Hiroshi Sugimoto, Masahiko Shioi, and Minoru Fujii, "Gold Nanopillar Array with Sharp Surface Plasmon Resonances and the Application in Immunoassay", *Journal of Applied Physics*, Vol. 126, pp. 223104 (2019).
  - (7) Hiroto Yanagawa, Asuka Inoue, Hiroshi Sugimoto, Masahiko Shioi, and Minoru Fujii, "Antibody-Conjugated Near-Infrared Luminescent Silicon Quantum Dots for Biosensing", *MRS Communications*, Vol. 9, Issue 3, pp. 1079-1086 (2019).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計39件（うち査読付論文 39件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ohata Yuki, Sugimoto Hiroshi, Fujii Minoru	4. 巻 10
2. 論文標題 Assembling silicon quantum dots into wires, networks and rods via metal ion bridges	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 7597 ~ 7604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8NR00631H	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 Sugimoto Hiroshi, Yamamura Masataka, Sakiyama Makoto, Fujii Minoru	4. 巻 10
2. 論文標題 Visualizing a core-shell structure of heavily doped silicon quantum dots by electron microscopy using an atomically thin support film	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 7357 ~ 7362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7NR09474D	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 Sugimoto Hiroshi, Fujii Minoru	4. 巻 5
2. 論文標題 Broadband Dielectric/Metal Hybrid Nanoantenna: Silicon Nanoparticle on a Mirror	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 1986 ~ 1993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsp Photonics.7b01461	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 Fujii Minoru, Sugimoto Hiroshi, Kano Shinya	4. 巻 54
2. 論文標題 Silicon quantum dots with heavily boron and phosphorus codoped shell	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4375 ~ 4389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CC01612G	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 Kano Shinya, Tada Yasuhiro, Matsuda Satoshi, Fujii Minoru	4. 巻 10
2. 論文標題 Solution Processing of Hydrogen-Terminated Silicon Nanocrystal for Flexible Electronic Device	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 20672 ~ 20678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.8b04072	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 Sugimoto Hiroshi, Yashima Shiho, Fujii Minoru	4. 巻 5
2. 論文標題 Hybridized Plasmonic Gap Mode of Gold Nanorod on Mirror Nanoantenna for Spectrally Tailored Fluorescence Enhancement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 3421 ~ 3427
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsp Photonics.8b00693	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 Sakiyama Makoto, Sugimoto Hiroshi, Fujii Minoru	4. 巻 10
2. 論文標題 Long-lived luminescence of colloidal silicon quantum dots for time-gated fluorescence imaging in the second near infrared window in biological tissue	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 13902 ~ 13907
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8NR03571G	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 Kawauchi Takeshi, Kano Shinya, Fujii Minoru	4. 巻 124
2. 論文標題 Forming-free resistive switching in solution-processed silicon nanocrystal thin film	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 085113 ~ 085113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5032244	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 Kano Shinya, Fujii Minoru	4. 巻 6
2. 論文標題 All-Painting Process To Produce Respiration Sensor Using Humidity-Sensitive Nanoparticle Film and Graphite Trace	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 12217 ~ 12223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.8b02550	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 Minami Akiko, Sugimoto Hiroshi, Crowe Iain F., Fujii Minoru	4. 巻 122
2. 論文標題 Growth of Core/Shell Silicon Quantum Dots in Borophosphosilicate Glass Matrix: Raman and Transmission Electron Microscopic Studies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 21069 ~ 21075
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b07316	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 Limpens Rens, Sugimoto Hiroshi, Neale Nathan R., Fujii Minoru	4. 巻 5
2. 論文標題 Critical Size for Carrier Delocalization in Doped Silicon Nanocrystals: A Study by Ultrafast Spectroscopy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 4037 ~ 4045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsp Photonics.8b00671	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 Sugimoto Hiroshi, Yamamura Masataka, Fujii Riku, Fujii Minoru	4. 巻 18
2. 論文標題 Donor/Acceptor Pair Recombination in Size-Purified Silicon Quantum Dots	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 7282 ~ 7288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.8b03489	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 Inoue Kosuke, Kojima Takuya, Sugimoto Hiroshi, Fujii Minoru	4. 巻 123
