有機 EL フィルムディスプレイの開発

Organic Light Emitting Diodes on Plastic Film Substrate

吉澤 達矢

1. はじめに

有機 EL は、視角依存性の少ない自発光型のディスプレイであり、高輝度・高コントラスト・高速応答・低消費電力・使用温度範囲が広い(-40 ~ +80)など数多くの特徴を有している。パイオニアから 1997 年に世界初の緑色ドットマトリクスディスプレイが市場に導入され、1999 年カーオーディオ用 4 色エリアカラーディスプレイに採用、2000 年には北米で携帯電話用、2002 年には、国内携帯電話のサブディスプレイとして搭載された。また三洋電機と米 Eastman Kodak 社は、2003 年春、アクティブ型有機 EL ディスプレイをデジタルカメラ向けに出荷を開始し、いよいよ本格的な実用期に突入した。我々是有機 EL デバイスの特徴を最大限に生かした、紙のように薄くて軽く曲げることも可能でありながら、動画や静止画像を高品位に表示できる有機 EL フィルムディスプレイの検討を行った。

2. 有機 EL フィルムディスプレイの構造

我々は、図 1 に示すように現行の有機 EL ディスプレイで使われているガラス基板の代わりに樹脂基板を採用した。さらに有機 EL 素子は水分の影響を受け易いため、水分の浸入を防ぐ防湿バリア膜を樹脂基板上に成膜した。封止方法については、缶封止から保護膜封止に変更した。従来の封止構造では、封止缶の厚みが 1~2mm と厚いためにディスプレイの厚さが増してしまい、有機 EL の特徴を生かしきれていなかった。これを保護膜封止に変更することで、ほぼ基板 1 枚の厚みに相当する有機 EL 素子を作製することができた。

3. 有機 EL フィルムディスプレイにおける防湿技術

3.1 防湿バリア膜

有機 EL 素子は、水分や酸素に対して非常に敏感であるため、防湿バリア膜には樹脂を透過する水分や酸素の影響

図1 従来のガラス基板を用いた有機 EL 素子と樹脂基板を用いた有機 EL 素子構造の比較

を排除できるハイバリア性能が求められる。さらに樹脂基板に対する密着性、樹脂基板側から光を取り出すボトムエミッション構造の場合には、高い光学的透過率が要求される。

我々は、ボトムエミッション構造の素子について、図 2 に示すような RF マグネトロンスパッタ装置を用いて樹脂基板上に成膜可能な窒化酸化シリコン膜の検討を行った。スパッタリングを用いる利点は、膜が緻密であり基板上への密着性が優れていることなどがあげられる。ターゲットには Si_3N_4 を使用し、膜の組成制御は O_2 ガスの流量制御

図2 RF マグネトロンスパッタ装置の構成

TATSUYA YOSHIZAWA
パイオニア株式会社 研究開発本部
総合研究所
表示デバイス研究部 第二研究室
〒350-2288 埼玉県鶴ノ島市富士見6-1-1
Tel : 049-279-2621 Fax : 049-279-1511
E-mail : tatsuya-yoshizawa@post.pioneer.co.jp

により行った。表 1 に窒化酸化シリコンの成膜条件を示す。

表 1 窒化酸化シリコン成膜条件

Target	Si ₃ N ₄
Gas flow rate (Ar)	40sccm
Gas flow rate (O ₂)	0.5 ~ 4.0sccm
RF power	500W
Substrate temperature	100
Film thickness	200nm

一般的に食品包装や LCD 基板の用途においても、樹脂上に防湿バリア膜(酸化シリコンやアルミナ等)を成膜することが必要とされている。水蒸気バリア性に関し一般的な樹脂の透湿度は、およそ 1~10g/m²・day、防湿バリア膜を付加した LCD 用樹脂基板では 0.1g/m²・day 以下の性能を有している。しかし有機 EL 用途に求められる透湿度は、さらに低くモコン法の測定限界とされる 0.001g/m²・day 以下のハイバリア性能が必要である。

有機 EL に用いる防湿バリア膜の候補として、SiN 膜や SiO₂ 膜があげられるが、封止膜として用いる SiN 膜はバリア性が高い反面、茶褐色で光学透過性が低いという欠点がある。一方 SiO₂ 膜はその反対で、光学透過性が高い反面、バリア性が不十分である。

そこで我々は、樹脂基板上に酸素/窒素比率の異なる SiON 膜を成膜し、実際に有機 EL 素子を作製、発光状態を観察しバリア性能を評価した。高温高湿条件下で 500 時間保存試験を行った結果、図 3 に示すように、陽極端部からの非発光の度合いが異なることがわかる。O/(O+N)を 40~80% にした SiON 膜を用いることで、防湿バリア性と光学透過性を両立させることができた。(図 4)¹⁾

