

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04805

研究課題名（和文）オストワルド熟成の解明による有機・無機ペロブスカイトナノ結晶のサイズ制御

研究課題名（英文）Size control of hybridized perovskite quantum dots via Ostwald ripening.

研究代表者

増原 陽人（MASUHARA, AKITO）

山形大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：30375167

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：次世代発光材料として注目されているペロブスカイトナノ結晶のサイズ制御に関して、有機LED等へのデバイス化に課題となる有機配位子を用いることなく、その精緻なサイズ制御は達成できていない。本申請研究では、結晶成長プロセスの1つであるオストワルド熟成を積極的に用いて、有機配位子を用いなくてもペロブスカイトナノ結晶の精緻なサイズ制御に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ペロブスカイトの結晶化を微小液滴内に閉じ込めることでオストワルド熟成を抑制し、さらに再沈法のプロセスで形成する微小液滴の拡散速度を制御することで、ナノ結晶のサイズ制御を達成した。本達成は、オストワルド熟成によるナノ結晶のサイズ微小化例として学術的意義を有し、作製できるナノ結晶は、表面修飾されていないため、デバイス導入の際には、発光デバイスの高効率化に寄与できる点で社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：Regarding the size control of perovskite nanocrystals, which are attracting attention as next-generation light-emitting materials, precise size control cannot be achieved without using organic ligands, which is a problem in organic LEDs. In this research, we have succeeded in precisely controlling the size of perovskite nanocrystals without using organic ligands by actively utilizing Ostwald ripening, which is one of the crystal growth processes.

研究分野：有機ナノ結晶・粒子

キーワード：ペロブスカイト ナノ結晶 量子ドット オストワルド熟成 サイズ制御

1. 研究開始当初の背景

ペロブスカイト太陽電池の高効率化を契機に、有機金属ペロブスカイト $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ ($\text{X}=\text{I}, \text{Br}, \text{and Cl}$) (Fig. 1) ナノ結晶の作製法の開発も活発に研究されている。このナノ結晶の作製法として、温和な条件かつ溶液プロセスで簡便に数ナノメートルのペロブスカイトナノ結晶の作製が実現できる配位子支援再沈法（再沈法）が開発され、また高い発光収率（70%）が明らかになった[1]。また、ペロブスカイト結晶の X サイトを異なるハロゲンに置換、または混合させることで、可視光全域での発光を実現することができる。ハロゲン置換による発光波長のチューニングは、多数研究されている[1]一方、ハロゲン置換・混合による発光波長のチューニングではなく、量子サイズ効果による単一化学組成での発光波長のチューニングが数少ない。Huang He 等は再沈法における貧溶媒の反応温度[2]、Loredana Protesescu 等は、Pb と Br の元素比率[3]、Cheng-HsinLu 等は表面修飾分子の種類や添加量、修飾分子の比率を制御することで、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ にて紫外領域付近での発光を実現してきた[4]。作製条件を変えることで、簡便に発光波長のチューニングされた一方、発光ピークの分裂や半値幅のブロード化が課題とされており、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ での量子サイズ効果を利用した紫外領域でのチューニングでは未だ課題が多い現状である。これら研究背景に対し、本研究ではオストワルド熟成を利用することで $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ NCs のサイズ制御を達成し、発光波長のチューニングを、発光スペクトルの半値幅や量子収率を損なうことなく実現することを目的とする。

2. 研究の目的

再沈法特有の微小液滴内でペロブスカイトを結晶化し、有機配位子を添加することなく、ナノレベルで精緻にサイズ制御したペロブスカイトナノ結晶の作製を目的とした。

3. 研究の方法

再沈法（図 1）では、原料溶液の貧溶媒への注入により、その溶液は貧溶媒中で微小液滴を形成する。この液滴が貧溶媒中へ拡散（①液滴の拡散）することで溶解度差が生じ（②核の生成）液滴内でナノ結晶が生成（③結晶成長）する。本研究では、良・貧溶媒の相溶性を調整し「①の液滴の拡散」速度を制御することで、最終的にペロブスカイトナノ結晶のサイズ制御を達成する。

具体的には、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ナノ結晶の作製は、その出発物質であるヨウ化鉛 (PbBr_2) とメチルアンモニウム臭

