

情報ディスプレイ研究調査委員会

報 告 書

平成10年 3 月

社団法人 照 明 学 会

この報告書は、社団法人照明学会の情報ディスプレイ研究調査委員会が、平成7年4月から平成10年3月まで、3年間研究調査した内容をまとめたものである。

平成10年3月

社団法人 照明学会  
情報ディスプレイ研究調査委員会  
委員長 梶原利郎



# 目 次

	頁
1. まえがき	
1.1 委員会構成	1.1 -1~1.1 - 2
1.2 委員会ほか開催経過	1.2 -1~1.2 - 1
2. 概 論	2 -1~2 - 5
3. ディスプレイ要素技術	
3.1 蛍光体	
3.1.1 電子線励起蛍光体	3.1.1-1~3.1.1- 5
3.1.2 紫外線励起蛍光体	3.1.2-1~3.1.2- 5
3.2 液晶用バックライト	
3.2.1 直視型液晶用バックライト	3.2.1-1~3.2.1- 5
3.2.2 投射型液晶用光源・光学系	3.2.2-1~3.2.2- 5
3.3 LED 素子	3.3 -1~3.3 - 5
3.4 有機 EL	3.4 -1~3.4 -10
3.5 画質改善	3.5 -1~3.5 - 5
4. ディスプレイ応用技術	
4.1 PDP	
4.1.1 AC 型 PDP	4.1.1-1~4.1.1- 5
4.1.2 DC 型 PDP	4.1.2-1~4.1.2- 5
4.2 AMLCD	4.2 -1~4.2 -10
4.3 高分子分散型 LCD	4.3 -1~4.3 - 5
4.4 CRT	4.4 -1~4.4 - 5
4.5 VFD および FED	4.5 -1~4.5 - 5
4.6 無機 EL	4.6 -1~4.6 - 5
4.7 大画面ディスプレイ	
4.7.1 電子線方式	4.7.1-1~4.7.1- 5
4.7.2 放電管方式	4.7.2-1~4.7.2- 5
4.7.3 LED 方式	4.7.3-1~4.7.3- 5
4.8 3D ディスプレイ	4.8 -1~4.8 - 5
5. あとがき	5-1



# 1. まえがき

先に、昭和60年度よりディスプレイ用材料・デバイス研究調査委員会、発光ディスプレイデバイス研究調査委員会、およびディスプレイデバイス研究調査委員会の順に各々期間3～4年で、話題性のあるディスプレイ材料、デバイス、システムおよび原理などについて全般的な研究動向調査が実施され、調査終了時に各々報告書（JIER-013, JIER-23, JIER-041）を提出した。その結果に基づき、ディスプレイの進展に伴い新たにバーチャルリアリティ及び3次元ディスプレイを視野に入れた「情報ディスプレイ」全般について動向を把握し、学会への寄与を検討する目的で研究調査を継続するため、平成7年度に3年の調査期間で新規に情報ディスプレイ研究調査委員会が設置された。この間、主に非公開研究会による調査を行い、関連する光関連材料・デバイス専門部会の開催する公開研究会、シンポジウムにも積極的に協力した。

本報告書は、先述の3研究調査報告書の続編に相当し、作成に当たってはここ2～3年のディスプレイデバイスに関わる技術全般の進展状況を中心とした動向調査を行いまとめた。内容は、調査関連分野全体のデバイスの動向に関する概論、要素技術、ディスプレイ方式にわたる最近の動向を詳述した各論とによって構成し、各章は各々単独で該当分野の開発状況を把握出来るように配慮した。

## 1.1 委員会構成

委員長	梶原 利郎	三菱電機（株）先端技術総合研究所	全期
幹事	中島 淳一	東芝ライテック（株）システム部	全期
	三橋 克典	シャープ（株）機能デバイス研究所	平成7年5月～平成8年8月
	向殿 充浩	シャープ（株）機能デバイス研究所	平成8年9月～平成10年3月
	若林 常生	旭硝子（株）中央研究所	全期
委員	岩田 修司	三菱電機（株）先端技術総合研究所	全期
	上村佐四郎	伊勢電子工業（株）開発部	全期
	大沢 通孝	（株）日立製作所 新ディスプレイ事業推進センター	平成7年5月～平成9年2月
	大塚 礼治	化成オプトニクス（株）技術本部	平成9年3月～平成10年3月
	岸本 俊一	三洋電機（株）研究開発本部	全期
	楠本 正	出光興産（株）中央研究所	平成8年10月～平成10年3月
	小島 健博	大日本印刷（株）中央研究所	全期
	佐々木 進	（株）日立製作所 電子デバイス事業部画像開発センタ	平成9年3月～平成10年3月
	佐藤 英雄	（株）東芝 半導体システム技術センター	全期
	外川 昭夫	富士通（株）パーソナルビジネス本部	平成8年7月～平成10年3月
	谷 千束	日本電気（株）研究開発グループ	全期
	玉谷 正昭	（株）東芝 材料デバイス研究所	全期
	中西洋一郎	静岡大学 電子工学研究所	全期
	野本 勉	沖電気工業（株）マイクロシステム研究所	平成7年5月～平成9年3月



## 1.2 委員会ほか開催経過

第 1回 平成7年9月14日 新設提案書を基に委員構成、活動方針、研究調査項目、スケジュールを決定。

「メガネなし3Dディスプレイの開発」 岸本 俊一 委員

「DC型カラーPDPの開発」 野本 勉 委員

第 2回 平成7年12月15日

「VFD・FEDの技術動向」 上村佐四郎 委員

「Asia Display '95及び第1回蛍光体国際会議報告」 中西洋一郎 委員

「液晶ディスプレイの開発動向」 向殿 光浩 幹事

第 3回 平成8年3月19日

「最近の3D技術」 山田 博昭 芝浦工業大学

「EL薄膜からの電子放出」 岡本 信治 NHK放送技研

「高輝度LEDの技術開発」 佐藤 英雄 委員

第 4回 平成8年6月18日

「大画面ディスプレイの開発」 原 善一郎 三菱電機

「有機EL素子に関する最近の動向」 柴田 賢一 三洋電機

「プラズマアドレス液晶 (PALC)」 谷野 友哉 SONY

第 5回 平成8年9月20日

「分散液晶による大画面プロジェクター」 若林 常生 委員

「液晶バックライトの技術動向」 外川 昭夫 委員

「大型映像表示装置システムの技術動向」 柴野 信雄 東芝ライテック

第 6回 平成8年12月19日

「Field Emission Display (FED)の動向」 伊藤 茂生 双葉電子工業

「AC型カラーPDP」 岡島 哲治 日本電気

第 7回 平成9年3月13日

「大型ディスプレイ用LEDランプの動向」 山崎 繁 委員

「TFT-LCDの将来像」 平 洋一 日本IBM

第 8回 平成9年6月12日

「有機EL素子の開発」 楠本 正 委員

「PDPの画質改善」 御子柴茂生 委員

第 9回 平成9年9月4日

「投射型液晶用バックライト」 東 忠利 ウシオ電機

「CRTの開発動向」 佐々木 進 委員

「21世紀のCRT」 山崎 映一 LG電子

第10回 平成9年12月25日

「最近の電子線励起蛍光体(蛍光面)の動向」 玉谷 正昭 委員

「紫外線励起蛍光体の開発動向」 大塚 礼治 委員

「40インチ級高精細PDPの研究開発」 浦壁 隆浩 三菱電機

## 2. 概 論

### 2.1 はじめに

社会的要求から情報ネットワークが急速に整備され、それに伴って情報端末機器に対する要求も多様化している。情報端末の一翼を担っている電子ディスプレイも社会的要求に対応した新しい方式の提案および研究開発が活発になされるようになった。特に、1997年はCRTの開発から100年を迎え、コストおよび性能で他の方式を圧倒してきたCRTも陰りが見え始めてきた。それに代わって提案から25周年を迎えたAMLCDは、自発光型でないという欠点があるものの、軽・薄・短・小を十分に生かして情報用表示端末として不動の地位を占めつつあることは感慨深いものがある。しかし、LCDの長所にさらに自発光、フレキシブルおよび高効率などの特性を付加した有機ELが表示デバイスとして製品レベル近づいてきたことで、そのAMLCDでさえ用途に制約を受ける可能性がでてきた。また、奥行きに問題があると言われながら成長を続けてきた投射型(CRT,TFT-LCD)大画面TVも、PDPの製品化の開始と共にその地位が危うくなりつつある。

