

有機ELの現状と今後の展望

～FPDとしてのアクティブ型有機ELと 照明用途としての将来性～

特許審査第一部 審査調査室

池谷 香次郎

1. はじめに

有機ELは、自然界における蛍の発光のような、有機物による光を人工的に生み出す技術である。

有機ELは液晶に比べて美しく（高輝度・高コントラスト・高速応答性）、薄く（バックライトのいらぬ自発光型）、視野角の制限も無い。よって、有機ELは次世代のディスプレイとして期待が高い。

「有機ELの事業化を急ぐ」¹⁾「デジカメで撮影した写真を有機ELのモニターに映すと、非常に鮮やかな発色で再生できる。モニター表示が美しいカメラできれいな写真が撮れるとは消費者は思わないだろう。」²⁾と有機ELに期待する大手カメラメーカーもある。

一方、寿命、消費電力、製造コストといった点が、有機ELの課題とされてきている。

これまで、有機ELがディスプレイとして採用されているのは、携帯型デジタル音楽プレーヤーと携帯電話のサブディスプレイが中心であった。有機ELの弱みは何と言っても寿命であり、特に、赤色、緑色に比べて青色材料の寿命が短いという問題があった。よって、商品寿命の短い携帯電話やデジタル音楽プレーヤーが中心と成らざるを得なかったのである。しかし、ここに来て、青色材

料についても輝度半減時間で1万時間を越える長寿命の材料が開発されてきており、寿命の問題はモバイル用途についてはほぼクリアされたと言える状態となった³⁾。

また消費電力についても、発光効率の改善が進み、液晶と大差のないレベルまで近づいてきている。有機ELは自発光型であり、通常の画像（自然画や動画など）であれば平均点灯率は40%程度と言われ、その時の消費電力は液晶を下回ることになる。殆ど真っ黒な画面でも裏でバックライトが無駄に点灯している液晶と比べて、有機ELが環境に優しい点が理解できるであろう。

そして製造コストであるが、これも量産化が進めば今後さらに低減することが期待されている。現在パネル価格は液晶の約2倍であるが、2007年には1.5倍まで縮まる予測がされている⁴⁾。

以上のように、次世代の光、有機ELの夜明けは近いと考えられる。

本稿では、「平成17年度特許出願技術動向調査 有機EL素子」の調査結果を簡単に紹介させて頂くと共に、有機ELの現状の市場動向並びに今後の展望について触れることとしたい。

なお、本稿における意見の部分は筆者の個人的な見解であり、また本稿における誤り等は当然のことながら全て筆者に責任がある。

1) 日本経済新聞 2006年5月26日 朝刊 11頁

2) 日経マイクロデバイス 2006年7月号 32-33ページ

3) 日経マイクロデバイス 2006年7月号 50-53ページ ちなみに赤色、緑色については、既に10万時間を超えている。

4) 日経マイクロデバイス 2006年6月号 40ページ

2. 有機ELとは

(1) 有機ELの構造

まず有機ELの仕組み・構造について紹介させていただきます。

有機化合物を一对の電極ではさみ、直流電圧を印加すると、陽極から正孔が、陰極から電子が有機化合物内に注入される。この正孔と電子が有機分子内で結合すると有機分子が励起した状態となる。この発光性励起子はその分子に特有な光に変換される（図1参照）。

その構造は図1を参照頂きたいが、ここで特に、陽極は光を取り出すために透明でなくてはならず、素子内で発生した光を外に取り出すために高い透明性が要求される。

励起状態には蛍光発光を行うものとりん光発光を行うものの2種類があり⁵⁾、それぞれに応じた発光層（有機分子）材料の開発が進められているが、りん光の方が蛍光に比べて3倍起こりやすい（すなわち発光効率が低い）ので、りん光材料の開発が重要となってきた（図2参照）⁶⁾。

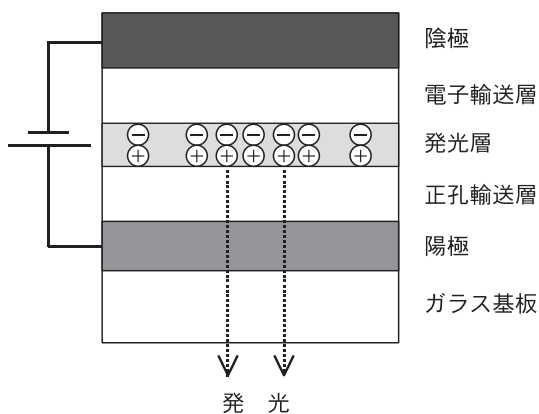


図1 有機EL素子の原理

(2) 有機ELの駆動

有機ELの駆動回路にはパッシブマトリックス方式（以下「パッシブ型」と略す場合あり）とアクティブマトリックス方式（以下「アクティブ型」と略す場合あり）がある。現在実用化されている有機ELディスプレイはパッシブマトリックス方式が主流であるが、今後の大型化・高画質化のためにはアクティブマトリックス方式が必須である。

i) パッシブマトリックス方式

短冊状にパターンニングしたコラム（列）とロウ（行）の電極を直交させ、電極の端にあるトランジスタから信号電極と走査電極にバイアス電圧を同時にかけて、その重なり合った部分（電極間に挟まれている有機層）に電界をかけ発光させる方式である（図3左参照）。