2. 論文標題 Charge Transfer-Induced Photobrightening of Silicon Quantum Dots in Water Containing a Molecular Reductant	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 1512 ~ 1518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b11359	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 Belinova Tereza, Vrabцова Lucie, Machova Iva, Fucikova Anna, Valenta Jan, Sugimoto Hiroshi, Fujii Minoru, Hubalek Kalbacova Marie	4. 巻 255
2. 論文標題 Silicon Quantum Dots and Their Impact on Different Human Cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 physica status solidi (b)	6. 最初と最後の頁 1700597 ~ 1700597
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.201700597	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 Sugimoto Hiroshi, Hori Yusuke, Imura Yusuke, Fujii Minoru	4. 巻 121
2. 論文標題 Charge-Transfer-Induced Photoluminescence Enhancement in Colloidal Silicon Quantum Dots	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 11962 ~ 11967
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.7b03451	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 Inoue Asuka, Sugimoto Hiroshi, Fujii Minoru	4. 巻 121
2. 論文標題 Photoluminescence Enhancement of Silicon Quantum Dot Monolayer by Double Resonance Plasmonic Substrate	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 11609 ~ 11615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.7b00717	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 Sugimoto Hiroshi、Ozaki Yusuke、Fujii Minoru	4. 巻 9
2. 論文標題 Silicon Quantum Dots in Dielectric Scattering Media: Broadband Enhancement of Effective Absorption Cross Section by Light Trapping	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 19135 ~ 19142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.7b04292	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 Sugimoto Hiroshi、Fujii Minoru	4. 巻 5
2. 論文標題 Colloidal Dispersion of Subquarter Micrometer Silicon Spheres for Low-Loss Antenna in Visible Regime	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Advanced Optical Materials	6. 最初と最後の頁 1700332 ~ 1700332
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adom.201700332	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 Kano Shinya、Kim Kwangsoo、Fujii Minoru	4. 巻 2
2. 論文標題 Fast-Response and Flexible Nanocrystal-Based Humidity Sensor for Monitoring Human Respiration and Water Evaporation on Skin	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Sensors	6. 最初と最後の頁 828 ~ 833
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssensors.7b00199	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 Mazurak A.、Mroczynski R.、Jasinski J.、Tanous D.、Majkusiak B.、Kano S.、Sugimoto H.、Fujii M.、Valenta J.	4. 巻 178
2. 論文標題 Technology and characterization of MIS structures with co-doped silicon nanocrystals (Si-NCs) embedded in hafnium oxide (HfO <sub>2</sub> ) ultra-thin layers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Microelectronic Engineering	6. 最初と最後の頁 298 ~ 303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mee.2017.05.050	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 Or Ashkenazi, Doron Azulay, Isaac Balberg, Shinya Kano, Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii and Oded Millo	4. 巻 17884-17892
2. 論文標題 Size-dependent donor and acceptor states in codoped Si nanocrystals studied by scanning tunneling spectroscopy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nanoscle	6. 最初と最後の頁 17884-17892
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7NR06257E	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 Yanagawa Hiroto, Inoue Asuka, Sugimoto Hiroshi, Shioi Masahiko, Fujii Minoru	4. 巻 122
2. 論文標題 Photoluminescence enhancement of silicon quantum dot monolayer by plasmonic substrate fabricated by nano-imprint lithography	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 223101 ~ 223101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5001106	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 Shinya Kano, Yuya Dobashi, and Minoru Fujii	4. 巻 2
2. 論文標題 Silica Nanoparticle-Based Portable Respiration Sensor for Analysis of Respiration Rate, Pattern, and Phase During Exercise	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Letters	6. 最初と最後の頁 2000104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LSENS.2017.2787099	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 Kojima Takuya, Sugimoto Hiroshi, Fujii Minoru	4. 巻 122
2. 論文標題 Size-Dependent Photocatalytic Activity of Colloidal Silicon Quantum Dot	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 1874 ~ 1880