このように多くの方式が可能になってきた背景には、視疲労、視認性などの画質の評価の観点から理想的なディスプレイを追及してきた努力もあるが、薄膜技術、半導体技術、高密度実装技術などの要素技術に急速な進歩があったことは見逃せない。しかも、これららの先端技術の殆どが日本にあり、この結果ディスプレイの大半の方式を日本が総合的に評価しながら的確に先導できる環境にあったことも注目し得る。

立体映像、バーチャルリアリティに対応した映像システムなど、さらなる理想のディスプレイをめざして新しい方式が開発され、人類がこれからますますディスプレイとの関わりを深めてゆく中で、電子ディスプレイを先導する日本が果たす役割も極めて重大なものとなってきている。

本章では、このように人類に密接なものとなってきた各種ディスプレイ(図2-1参照)の最近の話題を中心に概説し、詳細については3章以降の各論(要素技術および応用技術)で述べる。

### 2.2 CRT (Cathode Ray Tube)

カラーCRTは重量、奥行き、発熱量などを除けば、表示性能およびコストの観点から極めて完成度が高いディスプレイであるため、現在でも家庭用TVおよびデスクトップ

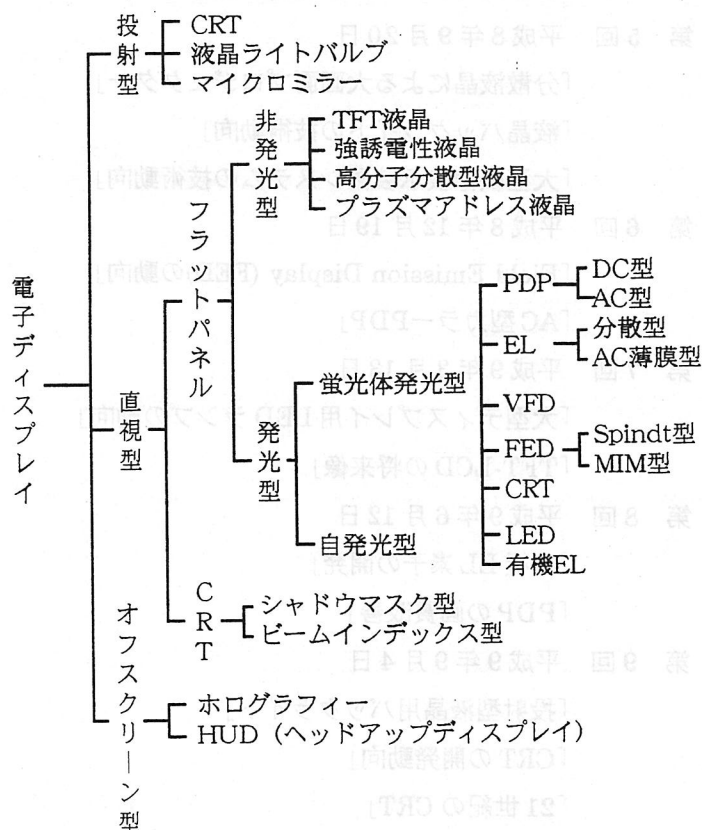


図 2-1 電子ディスプレイの分類

コンピュータのモニターを中心にかなり大きなシェアを維持している(CRT全体で240億ドルの規模)<sup>1)</sup>。現在はモニター用途を維持するための開発が盛んに行われている。例えば、表示情報を忠実に再現することを重視した画面の完全フラット化、コントラストを改善するためのカラーフィルターおよび外光反射防止膜

の開発<sup>2)</sup>，SXGA (1280×1024 画素) などの情報量の増大および高精細化に対応したマスク・電子銃の開発<sup>3)</sup>などがあげられる。現在、さらに高精細 UXGA (1600×1280 画素) の開発が進められている。

一方では、薄型化への開発も行われている。SID '97 で報告された新方式の薄型 CRT<sup>4)</sup> は、パネル下部に水平に設けられた線状熱陰極から放出された電子を垂直方向に設けられた電界が印加された複数のチャンネル (表面に MgO が蒸着され、2 次電子放出係数が 1 に調整されている) に送り、水平方向に配置した小孔に正電位を印加して電子を引き込んで画素に対応した蛍光体を発光させる原理である。このパネルは、17 インチで厚さ 1cm、重量 2Kg、輝度 500Cd/cm<sup>2</sup>、ドットピッチは水平・垂直 0.5～0.6mm の仕様であり、TV だけでなく薄型のモニタとしての可能性を十分に秘めたものであったが、コストが原因で商品化に至らなかった。

このように毎年 10%以上の成長を続けるディスプレイ産業の中で CRT は、他の方式に対抗して高精細化、高輝度化、薄型化などの技術開発を積極的に行い、HDTV およびモニタなどの市場を確保することにより存続をはかっている。

### 2.3 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD 市場は、毎年 10%以上の成長を続け LCD 全体で 60～70 億ドルの規模に達し、応用範囲も利点を生かして携帯用から数 100 インチに及ぶ投射型大画面ディスプレイに至るまで拡大している。

AMLCD (Active Matrix LCD) では最大の課題とされていた視野角の問題を、IPS (In Plane Switching) 方式<sup>5)</sup>、VA (Vertically Aligned) 方式<sup>6)</sup>などの各方式で上下・左右 140 度以上の広視野角を実現することにより CRT 市場への進出を計りつつある。VA 方式はコントラスト 300 : 1 以上、応答速度 25ms 以下の性能が報告されている。このほか用途を TV 受像機よりコスト面で有利なデスクトップ PC に変え、コストと画面サイズの両面から 21 インチ前後にターゲットを絞った背面投射型液晶ディスプレイモニタの研究開発が進められている。<sup>7)</sup> 奥行きは 22cm であり、デスクトップの課題であった奥行きは緩和されている。

大画面 TV の市場では、直視型 CRT 方式では重量、奥行き共に大きな課題をかかえており、また背面投射型では画質および奥行きが課題になっていた。そこで、コントラストに優れた LCD の特徴を生かし、アドレッシングには簡易プロセス、大面積化が容易などの利点をもった低圧放電 (放電による発光色を与えない) に基づく PDP (後述) 技術を用いて 25 インチの PALC (Plasma Addressed Liquid Crystal) が開発され<sup>8)</sup>、さらに 42～50 インチの大型 PALC 直視型ディスプレイの量産化が検討されている。<sup>9)</sup>

ネットワークの普及により最も注目されているのは、低消費電力を生かした反射型カラー LCD である。カラーフィルターや偏光板のために透過率が低すぎるという欠点を考慮して、ゲスト-ホスト液晶<sup>10)</sup>または高分子分散型液晶<sup>11)</sup>を用いることによりを用いることで偏光板を排除した方式、液晶に STN または TN を用い光の位相差を利用してカラーフィルターを排除した方式<sup>12)</sup>などがある。ゲスト-ホスト液晶方式は光の位相差を利用した方式より画質は優れているもののコントラストと表示色数がトレードオフの関係にあるため画質に制約があることおよび TFT を使用しているため価格が高いなどの課題があり、後者は前者に比べコストで有利になるが単純マトリクス駆動によるため画質が劣るがコントラストでは有利である。また、コストはさらに高くなるが、TFT3 層積層構造の各々に色素を混ぜたゲスト-ホスト液晶を用いることで偏光板もカラーフィルターも排除したディスプレイが試作された。<sup>13)</sup>

これまで述べたように LCD はあらゆる表示分野に向けた研究開発が行われているが、他の方式も芽生えつつあり、将来は LCD 本来の特徴を生かした分野のみ存続できるものと思われる。

## 2.4 PDP (Plasma Display Panel)

この数年間の最大の話題は、30年余にわたり研究開発が続けられてきたPDPが日本で製品化されたことであろう。PDPは、簡単には各画素に対応してR,G,B冷陰極型蛍光ランプが配列された構造として説明でき、金属電極が放電空間に露出したDC放電が可能な構造をDC型PDP、金属電極を誘電体およびMgO等の2次電子放出材料(保護膜)で被覆したAC放電でのみ駆動する電荷蓄積構造をAC型PDPとして大別される。

DC型PDPは、Neの放電発光色(赤橙色)を利用した放電パネルとしてノートタイプのモニタに使用された時期もあったがLCDの躍進と共に衰退し、現在はXe放電の真空紫外線により蛍光体を励起発光させるカラー化の研究が進められ、42インチのモデルが試作されている。<sup>14)</sup>

