

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：14603
研究種目：若手研究
研究期間：2018～2021
課題番号：18K14299
研究課題名（和文）(チオフェン/フェニレン)コオリゴマー自己キャビティからのポラリトンレーザー発振

研究課題名（英文）Polariton Lasing from Single-Crystal Self-Cavities of Thiophene/Phenylene Co-Oligomer

研究代表者
水野 斎（Mizuno, Hitoshi）

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・助教

研究者番号：60734837
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：TPCOマイクロ結晶及びTPCO薄膜を含有するマイクロキャビティの作製を行った。BP2Tマイクロ結晶では、モード構造に基づいて得られたエネルギー対波数ベクトル分散プロットより励起子-光子強結合が観測され、1.05 eVのラビ分裂エネルギーが得られた。強結合においては、屈折率と吸収係数が結合強度に影響を与える重要なパラメータであることが明らかになった。BP1T-CNマイクロキャビティでは、300 meVに及ぶラビ分裂エネルギーが得られた。今後は成膜条件の改善・検討を行うと共に、種々の結晶成長法により作製した単結晶を活性層とするマイクロキャビティを用いてポラリトンレーザー発振の観測を行う。

研究成果の学術的意義や社会的意義

p/n型特性を持つ有機マイクロ結晶中で励起子-光子強結合を実現し、材料パラメータが強結合に与える影響を明らかにしたのは、本研究が初である。この結果は、結晶サイズとモルフォロジーを制御できる改良型ミニエマルジョン法とp/n型を制御できるTPCO材料の組み合わせが、新しい励起子ポラリトンデバイスの研究に繋がる可能性を示している。

研究成果の概要（英文）：TPCO microcrystals and microcavities containing TPCO thin films were prepared. Exciton-photon strong coupling was observed in the BP2T microcrystal from energy versus wavevector dispersion plots obtained based on the mode structure, and a Rabi splitting energy of 1.05 eV was obtained. It was evidenced that the refractive index and absorption coefficient are important parameters affecting the coupling strength in the strong coupling. In the BP1T-CN microcavity, the Rabi splitting energy of 300 meV was obtained. For future work, I will improve the deposition conditions and observe polariton lasing using the microcavities with single crystals fabricated by various crystal growth methods.

研究分野：光物性物理学

キーワード：有機半導体 キャビティ マイクロキャビティ 励起子ポラリトン ミニエマルジョン マイクロ結晶

1. 研究開始当初の背景

近年、低エネルギープロセスで製造でき、軽量、フレキシブル性といった特徴を持つ有機材料を用いて、ユビキタス社会を支える次世代のエレクトロニクスデバイスへ発展させる研究が活発に行われている。有機レーザーは、無機半導体レーザーの代替光源としてだけでなく、生体イメージングといった医療応用やセンサーなど、幅広い応用展開が可能である。なかでもポラリトンレーザーは、従来の発光素子やレーザー素子よりも低消費電力で駆動可能であるため、次世代の光デバイスとして期待されている。

電流励起による有機レーザーを実現するには、 kA/cm^2 以上の電流密度を利得媒質に注入してレーザー発振させなければならない。そのためには、高電流密度に耐え、高キャリア移動度と高い発光量子収率を合わせ持つことが必要であるが、高電流密度下ではジュール熱によって有機材料がダメージを受けて量子収率が低下しやすいため、ロバストかつ低閾値で発振する有機材料が求められる。なかでも(チオフェン/フェニレン)コオリゴマー(TPCO)は、高キャリア移動度と高い発光量子収率を合わせ持つことに加え、室温での高密度光励起下でもほとんど消光せず、低閾値($8.7 \mu\text{J/cm}^2$ 程度)でレーザー発振する材料である。レーザー発振閾値を低減させる一つの有力な方法として、マイクロキャビティ(対向する高反射鏡の間に活性層を配置した構造)中に形成された励起子ポラリトンを利用することが考えられる。励起子ポラリトンに由来するポラリトンレーザー発振は、ポラリトンの誘導散乱に基づくボーズアインシュタイン凝縮によって達成され、反転分布を必要としないため、非常に少ない注入キャリアでコヒーレント光が発生する。

