

# フレキシブルカラー高分子有機 EL ディスプレイ

時任 静士・鈴木 充典・都築 俊満・井上 陽司

## Flexible Color Polymer Light-Emitting Diode Display

Shizuo TOKITO, Mitsunori SUZUKI, Toshimitsu TSUZUKI and Youji INOUE

We have demonstrated a flexible organic light-emitting diode display using phosphorescent polymers on a plastic substrate. RGB color pixels were formed by a combination of white light emission and RGB color filters. The white light emission was generated by mixing both red phosphorescent polymer and blue phosphorescent polymer. Screen size was 3.6 inch, pixel number was 64 (RGB)×64 and total thickness of the display was 0.3 mm. The display was driven by a passive matrix way, and clear video image was shown on the bending screen.

**Key words:** flexible display, organic light-emitting diode, phosphorescent polymer

地上デジタルの放送の開始によって、固定受信だけでなくカーテレビや携帯端末による移動受信が可能となる環境が整ってくる<sup>1)</sup>。携帯端末などのモバイル環境で移動体放送が受信可能になれば、いつでもどこでもデジタル放送を視聴できる。この携帯端末のディスプレイとして、非常に薄くて軽く丸められる画面をもつフレキシブルディスプレイは大きな可能性をもつ。テレビを見たいときに広げて視聴し、見終わったらコンパクトに丸めてポケットに入れて持ち運ぶことができる。この場合、10インチ程度の画面を容易に持ち運びできることが可能となり、このサイズで高画質のデジタル放送を楽しめる<sup>2)</sup>。

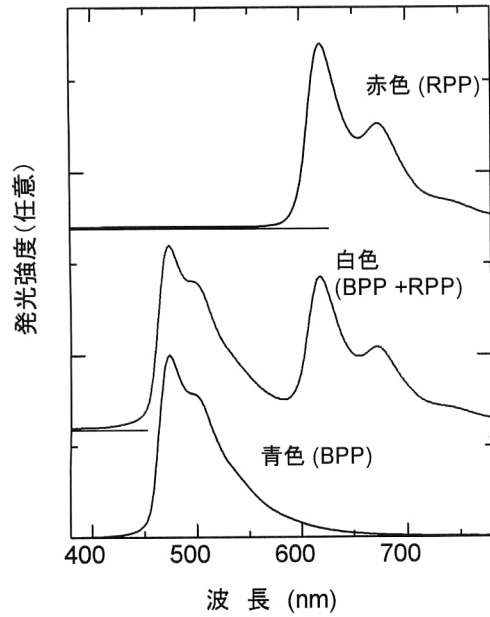
筆者らは、フレキシブルディスプレイを有機エレクトロルミネセンス（以下、有機EL）で実現するために、高効率な発光材料の研究を進めている。特に、溶液からの塗布法による成膜が可能で高効率発光が実現できる材料は、大画面・高精細で低コストのディスプレイを実現できる可能性がある。開発した発光材料は、電荷輸送基を基本に極少量の燐光基が含まれている共重合高分子であり、すでに三色（RGB）の発光を実現している<sup>3)</sup>。また、この赤色と青色の燐光性高分子を混合して用いることで、白色発光も実現している<sup>4)</sup>。

本報告では、プラスチックフィルムを基板として用い、

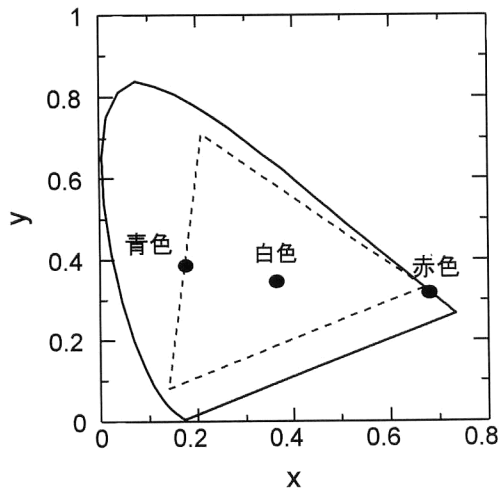
スピンコート法で試作したフレキシブルカラー有機ELディスプレイについて紹介する。白色発光の高分子有機EL素子とカラーフィルターを組み合わせることで、単純マトリクス64（RGB）×64を実現した。画面サイズは3.6インチ型で、基板を含めた全体の厚みは0.3mm、重さはわずか3gである。

