# 塗布で作る新しい有機EL照明

Next-Generation OLED Lighting Fabricated by Solution Process

大岡青日	真常 泰	榎本 信太郎
OHK A Haruhi	SHINJO Yasushi	ENOMOTO Shintaro

有機 EL (Electroluminescence) 照明は, それ自体が面で発光するデバイスであり, 広範囲を均一に照らす次世代照明 技術として注目されている。現在主流の蒸着型有機 ELは, 発光特性に優れるが, 装置導入コストや製造コストが課題になって いる。塗布型有機 ELは, 照明器具に適用可能な大面積の面発光デバイスを, 材料使用効率が高く, 簡易なプロセスで製造で きる技術として期待されている。

今回, ストライプ状補助配線の導入とメニスカス印刷法の適用によって, 塗布型としては最大級になる52×58 mmの発光 面積を持つ白色有機ELパネルを試作した。試作パネルは, 10,000 cd/m<sup>2</sup>という蛍光灯並みの高輝度発光を示し, 塗布型 有機EL技術による大面積照明の実現可能性を実証できた。

The organic light-emitting diode (OLED) is a surface-emitting device that is now attracting attention due to its potential as a next-generation lighting technology for uniform illumination of large areas. Although mainstream vacuum-processed OLEDs have high emission performance, introduction of the manufacturing equipment and fabrication are costly. Solution-processed OLEDs are therefore a focus of expectations for large-area surfaceemitting lighting due to their high efficiency of material usage and simple fabrication process.

A high-brightness large-area white OLED panel consisting of polymer layers was demonstrated featuring a substrate with 2  $\mu$ m-high stripeshaped auxiliary electrodes and application of the meniscus printing method. Experiments on the prototype OLED panel with a large emitting area of 58 x 52 mm confirmed that it achieves a high luminance of 10,000 cd/m<sup>2</sup> and good luminance uniformity.

### 1 まえがき

有機 EL (Electroluminescence)は、2枚の電極に挟んだ有 機材料薄膜に電流を流すことで発光し、電極の少なくとも1枚 を透明体にすることで面発光デバイスとして用いることができ る。有機薄膜自体があらゆる方向に均一に光を放つ面光源で あることが特徴で,光拡散板を付け加えなくても広範囲を均一 に照らせる照明器具として応用が期待できる。

デバイスの作製方法で大別すると、真空装置を用いる蒸着型 と、塗布装置を用いる塗布型の2種類がある<sup>(1), (2)</sup>。蒸着型で は、102 lm/Wという蛍光灯相当の発光効率が実現<sup>(3)</sup>されてい るが、装置導入コストや製造コストが課題になっている。一方、



塗布型は,照明器具に適用可能な大面積デバイスを高い材料 使用効率で製造できる技術として期待されている。しかし, 大面積のデバイスでは,透明電極の電位降下が問題になるた め,これを低減できる補助配線が必要になる。また,塗布型 でこれを実現するには,補助配線付きの基板上に有機薄膜を 高精度に製膜する塗布技術の開発も必要である。

そこでこれらの課題を解決するため,透明電極付きの基板 にストライプ状の補助配線を導入した。また、メニスカス印刷 法<sup>(4)</sup>を採用し、凹凸構造を持つ補助配線付きの基板上に有機 材料薄膜を高精度に形成する技術を開発した(**図1**)。今回, これらの技術を投入して塗布型有機ELデバイスを試作し、大 面積の照明を実現できる可能性を実証できた。

ここでは,投入した技術の概要と,試作した有機 EL パネルの評価結果について述べる。

# 2 大面積発光を実現するための基板設計

大面積で均一な発光を得るうえで重要になる課題の一つ に、有機ELデバイスに用いる透明電極の電位降下が挙げられ る。そのイメージを図2に示す。これは、ITO (Indium Tin Oxide) に代表される透明電極の周囲に、金属から成るコンタ クトパッドを設けた場合である。透明電極の導電性が十分で ないため、コンタクトパッドに印加した電位に対して、パッドか ら離れた場所ほど電位が降下する。その結果、大面積になる ほど輝度の均一性が低下する。この問題の改善法の一つとし て、ITOより導電性の高い金属などの材料から成る補助配線 を付加することで、ITOの見かけの導電性を上げて電位降下 を低減する方法がある<sup>(5)</sup>。

