

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04153

研究課題名(和文)量子ドットと発光ポリマーの協同作用を用いたハイブリッド発光ダイオードの研究

研究課題名(英文)Improvement of device performance of QD-polymer hybrid LEDs by synergy effect of exciton energy and charge transport

研究代表者

伊東 栄次(Itoh, Eiji)

信州大学・学術研究院工学系・教授

研究者番号：50303441

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：半導体量子ドットと高分子機能材料は電子と正孔輸送性や励起子が補完的な特性を有する。本研究では、ZnOナノ粒子膜上にをQD/polymer膜からなる極薄発光層を積層し、その上に正孔輸送性の高分子膜を積層した塗布型のハイブリッドLEDを開発した。ZnOから青色発光高分子への電子注入の問題は、半導体量子ドットに置き換えることで容易になった。正孔注入障壁は2層の正孔輸送層を積層して解決し、動作電圧の低減と高効率化を実現した。ZnOと発光層界面に極薄酸化膜を挿入してさらなる薄膜化や低電圧・高効率化を実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高分子系の発光ダイオードは塗布形成により大面積化や製造コストの低減が期待できるが燐光材料やTADFに比べ効率が低く、厚さ数10nmの塗布膜にはミクロのピンホールが生じやすく漏れ電流や導通が多く歩留まりが低かった。また、発色性に優れる量子ドットや高効率発光ポリマーは1g数10万円を超えるため、極限まで薄く無駄なく製膜することが要求される。本研究はメニスカスと転写法を改良して材料利用率をスピンコート(>50%)とした点に加え、キャリア注入層やブロッキング層を改良し従来よりも薄くして導通も減らして効率と動作電圧を改善しており、経済的で効率と発色の両者を改良し実用化の課題解決策を実証した。

研究成果の概要(英文)：Semiconductor quantum dots and polymer functional materials have complementary properties in terms of electron transport and hole transport, and exciton energy. In this study, we developed a solution-processable hybrid LED in which an extremely thin light-emitting layer consisting of a QD/polymer blend is deposited on the ZnO nanoparticle film, and a hole-transporting polymer film is laminated on top of emitting layer. The big problem of electron injection from ZnO to the blue-emitting polymer was easily solved by replacing it with QD:polymer blend. The hole injection was improved by double-layered hole transporting polymer layers, resulting in achieving a reduction of operating voltage and higher efficiency. By inserting an extremely thin oxide film at the interface between the ZnO and EML, we demonstrated further thinning, low voltage, and high efficiency.

研究分野：有機エレクトロニクス

キーワード：半導体量子ドット 有機EL 逆構造 酸化物ナノ材料 電子注入層 正孔注入層 塗布プロセス

1. 研究開始当初の背景

透明電極上に ZnO ナノ粒子などの n 型酸化膜と極薄の極性分子を積層した電子注入バッファ層(EIL)を形成し、有機発光層と正孔注入バッファ層 (HIL) と安定な電極を積層した逆型構造の有機 EL (IOLEDs)は、簡便な封止で耐久性が向上する。下部電極から有機発光層への電子注入が課題で EIL の改良により高効率化が期待できるが、ZnO ナノ粒子等の既存の EIL 材料は化学的に弱く、表面の未結合手や水酸基、凹凸等が劣化要因となる。

応募者は、原理上表面の欠陥がなく厚さ 1 nm 単位で低温製膜可能な酸化チタンやタングスタルの 2 次元物質(ナノシート)の EIL 応用を先駆的に検討しており界面のパッシベーションや平坦化が消光の抑制に寄与すると考えた。また、青や近紫外発光の有機半導体の LUMO 準位(伝導帯)は ZnO の伝導帯よりも 1 eV 以上高い位置にあり電子注入は当時より大きな課題であった。また、発光性ポリマー(Light Emitting Polymer: LEP) の EL 発光は内部量子効率 25%程度に制限されるが蛍光量子収率は高く、別の発光体と組み合わせることで高効率化が期待された。

