

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2022

課題番号：21K14703

研究課題名（和文）ドーパント分布を制御したプラズモニック化合物ナノ粒子による新規光電変換素子の開発

研究課題名（英文）Development of photovoltaics using plasmonic compound nanoparticles with controlled dopant distribution

研究代表者

秋吉 一孝 (Akiyoshi, Kazutaka)

名古屋大学・工学研究科・助教

研究者番号：70865980

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：イオン液体/金属スパッタリング法と加熱処理で酸化状態を制御することで近赤外域に強い光吸収を示すプラズモニック金属酸化物ナノ粒子の合成法を確立した。また、低毒性なBi系半導体量子ドットの液相合成法を確立し、作製した粒子の粒径や組成に応じて可視・近赤外域の広い範囲で光吸収波長を制御できることを見出した。これらのナノ粒子を用いることで近赤外光応答型の光電変換素子の開発にも成功した。さらに、ナノ粒子を精密に分離・精製する手法として、照射光強度や波長位置に依存して増大する光圧の差を利用し、対象物質の光学特性に応じて粒子を選択的に分離できる、新原理のプラズモンTLC法という新規分析手法の開発にも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

作製したプラズモニック金属酸化物ナノ粒子および低毒性元素で構成されるBi系半導体量子ドットは太陽光中でエネルギー利用が難しかった近赤外域で光エネルギーを利用できることから、可視域で高い光エネルギー変換効率を示す材料と組み合わせることで、高効率な太陽電池への応用が期待できる。また、プラズモンTLC法では、従来のTLC法では不可能であった粒子の光学特性に応じた選択的分離を可能とするとともに、従来の光ピンセットのように高価で高出力なレーザー光(kW~MW/cm²)が必要なく、LED光などのより低い光強度(W/cm²)で物質を光捕捉できるため、簡便かつ汎用性が高く、市場価値が高い技術として期待される。

研究成果の概要（英文）：We synthesized plasmonic metal oxide nanoparticles that exhibit strong absorption in the near-infrared region by controlling the oxidation state using an ionic liquid/metal sputtering technique and heat treatment. We also found a liquid-phase synthesis method for low-toxic Bi-based semiconductor quantum dots and that the absorption wavelength can be controlled over a wide range of visible and near-infrared regions depending on the particle size and composition. We succeeded in developing near-infrared light-responsive photovoltaics by using their nanoparticles. Furthermore, we succeeded in developing a new analytical method called plasmonic thin-layer chromatography that selectively separates particles based on the optical properties of target substances by utilizing the difference in light pressure that increases depending on the intensity and wavelength of the irradiated light.

研究分野：光電気化学

キーワード：半導体量子ドット 金属ナノ粒子 光圧 光トラッピング プラズモン共鳴 薄層クロマトグラフィー
イオン液体 金属スパッタリング

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

近年、太陽光エネルギーの約半分を占める赤外光の有効利用が重要視されており、プラズモン共鳴 (LSPR) を示す化合物ナノ粒子や半導体量子ドットを用いた光電変換材料が注目されている。これらは、酸素欠陥やドーピングする元素 (ドーパント) の分布に応じて、可視から赤外域の広範囲で光吸収を容易に制御できる性質を有する。しかし、合成時にナノ粒子内の格子欠陥やドーパントの分布が不均一な状態で得られることが多く、光電子移動の低下などを招き、光電変換効率が低くなる課題が残されている。また、従来の遠心分離などのサイズ選択的分離法では、粒子の組成や格子欠陥及びドーパントの分布が異なる影響により光化学特性が異なるナノ粒子の選別は困難であり、分離方法も未だに確立されていない。そのため、高効率な光電変換素子の開発に向けて、光化学特性を精密に制御可能な粒子の合成及び分離手法の確立が必須である。

2. 研究の目的

本研究では①ナノ粒子の光化学特性について粒子サイズや元素組成などに応じて制御できる合成手法の確立、②近赤外光に光吸収を示すナノ粒子を用いた光電変換素子の開発、③ナノ粒子のサイズは同じでも光化学特性が異なる粒子を分離・精製する分析手法の確立、という 3 つの項目を研究目的とする。

