

令和 5 年 5 月 10 日現在

機関番号：13201
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2019～2022
課題番号：19K04465
研究課題名(和文) 極性分子を用いた電極界面ダイポール制御と有機ELデバイスへの効果的なキャリア注入

研究課題名(英文) Control of dipole at electrode interface using polar molecules and improvement carrier injection into OLED devices

研究代表者
森本 勝大 (Morimoto, Masahiro)

富山大学・学術研究部工学系・准教授

研究者番号：90717290
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：有機ELデバイスは近年急速に普及しており、ディスプレイ用途だけでなく照明やレーザーなど幅広い用途へ応用が期待されている。デバイス駆動のためには電極から有機半導体層へ電子や正孔の注入が不可欠であるが、その効率にはまだまだ課題が多い。本研究では電気双極子(ダイポール)を電極と有機半導体の間(界面)に配置することで、電荷の注入向上を目的にしている。研究成果として、界面ダイポールを有するデバイスは性能向上が達成でき、ダイポールの構造制御により更なる向上が確認できた。また、電荷注入時のエネルギー障壁を様々な測定により算出でき、デバイスだけでなく物理化学的アプローチによる裏付けも得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では広く利用されている有機ELデバイスの課題の一つである、電極からのキャリア注入効率向上を目的にしている。電極/半導体界面の電荷移動は有機半導体に限らず無機半導体においても長く議論されてきた課題であり、課題解決にともなうデバイス性能向上には大きく期待できる。研究結果からもデバイス性能向上が示唆されており、爆発的な普及を遂げつつある有機ELデバイスへの影響は計り知れない。本成果は特殊な極性材料を用いた成果に加え、汎用的なポリマー材料においても同様の成果が得られており、今後のデバイス設計指針の一つになり得るだろう。

研究成果の概要(英文)：Organic light-emitting diode devices have been rapidly gaining popularity in recent years and are expected to be used not only for displays but also for a wide range of other applications such as lighting and lasers. Injection of electrons and holes from the electrode to the organic semiconductor layer is essential to drive the devices, but there are still many issues to be solved in terms of device efficiency. This research aims to improve charge injection by placing an electric dipole at an interface between the electrode and the organic semiconductor. As a result, devices with interfacial dipoles have improved performance, and further improvement has been confirmed by controlling the structure of the dipole layer. In addition, we were able to calculate the energy barrier height during charge injection by various measurements and obtained corroboration not only from the device measurement but also from physicochemical approaches.

研究分野：有機エレクトロニクス

キーワード：有機EL 極性分子 ダイポール 注入障壁 P(VDF/TrFE)

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年盛んに研究開発が行われ一般家庭においても普及しつつある有機 EL (OLED) デバイスは、ディスプレイ用途だけでなく照明やレーザーなど幅広い用途へ応用が期待されている。発光原理は正極・負極から有機半導体へホール・電子が注入され、発光層で再結合し生じた励起子が基底状態に戻る時に発光現象を伴う。その際、電流を効率良く流すために、電極-有機半導体間で良好な界面を形成するキャリア注入層が用いられてきた。これまでに無機半導体やアルカリハライド材料など多くの材料種が報告され、注入メカニズムの解明も同時に進められてきた。

2. 研究の目的

本研究では界面ダイポールの生み出す局所的な高電界によってキャリア注入できないか？また、ダイポールの方向制御により同一材料でホール・電子の両キャリア注入が達成できないか？という発想で研究を開始した。局所的な高電界状態である界面ダイポール効果を発現するため、電極界面に極性分子材料として自発分極を有する強誘電材料を極薄膜として成膜する。これらは外部電界により分子内ダイポールの向きを制御可能であり、極薄ダイポール層として期待できる。本研究では電流駆動 OLED において、電極-有機半導体界面に極薄ダイポール層を形成・制御することで、キャリア注入向上を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 界面ダイポール層の形成および OLED 作製方法

