

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01476

研究課題名（和文）光子 励起子間相互作用の増強による有機半導体微小共振器の発光機能制御

研究課題名（英文）Manipulation of optical functionality in strongly coupled organic microcavity

研究代表者

山下 兼一（Yamashita, Kenichi）

京都工芸繊維大学・電気電子工学系・教授

研究者番号：00346115

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、有機系半導体材料を用いた微小共振器における光子-励起子相互作用と、そこから発生するコヒーレント発光現象について包括的に調査を行った。材料としては主に、強い分子配向を有する有機結晶および鉛ハライドペロブスカイト結晶を用いた。これらの材料を用いた微小共振器を高Q値で作製することに成功した。さらに、角度分解発光特性、および時間分解発光特性などを測定することで、共振器内での光子と励起子状態間での結合強度、およびポラリトン状態への励起種の緩和メカニズムなどを明らかにした。海外研究機関とも積極的に連携し、有用な研究成果を取得している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光と物質の混成状態であるポラリトン状態は、そのボーズ粒子の性質から様々な量子デバイス応用が期待されている。有機半導体などの使用により、このポラリトン状態の室温での利用可能性が指摘されている。本研究では、これらの有機系ポラリトン状態を安定して作成するための基礎的物性を様々な側面から明らかにしている。将来的には、低消費電力で動作可能な量子コンピュータやレーザー光源などの実現につながると期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we comprehensively investigated the photon-exciton interaction in a microcavity using an organic semiconductor materials and their coherent emission phenomenon. As materials, organic crystals having a strong molecular orientation and lead halide perovskite crystals were mainly used. We have succeeded in producing a microcavity using these materials with a high quality factors. Furthermore, by measuring the angle-resolved emission characteristics and the time-resolved emission characteristics, the coupling strength between the photon and exciton modes in the cavity systems and the relaxation mechanism of the excited species to the polariton state were clarified. These results were based on the international collaborations.

研究分野：光エレクトロニクス

キーワード：ポラリトン 有機半導体結晶 微小共振器 ペロブスカイト

1. 研究開始当初の背景

光と物質の相互作用を制御することは光電子デバイス開発における不変的な技術開発要素である。レーザや単一光子光源などにおいては特に重要であり、発光物質からの光子を光共振器内に閉じ込め、光子共振器モードと物質中の励起子遷移双極子モーメント間に働く相互作用の強さを巧妙に制御して、所望の光物性を発現させる必要がある。

相互作用が強い領域(強結合領域)においては光子と励起子の混成量子状態である共振器ポラリトンが形成されることがよく知られている。これは有効質量が非常に小さい(電子の $\sim 10^{-4}$)ボーズ粒子と考えられており、比較的高温かつ低閾値でのエネルギー凝縮が可能である。この凝縮したコヒーレントな励起量子状態からの発光はポラリトンレーシングとして知られており、反転分布を必要としない低閾値なコヒーレント光源として注目されている(図1)。また、この量子状態の特異な分散特性はパラメトリック下方変換などの非線形効果の発現にも理想的であり、単一光子や量子もつれ光子対発生源への応用研究も盛んである。

以上のように、光子 - 励起子の混成量子である共振器ポラリトン状態の自在制御は、次世代の光源技術開発に極めて重要な要素である。

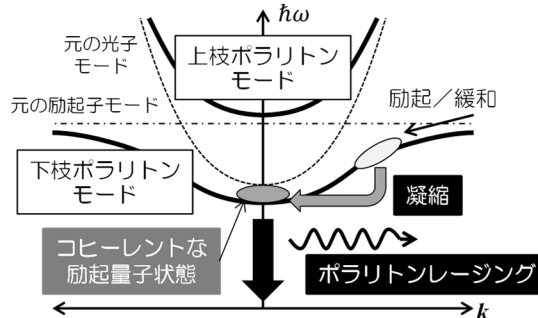
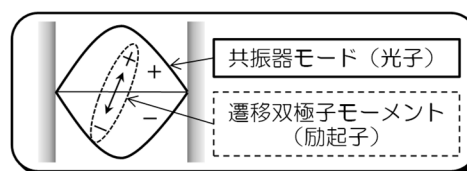


