

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05190

研究課題名(和文) フェムト秒顕微過渡吸収測定法によるペロブスカイト結晶中の励起子ポラリトン挙動解明

研究課題名(英文) Unraveling the exciton-polariton dynamics in a perovskite crystal by femtosecond microscopy

研究代表者

片山 哲郎 (KATAYAMA, Tetsuro)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・助教

研究者番号：80592360

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ハロゲン化鉛ペロブスカイト結晶を対象とし、時・空間分解能を有するフェムト秒顕微過渡吸収分光手法と偏光解消実験を組み合わせ、光生成するホットキャリアおよび励起子ポラリトン状態の時空間ダイナミクスを測定し、その物理化学的な性質を明らかにした。実験では我々の有する既存の計測装置に本研究費で購入したBBO結晶を含む消耗品により非同軸パラメトリック発振器を自作し、波長可変、単一波長の過渡吸光度イメージング計測、スーパーコンティニューム光による顕微過渡吸収スペクトル計測、の二点を計測できるように構築し、ハロゲン化鉛ペロブスカイト結晶のキャリア分布と電子スペクトル形状変化を解明にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

顕微過渡吸収スペクトル計測において観測光の偏光を結晶軸に対して垂直および平行条件で計測した場合、過渡吸光度スペクトルに明確な偏光依存性があった。この結果は励起直後の電子状態から強く偏光に依存性を示す電子状態が存在しており、この結果から励起ポラリトンが初期の電子状態に含まれていることが明らかとなった。本研究成果は誘導放出増幅に対する知見だけでなく、励起子ポラリトンを利用した次世代型光電変換系の材料設計指針を提出する上でも重要である。

研究成果の概要(英文)：Hot carrier and exciton polariton states dynamics were observed in lead halide perovskite crystals by femtosecond transient absorption spectroscopy. In the experiment, we constructed a non-collinear parametric amplifier using BBO crystal and other consumables purchased with this research grant and our existing measurement system, so that we can measure two points: 1) transient absorbance imaging at a tunable wavelength, and 2) microscopic transient absorption spectrum measurement using supercontinuum light. We have clarified the carrier distribution and changes in the shape of the electronic spectrum of lead halide perovskite crystals.

研究分野：光化学、物理化学

キーワード：ハロゲン化鉛ペロブスカイト 顕微過渡吸収分光 励起子ポラリトン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

電子励起状態分子はエネルギーや物質変換、光機能発現等において重要な役割を果たしている。しかし電子励起状態利用には(1)光機能発現やエネルギー・物質変換に応用が想定される比較的大きな多原子分子の余剰エネルギーは、数十フェムト秒から数ピコ秒の時間内で、迅速に緩和されてしまう(Kasha 則)。また、(2)集合体系において多くの励起分子が生成しても分子間の迅速な消滅過程(励起子 annihilation)により最終的にはごく少数の励起分子しか残らないなど、光量子や光強度等の光エネルギー利用には大きな制限が存在する。近年、この光エネルギー緩和による制限を超えた反応が報告されてきている。

一例を挙げると、近年の光電変換材料では振動未緩和の励起状態が、続く電荷移動(CT)や電荷分離反応を経るとき、最低振動励起状態からの電子移動反応と比べて二桁から三桁大きな速度定数で進行するホット電子移動反応が近年盛んに研究されてきている。この未緩和電子状態が重要な点は、高い移動速度以外にも高い電圧を維持したまま電荷を抽出できる点も挙げられる。一般的に緩和状態からの電子移動反応を利用した光電変換材料において、その光電変換効率はバンド間の吸収可能な波長域と、バンドギャップに起因した取り出し可能な電圧の関係から32.7%程度が限界となる(W. Shockley *et al. J. Appl. Phys.* 1961)。一方で、未緩和電子状態からの電荷担体を取り出し可能とすると、66%程度の変換効率が可能であることが理論的に示唆されている(A. J. Nozik *et al. J. Appl. Phys.* 1982)。

また集合体系では、励起状態(励起子)と光(誘導放出)が強く結合した励起子ポラリトンの生成も化学系試料で多く観測されており、光吸収、発光の効率を大きく増大させる結果も報告されてきている。この励起子ポラリトンはボース粒子(フォトン)と結合した量子状態であるため、互いに相互作用しない。したがって上述の制限である励起子 annihilation から逃れた電子状態であり、かつ高い易動度を示す電子状態である。