3. 研究の方法

本研究は主に以下の 3 つの項目について検討した。

①プラズモニック金属酸化物ナノ粒子の合成と近赤外光電変換材料への応用

当研究グループが世界に先駆けて開発したイオン液体/金属スパッタリング法により、近赤外域に強い吸収を示すプラズモニック酸化モリブデン (MoO_x) ナノ粒子の作製と光電変換材料への応用を目指す。この手法は、蒸気圧の非常に小さいイオン液体に対し減圧下で金属スパッタすることで、化学還元的な合成手法とは異なり、厚い安定化剤なしで簡便に粒子を合成できる (図 1)。まず Mo スパッタリングで MoO_x ナノ粒子を合成し、次に加熱処理で酸化状態を制御して LSPR を増強させ、最後に近赤外域での光電変換材料への応用を検討する。

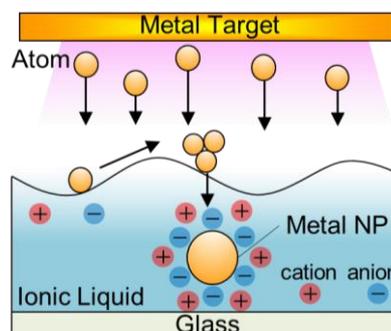


図 1 イオン液体/金属スパッタリング法の模式図

イオン液体-真空界面で粒子成長し、液体中にナノ粒子が生成する。

②近赤外光に光吸収を示す低毒性な半導体量子ドットの合成と光電変換素子への応用

低毒性かつ近赤外域でも高い光吸収係数を持つ Ag-Bi-S 量子ドットの液相合成法を開発し、サイズや組成に応じた光化学特性の制御を目指す。粒子合成には、金属前駆体として酢酸銀 ($\text{Ag}(\text{OAc})$) と酢酸ビスマス ($\text{Bi}(\text{OAc})_3$) を用い、硫黄粉末とともに、1-ドデカンチオール (DDT) とオレイルアミン (OLA) の混合溶媒に分散させ、加熱条件に応じて粒子サイズと組成の制御を検討する。また、吸収端から求めたバンドギャップと大気中光電子収量分光法から求めた価電子帯準位から電子エネルギー構造を決定し、光電気化学特性に及ぼす影響を調査する。光電気化学測定のための電極の作製方法については、ナノ粒子溶液を ITO 導電性基板にスピコートし、エチレンジチオール (EDT) を含むエタノール溶液に浸漬させた後に、減圧しながら加熱することで配位子を除去して粒子を基板に固定する。光電気化学測定のセットアップは、Ag-Bi-S 担持 ITO 導電性基板を作用極とし、Ag/AgCl 参照極と Pt 対極を利用した三極セルを組み、電解質として硝酸ウロピウムを含んだ溶液中で断続的に光照射しながら電位を掃引し、光応答を評価する。このときの光電流の立ち上がり電位を調査することで、光電流の生成機構の解明を目指す。

③プラズモン共鳴と薄層クロマトグラフィーを組み合わせた新原理のナノ粒子分析手法の確立

当研究グループが世界で初めて見出した LSPR による光圧と薄層クロマトグラフィー (TLC) を組み合わせたプラズモン TLC 法を利用する。これは、TLC の一部に LSPR を示す Au ナノ粒子を担持した基板を用意し、このプラズモン TLC 基板上で Zn-Ag-In-S (ZAIS) 量子ドット (サイズ: 19 nm) を展開させると、量子ドットが徐々に上がり、Au ナノ粒子担持領域に光を照射 (波長 820 nm) したときのみ、光圧によって粒子の進行を妨げる方向に力が働くため、量子ドットは Au ナノ粒子担持領域に光捕捉できる (図 2)。そこで、粒径や形状、組成に応じて異なる光学特性を持つ量子ドットに対し、それぞれが光捕捉に及ぼす影響を調査する。

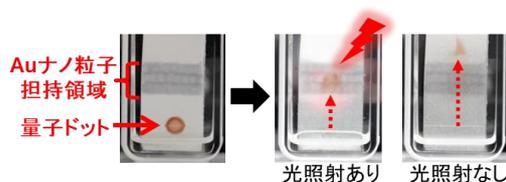


図 2 プラズモン TLC の実際の様子

TLC 基板上の Au ナノ粒子担持領域に対し、波長 820 nm 単色光を照射 (1 W/cm^2) し、光圧により Zn-Ag-In-S (ZAIS) 量子ドットを捕捉できる。一方で、光照射なしでは量子ドットは TLC 上方に通過する。