図1 共振器ポラリトンの分散特性とポラリトンレーシングの発光機構のモデル図

2. 研究の目的

共振器光子 - 励起子間の強結合によるポラリトン形成は主に GaAs 系や CdTe 系の半導体にて研究が先行してきた (Nature 443, 409, Science 316, 1007 など)。これらの材料系に対し、GaN などのワイドギャップ半導体 (PRL 98, 126405) やペロブスカイトナノ結晶 (Nano Lett. 17, 3982)、有機半導体などは、励起子束縛エネルギーが大きく室温でもポラリトンが安定形成されるため、近年注目を集めている。特に有機半導体では遷移双極子モーメントが大きく光子との相互作用がより高められるため、ポラリトン状態が高密度でも崩壊しにくい。また、励起子の局在性に由来してポラリトン同士の散乱失活も抑制できる。

本研究では、有機半導体中で生成される室温共振器ポラリトンからのコヒーレント発光(ポラリトンレーシング)の基礎特性を飛躍的に向上させることを目的とする。特殊な物性を持つ有機半導体材料に高 Q 値光閉じ込め構造を付与し、共振器ポラリトンの大幅な長寿命化を達成する。これにより、室温ポラリトンレーシングの低閾値発振および連続動作を実証し、将来のポラリトンデバイス実用化に向けた足掛かりとする。

3. 研究の方法

室温共振器ポラリトンの長寿命生成を可能とする有機微小共振器素子を実現するために、申請者は光子の長寿命化、つまり共振器の高 Q 値化を実現してポラリトン長寿命化させることに焦点を絞り、以降に示す 3 種類のデバイス形態を検討している。

- (1) 水平分子配向の単結晶による高 Q 値 VCSEL 型共振器
- (2) 二次元フォトリソニック結晶共振器
- (3) ロッド型単結晶による微小ポラリトンレーザ

以上の有機微小共振器素子に対し、角度分解分光による光子 - 励起子間結合強度評価、高分解能分光測定と時間分解発光測定によるポラリトン寿命評価、および光励起発光測定によるポラリトン凝縮閾値評価などを実施した。研究初年度には、ps オーダーでの時間分解発光測定のために、時間相関単一光子測定システムを新たに導入した。また、材料の発光劣化を抑えて内部量子効率を高く保つことが閾値低減の評価には不可欠となるため、研究 2 年目の年度にグロブボックスを導入した。

4. 研究成果

以下に、研究期間内に得られた主な成果を示す。いずれも学術誌に投稿・掲載されたものを取りまとめている。

- (1) 有機単結晶マイクロキャビティにおける光物質相互作用パラメータの定量的評価
有機マイクロキャビティにおける光と物質の相互作用と強いカップリングの形成に関する物

理学的調査は、効率的な室温ポラリトン凝縮を可能にするデバイス構造を特徴付けるために重要である。本研究では、3種類の有機単結晶マイクロキャビティの光物質相互作用パラメータを定量的に評価し、マイクロキャビティ構造が強結合形成に及ぼす影響について議論した(図2)。キャビティ品質係数の改善により、光子減衰定数が減少し、その結果、ラビ分割エネルギーが増加することがわかった。さらに、共振器ミラーとして金属薄膜を用いた場合、誘電体ミラー共振器に比べて励起子減衰が30倍強くなることを明らかにした。このことは、時間相関単一光子測定システムを用いた時間分解フォトルミネッセンスにおいても発光寿命の減少として確認することができた。以上の実験結果は、低しきい値または電氣的にポンピングされた有機ポラリトンデバイスを実現する上で重要な知見を与えるものである。

