3-3 カラー有機 EL ディスプレイの開発

正会員 森 研二[†], 坂口 嘉一[†], 鈴木 譲治[†]

キーワード: 自発光, 有機 EL, 独立発光

1. ま え が き

インターネットの急速な普及と情報通信技術の高度化に伴い, 人とシステムのインタフェースとして必要不可欠な電子ディスプレイに求められる性能も, より高度なものへと移行しつつある。こうした動きのなか, とりわけ LCD に代表されるフラットパネルディスプレイへの期待が高まっている。

フラットパネルディスプレイとしては, 先に挙げた LCD の他に, PDP, FED(Field Emission Display), EL 等が注目されており, それぞれ特徴を生かした用途においてユーザの要求を満たすべく開発が進められている。有機 EL は, 自発光, 高速応答, 薄形, 低電圧駆動といった特徴を具備しており, これらを生かしたアプリケーションが提案され, モノクロやパートカラーディスプレイが製品化されたことも相まって, 市場から大きく注目されている。

本稿では, NEC におけるカラー有機 EL ディスプレイの開発状況について, 5.7 形 QVGA ディスプレイモジュールを中心に紹介する。

2. 有機 EL ディスプレイの特徴

ディスプレイの特徴を説明するために, その動作原理を簡単に説明する。

2.1 素子構造と発光原理

代表的な有機 EL の素子構造は, ITO(Indium Tin Oxide)等の透明電

[†] NEC エレクトロニクスデバイス 電子コンポーネント開発本部

“Development of Color OEL Display” by Kenji Mori, Yoshikazu Sakaguchi and Joji Suzuki (Electronic Component Development Division, NEC Electron Devices, NEC Corporation, Tokyo)

図1 カラー有機ELモジュールの構成

極からなる陽極と, 低仕事関数の金属からなる陰極との間に, 各種機能を担う有機多層膜を挟んだ構造である。通常有機層と陰極は真空蒸着法で薄膜に製膜される。

この素子に直流電圧を印加することで, 正孔は陽極から正孔輸送層を経て, 電子は陰極から電子輸送層を経て, それぞれ発光層内に注入される。注入された正負のキャリアにより発光層内の蛍光分子が励起状態となり, この励起分子の緩和過程で発光が得られる。

つまり電圧の印加, 電荷の注入, 電荷の輸送, 発光まで, すべて固相の中で完結する。この点が次に説明する有機ELの特徴を決定づける主因である。

2.2 特徴

有機ELディスプレイは, 以下のような特徴を持っている。

- ① LCDとは異なり, ガラス基板に蒸着した有機膜が自発光するため, 視野角が広く, 高コントラストを容易に実現できる。
- ② バックライトが不要な上, 有機膜と電極の厚さは $1\mu\text{m}$ 以下であり, 2mm 以下の極めて薄いディ

スプレイパネルが実現できる。また, 水銀を使用しなくてよいので, 環境にやさしいディスプレイである。

- ③ 応答時間がナノ秒オーダーと通常のLCDよりはるかに速く, 動画再生に適している。低温でも輝度が低下しないため, 寒冷地で容易に使用が可能。
- ④ 直流電圧 $10\sim 20\text{V}$ 程度の, 比較的低電圧で動作できるので, 駆動回路の設計が簡単な上, ノイズの発生が少ない。

3. カラー有機ELディスプレイ

今回開発したカラー有機ELディスプレイは, 図1に示すように, 表示パネル部, コントロール部, 駆動部および, 電源部で構成されている。本稿では, 表示パネル部と, それ以外を含んだ全体をモジュールと, 区分して以下に説明する。

3.1 表示パネル

(1) カラー化方式

NECでは, カラー有機ELパネルを得る方式として, RGB3色の発光

画素をそれぞれ独立して得るパラレル独立発光方式を採用した。これ以外のカラー化の手法として提案されている主なものは、3原色のうち最も高エネルギーの青色発光有機EL素子と色変換膜を組合せる方式、白色有機EL素子とカラーLCD用などのカラーフィルタとの組合せによる方式等が提案されている。これらの手法は、色変換膜あるいはカラーフィルタ自体が、有機EL素子の作成とは別のプロセスで行えるため、フォトリソグラフィ等の技術で微細パターンングが可能となる利点を有する反面、色変換効率あるいはカラーフィルタの透過率が充分でないと、発光エネルギーのロスが大きくなってしまおうという課題が残る。

