

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01958

研究課題名(和文) プラズモニックナノ構造を駆使した多励起子緩和過程制御法の確立

研究課題名(英文) Control of multiexciton relaxation process by using plasmonic nanostructures

研究代表者

増尾 貞弘 (Masuo, Sadahiro)

関西学院大学・理工学部・教授

研究者番号：80379073

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：発光材料や光電子デバイスの高効率化には、効率的に励起子を生成させ、その励起子を有効に活用することが必要不可欠である。しかしながら、複数の励起子(多励起子)が生成すると「励起子消滅」が起こり励起子は失活してしまう。本研究では、金属ナノ構造からなるプラズモニックナノ構造を駆使し「励起子消滅が起こる前に多励起子から多光子を取り出す、または励起子消滅後に1つの励起子から1つの光子を取り出す方法」を確立することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで多励起子緩和過程の制御は、分子設計や化合物の組み合わせ、サイズ制御など、材料設計だけで行われている。例えば、有機ELなどの発光体であれば、アモルファス材料を用いて凝集を防止、励起子消滅(濃度消光)を抑制して発光効率が高くなるように工夫する。本研究はプラズモニックナノ構造を駆使することで、材料に依存することなく多励起子から多光子を取り出す方法を世界にさきがけて確立したものであり、学術的に重要なだけでなく、発光材料・発光デバイスを高輝度化させる新たな方法として多大な波及効果が期待される。

研究成果の概要(英文)：In order to create and improve the efficiency of luminescent materials and optoelectronic devices, it is indispensable to efficiently generate excitons and effectively utilize the excitons. However, when multiple excitons are generated in the system, exciton annihilation process occurs, thus, the excitons are deactivated by the process. In this study, the plasmonic nanostructure consisting of metal nanostructures were utilized to control the exciton dynamics. I succeeded in establishing the methods to control the exciton dynamics by using the plasmonic nanostructures.

研究分野：光物理化学

キーワード：量子ドット プラズモン 単一分子検出 単一光子 ナノ粒子 発光

1. 研究開始当初の背景

有機結晶や半導体などのバルク材料中に複数の励起子(多励起子)が生成すると、励起子同士の相互作用により、1つの励起子は熱失活し、1つの励起子のみが残る「励起子消滅過程」が起こる。有機化合物などでは、濃度消光として知られる過程である。この過程は励起子数を減少させるため、発光材料や光電子材料など励起子の有効活用の観点からは抑制すべき過程である。

一方、我々はこれまで励起子消滅を積極的に活用することで、ナノメートルにサイズ制御した「ナノサイズ発光体」は単一光子を放射可能なことを見出してきた。ナノサイズにすると、励起子消滅により1つの励起子が残る確率が高くなり、その励起子が発光することにより単一光子が放射される。単一光子発生源は次世代量子情報技術に必要不可欠なものである。

「励起子の有効活用」、および「高効率な単一光子発生源の創製」のどちらにおいても、「励起子消滅が起こる前に多励起子から多光子を取り出す、または励起子消滅後に1つの励起子から1つの光子を取り出す」という自在な制御(これを本研究では「多励起子緩和過程の制御」と呼ぶ)は必要不可欠である。これまで多励起子緩和過程の制御は、分子設計や化合物の組み合わせ、サイズ制御など、材料設計だけで行われてきた。高効率な発光材料や光電子材料の創製には、新たな制御法の確立が必要不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、金属ナノ構造からなるプラズモニックナノ構造を駆使し、多励起子緩和過程の制御を行うことをねらいとした。プラズモニックナノ構造がナノサイズ発光体の多励起子緩和過程に与える影響を系統的に解明し、多励起子緩和過程の制御方法を確立することを目的とした。1つの金属ナノ構造と相互作用した1つのナノサイズ発光体から放射される発光光子数を観測することで、メカニズムを詳細に解明する。無機、および有機材料から作製されたナノサイズ発光体を用いることで、幅広い物質を対象とした多励起子緩和過程制御法の確立を目指した。本研究ではモデルとしてナノサイズ発光体を用いるが、得られる成果は、サイズを問わずすべての物質中の励起子に適用可能な概念となる。