AC型PDPは、高耐圧の高速駆動素子を必要とするためコストの面でDC型より不利ではあるが電極の寿命が長いため20~50インチまで製品化されている。<sup>9)・15)</sup>製品化されたとは言えAC型PDPは、コストの観点から、①画素を仕切るバリアリブ形成プロセスの簡素化、②素子のコストを下げるために駆動電圧の低減、③量産プロセスの簡素化などを進めて行く必要がある。また画質の観点から、①蛍光体および放電方式の改良による発光効率の改善、②高輝度化を進め前面ガラスに減光フィルターを設けてコントラストを大幅に改善、③階調制御にサブフィールド法を用いたことによる擬似輪郭の発生改善など多くの課題がある。しかしながら、PDPに関心が集まってきたおかげで材料・プロセスについては根本的な見直しが行われつつある。バリアリブの形成方法は、厚膜印刷法、サンドブラスト法<sup>16)</sup>およびドライフィルム法<sup>17)</sup>などが主流であるが、さらにリブの幅を細くして高輝度・高精細・低コストを実現する方法が提案されている。<sup>18)</sup>

また、擬似輪郭についても多くの研究が行われかなり改善されてきた。<sup>19)</sup>このほか、画質を向上させる対策として表示面にカラーフィルターを設けたり、予備放電の回数削減などにより高コントラスト化をする方法も報告されているが<sup>20)</sup>、基本的には現在より輝度を高めないと十分な画質が得られないように思われる。最近、従来の駆動法に対してサブフィールドにおけるアドレス期間を短くすることにより表示期間を従来の27%から90%以上に改善するアドレス・サステイン同時駆動方式が提案され、輝度の大幅な改善の可能性が得られた。<sup>21)</sup>しかし、駆動電圧に課題があり、輝度改善には電圧の低減と発光効率の改善を同時に進めて行く必要がある。製造プロセスが改善された結果、バリアリブが薄くなり、高精細ディスプレイの開発が行われるようになってきた。<sup>22)</sup>今後は、PDPがコストおよび画質をどの程度改善できるかによって、市場における位置づけが明確になってくるものと思われる。

## 2.5 ELD (Electroluminescent Display)

無機薄膜ELDは、白色EL(SrS:Ce/ZnS:Mn)とカラーフィルターを組み合わせたカラー化が進められている。<sup>23)</sup>しかし、LCD,PDPの開発が急進する中でどこに活路を見い出すのか模索の時期にあると言える。

話題は、有機ELが世界で初めてビデオレートの動画を表示(Quarter VGA)したことであった。<sup>24)</sup>

有機EL素子は、有機色素薄膜を陽極のITOと陰極の金属電極(Mg:Agドープ)で挟んだ構造であり、発光原理は陰極から注入された電子が電子輸送層を通り発光層界面で陽極から注入されたホールと再結合し、そのとき生成する励起子に基づき青色Distyrylarylene誘導体が発光するもので、青色を赤色、緑色に変換するCCM(色変換材料)と組み合わせて用いることによりカラー化の原理も実証された。<sup>25)</sup>また、発光は0.4 $\mu$ sで応答するため、Dutyが0.002のとき500本の単純マトリクスが可能である。高精細化については、課題であった陰極の酸化を回避するためにCCMと陰極を同時にドライエッチングすることにより実現させた。

単色(QVGA)の性能は、効率6(lm/w),256階調、輝度100(cd/m<sup>2</sup>),寿命10<sup>4</sup>時間以上を達成している。

このほか、白色発光材料とカラーフィルターを組み合わせたもの、発光層に高分子材料を用いたものなどが報告され、自発光・軽量・薄型・高精細などの特徴から LCD の強力なライバルになる可能性がでてきた。

## 2.6 VFD (Vacuum Fluorescent Display), FED (Field Emission Display)

VFD は、家電製品、公衆情報、ゲーム機、車載計器類などのディスプレイとして応用されてきたが、今後はフルカラー化および構造上の課題に対して革新的な技術が必要と思われる。

LCD に対抗して始まった FED も電子源の相違により、Spindt 方式、MIM (Metal Insulator Metal) 方式、SCE (Surface Conduction Electron Emitter) 方式などがある。Spindt 型電子源を用いた方式は、非硫化物系の蛍光体を開発して陰極のダメージを軽減し、電子ビームの収束性を改善して、ドットピッチ 0.103 (mm)、80 (cd/m<sup>2</sup>) の鮮明な 5 インチフルカラー画像を実現している。<sup>26)</sup> MIM 方式は、金属に挟まれたアルミナ薄膜の内部電界によってエミッション電流が制御される簡単な構造で、電子の収束制御は不要としている。<sup>27)</sup>

FED の中で話題を集めたのは SCE である。電子源は、ガラス基板上に対抗した 2 つの電極上に超微粒子 PdO フィルムをブリッジさせフォーミングにより電子放出用の亀裂を形成した簡単な構造のパネルである。輝度 690 (cd/m<sup>2</sup>) の 10 インチカラーパネルを試作して、40 インチの消費電力が 53W になるとの予測をしている。<sup>28)</sup> しかし、フラット CRT と同じ真空容器構造であることから大型化には同様の課題が残る。

## 2.7 大画面ディスプレイ (LED: Light Emitting Diode, DMD: Digital Micromirror Device)

従来は、電子線方式、放電管方式などが主流であったが、寿命に定評があった LED が 3 原色の高輝度・高効率化を達成 (光度: 赤 20cd, 緑 6cd, 青 2cd) したため<sup>29)</sup>、精細度で有利な 100 インチ以上のカラーディスプレイとして応用範囲を広げている。LED 方式は、色純度および寿命についても従来の方式より優れている。しかし、InGaN 系青・緑色の結晶成長が難しく素子のコストに課題がある。このほか、光源、Micromirror, R-,B-reflector および投射レンズで構成される DMD もパッケージ内への汚染微粒子の侵入を低減し、階調は mirror の反射時間を digital 制御する階調方式に基づききれいな映像 (260 インチ) を実現している。<sup>30)</sup>

## 2.8 各種ディスプレイの展望

この数年間の epoch とも言えるのが PDP の製品化である。国内の CRT を始めとする製造業の空洞化不安を解消させる策ともとれるが、とにかく CRT, LCD に続く第 3 のディスプレイが誕生したわけである。今後はさらに新しいデバイスも続々と誕生する可能性もあるが、時代の要求を考えると、携帯用ディスプレイとして高精細、低消費電力、軽量、薄型を一層進めたデバイスが、また大型ディスプレイとしては立体映像、バーチャルリアリティなどの機能に対応できるように展開をはかって行くものと思われる。また、デスクトップ PC にはフラットパネルディスプレイの開発が加速し、脱 CRT が徐々に進行するものと思われる。

## 2.9 むすび

21 世紀を目前にして、情報ネットワークが一層人類にとって身近な存在になってきた。ネットワークにおいて人間とシステムとの重要なインタフェースを果たすのがディスプレイである。ディスプレイは、人類の環境を一層素晴らしいものとするための道具であり、これによって環境を悪化させてはならない。この重要な課題を優先させながら、各種ディスプレイを発展させて新しい世紀を迎えられることを期待したい。

(梶原 利郎)