半導体量子ドット(QD)を発光層としたハイブリッド発光素子(QD-HyLEDs)は、発光スペクトルの半値幅が狭く色純度に優れ次世代ディスプレイや照明応用が期待される。QD は有機 EL 材料よりも電子注入障壁が小さい反面、価電子帯(HOMO 準位)が深いいため正孔注入が難しい。正孔注入可能な材料に poly(vinyl carbazole) (PVCz)が挙げられるが正孔移動度が $10^{-7} \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ 台と極めて低いなどから適切なデバイス構造の設計と実証が不可欠であった。また、高性能な正孔輸送性の高分子や高分子発光材料は高額であるが、QD はさらに数倍から 10 倍近く高額であるため、発光層を QD の直径(10nm)程度に薄く均一かつ、無駄なく塗り広げる技術は実際に手ごろな価格で普及するのに非常に重要である。半面、薄い塗布膜は簡単に導通するため、Al よりも安定な Ag を上部電極とした際にも導通を押さえつつも薄膜化するデバイス製造(薄膜製造)技術が、発光効率の向上と同等に重要な課題であった。

2. 研究の目的

実用化の際の材料コストの低減と薄膜品質の向上を目指して、従来のスピコート法(材料利用率 10%未満)よりも効率的(材料利用率 50~100%)かつ均一な薄膜形成法の開発を目指す。具体的には、プッシュコート法と大面積化や均一膜の形成が可能なメナスカス法の改良と転写法を組み合わせ、材料コストが高いものから順に QD:高分子発光層、ZnO ナノ粒子層、高性能高分子正孔輸送層(TFB)膜の高効率製膜技術と印刷ベースの積層化技術を開発する。

また、QD とブレンドして塗布する高分子とその配分率を検討して、発光層の均一膜の形成やキャリア輸送制御・および発光位置を制御することで消光による発光効率の低下を抑制する。

耐久性の向上に有効な逆構造素子作製の鍵となる上部 Ag 電極蒸着の際に、特に、塗布膜では高分子層の厚さが 100 nm 以下の場合に導通の割合が 90%を超える (Al の場合は半数以上動作するが酸化による性能低下が顕著)ため、適切なパッシベーション膜による歩留まり向上を目指す。具体的には、ZnO と発光層の間への Zr(acac)₄ 極薄膜挿入や、正孔輸送層と Ag の間への Mo 酸化物系正孔注入層の挿入効果の実証と、それに伴う動作電圧の低減と高効率化を目的とする。

3. 研究の方法

Figure 1 に本研究で作製した素子のエネルギー図と材料の分子構造を示す。まず、4mm 幅にパターン化した ITO 電極表面を UV オゾン処理等で親水化処理した後、ZnO ナノ粒子(ZnO-NP)(Avantama N-11: WF 3.9 eV) をメナスカスコート法を用いて製膜した。また、特に、青色発光素子では LUMO 準位が高い位置にシフトするため電子注入を向上するために ZnO 表面にフェナントロリン系の電子輸送層を薄く製膜した。

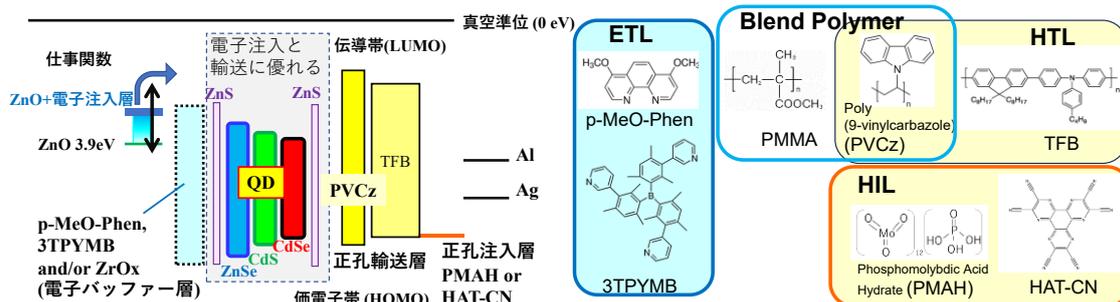


Fig. 1 本研究で作製した QD/高分子ブレンド層を有する逆構造型 Hybrid QD-LED の概要

フェナントロリン系分子の p-MeO-Phen はアルコールに可溶だがトルエンに難溶性であるためこの上にトルエン溶媒を持ちいて高分子や QD の発光層を直接製膜できる利点がある。また、ZnO のアルコール分散液に p-MeO-Phen をブレンドすることで ZnO 分散液中で p-MeO-Phen を Zn 表面に配位して正のダイポールを形成することで、塗って 1 度加熱するだけで簡単かつ効率的な電子注入層の開発を試みた。