極性分子材料には有機強誘電材料であるポリフッ化ビニリデン三フッ化エチレン [P(VDF/TrFE)] に加え、過去実績例のあるポリエチレンイミン (PEIE) を用いた。ダイポールの向きは分子配向によって決定されるため、薄膜成膜時に適切な熱処理や湿度管理を行う事で構造制御し、成膜後にはコロナ放電を用いた外部電界処理によりダイポールの向きや大きさを制御した。

まず、正極・負極片側のみに界面ダイポールを形成することで、既存材料との差異を検証した。極性分子膜のダイポール方向や大きさ、作製プロセスを制御することで、電流密度の大幅な向上を確認する。OLED デバイス構成としては過去実績例の多い、 α -NPD と Alq₃ を利用した単純構造での評価を実施した。また、Alq₃ 単層へのキャリア注入特性を検証することで、電子注入障壁を評価した。

(2) キャリア注入特性の評価方法

作製した OLED デバイスの電流-電圧-発光輝度特性を測定することで、デバイスへのキャリア注入特性を確認した。また、発光輝度を同時測定することで、注入されたキャリアが光変換に利用されているか否かを検証した。ダイポール層の有り無しで比較することで、正負キャリアが注入するデバイス評価においても正確な注入特性を検証可能であった。また、単層デバイスに単キャリアを印加することで、ダイポールによる単一キャリアの注入を直接的に評価した。合わせて、温度依存性を評価することで、電極からの注入障壁を算出し定量的な注入評価へつなげた。

(3) ダイポール層の物理化学的評価方法

電極上に作製したダイポール層の分子配向や結晶構造は X 線斜入射回折法により評価した。また、膜表面のモルフォロジーは原子間力顕微鏡 (AFM) を使い、表面電位の変化は表面電位計などにより正確に評価した。

4. 研究成果

(1) ダイポールによる OLED 性能向上

ダイポール層として P(VDF/TrFE) を透明電極上に成膜したデバイスのデバイス構造と、電流-電圧-輝度特性を図 1 に示す。P(VDF/TrFE) 無しのデバイスに対し、P(VDF/TrFE) 層を成膜したデ

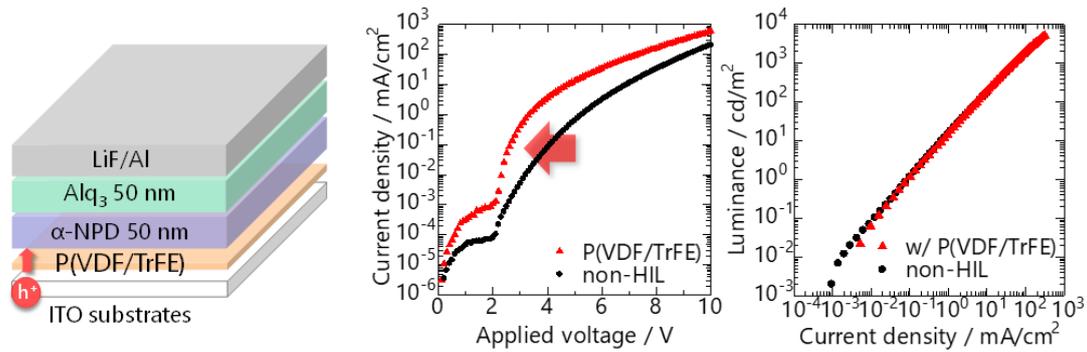


図1 真空蒸着法で作製したデバイス構造と、

デバイスの電流密度-電圧特性、発光輝度-電流密度特性の P(VDF/TrFE)層効果

デバイスは電流値の向上が明瞭に確認された。一方で、電流-輝度特性には変化がなく、これはデバイス内部での光・電子変換に差が無い事を示唆している。この現象は真空蒸着法により作製した低分子系デバイスだけでなく、典型的な高分子半導体である F8BT を用いたデバイスでも同様に確認できており、幅広い材料選択の可能性を示唆する結果となった。