2. 研究の目的

TPCOバルク結晶の平行な両端面をFabry-Pérot(F-P)キャビティとして用いたときには、フォトンレーザー発振よりも低い励起密度領域で時間原点から約300 ps遅れて発光が立ち上がる遅延型パルス発光が観測されると共に、励起密度増加に伴う発光ピークエネルギーのブルーシフトが観測されており、励起子ポラリトン形成に基づくポラリトンレーザー作用と酷似した現象が現れることが報告されている。本研究では、TPCOマイクロ結晶を対象としたマイクロ結晶中の励起子ポラリトンと、誘電体多層膜を用いた分布ブラッグ反射鏡(DBR)から成るマイクロキャビティ中の励起子ポラリトンの光学特性を調べた。TPCOバルク結晶とマイクロキャビティの光学特性を比較することにより、両者での励起子ポラリトンの光学特性の共通点や違いを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

改良型ミニエマルジョン法により、マイクロメートルサイズを有するBP2T(TPCOの一種)結晶を作製した。顕微発光スペクトル測定法を用いて、平行な両端面を有するBP2Tマイクロ結晶端面から放射される発光をCCD分光器により検出した。TPCOバルク結晶のレーザー発振特性については、レーザー分光測定により評価した。

マイクロキャビティを用いた励起子ポラリトンに関する実験については、DBRは、スパッタリング法を用いて作製した。このDBR上にTPCOの一種であるBP1T-CNを真空蒸着し、さらにその上にDBRミラーをスパッタすることによってマイクロキャビティを作製した。このマイクロキャビティの角度分解透過/反射スペクトル測定やレーザー分光測定を行うことで、光学特

性を評価した。

4. 研究成果

図 1(a)は BP2T マイクロ結晶の蛍光顕微鏡写真を示している。5 μm サイズの四角い形状をしたマイクロ結晶が作製できていることがわかる。図 1(b)は石英基板上的 BP2T マイクロ結晶の X 線回折パターンを示している。(00 l)面からの回折パターンが得られている(図 1(c), 図 1(d)参照)ことから、結晶面 (ab 面)に対して分子がほぼ直立していることがわかる。図 1(e)と図 1(f)はそれぞれ、BP2T マイクロ結晶の透過型電子顕微鏡像と対応する制限視野電子回折パターンである。電子回折パターンは結晶相の(040), (220), (2-20)面からの回折に対応しており、この結果も BP2T 分子が結晶面に対してほぼ直立していることを支持する結果となっている。

図 2(a)は BP2T マイクロ結晶端面から検出された発光スペクトルである (青線)。赤線

は、各共鳴エネルギーに対するローレンツ関数 (黒破線)を足し合わせることで再現されたスペクトルである。測定した発光スペクトルは、ローレンツ関数の足し合わせで良く再現されている。図 2(b)は、図 2(a)の各干渉ピークエネルギーから得られたエネルギー対波数ベクトル ($E-k_z$)分散プロットを示している。モード構造に基づいて得られた $E-k_z$ 分散プロットから、励起子-光子強結合により形成される上枝・下枝ポラリトン (UP, LP)のうち、下枝ポラリトンの分散曲線上に分散プロットが位置していることから、励起子-光子強結合が観測され、1.05 eV のラビ分裂エネルギーが得られたと結論付けた。また、量子化学計算と時間分解発光スペクトル測定を行った結果と合わせて考えた結果、遷移双極子モーメントと振動子強度に由来する屈折率と吸収係数が結合強度に影響を与える重要なパラメータであることが明らかになった。5 μm サイズのマイクロ結晶以外にも 100 μm 程度のキャビティ長を持つバルク結晶において高密度励起下での発光スペクトル測定及び時間分解発光測定を行った結果、フォトンレーザー発振の閾値励起密度以下でレーザー発振帯に対して 3 つに分裂した発光帯が観測され、そのときの時間分解発光スペクトルを測定すると数十 ps の遅延時間を持つパルス発光が観測された。投稿論文の関係上、詳細なデータの掲載は控えるが、これらの結果は、分子振動-励起子-光子が結合した状態に由