研究当初は、正孔注入層と上部電極(AI)を連続蒸着で製膜した。AI を用いる場合は、ほとんど導通せず、蒸着時の熱によるダメージも小さいため HAT-CN を正孔注入層に用いた。一方、Ag を蒸着する際は、Ag の衝突時にダメージが生じたり、Ag が有機層を貫通して数 10nm 下まで侵入することがこれまでの研究で分かっていたため、HAT-CN に替わり、MoO₃ を蒸着した。また、全塗布型の素子実現のため、アルコールに可溶性 PMAH を塗布して加熱する手法についても検討を行った。

これらの工夫により、有機層 (2 層の正孔輸送層) を連続蒸着する場合は導通が殆ど生じにくい素子となったが、塗布型の高分子系の素子では半数以上の大半が導通し、漏れ電流も大きく効率率が低下するため、追加の対策として、ZnO と発光層間に有機系電子輸送層の p-MeO-Phen や 3TPYMB (厚さ数 10 nm) または厚さ 5 nm 以下の Zr(acac)₄ の挿入効果を検証した。

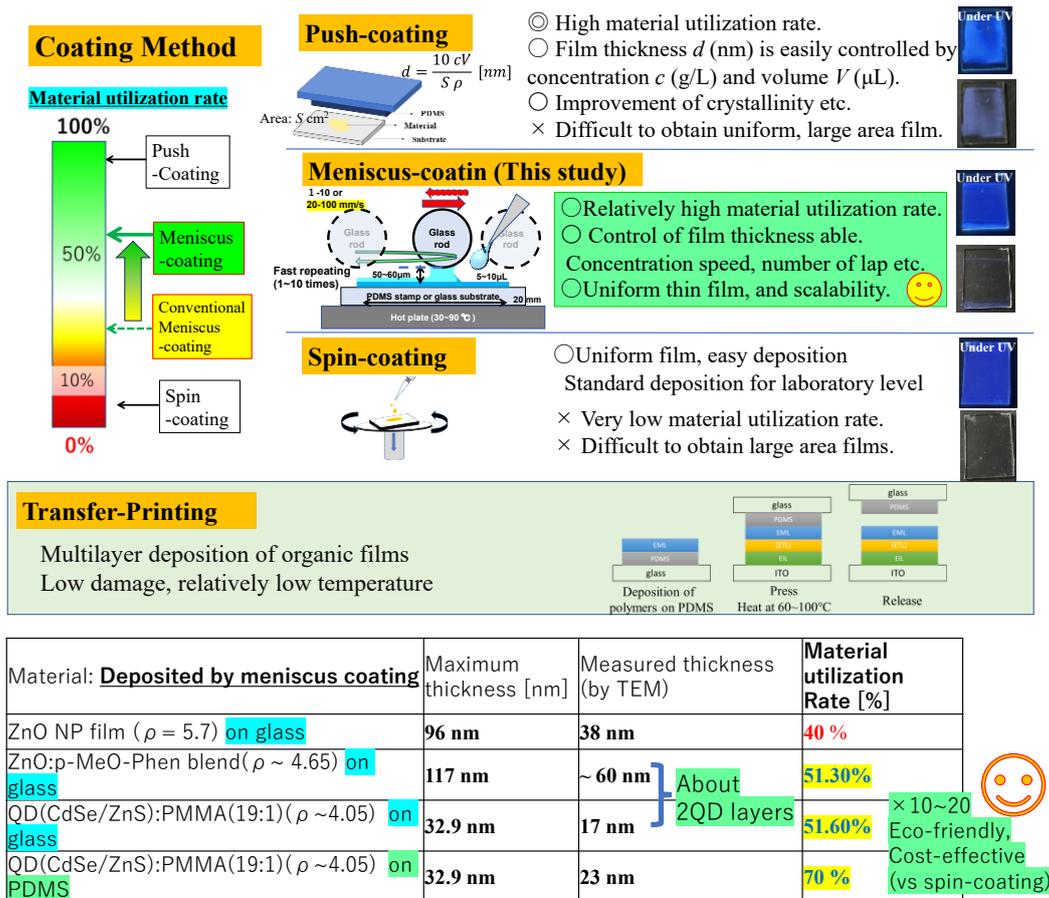


Fig. 2 材料利用率の向上と均一膜形成法の検討

また、Figure 2 に示すように、製膜法の検討を行い、メニスカス(meniscus)コート法を PC 制御した自動ステージを高速移動かつ温度制御して製膜する装置やこれと転写法(transfer printing)を組み合わせた積層法について検討を行った。

