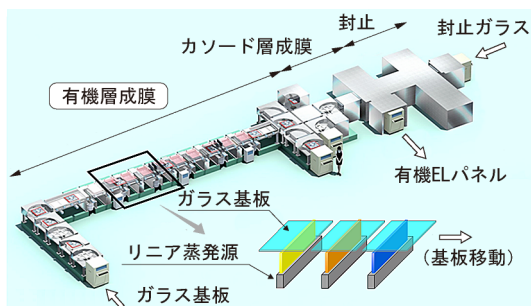


照明用有機 EL 製造装置

Development of Production System of OLED Panel for Lighting Purpose



小笠原 弘明
Hiroaki Ogasawara

柳 雄二
Yuji Yanagi

津元 良公
Yoshitaka Tsumoto

小林 敏郎
Toshiro Kobayashi

佐藤 恵一
Keiichi Sato

平野 竜也
Tatsuya Hirano

1. はじめに

有機 EL は、その形状(極薄で面発光)、光の質(優れた色再現性、UV レス)及び環境性能(水銀レス、数年内に蛍光灯より省エネ)から、白色 LED と並び、環境にやさしい次世代照明として大いに期待されているが(表1)⁽¹⁾、これまでは、量産が難しく、パネルが高価なことから、普及には至っていなかった。そこで当社は、製鉄機械で培った亜鉛、アルミニウムなどの大面積連続成膜技術をベースに、高価な有機 EL 材料の使用効率を飛躍的に高め、有機 EL パネルの低コスト量産を実現する「大型リニア蒸発源方式インライン成膜装置」を開発した。本稿では、当該装置の概要について紹介する。

表1 蛍光灯や白色 LED 照明に対する優位点⁽¹⁾

蛍光灯に対して	白色 LED 照明に対して
水銀・紫外線レス、薄型・軽量、調光が容易、器具による光の損失が少ない	面発光、大面積化が容易、放熱対策が容易、光が柔らかく目に優しい、フレキシブル化が可能

2. 装置の構造と特徴

2.1 装置の構造

有機 EL は、透明導電性膜パターンニング済ガラス基板を用いて、ドライ洗浄→有機層成膜→カソード(陰極)成膜→封止から成る工程で製造される。当社が開発したのは、有機層成膜工程であり、現在ディスプレイ用有機 EL 製造で使用されているクラスター方式をインライン方式にしたものである(タイトル図)。

インライン成膜装置は、真空チャンバ、リニア蒸発源、基板搬送装置、真空排気装置などで構成される。リニア蒸発源は、有機材料を線状に蒸発(昇華)させる長尺坩堝であり、有機 EL 素子を構成する有機材料の層数に合わせて、所定の間隔で真空チャンバ内に配置する。有機材料は、複数配置されたリニア蒸発源の上を、トレイ(ホルダ/マスク)に載せたガラス基板を連続的に移動させることにより基板下面に積層成膜する。

2.2 点状蒸発源方式とリニア蒸発源方式の比較

点状蒸発源を用いたクラスター方式は、均一に成膜するため基板と蒸発源の距離を離し、基板を回転しながら蒸着することから、基板以外への材料付着が多いため材料使用効率が数%と低く、高速成膜及び基板サイズの大型化が困難であった⁽²⁾。これに対してリニア蒸発源を用いたインライン方式では、基板と蒸発源の距離を近づけ、長尺坩堝から線状に蒸発した有機材料を、基板を移動させながら基板幅方向にワンスルーで蒸着することにより、材料使用効率が高く、高速かつ大型基板への均一成膜を可能とした。

また、従来のクラスター方式は、ロボットで基板を一枚ごとにチャンバへ受渡ししてから蒸着するバッチ処理のため、タクトタイムが長くなってしまいが、インライン方式は、基板をほぼ隙間なく連

続供給しながら多層蒸着ができるため、タクトタイムを短くすることができる。

以上のような特徴は、高輝度・長寿命を両立するため発光層を多段積層する必要のある照明用有機 EL 素子(マルチ・フトン・エミッション:MPE^(※1))の製造に適しており、高価な有機材料を効率よく使用し、大面積・高スループットで成膜できることから、照明用有機 EL を低コストで量産することが可能となる。

