

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：32675

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14170

研究課題名（和文）紫外電気化学発光素子の開発とマイクロ化学分析用面光源への応用

研究課題名（英文）Development of ultraviolet electrogenerated chemiluminescence devices and their application to surface-emission light sources for micro analysis systems

研究代表者

笠原 崇史（Kasahara, Takashi）

法政大学・理工学部・准教授

研究者番号：10707714

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）：本研究課題では、フレキシブル面光源の創生を目指し、高輝度・高効率電気化学発光（ECL）技術の構築を目標に、材料とデバイスの両アプローチから研究を進めた。近紫外～可視域に発光を示す蛍光材料、燐光材料、熱活性化遅延蛍光（TADF）材料の電気化学特性や光物理特性を取得・解析し、異分子のラジカルイオン間の電子移動反応を利用した新規蛍光および燐光ECL素子を提案した。その結果、テトラセン誘導体（ルブレン）を用いた蛍光素子では292 cd/m²の最大輝度、4.50 cd/Aの最大電流効率を、またイリジウム錯体を用いた燐光素子では113 cd/m²の最大輝度、2.84 cd/Aの最大電流効率を実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ECL素子は発光性溶液を2枚の電極付き基板で挟み作製される簡易な構造の自発光素子であるが、実用化が進む有機ELと比べるとその特性は後れを取っていた。従来の溶液は主に単一の分子を有機溶媒に溶解することで調製されていたが、本研究課題では、ラジカルアニオンになりやすい分子とラジカルカチオンになりやすい分子とを組み合わせた機能分離型のECLデバイスを検討した。その結果、異分子のラジカルイオン間の電子移動反応を利用することで効率的に発光性分子の励起状態が得られることが明らかになった。本研究をさらに追究することで、透明ディスプレイなど新たなエレクトロニクス産業の発展が期待される。

研究成果の概要（英文）：This research aims to develop highly luminescent and efficient electrogenerated chemiluminescence (ECL) devices toward future surface-emission light sources. During the research period, electrochemical and photophysical properties of not only fluorescent materials that emit light in a wide wavelength range from near-ultraviolet to visible light, but also phosphorescent and TADF materials were evaluated, and I proposed a novel ECL system based on an electron transfer reaction between radical ions of different materials. The fluorescent ECL cell using rubrene exhibited the maximum luminance and current efficiency of 292 cd/m² and 4.50 cd/A, while the phosphorescent ECL cell using an iridium complex exhibited those of 113 cd/m² and 2.84 cd/A.

研究分野：ナノマイクロシステム

キーワード：電気化学発光 電子移動反応 発光補助ドーパント 蛍光 燐光

1. 研究開始当初の背景

近年、有機 EL を搭載したディスプレイの実用化が加速している。有機 EL 素子は、真空蒸着法やインクジェット法などの薄膜形成プロセスによって成膜された、厚さ数 10 nm 程の機能分離型の積層膜(電荷注入/輸送層、発光層)を 2 枚の電極で挟んだ構造を有する自発光素子である。特に、発光層はエネルギーギャップの大きいホスト分子の中に微量(数 wt%)のゲスト分子を添加したホスト-ゲスト系が一般的に採用されている。ゲスト分子としては、一重項励起状態から光を取り出す蛍光材料や、近年では、三重項励起状態のエネルギーも利用する燐光材料や熱活性化遅延蛍光(TADF)材料が積極的に研究され、発光輝度は 10,000 cd/m² を超え、さらに発光効率も 40 cd/A 以上を示す高輝度・高効率有機 EL 素子が報告されている。

その一方で、電気化学発光(ECL)素子もまた、新たな形態の自発光デバイスとして注目されている。一般的な素子は 2 枚の透明電極付きガラス基板で発光性溶液を挟み作製される。発光性分子を高濃度(数 mM~数 10 mM)溶解した溶液に電圧を印加すると、酸化還元反応によりラジカルアニオンとラジカルカチオンが生成され、これらのイオンが衝突した際に生じる電子移動反応により分子が励起状態となり、基底状態に戻る際に光が放出される。素子の作製には真空プロセスは不要であることから、大面積な面光源の実現も期待されている。