4. 研究成果

Fig. 2 に製膜法の改良の手法と効果をまとめる。2 cm 角程度のガラス板に製膜する際、スピコート法では均一膜が得られる反面、10g/L 程度の高濃度の溶液を 50 μL 程度滴下する必要があった。溶液中の材料を全てガラス板に堆積した場合の膜厚は 1 μm 前後に達するが、実際には 30~50 nm しか得られないことから材料利用率は 5%以下と算出された。これに対して、滴下した溶液をすべて PDMS エラストマースタンプで抑えて乾かして薄膜化するプッシュコート法は材料利用率は 100%近くと優れるが、Fig. 2 の写真からも明らかのように均一性が無い。これに対して、メニスカスコート法はガラス板上で片道移動させるだけでは 10%程度の利用率となったが、長さ 20 mm に対して 20~100 mm/s で溶媒と温度を適切に制御して片道 1 秒未満で高速に複数回往復させると、利用率が 50%前後に向上した。特に、PDMS スタンプに一旦、塗布して転写する場合には、ZnO、機能性高分子(F8, TFB, SY など)、QD:polymer ブレンドのいずれも材料利用率 70 %程度まで向上した。但し、最後の溶液の残部を最後まで薄膜に利用すると急速に厚膜化したり、不均一で擦れた膜となるためあえて、50~70%とした。

Fig. 3 にオレンジ発光 QD と PVCz のブレンド溶液のトルエン溶液(2g/l)をメナスカス法によりガラス基板上に 70°C で 1 回あたり 3 往復塗布製膜した膜の塗り重ね回数と吸収スペクトルの関係を示す。吸収スペクトルから塗り重ね数に応じて膜厚が増加していることがわかる。スピコートの場合は 4~5 g/l の溶液を 1 回あたり 60 μ l 滴下したのに対して、メナスカス法では 1 回あたり半分の濃度から 5~10 μ l で足りることから、3 回塗り重ねても材料使用量は 1/5~1/10 に低減できコスト削減と膜厚制御の両方に有効な手段と考えられる。また、QD には Cd が含まれる点から、厚さ 10~30 nm の極薄発光層と言えども、その大半が排気されれば環境面で懸念される。無駄な材料ロスを 90% から大幅に低減した点は、コストや性能に加えて SDGs の達成においても有効と考えられる。次に、このオレンジ発光 QD を用いた glass/ITO/ZnO/QD:polymer ブレンド/PVCz (10 or 30 nm)/TFB/ HAT-CN/Al 積層素子においてブレンドする高分子を正孔輸送性の PVCz と絶縁体の PMMA と変えて比較した。

発光層が薄いと正孔が ZnO 界面まで移動し、ZnO 表面の -OH 基などの影響により非発光性の再結合をしたのが発光層を 30 nm 程度に厚くすることで TFB 側との界面で再結合し易くなり効率が改善した。発光層と TFB 間に PVCz の濃度(厚さ)を 2 g/l(10~15 nm)および 4 g/l(~30 nm)と変えて挿入した結果を Figure 4 に示す。ここでは QD 層は 2 回塗りした。ブレンドする高分子を PVCz から PMMA に変更することで同じ厚さの素子において閾値電圧が 4.7 V から 3.8 V に低下し EQE の最大値は 0.8% から 1.8% に向上した (PVCz 層が厚い場合)。PVCz 層を薄くした素子では閾値電圧が 2.4 V にさらに低減し EQE は 2.1% に向上した。PMMA の利用と PVCz を薄くすることでロールオフも改善しており性能向上に有効であることが示された。

なお、オレンジ色発光の素子においては、ZnO に直接発光層を塗布しても比較的低電圧で発光したが、粒径が小さな青色発光 QD を用いた場合には、動作電圧が大きく増加し、効率も低下した。そこで、青色発光については、まずは薄い p-MeO-Phen を ZnO 上に製膜して加熱後に QD と PMMA のブレンド膜を製膜した素子を作製した。