今回, ストライプ状の補助配線 (図3(a)) を用い, 電位降下



**図2. 有機ELデバイスに用いる透明電極の電位降下のイメージ** — 透明電極の導電性が十分でないため、コンタクトパッドに印加した電位に対して、パッドから離れた場所ほど電位が降下し、輝度むらの原因になる。

Image of electric potential drop of transparent electrode



Results of simulation of electric potential distribution of transparent electrode with stripe-shaped auxiliary electrode

般

論

文

のシミュレーションを行って補助配線の幅とピッチを設計した。目標値は電位降下5%以下,輝度10,000 cd/m<sup>2</sup>以上,開 口率80%以上とした。

一例として,補助配線幅150μm,ピッチ4mmとした場合の結果を図3(b)に示す。開口率は高いが電位降下は11%と 見積もられ,輝度むらの原因になりうる。一方,ピッチ1mmの場合には,開口率は減るが電位降下は4%に抑えられる (図3(c))。そこで,この条件を適用して補助配線付きの基板 を試作した。

# 3 メニスカス印刷法

製膜方法は接触型と非接触型に大別されるが,有機ELの 塗布では下地が受ける損傷を抑える必要があるため,メニスカ ス印刷法のような非接触型が適している。メニスカス印刷法 の利点としては,膜の均一性が高いこと,低粘度インクが使え ること,部品や可動部が少なく簡単な構造で発塵(じん)や不 純物混入の影響が少ないことなどが挙げられ,いずれも有機 ELの塗布に適している。

メニスカス印刷法の概要を、図1を用いて説明する。基板と の間に一定のギャップを設けてアプリケータヘッドと呼ぶ棒状 の構造体を配置し、そのギャップに有機EL材料を溶解させ たインクを注入する。その結果、アプリケータヘッドと基板の 間にインクのメニスカス(円弧状の曲面)が形成される。基板 ステージを一定速度で移動させることで液膜が形成され、溶 媒が乾燥して有機EL材料の固体膜が製膜される。

メニスカス印刷法では, 膜厚は印刷速度の2/3乗に比例す る。そのほか, アプリケータヘッドギャップ, インクの粘度や表 面張力などで液膜の膜厚を制御することができる。

## 4 有機 EL パネルの試作と評価

試作したパネルの断面を図4に示す。陽極用と陰極用のコ ンタクトパッドに電圧をかけると、陽極からは正孔が、陰極か らは電子が供給され、両者が発光層内で結合する際に発光す る。正孔注入層は陽極から発光層への正孔供給を促進する 働きがある。同様に電子注入層は陰極から発光層への電子 供給を促進する。インターレイヤは正孔注入層に含まれるイオ ンが発光層に移動しないようにする働きなどがあり、発光効率 や寿命を向上させる効果などがあることが知られている。

補助配線上には、これを覆うように絶縁層を形成した。これは、塗布した有機EL薄膜に欠陥が生じてしまった場合でも、陽極と陰極の間に短絡を発生させないためである。絶縁層が形成された結果、基板には高さ2µm、幅0.2 mm、ピッチ1 mmの凹凸構造が作られる(図4)。このときの開口率は80%である。

デバイス構造のうち、正孔注入層、インターレイヤ、及び発 光層をメニスカス印刷法で塗布した。いずれも高分子材料で ある。インターレイヤと発光層は住友化学(株)の材料を用い た。ギャップは800 µm、塗布速度は4~5 mm/sとし、正孔 注入層は大気中で、インターレイヤと発光層は窒素雰囲気中 で塗布した。2 µmの凹凸構造上に数十 nmの薄膜を均一に 製膜する技術が重要になる。メニスカス印刷法は非接触型製 膜方法の中でもギャップが広いのが特徴であり、凹凸構造へ の適用を考慮すると適切な手法である (図1)。

