

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告

平成24年 6月 11日現在

機関番号：32708
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21560337
 研究課題名（和文） 新規な有機色素分散型ハイブリッド無機 EL 素子の発光機構の解明に基づく特性向上
 研究課題名（英文） Performance improvements based on the mechanism of emission of novel hybrid organic dye dispersed powder EL devices
 研究代表者
 内田 孝幸（UCHIDA TAKAYUKI）
 東京工芸大学・工学部・教授
 研究者番号：80203537

研究成果の概要（和文）：

分散型 EL は単純な構造と安価な印刷プロセスで作製可能な素子であるが、一般に発光色や輝度の点に改善すべき点があった。本研究では、分散型無機 EL 素子に有機色素を添加し、その発光の機構について検討を行った。その結果、適切な組み合わせで添加することで、有機色素のみからの発光を得ることができた。これによって、視感度の高い領域では輝度が向上し、また、2 つ以上の異なった有機色素を適切な混合比で添加する場合には、照明に適した指標である平均演色評価指数 $Ra=89$ の白色発光を得た。

研究成果の概要（英文）：

Powder EL is can be fabricated in the printing process with low cost by a simple printing process. However, there were some points to be improved to the characteristics of emission color and luminance. In this study, we examined the mechanism of light emission about the organic dye-doped powder inorganic EL. As a result, by adding in appropriate dye doping, were able to obtain only the emission from the organic dye with high luminance. We indicated the white-light emission for lighting, which was contained two organic dyes in the phosphor layer indicating the high color rendering with $Ra = 89$.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
21年度	1,500,000	450,000	1,950,000
22年度	700,000	210,000	910,000
23年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子・電気材料工学

キーワード：無機 EL、色変換、平均演色評価指数、白色

1. 研究開始当初の背景

分散型無機 EL 素子は蛍光粉末をバインダー等に分散し安価な印刷プロセス等で面発光素子が作製できるため、携帯電話のキーや時計のバックライト等の一部に実用されている。しなしながら、一般に輝度が低く、ま

た、赤色や照明に適した白色が得られ難い状況にあった。このため、分散型無機 EL 素子の素性を活かしたまま、その効率や色純度の向上が望まれていた。

2. 研究の目的

(1) 分散型無機 EL 素子に有機色素を加え有機色素由来の発光色を示す素子を実現する。

(2) 無機分散型 EL の発光と有機色素からの発光の機構を調べ、その知見を元に照明に適した白色面発光素子を作製する。

3. 研究の方法

(1) 無機蛍光体の発光スペクトル、有機色素の吸収スペクトルの重なり、蛍光量子収率の観点から、これらの適切な組み合わせを検討する。

(2) 上記で得られた知見から、可視領域全体をカバーし、良質な照明光となるブロードなスペクトルを有する、素子を実現すべく、緑、赤の有機色素を選定し、無機の青のスペクトルと併せ、3 波長型の白色光源を平均演色評価指数を指標に検討する。

4. 研究成果

有機色素分散型 EL は、図 1 に示すように、従来の分散型 EL の蛍光体層に有機色素を添加した極めてシンプルな構造であるにも関わらず、目的に即した色素添加によって、高輝度または高演色性（照明に適した白色）を実現した素子である。

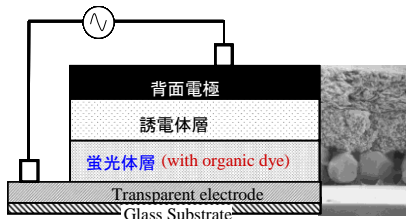


図 1 有機色素添加、無機分散型 EL 素子の層構造（左）と断面写真（右）

(1) 本研究では、まず初めに有機色素を 1 種添加した系において、輝度や発光スペクトルの有機色素添加量依存性を調べた。この結果、元の発光となる青緑色の無機蛍光体の発光スペクトル範囲内に吸収スペクトルを有するクマリン 6 (C6) の組み合わせで、色変換が効率よく行われた。図 2 に発光輝度の有機色素添加量の依存性を示す。無添加の 500nm のピーク波長から、C6 を添加する ($x < 0.1 \text{wt}\%$) ことによって、C6 の発光中心波長 520nm にスペクトルが移動し、その結果、視感度が高い領域にシフトするのに伴って、輝度が上昇する。 $x = 0.1 \text{wt}\%$ を超えてさらに添加を行うと、今度は濃度消光によって、輝度は低下した。