3. 研究の方法

金属ナノ構造による励起子からの光子取り出しは、発光体に生成した励起子が、双極子相互作用により金属ナノ粒子にエネルギー移動することで金属ナノ粒子に局在プラズモンが生成し、そのプラズモンが光放射することによると考えられている。つまり、発光体から金属ナノ構造への高効率なエネルギー移動を誘起させる必要があり、以下の条件が必要となる。

- ・発光体の発光スペクトルと金属ナノ構造のプラズモン共鳴波長が重なりをもつ。
- ・発光体と金属ナノ構造間の距離をシングルナノメートルレベルで制御する。

このエネルギー移動速度を励起子消滅速度より速くするか遅くするかにより、「多励起子から多光子を取り出す、または、1つの励起子から単一光子を取り出す」という制御が可能になると考えた。また、金属ナノ粒子に生成した局在プラズモンの光放射効率は、金属ナノ構造に依存すると考えられ、これも光取り出しの高効率化に影響を与える。これらの考えを踏まえ、以下の方法・計画により研究を遂行した。

ナノサイズ発光体と金属ナノ構造を相互作用させる方法としては、以下の考えに基づき方法(1)(2)を駆使した。金属ナノ構造のプラズモン共鳴波長は、金属構造のサイズ・形状に依存する。よって、エネルギー移動速度を制御するためには、1つのナノサイズ発光体に対し、明確なサイズ・形状の金属ナノ構造1つを、シングルナノメートルレベルで距離制御して近づける必要がある。距離が近すぎると発光体から金属ナノ構造へ電子移動が起き、励起子が失活する。この距離制御として、以下の2つの方法を用いた。

- (1)原子間力顕微鏡(AFM)の探針で金属ナノ構造を動かし、発光体に近づける(AFMマニピュレーション法)。
- (2)AFMの探針を金属(銀)コートすることで金属ナノ構造とし、これを発光体に近づける(銀コートAFM探針法)。

顕微分光システムの倒立型顕微鏡のステージ上にAFMを設置し、(1)(2)の方法で距離制御することにより、以下の計画で研究を遂行した。

研究計画：励起子消滅速度とエネルギー移動速度の関係が多励起子緩和過程制御に与える影響の解明

ナノサイズ発光体として、半導体量子ドット(QD)を用いた。QDの場合、励起子消滅速度は、サイズ・形状により正確に決定できることが用いる理由である。同じ形状であれば、サイズが小さいほど励起子消滅速度が速くなる。(1)(2)の方法を駆使し、1つの量子ドットに対し、1つの金属ナノ構造を近づけ、距離制御によりエネルギー移動速度を制御する。サイズの異なる量子ドットを用いることで、励起子消滅速度とエネルギー移動速度の関係が、多励起子緩和過程制御に与える影響を検討した。

研究計画 : 光子取り出し効率と金属ナノ構造の相関解明

エネルギー移動により金属ナノ構造に生成したプラズモンの光放射効率は、金属の種類、サイズ、形状等に依存すると考えられる。そこで、励起子からの高効率な光子取り出しを達成するため、光放射効率の高い金属ナノ構造を探索した。金属ナノ粒子に加え、一次元周期構造からなるプラズモニック構造も用い、光子取り出し効率を評価した。