すべての画素を同時に独立して駆動することは不可能で、陰極ラインに時分割した波形を順次走査し、陽極ラインに発光させたい画素の信号を乗せて駆動が行われている。通常、静止画用又は数インチ以下の小型ディスプレイ用に使われている。

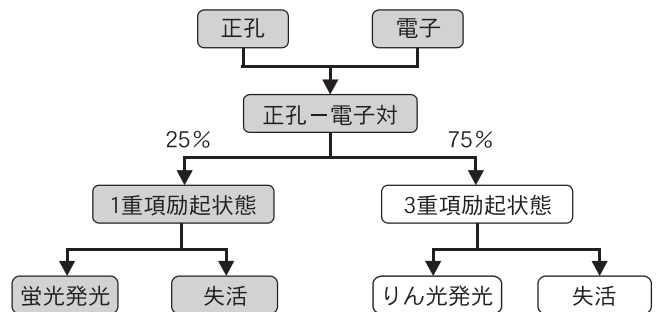


図2 有機EL素子の発光機構の概念

- 5) 発光性励起子は電子のスピンの向きにより1重項励起状態と3重項励起状態の2つに分類され、その割合は1対3である。有機分子が1重項励起状態から安定な基底状態に遷移するときに発光するのが蛍光であり、3重項励起状態から安定な基底状態に遷移するときに発光するのがりん光である。
- 6) 有機分子の内部量子効率、有機分子の発光効率が100%としても、蛍光のみであると内部量子効率は25%になる。さらにりん光も取り出すことができれば、残りの75%も活用されることになり、内部量子効率は理論的には100%になる。ちなみに、外部に取り出せる光の外部量子効率は、内部量子効率に光の取り出し効率を掛けたものであるが、光の取り出し効率は基板や電極による損失のため20%程度である。

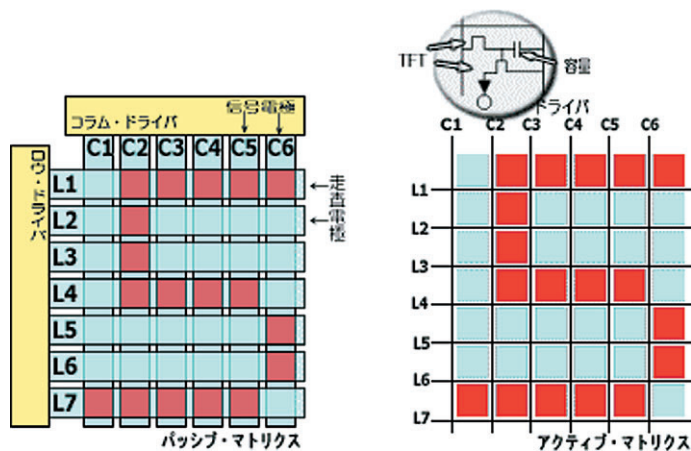


図3 素子の駆動方式 (出典 ナノエレクトロニクス.jp)

パネル構造が簡単であり、低コストで生産できるので、韓台勢の生産の伸びが著しい。

i) アクティブマトリクス方式

画素ごとに薄膜トランジスタ (TFT) を作り、必要な時間だけ発光させる (図3右参照)。画素を選択するスイッチングTFTとともに、電流を流す駆動TFTが必要である。そのためアクティブマトリクス方式は背面に複雑な回路を作らなければいけないが、レスポンス時間が短く、また解像度も高い。画面が大きくなるときはパッシブマトリクス方式よりも駆動電圧が低く、エネルギー消費も小さい。

中・大型ディスプレイや動画の高画質表示のためには、アクティブマトリクス方式が必要である。しかし複雑であり製造が困難であるので、これまで量産化が進んでこなかった。

3. 特許出願・論文発表動向

今回の特許出願技術動向調査では、有機EL素子技術に関する特許出願・登録動向について、調査・分析を行った。出願先としては、日本、米国、欧州、韓国、中国、

台湾の6国・地域を調査対象とした⁷⁾。時期的範囲は、2005年3月末までに公開・公表されたものである⁸⁾。

また論文データは、SID (Society for Information Display) とDW (International Display Workshop) の予稿集に収録された論文、及び2005年10月までに論文データベース (JSTPlus) に収録されたデータを対象とした⁹⁾。