次に電子注入に対するデバイス特性評価として、図1 デバイスの逆構造デバイスを作製しデバイス性能を評価した。電子注入性を正確に評価できるよう、キャリア再結合位置を限定するため、ドーパントであるルブレンの添加に加えホールブロック層として BCP を新たに挿入したデバイスを用いた。デバイス構造およびデバイス性能を図2に示す。P(VDF/TrFE)層がホール注入向上を示したのと異なり、電子注入に対する電流密度の向上や発光輝度の向上は確認できなかった。この原因として、電子輸送層のエネルギー準位に由来する可能性や P(VDF/TrFE)層のダイポールや分子配向といった薄膜構造に由来することが考えられる。

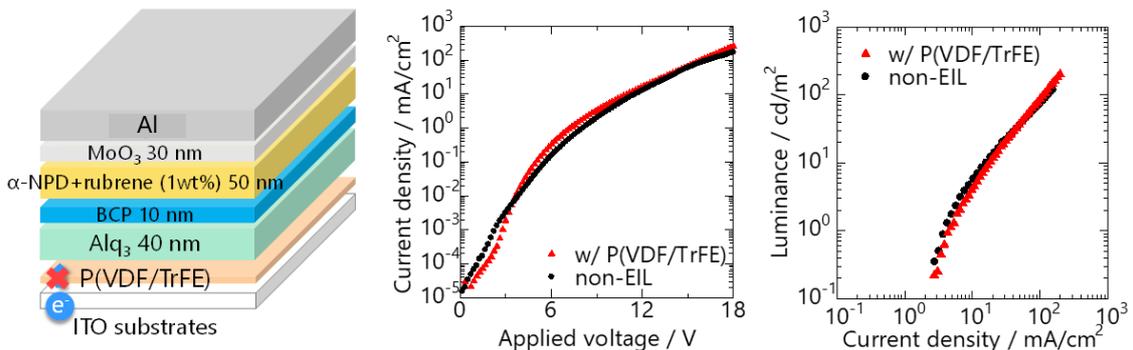


図2 P(VDF/TrFE)層を電子注入層としたデバイスと、電流密度-電圧、発光輝度-電流密度特性

(2) ダイポール層の構造制御による効果

P(VDF/TrFE)層の薄膜構造がキャリア注入に影響している可能性が示唆されたため、P(VDF/TrFE)層の作製プロセスを変更により構造制御を実施した。成膜時に P(VDF/TrFE)層の結晶性向上を狙いアニール処理を実施しているため、アニール温度を変更した時のキャリア注入特性を評価した。P(VDF/TrFE)層のアニール温度を 50 ~ 200 °C まで変化した時のデバイス性能を図3に示す。アニール温度上昇に伴い電流密度の増大が確認される一方で、200 °C 条件下では性能が低下した。なお、電流密度の変化が確認されているが、前述と同様に電流密度-輝度特性には大きな変化は確認されていない。P(VDF/TrFE)薄膜の結晶性は一般に 130 °C アニールが最も高結晶であることが報告されており、130 °C アニール条件がそれ以下の温度を上回る結果と整合する。他方 160 °C アニール条件が最適である理由は結晶性だけでは評価できなかったため、P(VDF/TrFE)により修飾された透明電極表面の、水接触測定や仕事関数や斜入射 X 線回折を用いて原因を解析した。その結果、水接触角や電極仕事関数はアニール温度によらず大きな変化は得られなかった一方で、斜入射 X 線回折ではアニール温度により配向性や結晶性が異なる事が明らかになった。130 °C 条件では面外結晶性の向上が確認できる一方で、160 °C 条件

