

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02051

研究課題名（和文）広帯域プラズモン誘起電荷分離と水素発生ダイナミクス

研究課題名（英文）Broadband plasmon-induced charge separation and hydrogen generation dynamics

研究代表者

古部 昭広（FURUBE, Akihiro）

徳島大学・ポストLEDフォトリソグラフィ研究所・教授

研究者番号：30357933

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：金ナノ構造配列体と酸化チタンや遷移金属ダイカルコゲナイド（TMDC）2次元材料を積層したプラズモン誘起電荷分離システムを作製し、フェムト秒過渡吸収分光法でキャリアダイナミクスを解明すること、および、水素発生助触媒への電子移動ダイナミクスと水素バブルダイナミクスの定量的評価を目的とした。

金ナノ粒子配列体を配置した基板上に10-200 nmの酸化チタン薄膜を作製し、白金助触媒を蒸着した。光触媒性能は最小膜厚で高活性を示した。金ナノ粒子とTMDC材料の複合材料における電荷分離再結合ダイナミクスを解明した。

故障した光源に代わる増幅フェムト秒ファイバーレーザーに対応する計測制御システムの開発も推進した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

太陽光からエネルギーを生成する「人工光合成」が注目されているが、赤色や近赤外光の利用が難しいという課題がある。本研究では、金ナノ粒子と半導体薄膜を用いた広帯域で応答するプラズモン誘起電荷分離の量子効率向上を目指した。

特に酸化チタンの薄膜化の効果に着目し、検討範囲で最小の10nmが最適であることを実証し、以前のダイナミクス研究に基づく予想の検証に成功した。酸化チタン以外の半導体のナノシートが金ナノ粒子と電荷移動相互作用を示すことも確認した。水素バブル発生観察は、実験装置の故障から実現できなかったが、プラズモン誘起電荷分離の量子効率向上を実現するための指針に関する様々な知見を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：The objectives were to fabricate a plasmon-induced charge separation system layered with gold nanostructure arrays and titanium oxide or transition metal dichalcogenide (TMDC) 2D materials, and to elucidate carrier dynamics using femtosecond transient absorption spectroscopy, as well as to quantitatively evaluate the electron transfer dynamics to the hydrogen evolution cocatalyst and the subsequent hydrogen bubble dynamics.

Titanium oxide thin films of 10-200 nm were fabricated on substrates with gold nanoparticle arrays, and a platinum cocatalyst was deposited. The photocatalytic performance showed high activity at the minimum film thickness. The charge separation and recombination dynamics in composite materials of gold nanoparticles and TMDC materials were elucidated.

A new spectroscopy system using an amplified femtosecond fiber laser was developed to replace the damaged light source.

研究分野：ナノ材料のキャリアダイナミクスと光エネルギー変換への応用

キーワード：光触媒 プラズモン 電荷分離 ダイナミクス 半導体薄膜 ナノ材料

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化に対抗するため、エネルギー・環境技術の研究開発が日本や多くの先進国で活発に行われている。その中でも、太陽光からエネルギー資源を作り出す「人工光合成」技術が注目を集めている。特に、太陽光と水から水素エネルギーを生成する「ソーラー水素」技術や、CO₂を還元して資源化する「カーボンリサイクリング」技術が期待されている。これらの技術では「光触媒」が主役であり、様々な無機半導体の微粒子や微細構造電極の光触媒反応の有効利用が検討されている。

しかし、大きな問題点として赤色や近赤外光の活用が非常に難しいことが挙げられる。半導体のバンドギャップを小さくして吸収波長帯を広げると、光キャリアのポテンシャルエネルギーが下がり、水分解の酸化還元電位に不足してしまう。解決策として、自由電子密度の高い金属ナノ粒子が示すプラズモン共鳴吸収を利用した「プラズモン増感反応」がある。これにより、様々な半導体の伝導帯に伝導電子を注入できることが約15年前から分かっており、基礎と応用の両面で研究が進んでいる。