(※1) 電荷発生層を挟み発光層(ユニット)を直列に複数段積層する技術。

山形大学城戸教授、ローム㈱及び当社が共同権者。

3. 成膜装置の開発状況

当社は、照明用有機 EL パネルの低コスト量産技術を確立するため、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)及び(財)山形県産業技術振興機構有機エレクトロニクス研究所(RIOE)との共同研究により本成膜装置を開発している。

開発にあたり、リニア蒸発源による多層成膜ができるガラス基板サイズ 300 mm \square 対応の「インライン成膜試験装置」と、量産用基板サイズ 550 \times 650 mm \square に対応した成膜試験を行う「量産実証機」を試作し、成膜特性及び発光パネルの試作・評価を実施した(図1)。開発成果の一例は以下のとおりである。

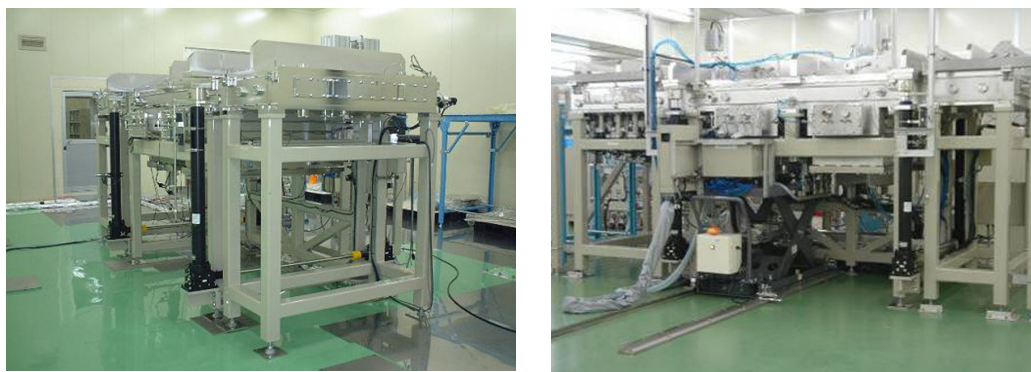


図1 成膜試験装置:量産実証機 (NEDO 研究)

3.1 成膜特性

複数の有機材料について量産実証機による成膜試験を行った。成膜はタクトタイム2分に相当する基板搬送・成膜速度にて実施した。基板幅方向の膜厚分布は、設計時の3次元モンテカルロシミュレーション(3D-DSMC:Direct simulation Monte Carlo Method)による計画値とほぼ同等の $\pm 1.6\%$ を得た(図2)。また材料使用効率については、基板幅方向で 73.5%、基板搬送方向の材料損失を考慮しても 50%以上の使用効率を達成できた。

さらに、スケールアップに対応するため、3D-DSMC により蒸気整流構造の更なる最適化を行い、膜厚分布の均一化、無効蒸気の低減による材料使用効率の向上を実現している。この材料使用効率は、基板端部からの無効蒸気量が基板サイズ(幅)に関係なくほぼ一定なため、基板の大型化により更に高くすることができる。