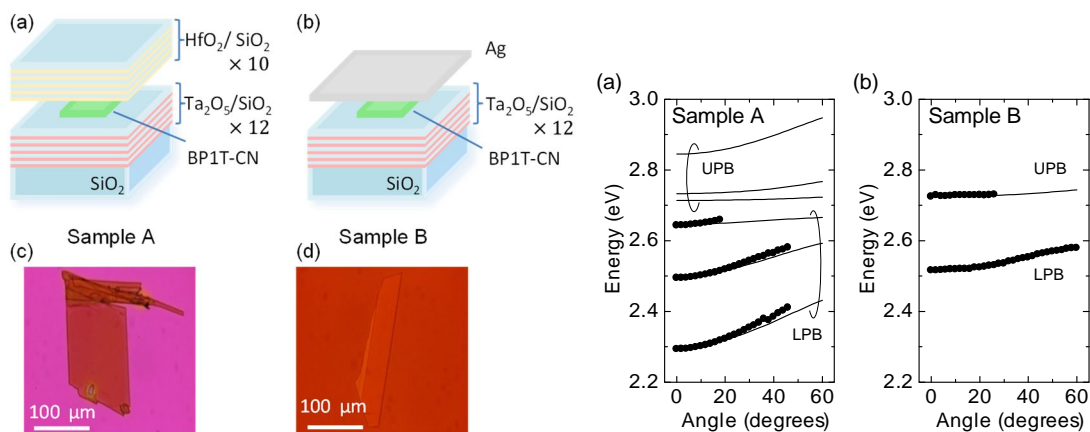


図2 異なる構成によるBP1T-CNマイクロキャビティとそれらのラビ分裂エネルギー評価

(2) 有機単結晶微小共振器におけるポラリトンの超高速ダイナミクス

有機発光材料を使用したマイクロキャビティ系には、室温で動作可能なポラリトンデバイスの応用に向けて有望である。この有機マイクロキャビティのポラリトン分散関係は、フレンケル励起子の強い局在により、無機マイクロキャビティのポラリトン分散関係とは大きく異なる。また、光励起によって注入された励起種がポラリトン基底状態に達するまでのエネルギー緩和メカニズムも、有機系と無機系では大きく異なることが知られている。したがって、効率的なポラリトン凝縮を達成するに向けては、ポラリトンの冷却ダイナミクスとポラリトンの固有状態の動的な変化を評価する必要がある。本研究では、非共振励起下での有機単結晶マイクロキャビティにおけるキャビティポラリトンの、閾値以上の強励起状態での超高速ダイナミクスに着目した。特に、トランジェントグレーティング法を用いた超高速時間分解フォトルミネッセンス測定により、有機キャビティポラリトンの誘導緩和の超高速ダイナミクスを初めて観察した(図3)。また、過渡透過測定においては、ポラリトン固有状態の詳細なりノーマリゼーションダイナミクスを明らかにすることができた。以上は、国外連携機関であるケンブリッジ大学キャンベディッシュ研究所との共同研究成果である。