しかし、前述の発光原理から、用いる発光性分子には、電気化学的に両極性が求められるが、そのような材料はルテニウム錯体、アントラセン誘導体、テトラセン誘導体などの一部の材料に限定されており、新規の ECL 材料も積極的に開発されてこなかった。最も研究されているルテニウム錯体でも、最大輝度は 200 cd/m² 程度であり、効率は 1 cd/A に到達していなかった。

そこで、研究代表者は上記課題を解決するために、2014 年に、有機 EL の発光過程を参考に、ホスト-ゲスト系 ECL 溶液を提唱し、これまでに、黄色蛍光材料であるテトラセン誘導体(ルブレレン)溶液に、微量のペリレン誘導体(DBP)を添加した赤色溶液[1]や、深青色蛍光材料のアントラセン誘導体(TBADN)をホストとした白色、緑色 ECL 溶液などを開発してきた[2,3]。

2. 研究の目的

本研究開始当初の目的は、フレキシブル面光源の創生を目指し、高輝度・高効率 ECL 技術の構築を目標に、前述の TBADN よりもワイドギャップ且つ燐光材料など高効率発光材料にも適用可能なホスト分子の構造や電気化学および光物理特性を明らかにすることであった。

3. 研究の方法

有機 EL の発光層の多くは、最高被占軌道(HOMO)が深く且つ最低空軌道(LUMO)の浅いワイドギャップ材料をホストとし、効率的にゲストを励起させるために、ホストの HOMO/LUMO ギャップ内に、ゲストの HOMO/LUMO 両準位が位置するように設計されている。

本研究課題では、サイクリックボルタンメトリー(CV)法により、近紫外~可視域に発光を示す様々な蛍光材料、燐光材料、TADF 材料の酸化還元電位(HOMO/LUMO 準位)ならびにラジカルイオンの安定性を評価し、ホストおよびゲストの候補材料を絞り込むこととした。そして、研究代表者がこれまでに開発してきたマイクロ流体 ECL デバイス[1-3]を用いて当該材料から成る溶液の発光特性(電流密度-電圧-輝度(J - V - D)特性や ECL スペクトル)を評価した。

4. 研究成果

(1) ホスト-ゲスト系 ECL 溶液に関する研究

フルオレン誘導体(TSBF)は CV 測定より、明確な酸化波および還元波を示すワイドギャップ材料であることがわかり、2001 年の Nishimura らの研究を参考に[4]、1,2-ジクロロベンゼンとアセトニトリルの混合溶媒(2:1(v/v))と、イオン伝導補助ドーパントとして 1,2-ジフェノキシエタンを用いて、TSBF 溶液を調製し、マイクロ流体デバイスにより特性評価を実施した[5]。その結果、近紫外~深青色範囲にスペクトルを持ち、ピーク波長が約 400 nm の ECL が得られた。また並行して、TBADN ホスト溶液にゲストとしてピアントラセン誘導体(TPBA)を添加することで、TPBA 由来の淡青色 ECL の観測に成功し、7.7 cd/m² の最大輝度が得られている[6]。

(2) 異分子ラジカルイオン間の電子移動反応を利用した ECL 素子の研究

上記のワイドギャップホストの探求およびホスト-ゲスト溶液の発光特性の解析の過程で、研究代表者は、ECL 素子において、目的の分子を励起させるには、必ずしも有機 EL と同じような HOMO/LUMO 準位の位置関係にする必要がないことに気づいた。有機 EL のような固体薄膜と異なり、ECL 溶液中の分子は動きやすい状態にあるため、ホストに比べ、酸化および還元しやすい材料をゲストとした場合、デバイス内ではゲストのラジカルアニオンおよびカチオンが生成され、不要な電流が流れてしまう。そのため、代表者は発光させたい分子のラジカルアニオン(もしくはカチオン)と、それとは逆の極性の発光補助ドーパント(酸化還元メディエータ)のラジカルイオンを生成し、それらを衝突させることで、効率的に目的分子の励起状態を生成させる手法を着想し、以下の示す新規蛍光および燐光 ECL 素子を提案した。