このホットキャリアや励起子ポラリトンを化学の観点からどのようにして制御するか、という学術的な問いに対する答えが次世代光電変換材料系の実現のために必要であるが、ホットキャリアや励起子ポラリトン状態は短い時間領域または局所的な空間領域に存在しているため、未解明な点が多い。

2. 研究の目的

本研究では有機-無機ハイブリッド型ペロブスカイト結晶に対して上述のホットキャリア、および励起子ポラリトンを時間・空間分解分光により検出しつつ、これらの電子状態の制御因子を解明することを目的とする。

ホットキャリアおよび励起子ポラリトンを観測するためには、時空間分解分光が必要となってくる。その手法として申請者が報告してきたフェムト秒過渡吸収顕微鏡を用いる。過渡吸収分光手法は原理的にパルス光を用いるため数十フェムト秒のダイナミクスから観測することが可能であり、数百フェムト秒以内で緩和するホットキャリア、励起子ポラリトンの観測に適した分光手法である。これまで過渡吸収顕微鏡でホットキャリアを観測した例は国内外では一例のみである(Libai Huang *et al. Science* 2016)。また励起子ポラリトンの過渡吸収顕微鏡による時空間分

解研究例はない。特に、励起子ポラリトンはフォトンと相互作用した励起子であり、ボース粒子として考えられている。この場合、空間分解でその挙動を観測すると、粒子間で衝突せずに拡散するため液体状態の流体のふるまいを考えると考えられ、これらから励起子ポラリトン同士の相互作用の強さや、易動度を観測することができる。これらを時空間分解で定量的に解析した例はない。また、一般的にはホットキャリアは余剰エネルギーを持った電子や正孔(フェルミ粒子)として現在取り扱われているが、電子-電子衝突や励起子 annihilation の報告例はなく、なぜ電子-電子衝突や励起子 annihilation が生じないかということはこれまで議論されてきていない。このホットキャリアが時空間分解で流体的なふるまいをするか、衝突拡散的なふるまいをするか詳細に解析することにより、本質的に光との相互作用が続いておりボース粒子的にふるまっているのか、やはりフェルミ粒子としてふるまっており、緩和時間内では衝突回数が低いため粒子間の衝突が観測されないか、という学術的な知見を化学の観点から得ることに、本実験に狙いがあり、学術的独自性がある。

本研究により微小空間におけるホットキャリア、励起子ポラリトンの電子状態の生成、消失因子を明らかにすることは基礎的な知見の蓄積だけでなく、これらの電子状態を利用した次世代型光電変換系、有機 EL 系の材料設計指針を提出するという応用研究の観点からも重要である。特にホットキャリアはトランジスタの劣化因子でもあり、ホットキャリアの基礎的な知見は光電変換系に限らず、情報通信、ウェアラブルな医療系電子デバイスに関する応用研究発展にも貢献し、情報、医療の産業に対する研究開発速度の向上も期待される。

3. 研究の方法

本研究では**有機-無機ハイブリッド型ペロブスカイト結晶($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ ($\text{X}=\text{Cl, Br, I}$))を対象に上述のホットキャリア、および励起子ポラリトンを時空間分解分光により検出しつつ、これらの易動度、生成・消失因子を解明する**。有機-無機ハイブリッド型ペロブスカイト材料は、光電変換効率が 20% を超える太陽電池材料として、また有機 EL や低閾値レーザー発振媒体としての発光材料としても期待されている系であり、近年では特異的に長いホットキャリア寿命を持ち(X.Y.Zhu *et al. Science*, 2015)、励起子ポラリトン生成によるレーザー発振(K. Park *et al. JPC. Lett*, 2016)を示すことが報告されており、この研究に最も適した研究試料である。この $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ 結晶に対して既存の顕微過渡吸収分光測定装置により、顕微鏡下の結晶の励起子ダイナミクス測定を行うことによって(1)時間分解電子スペクトル(2)過渡吸光度画像の時間変化を取得することができる。これらのデータから、まず(1)電子スペクトル形状変化から、電子状態がホットキャリア、励起子ポラリトンが消失する過程が観測される。次に(2)過渡吸光度の画像から空間的なキャリア濃度分布が得られ、濃度分布の変化からレート方程式を用いてキャリアの易動度を求めることが可能となる。また衝突モデル式に変更することでダイナミクスの時系列解析からホットキャリア、励起子ポラリトンのふるまいを明らかにする。また、試料結晶の形状や、励起波長(余剰エネルギーの大きさ)による信号挙動の違いをそれぞれ比較することにより、ホットキャリアおよび励起子ポラリトンの生成収率および寿命を導きだし、それぞれの生成、消失因子について知見を得る。

