

## I — 1 フレキシブル有機 EL ディスプレイ

日本放送協会 放送技術研究所 表示・機能素子研究部  
部長 時任 静士

講演会 : フレキシブル有機 EL ディスプレイ  
講師 : 時任 静士 氏  
開催日 : 2009 年 11 月 16 日  
参加者 : 30 名  
記 : 瀧本 清\*

### 1. 狙い

液晶ディスプレイが PC 端末用のディスプレイから CRT を駆逐し、これをほぼ独占するにいたった。家庭用のテレビにも大画面の薄型ディスプレイ (Flat Panel Display : FPD) が普及し、再び CRT を駆逐する勢いである。一方、ワンセグ放送の存在と相まって屋内のみならず屋外でのテレビ番組視聴も一般的になり、テレビの視聴環境が今後も拡大してゆくことが予測される。拡大する視聴環境に適したディスプレイとして薄くて軽く、可撓性があり、携帯性や収納性に優れる「フレキシブルディスプレイ」の実現に期待が集まっている。そのフレキシブルディスプレイの一つの応用形態はいわゆる「電子ペーパー」であり、事務機器の強力な対抗勢力になることも予想される。その意味でフレキシブルディスプレイの動向は事務機器業界にとっても注目の必要な技術である。

日本放送協会 (NHK) 放送技術研究所では長年にわたり実用に耐えうるフレキシブルディスプレイの研究を行なっている。フレキシブル基板上に形成した駆動用薄膜トランジスタ (Thin Film Transistor : TFT) を用い、有機 EL ディスプレイ (Electro-Luminescence : EL)

や液晶ディスプレイの動画表示を達成し、フレキシブルディスプレイの分野をリードする存在となっている。今回、NHK 放送技術研究所の表示・機能素子研究部部長の時任静士氏をお招きし、フレキシブル有機 EL ディスプレイの現状についてご講演いただいた。

### 2. 講演の内容

講演に先立ち、NHK 放送技術研究所とそこでの研究内容の紹介があった。(詳細省略)

フレキシブルディスプレイに関してはいくつかのメーカー、ベンチャー企業が競って開発を行なっているが、動画に関してはいまだに実現例がない。

講演ではオール有機の、すなわち有機発光素子、有機駆動素子、有機物基板からなるフレキシブルディスプレイに関する現状が紹介された。

#### 2-1. 基本構成

フレキシブルディスプレイの要素技術は大きくは 3 つ挙げられる。

一つは Front plane device で、これは実際に画像を表示するためのデバイスに関する技術である。フレ

\* 技術調査小委員会委員

キシブルディスプレイに適用可能な最有力候補は有機 EL 素子である。その中でも励起三重項状態からの発光を利用した高効率の燐光性 EL 素子が駆動電流量を抑えるためにフレキシブルディスプレイには重要である。

二つ目は TFT back plain device で、有機半導体による MOS 型 TFT の形成が鍵となる。TFT に求められる要件は 1) プラスチック基板適合性、2) 柔軟性、3) コストであり、これらをすべて満たすものとして有機 TFT が位置づけられる。

三つ目が Substrate であり、当然フレキシブルな基板ということになり、有機膜が有力であるが、1) 耐熱性、2) 低熱膨張係数 (CTE)、3) 溶剤耐性が求められる。これら要件を満たすものとして PEN (ポリエチレンナフタレート) が挙げられるが、現状では、特に有機 EL に用いる場合、ガス耐性を確保するためガスバリア層として表面に無機層を形成し無機物/有機物の積層体として用いねばならない。究極的な姿が未だ定まっていないと言える。

以下、有機 TFT を中心に紹介する。

### 2-2. 有機 TFT

有機 EL 素子は基本的に電流駆動素子であって、EL がいかに高効率になったとしても、TFT には電流のドライブ能力が要求される。かつまた無機半導体同等の低駆動電圧が求められる。このため、有機半導体層に対しては高移動度、TFT の低しきい値電圧の実現が要請される。有機半導体材料としてはペンタセンに代表される芳香族系の低分子の蒸着膜が主として用いられる。これらの材料において高移動度、TFT の低しきい値電圧を実現するには、有機半導体膜中の分子の秩序度を如何に上げるかにかかっている。秩序度は有機半導体層の下地層の表面状態に強く依存し、表面処理によって大きく変化する。検討の結果、秩序度、そして移動度および TFT のしきい値電圧は下地層の表面エネルギーに相関していることが明らかになった。すなわち酸素プラズマ/紫外線照射処理に続いて、シリコン系自己組織膜による表面処理を行なうことによって、下地層の表面エネルギーが下がる。その結果、結晶粒