次にバリア膜のピンホール低減手法について検討した。図 5 に示すように、ピンホール欠陥のサイズはサブミクロ

図 4 窒化酸化シリコン膜における窒素酸素比に対する光学透過率および防湿性の関係

ンオーダーであり、基板上にこのようなマイクロラフネス(微小な突起や凹み)があるだけでダークスポットと呼ばれる黒点非発光部になる。バリア膜にピンホールが存在すると、そこから水分等が進入し素子が劣化してしまう。これは素子を保存したときのダークスポットが拡大する現象でわかる。

そこでこの問題を解決するために、樹脂基板のマイクロラフネス上に、およそ 5μm の厚さで UV 硬化樹脂(平滑化層)を塗布し、その上に防湿バリア層を成膜、有機 EL 素子を作製した。平滑化層の有無でそれぞれ高温高湿条件下、500 時間保存後のダークスポットについて評価したところ図 6 に示すような改善がみられ、発光後のダークスポットを大幅に減少することができた²⁾。

3.2 封止膜保護膜

封止用保護膜にも、透過する水分や酸素の有機 EL 素子への影響がないことが求められる。また有機 EL 素子は耐熱温度が低い、低温成膜が可能で、応力が小さく段差被覆性がよいことなども要求される。その他トップエミッ

図 3 窒化酸化シリコン膜の窒素酸素比とそのバリア膜を有する有機 EL 素子の保存性

図5 バリア膜上に存在するピンホール欠陥のAFM像

図6 平滑化層の有無による60 95% RH500時間保存後の発光状態の比較

ション構造の場合には光学的透過率も要求される。

我々は、一般的なボトムエミッション構造で、有機EL素子上に図7に示すような平行平板型のプラズマCVD装置を用いて窒化シリコン封止膜の検討を行った。プラズマCVDを用いる利点は、応力が制御可能であり段差被覆性が優れていることなどがあげられる。また膜の組成制御はガスの流量制御により容易である。表2に窒化シリコン膜の成膜条件を示す。反応ガスには SiH_4 と N_2 を用いた。

プラズマCVDでは、有機膜へのプラズマダメージが懸念される。しかしながら図8に示すように、我々の検討に

図7 PE-CVD装置構成

表2 窒化シリコン成膜条件

Gas flow rate (SiH_4)	10 ~ 40 sccm
Gas flow rate (N_2)	200 sccm
RF power density	0.05 W/m^2
RF frequency	13.56 MHz
Deposition temperature	100
Deposition pressure	0.9 Torr
Film thickness	$3 \mu\text{m}$

おいては、プラズマによる有機EL特性に与える影響はほとんどないものと思われる。これは封止膜成膜時のRFパワー密度が非常に低いこと、また有機EL素子の表層が陰極金属で覆われているためと考えられる。

さらに図9に示すように、この膜で封止された有機EL素子は、高温高湿条件下での保存試験においても、ダーク

図8 窒化シリコン封止膜成膜前後の有機EL素子の輝度・電流特性($L \sim I$)

スポットが拡大しない良好な発光状態を維持しているのがわかる³⁾。

封止膜に一つでもピンホールがあるとその部分から水分や酸素が進入し、ダークスポットが拡大してしまう。バリア膜同様にピンホールの回避は重要な技術課題である。

4. 有機ELフィルムディスプレイの素子特性

有機EL素子に、従来のガラス基板と樹脂基板を用いた場合の素子特性を比較した。素子構成は、IZO/CuPQ(25

図9 窒化シリコン膜によって封止した有機EL素子の60 95% RH保存前後の発光写真

nm)/NPB(45nm)/Alq₃(60nm)/Li₂O(1nm)/陰極AL/封止用保護膜とした。図10に示すように樹脂基板を用いた場合でも、従来のガラス基板を用いたものとほぼ同等の発光特性が得られた。

図10 輝度・電圧(L・V)の初期特性

5. 有機ELフィルムディスプレイの駆動寿命

有機EL素子に、従来のガラス基板と樹脂基板を用いた場合の駆動寿命を比較した。上記4と同じ構成の素子を、初期輝度1000cd/m²になる電流値21.25mA/cm²で定電流駆動した。図11に示すように輝度劣化半減寿命は、基板材質によらず同等の推定6000時間を指す。

6. フルカラー有機ELフィルムディスプレイの試作

以上の検討結果を基に、樹脂基板上にフルカラー有機ELフィルムディスプレイを作製した。試作したディスプレイとその仕様を図12に示す。このように、有機ELフィル

図11 室温における輝度劣化曲線

ムディスプレイは薄型で曲面表示も可能であり、デザインとしての自由度も高くディスプレイとしての応用の可能性を広げられる。図13にCEATEC2002に出展し、ウェアラブルディスプレイとしてエプロンの胸に装着した例を示す。

7. まとめ

我々は、樹脂基板上に有機ELディスプレイを作製するために必要なさまざまな要素技術開発を行った。まず樹脂基板のバリア膜に窒化酸化シリコン膜を使用した。そしてダークスポットを低減するために平滑化層を導入し、またプラズマCVDによる窒化シリコン膜を素子の保護膜として用いた。結果、これまでにない薄さ、軽さ、そして曲

color	fullcolor
driving method	passive matrix
active area	3 inch
resolution	160*RGB*120
thickness	0.2mm
weight	3g(eith IC)
luminance	70cd/m ²

図12 フルカラー有機ELフィルムディスプレイ

図13 ウェアラブルディスプレイ

面表示が可能な高品位ディスプレイを作製することができた。最近では有機トランジスタの研究も盛んである。有機トランジスタを用いたアクティブ駆動のフレキシブルディスプレイの実現もそう遠い先の話ではないだろう。

参考文献

- 1) A. Sugimoto, A. Yoshida, T. Miyadera and S. Miyaguchi,
Proc. 10th Internat. Workshop on Inorg. Org.