(1) 国際出願収支

図4、5において、解析した全件数を対象に、日本と各国との出願収支を示す。青が日本国出願人であるが、各国で高いシェアを占めていることがわかる。

(2) 日本国内の出願人別動向

図6のグラフは日本特許における上位出願人10社の出願動向を比較したものである。セイコーエプソンが近年急激に出願を伸ばしているのが目に付く。

(3) 論文発表動向との比較

全世界を合算すると、特許出願では日本国籍出願人の割合が66%であるのに対して、論文発表においても日本

7) 欧州には欧州特許庁出願およびイギリス、フランス、ドイツ、オランダ、イタリア、スイス、フィンランド、デンマーク、スウェーデンの各国の特許を対象とした。また、台湾特許は公開制度が始まってからの期間が短いため登録特許で解析した。

8) この理由により各グラフの最終年の件数が少なくなっているのに注意。

9) この理由により各グラフの最終年の件数が少なくなっているのに注意。

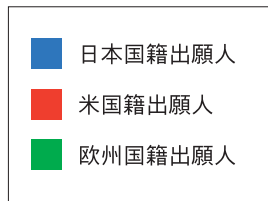
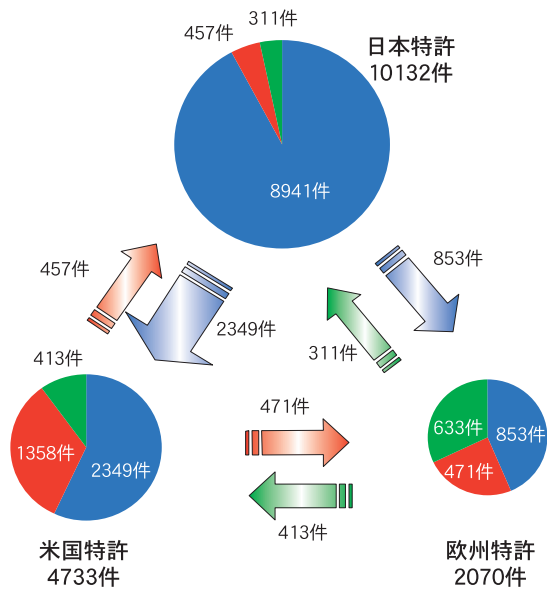


図4 日米欧特許件数収支 (出願)

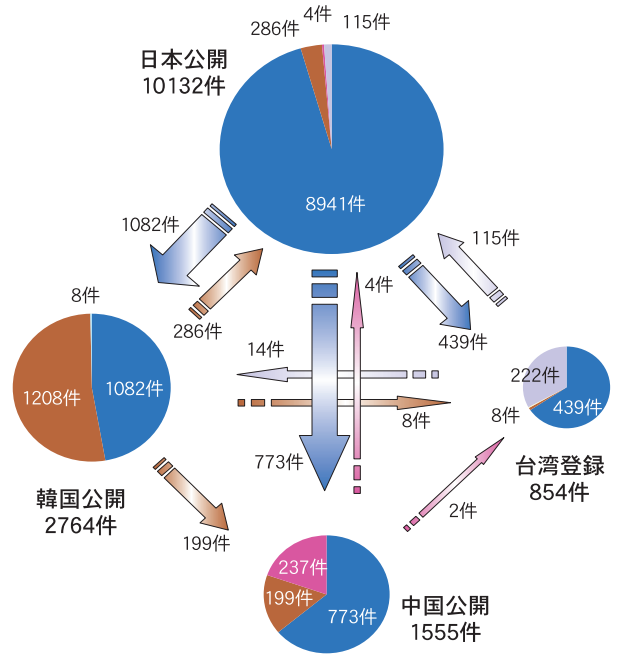


図5 日韓中台特許件数収支 (出願)