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.7b10967	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 Hiroshi Sugimoto, Kenji Imakita, and Minoru Fujii	4. 巻 8
2. 論文標題 Silicon Nanocrystal-Noble Metal Hybrid Nanoparticles	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 10956-10962
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6NR01747A	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 Minoru Fujii, Hiroshi Sugimoto, and Kenji Imakita	4. 巻 27
2. 論文標題 All-Inorganic Colloidal Silicon Nanocrystals-Surface Modification by Boron and Phosphorus Co-Doping	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/0957-4484/27/26/262001	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 Shinya Kano, Masato Sasaki, and Minoru Fujii	4. 巻 119
2. 論文標題 Combined Analysis of Energy Band Diagram and Equivalent Circuit on Nanocrystal Solid	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4953216	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 Hiroshi Sugimoto, Shiho Yashima, Kenta Furuta, Asuka Inoue, and Minoru Fujii	4. 巻 108
2. 論文標題 Probing Purcell Enhancement in Plasmonic Nanoantennas by Broadband Luminescent Si Quantum Dots	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4953829	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 Lucie Ostrovska, Antonin Broz, Anna Fucikova, Tereza Belinova, Hiroshi Sugimoto, Takashi Kanno, Minoru Fujii, Jan Valenta, and Marie Hubalek Kalbacova	4. 巻 6
2. 論文標題 The Impact of Doped Silicon Quantum Dots on Human Osteoblasts	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 63403-63413
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6ra14430f	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 Asuka Inoue, Hiroshi Sugimoto, Hidenobu Yaku, and Minoru Fujii	4. 巻 6
2. 論文標題 DNA Assembly of Silicon Quantum Dots / Gold Nanoparticle Nanocomposites	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 63933-63939
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6ra13565j	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 Keita Nomoto, Hiroshi Sugimoto, Andrew Breen, Anna Ceguerra, Takashi Kanno, Simon Ringer, Ivan Wurfl, Gavin Conibeer, and Minoru Fujii	4. 巻 120
2. 論文標題 Atom Probe Tomography Analysis of Boron and/or Phosphorus Distribution in Doped Silicon Nanocrystals	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 17845-17852
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.6b06197	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 Takashi Kanno, Hiroshi Sugimoto, Anna Fucikova, Jan Valenta, and Minoru Fujii	4. 巻 120
2. 論文標題 Single-Dot Spectroscopy of Boron and Phosphorus Codoped Silicon Quantum dots	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4965986	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 Hiroshi Sugimoto, Kenta Furuta, and Minoru Fujii	4. 巻 120
2. 論文標題 Controlling Energy Transfer in Silicon Quantum Dot Assemblies Made from All-Inorganic Colloidal Silicon Quantum Dots	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 24469-24475
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.6b08423	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 Takashi Kanno, Shinya Kano, Hiroshi Sugimoto, Yasuhiro Tada, and Minoru Fujii	4. 巻 6
2. 論文標題 Water-Dispersible Near-Infrared Luminescent Silicon Nanocrystals -Immobilization on Substrate	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 MRS Communications	6. 最初と最後の頁 429-436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/mrc.2016.51	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 Yasuhiro Higashikawa, Yasuo Azuma, Yutaka Majima, Shinya Kano, and Minoru Fujii	4. 巻 109
2. 論文標題 Integration of Colloidal Silicon Nanocrystals on Metal Electrodes in Single-Electron Transistor	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4968583	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 Shiho Yashima, Hiroshi Sugimoto, Hiroyuki Takashina, and Minoru Fujii	4. 巻 120
2. 論文標題 Fluorescence Enhancement and Spectral Shaping of Silicon Quantum Dot Mono-Layer by Plasmonic Gap Resonances	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 28795-28801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.6b09124	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 Shinya Kano and Minoru Fujii	4. 巻 28
2. 論文標題 Conversion efficiency of an energy harvester based on resonant tunneling through quantum dots with heat leakage	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6528/aa5939	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 Keita Nomoto, Sebastian Gutsch, Anna Ceguerra, Andrew Breen, Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii, Ivan Perez-Wurfl, Simon Ringer, Gavin Conibeer	4. 巻 6