初期の研究では、立間らが金及び銀のナノ粒子を担持させた酸化チタンナノ微粒子膜電極が可視光で光電流を生じることを報告し(*J. Am. Chem. Soc.* **127**, 7632 (2005))、三澤らが酸化チタン単結晶に電子線リソグラフィで作製した金ナノ構造電極で水分解が可能であることを発表している(*J. Phys. Chem. Lett.* **1**, 2031-2036 (2010))。特に、長方形の金ナノ構造の長軸方向の電場に共鳴する近赤外波長でのプラズモンモードの励起でも活性が得られることが示されている。

欧米やアジアでも研究が活発に行われ、多数のハイインパクトの論文に掲載されており、プラズモンが生成する「ホットエレクトロンケミストリー」として注目を集めている。しかし、光電変換の反応量子効率や数〜数十%程度、太陽光エネルギー変換効率は1%以下と低いままである。研究代表者は、2007年にフェムト秒過渡吸収分光を用いてプラズモン誘起電子移動反応の実時間観察に成功し、金ナノ粒子から酸化チタンナノ粒子への電子移動速度 (<200 フェムト秒) や収率 (40%) の定量評価を行った(*J. Am. Chem. Soc.* **129**, 14852-14853 (2007))。その後、研究代表者グループや他の研究グループも、様々なプラズモンナノ粒子と半導体間の電子移動ダイナミクスを計測に成功しているが、いずれの場合もピコ〜ナノ秒の時間で逆電子移動、つまり電荷再結合が起こり、長寿命キャリアの生成効率が小さいことが明示されている。

本研究では、「可視及び近赤外領域のプラズモン誘起電荷分離の量子効率を如何にして飛躍的に向上させるか?」という問いに取り組む。

2. 研究の目的

本研究は、プラズモン誘起電荷分離の効率を、可視から近赤外の広い波長範囲で向上させるプラズモンナノ構造を設計・作製し、特に「ソーラー水素」の初期過程である水中のプロトンが水素ガスへ転換されるダイナミクスを解明することを目的とする。図1に示すように、金属ナノ粒子から半導体伝導帯へのプラズモン誘起電荷分離とその後の緩和過程(再結合まで)は6つに分類される。

- (1) 光吸収：局在表面プラズモン共鳴による多数の伝導電子の集団運動の励起。
- (2) 電子正孔対生成：プラズモン振動のランダウダンピングを経た1電子励起状態への緩和。ホットエレクトロンとホットホール生成。
- (3) 界面電子移動：電子が金属の伝導帯から半導体の伝導帯へ移動する。収率20~100%。
- (4) 半導体内の伝導電子の緩和：伝導帯の底およびバンドギャップのトラップ準位へ緩和。
- (5) 電子拡散：半導体内部での電子拡散。トラップからの熱脱離と再トラップの繰り返し。
- (6) 再結合：金属に残された正孔と半導体を拡散する電子の再結合。

これらの過程はそれぞれ、数フェムト秒からサブナノ秒の時間スケールで進行し、(6)を逃れた電子のみが光触媒反応に寄与できる。水素発生反応においては、伝導電子を蓄積する白金クラスターなどの助触媒を経たプロトンへの電子移動が水分解の初期過程となる。

本研究では、研究代表者が独自性の高い研究として先駆けて行ってきた「プラズモン誘起電子移動ダイナミクス」の発展として、これまでデバイス応用のボトルネックとなっていた電荷再結合過程を解消または大幅に低減させるナノ構造の設計と作製を行う。これには、プラズモン緩和と電子移動の超高速反応ダイナミクスを解明し、その知見をフィードバックしながら進める。

既に、金ナノ粒子(数10nm)の可視光励起や金ナノロッド(長軸~100nm)および金ナノ粒子高密度配列体の近赤外光励起により、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化スズ、酸化鉄に電子が移動することが確認されている。全ての系において再結合過程はサブナノ秒の時間スケールで起こり、長寿命(>1ns)電子の割合は10%以下であった。一方、酸化チタンの粒径を9~50nmの範囲で変化さ