① ルブレンをを用いた蛍光 ECL 素子

ルブレンは代表的な黄色蛍光材料であり、多くの研究者によってその ECL 現象が研究され、 100 cd/m^2 を超える素子も報告されている [4]。研究代表者は図 1 に示すように、2023 年に、ルブレンより酸化しやすく且つ極端に還元しにくい分子、換言すると、ルブレンより HOMO/LUMO 準位ともに浅い分子(スチルベン誘導体(DPAVB))を、補助ドーパントとして添加することで、ルブレンの発光特性を大幅に向上できることを示している [7]。これは、ルブレンの両ラジカルイオンの衝突に加え、補助ドーパントのラジカルカチオン($D^{\cdot+}$)と、ルブレンのラジカルアニオン($R^{\cdot-}$)の衝突によってもルブレンの励起状態(R^*)が生成されたと考察している($R^{\cdot-} + D^{\cdot+} \rightarrow R^* + D$)。この手法で得られた最大輝度、最大電流効率は 292 cd/m^2 、 4.50 cd/A であり、それぞれ DPAVB を添加しない場合(86.2 cd/m^2 、 2.99 cd/A)の 3.4 倍、1.5 倍であった。

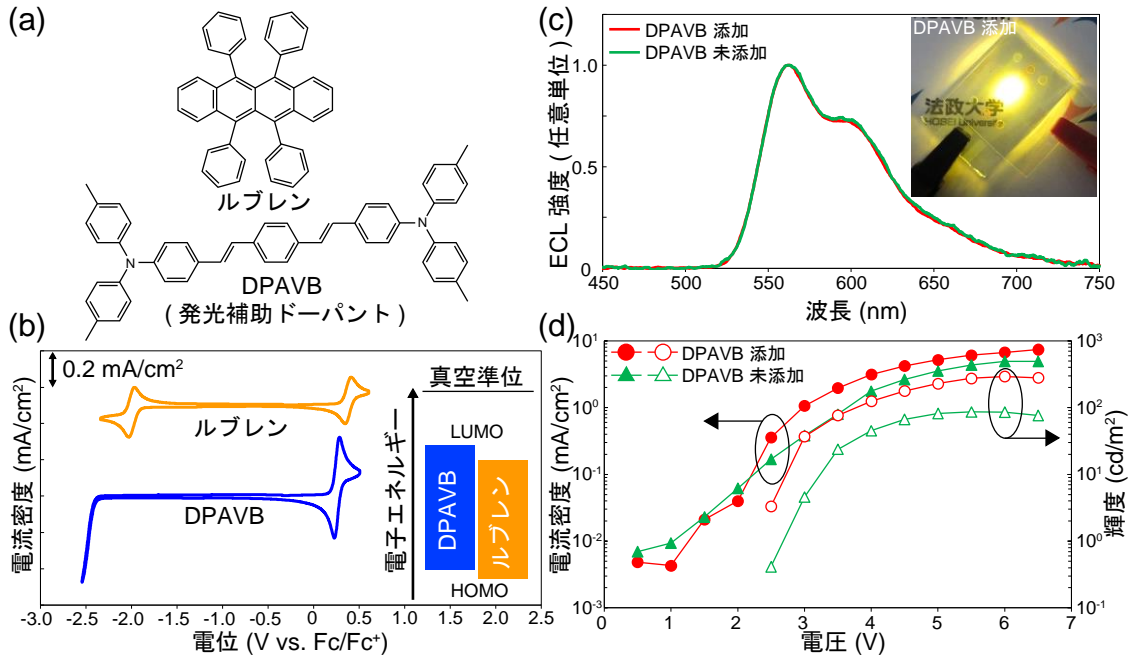


図 1(a) ルブレンと DPAVB の構造式 (b) CV 特性 (c) ECL スペクトル (d) J - V - L 特性

② イリジウム錯体を用いた燐光 ECL 素子

電流により分子が励起状態となった場合、電子スピンの組み合わせから、一重項励起状態(S_1)と三重項励起状態(T_1)が、25% : 75% の比で生成される。そのため、三重項励起状態から光を取り出せる燐光材料を用いた素子は、蛍光材料の場合より高効率発光が期待される。しかし、燐光有機 EL で広く用いられているイリジウム錯体を使ったサンドイッチ型の ECL 素子はこれまで積極的に研究されてこなかった。そこで、前述のルブレンの研究で得た手法が燐光 ECL 素子にも適用可能か検証した。