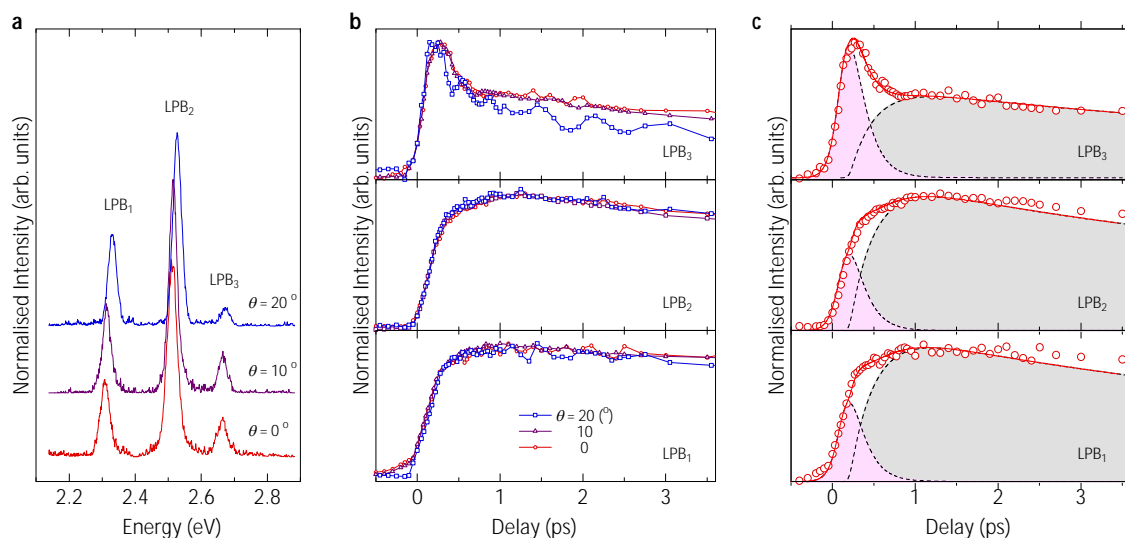


図3 BP1T-CNマイクロキャビティにおける超高速時間分解フォトルミネッセンスとポラリトン準位への励起ダイナミクス

(3) 精細かつ広帯域での波長可変機能を備えたコンパクトな有機固体レーザ

本研究では、新しい波長可変機構をもつ有機色素ドープ高分子レーザを提案した(図4)。こ

のデバイスは、2つの分布ブラッグ反射器 (DBR) を使用して構成された垂直共振器面発光レーザーであり、片方の DBR 基板は色素をドーブしたポリマー薄膜、もう片方の DBR 基板にはポリジメチルシロキサン膜でコートされている。上部の DBR をピエゾコントローラにより電氣的に駆動し、有効キャビティ長を変化させる。光励起による発光を効率よく閉じ込めるために、イメージジョンオイルを使用することでキャビティ内の屈折率整合を実現した。これにより、安定性の高い波長可変発振動作が可能となる。ここで提案するデバイスの動作メカニズムは非常に単純であるため、広帯域かつ正確で電氣的に駆動可能な波長可変性を備えたコンパクトなレーザーデバイスの設計に応用することが期待できる。

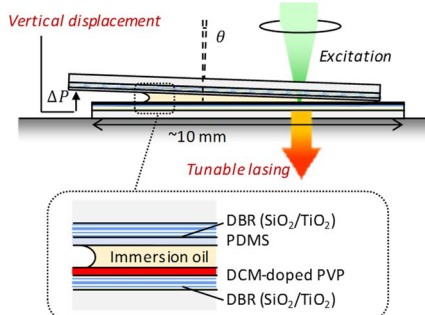


図4 新しく考案した波長可変有機固体レーザーの構成概念図

(4) 層状鉛ハライドペロブスカイト結晶とそのマイクロキャビティにおける励起ダイナミクス
ハロゲン化鉛ペロブスカイトは、太陽電池、発光ダイオード、レーザーなどのさまざまな光電子デバイス応用に有望な材料である。たとえば、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ や CsPbBr_3 などといった3次元ペロブスカイトは、低しきい値なレーザー発振用の高利得活性媒体であることが実証されている。対照的に、たとえば $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{NH}_3)_2\text{PbI}_4$ などの層状ペロブスカイトは、湿度などの環境耐性が堅牢であるにもかかわらず、特に室温ではレーザー発振動作を実現することが難しい。本研究では、時間分解フォトルミネッセンスと過渡吸収に関する体系的な実験を通じて、層状ペロブスカイトのレーザー発振動作を妨げるボトルネックを明らかにした(図5)。結合レート方程式モデルを導入した解析と照らし合わせたところ、三重項の性質を持つ長寿命の励起子状態へのエネルギー移動は、励起フルエンスを増やすか、高Qマイクロキャビティを導入することによって強化され、反転分布の形成を妨げることが明らかになった。以上の結果は、低しきい値の層状ペロブスカイトレーザーを設計するために極めて重要な知見を与えるものである。なお、本研究は国外連携機関であるケンブリッジ大学キャベンディッシュ研究所との共同研究成果である。