化物 ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Br}$) を 1 : 1 のモル比で N, N-Dimethylformamide (以下 DMF) に溶かし、そこに Octylamine (以下 OAm) と Oleic Acid (以下 OA) を加え、前駆体溶液を作製した。作製した溶液を、激しく攪拌したトルエン、クロロホルムなどの貧溶媒に一気に注入することで、最終的に $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ナノ結晶を分散液状態で作製した。 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ナノ結晶の生成とともに粗大粒子も生成するため、それら粗大粒子を 9000r.p.m.で 10 分遠心分離し取り除いた。作製した $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ナノ結晶の形態（サイズ・形状）や光学特性の評価を TEM・SEM 観察及び UV-vis、PL 測定にて行った。

4. 研究成果

再沈法を用いたペロブスカイトナノ結晶の作製により、高い発光量子収率（90%）を示す、緑色発光ペロブスカイト量子ナノ結晶の合成に成功した。また、加温処理を施すことで、オストワルド熟成を促すことに成功し、シングルナノメートルオーダーでの精緻な粒径制御を達成した。同時に、その粒径を数ナノメートルまで微小化させたことによる量子サイズ効果の発現を確認し、それに伴う発光波長の段階的な制御（456 – 517 nm）を、狭半値幅発光（25 nm）を維持した状態で達成した。図 2 には、作製した $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ナノ結晶の吸収・発光スペクトル及び TEM 像を示している。511 nm を極大波長と

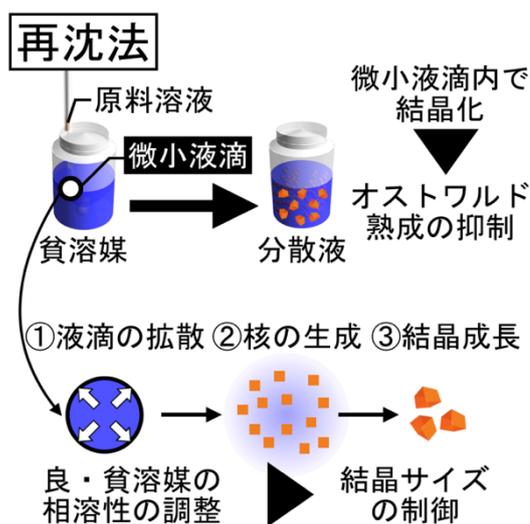


図 1 再沈法の概略図

する $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ナノ結晶が作製でき、目視での観察でも明確に発光色を確認できる。また TEM 像より 10 nm 以下の球形の $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ナノ結晶を確認した。これら作製したサンプルをもとに、オストワルド熟成の時間経過の評価を試みた。図 3 には、作製した $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ナノ結晶を 0 時間から 24 時間、室温で保持したときの発光スペクトルを示している。貧溶媒にクロロホルムを用いることで、常温下でも、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ナノ結晶分散液を静置するだけで、発光波長が、時間経過に伴い 506, 488, 478, 473, 458 nm までのブルーシフトを確認できた。また、これら微小化・粒径制御したペロブスカイトナノ結晶の発光挙動の解析を実施し、その結果、サイズ微小化に伴う発光寿命の短寿命化等のサイズに依存した発光特性も見出した。この様に、本研究は、オストワルド熟成プロセスを用いて、ペロブスカイトナノ結晶の粒径を微小化し、量子サイズ効果の発現による青色発光ペロブスカイトナノ結晶を創成した点で、特に意義深い。

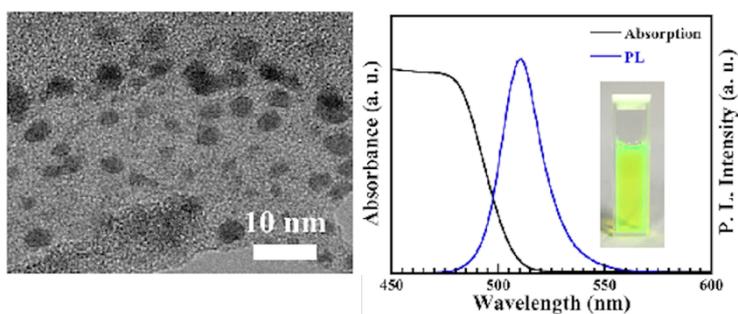


図 2 作製した $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ナノ結晶の TEM 像と UV-vis / PL スペクトル