4. 研究成果

2019 年 7 月に徳島大学に異動し、初年度は装置を立ち上げ、本研究を開始した。また、立ち上げた装置では、本研究にかかわる二人の学部四年生の研究だけでなく、共同研究として修士論文にかかわる修士二年生の研究、修士一年生の研究、早稲田大学の学生、吉林大学

の留学生、台湾科学技術大学の学生、北海道大学の学生とかかわりながら、広く装置を活用し、顕微過渡吸収分光計測装置の高精度化を行った。

2020年度は顕微鏡下において、単一微結晶ごとの電子状態ダイナミクスを計測し、その初期の電子状態解明を遂行した。初年度は単色の観測光で時空間ダイナミクス計測を行ってきたが、得られた過渡種の信号の帰属が困難であった。そこで本年度は顕微鏡下で電子スペクトル計測が行えるように、フェムト秒パルス光で白色光を発生させ、スペクトル測定を遂行した。四つのCMOS検出器が連なる(縦81ch.横2048ch.)検出器を用いることで、400-1100nmを一括検出可能な顕微鏡下の過渡球種測定装置を構築し、比較的広い観測波長域での単一微結晶計測を遂行した。複雑な振動信号がスペクトルに現れ、これらを結晶のポラリトンモデル、電場変調モデルとして取り扱った数値計算を遂行し、ダイナミクスの起源を検証した。

2021年度ではハロゲン化鉛ペロブスカイト結晶を対象とし、時・空間分解能を有するフェムト秒顕微過渡吸収分光手法と偏光解消実験を組み合わせ、光生成するホットキャリアおよび励起子ポラリトン状態の時空間ダイナミクスを測定し、その物理化学的な性質を明らかにした。実験では我々の有する既存の計測装置に本研究費で購入した消耗品により非同軸パラメトリック発振器を自作し、(1)波長可変、単一波長の過渡吸光度イメージング計測、(2)スーパーコンティニューム光による顕微過渡吸収スペクトル計測、の二点を計測できるように構築し、ハロゲン化鉛ペロブスカイト結晶のキャリア分布と電子スペクトル形状変化を解明した。その結果、顕微過渡吸収イメージング計測から励起直後から生じる幾何学模様をした不均一なキャリア分布が観測された。これは誘導放出光の増大が局所的に発生し、キャリア消失に空間的不均一性が観測されたことを示唆している。また顕微過渡吸収スペクトル計測において観測光の偏光を結晶軸に対して垂直、偏光で計測した場合、過渡吸光度スペクトルに明確な偏光依存性があった。この結果は励起直後の電子状態から強く偏光に依存性を示す電子状態が存在しており、この結果から励起ポラリトンが初期の電子状態に含まれているが明らかとなった。本研究成果は誘導放出増幅に対する知見だけでなく、励起子ポラリトンを利用した次世代型光電変換系の材料設計指針を提出する上でも重要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12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 0件）