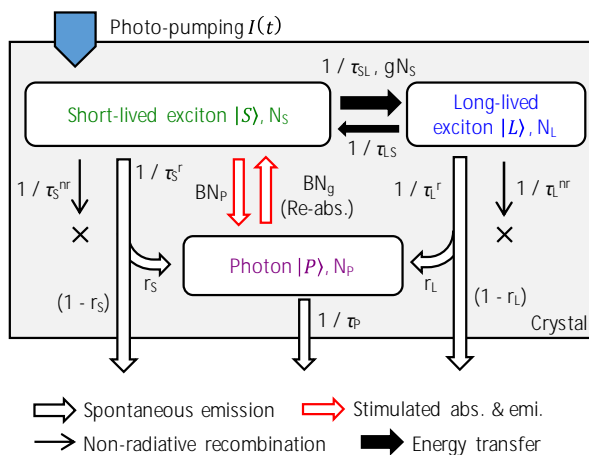


図5 時間分解発光評価とモデル解析によって得られた層状ペロブスカイトマイクロキャビティにおける励起状態ダイナミクスの概略図

(5) チオフェン/フェニレンコオリゴマーの光物性の理論および実験による包括的研究

有機微小共振器材料として有望なチオフェン/フェニレンコオリゴマーの一つである BP1T-CN 分子の溶媒極性の関数としての光物理特性を、定常状態スペクトルと fs-ns の過渡吸収分光法および量子化学計算を組み合わせることによって調査した。BP1T-CN の最低一重項励起状態には、局所励起 (LE) および分子内電荷移動 (ICT) の両方からの寄与が含まれていることがわかった。これらの要素は、溶媒極性の増加に伴って LE 状態から ICT 状態に遷移する。さらに、極性の高いアセトニトリル (ACN) 中での ICT 状態は、極性の低いトルエン (TOL) よりも速く、高い収率で三重項状態を形成することも明らかになった。無輻射遷移を表すのフェルミのゴールド

ンルールによると、平面の ICT 状態の核配置、より大きなスピン軌道相互作用、および ACN の ICT 状態の高い一重項状態と三重項状態間のエネルギーギャップが小さいほど、より高い量子収率の三重項状態の形成は速くなることがわかった。本研究結果は、溶媒極性によって変調された LE/ICT 状態と三重項状態の形成との関係を理解するためのガイダンスを提供している。なお、本研究成果は国外連携機関である中国科学院との共同研究成果である。

(6) 有機結晶微小共振器における異方的な光 - 物質強結合と閾値以下での励起ダイナミクス

有機半導体は、室温ポラリトンデバイスのプラットフォームとして有望な候補である。有機ポラリトンデバイスの実用化に向けた課題は、凝縮閾値の低減である。本研究では、強い分子配向を示す有機結晶を使用したマイクロキャビティにおける異方的な光 - 物質結合特性を調査した。さらに、ポラリトン状態へ励起種を供給するソースとなるリザーバー状態からポラリトン状態への自発的な遷移経路を明らかにするために、閾値以下での励起ダイナミクスを詳細に調査した。時間分解フォトルミネッセンス測定では、光子性/励起子性の共存したハイブリッド型の遷移プロセスがこのマイクロキャビティ系では存在することを明らかにした(図6)。この発見は、動的なポラリトン状態の変化を詳細に理解し、低しきい値の凝縮相を示すポラリトンデバイスを設計するために有用である。