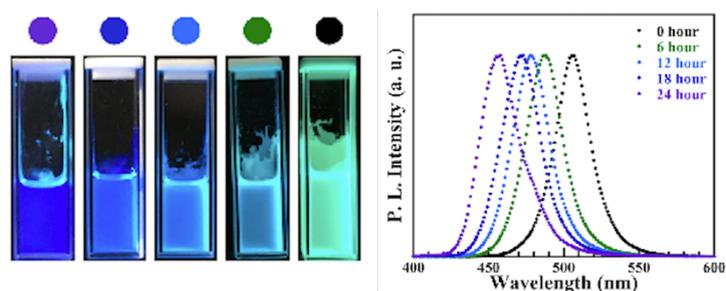


図 3 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ナノ結晶の写真と PL スペクトル制御

<引用文献>

[1] F. Zhang et al., ACS Nano 2015, 9, 4533-4542. [2] H. He et al., Adv. Sci. 2015, 2, 1500194. [3] L. Protesescu et al., Chem. Mater. 2016, 28, 6909-6916. [4] C.-H. Lu et al., J. Coll. Inter. Sci. 2016, 484, 17-23.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Umemoto Kazuki, Ebe Hinako, Sato Ryota, Enomoto Junya, Oshita Naoaki, Kimura Taisei, Inose Tomoko, Nakamura Takahiro, Chiba Takayuki, Asakura Satoshi, Uji-i Hiroshi, Masuhara Akito	4. 巻 8
2. 論文標題 Simple Production of Highly Luminescent Organometal Halide Perovskite Nanocrystals Using Ultrasound-Assisted Bead Milling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 16469 ~ 16476
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.0c05171	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 Takeda Masaki, Matsui Jun, Masuhara Akito	4. 巻 2
2. 論文標題 Aging effect on the co-crystallization behavior of the donor and acceptor crystals in aqueous dispersions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Advances	6. 最初と最後の頁 2935-2942
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0MA01001D	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 Umemoto Kazuki, Masuhara Akito	4. 巻 27
2. 論文標題 Elucidation of Ostwald Ripening Process for Perovskite Nanocrystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Hosokawa Powder Technology Foundation ANNUAL REPORT	6. 最初と最後の頁 145 ~ 149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14356/hptf.18503	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 榎本 純哉、兎澤 啓太郎、増原 陽人	4. 巻 23
2. 論文標題 色を指向したヨウ素含有ペロブスカイトナノ結晶の作製法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ヨウ素	6. 最初と最後の頁 26-29
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 増原 陽人	4. 巻 73
2. 論文標題 次世代発光材料の合成法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 化学と工業	6. 最初と最後の頁 699
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 梅本 和輝、増原 陽人	4. 巻 112
2. 論文標題 超音波ビーズ粉砕加工技術の開発によるペロブスカイトナノ結晶の作製	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 先端加工技術	6. 最初と最後の頁 20
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 Takeda Masaki, Umemoto Kazuki, Nohara Tomohiro, Tozawa Keitaro, Matsui Jun, Masuhara Akito	4. 巻 166
2. 論文標題 Micro/Nano Crystal Composed of Tetrathiafulvalene/Tetracyanoquinodimethane Prepared Using a Charge Transfer-Induced Reprecipitation Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 B3131 ~ B3135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0221909jes	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 Takeda Masaki, Hojo Kenta, Umemoto Kazuki, Scharber Markus Clark, Stadler Philipp, Yumusak Cigdem, Sariciftci Niyazi Serdar, White Matthew Shuette, Furis Madalina, Okada Shuji, Yoshida Tsukasa, Matsui Jun, Masuhara Akito	4. 巻 19
2. 論文標題 Photoconductive Properties of Dibenzotetrathiafulvalene-Tetracyanoquinodimethane (DBTTF-TCNQ) Nanorods Prepared by the Reprecipitation Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Nanoscience and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 4599 ~ 4602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1166/jnn.2019.16346	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 Inose Tomoko, Toyouchi Shuichi, Lu Gang, Umemoto Kazuki, Tezuka Yuki, Lyu Bozhang, Masuhara Akito, Fron Eduard, Fujita Yasuhiko, Hirai Kenji, Uji-i Hiroshi	4. 巻 55
2. 論文標題 Water-mediated polyol synthesis of pencil-like sharp silver nanowires suitable for nonlinear plasmonics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 11630 ~ 11633
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cc04743c	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 Tezuka Yuki, Umemoto Kazuki, Takeda Masaki, Takahashi Yoshihito, Ebe Hinako, Enomoto Junya, Rodbuntum Sasiphapa, Nohara Tomohiro, Fontecha Daniela, Asakura Satoshi, Chiba Takayuki, Furis Madalina Ioana, Yoshida Tsukasa, Uji-i Hiroshi, Masuhara Akito	4. 巻 59
2. 論文標題 Effects of alkylamine chain length on perovskite nanocrystals after washing and perovskite light-emitting diodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDC04 ~ SDDC04
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab4ecd	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 Takeda Masaki, Yokoyama Masaaki, Umemoto Kazuki, Lyu Bozhang, Takahashi Yoshihito, Rodbuntum Sasiphapa, Enomoto Junya, Tozawa Keitaro, Nohara Tomohiro, Tabata Keisuke, Sato Ryota, Chiba Takayuki, Asakura Satoshi, Uji-i Hiroshi, Masuhara Akito	4. 巻 59