4. 研究成果

①プラズモニック MoO_x ナノ粒子の合成と近赤外光電変換材料への応用

イオン液体は 1-(2-ヒドロキシエチル)-3-メチルイミダゾリウム テトラフルオロホウ酸塩 (HyEMI-BF₄) を選択し、Ar 雰囲気中でスパッタ電流値 30 mA の条件で 60 分間 Mo スパッタリングを行った後、空気雰囲気中で 200°C 30 分間加熱処理を行うことで粒子表面の酸化状態を制御し、840 nm 付近に LSPR を示す MoO_x ナノ粒子の作製に成功した(図 3a)。この粒子を ITO 導電性基板に担持し、電位を印加しながら Na₂SO₄ 電解質溶液中で照射すると、アノード光電流に基づく光作用スペクトルが得られた(図 3b)。光電流ピークは 800 nm 付近に観察され、MoO_x ナノ粒子の LSPR に基づく吸収ピーク形状とほぼ一致したことから、MoO_x ナノ粒子から ITO へ、LSPR に基づく光電子移動が生じたと考えられる。今後、さらに LSPR の吸収強度がより大きい金属酸化物ナノ粒子を作製し、光吸収層として用いることで近赤外域での高効率な太陽光エネルギー変換が期待できる。

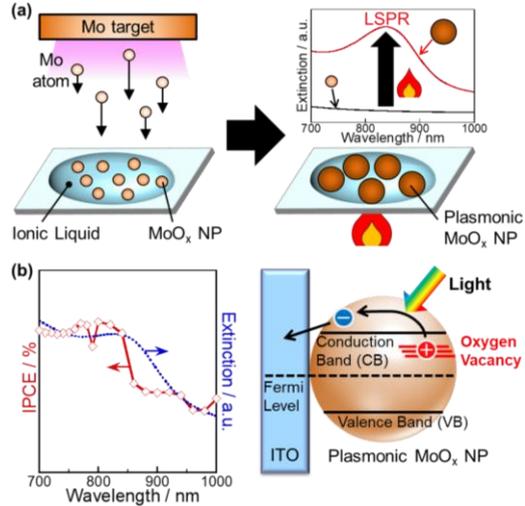


図 3 イオン液体/金属スパッタリング法と加熱処理による(a)LSPR を示す MoO_x ナノ粒子の作製と(b)光電変換素子への応用

Mo スパッタリング後の加熱処理条件により粒子表面の酸化状態を制御し、LSPR を増強させることで近赤外域での光電変換を実現。

②Ag-Bi-S 量子ドットの電子エネルギー構造の制御及び近赤外光電変換素子への応用

加熱反応温度が 100°C から 200°C まで上昇するにつれて球状 Ag-Bi-S ナノ粒子のサイズが 2.6 nm から 8.1 nm まで増大した(図 4)。また、低温の条件では粒子中の Ag 割合が減少したが、高温の条件では AgBiS₂ の化学量論組成にほぼ一致した。吸収端は粒径増大に応じて 1000 nm から 1200 nm へシフトし、バンドギャップは 1.45 eV から 1.05 eV に減少した。このとき、粒径増大とともに価電子帯 (VB) は -5.3 eV から -5.0 eV へ上昇したが、伝導帯 (CB) は -4.0 eV 程度と一定であった。これらの粒子を ITO 導電性基板に担持して光電気化学測定を行うと、100°C と 120°C の条件ではアノード光電流が観測され、光電流の開始位置は VB よりも負電位側のバンドギャップ内に位置し、非化学量論組成 Ag-Bi-S の Ag 空孔由来の欠陥準位が示唆された。一方で、150°C と 200°C の条件ではカソード光電流が観測され、開始電位は VB の位置に一致し、化学量論組成 AgBiS₂ が生成することで Ag 欠陥が除去できることを明らかにした。