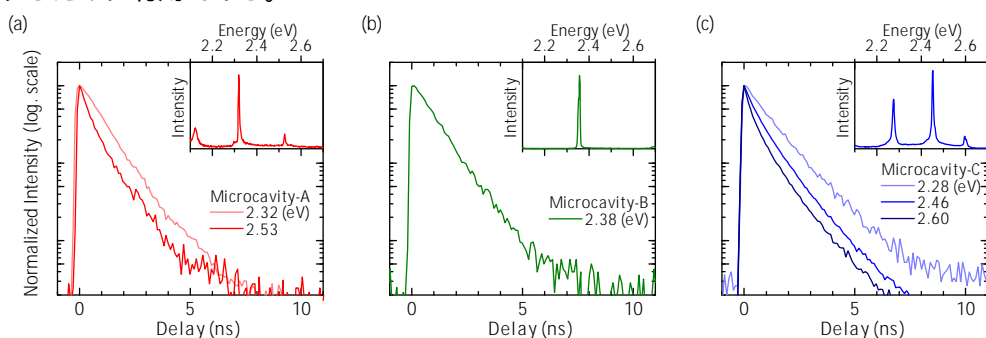


図6 モードエネルギーに依存した BP1T-CN マイクロキャビティの時間分解発光特性

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 H. Yanagi, F. Sasaki, and K. Yamashita	4. 巻 7
2. 論文標題 Cooperative behaviors in amplified emission from single microcrystals of thiophene/phenylene co-oligomers toward organic polariton laser	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Optical Materials	6. 最初と最後の頁 1900136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adom.201900136	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 S. Dokiya, H. Mizuno, H. Mizuno, H. Katsuki, K. Yamashita, F. Sasaki and H. Yanagi	4. 巻 12
2. 論文標題 Strong exciton-photon coupling in organic microcavity electroluminescence devices with thiophene/phenylene co-oligomer derivatives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 111002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/ab47b9	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. Taguchi, Y. Higase, and K. Yamashita	4. 巻 27
2. 論文標題 Compact solid-state organic laser with fine and broadband wavelength tunability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 35548-35554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.27.035548	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 Y. Hara, Y. Higase, M. Taguchi, S. Takahashi, F. Sasaki, and K. Yamashita	4. 巻 116
2. 論文標題 A polymer film with ultra-broadband optical gain characteristics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 63301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5129477	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 K. Fujiwara, S.Zhang, S. Takahashi, L. Ni, A. Rao, and K. Yamashita	4. 巻 7
2. 論文標題 Excitation dynamics in layered lead halide perovskite crystal slabs and microcavities	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 845-852
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsp Photonics.0c00038	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 Y. Higase, S. Morita, T. Fujii, S. Takahashi, K. Yamashita, and F. Sasaki	4. 巻 43
2. 論文標題 High-gain and wide-band optical amplifications induced by coupled excited state of organic dye molecules co-doped in polymer waveguide	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 1714-1717
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.43.001714	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 K. Yamashita, U. Huynh, J. Richter, L. Eyre, F. Deschler, A. Rao, K. Goto, T. Nishimura, T. Yamao, S. Hotta, H. Yanagi, M. Nakayama, and R. H. Friend	4. 巻 5
2. 論文標題 Ultrafast dynamics of polariton cooling and renormalization in an organic single-crystal microcavity under nonresonant pumping	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 2182-2188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsp Photonics.8b00041	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 T. Yamao, S. Higashihara, S. Yamashita, H. Sano, Y. Inada, K. Yamashita, S. Ura, and S. Hotta	4. 巻 123
2. 論文標題 Design principle of high-performance organic single-crystal light-emitting devices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 235501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5030486	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 J. Kagae, T. Yamanaka, S. Takahashi, and K. Yamashita	4. 巻 8
2. 論文標題 Modification of dry/wet hybrid fabrication method for preparing a perovskite absorption layer on a PCBM electron transport layer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 39047-39052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ra08022d	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 Kong Jie, Zhang Wei, Guo Yuanyuan, Niu Xinmiao, Yamao Takeshi, Yamashita Kenichi, Xia Andong	4. 巻 124
2. 論文標題 Comprehensive Photophysical Properties of Thiophene/Phenylene Co-oligomers Investigated by Theoretical and Experimental Studies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 18946 ~ 18955