2. 論文標題 Synthesis of highly luminescent CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ perovskite nanocrystals via a forced thin film reactor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SIIG02 ~ SIIG02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab7410	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 Umemoto Kazuki, Takeda Masaki, Tezuka Yuki, Chiba Takayuki, White Matthew Schuette, Inose Tomoko, Yoshida Tsukasa, Asakura Satoshi, Toyouchi Shuichi, Uji-i Hiroshi, Masuhara Akito	4. 巻 20
2. 論文標題 Separation of mono-dispersed CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ perovskite quantum dots via dissolution of nanocrystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 7053 ~ 7057
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CE01239C	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 Shimamura Nobuhiro, Kanda Ryuji, Matsukubo Yuma, Hirai Yutaro, Abe Hiroya, Hirai Yuji., Yoshida Tsukasa, Yabu Hiroshi, Masuhara Akito	4. 巻 4
2. 論文標題 Preparation of Hierarchic Porous Films of -MnO ₂ Nanoparticles by Using the Breath Figure Technique and Application for Hybrid Capacitor Electrodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 3827 ~ 3831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.8b03381	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 Fortuni Beatrice, Inose Tomoko, Ricci Monica, Fujita Yasuhiko, Van Zundert Indra, Masuhara Akito, Fron Eduard, Mizuno Hideaki, Latterini Loredana, Rocha Susana, Uji-i Hiroshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Polymeric Engineering of Nanoparticles for Highly Efficient Multifunctional Drug Delivery Systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-39107-3	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 Takeda Masaki, Hojo Kenta, Umemoto Kazuki, Scharber Markus Clark, Stadler Philipp, Yumusak Cigdem, Sariciftci Niyazi Serdar, White Matthew Shuette, Furis Madalina, Okada Shuji, Yoshida Tsukasa, Matsui Jun, Masuhara Akito	4. 巻 19
2. 論文標題 Photoconductive Properties of Dibenzotetrathiafulvalene-Tetracyanoquinodimethane (DBTTF-TCNQ) Nanorods Prepared by the Reprecipitation Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Nanoscience and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 4599 ~ 4602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1166/jnn.2019.16346	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30件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 榎本純哉, 梅本和輝, 千葉貴之, 浅倉聡, 増原陽人
2. 発表標題 発光デバイス導入を鑑みた超音波ビーズミル法による赤色発光ペロブスカイトナノ結晶の作製
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横山雅晃, 梅本和輝, 浅倉聡, 増原陽人
2. 発表標題 Continuous Synthesis of perovskite Nanocrystals by Forced Thin Film Reactor
3. 学会等名 2020年度 化学系学協会東北大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 亮太, 森川 結策, 千葉 貴之, 浅倉 聡, 増原 陽人
2. 発表標題 結晶格子歪みにより発光波長を精緻に制御した高性能ペロブスカイト量子ドットの作製
3. 学会等名 第68回応用物理学会春期学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 汰勢, 大下 直晃, 山門 陵平, 千葉 貴之, 浅倉 聡, 増原 陽人
2. 発表標題 架橋性官能基を有する新規配位子によるペロブスカイトナノ結晶の作製とその薄膜の安定化
3. 学会等名 第68回応用物理学会春期学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大下 直晃, 木村 汰勢, 千葉 貴之, 浅倉 聡, 増原 陽人
2. 発表標題 ナノ結晶成長の抑制による青色発光ペロブスカイト量子ドットの作製
3. 学会等名 第68回応用物理学会春期学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榎本純哉, 佐々木大輝, 梅本和輝, 手塚優樹, 江部日南子, 高橋佳人, 千葉貴之, 浅倉聡, 増原陽人
2. 発表標題 超音波粉碎加工技術によるヨウ素含有赤色発光ペロブスカイトナノ結晶の作製とデバイス特性評価
3. 学会等名 第22回ヨウ素学会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田 将貴, 呂 伯璋, 兎澤 啓太郎, 千葉 貴之, 浅倉 聡, 増原 陽人
2. 発表標題 強制薄膜式リアクターによるペロブスカイトナノ結晶のフロー合成
3. 学会等名 2019年度 化学系学協会東北大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榎本純哉, 佐々木大輝, 梅本和輝, 手塚優樹, 高橋佳人, 千葉貴之, 浅倉聡, 増原陽人
2. 発表標題 超音波粉碎加工技術によるペロブスカイトナノ結晶の創製とデバイスへの導入
3. 学会等名 2019年度化学系学協会東北大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅本 和輝, 手塚 優樹, 佐々木 大輝, 武田 将貴, 千葉 貴之, 浅倉 聡, 増原 陽人
2. 発表標題 超音波ビーズミル法によるペロブスカイトナノ結晶の作製とLED への応用
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横山雅晃, 梅本和輝, 手塚優樹, 武田将貴, 呂伯璋, 高橋佳人, 浅倉聡, 千葉貴之, 増原陽人
2. 発表標題 薄膜式マイクロリアクターを用いたペロブスカイトナノ結晶の作製
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 大下直晃, 梅本和輝, 浅倉聡, 千葉貴之, 増原陽人
2. 発表標題 量子サイズ効果による青色発光CsPbBr ₃ ペロブスカイトナノ結晶の作製
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 榎本 純哉, 梅本和輝, 手塚優樹, 高橋佳人, 浅倉聡, 千葉貴之, 増原陽人