4. 研究成果

研究計画

-1. CdSe/ZnS QD を用いた銀コート AFM 探針法

QD として、粒径が 5 nm 程度の CdSe/ZnS コア/シェル QD を用いた。顕微鏡下において、単一 QD に銀コート AFM 探針を距離制御して近づけることにより、距離と多励起子緩和過程制御の相関を検討した。また、プラズモンを励起できる、およびできない 2 つの励起波長を用いることにより、励起の増強が与える影響についても検討した。まず、励起増強が起こらない励起波長を用い、AFM 探針を単一 QD に近づけながら発光挙動を測定したところ、距離が短くなるにつれて、QD の発光強度の減少が観測された。この結果から、銀コート AFM 探針を QD と相互作用させた場合、QD から AFM 探針へのエネルギー移動が誘起されるが、そのエネルギー移動により AFM 探針に生成するプラズモンは光放射せず、熱失活すること、すなわち、発光消光が起こることがわかった。一方、励起増強が起こる励起波長では、距離が短くなるにつれ、QD の発光強度の増加と多光子発生が観測された。これらの結果から、励起増強と発光消光を組み合わせることで、発光増強された多光子発光が得られることを見出した。この結果は、励起増強による多励起子生成と、励起子状態からのエネルギー移動による失活により、多励起子状態からの多光子発光が増強して観測されることに基づくと結論した。

-2. CdSe/ZnS QD を用いた AFM マニピュレーション法

-1 で用いた QD に対し、直方体型の金ナノ粒子を相互作用させた。AFM マニピュレーションにより金ナノ粒子 1 つを操作し、単一 QD に近づけ発光挙動の変化を観測したところ、発光寿命の短寿命化に伴う、発光強度の増加と多光子発光が観測された。励起波長依存性から、励起増強が起こらない場合においても、上記の発光挙動変化が観測されたことから、この系では、輻射速度の増強により多光子発光が誘起されることを見出した。つまり、励起子消滅より速く輻射させることにより、複数の励起子から複数の光子を放射させることが可能なことを見出した。これは上記の -1 とは異なる結果であり、励起増強と発光消光の組み合わせ、および輻射速度の増強のどちらでも発光光子数を制御可能なことがわかった。

-3. QD の励起子消滅速度依存性

CdSe/CdS コアシェル QD でシェル厚が厚いものを合成した。この QD では、シェルの CdS 層を厚くすることにより電子がシェルに非局在化することが可能になり、励起子消滅速度が遅くなることが期待される。実際に CdSe/CdS を合成し、過渡吸収測定に励起子消滅速度を評価したところ、-1, -2 で用いた CdSe/ZnS QD と比較し、励起子消滅速度が遅いことがわかった。そこでこの CdSe/CdS QD を用い、-1 の銀コート AFM 探針法により QD と探針を相互作用させ、発光挙動の変化を詳細に観測した。CdSe/CdS QD の場合は、CdSe/ZnS QD と比べ、探針との距離が遠い場合においても、つまり相互作用が弱い場合においても、多光子発光が観測されることを見出した。つまり、励起子消滅速度が遅い系においては、より高効率に多光子発光を誘起することが可能であることがわかった。

研究計画

プラズモニック構造として、1 次元 (直線状) の周期構造 (ピッチ長 480 nm) をもつ銀構造を用い、CdSe/ZnS QD からの光子取り出しを検討した。このプラズモニック構造は、周期や形状、構造上の屈折率により、プラズモン共鳴波長を制御できるメリットがある。そこで、発光体として CdSe/ZnS QD を用い、QD の吸収波長、および発光波長とプラズモン共鳴波長の関係を制御することにより、QD からの光子取り出しとの相関を精査した。プラズモニック構造と QD 間の距離は、銀構造上のシリカ層、および QD を分散させる高分子層の厚さにより制御した。波長の関係について調べたところ、QD の吸収波長とプラズモン共鳴波長の重なりが大きい場合に QD の発光強度の増強が見られ、QD の発光波長との重なりはあまり影響を及ぼさないことがわかった。このことから、発光過程の増強よりも、励起過程の増強が顕著であることがわかった。そのため、発光が金属により消光されないように、銀-QD 間距離を 30 nm 程度にすると発光強度が平均で約 5 倍増強することを見出した。取り出せる発光光子数については、多光子発光は得られず、単一光子であることがわかった。つまり、このプラズモニック構造を用いると多光子取り出しはできず、増強した単一光子発光が得られることがわかった。