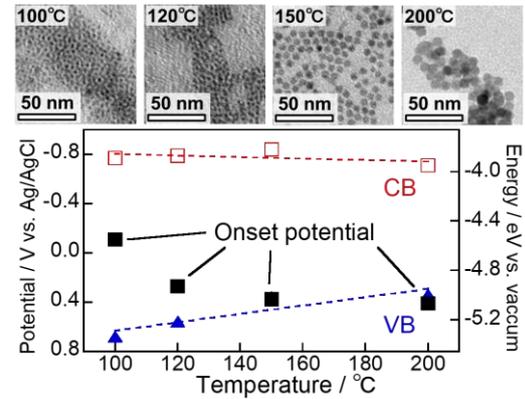


図 4 加熱反応温度に対応した Ag-Bi-S 量子ドットの電子エネルギー準位の関係図

加熱反応温度上昇に伴って粒径は増大し、バンドギャップは減少する。開始電位と VB が一致すると粒子の欠陥は少ないと予想。

③プラズモン TLC 法による低毒性な多元半導体量子ドットの光学特性に応じた精密分離

プラズモン TLC 法により、サイズが同じ 16×4 nm のロッド形状で光学特性の異なる Zn-Ag-In-S (ZAIS) (光吸収波長: <500 nm) と Ag-Cu-In-Te (ACITe) (光吸収波長: <1200 nm) 量子ドットの分離に成功した。0.78 W/cm² の近赤外光 (820 nm) を照射しながらこれらの混合物を展開したところ、ACITe では Au ナノ粒子担持領域に捕捉されたが、ZAIS は TLC の上方に移動した(図 5)。この現象は、離散双極子近似 (DDA) により理論解析することで、TLC に担持された Au ナノ粒子と量子ドットとの間に働く光圧が、粒子の光化学特性に応じて変化した結果、近赤外域に吸収を持つ ACITe が効率よく分離・選別されるというメカニズムも解明できた。

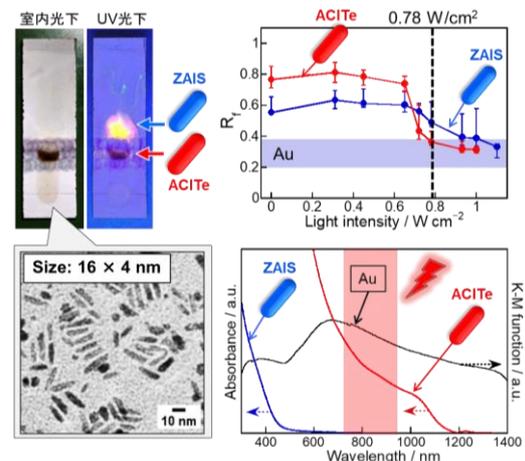


図 5 プラズモン TLC による Zn-Ag-In-S (ZAIS) と Ag-Cu-In-Te (ACITe) 量子ドットの光学特性に応じた精密分離

ACITe では Au の LSPR と吸収波長位置が重なるため、近赤外光照射により光圧がより増大し、Au ナノ粒子担持領域で光捕捉可能。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5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 1件）