せると電荷再結合が遅くなることが見いだされている。これは、注入電子が数 10nm の距離にわたり拡散した後に元の金ナノ粒子に戻ることを示している。

したがって、電子が拡散し始めた後に速やかに外部に取り出せれば再結合はほとんど防げるはずである。そのため、10nm 以下の粒径または厚さの半導体ナノ粒子やナノシート、超薄膜を調製し、その上に伝導電子を捕捉するための助触媒 (Pt 等) を組み合わせる。助触媒への電子移動は電子の吸収減衰として観測可能だが、受け取った助触媒からの信号を得るのは難しいため、プロトン存在下で実際の水素バブルの発生を分光計測することで水分解の初期過程ダイナミクスを解明する。

ナノバブルの発生、凝集、成長はナノ秒からミリ秒以降の時間スケールで進行する。本研究では、バブル発生に由来する水溶液の屈折率変化をプラズモンバンドのシフトから追跡する方法を開発する。発生初期過程を捉え、キャリアダイナミクスとバブル生成ダイナミクスの定量評価に基づき、助触媒による水素バブル生成の効率を最大化するプラズモン誘起電荷分離システムの構築を目指す。

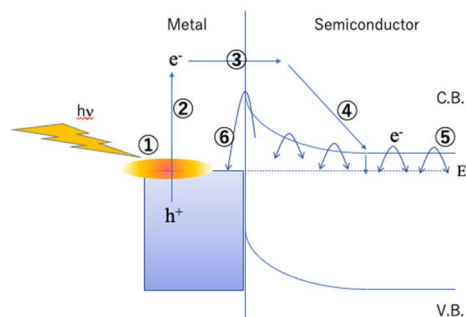


図 1. 金属ナノ粒子から半導体伝導帯へのプラズモン誘起電荷分離とその後の緩和過程。C.B.: 伝導帯。V.B.: 価電子帯。EF: フェルミレベル。

3. 研究の方法

本研究は、プラズモン誘起電荷分離の効率を可視から近赤外の広い波長範囲で向上させるためのプラズモンナノ構造の設計・作製を目的とし、以下の 3 つの研究項目に取り組む。

(1) 電子アクセプター半導体のナノ薄膜化：図 2 に示すような構造 (ガラス 金ナノ粒子配列体 電子アクセプター半導体ナノ薄膜) を作製する。これまで、マグネトロンスパッタリング法で酸化チタン薄膜を金ナノ粒子配列ガラス基板に形成する手法を確立している。酸化チタンの膜厚は 100~800 nm で、プラズモン共鳴による吸収スペクトルは可視域全体をカバーする。電子の拡散距離が数 100nm であるため、これより十分に薄い膜厚にして電子を捕捉する助触媒を対向面に担持することで、効率的に電子を取り出せる。フェムト秒過渡吸収分光法を用いて伝導電子の生成・減衰過程を解析し、他のナノシート (MoS₂, WS₂ など) も検討する。

(2) 白金助触媒への電子移動反応の最適化：上記のナノ薄膜表面に白金助触媒を担持し、電子寿命を評価する。担持量の依存性を調べ、最適条件を探る。ナノシートが十分に薄い場合、金ナノ構造から白金までの電子移動が効率 100% のホットエレクトロントランスファーとなることが期待され、新たな電子移動過程の発見につながる可能性がある。

(3) 水素バブル発生プラズモンセンシングと全体構造の最適化：白金助触媒クラスター表面での水素ガス発生ダイナミクスを、金ナノ粒子のプラズモンバンドのシフトを時間分解観察することで追跡する。金ナノ粒子配列体のプラズモンバンドが近接場領域の酸化チタン膜の影響でシフトする現象を利用し、ナノバブルが発生する過程を時間分解分光スペクトルで測定、バブル発生速度定数を定量的に評価する。最終的に、助触媒による水素バブル生成の効率を最大化するプラズモン誘起電荷分離システムを構築する。