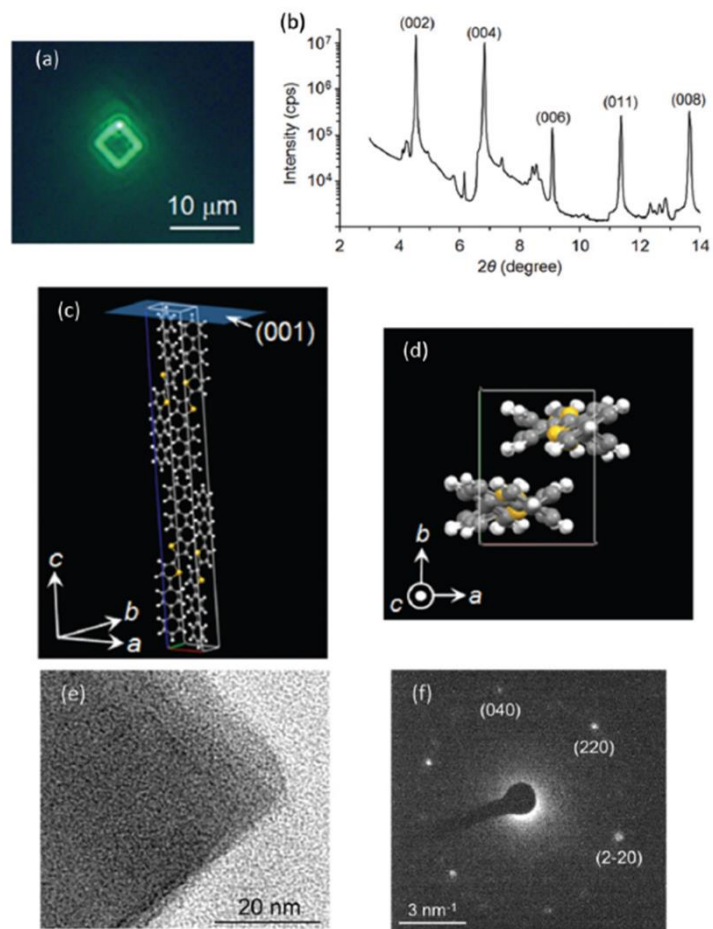


図 1. (a) BP2T マイクロ結晶の蛍光顕微鏡写真. (b) 石英基板上的 BP2T マイクロ結晶の X 線回折パターン. (c) BP2T の結晶構造文献. (d) ab 面に投影した BP2T の分子パッキング. BP2T マイクロ結晶の透過型電子顕微鏡像 (e) と対応する制限視野電子回折パターン (f).
Copyright (2021) Journal of Materials Chemistry C.

来る光学特性であるとして解釈を進めている。

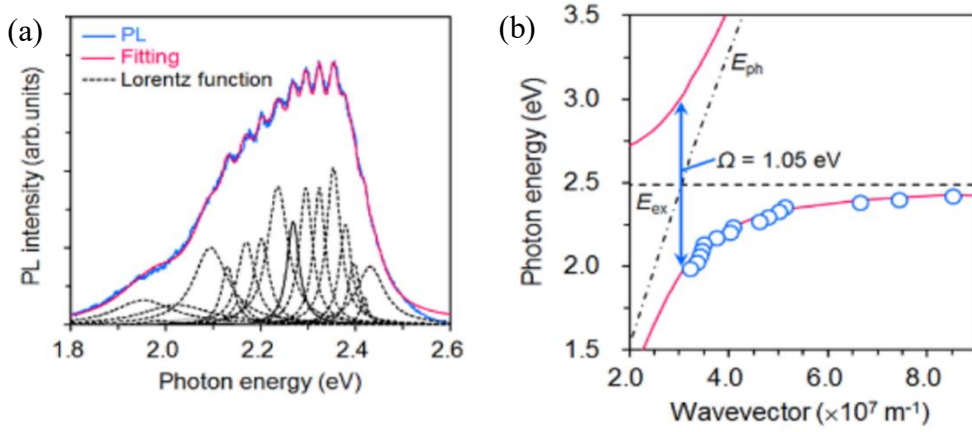


図 2. (a) BP2T マイクロ結晶端面から検出された発光スペクトル. (b) 図 2(a) の各干渉ピークエネルギーから得られたエネルギー対波数ベクトル ($E-k_z$) 分散プロット. Copyright (2021) Journal of Materials Chemistry C.