## 参考文献

- 1) Thomas L. Cadelle, et al. ; Information Display 13 (7) , 1997, 10-13
- 2) K. Ebe, et al. ; SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, 1997, 142-145
- 3) N. Koganezawa, et al. ; SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, 1997, 146-149
- 4) G. G. P. van Gorkum, et al. ; SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, 1997, 235-238
- 5) K. Kondo, et al. ; J. SID, 5 (1) , 1997, 37-40
- 6) M. Oh-e, et al. ; Proc. 4th Int. Display Workshop, 1997, 171-174
- 7) K. Ohmuro, et al. ; SID Int. Symp. Dig. Tech. Papers, 1997, 845-848
- 8) Y. Koike, et al. ; Proc. 4th Int. Display Workshop, 1997, 159-162
- 9) 北郷達郎 ; NIKKEI ELECTRONICS, 12.1 ( no.704 ) , 1997, 37-41
- 10) T. Kakizaki, et al. ; J. SID, 5 (1) , 1997, 57-60
- 11) 船木洋一, ほか ; NIKKEI MICRODEVICES, 11月号, 1997, 120-123
- 12) H. Ikeno, et al. ; SID Int. Symp. Dig. Tech. Papers, 1997, 1015-1018
- 13) T. Sonehara, et al. ; SID Int. Symp. Dig. Tech. Papers, 1997, 1023-1026
- 14) H. Yamaguchi, et al. ; SID Int. Symp. Dig. Tech. Papers, 1997, 647-650
- 15) H. Mizuno, et al. ; Proc. 4th Int. Display Workshop, 1997, 285-288
- 16) C.-L. Kuo, et al. ; SID Int. Symp. Dig. Tech. Papers, 1997, 79-82
- 17) Y. Nakai, et al. ; SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, 1997, 83-86
- 18) K. Tsuchida, et al. ; Proc. 4th Int. Display Workshop, 1997, 139-142
- 19) 村上宏 ; OPTRONICS , No.6, 1997, 122-127
- 20) 内池平樹 ; OPTRONICS, No.6, 1997, 109-123
- 21) 篠田傳, ほか ; 応用物理, 65 (7), 1996, 724-727
- 22) H. Fujii, et al. ; SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, 1992, 728-731
- 23) 有本浩延, ほか ; 信学技法, EID93-123, 1994, 67-72
- 24) 山下勝己 ; NIKKEI ELECTRONICS, 12.1 (no.704), 1997, 27-28
- 25) T. Yamaguchi, et al. ; J. SID, 4 (4) , 1996, 263-270
- 26) T. Yamamoto, et al. ; SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, 1997, 217-220
- 27) K. Nunomura ; Proc. 4th Int. Display Workshop, 1997, 499-502
- 28) 御子柴茂生, ほか ; 信学技法, EID96-71, 1997, 19-24
- 29) F. Namiki, et al. ; Proc. 4th Int. Display Workshop, 1997, 515-518
- 30) R. O. Törnqvist ; SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, 1997, 855-858
- 31) C. Hosokawa, et al. ; SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, 1997, 1073-1076
- 32) M. Matsuura, et al. ; Proc. 4th Int. Display Workshop, 1997, 581-584
- 33) M. Tanaka, et al. ; SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, 1997, 47-51
- 34) M. Suzuki, et al. ; SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, 1997, 123-126
- 35) E. Yamaguchi, et al. ; SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, 1997, 52-55
- 36) 中村修二 ; 応用物理, 65 (7) , 1996, 676-686
- 37) R. G. Fielding, et al. ; J. SID, 5 (1) , 1997, 19-22

### 3 ディスプレイ要素技術

3.1 蛍光体

3.2 液晶用バックライト

3.3 LED( Light Emitting Diode )素子

3.4 有機 EL (Electroluminescent Display )

3.5 画質改善



## 3.1 蛍光体

3.1.1 電子線励起蛍光体

3.1.2 紫外線励起蛍光体



## 3.1.1 電子線励起蛍光体

### 3.1.1-1 はじめに

カラーCRTの性能向上項目は、20年前と同じく、輝度、コントラスト、色再現域、平面化である。CRT画面の性能やコストの優位性はまだ動かないが、特にコンピュータ端末に関してはLCDなどの競合デバイスの圧力が高まっているので、さらなる性能向上要求の切実さは高まっている。しかし、蛍光体自身の発光効率向上はこの20年間で小さく、今後も励起条件が変わらないとすれば大幅な改良は望めない。性能改良の余地はコントラストの向上や平板化にあると考えられるが、蛍光体やフェースガラスなどの要素部品のそれぞれというよりもこれらを組み合わせた設計が重要とされている<sup>1</sup>。

一方、低加速電圧の電子線励起平板ディスプレイの開発が進んでいる。これは従来にない使用条件で蛍光体を用いるので、これに合わせた新しい材料が必要である。とくに米国では“液晶を越えた技術”開発のために政府からの援助があり、蛍光体の開発コンソーシアムが組まれて、直ちに実用と行かないまでも、新しい技術が多く発表されている。前回の調査報告<sup>2</sup>にできるだけ重複しないように最近の技術を述べる。

### 3.1.1-2 カラーCRTと投射管用蛍光体

#### 3.1.1-2.1 生産量

図3.1.1-1に示すようにTV用カラーCRT (CPT)の国内の生産量は1985年にピークを迎えた。その後日本以外の東アジアでの生産量が急激に増加したため国内は減少した。国内では代わりにコンピュータ用のカラーディスプレイCRT (CDT)の生産量が増加し、1995年には2300万本でCPTの1400万本よりはるかに多い<sup>3</sup>。全世界でCPTは1億6000万本、CDTは1億3000万本と見積もられ、そのほとんどは韓国、東南アジア、日本、欧州、北米、

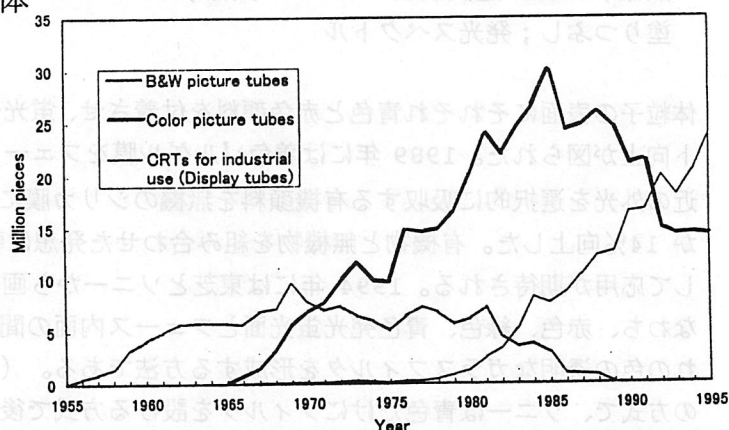


図3.1.1-1 CRTの国内生産量<sup>3</sup>

中国および台湾で生産されている。プロジェクションTVは米国でここ数年大きく出荷台数が増え1996年には90万台に達している。そのほとんどが日本のメーカーが製造したCRT (投射管)を用いた方式である。

#### 3.1.1-2.2 カラーCRT用

1970年代後半以来、三色蛍光体の改良によるカラーCRTの発光効率向上は小さく、10%以内と見積もられる。ただし、蛍光面の設計によって改良が図られている。たとえば、高解像度CRTで従来の4~7 $\mu\text{m}$ の粒子径から2~4 $\mu\text{m}$ の小粒子に変えることにより蛍光体パターンの端部の凹凸を少なくし、ブラックストライプの幅を小さく発光部の面積を大きくして20%の輝度向上が得られている<sup>4</sup>。このような塗布特性はカラーCRTにとって、とくに欠陥の少ない蛍光面が必要なCDTにとって、重要である。蛍光体粒子の表面処理や塗布方法が工夫されているが<sup>5</sup>、発表は少ない。図3.1.1-2に欠陥の例を示す<sup>6</sup>。

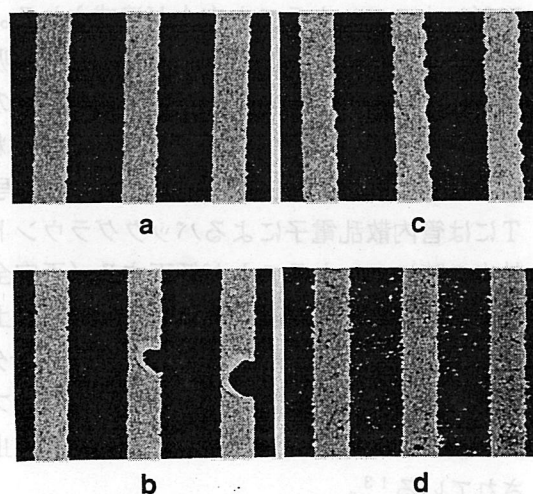


図3.1.1-2 カラーCRTの蛍光体<sup>6</sup>  
パターン a; 良品, b, c, d; 不良品

一方、外光下での画面のコントラストは、蛍光体およびフェースプレートの表面処理によって1980~1990年代に大きく性能改善された。1978年以来、青色と赤色発光蛍光