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 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 R. Usui, M. Yamauchi, Y. Ishibashi, O. Tsutsumi, T. Asahi, S. Masuo, N. Tamai, Y. Kobayashi	4. 巻 123
2. 論文標題 Kinetically and Thermodynamically Controlled Nanostructures of Perylene-Substituted Lophine Derivatives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 10145-10152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b01391	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 M. Yamauchi, K. Yokoyama, N. Aratani, H. Yamada, S. Masuo	4. 巻 58
2. 論文標題 Crystallization-Induced Emission of Azobenzene Derivatives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 14173-14178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201908121	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 H. Yoshimura, M. Yamauchi, S. Masuo	4. 巻 11
2. 論文標題 In situ Observation of Emission Behavior during Anion Exchange Reaction of a Cesium Lead Halide Perovskite Nanocrystal at the Single Nanocrystal Level	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 530-535
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.9b03204	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 M. Yamauchi, S. Masuo	4. 巻 26
2. 論文標題 Self assembly of Semiconductor Quantum Dots via Organic Templates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Eur. J.	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201905807	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 T. Katayama, H. Suenaga, T. Okuhata, S. Masuo, N. Tamai	4. 巻 122
2. 論文標題 Unravelling the Ultrafast Exciton Relaxation and Hidden Energy State in CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ Nanoparticles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 5209-5214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b01051	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 Y. Tamura, Mitsuharu Suzuki, T. Nakagawa, T. Koganizewa, S. Masuo, H. Hayashi, N. Aratani, H. Yamada	4. 巻 8
2. 論文標題 Improvement in interlayer structure of p-i-n-type organic solar cells with use of fullerene-linked tetrabenzoporphyrin as additive	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 35237-35245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8RA07398H	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 M. Yamauchi, S. Masuo	4. 巻 25
2. 論文標題 Colloidal Quantum Dot Arrangement Assisted by Perylene Bisimide Self-Assembly	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chem. Eur. J.	6. 最初と最後の頁 167-172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201805119	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 M. Yamauchi, Y. Miyamoto, M. Suzuki, H. Yamada, S. Masuo	4. 巻 21
2. 論文標題 Photoconversion of 6, 13- α -Diketopentacene Single Crystals Exhibiting Light Intensity-Dependent Morphological Change	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 6348-6353
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CP06594B	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 M. Yamauchi, S. Yamamoto, S. Masuo	4. 巻 60
2. 論文標題 Highly Ordered Quantum Dot Supramolecular Assembly Exhibiting Photoinduced Emission Enhancement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 6473-6479
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202015535	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 Y. A. Darmawan, M. Yamauchi, S. Masuo	4. 巻 124
2. 論文標題 In Situ Observation of a Photodegradation-Induced Blueshift in Perovskite Nanocrystals Using Single-Particle Spectroscopy Combined with Atomic Force Microscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 18770-18776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c04923	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 N. Yano, M. Yamauchi, D. Kitagawa, S. Kobatake, S. Masuo	4. 巻 124
2. 論文標題 Photoluminescence On/Off Switching of a Single Colloidal Quantum Dot Using Photochromic Diarylethene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 17423-17429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c05030	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 M. Yamauchi, Y. Fujiwara, S. Masuo	4. 巻 5
2. 論文標題 Slow Anion-Exchange Reaction of Cesium Lead Halide Perovskite Nanocrystals in Supramolecular Gel Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 14370-14375
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c00880	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 H. Hayashi, N. Hieda, M. Yamauchi, Y. S. Chan, N. Aratani, S. Masuo, H. Yamada	4. 巻 26
2. 論文標題 Visible Light Induced Heptacene Generation under Ambient Conditions: Utilization of Single crystal Interior as an Isolated Reaction Site	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Eur. J.	6. 最初と最後の頁 15079-15083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202002155	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89件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 中川 高輝、山内 光陽、増尾 貞弘