TPCO マイクロキャビティの光学特性を調べる実験については、大きな屈折率を持ち、かつ DBR 基板に対して寝た配向を持つ BP1T-CN を対象とした。図 3(a) は、BP1T-CN 薄膜を活性層とするマイクロキャビティに対して入射角 0° で白色光を入射したときの透過スペクトルを示している。2.69 eV と 2.35 eV 付近にそれぞれ UP と LP に対応する透過ピークが現れている。図 3(b) は、角度分解透過/反射スペクトル測定により求めた UP と LP の分散プロットである。励起子と光子の結合振動子モデルで UP と LP の分散プロットが再現でき、300 meV に及ぶラビ分裂エネルギーが得られた。この結果より、BP1T-CN マイクロキャビティ中で励起子-光子強結合が実現できていると結論付けた。この BP1T-CN 蒸着膜を用いたマイクロキャビティでは励起子-光子強結合を確認したが、ポラリトンレーザー発振はまだ実現できていない。このため、今後は成膜条件の改善・検討を行うと共に、溶液成長法及び気相成長法により作製した単結晶を活性層に用いたマイクロキャビティの光学測定を行うことにより、ポラリトンレーザー発振の観測を行う予定である。

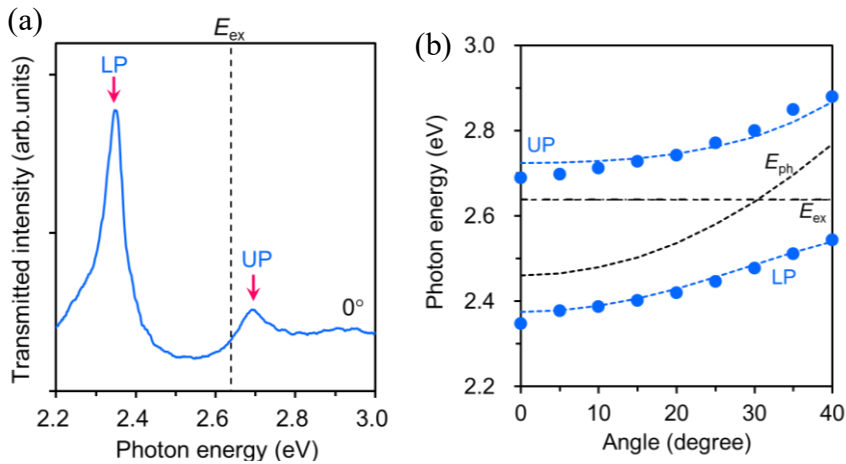


図 3. (a) BP1T-CN マイクロキャビティに対して入射角 0° で測定した透過スペクトル. (b) 角度分解透過/反射スペクトルから求めた分散プロット.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takumi Matsuo, Carina Rossiger, Jasmin Herr, Richard Gottlich, Derck Schlettwein, Hitoshi Mizuno, Fumio Sasaki, Hisao Yanagi	4. 巻 10
2. 論文標題 Synthesis and characterization of methoxy- or cyano-substituted thiophene/phenylene co-oligomers for lasing application	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 24057-24062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA04742B	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 該当する
1. 著者名 Hitoshi Mizuno, Takumi Nishimura, Yuya Mekata, Momonosuke Odani, Naho Kurahashi, Van Cao Nguyen, Yuhi Inada, Takeshi Yamao, Fumio Sasaki, Hisao Yanagi	4. 巻 60
2. 論文標題 Distributed feedback laser with methylammonium lead bromide embedded in channel-type waveguides	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SBBH11-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abdb7f	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. Mizuno, T. Jinjyo, C. M. Laurio, H. Katsuki, I. Hiromitsu, F. Sasaki, H. Yanagi	4. 巻 59
2. 論文標題 Fabrication and characterization of vertical microcavities containing a submicron particle film of 5,5'-di(4-biphenyl)-2,2'-bithiophene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SDDA14-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab5c63	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. Akazawa, F. Sasaki, K. Bando, H. Mizuno, H. Katsuki, H. Yanagi	4. 巻 59
2. 論文標題 Fabrication of low-dimensional microstructures with distyrylbenzene derivatives	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SDDA07-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab4eca	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. Matsuo, H. Mizuno, F. Sasaki, H. Yanagi	4. 巻 59
2. 論文標題 Indication of cooperative light amplification in 5,5 -bis(biphenyl)-2,2 :5',2 -terthiophene single crystals at room temperature	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SDDB02-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab54f2	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 P. Potisat, S. Dokiya, H. Mizuno, F. Sasaki, H. Yanagi	4. 巻 59
2. 論文標題 Fabrication by Vaporized Film Deposition and In-situ FET Measurements of Polycrystalline Thiophene/Phenylene Co-Oligomer Films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SDDA17-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab53c9	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, 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 Appl. Phys. Express	6. 最初と最後の頁 111002-1-5