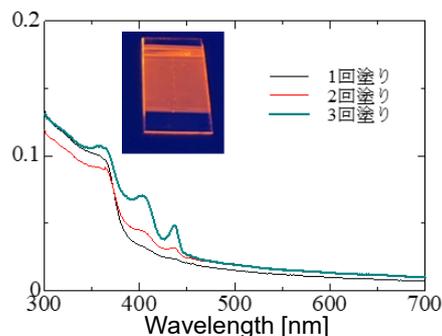


Fig. 3 オレンジ QD と PVCz ブレンド (19:1 wt) 溶液の塗り重ね回数と吸収スペクトルの関係

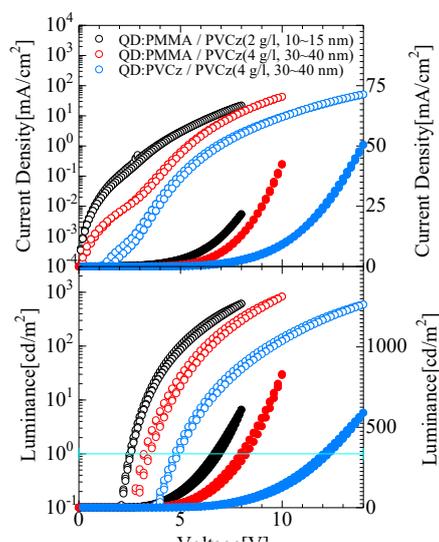


Fig. 4 ITO/ZnO/QD:PVCz or PMMA(19:1) /PVCz/TFB/ HAT-CN/Al 素子の J-V-L 曲線

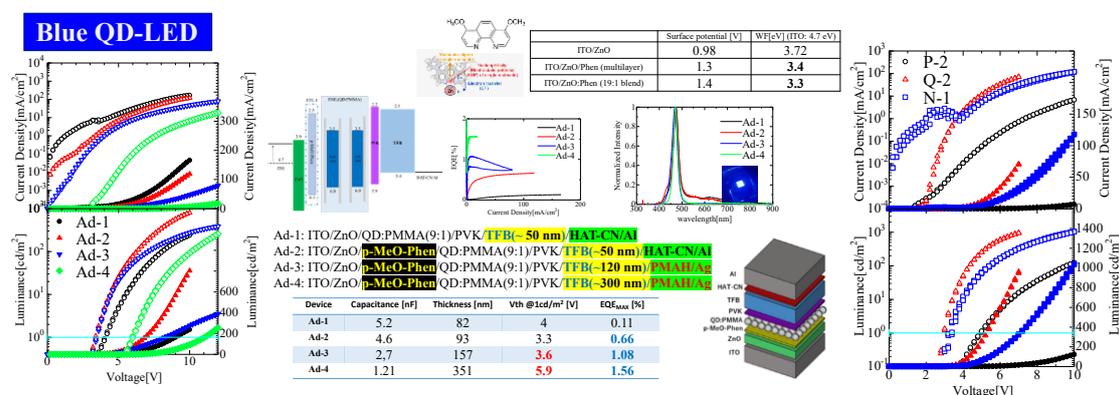


Fig. 5 青色発光 QD-LED の素子構造と発光性能の比較 (p-MeO-Phen 挿入および Ag の影響)

発光層を青色 QD(CdS/ZnS オレイン酸系)に変えて PMMA とブレンドした素子を作製したところ、青色 QD は LUMO 準位が高くなり HOMO 準位は深くなるためキャリア注入を促進する必要があったため、p-MeO-Phen を ZnO に積層またはブレンドして電子注入層とした。積層した場合とブレンドした場合のいずれも ZnO 単独(3.9~4.0 eV) に比べ仕事関数が 3.3 eV 付近に低減し、動作電圧が低下した。また、p-MeO-Phen 無しに比べ、HAT-CN/Al を陽極とした素子

は動作電圧が 1 V 近く低下すると同時に発光効率 EQE が 0.11 % から 0.66% に向上した。Ag を陽極に用いる場合は HAT-CN との組み合わせはほぼ全て導通したが、PMAH を正孔注入層とした場合は、TFB 層の厚さを 120 nm 以上にする事で素子となり、300 nm にまで厚くすると導通はほぼ皆無となったが、同時に動作電圧が大幅に増加し、EQE は 1.56% まで向上した。

動作電圧の点では、若干高すぎる結果となっており、これは高分子の F8 を発光層とした素子と比べても高いために改善を必要とすることが明らかとなった。

そこで、Zr(acac)₄ 膜 (< 5 nm 以下) を薄く ZnO 上に積層すると同時に作製工程の増加をキャンセルして簡便化するために ZnO:Phen ブレンドに変えた素子を作製した。

Zr(acac)₄ の挿入により導通防止となり TFB や PVCz を薄くしても導通がほぼ抑制しただけでなく、ZnO と QD の接触を抑制することでキャリアバランスの改善と消光の抑制につながり高効率化と低電圧動作を両立した素子となった。また、改良したメニスカス法は材料の利用率高めただけでなく、断面 TEM 像からも均一な薄膜を実現していることが明らかとなった。