1. 著者名 Nakayama Daichi, Koinkar Pankaj, Katayama Tetsuro, Furube Akihiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Creation of three dimensional octahedral tin oxide nanostructure produced by laser ablation in liquid	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Modern Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217984922420027	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 Yagishita Fumitoshi, Hoshi Keita, Mukai Shoma, Kinouchi Takashi, Katayama Tetsuro, Yoshida Yasushi, Minagawa Keiji, Furube Akihiro, Imada Yasushi	4. 巻 11
2. 論文標題 Effect of Phenolic Substituent Position in Boron Complexes of Imidazo[1,5 a]pyridine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202200040	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 Hasebe Shodai, Hagiwara Yuki, Takechi Kyoko, Katayama Tetsuro, Furube Akihiro, Asahi Toru, Koshima Hideko	4. 巻 34
2. 論文標題 Polymorph-Derived Diversification of Crystal Actuation by Photoisomerization and the Photothermal Effect	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 1315 ~ 1324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.1c04007	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 Hoshi Keita, Itaya Masami, Tahara Koki, Matsumoto Airi, Tabata Atsuhiko, Nagamune Hideaki, Yoshida Yasushi, Hase Eiji, Minamikawa Takeo, Yasui Takeshi, Katayama Tetsuro, Furube Akihiro, Minagawa Keiji, Imada Yasushi, Yagishita Fumitoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Two-photon excitable boron complex based on tridentate imidazo[1,5-a]pyridine ligand for heavy-atom-free mitochondria-targeted photodynamic therapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 26403 ~ 26407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1ra05059a	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 Koinkar Pankaj, Sasaki Kohei, Katayama Tetsuro, Furube Akihiro, Sugano Satoshi	4. 巻 35
2. 論文標題 Laser assisted synthesis of WS2 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 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 Hasebe Shodai, Hagiwara Yuki, Komiya Jun, Ryu Meguya, Fujisawa Hiroki, Morikawa Junko, Katayama Tetsuro, Yamanaka Daiki, Furube Akihiro, Sato Hiroyasu, Asahi Toru, Koshima Hideko	4. 巻 143
2. 論文標題 Photothermally Driven High-Speed Crystal Actuation and Its Simulation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 8866 ~ 8877
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c03588	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 Dhongade Siddhant, Koinkar Pankaj, Katayama Tetsuro, Maki Yutaro, Furube Akihiro	4. 巻 411
2. 論文標題 Charge separation dynamics in In ₂ Se ₃ /ZnO/Au ternary system for enhanced photocatalytic degradation of methylene blue under visible light	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry	6. 最初と最後の頁 113208 ~ 113208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2021.113208	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 Dhongade Siddhant, Koinkar Pankaj, Katayama Tetsuro, Maki Yutaro, Furube Akihiro	4. 巻 411
2. 論文標題 Charge separation dynamics in In ₂ Se ₃ /ZnO/Au ternary system for enhanced photocatalytic degradation of methylene blue under visible light	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry	6. 最初と最後の頁 113208 ~ 113208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2021.113208	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 Takeuchi Eisuke, Muramatsu Masayasu, Yoneda Yusuke, Katayama Tetsuro, Iwamoto Akira, Nagasawa Yutaka, Miyasaka Hiroshi	4. 巻 153
2. 論文標題 Vibrational decoherence induced by ultrafast intramolecular charge separation of an asymmetric bianthryl derivative	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 084307 ~ 084307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0018482	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 Tetsuro Katayama	4. 巻 5
2. 論文標題 半導体微粒子の超高速分光計測	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 光化学	6. 最初と最後の頁 132 ~ 137
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 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 Kamakura Yoshinobu, Chinapang Pondchanok, Masaoka Shigeyuki, Saeki Akinori, Ogasawara Kazuyoshi, Nishitani Shigeto R., Yoshikawa Hirofumi, Katayama Tetsuro, Tamai Naoto, Sugimoto Kunihisa, Tanaka Daisuke	4. 巻 142
2. 論文標題 Semiconductive Nature of Lead-Based Metal?Organic Frameworks with Three-Dimensionally Extended Sulfur Secondary Building Units	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 27 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b10436	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 Okuhata Tomoki, Katayama Tetsuro, Tamai Naoto	4. 巻 124
2. 論文標題 Ultrafast and Hot Electron Transfer in CdSe QD?Au Hybrid Nanostructures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 1099 ~ 1107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b09042	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 -