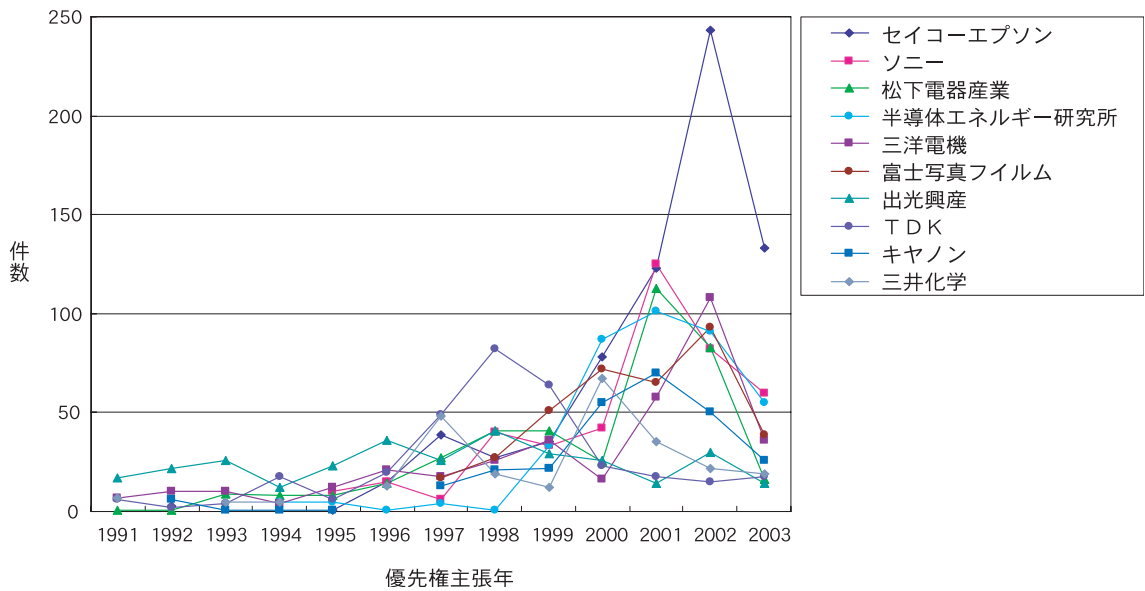


図6 日本特許出願件数上位10社の出願件数推移 (1991~2003年)

国籍研究発表者の割合が日本42%と、特許と同様に世界的にみても優勢な位置にいる（図7～10）。

(4) 重要特許の動向

有機ELにおける基本特許はEastman Kodak（日本国特許2597377号、優先日1987年2月11日、日本への出願日1988年2月12日）とされているが、技術動向調査における委員会において、特許審査における引用回数が多い等の基準で検討・選択した重要と考えられる特許の件数について比較したところ、日本国籍出願人と欧米国籍出願人に格別の差はなかった。

以上より、特許出願の面では日本が圧倒的であり、論文発表の動向においても同様の傾向が見られた。また特許の質の面でも（基本特許こそEastman Kodakであるが）欧米に遜色ないレベルと考えられた。