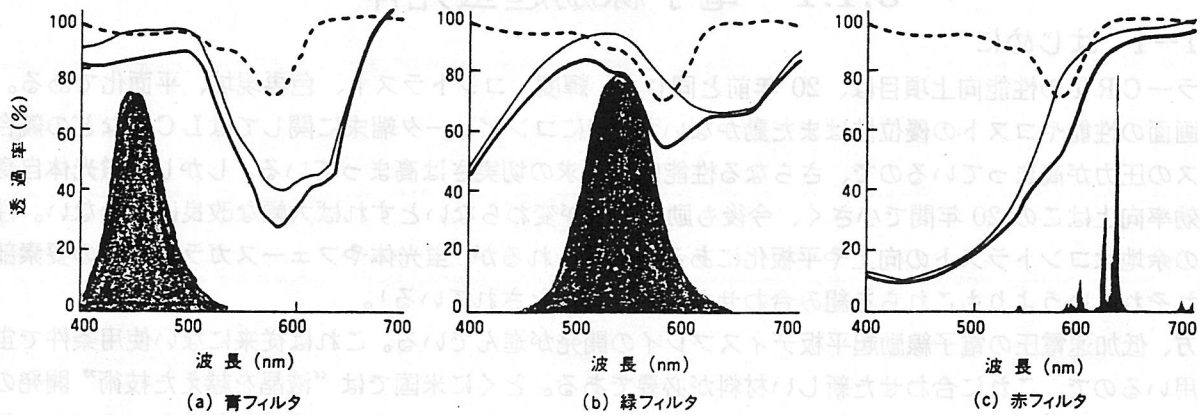
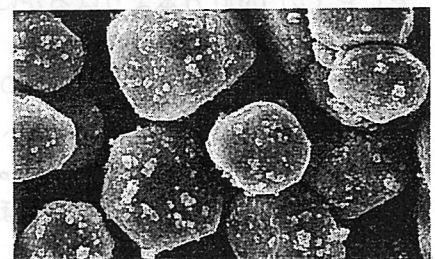


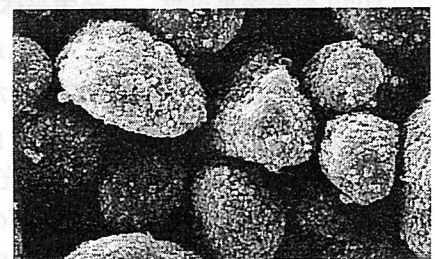
図 3.1.1-3 CRTフェース面の色フィルタの吸収スペクトルと蛍光体の発光スペクトル<sup>9</sup>

点線；570nm 選択吸収フィルタ 実線；マイクロフィルタ 太い実線；選択吸収+マイクロフィルタ塗りつぶし；発光スペクトル

体粒子の表面にそれぞれ青色と赤色顔料を付着させ、蛍光体の発光は吸収せず外光を吸収させてコントラスト向上が図られた。1989年には着色ゾルゲル膜をフェース外面に塗布する方式が実用された<sup>7</sup>。570nm 付近の外光を選択的に吸収する有機顔料を無機のシリカ膜に含ませたもので、コントラストが 35%、色純度が 14%向上した。有機物と無機物を組み合わせた発想は斬新で、CRT以外にもガラスの新しい着色法として応用が期待される。1994年には東芝とソニーから画期的なコントラスト向上法が提案された<sup>8, 9</sup>。すなわち、赤色、緑色、青色発光蛍光面とフェース内面の間にそれぞれの色の透明なガラスフィルタを形成する方法である。(東芝はこの方式で、ソニーは青色だけにフィルタを設ける方式で後に実用化した。)このアイデアは1960年代のカラーCRTの開発時に提案されたものであるが無機超微粒子顔料による透明フィルタ形成法が完成されて初めて実用になった。蛍光体に顔料が付着していないので電子線損失がなく、透明フィルタなので深い色のフィルタを作れる。したがって、効果は顔料付着蛍光体によるものより大きく、30%以上のコントラスト向上が達成される。図 3.1.1-3 に蛍光体の発光スペクトルと上記の着色フィルタの吸収スペクトルの関係を示す。このうち、蛍光体に付着させる顔料の量を増加させて同様の効果を図った例<sup>10</sup>や均質な顔料膜を蛍光体粒子に被覆する提案もなされた<sup>11</sup>。図 3.1.1-4 に前者の蛍光体の写真を示す。カラーCRTには管内散乱電子によるバックグラウンド発光があるために弱い外光の時にコントラストが低下する(不完全な黒沈み)。これを改良するために、低電流の時に発光の弱い希土類の緑色発光蛍光体を使用することも行なわれたが<sup>12</sup>、まだ不十分で何らかの対策が望まれている。また、最近のカラーCRTではフェース外面に外光反射防止膜および電磁波漏洩防止と埃の付着防止のための導電膜が形成されている<sup>13</sup>。



a. 従来蛍光体(青色)



b. スタリビタン・蛍光体(青色)

図 3.1.1-4 青色顔料付蛍光体<sup>10</sup>  
上；従来蛍光体  
下；顔料増量蛍光体

### 3.1.1-2.3 投射管用

投射管では、色純度を上げる目的で緑色蛍光体に顔料を付着させる方法<sup>14</sup>、劣化の大きい青色蛍光体 ZnS:Ag について温度消光の励起条件依存性の研究<sup>15</sup>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の膜で被覆して化学反応性を抑える試み<sup>16</sup>、

YAG:Tb に Sc を共付活して劣化低減を図ったもの<sup>17</sup>と hex-Zn S:Ag,Al の電流特性の解析があった<sup>18</sup>。また、電子線焼けが継続して調べられ、X線と電子線照射によるパネルガラスの着色と蛍光体自身の劣化の要因に分けられ、図 3.1.1-5 に示すように蛍光膜の層数に関係づけて明らかにされた<sup>19</sup>。とくに、蛍光面の内部構造と粒子形状が輝度、分解能および電子線劣化におよぼす影響が研究された。充填密度を高くするために遠心沈降法が有効であった<sup>19</sup>。一方、蛍光体粒子の形状では、光学的に異方性をもつ扁平粒子では規則的に積層するとランダムに塗布した場合に比べて輝度が半減すること<sup>20</sup>、新たに開発された真球状粒子では遠心沈降と同じ程度に充填密度の向上すること<sup>21</sup>が示された。図 3.1.1-6 に真球状蛍光体粒子と蛍光体膜を従来蛍光体と比較して示す。

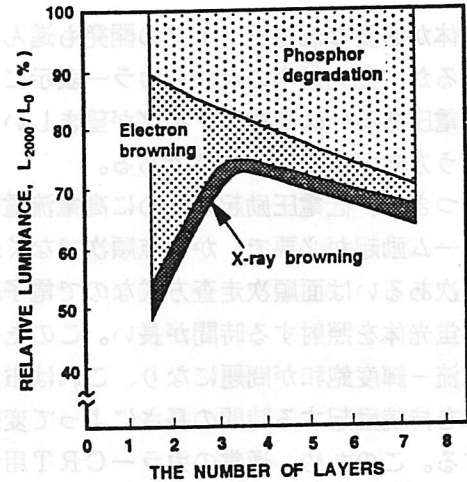
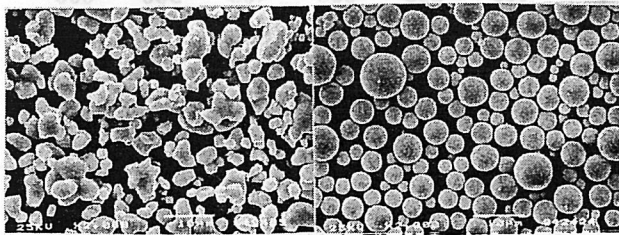
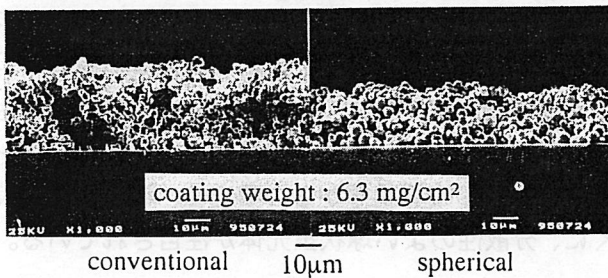


図 3.1.1-5 投射管出力の長時間電子線照射による劣化<sup>19</sup>



10µm



conventional 10µm spherical

図 3.1.1-6 蛍光体粒子とこれで作製した蛍光膜<sup>21</sup>  
左；従来品、右；真球状 (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu 蛍光体)

### 3.1.1-3 低加速電圧平板ディスプレイ用

FED あるいは二次元微小カソード配置の平板ディスプレイは加速電圧によって、1 kV 以下の低電圧、1~4 kV の中電圧、4~10kV の高電圧タイプに分類できる<sup>22</sup>。これらのデバイスでは、カソードと蛍光面が近いという構造上の制約があり、いくつかの点で励起条件がカラー CRT や投射管とは異なる。蛍光体の性質を調べ直し、かつ新しい材料を開発する動きが盛んである<sup>23</sup>。

図 3.1.1-7 で示すように<sup>24,25</sup>、発光効率、デッドボルテージの存在によって、加速電圧が 10 kV 以下になるとかなり低下する。低下の程度は材料によって異なるが、粒子径や発光中心濃度によっても異なる。導電性蛍