2. 発表標題 発光デバイスを指向した超音波ビーズミルによる赤色発光ペロブスカイトナノ結晶の作製とその光学特性評価
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 増原陽人
2. 発表標題 Functionalized Nanoparticles for Optical and electrical Applications.
3. 学会等名 2019年度科学系学協会東北大会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増原陽人, 千葉 貴之, 梅本 和輝, 浅倉 聡
2. 発表標題 実用展開を目指したペロブスカイトナノ結晶の作製手法の確立
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 増原陽人
2. 発表標題 有機ナノ結晶が切り拓くナノマテリアルの将来
3. 学会等名 ナノマテリアル横断研究討論会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Bozhang Lyu, Yuki Tezuka, Kazuki Umemoto, Yoshihito Takahashi, Takayuki Chiba, Satoshi Asakura and Akito Masuhara
2. 発表標題 Size-controlling of perovskite quantum dot by changing ligand for the QLED
3. 学会等名 ECS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Tezuka, Kazuki Umemoto, Masaki Takeda, Hinako Ebe, Yoshihito Takahashi, Bozhang Lyu, Daiki Sasaki, Sasiphapa Rodbuntum, Tomohiro Nohara, Takayuki Chiba, Satoshi Asakura, Akito Masuhara
2. 発表標題 Preparing perovskite CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ nanocrystals using various organic ligands for light-emitting diodes
3. 学会等名 M&BE10 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Umemoto, Masaki Takeda, Yuki Tezuka, Bozhang Lyu, Sashiphapa Rodbuntum, Takayuki Chiba, Satoshi Asakura, Akito Masuhara
2. 発表標題 Separation of mono-dispersed CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ perovskite nanocrystals via Ostwald ripening
3. 学会等名 16th International Conference on Nanosciences & Nanotechnology (NN19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sasiphapa Rodbuntum, Kazuki Umemoto, Yuki Tezuka, Junya Enomoto, Takayuki Chiba, Satoshi Asakura, and Akito Masuhara
2. 発表標題 Effect of Aromatic Ligands for Perovskite Nanocrystals and Their Optical Properties.
3. 学会等名 Smasys2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Umemoto, Yuki Tezuka, Daiki Sasaki, Masaki Takeda, Hinako Ebe, Yoshihito Takahashi, Bozhang Lyu, Sasiphapa Rodbuntum, Junya Enomoto, Tomohiro Nohara, Takayuki Chiba, Satoshi Asakura, Akito Masuhara
2. 発表標題 Highly luminescent perovskite nanocrystals by ultrasound-assisted bead milling and application for quantum dots light-emitting diodes
3. 学会等名 2019 International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Takeda and Akito Masuhara
2. 発表標題 Photoconductive Properties of Charge-Transfer Nanorods Prepared by the Reprecipitation Method
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems Student Session (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaki Takeda, Markus Clark Sharber, Philipp Stadler, Cigdem Yumusak, Niyazi Serdar Sariciftci, Matthew Shuette White, Madalina Furis, Tsukasa Yoshida, Jun Matsui, and Akito Masuhara
2. 発表標題 Nanocrystallization process, structure, and properties of charge-transfer complex prepared by the reprecipitation method
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Umemoto, Yuki Tezuka, Tomoko Inose, Hiroshi Uji-i, Tsukasa Yoshida and Akito Masuhara
2. 発表標題 Size Control of CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ perovskite Quantum Dots Via Ostwald Anti-Ripening
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaki Takeda, Jun Matsui, and Akito Masuhara
2. 発表標題 Micro Nanocrystallization of CoCrystals Composed of Tetrathiafulvalene-Tetracyanoquinodimethane Nanorods and Tetracyanoquinodimethane Microcrystals
3. 学会等名 ISAOP2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bozhang Lyu, Yuki Tezuka, Kazuki Umemoto, Satoshi Asakura and Akito Masuhara
2. 発表標題 Preparing and size-controlling of perovskite quantum dot for the QLED
3. 学会等名 ISAOP2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Umemoto, Yuki Tezuka, Tomoko Inose, Hiroshi Uji-i, Satoshi Asakura, Akito Masuhara
2. 発表標題 Nanocrystallization and optical characterization of CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ perovskite via Ostwald ripening.
3. 学会等名 2018 MRS Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bozhang Lyu, Yuki Tezuka, Kazuki Umemoto, Satoshi Asakura and Akito Masuhara
2. 発表標題 Preparing and size-controlling of perovskite quantum dot for the PeQLED
3. 学会等名 IPOMY2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田 将貴, 兎澤 啓太郎, 松井 淳, 増原 陽人
2. 発表標題 Two-step reprecipitation methodによる電荷移動結晶の形状変化と生成プロセス
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 2018年