のサイズが増し、TFT のしきい値電圧が下がり、オン電流が増大した。

有機半導体材料として低分子蒸着膜に代え導電性高分子の塗布膜を用いた場合も、基本的には低分子蒸着膜同様に、如何に秩序度を上げるかが重要である。ある種の高分子は側鎖の長さに依存して液晶性を示すが、こうした高分子を液晶相まで昇温し熱処理することで高分子鎖のそろった秩序度の高い状態が実現できる。この様子は X 線回折で回折線の線幅が昇温によって狭くなることで確認でき、高分子膜面の法線方向にラメラ構造が成長していると解釈できる。また、導電性高分子塗布膜の場合にも低分子蒸着膜の場合同様、移動度と TFT のしきい値が下地層の表面エネルギーに相関しており、たとえば OH 基を含まないフッ素系ポリマーによる下地層形成によって TFT のしきい値電圧の低下、オン電流の増大が実現された。

高分子を用いた場合、TFT の形成をインクジェット技術で形成することもできる。また高分子の液晶性を活かすことで、有機半導体としての導電性高分子膜の TFT 特性を向上させることができる。

### 2-3. 形成プロセス

無機 TFT に匹敵する特性の有機 TFT が比較的容易に得られるようになったものの、実際にプラスチック基板を用いたディスプレイの形成プロセスをとおした場合、TFT の特性は少なからぬ影響を受け、TFT 性能が低下してしまう。たとえば、有機 TFT 層のパターニングをドライエッチで行なう場合、有機 TFT 層上に厚い保護層 (1  $\mu\text{m}$ : ポリバラキシレン (PPX)) を形成しても有機 TFT 層はダメージを受けた。

また、現状のプロセス温度は最大 110°C で、基板の PEN フィルム (170mm $\times$ 110mm) のディスプレイ形成プロセス中に生じるずれは、熱膨張係数を $\sim$ 30ppm/K としても 5  $\mu\text{m}$  となり、この分のマージンが必要となる。

こうした問題を回避するためには従来の形成プロセスを大きく見直し、新しい形成プロセスを開発する必要がある。たとえば、すべての素子構成をガラス基板上で形成し、その後、形成された有機 EL/有機 TFT 構

成をプラスチック基板上に写し取る転写法が考えられる。この際、転写の前後で TFT のしきい値シフトの発生がないか、つまり膜が受ける応力による TFT 特性への影響がないかが課題になると考えられる。現在、転写プロセスの検討を進めている。

今後の予定として、2016 年ころまでに、B5～A4 サイズを実現させ、2025 年以降には 100 インチ級のフレキシブルディスプレイを実現させたい。

### 3. 所感

講演テーマが異分野のものであり、講演会参加者が必ずしも有機 EL、有機 TFT に関するバックグラウンドを持っていなかったと思われるが、これを考慮したわかりやすい講演をしていただいた結果、講演後も活発な質疑が交わされた。異分野とはいえ、こうした関心の高いテーマに関わる講演会を企画することに十分な意義あると感じられた。同時にフレキシブルディスプレイに関しては、当小委員会として講演会等とおし今後も継続的に調査すべきテーマであると思われる。

最後になりましたが、時任様にはお忙しい中、時間を割いていただき、非常にわかりやすい講演をしていただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

禁 無 断 転 載

2009 年度「ビジネス機器関連技術調査報告書」 “I—1” 部

発行 2010 年 4 月

社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会 (JBMIA)

技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0003 東京都港区西新橋三丁目 25 番 33 号 NP 御成門ビル

電話 03-5472-1101(代表) / FAX 03-5472-2511