4. 市場動向

(1) 有機ELの市場予測

有機ELは携帯のサブディスプレイ、携帯型デジタル音楽プレイヤー（MP3プレイヤー）のディスプレイを中心に

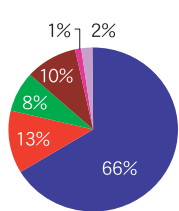


図7 【特許】 出願件数の総計における出願人国籍別の比率

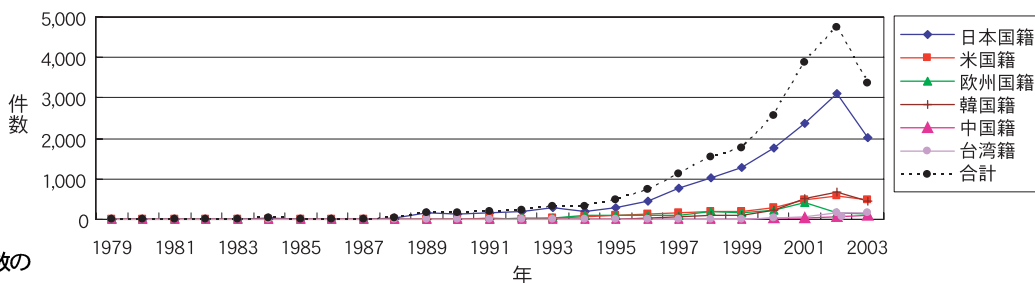


図8 【特許】 出願人国籍別の出願動向

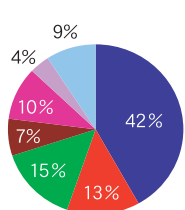


図9 【論文】 論文発表件数の総計における研究者所属機関国籍別の比率

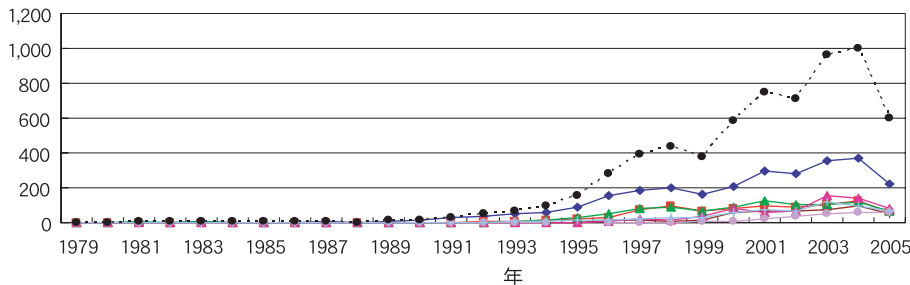


図10 【論文】 研究者所属機関国籍別の論文発表動向

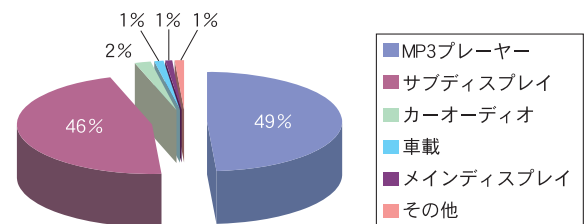


図11 有機ELパネルの用途別市場（2005年第3四半期）（数量ベース）（出典 DisplaySearch）

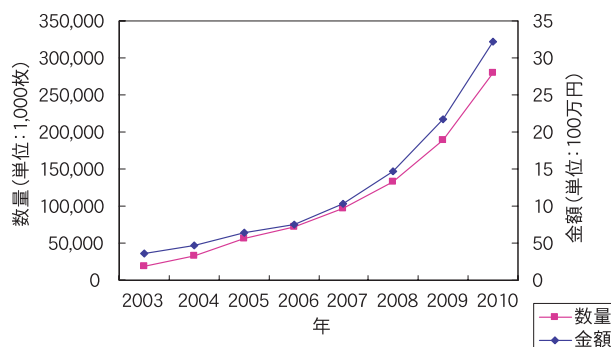


図12 有機ELパネル市場予測（出典 2005液晶関連市場の現状と将来展望（上巻）富士キメラ総研）

に市場が立ち上がったところである(図11)。ディスプレイ専門の調査会社であるDisplaySearchによると、2005年の有機ELの世界市場規模は570億円(1USD=117円で換算)であり、この2年間で金額ベースで2倍、数量ベースでは3.5倍に拡大している¹⁰⁾。そして、今後、有機ELの市場は順調に拡大すると予測されている(図12)。

現在のところ、実際に量産化されているものの殆どは静止画用のパッシブ型の有機ELである。しかし2003年頃から、SKディスプレイ(三洋電機とEastman Kodakとの合併企業)、東北パイオニア、ソニー等がアクティブ型有機ELを徐々に生産してきていた。そして、2006年になってNokiaがアクティブ型有機ELを携帯電話のメインディスプレイに採用する方針を明らかにした¹¹⁾。理由として、画質が優れていること、薄さ(液晶に比べて14mmの減少)を同社は挙げている。

一方、Samsung SDIは、この秋にも携帯電話のメインディスプレイ用のアクティブ型有機ELパネルの量産を開始するとのことであり、これがNokia向けと言われている¹²⁾。その生産規模は2007年が2000万枚/年、2008年には5000万枚/年、そしてその後は1億枚/年に引き上げるとのことである¹³⁾。

またソニーもアクティブ型の大型有機ELパネルの開発を本格化させるという¹⁴⁾。同社は今年度中にその試作ラインを作る計画を発表しており、キヤノンもデジカメに有機ELモニターを搭載するとしている¹⁵⁾。液晶のシャープも本年6月のSID 2006において、高分子型有機ELパネルの試作品の展示を行い、最高水準の精細度が来場者の耳目を最も集めている¹⁶⁾。

また、有機EL材料についても、出光興産が有機EL発光材料の専用工場を建設し、2007年からの操業を発表した¹⁷⁾。生産量は年間3トンとのことだが、これは携帯電話のディスプレイで3億台分にあたるという。

このような動きを見る限り、アクティブ型の有機EL市場は、先の予測通り今後急速に拡大すると考えられるところである。

しかし、その一方で、昨年末から、東北パイオニア、SKディスプレイが相次いでアクティブ型の有機ELから撤退を発表した。アクティブ型の量産は技術的に難しく、歩留まりの低さ等から、両社とも事業の赤字から脱却できなかったという。そして依然としてアクティブ型の市場が立ち上がらない現実から、これ以上赤字を続けることはできないとして、東北パイオニアは今後はパッシブ型に注力、そしてSKディスプレイに至っては解散してしまった¹⁸⁾(その後Eastman KodakはLG、Philips LCD¹⁹⁾と提携を発表²⁰⁾。両社とも親会社による都合が一因とも考えられるが、これからアクティブ型有機ELの市場が立ち上がろうとするときに、極めて残念なことである。

前述したように、Samsung SDIが2007年からアクティブ型有機ELパネルの量産を開始するが、同社のパッシブ型有機ELの生産については歩留まりも高く事業も順調とのことだが、一方アクティブ型の量産は同社にとって初めてである。歩留まりが悪ければ大きな損失を被るリスクもある。しかし、将来を見越して有機ELに賭けたという点でその決断は高く評価できよう。

それに対して、リスク(赤字)を恐れて踏み出すことをしない日本企業の動きはどう評価すべきなのだろうか²¹⁾。

10) 週刊東洋経済 2006年4月15日号 98-101ページ

11) 日経マイクロデバイス 2006年5月号 20-21ページ

12) 韓国Electronic Times紙の報道によると、当初の計画量産開始時期は2007年1月とのことだったが、Samsung SDIのCEOの強い支持により、これを3ヶ月程度前倒しにするとのことである。

13) 日経マイクロデバイス 2006年6月号 39-40ページ

14) 日本経済新聞 2006年5月3日 朝刊 9ページ

15) 前註2を参照

16) 日経マイクロデバイス 2006年8月号 106ページ

17) 日経産業新聞 2006年2月8日 3ページ

18) 前註10を参照

19) LG電子(韓)とPhilips(蘭)との合併企業

20) 日経産業新聞 2006年2月16日 4ページ

21) ある日本のメーカーには世界を代表する海外携帯電話メーカーからアクティブ型パネルの量産化の打診があったとのことである。(週刊東洋経済 2006年4月15日号 98 - 101ページ)