2. 発表標題 銀被覆AFMチップを用いた単一ペロブスカイトナノ結晶の発光挙動制御
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年度第1回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒瀬 冬馬、山内 光陽、増尾 貞弘
2. 発表標題 Snを含有したCsPbBr ₃ ペロブスカイト量子ドットの合成と発光挙動評価
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年度第1回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹村 航輝、山内 光陽、増尾 貞弘
2. 発表標題 三元系量子ドットの合成と単一レベルにおける発光挙動評価
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年度第1回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 聖也、山内 光陽、増尾 貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン-量子ドットからなる超分子構造の構築と光応答性の評価
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年度第1回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横山 幸輔、山内 光陽、増尾 貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン ピレンダイアドの結晶化誘起発光
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年度第1回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 超分子のアプローチによるコロイド状量子ドットの配列制御
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. A. Darmawan, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Direct observation of light-induced degradation process of single CsPbBr ₃ perovskite quantum dots using AFM and single molecule spectroscopy
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川高輝、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 銀被覆AFMチップによる単一CdSe/CdS量子ドットの発光光子数制御
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 花瀬勇貴、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 ジャイアントCdSe/CdS量子ドットの発光における偏光もつれ光子対の検証
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横山幸輔、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン誘導体の結晶化誘起発光
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本聖也、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼンの自己集合を利用した量子ドット超分子構造の構築
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹村航輝、岩本和奏、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 単一粒子分光測定による三元系半導体量子ドットの発光挙動評価
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒瀬冬馬、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 MAPbBr ₃ ペロブスカイト結晶の発光挙動におけるサイズ依存性
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 超分子のアプローチによる半導体量子ドットの配列制御
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹村航輝、岩本和奏、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 三元系量子ドットの合成と単一粒子分光による発光挙動評価
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横山幸輔、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン誘導体における結晶化誘起発光の制御
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増尾貞弘
2. 発表標題 コロイド量子ドットの発光光子統計制御
3. 学会等名 第68回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Arrangement of colloidal quantum dots by self-assembly of perylene bisimide
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横山幸輔、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン-ピレンダイアドの結晶化誘起発光
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本聖也、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン-量子ドットの超分子構造の構築とその光応答性
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒瀬冬馬、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ ペロブスカイト結晶のサイズと発光挙動の相関
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本聖也、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン-量子ドット共集合体の動的な形成およびその光制御
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒瀬冬馬、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 MAPbBr ₃ ペロブスカイト結晶の単一光子発生・プリンキング挙動におけるサイズ依存性
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年度第2回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹村航輝、岩本和奏、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 高発光効率を目指した三元系半導体量子ドットの作製
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年度第2回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横山幸輔、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン誘導体の結晶化誘起発光の制御
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年度第2回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山内光陽、横山幸輔、増尾貞弘
2. 発表標題 ピレン-アゾベンゼン誘導体の結晶化誘起発光
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 超分子アプローチによる量子ドット集合体の光制御
3. 学会等名 第67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 山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 発光性アゾベンゼン結晶の光応答性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. A. Darmawan, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Investigation of Photo-degradation Induced Blue-shift in Single Perovskite Quantum Dots Using AFM and Single-particle Spectroscopy
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒瀬冬馬、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 有機無機ハイブリッドペロブスカイトナノ結晶の発光挙動におけるサイズ依存性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹村航輝、岩本和奏、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 三元系半導体ナノ粒子の作製と発光特性の評価
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本聖也、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 光制御可能な量子ドット超分子集合体の構築