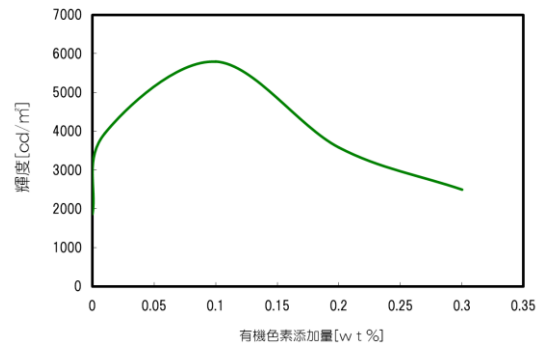


図 2 発光輝度の有機色素添加量の依存性（無機蛍光体 ZnS 系青緑、有機色素 C6）

その他、他の色素の組み合わせにおいての吸収スペクトル、発光スペクトル、蛍光量子収率の関係から、本研究の、有機色素分散型ハイブリッド無機 EL 素子の色変換の基本的な機構は、ZnS 系の無機蛍光体が電界励起によって発光し、その発光を有機色素が吸収し、発光に至る解釈が適切であった。

(2) 上述の発光機構の解釈に基づき、青、緑、赤の単色で発光するような、有機色素を選定し、その発光を評価した。有機色素分散型 EL の一例のスペクトルを図 3 に示す。ここで、有機色素は青では Perylene、緑では C6 と赤では DCJTb を ZnS 系蛍光体層に適量分散させた。赤のみの発光では、発光には寄与せず、エネルギーの受け渡しのみを行う役割として緑の C6 をアシストドープメントとして用いている（図 3 (c)）。

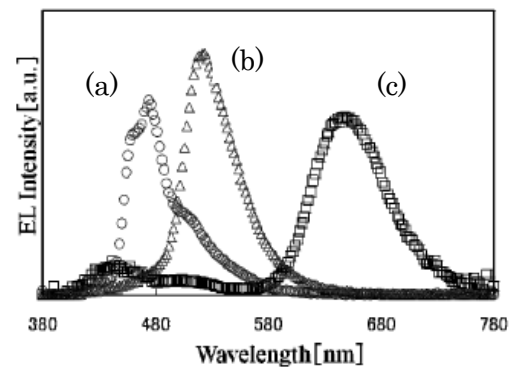


図 3 有機色素分散型 EL の (a) 青、(b) 緑、(c) 赤の発光スペクトル

(3) 上述の発光機構の解釈に基づき、今度は 2 種の異なる、緑 (C6) と赤 (DCJTb) の色素をそれぞれ、分散型無機 EL の蛍光体層

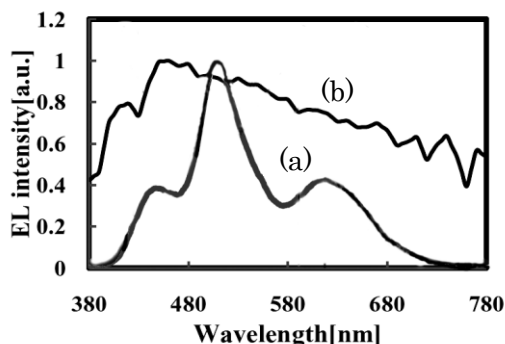


図4 素子の発光スペクトル
(a) 有機色素分散型 EL、(b) D65 光源

に加え、可視領域をカバーするような、白色発光についての検討を行った。

図4は白色発光有機色素分散型 EL 素子の発光スペクトルである。青色発光 ZnS 系蛍光体層に緑色有機色素である C6 と赤色発光である DCJTБ を添加することによって、RGB の各3波長帯域にそれぞれ、発光ピークを有する白色発光素子が得られた。C6 と DCJTБ のドーピング比率を調整することによって、青色発光帯域は元の励起光でもある ZnS 蛍光体からの光、緑色発光波長帯域は C6 からの光、赤色発光波長帯域は DCJTБ からの光と、白色を構成する光を外部に取り出すことが可能になった。この場合、照明に適した指標である平均演色評価指数 Ra が 89 となった。