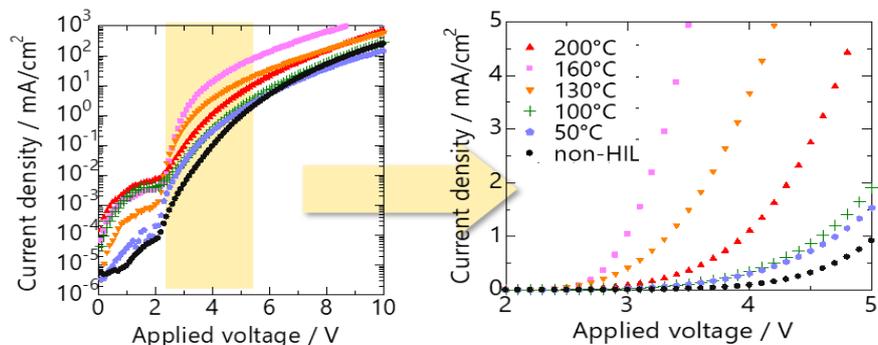


図3 デバイス性能に関する作製時の P(VDF/TrFE)アニール温度依存性

では面外結晶は消失するものの面内方向の回折強度向上が確認できた。これは160°Cという P(VDF/TrFE)の融点以上でのアニール条件により、面外結晶成分は溶融する一方で面内方向の分子鎖パッキングが向上したことを示唆する。これはデバイス界面に配置するダイポールが必ずしも結晶性である必要が無いことを示唆しており、重要な知見の一つとなった。

次に、P(VDF/TrFE)薄膜内のダイポールを制御し、デバイス性能の向上を目的に P(VDF/TrFE)へポーリング処理を実施した。ポーリング処理には圧電体形成時に一般的に用いられる、ワイヤー放電を利用したコロナ処理機を用いた。デバイス透明電極を接地し、コロナ放電強度や正負を変化した時のデバイス性能を評価した、結果を図4に示す。P(VDF/TrFE)層の膜厚がこれまでと異なるため、コロナ処理無しのデバイスでは電流密度の低下が確認されたが、コロナ処理済みのデバイスでは放電強度の正負によらず電流密度の大幅な向上が確認できた。また、発光開始電圧も低電圧化していることが確認できた。一方で、コロナ処理無しのデバイス発光写真は綺麗な面発光が得られたが、コロナ処理済みデバイスでは放電条件によらずダークスポットの多い発光となった。放電強度を変化した時の発光写真から、ダークスポットの数は放電強度に依存することが分かった。また、コロナ処理後に除電処理を実施することでダークスポットが抑制されることから、ダークスポットの原因は放電に伴う P(VDF/TrFE)表面へのチャージトラップと示唆される。P(VDF/TrFE)は絶縁体であるため、放電に伴い表面電荷が蓄積することは過去報告もされている。しかし、一般的な圧電材料はマイクロメートル以上の膜厚を有しており、表面電荷の影響が軽微である。一方で本研究の P(VDF/TrFE)は10nm以下と極薄状態であるため、表面電荷の影響を大きく受けたものと考えられる。これらの結果から、コロナ処理を施した P(VDF/TrFE)は帯電の可能性が大きく、デバイス電流密度の向上は帯電電荷の影響が無視できない。よって、完全な除電や帯電防止策を講じた上で、デバイス応用することが望ましい。