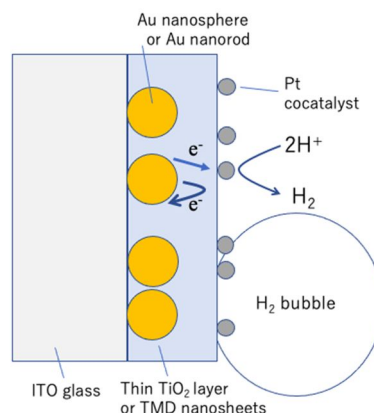


図 2. 広帯域プラズモン誘起電荷分離により生成する伝導電子を白金助触媒で水素発生に利用する (ガラス) (金ナノ粒子配列体) (電子アクセプター半導体ナノ薄膜) (白金助触媒) 構造。電子の流れ、プロトン還元、水素バブル発生も示している。

4. 研究成果

可視光及び近赤外光を効率よく吸収する金ナノ構造配列体と電子アクセプター半導体である酸化チタンや遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDC) 2 次元材料を積層したプラズモン誘起電荷分離システムを作製し、フェムト秒過渡吸収分光法によるキャリアダイナミクスの詳細な解明研究を行うことを第 1 の目的とした。さらに、水素発生助触媒への電子移動ダイナミクス、それに続く水素バブルダイナミクスの定量的評価を初めて実現することを第 2 の目的とした。特に電子アクセプター層のナノ薄膜化によりこれまで量子効率が低いままであったエネルギー変換効率の飛躍的上昇を目指した。

2021年度には、原子層体積法を利用して、金ナノ粒子配列体を配置したガラス基板上に膜厚 20～100 nm の酸化チタン薄膜を作製した。金ナノ粒子の吸収スペクトルは、酸化チタン薄膜との誘電的相互作用によって長波長にシフトし、可視域全体を吸収する光学応答を示した。さらに、活性酸素検知蛍光色素を用いて酸化チタン膜厚依存性を調べたところ、膜厚 20 nm の薄膜厚で最も高い反応性が確認された。また、液中レーザーアブレーション法で作製した TMDC 材料（硫化タングステン）のナノシートを金ナノ粒子配列基板上に滴下して複合膜を作製し、SEM、TEM、EDS、AFM、顕微ラマン法を用いてナノ構造の詳細を評価し、ナノシートが生成していることを確認した。

2022年度には、引き続き原子層体積法を用いて、金ナノ粒子配列体を配置したガラス基板上に膜厚 10～200 nm の酸化チタン薄膜を作製し、さらにその上に金薄膜を蒸着した。前年度より最小膜厚を小さくしても金ナノ粒子が覆われていることを確認した。酸化チタン薄膜と金薄膜との誘電的相互作用により、金ナノ粒子の吸収スペクトルは長波長にシフトし、可視域全体を吸収する光学応答を示した。上面に金薄膜を蒸着することによって可視域のみでなく近赤外域にまで広がる吸収スペクトルを確認した。顕微ラマン分光法を用いて酸化チタン薄膜の結晶構造を調査したところ、膜厚に依存して異なる結晶相が成長していることが示唆された。また、金ナノ粒子と TMDC 材料（硫化タングステン）のナノシートを用いた複合膜を作製し、ラマン分光スペクトル強度解析から電場増強相互作用が確認された(論文投稿中)。

最終年度の 2023 年度には、これまでより細かい膜厚間隔で金ナノ粒子配列体を配置したガラス基板上に 10～100 nm の酸化チタン薄膜を多数作製し、さらに白金助触媒を蒸着することに成功した。活性酸素検出色素を用いて、可視光下光触媒性能の酸化チタン膜厚依存性を定量評価し、最小膜厚 10 nm で最も高い活性を確認し、期待した薄膜化の有効性を実証できた(図 3)。また、金ナノ粒子と TMDC 材料（硫化タングステン）の複合材料における電荷分離再結合ダイナミクスについて検討を加え、複数の学会発表(招待講演)を行った(図 4)。さらに、2022 年度終盤に導入した新しい増幅フェムト秒ファイバーレーザー光源に対応する分光光学系および計測制御装置システムの開発も進めた。

今後の課題として、白金助触媒を経た水分解による水素発生ダイナミクスの解明が挙げられる。これにより、本研究の最終的な目標であるエネルギー変換効率の飛躍的上昇を目指していく。