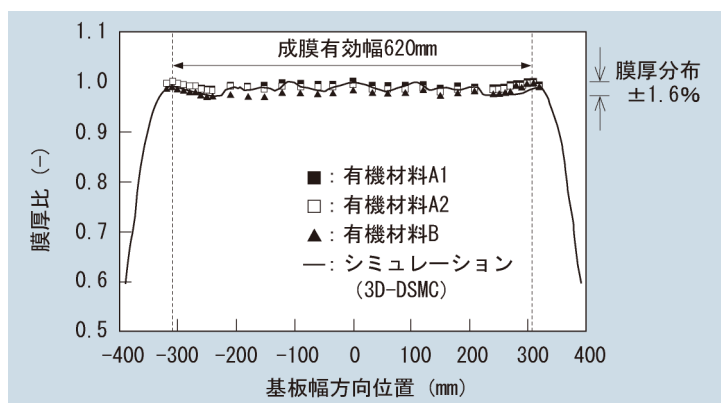


図2 成膜特性 —基板幅方向膜厚分布—

3.2 発光特性

インライン成膜試験装置を用いて、白色 MPE 2段 パネル(2波長型白色素子)を試作した(図3)。成膜は、基板サイズ 300 mm□でタクトタイム1分に相当する基板搬送成膜速度にて実施した。試作したパネルの素子性能を、クラスター装置と比較した結果、インライン装置で試作したパネルの電力効率は、クラスター装置で試作したパネルと同等の効率であることが確認できた(図4)。また、インライン成膜試験装置による6日間連続運転を行い、膜厚分布及びパネル特性の安定性も検証済である。

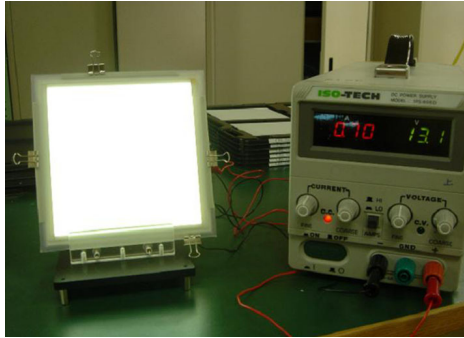


図3 インライン試作パネル(140mm□)の発光状態

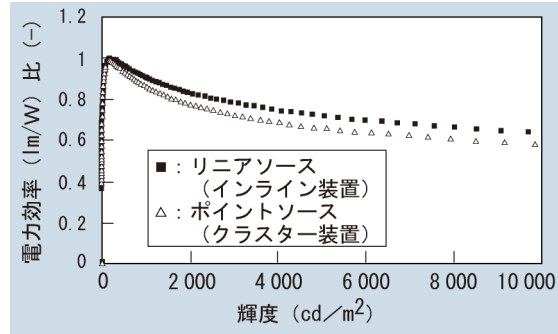


図4 発光特性 —輝度 vs. 電力(視感)効率—

4. 照明用有機 EL パネル製造への適用

大型リニア蒸発源を搭載したインライン成膜装置の開発により、照明用有機 EL パネル実用化の見通しを得たことから、Lumiotec(株)^(※2)が設立された。同社はインライン成膜装置を用いて MPE を使った素子構造のパネルを製造し、2009 年秋以降からサンプル販売を開始する予定であり、有機 EL 照明の早期普及が期待される。

(※2) 当社、ローム(株)、凸版印刷(株)、三井物産(株)ほかが出資し、2008年5月28日に設立した世界初の照明用有機 EL パネル専業会社。本社は山形県米沢市。当社の連結対象グループ会社(51%出資)。

5. まとめ

有機 EL 照明は、その斬新性及び高付加価値性に評価・注目が集まっているが、中長期的には蛍光灯を超える電力効率を実現し、次世代型省エネ照明として蛍光灯を代替していくことが強く期待されている。その実現に向けては、燐光材を使った素子の高効率化と、大面積・高速成膜化によるコストダウンが課題となる。当社は、次世代装置の開発を中心に、有機 EL 照明の早期普及に努め、二酸化炭素(CO₂)削減や水銀レスによる環境負荷の低減に貢献していく所存です。

参考文献

- (1) 野澤哲生, 日経エレクトロニクス, 2008年11月3日号, p.87~97
- (2) Editor ; Tsutsui T. et al., Organic Electroluminescence Handbook, Publisher; Realize Science & Engineering, (2004) p.281~288

執筆者紹介



小笠原弘明
広島製作所
機械プラント技術部
主席



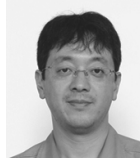
柳 雄二
広島製作所
機械プラント技術部
主席



津元良公
広島製作所
機械プラント技術部
真空装置技術課



小林敏郎
技術本部
広島研究所 材料・
製造技術研究室
主席, 工博



佐藤恵一
技術本部
広島研究所
流体・伝熱研究室



平野竜也
広島製作所
機械プラント技術部
真空装置技術課