現実的には、コストを考えれば、Samsung SDIの量産化への取組を注視しつつ、アクティブの有機ELの市場が開いたときに参入するといった後追い形の方が効率的なのかもしれない。しかし、液晶やプラズマの市場を見ても、利益を出せるのは世界でトップクラスのシェアを取った一握りの企業のみというのが現実である。パッシブ型でも韓台勢に抜かれ、そしてアクティブ型でも追いつける立場となる日本企業にとって、今後の有機EL市場は、液晶やプラズマ以上に厳しい市場となることを危惧せざるを得ない。

問題はいつアクティブ型の有機ELがブレイクするかである。Samsung SDIは順調に生産ラインを立ち上げられるのだろうか。そもそもNokiaの有機ELディスプレイを搭載した携帯電話は消費者に受け入れられるのだろうか。楽観的～悲観的な見方まで人によって様々であろうが、Samsung SDI、ソニー、出光興産といった企業の行動を見るに、その時は遅かれ早かれ必ずやって来ることが確信される。そのとき有機ELパネルを生産しているのは、どこのメーカーであろうか。

(2) FPD市場全体の動向

有機ELだけでなく、FPD (Flat Panel Display) 市場全体で有機ELの位置を見てみると、液晶、プラズマと比較

して有機ELが大きく出遅れており、将来的にも厳しい予測がされているのがわかる(図13、14)。つまり、有機ELの市場は順調に拡大するとしても、それと同じペース又はそれ以上のペースで液晶等の市場も拡大することである。

実際、液晶も有機EL同様、技術革新が近年急速に進んでおり、例えば視野角の問題や応答性の問題もかなり改善されてきている。アクティブ型有機ELの市場への参入が遅れるほど、画質の面での優位性はどんどん縮小し、また(液晶のコストダウンが進み)価格面でも不利になっていくだろう。そうすると、有機ELの商品化の遅れが、さらに事業化のハードルを高めるというスパイラルに陥り、最終的に手遅れ(事業化の断念)に至ってしまうかもしれない。したがって、アクティブ型有機ELの市場への投入を急がなくてはならない。

(3) 国別・企業別生産動向

現在日本は有機ELパネルの生産地としては韓国・台湾に次ぐ3番手である(図15)。また、パイオニアは2003年は39%と世界シェアトップであったが、現在は韓台勢に抜かれている(図16)。今後アクティブ型においてもSamsung SDIが生産を順調に拡大すれば、日本及び日本

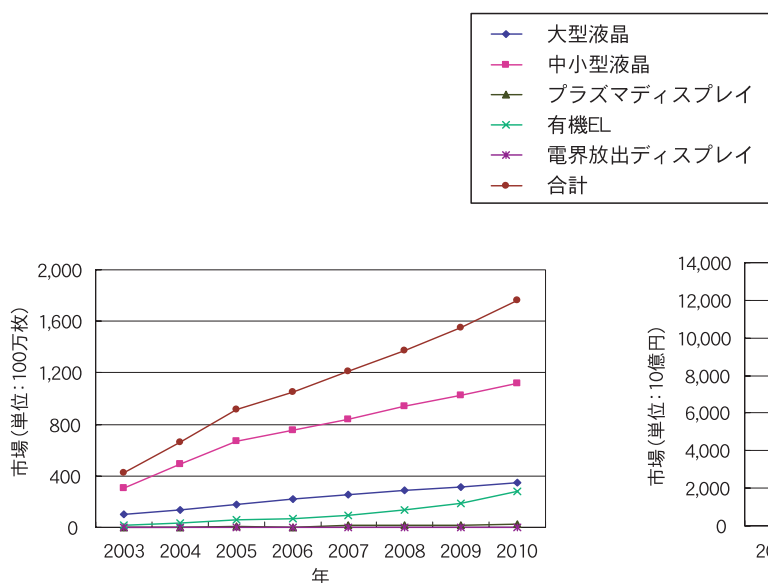


図13 FPDの市場予測 (数量ベース)

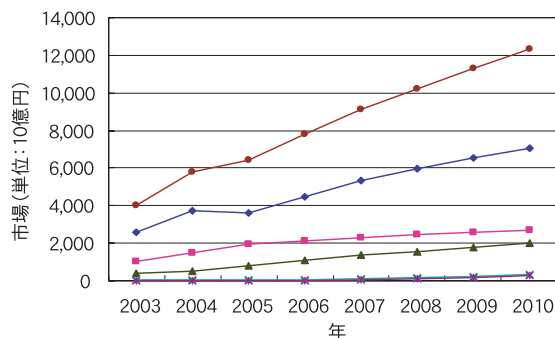


図14 FPDの市場予測 (金額ベース)

(出典 (左右のグラフ共) 有望電子部品材料調査総覧 (上巻) 2006 富士キメラ総研)