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 N. Kurahashi, H. Mizuno, F. Sasaki, H. Yanagi	4. 巻 124
2. 論文標題 Whispering Gallery Mode Lasing from CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ /PEO Composites Grown in a Microcapillary	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 3242-3249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b10272	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 Hitoshi Mizuno, Ryunosuke Kondo, Hiroki Iida, Ichiro Hiromitsu	4. 巻 1
2. 論文標題 Fabrication and Characterization of Organic Solar Cells Using a Riboflavin Derivative	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日中国際学術セミナープロシーディングス	6. 最初と最後の頁 1-212
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 Hitoshi Mizuno, Takumi Nishimura, Yuya Mekata, Naho Kurahashi, Momonosuke Odani, Van-Cao Nguyen, Yuhi Inada, Takeshi Yamao, Fumio Sasaki, Hisao Yanagi	4. 巻 60
2. 論文標題 Distributed feedback laser with methylammonium lead bromide embedded in channel-type waveguides	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SBBH11-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abdb7f	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 Hitoshi Mizuno, Tomomi Jinjyo, Kazuki Bando, Fumio Sasaki, Kenichi Yamashita, Hisao Yanagi	4. 巻 9
2. 論文標題 Impact of material parameters on strong exciton-photon coupling states formed in microcrystal resonators of p- and n-type thiophene/phenylene co-oligomers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Mater. Chem. C	6. 最初と最後の頁 11189-11197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1tc02024b	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 Tomoya Tagami, Yusuke Ueda, Keita Imai, Shun Takahashi, Hitoshi Mizuno, Hisao Yanagi, Takeshi Obuchi, Masaaki Nakayama, Kenichi Yamashita	4. 巻 29
2. 論文標題 Anisotropic light-matter coupling and below-threshold excitation dynamics in an organic crystal microcavity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 26433-26443
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.425461	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 Naho Kurahashi, Hitoshi Mizuno, Fumio Sasaki, Hisao Yanagi	4. 巻 11
2. 論文標題 Micro-ring laser with CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ /PEO composite coated inside microcapillary	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 095301-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5. 0057793	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 Tomomi Jinjyo, Hitoshi Mizuno, Kazuki Bando, Fumio Sasaki, Hisao Yanagi	4. 巻 2100323
2. 論文標題 Observation of Size-Dependent Optical Properties Based on Surface and Quantum Effects in Nanocrystals of 5,5'-Bis(4-Biphenyl)-2,2'-Bithiophene	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Photonics Research	6. 最初と最後の頁 2100323-1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adpr.202100323	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 -