### 1. 白色発光有機EL素子

有機EL素子における白色発光の方法には、いくつかの方法が提案されているが<sup>5)</sup>、筆者らは複数の発光材料を混合した単一の発光層で白色発光を実現している。赤色燐光性高分子（RPP）と青色燐光性高分子（BPP）を単独で用いた場合と、両方を用いた場合の有機EL素子の発光スペクトルと色度座標を図1に示す。青色燐光性高分子の発光ピーク波長は475nmで、赤色燐光性高分子の場合は620nmに観測された。混合した白色の場合は、2つのスペクトルを重ね合わせた発光スペクトルとなった。両者の発光強度のバランスは混合の比率で調整でき、色度座標（0.34, 0.35）の良好な白色発光を得ることができた。実際の発光強度を図2に示すが、発光が生じる印加電圧は青色で4.4V、赤色で6V、白色で5V程度である。白色の場合、13Vの印加電圧で2000cd/m<sup>2</sup>の高輝度が得られる。発光の外部量子効率、青色で6.9%、赤色で6.6%、白色



(a)



(b)

図1 (a) 青色発光性高分子 (BPP), 赤色発光性高分子 (RPP) および両方を発光層に用いた有機EL素子の発光スペクトルと, (b) 発光色の色度座標。

で6.1%の値を得ている。この白色発光の外部量子効率が高分子EL素子としては世界最高レベルの値である。

## 2. プラスチックフィルム基板

フレキシブル有機ELディスプレイの基板に用いるプラスチックフィルムには、機械的に柔軟であることはもちろんのこと、以下のような要求がある。

1. 表面平滑度が高い
2. 耐溶剤性が高い
3. 耐熱性が高い
4. 線膨張係数が小さい

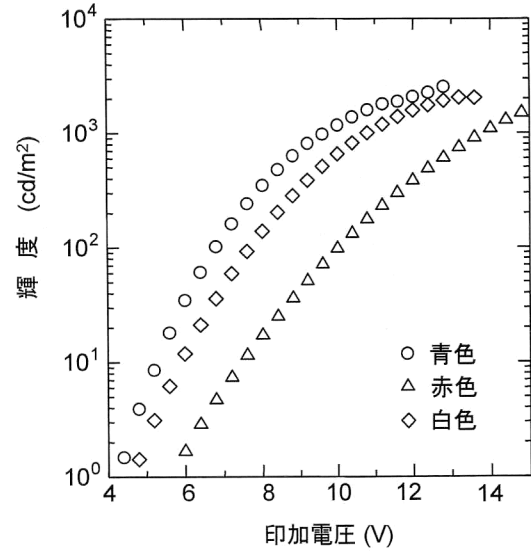


図2 青色, 赤色および白色発光の有機EL素子の電圧-輝度特性。

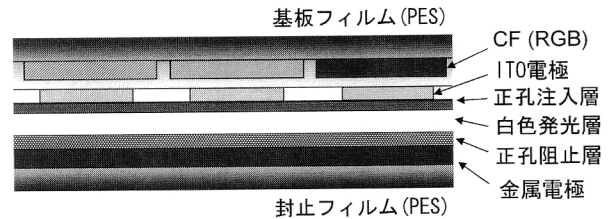


図3 フレキシブルカラー有機ELディスプレイの断面構造。

5. 酸素や水蒸気の透過率が低い
6. 吸水率が低い

今回は300°Cを超える高いガラス転移温度を有するポリエーテルサルホン (PES)<sup>6)</sup>に着目し、片面に酸素と水蒸気の透過を抑制する無機バリア層を付加した厚さ200  $\mu\text{m}$ のフィルムを用いた。通常、プラスチック基板上のITO (indium-tin-oxide) はスパッター法などで直接に成膜されるが、その場合はたかだか40  $\Omega/\square$ 程度の表面抵抗しか実現できない。本研究では、フィルム上へのITOとカラーフィルター (CF) の形成を転写技術によって行った<sup>7)</sup>。ここでの転写技術とは、あらかじめガラス基板上に最適条件で作製した薄膜をフィルム基板へ写しとる方法である。ガラス基板を用いるため、プロセスでの温度や使用溶剤の制限がなく、理想的な条件でITOとカラーフィルターが作製できる。膜厚150 nmで表面抵抗10  $\Omega/\square$ が実現できる。カラーフィルターは、前述した白色発光スペクトルを考慮し、三色 (RGB) が出せるように設計した。

## 3. フレキシブルディスプレイの試作

フレキシブル有機ELディスプレイの構成を図3に示す。フィルム基板上にRGBのカラーフィルターが配列し

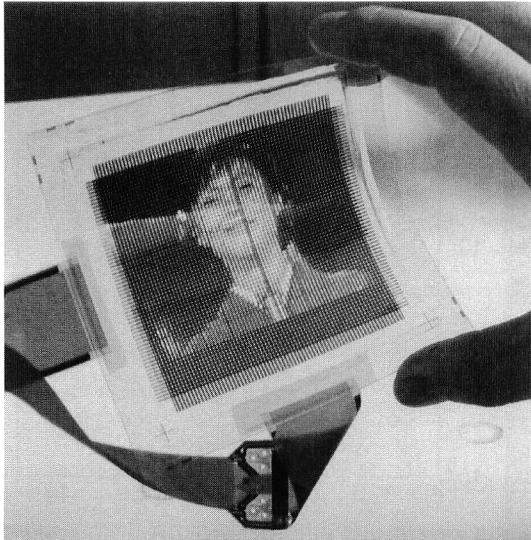


図4 フレキシブルカラー有機ELディスプレイ。  
(カラー口絵参照)