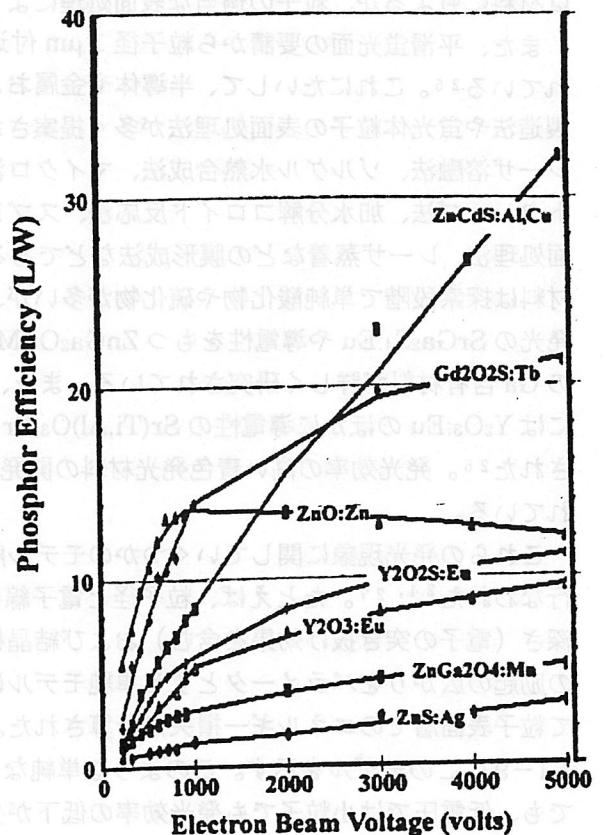


図 3.1.1-7 電子線励起蛍光体の発光効率の励起電圧依存性<sup>25</sup>

光体が必要な低電圧タイプの開発も進んでいるが、発光効率の点からカラー表示には中電圧あるいは高電圧タイプが望ましいという方向が出ているようである。

つぎに、低電圧励起のために高電流電子ビーム励起が必要で、かつ点順次でなく線順次あるいは面順次走査方式なので電子線が蛍光体を照射する時間が長い。このため、電流-輝度飽和が問題になり、これは蛍光体を持続励起する時間の長さによって変化する。このため、通常カラーCRT用蛍光体の三色蛍光体（赤;Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu、緑;ZnS:Cu、青;ZnS:Ag）の組み合わせでは十分な白色発光効率を得られない。図3.1.1-8に5kV励起のとき、いくつかの蛍光体の組み合わせで白色を出すときの入力と出力の関係を示す。

さらに、電子ビーム電流が大きいことと、蛍光体からの飛散物質がカソードを劣化させるために電子線劣化が問題になる。劣化は材料にもよるが、粒子の適当な表面処理によってもかなり抑えることができる。

また、平滑蛍光面の要請から粒子径1μm付近の従来にない小粒子で充填密度の高い球状の蛍光体が望まれている<sup>25</sup>。これにたいして、半導体や金属およびセラミクス技術の応用により、従来とは異なる蛍光体の製造法や蛍光体粒子の表面処理法が多く提案されている。たとえば、熱プラズマ溶融法、イオン打ち込み法、レーザ溶融法、ゾルゲル水熱合成法、マイクロ波加熱合成法、燃焼合成法、均質沈殿法、ゾルゲル法、オートクレーブ法、加水分解コロイド反応法、スプレー熱分解法、CO<sub>2</sub>超臨界状態からの噴出法、導電物質膜表面処理法、レーザ蒸着などの膜形成法などである<sup>23</sup>。とくに、分散性のよい球状蛍光体が注目されている。材料は探索段階で単純酸化物や硫化物が多いが、緑色発光のSrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Euや導電性をもつZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:MnなどのGa含有材料が詳しく研究されている。また、赤色にはY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Euのほかに導電性のSr(Ti,Al)O<sub>3</sub>:Prが開発された<sup>26</sup>。発光効率の高い青色発光材料の開発が望まれている。

これらの発光現象に関していくつかのモデル解析も行なわれた<sup>24, 27</sup>。たとえば、粒子径と電子線の侵入深さ（電子の突き抜け効果を含む）および結晶格子内の励起の広がりパラメータとする単純モデルによって粒子表面層でのエネルギー損失が計算された。図3.1.1-9にこのモデルを示す。このような単純なモデルでも、低電圧では小粒子でも発光効率の低下が少なく、かつ材料や付活濃度によってその低下程度が異なることが分かる。

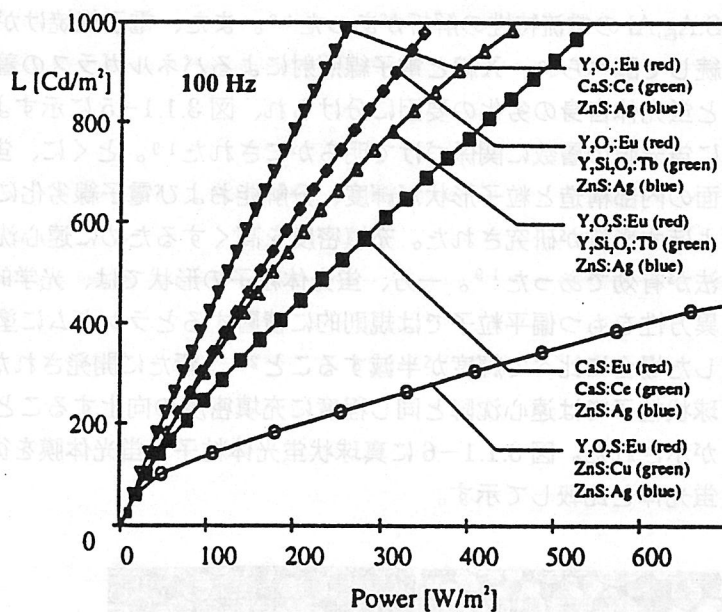


図3.1.1-8 5kV励起で得られる白色輝度<sup>24</sup>

(スクリーン中の有効蛍光体面積40%、スクリーンの光学効率45%假定)

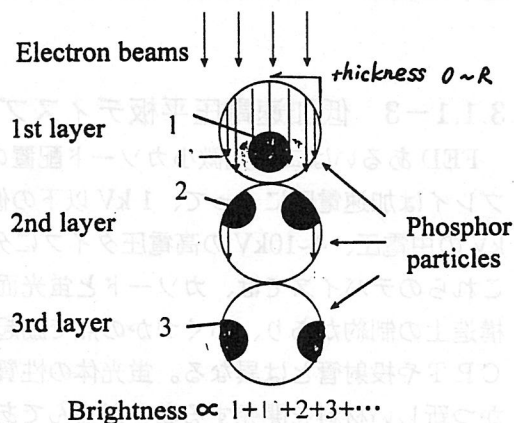


図3.1.1-9 多重蛍光体粒子層に電子線が入射するモデル<sup>27</sup>

### 3.1.1-5 おわりに

蛍光体技術は、カラーCRT、投射管あるいは低速電子線励起表示などの電子線励起デバイスばかりでなく、プラズマディスプレイやX線増感紙などほかの励起手段のデバイスにも共通するところが多い。とくに、この数年注目されている粒子の径や形状や表面処理およびフェースの表面処理が、塗布特性や膜の光学的性質や劣化および画像コントラストにおよぼす影響は、異なるデバイス間で参考になると思われる。

(玉谷正昭)