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c06311	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 Kanbe Shota, Kagae Junta, Murota Ayane, Hara Yuya, Fujiwara Kentaro, Yamashita Kenichi	4. 巻 117
2. 論文標題 Dry-wet hybrid deposition of wide-bandgap mixed-halide perovskites for tandem solar cell applications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 171901 ~ 171901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0029784	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 Nishimura Takumi, Yamashita Kenichi, Takahashi Shun, Yamao Takeshi, Hotta Shu, Yanagi Hisao, Nakayama Masaaki	4. 巻 43
2. 論文標題 Quantitative evaluation of light-matter interaction parameters in organic single-crystal microcavities	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 1047 ~ 1047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.43.001047	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36件(うち招待講演 4件/うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Y. Kinuta, S. Takahashi, K. Yamashita, J. Tatebayashi, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2. 発表標題 Chiral cavity mode in a GaAs-based three-dimensional photonic crystal fabricated by a micro-manipulation method using an optical microscope
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Zhang, L. Ni, A. Rao, and K. Yamashita
2. 発表標題 Strong light-matter coupling and photoluminescence properties of 2D and quasi-2D perovskite microcavities
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yamashita
2. 発表標題 Organic single crystal microcavities with strong light-matter coupling
3. 学会等名 2019 Collaborative Conference on Materials Research (CCMR) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Taguchi, Y. Higase, and K. Yamashita
2. 発表標題 Compact organic solid-state laser with wide wavelength tunability
3. 学会等名 10th International Conference on Molecular Electronics & BioElectronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Enomoto and K. Yamashita
2. 発表標題 Light amplification characteristics of CsPbBr ₃ single crystal nanoplates
3. 学会等名 10th International Conference on Molecular Electronics & BioElectronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Imai and K. Yamashita
2. 発表標題 Microcavity with organic luminescent material with long exciton lifetime
3. 学会等名 10th International Conference on Molecular Electronics & BioElectronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Kagae, T. Yamanaka, S. Kanbe, and K. Yamashita
2. 発表標題 Dry/wet hybrid growth of FA _{1-x} MA _x PbI _{3-x} Br _x perovskite films
3. 学会等名 10th International Conference on Molecular Electronics & BioElectronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yamashita
2. 発表標題 Photophysics of organic single crystal microcavities
3. 学会等名 7th International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructures (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小椋友寛、山田知之、和田尚樹、遠藤尚彦、山下兼一、宮田耕充、蒲江、竹延 大志
2. 発表標題 微小光共振器を導入した単層WS2発光デバイス
3. 学会等名 第57回フラーレン・ナノチューブ・グラフェンシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 有光佑紀哉、高橋駿、山下兼一、渡邊克之、岩本敏、荒川泰彦
2. 発表標題 光学顕微鏡マイクロマニピュレーション法による大面積三次元フォトニック結晶の作製及び光学評価
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 水野斎、吉田航、豊田健人、香月浩之、佐々木史雄、山下兼一、柳久雄
2. 発表標題 (チオフェン/フェニレン) コオリゴマー薄膜を有するマイクロキャビティの作製とその光学特性
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 田上智哉、今井啓太、山下兼一、水野斎、柳久雄
2. 発表標題 有機半導体単結晶を活性層とする微小共振器の時間分解蛍光特性
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 藤原健太郎、張帥、山下兼一
2. 発表標題 層状二次元ペロブスカイト単結晶作製法の検討と光学特性の評価
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 原優也、東瀬陽太郎、田口巴里絵、山下兼一、佐々木史雄
2. 発表標題 有機色素共ドーブポリマー薄膜におけるエキサイプレックス発光の利得特性
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 絹田雄三、高橋駿、山下兼一、館林潤、岩本敏、荒川泰彦