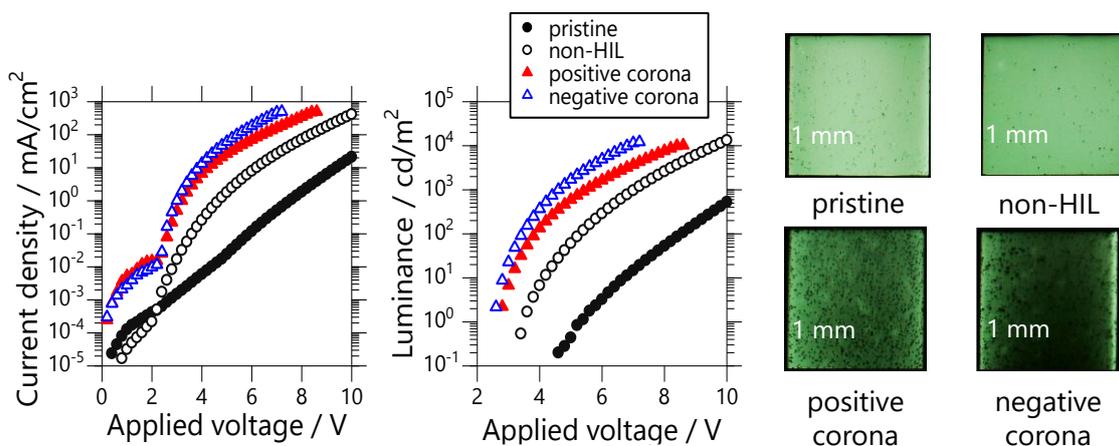


図4 P(VDF/TrFE)層にコロナ処理を施したデバイス性能および同一電流密度での発光写真

(3) キャリア注入障壁の算出

電極からのキャリア注入特性の基礎物性評価として、単一キャリアデバイスを作製し電流密度-電圧特性の測定温度依存性からキャリア注入障壁を算出した。基礎物性評価のため発光デバ

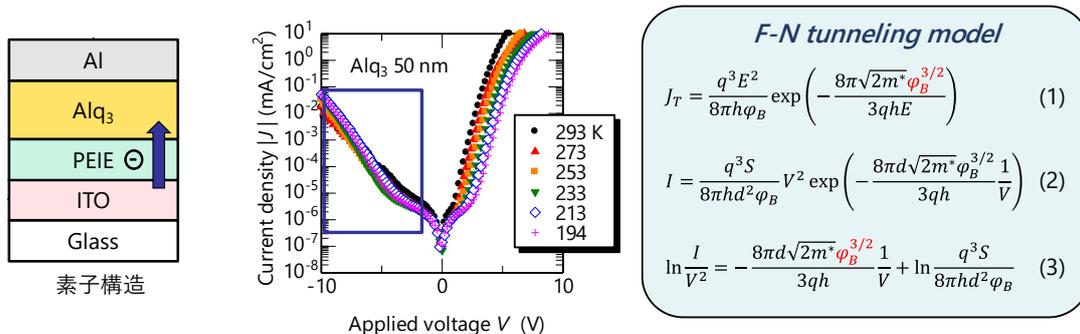


図5 PEIE を用いた電子オンリーデバイス構造と、電流密度-電圧特性の測定温度依存性
トンネル注入モデル解析の関係式

イスは不要であり、より単純系とするため電子輸送層として知られる Alq₃ のみを電極でサンドイッチした電子オンリーデバイスを作製し、電流密度-電圧特性を測定した。本論で主に用いてきた P(VDF/TrFE)だけでなく、一般的に極薄注入層として利用されてきた PEIE を透明電極上に配置したデバイスを使用した。デバイス構造と結果を図5示す。印加電圧の逆バイアス側において、電流密度の温度依存性が確認されなかった。これは温度依存を持たないトンネル注入モデルの適用が好ましいと判断し、得られた結果にトンネル注入モデルを適用することで電子注入障壁を算出した。使用した関係式を図5に示し、物理定数などは公開論文等を参照のこと。一方で印加電圧順バイアス側では電流密度が測定温度に依存しており、これは Alq₃ 膜厚が増加することでより顕著に確認された。これは順バイアスである Al 電極からの注入はトンネル注入とはことなり、ショットキー注入モデルによる解析が望ましいことを示唆しており従来の報告と一致する。ショットキー注入モデルを用いた解析も行い、Al 電極からの電子注入障壁も合わせて算出することで、ITO 電極/PEIE 層からの障壁との差異を明らかにした。