#### [参考文献]

- 1 Takenaka, S.: Proc. 4<sup>th</sup> Int. Display Workshop (IDW'97) 7, 1997
- 2 長谷 堯; ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書 3-1, 1995
- 3 通産省機械統計
- 4 Ohno, K.; Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Display Workshop (IDW'95) 73, 1997
- 5 高橋文夫 他; ディスプレイ アンド イメージング, 3, 71, 1994
- 6 玉谷正昭; ディスプレイ アンド イメージング, 3, 399, 1995
- 7 伊藤武夫 他; 東芝レビュー, 45, 831, 1990
- 8 Ohno, K., et al.; J. Electrochem. Soc. 143, 1063, 1996
- 9 伊藤武夫 他; 東芝レビュー, 50, 729, 1995
- 10 羽山秀和 他; National Tech. Rpt. 42, 381, 1996
- 11 Ronda, C. R., et al.; J. Colloid and Interface Science 173, 328, 1995
- 12 Inoue, K., et al; Electrochem. Soc. Spring Meeting Abstr. 180, 1981
- 13 伊藤武夫; 第252回蛍光体同学会予稿, 1994
- 14 上原保彦、他; 第240回蛍光体同学会予稿, 5, 1992
- 15 沖田昌海、他; 第239回蛍光体同学会予稿, 29, 1992
- 16 Ronda, C.R.; 第241回蛍光体同学会予稿, 3, 1992
- 17 Uehara, Y., et al.; Extended Abstracts Electrochem. Soc. Fall Meeting, 128, 1995
- 18 椎木正敏、他; 第255回蛍光体同学会予稿, 6, 1995
- 19 中山恒吉、他; 第253回蛍光体同学会予稿, 15, 1994
- 20 Raue, R., et al.; 第240回蛍光体同学会予稿, 3, 1992
- 21 Albessard, A. K., et al.; Proc. 15<sup>th</sup> Int. Display Res. Conf. (Asia Display) 643, 1995
- 22 Meyer, R.; Proc. 4<sup>th</sup> Int. Display Workshop (IDW'97) 23, 1997
- 23 Extended Abstracts Int. Conf. on Science and Technology of DISPLAY PHOSPHORS 1<sup>st</sup> 1995, 2<sup>nd</sup> 1996, 3<sup>rd</sup> 1997.

24	Bechtel, H.; Extended Abstracts Electrochem. Soc. Fall Meeting Abstr.1532, 1997	白
25	Petersen, R. O.; Proc. 3 <sup>rd</sup> Int. Display Workshop (IDW'96) 17, 1996	赤
26	Toki, H., et al.; Proc. 3 <sup>rd</sup> Int. Display Workshop (IDW'96) 519, 1996	青
27	Okumura, M., et al.; Proc. 4 <sup>th</sup> Int. Display Workshop (IDW'97) 629, 1997	黄

### 3. 1. 2 紫外線励起蛍光体

#### 3. 1. 2. 1 はじめに

情報化社会の発展にともないカラー液晶ディスプレイ (LCD) が普及し、カラープラズマディスプレイ (PDP) が実用化されるに至った。

LCDはマルチメディア時代のディスプレイとして、表示性能の向上と価格低下により、その市場は急激に拡大している。しかしLCDは非発光性のため、その装置を照明する光としてバックライトが必要である。バックライトには蛍光ランプが使われるが、その消費電力は全体の約75%を占め、高輝度・低電力化が主要課題であり、蛍光体に対しても高効率化が要求されている。

PDPはプラズマ放電を利用した自発光型のフラットディスプレイであり、大画面平板形ディスプレイを実現できる表示デバイスとして脚光を浴びている。PDPでは、背面板に塗布された蛍光体が真空紫外線によって励起され赤・緑・青各々の色に発光し、画像を形成する。そのため蛍光体の明るさや寿命特性がPDPの特性を左右するので、その性能向上のため蛍光体に対するの関心と期待が高まっている。

このような状況下、情報ディスプレイの分野における紫外線励起蛍光体の果たす役割は益々重要になってきている。特に近年では、環境問題やエネルギー消費に関連して蛍光ランプの水銀消費量の低減や長寿命化への取り組みが蛍光体の表面状態と関連づけて検討されたり、PDPの実用化にともない蛍光体の組成や製造法等の研究が盛んになってきている。本稿ではこれら紫外線励起蛍光体に関する最近の研究開発動向について調査したので報告する。

#### 3. 1. 2. 2 紫外線励起蛍光体の現状

現在実用化されている紫外線励起蛍光体は、254nmで励起され主に蛍光ランプに用いられる蛍光体 (表1) と、147nmあるいは172nm (真空紫外線) で励起され、主にPDPに用いられる蛍光体 (表2) に大別できる。

表3. 1. 2-1 代表的な蛍光ランプ用蛍光体

発光色	組成	ピーク波長(nm)
赤	$Y_2O_3:Eu^{3+}$	611
緑	$LaPO_4:Ce^{3+}, Tb^{3+}$	543
青	$(Sr, Ba, Ca, Mg)_{10}(PO_4)_6Cl_2:Eu^{2+}$	452
	$BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$	452
白	$Ca_{10}(PO_4)_6F \cdot Cl : Sb^{3+}, Mn^{2+}$	480, 575

表3. 1. 2-2 代表的なプラズマディスプレイ用蛍光体

発光色	組成	色度x	色度y	相対輝度(%)	1/10残光(ms)
赤	$Y_2O_3:Eu^{3+}$	0.642	0.344	100	4
	$(Y, Gd)BO_3:Eu^{3+}$	0.641	0.356	125	11
緑	$BaAl_{12}O_{19}:Mn^{2+}$	0.176	0.726	100	14
	$(1-a)(0.82BaO \cdot 6Al_2O_3) \cdot a(BaMg_{1-b}Mn_bAl_{10}O_{17})$	0.145	0.747	115	14
	$Zn_2SiO_4:Mn^{2+}$	0.233	0.702	122	14
		0.249	0.699	113	7
青	$BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$	0.145	0.077	100	<1

一般の照明用蛍光ランプにおいて、ハロ磷酸塩蛍光体 ( $Ca_{10}(PO_4)_6F \cdot Cl : Sb^{3+}, Mn^{2+}$ ) が一部の品種において用いられている。しかしハロ磷酸塩蛍光体は185nmHg線によりカラーセンターを生成し、初輝度の低下・点灯中の輝度劣化を引き起こすことから、蛍光ランプの小型化・高効率化および高演色化にともない年々三波長形蛍光体への転換が進んでいる。さらにLCD用バックライトの蛍光ランプには、高輝度・低電力化およびカラーフィルターの分光透過特性に合致させディスプレイとしての色再現範囲を広げる為に、蛍光体として高効率の三波長形が使われている。特に三波長の青色蛍光体にはアルミン酸塩蛍光体 ( $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ ) が磷酸塩蛍光体 ( $(Sr, Ba, Ca, Mg)_{10}(PO_4)_6Cl_2:Eu^{2+}$ ) に比べ輝度向上が可能なことから、近年使用されるようになってきた。

PDP用蛍光体は当初三波長形蛍光ランプ用蛍光体の流用であったが、近年Xe原子による147nm励起に適した材料も採用されるようになってきている。青色蛍光体については1種のみが実用化されているが、赤色および緑色蛍光体についてはそれぞれ2, 3種が実用レベルにある。それらの蛍光体は輝度・色度・残光など優先される特性により選択される。

### 3.1.2.3 研究開発動向

以下、近年の紫外線励起蛍光体の研究開発動向について、蛍光ランプ用蛍光体・PDP用蛍光体・その他蛍光体および蛍光体関連技術に分けて概説する。

#### (1) 蛍光ランプ用蛍光体

一般の照明用蛍光ランプにおいて細管化およびコンパクト型蛍光ランプが普及すると共に、今後無電極蛍光ランプ・希ガス蛍光ランプなどの進歩が予想される。蛍光体においては、185nmに対する発光効率と安定性、高温雰囲気中での特性維持、高温下でのガラス材料からの不純物や水銀との結合、イオン衝撃による劣化、放射波長での発光効率が重要視されている。それゆえ、蛍光体は蛍光ランプがどのような開発指向であるかを理解することなしに論じられなくなっている。

#### アルミン酸塩 (BAM) 蛍光体

BAM蛍光体は、初期にはBa/Mg/Alの比率を広い範囲で自由に変化させることが出来ると考えられ、経験的にHg線励起には $BaMg_2Al_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ 、Xe線励起には $BaMgAl_{14}O_{23}:Eu^{2+}$ が最適な組成と考えられてきた。しかしRietvelt法による結晶構造と原子配置の確認により $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ が単一相としては正しいことが示された[1]。さらにX線や紫外線劣化が化学量論組成のときに少ないこと、(Ba,Sr) $MgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ において、スピネルブロックに挟まれたBaをイオン半径の小さいSrやEuで置換すると、Euと配位酸素との距離が収縮し両者の結合が強くなり、Sr, Euの濃度の高いBAMにおいて発光強度維持率が向上することが示された(図1)[1]。

さらに単一相の(Ba,Sr) $MgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+},Mn^{2+}$ の発光スペクトルは、Sr濃度が増加すると $Eu^{2+}$ の発光ピークが長波長側にシフトし $Mn^{2+}$ の発光ピークはシフトせず(図2)、Sr置換はスピネルブロック内のMnには影響しないことを示した。また(Ba,Sr) $MgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+},Mn^{2+}$ のSr, Eu, Mn含有量を調節した蛍光体を三波長形蛍光ランプに用いることにより、発光効率を損なうことなくRa90の達成が可能となった[2]。