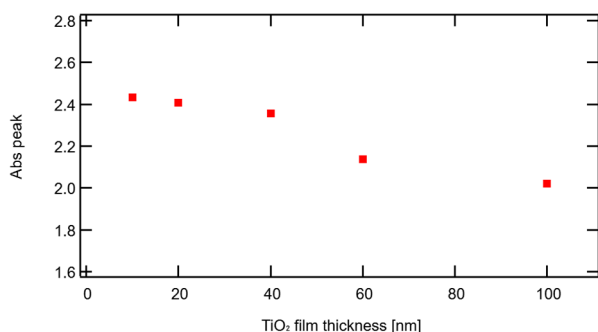


図 3. 金ナノ粒子配列体を配置したガラス基板上に 10～100 nm の酸化チタン薄膜を堆積した試料に関して、1 時間の可視光照射で生成する活性酸素をプローブ色素の吸光度から評価した。吸収ピークの酸化チタン膜厚依存性を示す。

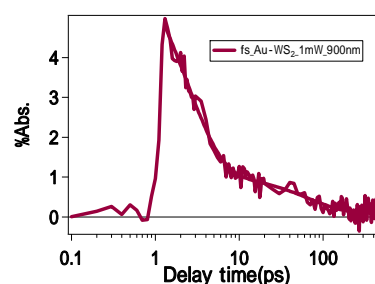


図 4. 金ナノ粒子と複合した WS₂ ナノシートの可視光励起下における観察波長 900 nm での過渡吸収信号時間変化。金ナノ粒子の効果として電荷寿命の増加が見られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Wang Junli, Furube Akihiro	4. 巻 60
2. 論文標題 Simulation Analysis of the Transient Absorption Spectroscopic Dynamics of Charge Recombination in a Semiconductor Attached with a Gold Nanoparticle Using Initially Variable Coordinates	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing	6. 最初と最後の頁 50-55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3103/S8756699024700183	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 Lin Kai-Siang, Furube Akihiro, Katayama Testuro, Koinkar Pankaj, Wu Chang Mou	4. 巻 -
2. 論文標題 Laser ablation synthesis of BiOCl/Ag/WO3 nanocomposite to evaluate its photocatalysis performance	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Modern Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 2441007-2441007
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1142/S0217984924410070	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 Sawate Akash, Paul Niloy, Furube Akihiro, Katayama Tetsuro, Koinkar Pankaj	4. 巻 -
2. 論文標題 Improved photocatalytic activities of TiO2/MoO3/Au nanocomposite prepared by hydrothermal method	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Modern Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 2441006-2441006
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1142/S0217984924410069	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 Shinde Vinayak, Tanwade Pratiksha, Katayama Tetsuro, Furube Akihiro, Sathe Bhaskar, Koinkar Pankaj	4. 巻 46
2. 論文標題 Ternary composite WS2/GO/Au synthesized from laser ablation and hydrothermal method for photo- and electro-chemical degradation of methylene blue dye	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Surfaces and Interfaces	6. 最初と最後の頁 104067 ~ 104067
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.surfin.2024.104067	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 Paul Niloy, Sawate Akash, Sugano Satoshi, Katayama Tetsuro, Oishi Masatsugu, Furube Akihiro, Koinkar Pankaj	4. 巻 38
2. 論文標題 Development of silver nanocubes created by pulsed laser ablation in liquid	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics B	6. 最初と最後の頁 2440010-2440010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217979224400149	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 Wang Junli, Furube Akihiro	4. 巻 38
2. 論文標題 Monte Carlo random walk simulation of transient absorption kinetics using reflectance and absorption of electrons at Au/TiO ₂ nanoparticle boundaries	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics B	6. 最初と最後の頁 2440012-2440012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217979224400125	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 Chen Yen-Jhih, Okazaki Masahiro, Furube Akihiro, Chen Liang-Yih	4. 巻 442
2. 論文標題 Ultrafast timescale charge carrier dynamics in nanocomposite hematite photoelectrodes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry	6. 最初と最後の頁 114820 ~ 114820
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2023.114820	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 Akihiro Furube, Shin-ichiro Yanagiya, Pankaj M Koinkar, Tetsuro Katayama	4. 巻 157
2. 論文標題 Basic aspects of gold nanoparticle photo-functionalization using oxides and 2D materials: Control of light confinement, heat-generation, and charge separation in nanospace	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 140901-140901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0101300	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 Kejun Wu, Pankaj Koinkar, Akihiro Furube	4. 巻 36