次に電子注入材料として P(VDF/TrFE)層を用いたデバイスを作製し、PEIE と同様に電子オンリーデバイスの単純系とした。Alq₃ の膜厚依存性および測定温度依存性を同様に測定した。電流密度-電圧特性と解析結果を図6に示す。P(VDF/TrFE)層を ITO 電極上に配置していることから、印加電圧逆バイアスにおける電流密度に注目する。先述した PEIE と同様に温度依存性が確認できず、トンネル注入モデルの適用が望ましいと判断できた。そこで、図5中の関係式を用いて電子注入障壁を算出した。算出した注入障壁は測定温度に依存せず、トンネル注入障壁としての裏付けを得る結果となった。一方で Alq₃ 膜厚依存性では膜厚減少に伴い、注入障壁が増加する結果を得た。注入障壁は理論的に電極/有機半導体界面の現象を示す物理定数であるため、界面から離れた Alq₃ 膜厚に左右されるべきではない。また、電子注入の障壁高さは約 0.1 eV と非常に小さく、有機 EL デバイス結果との整合が得られない。これらのことから、当該値は界面物理現象以外に Alq₃ の膜厚内部影響や、測定環境因子などを多分に含む結果であると示唆される。さらに薄い Alq₃ 膜厚での測定や、シャント電流の影響を除いた結果解析などが求められる。