企業のシェアはさらに下がると予測される。

ここで一つ面白い話題を提供すれば、これはあくまでパネルの金額ベースでのシェアの議論であり、実際にパネルを生産するには一番重要な発光層材料等の有機材料を調達しなければならないが、有機材料は日本のシェアが約7割と圧倒的であるということである²²⁾。実際に、現在韓国・台湾で作っているパッシブ型有機ELも材料はほとんど日本から調達しているという。

ちなみに、液晶においても、光学フィルム等の上流部分では日本のシェアが圧倒的という。有機ELも液晶と同様な傾向となると、なかなか面白い現象かもしれない。

これを見ると、日本はパネル生産でなく材料で食べていけばいいじゃないか、という意見も出てこよう。だが金額的な規模で云えば、有機材料はパネルに比べると約1/10の市場規模でしかない。いくら有機材料の利益率が高いとはいえ、やはり日本経済のためにパネルメーカーにも頑張ってもらいたいところである。

5. 今後の展望

FPDにおいて有機ELのライバルは多く、殆どは既に商

品化で先行している。有機ELとしては、その特徴を最大に活かせる分野への注力が必要である。有機ELの今後の方向性として、技術動向調査の報告書では以下の3点を取り上げたので、以下に記したい。

①小型ディスプレイ

有機ELの強みはアクティブマトリクス駆動による高画質性能である。しかし、現在、コスト（価格）ではまだまだ液晶に太刀打ちできない。

大型ディスプレイとなると液晶との価格差が一層広がるので、相対的な価格差の小さい小型ディスプレイで、高画質を売りにすることをまずは目指すべきである。しかもバックライトが不要な分、薄くできる点も、小型ディスプレイにおいては大きなアドバンテージとなるだろう。

よって、小型ディスプレイ市場においてアクティブマトリクス駆動の有機ELを積極的に市場に投入すべきである²³⁾。

②フレキシブルディスプレイ

有機ELにとって、FPDにおいてはライバルが多数存在している。しかし「曲がる」という機能を発揮できるのは有機ELである。フレキシブル化こそ有機ELの最大の

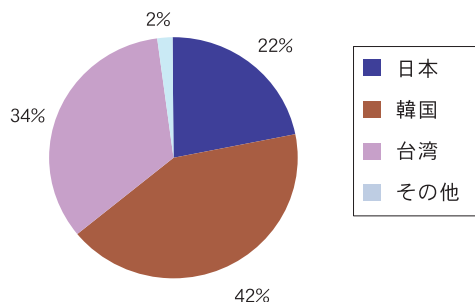


図15 有機ELパネルの地域別の生産動向（2004年）（金額ベース）

（出典 有望電子部品材料調査総覧（上巻）2006 富士キメラ総研）

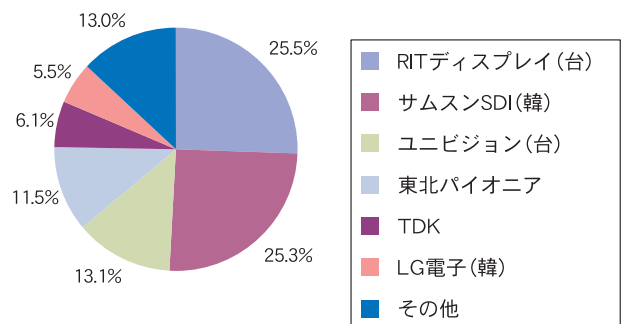


図16 有機ELパネルのメーカー別シェア（2005年）（数量ベース）

（出典 DisplaySearch）

22) 富士キメラ総研 2005液晶関連市場の現状と将来展望（上）273 - 288ページ

23) このように3月時点では報告書には書いたのだが、現状だと実際に積極的に市場に投入するのはSamsung SDIということになってしまった。

特徴である。

フレキシブル化するためには、図1のガラス基板を透明プラスチック化することが求められる。その場合、通常の加熱による加工ができないため、TFTや製造方法にも制限・困難が伴う。このような問題点を解決するための、ガラス基板でなく樹脂基板を前提とした特許出願、研究開発を促進すべきである²⁴⁾。

③照明

有機ELの非常に重要な用途として照明が挙げられよう。照明には常に一定の需要が存在するので、ここが市場性の観点で一番期待できるのではないかと個人的には考えているところである。

まず重要なのは発光効率であるが、コニカミノルタがりん光材料を用いた有機ELで、発光効率64ルーメン/W、輝度半減寿命1万時間を達成したという²⁵⁾。従来の蛍光灯が60～100ルーメン/W、寿命約1万時間ということであるから、発光効率及び寿命でほぼ蛍光灯並みとなった。

照明分野におけるライバルは白色LEDである。本稿では、これまでFPDとして液晶との比較ばかり書いてきたのだが、照明の分野では白色LEDが有機ELよりも市場化で先行しており、信号機、懐中電灯や店舗の照明などでLED照明が既に大活躍しているは周知の通りである。そして白色LEDも発光効率では、蛍光灯に負けていない。シチズン電子が発光効率70ルーメン/W、寿命は4万時間を達成している²⁶⁾。