一方、当社が採用したパラレル独立発光方式は、3色の高輝度発光材料を揃え、かつそれらの塗り分けが必要になる。色の塗り分けは、有機化合物をnmのオーダーの膜厚で堆積させているので、通常のフォトリソグラフィを導入することはできない。しかしながら、3色の発光材料が揃い、それらの塗り分け技術が確立されれば、各色の発光をそのまま取り出せるので、最もスマートな手法といえる(ただし実際には、いずれの手法も反射防止のためのフィルタが必要となる)。3色の発光材料に関しては、近年めざましい進展を遂げ、各色共に輝度・色純度・寿命とも実用レベルに近づきつつある。なお、3色の塗り分けに関する微細加工手法については、後の項で触れる。

(2) パネル構造

有機ELパネルは、透明陽極を短冊状にパターンングしたガラス基板上に、正孔輸送層、発光層、電子輸送層を積層し有機薄膜を透明電極(カラム)と金属電極(ロウ)とで挟み、両電極の交差部にマトリクス状のピクセルを形成した構造である。カラム電極とロウ電極とがクロスしたエリアが、発光部に相当し、正負のキャリア輸送材料を介し挟持された発光材料が蛍光を発する。また、パネルは、画素を搭載した基板ガラスと、画素を湿気等の外部環境から保護するための封止用ガラスキャップから構成される。

図2 発光材料のパターンニング法

(3) パネル製造プロセス

有機ELパネルは、ガラス基板上にITO陽極を形成後、有機膜および陰極膜を真空蒸着法によって次のステップで製造する。

- ① 正孔輸送層の形成
- ② R、GおよびB色発光層の形成(カラム方向ストライプ状)
- ③ 電子輸送層の形成
- ④ 金属電極(陰極)の形成(ロウ方向ストライプ状)

このステップのうちの②発光層は、図2に示すようにRGB3色発光層を、金属マスクを順次ずらしながら蒸着することで塗り分けた²⁾³⁾。この理由は、RGBの各色の膜厚や成膜条件を独立して制御できるため、最適な膜厚、膜質が実現しやすいことと、金属マスクの構造や、蒸着工程がシンプルなため、将来の量産時の低コスト化が実現しやすいためである。画素写真で示したように、金属マスクのスライドによる順次蒸着により、きれいにRGBの3色の発光層を幅90 μm /スペース30 μm 間隔で塗り分けることができた。

④の陰極形成も金属マスク法でパターンングを行った。

(4) 画素の電気特性

RBG各色の電気特性を図3に示す。

図3 RBG各画素の輝度-電圧特性

図3はパネル内画素と同構造素子の印加電圧と輝度特性の関係を示したもので、各色共に20V未満の印加電圧で数万 cd/m^2 という高輝度が得られることがわかる。したがって、単純マトリクス駆動QVGA(320カラム $\times$ 240ロウ)クラスでも白色面輝度150 cd/m^2 以上が実現できる計算になる(白色150 cd/m^2 を得るのに必要な輝度比をR:G:B=30:45:25、開口率70%、上下2分割スキャン(デューティ:1/120)として計算すると、R、G、B各色必要な輝度は、順に23000 cd/m^2 、35000 cd/m^2 、19000 cd/m^2 となる)。なお、発光原理の項で述べたように、有機ELは、キャリア注入形の発光であるので、注入電流と輝度の関係がリ

図4 RGB各素子の輝度半減寿命

ニアなことから、パネルにおける輝度階調は電流値により制御している。

評価用素子の輝度半減寿命は、図4に示したように各色共に20000 h近い耐久性を有している。これは、白色画面輝度150 cd/m²のカラーディスプレイに換算すると約7000 hとなる(白色150 cd/m²の内訳を、R画素: 200 cd/m², G画素: 300 cd/m², B画素: 150 cd/m²とし(開口率70%を考慮)、寿命は初期輝度(電流密度)のおよそ1.5乗程度に反比例するので、これを基に換算する)。ただし、これは白色画面で最高輝度を表示した場合の輝度である。実使用においては、常時全面点灯が要求される液晶バックライト(冷陰極管や無機ELなど)とは異なり、非選択画素は当然点灯してないので、7000 hを上回る寿命が見込まれる。このように寿命の点でも、ディスプレイとしての実用段階に近づいているといえる。なお、評価用素子と実際のドットマトリックスディスプレイの輝度半減寿命は、初期輝度値が同じであればほぼ同じであることを、256×64ドット単色ディスプレイで確認している。