〔学会発表〕 計37件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 松尾 匠, 水野 斎, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 BP3T結晶からの光励起レーザー発振における励起子ポラリトンの関与
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 棕橋 奈穂, 水野 斎, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 マイクロリング構造を有するCH ₃ NH ₃ PbBr ₃ /PEO複合体LEC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 田中 誠人, 松尾 匠, 水野 斎, 香月 浩之, 柳 久雄
2. 発表標題 有機半導体におけるコヒーレント輻射光の時間空間コヒーレンス評価
3. 学会等名 分子科学会オンライン討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 目片 優也, 水野 斎, 阪東 一毅, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 ヘキシル置換チオフェン/フェニレンコオリゴマーナノ結晶の作製およびその光学特性
3. 学会等名 分子科学会オンライン討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hitoshi Mizuno, Takumi Nishimura, Yuya Mekata, Momonosuke Odani, Naho Kurahashi, Van Cao Nguyen, Yuhi Inada, Takeshi Yamao, Fumio Sasaki, Hisao Yanagi
2. 発表標題 Distributed Feedback Laser with Methyl Ammonium Lead Bromide Embedded in Chanel-Type Waveguides
3. 学会等名 2020 International Conference on Solid State Device and Materialss (SSDM 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柳 久雄, 松尾 匠, 水野 斎, 佐々木 史雄, 阪東 一毅, 山下 兼一
2. 発表標題 TPCO低次元結晶の協同的発光増幅現象
3. 学会等名 第41回レーザー学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Mizuno, T. Jinjyo, I. Hiromitsu, H. Yanagi
2. 発表標題 Fabrication and Characterization of Microcavities Containing Submicron Particle Films of 5,5'-Di(4-biphenyl)-2,2'-bithiophene
3. 学会等名 10th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE10) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Mizuno, F. Sasaki, H. Yanagi
2. 発表標題 Self-Waveguided Gain Narrowing of Light Emission from Single Crystals of Hexyl-Substituted Thiophene/Phenylene Co-Oligomer
3. 学会等名 2019 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木 史雄, 高田 徳幸, 土器屋 翔平, 水野 斎, 柳 久雄
2. 発表標題 (チオフェン/フェニレン)コオリゴマーを用いたダブルヘテロ構造の作製とEL 特性
3. 学会等名 2019年第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 甚上 知美, 水野 斎, 廣光 一郎, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 BP2Tナノ粒子の作製とその光学特性
3. 学会等名 2019年第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 目片 優也, 水野 斎, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 ヘキシル置換(チオフェン/フェニレン)コオリゴマーナノ粒子の光学特性
3. 学会等名 2019年第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 2019年第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 豊田 健人, 松尾 匠, 水野 斎, 阪東 一毅, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 BP3Tナノワイヤ結晶の作製と発光特性の評価
3. 学会等名 2019年第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 西村 拓海, 水野 斎, Van-Cao Nguyen, 稲田 雄飛, 山雄 健史, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 チャンネル導波路内に作製したペロブスカイト結晶からのレーザー発振
3. 学会等名 2019年第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 椋橋 奈穂, 水野 斎, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 ペロブスカイト/PEO複合体を用いたマイクロリング構造の光励起レーザー特性
3. 学会等名 2019年第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 松尾 匠, 水野 斎, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 溶液成長法によって作製したBP3T単結晶からの光励起レーザー発振
3. 学会等名 2019年第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 2019年第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 吉田 航, 大河内 裕斗, 水野 斎, 香月 浩之, 柳 久雄
2. 発表標題 フェムト秒ポンプ-プローブ法によるTPCO結晶の励起状態ダイナミクスの研究
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水野 齋, 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 レーザー学会第540回研究会「有機コヒーレントフォトンクス」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水野 齋, 基上 知美, 廣光 一郎