その結果、2024 年、図 2 に示すように、黄色イリジウム錯体 ($\text{Ir}(\text{BT})_2(\text{acac})$) 溶液に、補助ドーパントとして TADF 材料であるカルバゾリルジシアノベンゼン誘導体(2CzPN)を添加することで、 $\text{Ir}(\text{BT})_2(\text{acac})$ 由来の 113 cd/m^2 の最大輝度、 2.84 cd/A の最大電流効率が得られた [8]。最大輝度は 2CzPN を添加しない場合(0.18 cd/m^2)の 100 倍以上であった。また、CV 測定より 2CzPN は $\text{Ir}(\text{BT})_2(\text{acac})$ より HOMO、LUMO とともに深いことがわかる。本成果はこれまで報告されているイリジウム錯体を用いた ECL 素子で最も高輝度および高効率であることもわかった。イリジウム錯体は配位子を変更することで様々な波長の光が得られるため、今後は、各種イリジウム錯体を用いた高輝度・高効率マルチカラー燐光素子の作製を検討していく。

(3) 酸化物半導体ナノ粒子から成る電子注入層を埋め込んだマイクロ流体デバイスの試作

研究成果(1),(2)で使用したマイクロ流体 ECL デバイスは、厚さ $5 \mu\text{m}$ 程度のネガ型フォトレソトから成る流路スペーサーの上下を 2 枚の透明電極(フッ素添加酸化スズ(FTO)陰極および酸化インジウムスズ(ITO)陽極)で挟んだ構造を有しており、MEMS プロセスおよび異種材料接合技術によって作製されている。研究代表者はデバイスの観点からも ECL の性能向上を目指し、溶液への電子注入を促進するために、流路内の陰極上に電子注入層としてアルミニウム添加酸化亜鉛(AZO)ナノ粒子の成膜を検討した。その結果、成膜していない従来デバイスと比べて(64.7 cd/m^2)、ルテニウム錯体の輝度を 2.5 倍(161 cd/m^2)向上できることを示している [9]。