2. 論文標題 Photocatalytic performance under visible light of WS ₂ /TiO ₂ /Au synthesized by hydrothermal method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Modern Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 2242025-2242025
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217984922420258	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 Pankaj Koinkar, Kohei Sasaki, Tetsuro Katayama, Akihiro Furube, Satoshi Sugano	4. 巻 35
2. 論文標題 Laser assisted synthesis of WS ₂ nanorods by pulsed laser ablation in liquid environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics B	6. 最初と最後の頁 2140007-2140007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217979221400075	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 Kejun Wu, Pankaj Koinkar, Akihiro Furube	4. 巻 35
2. 論文標題 Preparation of WS ₂ -TiO ₂ -Au using hydrothermal synthesis for photocatalysis under visible light	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics B	6. 最初と最後の頁 2140046-2140046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217979221400464	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 Siddhant Dhongade, Pankaj Koinkar, Akihiro Furube, Satoshi Sugano	4. 巻 35
2. 論文標題 Liquid exfoliation of graphene oxide nanoribbons using chemical assisted laser ablation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics B	6. 最初と最後の頁 2140009-2140009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217979221400099	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23件(うち招待講演 6件/うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Akihiro Furube, Kohei Sasaki, Tatsuki Kokufu, Tetsuro Katayama, Koinkar Pankaj
2. 発表標題 Ultrafast Charge Transfer Dynamics in WS ₂ /Au Nanohybrid System Fabricated by Pulsed Laser Ablation in Liquid
3. 学会等名 243rd ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akihiro Furube, Yuto Tsurusaki, Kei Saika, Masaki Murase, Pankaj Koinkar, Tetsuro Katayama
2. 発表標題 Femtosecond Dynamics of Charge Transfer between Plasmonic Metal and Semiconductor Nanostructures
3. 学会等名 The 31st International Conference on Photochemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akihiro FURUBE, Kohei SASAKI, Tatsuki KOKUFU, Tetsuro KATAYAMA, Pankaj KOINKAR
2. 発表標題 Ultrafast Spectroscopy of WS ₂ /Au Nanohybrid System Fabricated by Pulsed Laser Ablation in Liquid
3. 学会等名 光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Junli Wang and Akihiro Furube
2. 発表標題 Monte Carlo Simulation of Electron Diffusion in Nano-Space for Analyzing Transient Absorption Dynamics of Plasmon-Induced Charge Transfer
3. 学会等名 光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村瀬 将起、片山 哲郎、古部 昭広
2. 発表標題 3D堆積AgナノワイヤーによるTiO ₂ 光触媒の可視光応答性増大とその電荷分離機構
3. 学会等名 光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Junli Wang, Pankaj Koinkar, Akihiro Furube
2. 発表標題 Simulation Analysis of Electron Diffusion in Circular Semiconductor Nanostructure after Ultrafast Electron Injection from Attaching Gold Nanoparticles
3. 学会等名 4th International Conference on Nanomaterials and Advanced Composites
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akash Sawate, Tetsuro Katayama, Akihiro Furube, Pankaj Koinkar
2. 発表標題 Hydrothermal synthesis of Pd/MoO ₃ /rGO ternary composite for improved photocatalytic performance in methylene blue under visible light
3. 学会等名 4th International Conference on Nanomaterials and Advanced Composites
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akihiro Furube, Kejun Wu, and Pankaj Koinkar