有機ELの照明に関連して現在注目される技術として、図17に示すようなマルチフォトン構造というものがある。発光層を直列に複数層配することで、仮に、100V電圧をかけたとしても、各発光層にかかる電圧は数V程度とすることができ、家庭用の電圧でそのまま素子が発光できるようになる上、輝度も大幅に高めることができる。

そして、例えば、有機ELを現在の蛍光灯や電球のソケットにそのまま嵌るような形状とし、既存蛍光灯の代わりにそのまま取り替え・設置可能とすれば、一般照明の蛍光灯をそのまま有機EL照明に代えることができ、有機ELによる照明市場が大きく広がるであろう²⁷⁾。

また、有機ELは面発光で形状自在であり、さらに極めて薄く作れる点も、点光源（点発光）の白色LEDと比して有利と云えるのではないかと²⁸⁾。装飾・デザイン用途の照明についても、全面が発光し、かつ自由にデザイン可能な柔らかな有機EL照明が今後伸びていく期待もできる。

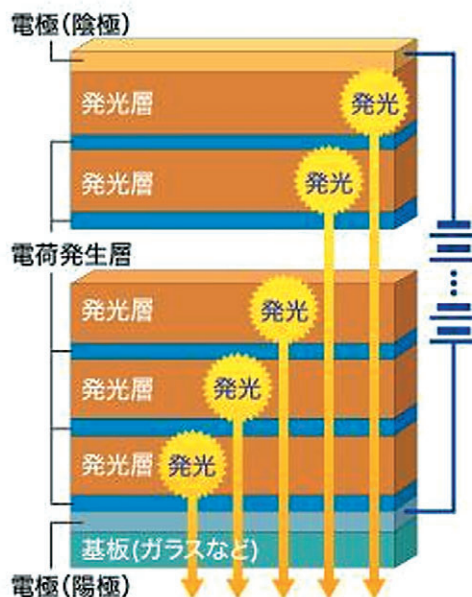


図17 マルチフォトン構造の概念図
(出典 NEDO技術開発機構)

24) ただし、将来的にフレキシブルディスプレイが市場・消費者にどの程度受け入れられるかは全く不明である。苦勞して開発しても、全然売れなかったというケースは過去にいくらかでもある。これで何ができるのか、という新しい提案こそが重要だろう。

25) 日本経済新聞 2006年6月30日 朝刊 1ページ

26) 日本経済新聞 2006年6月27日 朝刊 11ページ

27) 白色LEDに関しては、あるベンチャー企業が、20ワットの蛍光灯型白色LED照明を販売したという。寿命が5万時間と蛍光灯の5倍であるが、価格は1万円とかなり高額とのことである。(日経産業新聞 2006年6月8日 1ページ)

28) 白色LED照明は点光源の集まりであり、人によってはその「ブツブツ」が安っぽいとか、屋外広告や電車の発着案内みたいで自宅の照明にはイヤだと思ふ人もいるかもしれない。また、LED照明は個々の「点」の光が強いのに対して、有機EL照明は光が柔らかい(その代わり面全体が発光する)点も特徴と言えるだろう。

白色LEDも急速にコストダウンが進んでいる。有機ELも、一層の発光効率の向上を目指すと共に、照明用途を明確に意識した研究開発及び特許出願を今後とも進めるべきである。

6. おわりに

本稿の執筆にあたって、技術動向調査の報告書が出来上がった3月時点以降の有機ELを巡る動向について調べてみたが、改めてその動きの速さを痛感したところである。紙数の制限もあり、そのなかでできるだけ最新の情報をお伝えしたいと思い本稿を取りまとめたが、皆様が有機ELという技術・製品に興味を持って頂ければそれ以上の喜びはない。

なお「平成17年度特許出願技術動向調査 有機EL素子」の要約は、特許庁のHPから入手可能である。要約においては、注目技術毎の出願動向や重要特許の年譜なども載っているの、興味があれば参照して頂けると幸いである。

最後にこの場をお借りして、「平成17年度特許出願技術動向調査 有機EL素子」の調査実施にあたり、委員会の座長をお勤め頂いた山形大学工学部教授城戸淳二先生、委員としてご参加頂いた伊藤信行様（大日本印刷）、内田寛人様（アルバック）、仲田仁様（パイオニア）、棚村満様（三菱化学）、調査を担当して頂いた西本直明様、岡崎慶二様をはじめとする（株）ダイヤリサーチマーテックの皆様、田川泰宏班長（当時）、谷垣圭二係長（当時）をはじめとする技術調査課技術動向班の皆様、そして特許審査の観点から極めて多大なご助力を頂いた里村利光審査官、東松修太郎審査官をはじめとする特許審査第一部光学要素・EL素子の審査官の皆様に深く御礼を申し上げます次第である。

Profile

池谷 香次郎（いけや かじろう）

1995年4月 特許庁入庁（審査第二部土木）

2001年4月 商務情報政策局情報経済課

2003年4月 特許審査第一部アミューズメント

2005年7月より現職