このように、分散型 EL の単純な構造と安価な印刷プロセスで作製可能な特徴を活かしたまま、改善が望まれていた輝度や、色純度の点を有機色素の種類と量を適切に添加することで特性の向上を示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

- ① □ 八幡政浩、川村仁志、小林真、佐藤利文、内田孝幸、プリント配線基板を用いた分散型無機 EL 素子の研究、日本印刷学会 47、査読有、2011、30~35、<http://www.jspst.org/mag/magbacknum/magbacknumb.html>
- ② □ 佐藤利文、有機色素分散型 EL 素子の開発、応用物理、第 80 巻、第 4 号、査読有 (研究紹介)、2011、0329-0332 <http://www.jsap.or.jp/ap/2011/ob8004/p800329.html>
- ③ H. Lei, Y. Hoshi, M. Wang, T. Uchida,

S.Kobayashi, Y. Sawada Electron Bombardment Induced Damage to Organic Emission Layer, Japanese Journal of Applied Physics, 49, 査読有、2010、042103-1~042103-4, DOI: 10.1143/JJAP.49.042103

- ④ T.Uchida, M.Wakana, M.Yahata, S.Dangtip, T.Osotchan, T.Satoh, Y.Sawada, Blue Flexible Transparent Organic Light-Emitting Devices, IEEE Journal of Display Technology, 5(6)、査読有、2009、188-191 DOI: 10.1109/JDT.2008.2009771

[学会発表] (計 39 件)

- ① High-Color-Rendering Powder Electroluminescent Devices, Y.Noguchi, C.Suzuki, S.Tanazawa, T.Uchida, T.Satoh, the International Conference on Imaging and Printing Technology 2011 年 8 月 18 日、タイ・バンコク
- ② C. Suzuki, Y. Noguchi, T. Uchida, T. Satoh, White-Emitting Organic Dye -Dispersed Hybrid Electroluminescent Device, The 18th International Display Workshops, (IDW'11), 2011 年 12 月 8 日、名古屋国際会議場
- ③ Y. Noguchi, Y. Hoshino, T. Tamura, T. Uchida, T. Satoh, Effect of Organic Dye in Inorganic-Organic Hybrid Electroluminescence Devices, The 17th International Display Workshops (IDW'10), 2010 年 12 月 2 日、福岡国際会議場
- ④ T.Satoh, Y.Nakamura, S.Ohmura, T.Homma, Y.Noguchi, T.Uchida Inorganic/Organic Composites Powder EL Device, The 17th International Conference on Composites /Nano Engineering (ICCE-17), 2009 年 7 月 28 日, Hilton Prince Kuhio, Hawaii, U.S.A.
- ⑤ Y. Noguchi, Y. Masakura, T. Tamura, T. Uchida, T. Satoh, Luminance Uniformity of Organic-Dye-Dispersed Hybrid Powder-Type Electroluminescent Device, The 16th International Display Workshops, (IDW'09) 2009 年 12 月 9 日 宮崎シーガイア
- ⑥ T.Uchida, S.Kawamura, M.Kobayashi, T.Satoh The Study of Color Conversion Method for Inorganic-Organic Hybrid Electroluminescence Devices by Using PL Quantum Yield Measurement, The 16th International Display Workshops (IDW'09) 2009 年 12 月 9 日、宮崎シーガイア

[図書] (計 2 件)

- ① 内田孝幸(分担執筆)、三上明義監修、シーエムシー出版、「白色有機 EL 照明技術」、2011 年、pp. 60-74、
- ② 内田孝幸 (分担執筆)、情報機構、「仕事関数/イオン化ポテンシャルの計測・評価と制御・利用 事例集 ～材料・デバイスの性能向上に向けたデータの解釈と活用～、2010、pp. 214-224、pp. 269-283

[その他]

ホームページ等

http://www.mega.t-kougei.ac.jp/denga_me/

<http://www.t-kougei.ac.jp/engineering/hypermedia/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内田 孝幸 (TAKAYUKII UCHIDA)
東京工芸大学・工学部・教授
研究者番号：80203537

(2) 研究分担者

佐藤 利文 (TOSHIFUMI SATOH)
東京工芸大学・工学部・教授
研究者番号：00308339