本研究ではピーク波長が 450 nm の Deep Blue の QD を用いており、発光スペクトルも QD の PL と同じ波長となった。現状では、動作電圧は市販の青色 LED に匹敵する 3 V 以下に低減できたが EQE は 3.1 % と QD 系の素子としてはじゅうぶんとはいえない結果となった (Fig. 6)。これは、用いた青色 QD 自体の発光効率 (PLQY) が薄膜化時には 20 % 前後と低かったことや、ZrOx や ZnO 界面の影響が考えられる。薄膜の PLQY とガラス板の裏面からの光取り出し効率 (約 20%) を考慮した際の EQE は 3.6% と得られた結果 (3.1 %) に近い値が見積もられる。ZnO 上に ZrOx を介することで改善はみられたっており、QD 材料を変えたり、QD 薄膜化時に界面の影響による PLQY の減少について、下地層を挿入して抑制するば改善が期待できる。

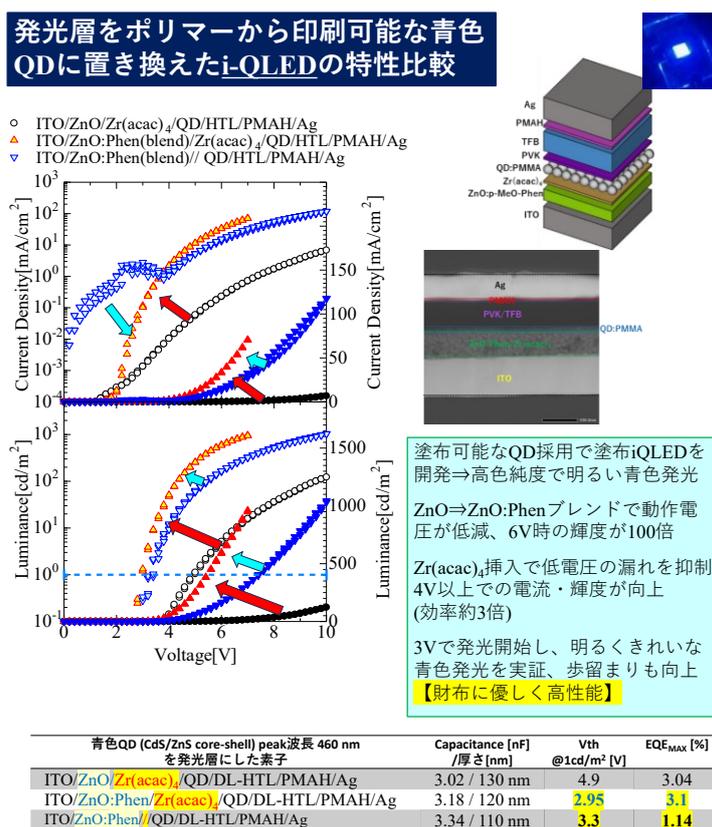


Fig. 6 ITO/ZnO:Phen (blend)/ Zr(acac)₄/ QD:PVCz or PMMA(19:1) /PVCz/TFB/ PMAH/Ag 素子の J-V-L 曲線