2. 発表標題 Preparation and Characterization of WS ₂ -TiO ₂ -Au Nanohybrid System Using Hydrothermal Synthesis for Photocatalysis Under Visible Light
3. 学会等名 241st ECS Meeting (Web会議) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tatsuki Kokufu, Daichi Nakayama, Tetsuro Katayama, Koinkar Pankaj, Akihiro Furube
2. 発表標題 Characterization of tungsten sulfide nanosheets attached on gold nanoparticles modified SERS active substrates
3. 学会等名 The 13th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 雑賀 敬、片山 哲郎、古部 昭広
2. 発表標題 金ナノ粒子と窒化ガリウム微粒子の複合材料の作製と界面電荷ダイナミクス
3. 学会等名 2022年光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鶴崎 勇斗、國府 樹、片山 哲郎、古部 昭広
2. 発表標題 酸化チタン被覆金ナノ粒子配列体薄膜における活性酸素発生効率の膜厚依存性
3. 学会等名 2022年光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村瀬 将起、片山 哲郎、古部 昭広
2. 発表標題 3D堆積Agナノワイヤー/TiO ₂ を用いた可視応答光触媒シートの開発と電荷分離ダイナミクス
3. 学会等名 2022年光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古部 昭広
2. 発表標題 プラズモン金属修飾半導体ナノ構造による光エネルギー変換プロセスのメカニズム
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第35回秋季シンポジウム (Web会議) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akihiro Furube
2. 発表標題 Femtosecond Dynamics of Photoenergy Conversion by Plasmonic Metal Modified Semiconductor Nanostructures
3. 学会等名 pLED International symposium 2023: Exploring Invisible Light Technology (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Junli Wang and Akihiro Furube
2. 発表標題 Simulation Methods Analysis of Electron Diffusion in TiO ₂ Nanostructure after Ultrafast Electron Injection from Attaching Gold Nanoparticles Measured by Transient Absorption
3. 学会等名 pLED International symposium 2023: Exploring Invisible Light Technology (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 雑賀敬, 片山哲郎, 古部昭広
2. 発表標題 液中レーザーアブレーション法を用いたp-GaNとAuのナノ複合材料の作製と分光特性評価
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鶴崎 勇斗, 國府 樹, 片山 哲郎, 古部 昭広, 松尾 保孝
2. 発表標題 顕微ラマン分光法による酸化チタン被覆金ナノ粒子配列体薄膜の構造解析
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Siddhant Dhongade, Tetsuro Katayama, Pankaj Koinkar, Maki Yutaro and Akihiro Furube
2. 発表標題 Charge Carrier Dynamics of In ₂ Se ₃ Nanocubes and Plasmonic Composites Fabricated By Laser Ablation As Primary Processes of Solar Energy Conversion
3. 学会等名 239th ECS Meeting (Web会議) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 國府 樹, 中山 大知, 片山 哲郎, コインカー パンカジ, 古部 昭広
2. 発表標題 硫化タングステン微粒子を修飾した金ナノ粒子ガラス基板の作製とその分光特性評価
3. 学会等名 応用物理・物理系 中国四国支部合同学術講演会 (Web会議)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古部 昭広, 片山 哲郎
2. 発表標題 プラズモン材料およびペロブスカイト単一結晶における電荷移動ダイナミクス
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会 (Web会議) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wu Kejun, Pankaj Koinkar and Akihiro Furube
2. 発表標題 Photocatalytic performance under visible light of composite WS ₂ /TiO ₂ /Au synthesized by ultrasonication and hydrothermal method
3. 学会等名 9th International Conference on Advanced Materials Development & Performance (Web会議) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kokufu Tatsuki, Nakayama Daichi, Tetsuro Katayama, Pankaj Koinkar and Akihiro Furube
2. 発表標題 Fabrication and Spectroscopic Characterization of Gold Nanoparticle Arrays Modified with Tungsten Sulfide Particles
3. 学会等名 11th Asian Photochemistry Conference (Web会議) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 國府 樹, 片山 哲郎, コインカー パンカジ, 古部 昭広
2. 発表標題 硫化タングステンナノシート及び金ナノ粒子を修飾したSERS活性基板の作製とその分光特性評価
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

徳島大学 教育研究者総覧 古部昭広 http://pub2.db.tokushima-u.ac.jp/ERD/person/292878/work-ja.html
--

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			
中国	Jilin University			
その他の国・地域	国立台湾科技大学			