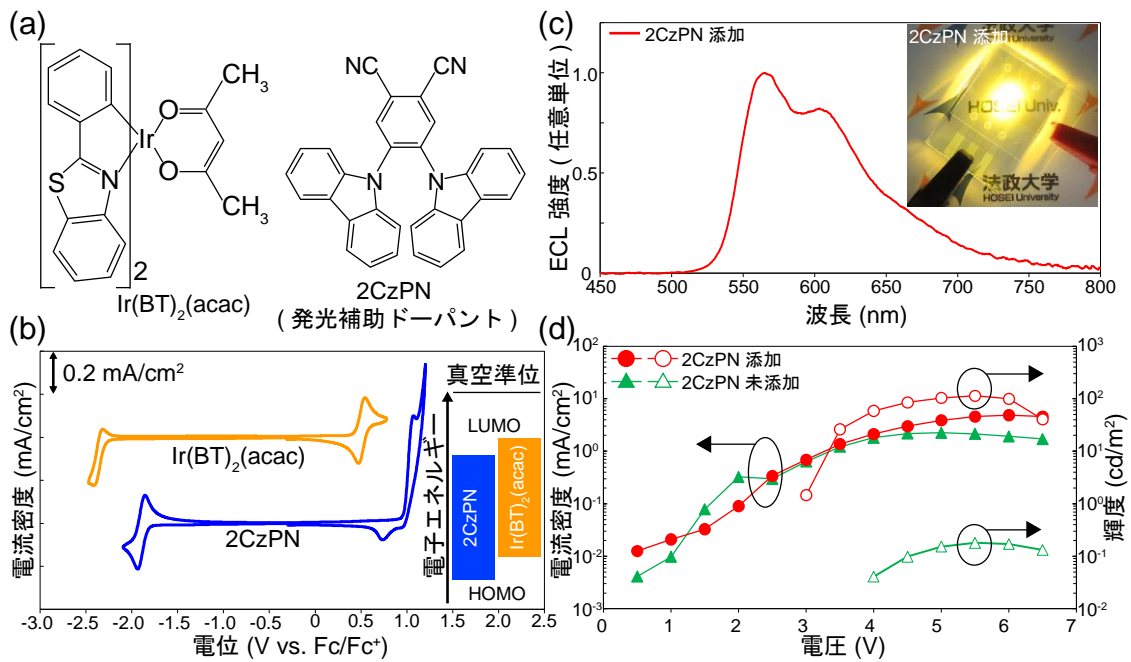


図 2(a) Ir(BT)₂(acac)と 2CzPN の構造式 (b) CV 特性 (c) ECL スペクトル (d) J - V - L 特性

- [1] T. Kasahara, S. Matsunami, T. Edura, R. Ishimatsu, J. Oshima, M. Tsuwaki, T. Imato, S. Shoji, C. Adachi, and J. Mizuno, *Sens. Actuators A*, **214**, 225 (2014).
- [2] Y. Koinuma, R. Ishimatsu, H. Kuwae, K. Okada, J. Mizuno, and T. Kasahara, *Sens. Actuators A*, **306**, 111966 (2020).
- [3] Y. Koinuma, R. Ishimatsu, E. Kato, J. Mizuno, T. Kasahara, *Electrochem. Commun.*, **127**, 107047 (2021).
- [4] K. Nishimura, Y. Hamada, T. Tsujioka, S. Matsuta, K. Shibata, and T. Fuyuki, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **40**, L1323 (2001).
- [5] N. Ichinohe, R. Ishimatsu, Jun Mizuno, and T. Kasahara. Proc. 2022 Int. Conf. Electronics Packaging (ICEP). pp. 21-22 (2022).
- [6] E. Kato, R. Ishimatsu, Y. Koinuma, J. Mizuno, and T. Kasahara, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **61**, 060903 (2022).
- [7] E. Kato, R. Ishimatsu, J. Mizuno, and T. Kasahara, *Electrochemistry*, **91**, 047002 (2023).
- [8] N. Ichinohe, R. Otsuka, R. Ishimatsu, M. Kobayashi, J. Mizuno, N. Akino, and T. Kasahara, *Electrochemistry*, **92**, 027004 (2024).
- [9] K. Okada, R. Ishimatsu, J. Mizuno, and T. Kasahara, *Sens. Actuators A*, **334**, 113329 (2022).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Emiri Kato, Ryoichi Ishimatsu, Yugo Koinuma, Jun Mizuno, Takashi Kasahara	4. 巻 61
2. 論文標題 Sky-blue electrogenerated chemiluminescence using anthracene derivatives as host and guest molecules	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 060903 ~ 060903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac671a	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 Emiri Kato, Ryoichi Ishimatsu, Jun Mizuno, Takashi Kasahara	4. 巻 91
2. 論文標題 Bright yellow electrogenerated chemiluminescence cell using a rubrene solution doped with an emitting assist dopant	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 047002 ~ 047002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.23-00007	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 Koji Okada, Ryoichi Ishimatsu, Jun Mizuno, Takashi Kasahara	4. 巻 334
2. 論文標題 Microfluidic electrogenerated chemiluminescence cells using aluminum-doped zinc oxide nanoparticles as an electron injection layer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 113329 ~ 113329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2021.113329	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 Ryo Kawasaki, Ryoichi Ishimatsu, Koji Okada, Shoma Hada, Jun Mizuno, Toshihiro Nakamura, Takashi Kasahara	4. 巻 16
2. 論文標題 Evaluation of electrogenerated chemiluminescence cells having titanium dioxide nanoparticles-based electron injection layers annealed at different temperatures	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging	6. 最初と最後の頁 E22-005-1 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5104/jiepeng.16.E22-005-1	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 Nanami Ichinohe, Ryohei Otsuka, Ryoichi Ishimatsu, Manaka Kobayashi, Jun Mizuno, Nobuhiko Akino, Takashi Kasahara	4. 巻 92
2. 論文標題 Yellow phosphorescent electrogenerated chemiluminescence cell based on a cyclometalated iridium complex with a redox mediator	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 027004 ~ 027004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.23-00147	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