1. 著者名 秋吉 一孝	4. 巻 3
2. 論文標題 プラズモン共鳴を用いた光電気化学センサ及び近赤外光電変換素子の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 プラズモニク化学研究会 WEBニュースレター	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） なし	査読の有無 無
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 秋吉 一孝, 立間 徹, 鳥本 司	4. 巻 53
2. 論文標題 プラズモンナノ粒子の光電気化学応答を利用する化学センシングと近赤外光エネルギー変換	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 光化学	6. 最初と最後の頁 33-36
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 Torimoto Tsukasa, Yamaguchi Naoko, Maeda Yui, Akiyoshi Kazutaka, Kameyama Tatsuya, Nagai Tatsuya, Shoji Tatsuya, Yamane Hidemasa, Ishihara Hajime, Tsuboi Yasuyuki	4. 巻 14
2. 論文標題 Development of plasmonic thin-layer chromatography for size-selective and optical-property-dependent separation of quantum dots	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 NPG Asia Materials	6. 最初と最後の頁 64
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41427-022-00414-3	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 Akiyoshi Kazutaka, Watanabe Yumezo, Kameyama Tatsuya, Kawawaki Tokuhisa, Negishi Yuichi, Kuwabata Susumu, Torimoto Tsukasa	4. 巻 24
2. 論文標題 Composition control of alloy nanoparticles consisting of bulk-immiscible Au and Rh metals via an ionic liquid/metal sputtering technique for improving their electrocatalytic activity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 24335-24344
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/d2cp01461k	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 Jiang Chang, Tozawa Makoto, Akiyoshi Kazutaka, Kameyama Tatsuya, Yamamoto Takahisa, Motomura Genichi, Fujisaki Yoshihide, Uematsu Taro, Kuwabata Susumu, Torimoto Tsukasa	4. 巻 158
2. 論文標題 Development of Cu-In-Ga-S quantum dots with a narrow emission peak for red electroluminescence	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 164708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0144271	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31件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 前田結衣・山口奈緒子・秋吉一孝・亀山達矢・坪井泰之・石原一・鳥本司
2. 発表標題 多元量子ドットの高精度分離を目指したプラズモンTLCの特性向上
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋吉一孝・張 文韜・亀山達矢・鳥本司
2. 発表標題 Ag-Bi-S量子ドットの液相合成と光化学特性制御
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 張 文韜・秋吉一孝・亀山達矢・鳥本司
2. 発表標題 AgBiS2ナノ粒子の作製と光学特性の制御
3. 学会等名 第72回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 由実・秋吉 一孝・亀山 達矢・鳥本 司
2. 発表標題 金属スパッタ蒸着によるイオン液体表面でのAuNi複合ナノ粒子膜の作製
3. 学会等名 第72回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤由実・秋吉一孝・亀山達矢・桑畑進・鳥本司
2. 発表標題 イオン液体/金属スパッタリング法によるAu@Ni複合ナノ粒子膜の作製と尿素酸化活性
3. 学会等名 2021年 電気化学会 東海支部-東北支部合同シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazutaka Akiyoshi, Tatsuya Kameyama, Susumu Kuwabata, Tsukasa Torimoto
2. 発表標題 Photoelectrochemical properties of plasmonic molybdenum oxide nanoparticles prepared by an ionic liquid/metal sputtering technique
3. 学会等名 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACICHEM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tsukasa Torimoto, Naoko YAMAGUCHI, Yui Maeda, Kazutaka Akiyoshi, Tatsuya Kameyama, Tatsuya Shoji, Yasuyuki Tsuboi, Hajime Ishihara
2. 発表標題 Development of plasmonic thin layer chromatography for size separation of quantum dots
3. 学会等名 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACICHEM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋吉一孝・前田結衣・山口奈緒子・亀山達矢・坪井泰之・石原一・鳥本司
2. 発表標題 プラズモンTLCを利用した形状及び光化学特性の異なる多元量子ドットの精密分離
3. 学会等名 電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤由実・秋吉一孝・亀山達矢・桑畑進・鳥本司
2. 発表標題 金属スパッタ蒸着によるコアシェル構造Au@Niナノ粒子膜の作製と尿素酸化電極触媒活性の向上
3. 学会等名 電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋吉一孝・張 文韜・亀山達矢・鳥本司
2. 発表標題 光電変換素子への応用に向けたAg-Bi-S量子ドットの液相化学合成
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 劉一雄, 秋吉一孝, 亀山達矢, 桑畑進, 鳥本司
2. 発表標題 イオン液体/金属スパッタ蒸着によるPtIr合金ナノ粒子の作製とアンモニア酸化活性の評価
3. 学会等名 ナノ学会 第20回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋吉一孝, 前田結衣, 山口奈緒子, 亀山達矢, 坪井泰之, 石原一, 鳥本司
2. 発表標題 プラズモン薄層クロマトグラフィーによる低毒性多元量子ドットの精密分離
3. 学会等名 ナノ学会 第20回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 張 文韜, 秋吉一孝, 亀山達矢, 鳥本司
2. 発表標題 Ag-Bi-S系とBi-S系ナノ粒子のバンド構造制御と光電気化学特性