3.3 モジュール

(1) 駆動回路

今回開発した有機ELパネルは、先に述べたように単純マトリクス駆動方式である。また輝度を向上させるために、上下2分割のダブルスキャン方式にて画像を表示する。フレーム周波数は60 Hz、デューティは1/120である。制御回路の動作を以下に述べる。入

力信号は、RGB信号と水平(HD)および垂直(VD)信号に分離される。このうちの水平および垂直信号から各種のタイミング信号を分周して作り出す。

RGB信号は、それぞれ所望の電圧信号に変換されてアナログラッチ回路に入力される。アナログラッチ回路では、時分割で直列に入力されたRGB信号をサンプリングして電圧をコンデンサに保持する。この信号は、指定されたタイミングでパネルのカラム本数分(RBG合計で320×3=960本)、並行に一度に出力される。出力された960本分の信号は、それぞれ電圧から電流値に変換され、定電流回路によりカラムを定電流駆動する⁴⁾。

ロウ側の回路は、単純マトリクス構成のために120本のうち1本のみ接地電位に固定されて、他の119本は画素にカラム側から電流が流れないように逆バイアスされる。この接地電位に固定されたロウラインに接続されている画素のみが発光する。

以上説明したカラム駆動回路とロウ駆動回路が2セット同期して1枚のパネルを上下2分割で駆動することで、ダブルスキャン方式になる。

(2) 表示性能

開発したカラー有機ELディスプレイの仕様を表1に示す。表1におけるパネル重量は、有機ELパネル部のみで、駆動回路は含まない値である。

画面輝度は、金属陰極に起因する外光反射防止フィルタを付した状態の白色ベースの値である。表示例を図5(2頁図絵)に示す。発光層有機材料の改善により、3原色の色純度はLCDに

表1 有機ELパネルの主な仕様

項目	仕様
画面輝度	100 cd/m ² (反射防止フィルタ付き)
表示サイズ	水平115.2×垂直88.2 mm ²
画素数	水平320×垂直240
ドットピッチ	0.12×0.36 mm
画素ピッチ	0.36×0.36 mm
駆動方式	単純マトリクス方式 (ダブルスキャン)
デューティ	1/120
階調制御	アナログ階調
パネル重量	～98 g
パネル厚さ	2 mm

比べ遜色のないものとなり、カラーディスプレイとして充分使用可能なレベルとなっていることがわかる。

4. むすび

NECにおけるカラー有機ELディスプレイの開発状況を、5.7形QVGAパネルの事例を中心に紹介した。紹介内容から、有機ELの実力が実用化のレベルに近づいている点と、軽・薄でかつ高性能なディスプレイである点がご理解いただけたと思う。

今後は、ユーザと共同し有機ELの特徴を存分に引き出す工夫を行うとともに、より一層の表示品質の向上を目指し、ネットワーク時代の基幹デバイスとして、価値の高いソリューションを提供すべく開発を進めていきたい。

(2000年4月25日受付)

〔文 献〕

- 1) 鈴木ほか; “カラー有機ELディスプレイの開発” 1999年作学総合大, エレクトロニクス2, pp. 217-218 (1999)
- 2) Y. Iketsu, et al.; “Multicolor Organic Electroluminescent QVGA Display Devices with Patterned Lateral Three-color Emitters”, SPIE's Annual Meeting, No. 3476-36 (1998)
- 3) 鈴木ほか; “有機ELディスプレイの基本構造とフルカラー化への課題”, 月刊FPD intelligence (1999.9)
- 4) 大槻; “有機ELディスプレイの駆動法”, 応物有機・バイオ分科会第6回講習会テキスト, pp. 139-146 (1997)

もり けんじ
森 研二

1997年、静岡大学大学院工学研究科材料精密化学専攻修士課程修了。同年、日本電気(株)入社。以来、電子コンポーネント開発本部にて有機ELディスプレイのデバイス開発に従事。正会員。

さかぐち よしかず
坂口 嘉一

1989年、青山学院大学理工学研究科化学専攻修士課程修了。同年、日本電気(株)入社。電子写真プリンタのプロセス開発に従事したのち、1997年から、電子コンポーネント開発本部にて有機ELディスプレイのデバイス開発に従事。

すずき じょうじ
鈴木 譲治

1977年、名古屋大学工学部応用化学科卒業。同年、日本電気(株)入社。誘電体セラミックスの開発、応用デバイスの製品化に従事したのち、1997年から、電子コンポーネント開発本部にて有機ELディスプレイの開発に従事。