〔学会発表〕 計27件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 川崎諒, 石松亮一, 笠原崇史
2. 発表標題 酸化チタンナノ粒子のアニール温度条件が電気化学発光特性に及ぼす影響の調査
3. 学会等名 2022年電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤えみり, 石松亮一, 笠原崇史
2. 発表標題 スチリルベンゼン誘導体をゲストとした青色マイクロ流体電気化学発光素子の検討
3. 学会等名 2022年電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Emiri Kato, Jun Mizuno, Takashi Kasahara
2. 発表標題 Sky-blue microfluidic electrogenerated chemiluminescence device with host-guest solutions
3. 学会等名 The 13th Japan-China-Korea Joint Conference on MEMS/NEMS (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池田龍飛, 加藤えみり, 笠原崇史
2. 発表標題 フッ素添加酸化スズを陰極に用いたマイクロ流体有機ELの試作
3. 学会等名 第39回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤えみり, 笠原崇史
2. 発表標題 発光補助ドーパント添加による黄色マイクロ流体電気化学発光素子の特性向上
3. 学会等名 第37回エレクトロニクス実装学会 春季講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 倉浪大輝, 池田龍飛, 加藤えみり, 笠原崇史
2. 発表標題 マイクロ流体有機ELへの正孔注入改善の検討
3. 学会等名 第37回エレクトロニクス実装学会 春季講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林愛佳, 山田悠太郎, 川崎諒, 加藤えみり, 水野潤, 笠原崇史
2. 発表標題 ニードル式ディスペンサによる電子注入層の成膜と電気化学発光評価
3. 学会等名 第37回エレクトロニクス実装学会 春季講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 笠原崇史
2. 発表標題 マイクロ流体電気化学発光デバイスの作製と高輝度化検討
3. 学会等名 第37回エレクトロニクス実装学会 春季講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山田悠太郎, 水野潤, 笠原崇史
2. 発表標題 電界発光デバイス用液体有機発光層の直接塗布法の検討
3. 学会等名 令和5年電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 羽田祥真, 加藤えみり, 笠原崇史
2. 発表標題 テトラセン誘導体を用いた緑色マイクロ流体電気化学発光素子
3. 学会等名 令和5年電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koji Okada, Jun Mizuno, Takashi Kasahara
2. 発表標題 Orange-red microfluidic electrogenerated chemiluminescence device with an electron injection layer
3. 学会等名 The 12th Japan-China-Korea Joint Conference on MEMS/NEMS (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田紘治, 笠原崇史
2. 発表標題 酸化半導体ナノ粒子複合膜を用いたマイクロ流体電気化学発光デバイスの検討
3. 学会等名 第38回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤えみり, 笠原崇史
2. 発表標題 アントラセン誘導体をゲストとして用いた青色電気化学発光素子の開発
3. 学会等名 第38回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大川翔太郎, 岡田紘治, 水野潤, 笠原崇史
2. 発表標題 印刷法によるマイクロ流体電気化学発光デバイス用電子注入層の形成
3. 学会等名 第28回「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nanami Ichinohe, Ryoichi Ishimatsu, Jun Mizuno, Takashi Kasahara
2. 発表標題 Microfluidic electrogenerated chemiluminescence device using a wide-energy-gap material
3. 学会等名 2022 International Conference on Electronics Packaging (ICEP 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiya Yamamoto, Ryoichi Ishimatsu, Koji Okada, Emiri Kato, Jun Mizuno, Takashi Kasahara