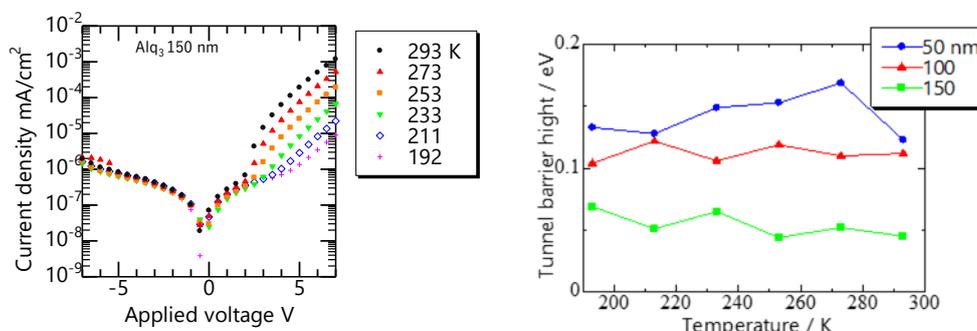


図6 P(VDF/TrFE)層を用いた電子オンリーデバイスの電流密度-電圧特性と
トンネル注入障壁値に関する測定温度依存性

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Izawa Seiichiro, Morimoto Masahiro, Naka Shigeki, Hiramoto Masahiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Spatial distribution of triplet excitons formed from charge transfer states at the donor/acceptor interface	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 19935 ~ 19940
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D2TA02068H	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 Izawa Seiichiro, Morimoto Masahiro, Fujimoto Keisuke, Banno Koki, Majima Yutaka, Takahashi Masaki, Naka Shigeki, Hiramoto Masahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Blue Organic Light-Emitting Diode with a Turn-on Voltage at 1.47 V	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ChemRxiv	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.26434/chemrxiv-2023-tnht6	査読の有無 無
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 Izawa Seiichiro, Morimoto Masahiro, Naka Shigeki, Hiramoto Masahiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Efficient Interfacial Upconversion Enabling Bright Emission at an Extremely Low Driving Voltage in Organic Light Emitting Diodes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Optical Materials	6. 最初と最後の頁 2101710 ~ 2101710
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/adom.202101710	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 Sugimoto Ryota, Morimoto Masahiro, Naka Shigeki	4. 巻 51
2. 論文標題 On-demand Patterning for Organic Light-emitting Diodes Using Laser Irradiation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 62 ~ 64
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1246/cl.210569	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 Shikano Mitsuyuki, Morimoto Masahiro, Naka Shigeki	4. 巻 99
2. 論文標題 Near-infrared organic light-emitting diodes of pure fluorescence emission using small-molecule boron-dipyrrromethene derivative	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Electronics	6. 最初と最後の頁 106320 ~ 106320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orgel.2021.106320	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 森本 勝大、鹿野 舜之、高倉 廉、中 茂樹	4. 巻 J104-C
2. 論文標題 生体第一窓での近赤外発光及びフレキシブルな有機発光ダイオード開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気情報通信学会和文論文誌(C)	6. 最初と最後の頁 267 ~ 274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transelej.2020JC10026	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 Masahiro Morimoto, Yuya Ozawa, Shigeki Naka and Hiroyuki Okada	4. 巻 -
2. 論文標題 Additive Color Mixing with Semi-Transparent Laminated Tandem Type Polymer Light-Emitting Diode	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mol. Cryst. Liq. Cryst.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.26434/chemrxiv.13148339	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 Morimoto Masahiro, Yoshida Taishi, Naka Shigeki, Okada Hiroyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Characteristics of electron injection at the oxide electrode/polyethylenimine ethoxylated/Alq3 interface	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDC03 ~ SDDC03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab51e2	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29件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Masahiro Morimoto, Kazuho Furukawa and Shigeki Naka
2. 発表標題 Multicolor emission and organic light-emitting diodes with controlling crystallinity
3. 学会等名 13th International Conference on Nano-Molecular Electronics (ICNME2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryousuke Fukazawa, Masahiro Morimoto, Shigeki Naka
2. 発表標題 Hole injection characteristics and annealing temperature dependence for organic light-emitting diodes using spontaneous polarization
3. 学会等名 13th International Conference on Nano-Molecular Electronics (ICNME2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Teppei Masuda, Masahiro Morimoto, Shigeki Naka
2. 発表標題 Exciplex up-conversion-type organic light-emitting diode and operating mechanism by exciton diffusion
3. 学会等名 13th International Conference on Nano-Molecular Electronics (ICNME2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 益田鉄平, 森本勝大, 中茂樹
2. 発表標題 三重項励起子拡散による励起錯体アップコンバージョン型有機ELデバイスの動作機構解析
3. 学会等名 「有機EL討論会」第35回例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 深澤亮祐, 森本勝大, 中茂樹
2. 発表標題 自発分極を利用した有機発光ダイオードの正孔注入特性とアニール温度依存性
3. 学会等名 2022年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 畑佐達也, 森本勝大, 中茂樹
2. 発表標題 CO ₂ レーザーによるITO電極パターニングと有機ELデバイス作製
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森本勝大