本研究では、材料利用率の向上や ZnO による消光の抑制などについては、計画通りに実施できた。また、電子注入層を単純化し、なおかつ高性能化することで、全塗布型のデバイス作製も実現したが、高分子と QD のキャリア注入・輸送の協同現象は垣間見られたものの、発光効率の向上を示唆するような効率的なエネルギー移動を証明するには至らなかった。これは、特に正孔輸送性の高分子とのブレンドが絶縁体とのブレンドに比べてキャリアバランスに劣る結果、性能低下を引き起こした点が考えられる。上下に配置する高分子を再度検討することやブレンドする有機材料を精査することにより、エネルギー移動による高効率発光の可能性の検証を進めていきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Taisei Kamada, Masato Kato and Eiji Itoh	4. 巻 63
2. 論文標題 Multilayered inverted polymer-based light emitting diodes fabricated by meniscus coating and transfer-printing technique	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 02SP24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/ad0e91	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 Eiji Itoh, Takao Ueda and Tatsuya Koike	4. 巻 63
2. 論文標題 Fabrication of all printed inverted perovskite solar cells with transfer printed electron transporting layers	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 02SP12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/ad0487	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 Eiji ITOH Taisuke SEKINO Masato KATO	4. 巻 E106-C
2. 論文標題 Multilayered Inverted Polymer Light Emitting Diodes Fabricated by Transfer-Printing and Push-Coating Techniques	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Electronics	6. 最初と最後の頁 240-243
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transele.2022OMS0004	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 Eiji Itoh, Sosei Yamane and Katsutoshi Fukuda	4. 巻 61
2. 論文標題 Fabrication of inverted inorganic-organic quantum-dot light-emitting diodes with solution-processed n-type oxide electron injection layers and QD-polymer blend light-emitting layers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SE1018
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/ac55dc	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 Chen Bojun、Aikawa Fumiya、Itoh Eiji	4. 巻 61
2. 論文標題 Improvement of device performance of Ph-BTBT-10 field-effect transistors fabricated on a HfO ₂ /alicyclic polyimide double-layered gate insulator	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SB1008 ~ SB1008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac2f60	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 Itoh Eiji、Yamane Sosei、Fukuda Katsutoshi	4. 巻 61
2. 論文標題 Fabrication of inverted inorganic/organic quantum-dot light-emitting diodes with solution-processed n-type oxide electron injection layers and QD-polymer blend light-emitting layers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SE1018 ~ SE1018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac55dc	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35件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 関野 太介、伊東 栄次
2. 発表標題 塗布プロセスを用いた多層型逆構造QD-LEDの作製と高性能化
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鎌田 泰成、加藤 正都、伊東 栄次
2. 発表標題 メニスカスコート法と転写法を用いた多層型逆構造高分子発光ダイオードの作製
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小池 達也、伊東 栄次
2. 発表標題 電子輸送層を転写法で作製した逆構造ペロブスカイト太陽電池
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 関野 太介、伊東 栄次
2. 発表標題 量子ドットと高分子ブレンド膜を発光層とした全塗布型発光素子の高性能化
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小池 達也、伊東 栄次
2. 発表標題 メニスカス法と転写法により積層した電子取り出し層を有する逆型ペロブスカイト太陽電池
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Taisei Kamada, Masao Kato, Eiji Itoh
2. 発表標題 Multilayered inverted polymer-based light emitting diodes fabricated by meniscus coating and transfer-printing techniques
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Eiji Itoh, Tatsuya Koike
2. 発表標題 Fabrication of inverted perovskite solar cells with transfer printed electron transporting layers
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Taisei Kamada, Masato Kato, Eiji Itoh
2. 発表標題 High performance, low cost inverted polymer-based light emitting diodes fabricated by meniscus coating and transfer printing techniques
3. 学会等名 13th International Symposium on Organic Molecular Electronics (ISOME2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 伊東栄次、小池達也
2. 発表標題 メニスカス法と転写法により積層した多層化電子取り出し層を有する逆型ペロブスカイト太陽電池の作製
3. 学会等名 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊東栄次、関野太介
2. 発表標題 量子ドットと高分子ブレンド膜を発光層とした全塗布型発光素子の作製と積層による高性能化
3. 学会等名 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊東 栄次、関野 太介
2. 発表標題 半導体量子ドット/ポリマーブレンド発光層を有する有機ハイブリッド発光素子の高効率化の研究
3. 学会等名 R5年電気学会A部門大会(基礎・材料・共通)(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 関野 太介、伊東 栄次(信州大工)
2. 発表標題 量子ドット/ポリマーブレンド発光層を有する全塗布多層型逆構造発光ダイオード