2. 発表標題 Red microfluidic electrogenerated chemiluminescence device using tetraphenyldibenzoperiflanthene as a guest molecule
3. 学会等名 2022 International Conference on Electronics Packaging (ICEP 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Emiri Kato, Ryoichi Ishimatsu, Jun Mizuno, Takashi Kasahara
2. 発表標題 Green microfluidic electrogenerated chemiluminescence device using 9,10-diphenylanthracene as a host material
3. 学会等名 2022 International Conference on Electronics Packaging (ICEP 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryo Kawasaki, Ryoichi Ishimatsu, Koji Okada, Jun Mizuno, Takashi Kasahara
2. 発表標題 Orange-red electrogenerated chemiluminescence cells using titanium dioxide nanoparticles annealed at different temperatures
3. 学会等名 2022 International Conference on Electronics Packaging (ICEP 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryuto Ikeda, Jun Mizuno, Takashi Kasahara
2. 発表標題 Fabrication and evaluation of microfluidic organic-light emitting diode having a fluorine-doped tin oxide cathode
3. 学会等名 2023 International Conference on Electronics Packaging (ICEP 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三井俊希, 山田悠太郎, 笠原崇史
2. 発表標題 陰極上に機能性層を有するマイクロ流体有機EL素子の試作
3. 学会等名 第33回マイクロエレクトロニクスシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林愛佳, 笠原崇史
2. 発表標題 発光補助ドーパントを用いた赤色燐光電気化学発光素子の検討
3. 学会等名 第40回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 笠原崇史
2. 発表標題 マイクロ流体電気化学発光デバイスの開発状況と今後の展望
3. 学会等名 電気学会・電子材料研究会「次世代デバイス応用へ向けたエコシステム材料の合成・物性評価」(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nobuhiko Akino, Emiri Kato, Ryoichi Ishimatsu, Jun Mizuno, Takashi Kasahara
2. 発表標題 Quantum chemical study of electrogenerated chemiluminescence cell of rubrene solution with an assist dopant
3. 学会等名 2023 MRS Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡本梨暉, 笠原崇史
2. 発表標題 液状ビレン誘導体を有する薄膜有機電界発光素子の作製
3. 学会等名 第30回「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」シンポジウム
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 羽田祥真, 笠原崇史
2. 発表標題 テトラセン誘導体を用いた緑色電気化学発光素子の特性評価
3. 学会等名 第30回「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」シンポジウム
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小林愛佳, 笠原崇史
2. 発表標題 イリジウム錯体を有するマイクロ流体電気化学発光デバイスの特性評価
3. 学会等名 令和6年電気学会全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山口紗羅, 小林愛佳, 秋野喜彦, 笠原崇史
2. 発表標題 アントラセン誘導体を用いた緑色電気化学発光素子の検討
3. 学会等名 令和6年電気学会全国大会
4. 発表年 2024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
---------	---------