2. 論文標題 Atom Probe Tomography of Phosphorus- and Boron-Doped Silicon Nanocrystals of Various Composition of Silicon Rich Oxide	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 MRS Communications	6. 最初と最後の頁 283-288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/mrc.2016.37	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 Xuan Chung Nguyen, Rens Limpens, Arnon Lesage, Minoru Fujii, Tom Gregorkiewicz	4. 巻 213
2. 論文標題 Optical generation of electron-hole pairs in phosphor and boron co-doped Si nanocrystals in SiO <sub>2</sub>	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physica Status Solidi A	6. 最初と最後の頁 2863-2866
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssa.201600381	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39件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 27件)

1. 発表者名 Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii
2. 発表標題 Donor and Acceptor Codoping in Silicon Quantum Dots for Efficient and Tunable Near IR Emission
3. 学会等名 2018 MRS Spring Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii
2. 発表標題 Colloidal Silicon Nanoantenna for Low-Loss Dielectric Nanophotonics Platform
3. 学会等名 2018 MRS Spring Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroshi Sugimoto, Makoto Sakiyama, Minoru Fuji
2. 発表標題 Visualizing core-shell structure of heavily doped silicon quantum dots by electron microscope using atomically thin support film
3. 学会等名 19th International Microscopy Congress (IMC19) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤井 陸、山村 昌敬、杉本 泰、藤井 稔
2. 発表標題 単分散シリコン量子ドットの開発と発光特性
3. 学会等名 2018年 第79回応用物理学会春秋季術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上 晃輔、小島 拓也、杉本 泰、藤井 稔
2. 発表標題 水分散性シリコン量子ドットの光誘起電荷移動
3. 学会等名 2018年 第79回応用物理学会春秋季術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村 俊之、杉本 泰、藤井 稔
2. 発表標題 可視応答型光触媒を指向したBoron Phosphideナノ結晶の開発(1)
3. 学会等名 2018年 第79回応用物理学会春秋季術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 居村 祐介 杉本 泰 藤井 稔
2. 発表標題 金属イオンによるシリコン量子ドット薄膜の量子ドット間架橋
3. 学会等名 2018年 第79回応用物理学会春秋季術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上 飛鳥、杉本 泰、Byungji Kim、Michael J. Sailor、藤井 稔
2. 発表標題 シリコンナノ結晶シェルを有する高安定性銀ナノ粒子の抗菌作用に関する 研究
3. 学会等名 2018年 第79回応用物理学会春秋季術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上 飛鳥、杉本 泰、崎山 真、藤井 稔
2. 発表標題 水分散性シリコン量子ドットの近赤外時間ゲートパライメージング応用 に関する研究
3. 学会等名 2018年 第79回応用物理学会春秋季術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Minoru Fujii
2. 発表標題 All-inorganic water-dispersible silicon quantum dots
3. 学会等名 Silicon Nanoparticles Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Asuka Inoue, Hiroshi Sugimoto, Byungji Kim, Michael J. Sailor, Minoru Fujii
2. 発表標題 Silver Core/Silicon Nanocrystal Shell Hybrid Nanoparticle as Antimicrobial Agent
3. 学会等名 2018 MRS Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Kano, Minoru Fujii
2. 発表標題 Portable Respiration Sensor Using Nanoparticle Film for Monitoring Respiratory Condition
3. 学会等名 2018 MRS Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Minoru Fujii
2. 発表標題 Boron and Phosphorus Co-Doped Colloidal Silicon Quantum Dots
3. 学会等名 2018 MRS Fall Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 外園 星也、加納 伸也、藤井 稔
2. 発表標題 酸素雰囲気におけるシリコン量子ドット塗布膜の電気伝導特性
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 藤井 陸、高田 三穂、杉本 泰、藤井 稔
2. 発表標題 シリコン量子ドットsupraparticleの開発
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 土橋 侑弥、加納 伸也、藤井 稔
2. 発表標題 ナノ粒子湿度センサのインピーダンス分光解析
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 河内 剛史、加納 伸也、藤井 稔
2. 発表標題 シリコンナノ結晶塗布薄膜における酸素空孔フィラメントの形成過程
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 井上 飛鳥、杉本 洋蔵、杉本 泰、藤井 稔
2. 発表標題 シリコン量子ドット-タンパク質間相互作用によるプロテインコロナ形成
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 杉本 泰、藤井 陸、藤井 稔
2. 発表標題 不純物をドーブした単分散シリコン量子ドットの発光特性 (II)
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 Asuka Inoue, Hiroshi Sugimoto, and Minoru Fujii,
2. 発表標題 Surface Plasmon Enhanced Photoluminescence from Silicon Quantum Dots Monolayer
3. 学会等名 2017 European Materials Research Society Spring Meeting and Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Minoru Fujii, Hiroshi Sugimoto, and Kenta Furuta
2. 発表標題 Formation of Laminated Films of Silicon Quantum Dot Monolayers from the Colloidal Solution
3. 学会等名 2017 European Materials Research Society Spring Meeting and Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Minoru Fujii
2. 発表標題 Bio-Photonics Applications of Silicon Quantum Dots
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Smart Materials and Engineering for Nano- and Bio-Technologies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroshi Sugimoto, Yusuke Hori, Shinya Kano, and Minoru Fujii
2. 発表標題 Size-Dependent Energy Level Structures in Donor and Acceptor Codoped Silicon Quantum Dots"
3. 学会等名 18th International Conference on Physics of Light-Matter Coupling in Nanostructures (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii
2. 発表標題 Colloidal Si Nanospheres with Diameters Raging from 1 to 250 nm ?Photoluminescence and Mie Resonances
3. 学会等名 2017 European Materials Research Society Fall Meeting and Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroshi Sugimoto, Yusuke Ozaki, Minoru Fujii
2. 発表標題 Silicon Nanocrystals in Highly Scattering Media -Broadband Enhancement of Effective Absorption Cross Section
3. 学会等名 2017 European Materials Research Society Fall Meeting and Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tereza Belinova, Lucie Vrabcova, Anna Fucikova, Jan Valenta, Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii, Marie Hubalek Kalbacova
2. 発表標題 Silicon Quantum Dots and their Impact on Different Cell Types
3. 学会等名 2017 European Materials Research Society Fall Meeting and Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Kano, Minoru Fujii
2. 発表標題 Battery-Powered Wearable Respiration Sensor Chip with Nanocrystal Thin Film
3. 学会等名 IEEE SENSORS 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Kanno, Shinya Kano, Hiroshi Sugimoto, Yasuhiro Tada, Kenji Imakita, and Minoru Fujii
2. 発表標題 Organic Functionalization of near-infrared luminescent silicon nanocrystals
3. 学会等名 European Materials Research Society, 2016 Spring Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Minoru Fujii, Yusuke Hori, Shinya Kano, Hiroshi Sugimoto, and Kenji Imakita
2. 発表標題 Size-dependence of HOMO, LUMO and Fermi levels of B and P codoped Si nanocrystals
3. 学会等名 European Materials Research Society, 2016 Spring Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hiroshi Sugimoto, Kenji Imakita, and Minoru Fujii
2. 発表標題 Synthesis of silicon-noble metal hybrid nanoparticle",
3. 学会等名 European Materials Research Society, 2016 Spring Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Lucie Ostrovska, Takashi Kanno, Hiroshi Sugimoto, Antonin Broz, Jan Valenta, Anna Fucikova, Minoru Fujii, and Marie Hubalek Kalbacova
2. 発表標題 Application of fluorescent co-doped silicon nanocrystals in cell biology
3. 学会等名 European Materials Research Society, 2016 Spring Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 J. Valenta, M. Greben, S. Gutsch, D. Hiller, M. Zacharias, and M. Fujii
2. 発表標題 Measurement of absorption cross section of silicon nanomaterials: Do we lose or gain by dispersing bulk material into nanoparticles?
3. 学会等名 European Materials Research Society, 2016 Spring Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Minoru Fujii
2. 発表標題 Silicon-Based Nano-Composites Made from All-Inorganic Colloidal Silicon Nanocrystal
3. 学会等名 229th ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Minoru Fujii
2. 発表標題 Ligand-free B and P co-doped Si quantum dots", 23-Functional nanostructures, assemblies and quantum dot solids
3. 学会等名 The 26th biennial conference of the Condensed Matter Division of the European Physical Society (CMD26) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Minoru Fujii
2. 発表標題 Surface Plasmon Enhanced Photoluminescence from Silicon Quantum Dots
3. 学会等名 8th International Conference on Nanomaterials -Research & Application (Nanocon 2016), (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shinya Kano, Takashi Kanno, Yasuhiro Tada, Yasuhiro Higashikawa, Hiroshi Sugimoto, and Minoru Fujii
2. 発表標題 Speccific Binding of Codoped Silicon Nanocrystal on Self-Assembled Monolayer
3. 学会等名 International Conference on Self-Assembly in Confined Spaces (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shinya Kano, Masato Sasaki, and Minoru Fujii
2. 発表標題 Electrical Characteristics of Codoped Silicon-Nanocrystal Films in Various Gas Environment
3. 学会等名 2016 MRS Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hiroshi Sugimoto, Shiho Yashima and Minoru Fujii
2. 発表標題 Control of Light Emission from Silicon Quantum Dots Coupled to Plasmonic Nanoantennas
3. 学会等名 2016 MRS Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Minoru Fujii
2. 発表標題 Surface Plasmon Enhanced Photoluminescence from Silicon Quantum Dots
3. 学会等名 The 2nd Workshop on Silicon-Based Micro- and Nano-Structures and Their Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Hiroshi Sugimoto and Minoru Fujii	4. 発行年 2016年
2. 出版社 Wiley	5. 総ページ数 13
3. 書名 Micro- and Nanophotonic Technologies, Chapter 10, "Silicon Quantum Dot Composites for Nanophotonics"	

1. 著者名 Hiroshi Sugimoto, and Minoru Fujii	4. 発行年 2017年
2. 出版社 CRC Press	5. 総ページ数 14
3. 書名 Silicon Nanomaterials Sourcebook, Low-Dimensional Structures Nanopowders, Nanowires	

〔産業財産権〕

[ その他 ]

Mesoscopic Materials Research Laboratory  
<http://www.lab.kobe-u.ac.jp/eng-nano/>

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
研究協力者	杉本 泰  (Sugimoto Hiroshi)  (40793998)		
研究協力者	加納 伸也  (Kano Shinya)  (20734198)		