3. 学会等名 第70回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小池 達也、上田 隆夫、伊東 栄次(信州大学)
2. 発表標題 電子輸送層(PCBM/ZnO)をプッシュコート法及び転写法で積層した逆構造ペロブスカイト太陽電池
3. 学会等名 第70回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊東 栄次、関野 太介、加藤 正都(信州大工)
2. 発表標題 プッシュコート製膜を用いた全塗布多層型逆構造発光ダイオードの作製
3. 学会等名 第83回 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 陳 博駿、伊東 栄次 (信州大工)
2. 発表標題 可溶性ポリマーと有機半導体のブレンド膜の相分離と濡れ性を利用したS-DNTT-10 FETの高速作製法と高性能化に関する研究
3. 学会等名 第83回 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊東栄次、Chen Bojun (信州大)
2. 発表標題 ポリスチレンと有機半導体のブレンド膜の相分離と濡れ性を利用した高速パターン製膜法の検討と有機FET応用
3. 学会等名 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会 (電気学会合同研究会) 有機薄膜, 有機・バイオデバイス, 一般
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤正都、関野太介、伊東栄次 (信州大)
2. 発表標題 可溶性ポリマーを多層化して作製した青色及び白色発光逆構造有機EL素子
3. 学会等名 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会 (電気学会合同研究会) 有機薄膜, 有機・バイオデバイス, 一般
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊東栄次、小池達也、上田隆夫 (信州大)
2. 発表標題 高速加熱した発電層と転写法により積層した電子輸送層を有する逆構造ペロブスカイト太陽電池
3. 学会等名 有機エレクトロニクス研究会(電子部品、エネルギー技術との合同)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Eiji Itoh, Takao Ueda, Tatsuya Koike
2. 発表標題 13th International Conference on Nano-Molecular Electronics
3. 学会等名 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会（電気学会合同研究会）有機薄膜，有機・バイオデバイス，一般（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bojun Chen, Eiji Itoh
2. 発表標題 Fabrication of vertical separated multilayers of S-DNTT-10/polystyrene ultra-thin films on anodic oxidized HfO ₂ for low-temperature processed high-performance OFETs
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 Tatsuya Koike, Takao Ueda, and Eiji Itoh
2. 発表標題 Inverted perovskite solar cells with transfer-printed electron transporting layers and the effect of rapid-heat treatment of light absorbers (ICNME2022)
3. 学会等名 12th International Symposium on Organic Molecular Electronics (ISOME2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taisuke Sekino, Masato Kato, and Eiji Itoh
2. 発表標題 Multilayered Inverted Polymer Light Emitting Diodes Fabricated by Transfer-Printing and Push-Coating Techniques
3. 学会等名 12th International Symposium on Organic Molecular Electronics (ISOME2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊東 栄次、山根創成、関野太介
2. 発表標題 ブッシュコート法で製膜した発光層を有する逆構造発光ダイオード
3. 学会等名 令和4年 電気学会 基礎・材料・共通部門大会 (A部門大会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊東 栄次、鎌田 泰成、加藤 正都
2. 発表標題 メニスカス法と転写法による積層型光電変換素子の作製と 効率改善に向けた検討
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 Masato Kato, Shingo Takada, Eiji Itoh
2. 発表標題 Multilayered polymer based inverted organic light emitting diode with solution-processed electron injection layers
3. 学会等名 The Eighth International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Bojun Chen, Fumiya Aikawa, Eiji Itoh
2. 発表標題 Improvement of field effect transistor performance of Ph-BTBT-10 FETs fabricated on HfO ₂ / alicyclic polyimide double layered gate insulator
3. 学会等名 The Eighth International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sosei Yamane, Eiji Itoh
2. 発表標題 Fabrication of multilayered inverted QD-OLEDs with quantum dots/polymer layers as an emitting layer on solution processed ETLs
3. 学会等名 The 11th International Conference on Flexible and Printed Electronics (ICFPE2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 陳 博駿, 相川 史弥, 伊東 栄次
2. 発表標題 HfO2/ポリマー2層ゲート絶縁層上に作製したPh-BTBT-10 FETの作製とパターン化の検討
3. 学会等名 令和3年 電気学会 基礎・材料・共通部門大会 (A部門大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤 正都, 高田 真伍, 伊東 栄次
2. 発表標題 塗布形成した電子注入層とポリマー発光層を有する逆構造有機 EL の高効率化の検討
3. 学会等名 令和3年 電気学会 基礎・材料・共通部門大会 (A部門大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山根 創成, 伊東 栄次
2. 発表標題 酸化ナノシートを電子注入層に用いた逆構造型QD-OLED
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 関野 太介、加藤 正都、伊東 栄次
2. 発表標題 発光層と正孔輸送層をプッシュコート法で積層した逆構造型高分子系OLEDの作製
3. 学会等名 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 加藤 正都, 高田 真伍, 伊東 栄次
2. 発表標題 塗布形成したキャリア注入バッファ層およびポリマーブレンド発光層を有する逆構造有機 EL の高効率化の検討
3. 学会等名 令和3年応用物理学会北陸・信越支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栗本菜津子、伊東栄次、福田勝利
2. 発表標題 スプレー法とスピコート法を組み合わせた酸化モリブデンナノシート超薄膜の製膜と電気的特性
3. 学会等名 令和3年応用物理学会北陸・信越支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤 正都、関野 太介、伊東 栄次
2. 発表標題 プッシュコート法を用いて積層下逆構造ポリマー有機ELの作製と性能向上
3. 学会等名 電気学会 誘電・絶縁材料 / 電子材料合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊東 栄次、山根 創成
2. 発表標題 量子ドットと高分子混合層を発光層とした逆構造QD-LEDの作製
3. 学会等名 2022年 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2022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