2. 発表標題 若手研究者の一つのキャリア選択として
3. 学会等名 第11回有機分子・バイオエレクトロニクスの未来を拓く若手研究者討論会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森本勝大
2. 発表標題 次世代型有機発光ダイオードの開発～近赤外・Ultra-Flex・極低電圧～
3. 学会等名 2021年度膜工学秋季講演会・膜工学サロン（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森本勝大
2. 発表標題 有機ELデバイスへの分子構造制御性導入と高性能化
3. 学会等名 令和3年度北陸信越工学教育協会富山県支部講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Morimoto, Yoshiki Maegawa, and Shigeki Naka
2. 発表標題 Low voltage drive effect of modified ITO using polar polymers and poling treatment
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryotaro Oku, Masahiro Morimoto, and Shigeki Naka
2. 発表標題 Optical Properties of Dielectric/Metal/Dielectric Electrode for Organic Light-Emitting Diodes in Near-Infrared Region
3. 学会等名 KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 奥 亮太郎, 森本勝大, 中茂樹
2. 発表標題 誘電体/金属/誘電体電極を用いたフレキシブル有機ELデバイスの作製
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 小西 椋太, 森本 勝大, 中茂 樹
2. 発表標題 高分子発光ダイオードにおける赤色・深赤色発光ホスト材料の検討
3. 学会等名 令和3年度応用物理学会北陸・信越支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊澤 誠一郎, 森本 勝大, 中茂 樹, 平本 昌宏
2. 発表標題 界面アップコンバージョンを利用した超低駆動電圧の有機 EL
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 森本 勝大, 古川 一帆, 中茂 樹
2. 発表標題 結晶性分子材料を用いた色調制御と有機ELデバイス開発
3. 学会等名 2021年電気情報通信学会総合大会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuho Furukawa, Masahiro Morimoto, and Shigeki Naka
2. 発表標題 Color tuning of PL and organic light-emitting diodes with perylene excimer and crystallinity
3. 学会等名 11th International Symposium on Organic Molecular Electronics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshiki Maegawa, Masahiro Morimoto, and Shigeki Naka,
2. 発表標題 Low voltage drive for organic light-emitting diodes with polarization treated ferroelectric polymer
3. 学会等名 11th International Symposium on Organic Molecular Electronics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Riku Imaeda, Masahiro Morimoto, and Shigeki Naka
2. 発表標題 Inverted organic multi-function-diodes with polyethyleneimine ethoxylated as a buffer layer
3. 学会等名 11th International Symposium on Organic Molecular Electronics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森本勝大, 鹿野舜之, 高倉廉, 中茂樹
2. 発表標題 フレキシブルな近赤外発光ダイオードの開発
3. 学会等名 2020年電気情報通信学会総合大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masahiro Morimoto
2. 発表標題 Tandem Type Organic Light-Emitting Diodes by Lamination Process
3. 学会等名 3rd International Conference on Electrical, Computer & Telecommunication Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森本勝大
2. 発表標題 第一生体窓における近赤外有機ELデバイスの開発
3. 学会等名 令和元年度応用物理学会北陸・信越支部講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryota Sugimoto, Masahiro Morimoto, and Shigeki Naka
2. 発表標題 Patterned emission of organic light emitting diodes with laser irradiation
3. 学会等名 Microoptics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taishi Yoshida, Masahiro Morimoto, Shigeki Naka, and Hiroyuki Okada
2. 発表標題 Characteristics of Electron Injection at Oxide Electrode/Polyethyleneimine/Alq3 Interface
3. 学会等名 Tenth International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takumu Koike, Masahiro Morimoto, Shigeki Naka, and Hiroyuki Okada
2. 発表標題 Ultra-thin organic light emitting diodes with electron injection layer of zinc-oxide and polyethyleneimine ethoxylated stack
3. 学会等名 EM-NANO (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前川佳紀, 森本勝大, 中茂樹
2. 発表標題 分極処理した強誘電体ポリマーを有する有機EL デバイスの電流特性向上
3. 学会等名 令和元年度応用物理学会北陸・信越支部学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山岸立樹, 森本勝大, 中茂樹
2. 発表標題 レーザーターニングした導電性ポリマー電極と有機EL素子への応用
3. 学会等名 令和元年度応用物理学会北陸・信越支部学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古川一帆, 森本勝大, 中茂樹,
2. 発表標題 ドープ状態でのPerylene結晶性と有機EL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 鹿野舜之, 森本勝大, 中茂樹
2. 発表標題 近赤外有機ELのデバイス構造と波長選択性
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 森本勝大, 鹿野舜之, 中茂樹
2. 発表標題 二色発光分子材料を用いた第一生体窓での選択的発光特性評価
3. 学会等名 有機EL討論会第29回例会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 有機EL素子	発明者 伊澤誠一郎, 平本昌宏, 森本勝大, 中茂樹	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2021-062767	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 有機EL素子	発明者 伊澤誠一郎, 平本昌宏, 森本勝大, 中茂樹	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2022/ 16598	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 電流駆動デバイス	発明者 森本勝大, 中茂樹	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-35232	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

有機光デバイス工学研究室 http://enghp.eng.u-toyama.ac.jp/labs/ee10/

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	中 茂樹 (Naka Shigeki) (50242483)	富山大学・学術研究部工学系・教授 (13201)	

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