ており、その上部にITO電極の配線が並んでいる。今回のフレキシブルディスプレイの試作では、正孔注入層と白色発光層の厚みを通常の場合よりも厚くした。これは、白色発光有機EL素子の短絡を極力回避するためである。

フィルム基板は界面活性剤、純水、イソプロピルアルコールでの超音波洗浄後、110°Cで乾燥させた。200 μmのフィルム基板は操作性に難がある。そこで、本研究では基板の操作性を高めるために、ガラス基板に粘着剤を介して貼り合わせた。まず、フィルム基板表面をUVオゾン処理した後、正孔注入層を厚み30 nmで形成し、約110°Cのオーブンで乾燥させた。この上に、白色発光層(80 nm)を形成した。次に、正孔阻止層を45 nm形成した。最後に、陰極形成のため、シャドーマスクを用いて64本の電極ラインを真空蒸着法で形成した。このディスプレイは、グローブボックス内で、厚み100 μmの無機バリアー層付PESフィルムを接着剤によってディスプレイ全面に貼りつけ、周辺部をさらにUV硬化樹脂で固めた。以上の一連のプロセス完了後、ガラス板からディスプレイを剝離し、駆動ICが実装されているフレキシブル配線(FPC)を接続して完成させた。試作したフレキシブル有機ELディスプレイは、画面サイズが3.6インチ、画素数が64(RGB)×64、全体の厚みは約0.3 mmで、FPCを含まない重さはわずか3 gであった。

完成したディスプレイにNTSC(National Television Standards Committee)の映像信号を送り、動画の表示実

験を行った。その様子を図4に示す。ディスプレイを曲げた状態でもカラーの映像を明瞭に映し出すことができ、すぐれた動画応答性も確認できた。曲率半径が5 mm程度になるまで丸めても動画映像を表示できた。ここまで曲げた画面にカラー動画を表示した例は、おそらく初めてである。将来の自由に丸められるフレキシブルディスプレイの可能性を示唆する結果である。

今回、最も大きな問題となったのが、基板の洗浄とダストによる汚染である。ダストは局所的な短絡に結びつき、ライン欠陥となった。有機EL素子は、前述しているように発光層の厚みはわずか0.1 μm程度であるため、表面汚染物質やダストの影響を受けやすい。特にプラスチックフィルムの場合、帯電しやすいためダストが附着しやすい。また、フィルム基板の水蒸気に対するバリアー性が不十分なため、ダークスポットなどの非発光部の発生も観察された。今後、このような種々の課題を把握して、その対策を進めていく必要がある。

本研究で用いた燐光性高分子は昭和電工(株)との共同研究で開発した。また、PESフィルムへの有機EL用ITOとカラーフィルター形成は共同印刷(株)と共同で行った。関係者の方々に感謝します。また、ディスプレイの駆動回路の試作でご協力いただいた当研究所の栗田泰市郎氏と鈴木鉄男氏に感謝します。

## 文 献

- 1) 土田健一：“地上デジタル放送の移動受信”，平成15年度技研公開予稿集(2003) pp. 28-33.
- 2) 佐藤史郎：“フレキシブルディスプレイ”，NHK技研R&D, No. 77(2003) 4-13.
- 3) S. Tokito, M. Suzuki, M. Kamachi, K. Shirane and F. Sato: “Highly efficient RGB emissions from polymer light-emitting diodes using phosphorescent polymers,” *Proc. of EL2002* (2002) pp. 283-286.
- 4) M. Suzuki, M. Kamachi, K. Shirane, S. Tokito and F. Sato: “White light emission from polymer light-emitting diodes based on phosphorescent polymers,” *Proc. of IDW'02* (2002) pp. 1203-1206.
- 5) P. E. Burrows, G. Gu, V. Bulovic, Z. Shen, S. R. Forrest and M. E. Thompson: “Achieving full-color organic light-emitting devices for lightweight, flat-panel displays,” *IEEE Trans. Electron Devices*, **44** (1997) 1188-1203.
- 6) 渡辺敏行：“プラスチックディスプレイ作製技術の最新動向”，月刊ディスプレイ，**9**, No. 3 (2003) 47-54.
- 7) 特許公開 2000-306441.

(2003年7月8日受理)