〔学会発表〕 計31件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Akihiro Furube, Maki Yutaro, Tetsuro Katayama and Chen Liang-Yih
2. 発表標題 Ultrafast Carrier Dynamics in Hematite Photoanode Decorated with Au nanorods under NIR Plasmon Excitation
3. 学会等名 7th International Forum on Advanced Technologies (国際学会)
4. 発表年 2021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 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林 卓登, 赤木 裕一郎, 片山 哲郎, 古部 昭広
2. 発表標題 走査型近接場光学顕微鏡による有機無機ペロブスカイト微結晶の形状および吸光特性
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤田 優真, 赤木 裕一郎, 片山 哲郎, 古部 昭広
2. 発表標題 フェムト秒顕微過度吸収スペクトル測定装置を用いたCH ₃ NH ₃ PbBr ₃ 微結晶のキャリアダイナミクス
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 星 恵太, 上田 昭子, 片山 哲郎, 古部 昭広, 南川 慶二, 河村 保彦, 今田 泰嗣, 八木下 史敏
2. 発表標題 テトラアリアル[3]クムレン類の光二量化とその二量体の結晶化誘起発光
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片山 哲郎, 藤田 優真, 赤木 裕一郎, 古部 昭広
2. 発表標題 フェムト秒顕微過渡吸収スペクトル測定法によるCH ₃ NH ₃ PbBr ₃ 単一微結晶の非線形発光ダイナミクス計測
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷部 翔大, 萩原 佑紀, 劉 芽久哉, 藤澤 弘樹, 森川 淳子, 片山 哲郎, 古部 昭広, 朝日 透, 小島 秀子
2. 発表標題 Diverse mechanical motions of polymorphic crystals based on photoisomerization and photothermal effect
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 星 恵太, 片山 哲郎, 古部 昭広, 南川 慶二, 今田 泰嗣, 八木下 史敏
2. 発表標題 テトラアリアル[3]クムレンの光二量体合成と発光特性評価
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田原 晃生, 板家 将海, 田端 厚之, 長宗 秀明, 片山 哲郎, 古部 昭広, 南川 慶二, 今田 泰嗣, 八木下 史敏
2. 発表標題 イミダゾ[1,5-a]ピリジン三座配位子-ホウ素錯体の合成および構造と光物性評価
3. 学会等名 2021年光化学討論会
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

1. 発表者名 新居 大祐, 片山 哲郎, 古部 昭広
2. 発表標題 再沈法で作製したルブレングラフェン微結晶における光学特性のサイズ依存性と励起子分裂過程の時間分解分光観測
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