1. 発表者名 手塚 優樹, 梅本 和輝, 武田 将貴, 高橋 佳人, 千葉 貴之, 浅倉 聡, 増原 陽人
2. 発表標題 発光デバイスを指向した添加アミン種によるCH ₃ NH ₃ PbBr ₃ ペロブスカイトナノ結晶のサイズ制御と光学特性評価
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 梅本 和輝, 佐々木 大輝, 千葉 貴之, 浅倉 聡, 増原 陽人
2. 発表標題 超音波ビーズミルによる CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ ペロブスカイトナノ結晶の作製
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

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kazuki Umemoto, Keiji Shito, Masaki Takeda, and Akito Masuhara	4. 発行年 2018年
2. 出版社 PAN STANFORD PUBLISHING	5. 総ページ数 350, (担当箇所113-126)
3. 書名 "Fabrication, Characterization, Hybridization, and Assembly of C60 fine crystals", Chapter 7, Fullerene Nanowhiskers (Second Edition)	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 ペロブスカイト型の発光性ナノ粒子の製造方法	発明者 増原陽人、梅本和輝、浅倉聡、佐藤貴弘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願 2019-172162	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ペロブスカイト型発光性ナノ粒子	発明者 増原陽人、梅本和輝、横山雅晃、浅倉聡、佐藤貴弘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願 2020-28595	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
---------	---------