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横山幸輔、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン誘導体における結晶化誘起発光挙動
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡治美穂、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 ナフタレン連結アゾベンゼン誘導体における結晶化誘起発光の光制御
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保直輝、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 有機分子の自己集合に基づくペロブスカイト量子ドット超分子構造の構築
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高瀬宏人、千田雛子、山内光陽、田和圭子、増尾貞弘
2. 発表標題 プラズモニクナノ構造を用いた単一CdSe/ZnS量子ドットの発光挙動の制御
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 多鹿祐貴、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 CsPbBr ₃ ペロブスカイトナノ結晶におけるハロゲン交換反応の速度論的解明
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松永花穂、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 量子ドット - 有機色素間のエネルギー移動 - 単一レベルでの解明 -
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 門司悠佑、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 量子ドット表面上におけるペリレンビスイミドの自己集合制御
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Masuo
2. 発表標題 Control of Emission Photon Statistics from a Single Colloidal Quantum Dot Using Plasmonic Nanostructures
3. 学会等名 10th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. A. Darmawan, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Investigation of CsPbBr ₃ perovskite nanocrystal photodegradation process using AFM and a single-particle spectroscopy
3. 学会等名 32nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Takemura, W. Iwamoto, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Emission behavior of ternary semiconductor quantum dots evaluated by a single particle spectroscopy
3. 学会等名 32nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yokoyama, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Crystallization-induced emission of azobenzene-pyrene dyad
3. 学会等名 32nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Yamamoto, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Formation of Coaggregates of Azobenzene Derivative and Quantum Dot
3. 学会等名 32nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. A. Darmawan, T. Nakagawa, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Control of Emission photon Statistics of Single Quantum Dots Using Plasmonic Nanostructures
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増尾貞弘
2. 発表標題 半導体ナノ粒子の光機能制御と配列制御
3. 学会等名 愛媛大学第249回ミニシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Yoshimura, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Observation of time-dependent emission behaviors of a single perovskite nanocrystal during halide-exchange reaction
3. 学会等名 2018年光化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Yano, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Control of emission behavior of a single quantum dot using photoisomerization of diarylethene
3. 学会等名 2018年光化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川高輝、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 プラズモニクナノ構造を用いた単一ペロブスカイトナノ結晶の発光制御
3. 学会等名 2018年光化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 ペリレンビスイミドの自己集合を利用した量子ドット配列の制御
3. 学会等名 第28回日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 増尾貞弘
2. 発表標題 量子ドット - 有機分子ハイブリッド構造の高感度蛍光計測
3. 学会等名 20190CUシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 増尾貞弘
2. 発表標題 半導体ナノ粒子を対象とした単一粒子発光分光
3. 学会等名 日本分光学会関西支部平成30年度第3回講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Supramolecular Coaggregation of Quantum Dot and Organic Dye
3. 学会等名 10th Biannual Conference on Quantum Dots (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Yano, Y. Hirata, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Photoswitching Emission Behavior of a Single Quantum Dot Using Photochromic Reaction of Diarylethene
3. 学会等名 10th Biannual Conference on Quantum Dots (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Control of Quantum Dot arrangement by self-assembly of perylene bisimide
3. 学会等名 27th IUPAC International Symposium on Photochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Yoshimura, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Observation of Time-Dependent Emission Behaviors of CsPbX ₃ Perovskite Single Quantum Dots During Halide-Exchange Reaction
3. 学会等名 27th IUPAC International Symposium on Photochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Nakagawa, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Observation of Interaction between a Single Perovskite Nanocrystal and a Metal-Coated AFM Tip
3. 学会等名 27th IUPAC International Symposium on Photochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Masuo
2. 発表標題 Control of Multiexciton Emission and Arrangement of Colloidal Quantum Dots
3. 学会等名 18th International Symposium on Advanced Organic Photonics (ISAOP-18) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 有機色素の自己集合による半導体ナノ結晶の超分子的配列制御