1. 発表者名 片山 哲郎, 藤田 優真, 山本 輝, 赤木 裕一郎, 古部 昭広
2. 発表標題 フェムト秒顕微鏡分光法を用いたハロゲン化鉛ペロブスカイト結晶中のキャリアダイナミクスの偏光依存性
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 山本 輝、藤田 優真、赤木 裕一郎、片山 哲郎、古部 昭広
2. 発表標題 フェムト秒顕微過渡吸収分光法によるMoS ₂ 薄膜におけるキャリアダイナミクスの観測
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 Yuichiro Akagi, Tetsuro Katayama, Akihiro Furube
2. 発表標題 Visualization of the Nonlinear Emission Dynamics of Organic-inorganic Perovskite Microcrystal System using Femtosecond Transient Absorption Microscopy
3. 学会等名 12th Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics, HOPV20 Online Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuro Katayama, Yuichiro Akagi, Akihiro Furube
2. 発表標題 Hot Carrier Transport Modeling for Nonlinear Emission Dynamics in a CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ Microcrystal by Femtosecond Transient Absorption Microscopy
3. 学会等名 12th Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics, HOPV20 Online Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 片山哲郎、大隅優、コインカーパンカジ、古部昭広
2. 発表標題 フェムト秒レーザーアブレーションを用いて作製したBi ₂ Se ₃ 微粒子系のキャリアダイナミクス
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yutaro MAKI, Masahiro OKAZAKI, Tetsuro KATAYAMA, Akihiro FURUBE, Liang-Yih CHEN
2. 発表標題 eneration of Long-lived Charges by Near-infrared Plasmon Resonance of Hematite Photoanode Decorated with Gold nanorods
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 星 恵太、上田 昭子、片山 哲郎、古部 昭広、南川 慶二、河村 保彦、今田 泰嗣、八木下 史敏
2. 発表標題 テトラアリアル[3]クムレン類の光二量化とその二量体の結晶化誘起発光
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷部 翔大、萩原 佑紀、劉 芽久哉、藤澤 弘樹、森川 淳子、片山 哲郎、古部 昭広、朝日 透、小島 秀子
2. 発表標題 多形結晶の光異性化と光熱効果による多様なメカニカル運動
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 片山 哲郎、藤田 優馬、赤木 裕一郎、古部 昭広
2. 発表標題 フェムト秒顕微過渡吸収スペクトル測定法によるCH ₃ NH ₃ PbBr ₃ 単一微結晶の非線形発光ダイナミクス計測
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田 優真、赤木 裕一郎、片山 哲郎、古部 昭広
2. 発表標題 フェムト秒顕微過度吸収スペクトル測定装置を用いたCH ₃ NH ₃ PbBr ₃ 微結晶のキャリアダイナミクス
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤木 裕一郎、藤田 優真、片山 哲郎、古部 昭広
2. 発表標題 フェムト秒顕微過度吸収スペクトル測定装置を用いたによる有機-無機ペロブスカイトCH ₃ NH ₃ PbBr ₃ 微結晶系の非線形発光ホットキャリアダイナミクスの観測
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林 卓登、赤木 裕一郎、片山 哲郎、古部 昭広
2. 発表標題 走査型近接場光学顕微鏡による有機無機ペロブスカイト微結晶の形状および吸光特性
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuro Katayama, Yuichiro Akagi, Akihiro Furube
2. 発表標題 Hot Carrier Transport Modeling for Nonlinear Emission Dynamics in a CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ Microcrystal by Femtosecond Transient Absorption Microscopy
3. 学会等名 HOPV2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuichiro Akagi, Tetsuro Katayama, Akihiro Furube
2. 発表標題 Visualization of the Nonlinear Emission Dynamics of Organic-inorganic Perovskite Microcrystal System using Femtosecond Transient Absorption Microscopy
3. 学会等名 HOPV2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akihiro Furube, Koki Mori, Tetsuro Katayama, Shih-Hsuan Chen, Liang-Yih Chen
2. 発表標題 Charge Carrier Dynamics of CsPbBr ₃ Perovskite Quantum Dots Showing Water Treatment Effect of Photoluminescence Efficiency
3. 学会等名 HOPV2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fujitaka Ayana, Usui Yuta, Tetsuro Katayama and Tamai Naoto
2. 発表標題 Exciton Dynamics of Small Sized InP Quantum Dots and Its Core-shell Structure
3. 学会等名 The 29th International Conference on Photochemistry, ULPhoto_P14, Boulder, Colorado, USA, July, 2019, Boulder, Colorado, USA, Jul. 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuji Kosuke, Usui Yuta, Tetsuro Katayama and Tamai Naoto
2. 発表標題 Hot Electron Transfer Dynamics of CdSe/ZnS Quantum Dots-Methyl Viologen Systems
3. 学会等名 The 29th International Conference on Photochemistry, ULPhoto_P14, Boulder, Colorado, USA, July, 2019, Boulder, Colorado, USA, Jul. 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tanabe Yoko, Kori Shota, Usui Yuta, Tetsuro Katayama and Tamai Naoto
2. 発表標題 Elementary Carrier Relaxation and Transfer Processes of ZnSe QDs
3. 学会等名 The 29th International Conference on Photochemistry, ULTPhoto_P14, Boulder, Colorado, USA, July , 2019, Boulder, Colorado, USA, Jul. 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kataoka Taisei, Usui Yuta, Shibayama Daiki, Tetsuro Katayama, Morimoto Masakazu, Irie Masahiro and Tamai Naoto
2. 発表標題 Photochromic Reaction of CdTe Quantum Dots-Diarylethene Derivative Hybrid System In Silent Wavelength
3. 学会等名 The 29th International Conference on Photochemistry, ULTPhoto_P14, Boulder, Colorado, USA, July , 2019, Boulder, Colorado, USA, Jul. 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tamai Naoto, Wang Li, Jung Sunna, Tetsuro Katayama, Kamada Kenji and Hamura Toshiyuki
2. 発表標題 Intramolecular Singlet Fission in Acene Dimers and Trimers: Rate Difference Exists?
3. 学会等名 The 29th International Conference on Photochemistry, ULTPhoto_P14, Boulder, Colorado, USA, July , 2019, Boulder, Colorado, USA, Jul. 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019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

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