3. 学会等名 ナノ学会 第20回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazutaka Akiyoshi, Wentao Zhang, Tatsuya Kameyama, Tsukasa Torimoto
2. 発表標題 Solution-phase Syntheses and Photochemical Properties of Silver Bismuth Sulfide Nanoparticles
3. 学会等名 241st ECS Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤由実, 秋吉一孝, 亀山達矢, 桑畑進, 鳥本司
2. 発表標題 金属スパッタリング蒸着によるコアシェル構造Au@Ni複合ナノ粒子膜の作製と尿素酸化活性
3. 学会等名 電気化学会北海道支部50周年記念行事
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazutaka Akiyoshi, Yui Maeda, Naoko Yamaguchi, Tatsuya Kameyama, Yasuyuki Tsuboi, Hajime Ishihara, Tsukasa Torimoto
2. 発表標題 Plasmonic Thin-layer Chromatography for Precise Separation of Less-Toxic Multinary Quantum Dots by Size, Shape, and Optical Property
3. 学会等名 The 13th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNF013) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazutaka Akiyoshi, Yui Maeda, Naoko Yamaguchi, Tatsuya Kameyama, Yasuyuki Tsuboi, Hajime Ishihara, Tsukasa Torimoto
2. 発表標題 Plasmonic Thin-layer Chromatography for Size and Optical Properties Dependent Trapping of Quantum Dots
3. 学会等名 The 6th International Workshop on Advanced Nanoscience and Nanomaterials 2022 (IWANN2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋吉一孝, 張 文韜, 亀山達矢, 鳥本司
2. 発表標題 Bi系多元金属硫化物量子ドットの液相化学合成と光化学特性評価
3. 学会等名 2022年光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤由実, 秋吉一孝, 亀山達矢, 桑畑進, 鳥本司
2. 発表標題 イオン液体 / 金属スパッタ法によるコアシェル構造Au@Niナノ粒子の作製と組成に依存する尿素酸化活性
3. 学会等名 第73回コロナおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazutaka Akiyoshi, Wentao Zhang, Tatsuya Kameyama, Tsukasa Torimoto
2. 発表標題 Controlling Energy Band Structure of Bismuth-based Multinary Quantum Dots Prepared by a Solution-phase Method and Their Photoelectrochemical Properties
3. 学会等名 33rd International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 張 文韜, 秋吉一孝, 亀山達矢, 鳥本司
2. 発表標題 組成とサイズ依存するAgBiS ₂ 量子ドットの光電気化学特性
3. 学会等名 2022年電気化学会 東北支部・東海支部合同シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 劉一雄, 秋吉一孝, 亀山達矢, 桑畑進, 鳥本司
2. 発表標題 イオン液体 / 金属スパッタ蒸着によるPtIr合金ナノ粒子の作製と粒子サイズに依存する電極触媒活性
3. 学会等名 2022年電気化学会 東北支部・東海支部合同シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋吉一孝
2. 発表標題 プラズモン共鳴を利用した光機能性材料と近赤外光電変換素子の開発
3. 学会等名 新学術領域研究「光圧ナノ物質操作」若手領域会議
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋吉 一孝, 張 文韜, 春日 夢乃, 亀山 達矢, 鳥本 司
2. 発表標題 低毒性な Bi 系多元量子ドットの液相化学合成と電子エネルギー構造制御
3. 学会等名 次世代太陽電池セル・モジュール分科会2022年度第3回、ペロブスカイト太陽電池分科会2022年度第2回 合同研究会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 劉 一雄, 秋吉 一孝, 亀山 達也, 桑畑 進, 鳥本 司
2. 発表標題 アンモニア酸化反応におけるPtIr合金ナノ粒子の電極触媒活性のサイズ依存性
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chang Jiang, Kazutaka Akiyoshi, Tatsuya Kameyama, Tsukasa Torimoto
2. 発表標題 Colloidal synthesis of Ag-Mn-Sn-S quantum dots and their composition-dependent optical property
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 張 文韜, 秋吉 一孝, 亀山 達矢, 鳥本 司
2. 発表標題 液相化学合成したAg-Bi-S量子ドットの電子エネルギー構造制御と光電変換特性
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 春日 夢乃, 秋吉 一孝, 亀山 達矢, 鳥本 司
2. 発表標題 光エネルギー変換材料としてのBi-S-I量子ドットの液相合成
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋吉 一孝, 長谷川 万里子, 宮前 千恵, 亀山 達矢, 佐藤 弘規, 大嶋 優輔, 鳥本 司
2. 発表標題 InS _x シェル被覆によるAg-Au-S量子ドットの近赤外発光特性の向上
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 江 暢, 秋吉 一孝, 亀山 達矢, 鳥本 司
2. 発表標題 Composition-dependent optical properties of new colloidal Ag-Mn-Sn-S quantum dots
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 都澤 諒, 宮前 千恵, 秋吉 一孝, 亀山 達矢, 細貝 拓也, 佐藤 弘規, 大嶋 優輔, 鳥本 司
2. 発表標題 近赤外応答を示すAg-Au-Se量子ドットの液相合成と発光特性制御
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 第1半導体ナノ粒子及びその製造方法、第2半導体ナノ粒子及びその製造方法、並びにバンドギャップ制御方法	発明者 鳥本 司, 亀山 達矢, 秋吉 一孝, 江 暢	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-034498	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

光の力でナノ粒子を自在に選別 ~新原理のクロマトグラフィーで半導体ナノ粒子の自在な選別に成功~ https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2022/07/post-294.html プラズモンTLC：光の力でナノ粒子を自在に選別できる新原理クロマトグラフィー https://www.chem-station.com/blog/2022/09/tlc.html 鳥本研究室 ホームページ http://www.chembio.nagoya-u.ac.jp/labhp/physchem3/
--

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