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. A. Darmawan, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Multiphoton emission enhancement of single multichromophoric molecules near plasmonic nanostructure
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 花瀬勇貴、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 CdSe/CdS量子ドットの発光における偏光もつれ光子対の検証
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒瀬冬馬、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 CsSnXPb1-XBr3ペロブスカイト量子ドットの合成と発光挙動評価
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹村航輝、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 三元系半導体量子ドットの合成と単一レベルでの発光挙動評価
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤原由佳、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 ペロブスカイト量子ドットの超分子ゲル化とハロゲン交換による発光色制御
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本聖也、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 光によるアゾベンゼン - 量子ドット複合体の超分子構造制御
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横山幸輔、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン - ピレンダイアドにおける結晶化誘起発光の構築
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀部春希、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 単一ペロブスカイトナノ結晶-有機色素間エネルギー移動 -ナノ結晶のサイズ依存性-
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 長崎夏美、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 水溶性量子ドットの創製および単一レベルでの発光挙動解明
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 中務加奈子、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 ペロブスカイトナノ結晶の1次元配列制御
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 喜田恵利花、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 水素結合を利用したアゾベンゼンシス体の準安定化
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 五十嵐比菜、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 CsPbBr ₃ ペロブスカイトナノ結晶における発光挙動のサイズ依存性
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 在本有伽、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 ペロブスカイトナノプレートレットの合成および単一レベルでの発光挙動評価
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 松永花穂、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 単一ペロブスカイトナノ結晶 - 有機色素間におけるエネルギー移動解明
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 多鹿祐貴、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 ペロブスカイトナノ結晶におけるハロゲン交換反応の速度論的解明
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 高瀬宏人、千田雛子、山内光陽、田和圭子、増尾貞弘
2. 発表標題 一次元金属周期構造による単一量子ドットの発光挙動制御
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 久保直輝、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 ペリレンビスイミドとペロブスカイトナノ結晶からなるハイブリッド超分子構造の構築
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 岡治美穂、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン誘導体における結晶化誘起発光の光制御
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 Y. A. Darmawan, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 Size-dependent halide segregation of single mixed-halide perovskite nanocrystals
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 山内光陽、山本聖也、増尾貞弘
2. 発表標題 分子集合を鍵とした量子ドットの高次配列
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 松永花穂、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 ペロブスカイトナノ結晶-有機色素間のエネルギー移動 -単一レベルでの解明-
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 多鹿祐貴、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 CsPbBr ₃ ペロブスカイトナノ結晶におけるアニオン交換反応の速度論的解明
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高瀬宏人、千田雛子、山内光陽、田和圭子、増尾貞弘
2. 発表標題 プラスモニクナノ構造を用いた単一CdSe/ZnS量子ドットの発光増強
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保直輝、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン-ペロブスカイトナノ結晶超分子構造体の構築
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡治美穂、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン誘導体における結晶化誘起発光の光制御
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本聖也、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン - 量子ドット超分子集合体の構築と光照射による発光挙動制御
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹村航輝、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 三元系半導体ナノ粒子の発光特性評価
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横山幸輔、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 アゾベンゼン-ピレンダイアドにおける結晶化誘起発光挙動
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒瀬冬馬、山内光陽、増尾貞弘
2. 発表標題 有機・無機ペロブスカイトナノ結晶のサイズと発光特性の相関解明
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. A. Darmawan, M. Yamauchi, S. Masuo
2. 発表標題 In situ observation of a photodegradation process in single CsPbBr ₃ perovskite nanocrystals using atomic force microscopy combined with single-particle spectroscopy
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Hiroshi Miyasaka, Kenji Matsuda, Jiro Abe, Tsuyoshi Kawai (Eds) Naoto Tamai, Sadahiro Masuo (分担執筆)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 603
3. 書名 Photosynthetic Responses in Molecules and Molecular Aggregates	

〔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	山内 光陽 (Yamauchi Mitsuaki) (20802226)	関西学院大学・理工学部・助教 (34504)	

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