2. 発表標題 光学顕微鏡マイクロマニピュレーション法を用いた半導体カイラルフォトニック結晶における円偏光共振器モードの観測
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 玉置爽真、高橋駿、山下兼一、山口拓也、上田哲也、岩本敏
2. 発表標題 三次元カイラルフォトニック結晶の光Weyl点近傍での位相再構成現象の観測
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 神戸翔太、加賀江純太、山下兼一
2. 発表標題 Two-step preparation of high quality perovskite film on mesoporous PbI ₂ underlayer
3. 学会等名 38th Electronic Materials Symposium
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加賀江純太、山中貴晶、神戸翔太、山下兼一
2. 発表標題 Dry/wet hybrid growth of FA _{1-x} MA _x PbI _{3-y} Br _y perovskite films
3. 学会等名 38th Electronic Materials Symposium
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村英里香、高橋駿、山下兼一、舘林潤、岩本敏、荒川泰彦
2. 発表標題 Circular dichroism in a three-dimensional chiral photonic crystal fabricated by optical microscope micro-manipulator
3. 学会等名 38th Electronic Materials Symposium
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村英里香、高橋駿、山下兼一、渡邊克之、岩本敏、荒川泰彦
2. 発表標題 光学顕微鏡観察下でのマイクロマニピュレーターを用いたウッドパイル型3次元フォトニック結晶の作製
3. 学会等名 第4回JSAPフォトニクスワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 絹田雄三、高橋駿、山下兼一
2. 発表標題 半導体カイラルフォトニック結晶共振器における円偏光自然放出寿命の数値的検討
3. 学会等名 第4回JSAPフォトニクスワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田口巴里絵、平尾司、東瀬陽太郎、山下兼一
2. 発表標題 広帯域かつ高精度な波長可変性を有する有機固体レーザーの設計
3. 学会等名 第540回レーザー学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榎本柊生、山下 兼一
2. 発表標題 CsPbBr ₃ ペロブスカイトマイクロプレートにおける誘導放出とレーザー発振機構の考察
3. 学会等名 第540回レーザー学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水野斎、吉田航、香月浩之、佐々木史雄、山下兼一、柳久雄
2. 発表標題 (チオフェン/フェニレン)コオリゴマー低次元単結晶及びマイクロキャピティの作製とそれらの光学特性
3. 学会等名 第540回レーザー学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下兼一
2. 発表標題 面内分子配向特性を有する有機単結晶微小共振器における発光ダイナミクスとポラリトン緩和過程
3. 学会等名 第540回レーザー学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Higase, S. Morita, T. Fujii, K. Yamashita, and F. Sasaki
2. 発表標題 Control of optical gain band by excited state coupling in polymer thin film co-doped with organic dyes
3. 学会等名 The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Nishimura, K. Imai, S. Takahashi, K. Yamashita, H. Yanagi, and M. Nakayama
2. 発表標題 Strong coupling formation in organic crystal microcavities
3. 学会等名 The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Dokiya, H. Mizuno, H. Katsuki, K. Yamashita, F. Sasaki, and H. Yanagi
2. 発表標題 Formation of cavity polariton in organic electroluminescence devices with thiophene/phenylene co-oligomer derivatives
3. 学会等名 The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Yamashita
2. 発表標題 Photonics in Organic Crystal Microcavities with Strong Light-Matter Coupling
3. 学会等名 4th Global Congress & Expo on Material Science and Nanoscience (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田悠介、榎本柊生、田上智哉、藤原健太郎、高橋駿、山下兼一
2. 発表標題 全無機ペロブスカイト単結晶を活性層とする微小共振器の発光特性
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 山下兼一
2. 発表標題 有機系光機能材料による微小共振器科学の新展開
3. 学会等名 筑波大学物質科学・学術融合セミナー (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤誠野、高橋駿、山下兼一、館林潤、岩本敏、荒川泰彦
2. 発表標題 光学顕微鏡マイクロマニピュレーターで作製したカイラルフォトニック結晶における量子ドット円偏光放射の観測
3. 学会等名 第5回JSAPフォトニクスワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長房司、原優也、山下兼一
2. 発表標題 広帯域光増幅特性を有するグラフェン量子ドットの作製と評価
3. 学会等名 第5回JSAPフォトニクスワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下兼一
2. 発表標題 鉛ハライドペロブスカイト微小共振器における励起状態ダイナミクス
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平尾司、田口巴里絵、原優也、山下兼一
2. 発表標題 有機発光材料によるオープンキャビティVCSELの動的波長チューニング
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原優也、長房司、山下兼一
2. 発表標題 小型波長可変レーザーへの応用のためのグラフェン量子ドットにおける広帯域光増幅効果
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会
4. 発表年 2021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
研究 分担者	山雄 健史 (Yamao Takeshi) (10397606)	京都工芸繊維大学・材料化学系・教授 (14303)	
研究 分担者	高橋 駿 (Takahashi Shun) (60731768)	京都工芸繊維大学・電気電子工学系・助教 (14303)	

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			
英国	University of Cambridge			
中国	Chinese Academy of Science			