また,非接触型の場合,インク溶液のレベリング(平坦化) 現象が起こることで,膜の均一性が向上する。したがって, 補助配線構造としては、レベリングの自由度が格子状よりも高 いストライプ状が望ましい。





メニスカス印刷法によって補助配線間に塗布された正孔注 入層,インターレイヤ,及び発光層の膜厚プロファイルを図5 に示す。3層積層膜の膜厚精度は±5%と均一であった。

高分子層をこのように形成した後,電子注入層とアルミニウム (AI) 陰極を蒸着し,ガラス封止した後に光取出しフィルムを はり付けてパネルを完成させた。



図6. メニスカス印刷法によって試作した塗布型白色有機ELパネル - 52×58 mmの大面積発光部で,平均輝度10,000 cd/m<sup>2</sup>,電圧印加直 後の最高輝度部11,200 cd/m<sup>2</sup>,最低輝度部8,700 cd/m<sup>2</sup>といった,均一 で高輝度な発光が得られた。

White OLED panel fabricated by meniscus printing method

試作パネルの写真を図6に示す。52×58 mmの発光部全 面で白色発光が確認された。平均輝度は10,000 cd/m<sup>2</sup>, 電圧 印加直後の最高輝度部と最低輝度部はそれぞれ11,200 cd/m<sup>2</sup> 及び8,700 cd/m<sup>2</sup>であり, 均一で高輝度な発光が得られた。

#### 5 あとがき

ストライプ状補助配線の導入とメニスカス印刷法の適用に よって白色有機ELパネルを試作し、52×58 mmという大面 積で、10,000 cd/m<sup>2</sup>という蛍光灯並みの高輝度を得た。これ によって、塗布型有機EL技術による大面積照明の実現可能 性を実証できた。

今後実用化を進めるには、均一で高輝度な発光を安定して 連続的に得るため、電圧印加時に発生する熱を効率的に排出 する放熱設計が重要になる。これに加え、光取出し効率の向 上をはじめ、材料や素子構造の開発による発光効率の向上を 進め、塗布で作る新しい有機 EL 照明の実現を目指す。

# 文 献

- 大西敏博, ほか. 高分子EL材料 光る高分子の開発 -. 東京, 共立出版, 2004, 118p.
- (2) So, F., et al. Recent progress in solution processable organic light emitting devices. Journal of Applied Physics. 102, 9, 2007, p.091101-1-21.
- (3) Brown, J., et al. "102 lm/W White Phosphorescent OLED". Proceeding of The 15th International Display Workshops (IDW'08). Niigata, Japan, 2008-12, The Institute of Image Information and Television Engineers and The Society for Information Display. 2008, p.143-144.
- (4) Han, M., et al. "Horizontal Dipping Method for Simple Fabricating OLEDs". Proceeding of The 15th International Display Workshops(IDW'08). Niigata, Japan, 2008-12, The Institute of Image Information and Television Engineers and The Society for Information Display. 2008, p.1037 - 1040.
- (5) Amelung, J. "Large-area organic light-emitting diode technology". SPIE Newsroom. <a href="http://spie.org/documents/Newsroom/Imported/1104/1104-2008-04-09.pdf">http://spie.org/documents/Newsroom/Imported/1104/1104-2008-04-09.pdf</a>>, (accessed 2010-10-18).



大岡 青日 OHKA Haruhi 研究開発センター 表示基盤技術ラボラトリー。 有機光デバイスの研究・開発に従事。 Electronic Imaging Lab.

#### 真常 泰 SHINJO Yasushi

研究開発センター 表示基盤技術ラボラトリー主任研究員。 有機EL発光デバイスの研究・開発に従事。 Electronic Imaging Lab.

#### 榎本 信太郎 ENOMOTO Shintaro

研究開発センター 表示基盤技術ラボラトリー主任研究員。 有機デバイス関連の研究・開発に従事。日本化学会会員。 Electronic Imaging Lab.