2. 発表標題 低分子有機薄膜太陽電池の素子構造最適化の検討
3. 学会等名 第16回日中国際学術セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hitoshi Mizuno, Shinya Higuchi, Ichiro Hiromitsu
2. 発表標題 Organic Photovoltaic Cells Fabricated Using Water-Dispersed Donor-Acceptor Composite Nanoparticles
3. 学会等名 The 6th Japan-China Symposium on Nanomedicine (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水野 齋, 渡邊 瑞生, 廣光 一郎, 柳 久雄
2. 発表標題 BP2Tナノ粒子薄膜を含有するマイクロキャピティの作製とその評価
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 甚上 知美, 水野 斎, 廣光 一郎
2. 発表標題 低分子有機薄膜太陽電池の素子構造最適化の検討
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 水野 斎, 那須 俊佑, 青木 珠緒, 岡野 泰彬, 大森 賢治, 廣光 一郎
2. 発表標題 導電性高分子:ポルフィリン混合膜を活性層に用いたマイクロキャビティの光学特性
3. 学会等名 ナノ学会第16回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳 久雄, 水野 斎, 松尾 匠, 佐々木 史雄, 阪東 一毅, 山下 兼一
2. 発表標題 TPCO低次元結晶の協同的発光増幅現象
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 Naho Kurahashi, Hitoshi Mizuno, Fumio Sasaki, Hisao Yanagi
2. 発表標題 Fabrication of Perovskite Light-emitting Electrochemical Cells with Micro-ring Structure
3. 学会等名 2021 International Conference on Solid State Device and Materials (SSDM 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 甚上 知美, 水野 斎, 阪東 一毅, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 (チオフェン/フェニレン) コオリゴマーナノ結晶の作製と量子サイズ効果の検証
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木 史雄, 松尾 匠, 高田 徳幸, 棕橋 奈穂, 水野 斎, 柳 久雄
2. 発表標題 ペロブスカイト電荷移動層と(チオフェン/フェニレン)コオリゴマー発光層からなる有機EL素子の開発
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水野 斎, 甚上 知美, 阪東 一毅, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 ブチル基置換(チオフェン/フェニレン)コオリゴマーの結晶多形形成による光学特性の変化
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 棕橋 奈穂, 水野 斎, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 マイクロキャピラリ共振器を有するペロブスカイトLECの作製
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 樋口 献, 甚上 知美, 水野 斎, 阪東 一毅, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 シアノ基置換(チオフェン/フェニレン)コオリゴマーナノ結晶の作製とその光学特性
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomomi Jinjyo, Hitoshi Mizuno, Kazuki Bando, Fumio Sasaki, Hisao Yanagi
2. 発表標題 Preparation of nanocrystals of thiophene/phenylene co-oligomers and crystal size effects on their photoluminescence properties
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hitoshi Mizuno, Yuya Mekata, Tomomi Jinjyo, Kazuki Bando, Fumio Sasaki, Hisao Yanagi
2. 発表標題 Preparation of hexyl-substituted thiophene/phenylene co-oligomer nanocrystals and their optical properties
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木 史雄, 松尾 匠, 高田 徳幸, 椋橋 奈穂, 水野 斎, 柳 久雄
2. 発表標題 溶液キャスト法による微小共振器形成とその有機EL素子開発
3. 学会等名 レーザー学会第560回研究会「有機コヒーレントフォトンクス」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 甚上 知美, 水野 斎, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 シアノ基置換(チオフェン/フェニレン)コオリゴマーの結晶多形の光学特性
3. 学会等名 2022年第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 門司 悠佑, 水野 斎, 甚上 知美, 山下 兼一, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 シアノ基置換(チオフェン/フェニレン)コオリゴマー単結晶マイクロキャピティの作製とその光学特性
3. 学会等名 2022年第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 菅原 拓実, 水野 斎, 甚上 知美, 佐々木 史雄, 柳 久雄
2. 発表標題 ヘキシル基置換(チオフェン/フェニレン)コオリゴマー単結晶の作製とその光学特性
3. 学会等名 2022年第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〕

量子物性科学研究室ホームページ
<https://mswebs.naist.jp/LABs/optics/index-j.html>
 量子物性科学研究室ツイッター
<https://twitter.com/QuantumMaterial>
 量子物性科学研究室インスタグラム
https://www.instagram.com/qms_lab/

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