Electroluminescence(EL'00) 365(2000)

- 2) A. Yoshida, A. Sugimoto, T. Miyadera and S. Miyaguchi,
J. Photopolymer Sci. Tech. 14, 327(2001)
3) H. Kubota, S. Miyaguchi, S. Ishizuka, T. Wakimoto, J.
Funaki, Y. Fukuda, T. Watanabe, H. Ochi, T. Sakamoto,
T. Miyake, M. Tsuchida, I. Ohshita and T. Tohma,
J. Luminescence, 56, 87(2000)

第23回公開技術講演会

主催：日本繊維技術士センター(JTCC)技術情報委員会 後援：日本技術士会近畿支部

日時：平成16年1月23日(金) 13:30~16:30

場所：大阪産業創造館 6階研修室A・B(中央区本町1-4-5)

地下鉄中央線、堺筋線 堺筋本町駅 出口①② ⑫⑬ 本町通り東へ約300m

「挨拶と講師紹介」 13:30~13:35

テーマ：繊維産業の復活を願って - 学と学会の立場からの提言 - 13:35~15:30

日本繊維機械学会会長 平安女学院大学生活環境学部教授 前川善一郎

- 休憩 - 15:30~15:45

- 質疑応答 - 15:45~16:15

CPD 区分B-2 単位3.0(CPD 手帳を持参ください)

参加申込については、下記にお問い合わせ下さい。

JTCC 事務所 〒564-0062 吹田市垂水町3丁目7-18(P&Mビル2F) TEL:06-6339-1237 FAX:06-6339-0337

平成16年度TES受験講習会(大阪会場)のお知らせ

主催：日本繊維技術士センター(JTCC)

1. 講習内容：

(1)解説・講義 基礎知識(繊維一般、製造と品質、流通と消費)、苦情事例解析、論文の作成

(2)模擬試験 基礎知識、事例解析、論文作成の演習および添削指導

2. 開催日時：平成16年3月初~5月末の間の7日間(土曜日) 9:30~17:00

3. 講習会場：大阪産業創造館(大阪市中央区本町1丁目4番5号 地下鉄堺筋本町下車12番出口より7分)

4. 受講料：5つのコースがあります。全コースの場合 ¥50,000(消費税別)

他に、(社)日本衣料管理協会発行のテキストを各人でご用意いただきます(全コースの場合は定価 ¥14,340)

5. その他：東京、名古屋でも同様の講習会を開催します。詳細は近日中に決定されます。

詳細についてはJTCC本部または支部にお問い合わせ下さい。

平成16年度技術士第一次試験受験講習会のお知らせ

新技術士法により、平成15年度から第一次試験が必須になりました。日本繊維技術士センターでは第一次試験の受験を支援するため、以下の通り講習会を開催します。

主催：日本繊維技術士センター(JTCC)

1. 科目：基礎科目、適性科目、専門科目(繊維部門のみ)の3科目。

2. 開催日時

大阪では6月12日から7月17日までの毎土曜日、計6日間。9時30分から17時まで。東京、名古屋でも大阪と同様のプログラムで実施する予定です。詳細は近日中に決定されます。

3. 講習会場

大阪：大阪産業創造館(中央区本町1丁目4番5号、地下鉄堺筋本町駅下車12番出口)

東京、名古屋については、近日中に決定されます。

4. 受講料(消費税)

コース	科目	受講料
A	基礎科目、適性科目、専門科目	¥60,000
B	基礎科目、適性科目	¥35,000
C	専門科目	¥35,000

5. 模擬試験

希望者を対象に、本試験と同じ規模の模擬試験を行います。期日は8月7日。

受験料として別途 ¥10,000(消費税別)をいただきます。

6. 繊維部門以外の皆様のご参加も歓迎します。

基礎科目、適性科目の試験は部門に関係なく共通です。Bコースの受講をお奨めします。

詳細については下記のJTCC本部または支部にお問い合わせ下さい。

JTCC 本部：〒564-0062 吹田市垂水町3丁目7-18(P&Mビル2F) TEL:06-6339-1237 FAX:06-6339-0337

JTCC東京支部：〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町12-9(滋賀ビル506) TEL:03-5643-5112 FAX:03-5643-5112

JTCC東海支部：〒460-0008 名古屋市中区栄2-17-22 (財)中部科学技術センター TEL:052-231-3034 FAX:052-204-1469