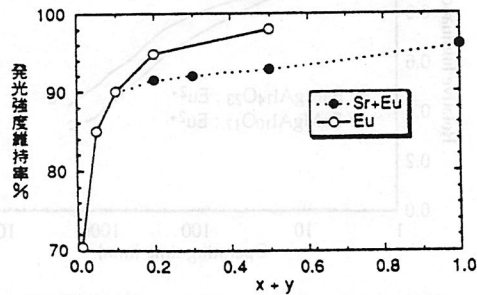


図3.1.2-1 X線6時間照射後の蛍光体

$Ba_{1-x-y}Sr_xEu_yMgAl_{10}O_{17}$ の発光強度維持率

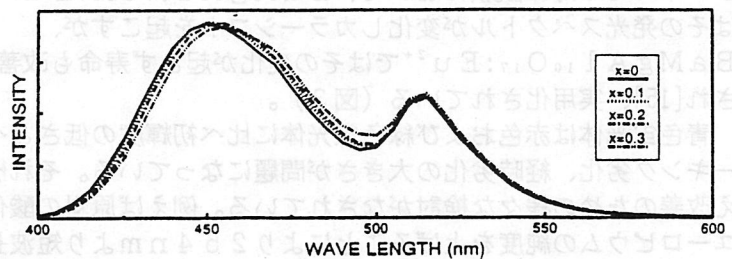


図3.1.2-2  $Ba_{0.9-x}Sr_xEu_{0.1}Mg_{0.98}Mn_{0.02}Al_{10}O_{17}$ の発光スペクトル

一方BAM蛍光体は空気中でのベーキングで輝度が低下するという問題がある。このベーキング劣化は400°Cで起こりはじめ600°C以上で急激に輝度が低下する。この輝度低下の原因は $EuMgAl_{11}O_{19}$ の形成により $Eu^{2+}$ の $Eu^{3+}$ への酸化に起因することが明確になった[3]。この輝度低下を低減するためには、優れた結晶性と $BaMgAl_{10}O_{17}$ の化学量論組成に近いことが有効であるとともに、製造時のベーキング工程は可能な限り低温で短時間であることが望まれる。

#### 赤色蛍光体

450~460nm, 580nm, 620nmにピークを持つ蛍光体の実現が望まれている[4]。三波長形蛍光ランプの演色性と発光効率の点から赤色 $Y_2O_3:Eu^{3+}$ 蛍光体の611nmより620nm付近にピークを持つ蛍光体が見直されている。その候補として $Y_2O_3:S:Eu^{3+}$ が最適であるが黒化防止対策が必要なことから、単斜晶 $Gd_2O_3:Eu^{3+}$ が提案された[5]。また単斜晶 $Y_2O_3$ 中の希土類の発光が観察され、単斜晶 $Gd_2O_3$ 中の希土類の発光と類似していることが示された[6]。

### 蛍光ランプ中の水銀消費量

蛍光ランプ中の消費水銀の約60%は蛍光体層中における消費であり[7]、その量も使用する蛍光体によって異なることが明らかになった[8]。水銀消費量はハロ磷酸塩蛍光体で多く、三波長形蛍光体で少ない。また三波長形蛍光体においても、青色蛍光体がアルミン酸塩蛍光体と磷酸塩蛍光体で異なり、磷酸塩蛍光体で水銀消費量が多いことが明らかになった[9]。水銀消費量低減には、蛍光体の粒子表面や蛍光体とガラスの間の保護膜[10]さらには蛍光体保護層[11]や蛍光体粒子間に酸化イットリウムや酸化アルミニウムを存在させること[12]などが有効であるとされた。ハロ磷酸塩蛍光体でも希土類酸化物を蛍光体粒子に付着させることによって水銀吸着ばかりでなく、カラーセンターの生成が抑制され高負荷蛍光ランプにおいても光束維持率が改善されることがわかった[13]。

### 劣化およびそのメカニズム

電極の影響の無い無電極蛍光ランプにおいて青色蛍光体の劣化検討が行われ、耐イオンボンバード性に優れたアルミン酸塩蛍光体の方が磷酸塩蛍光体より光束維持率が良いことがわかった[9]。さらに無電極蛍光ランプの光束劣化曲線の解析法が提案され、劣化は黒化物生成による初期劣化と、非発光層の生成による後期劣化に分けて考えると合理的であると推察された[14]。また高負荷ランプの光束低下要因としてハロ磷酸塩蛍光体ではHgO吸着とカラーセンターの生成が、三波長蛍光体ではHg吸着とガラスの着色が大きい。

### (2) カラープラズマディスプレイ用蛍光体

PDP用蛍光体に対しては高い量子効率が第一に要求されるが、それ以外にブラウン管に匹敵する色相・彩度を有するとともにカラーシフトがないこと、真空紫外線・イオン衝撃に強いこと、残光時間が数ms以下であること、製作工程の塗布・熱処理で輝度劣化がないこと、放電セルの動作温度で輝度の低下がないこと、充填密度高い蛍光体層を得るための最適粒径・粒度分布・分散性を有することが求められている。またガス圧を高くすると励起分子による172nmを中心とした連続スペクトルが放射されるので、今後172nm励起に適した材料の検討も重要である。

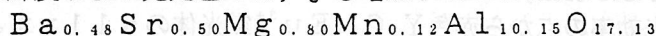
#### 青色蛍光体

単一相の $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ とXe線励起にとって最適組成と考えられてきた $BaMgAl_{14}O_{23}:Eu^{2+}$ とは寿命特性が異なることが明らかになった[15]。DC型小型PDPパネルでの寿命試験において、 $BaMgAl_{14}O_{23}:Eu^{2+}$ はその発光スペクトルが変化しカラーシフトを起こすが、 $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ ではその変化が起きず寿命も改善され[15]、実用化されている(図3)。

青色蛍光体は赤色および緑色蛍光体に比べ初輝度の低さとベーク劣化、経時劣化の大きさが問題になっている。それゆえ改善のための様々な検討がなされている。例えば原料の酸化ユーロピウムの純度を上げることにより254nmより短波長励起で発光出力を大幅に向上させたり[16]、種々の粒径・形状のBAM蛍光体を合成するために焼成条件や原料アルミナの粒径・形状が検討されている[17-19]。

#### 緑色蛍光体

PDP用蛍光体として $Zn_2SiO_4:Mn^{2+}$ と $BaAl_{12}O_{19}:Mn^{2+}$ に加え、精密な組成制御により(1-a)(0.82BaO·6Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)·a(BaMg<sub>1-b</sub>Mn<sub>b</sub>Al<sub>10</sub>O<sub>17</sub>)が開発された[20]。この蛍光体はMnで一部置換されたBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>(BAM)と0.82BaO·6Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(Ba-poor Aluminate)との固溶体のBaをSr置換する事によって実用化された[20]。BAMの固溶比率が低い領域と高い領域に高輝度の範囲があり、色純度はBAMの固溶比率が高い領域で良いことが見出された(図4,5)。さらに固溶体のBaをSr置換する事によって輝度および発光色のx, yも増加することがわかり、



において147nm励起発光効率が17%向上した[20]。

$Zn_2SiO_4:Mn^{2+}$ は実用化されている緑色蛍光体の中で最も輝度が高いが、色純度は最も悪い。残光についてはMn濃度との関係が調べられ、Mn濃度を上げると輝度は低下するが残光時間も短くなる[15,21]。

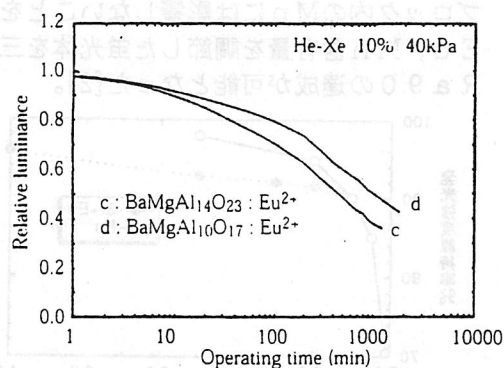


図3.1.2-3 DC小型パネル強制試験での輝度経時変化

しかしMn<sup>2+</sup>付活蛍光体では残光は現在のレベルが限界で、Tb<sup>3+</sup>やEu<sup>2+</sup>付活の蛍光体の探索が行われている[15,22,23]。

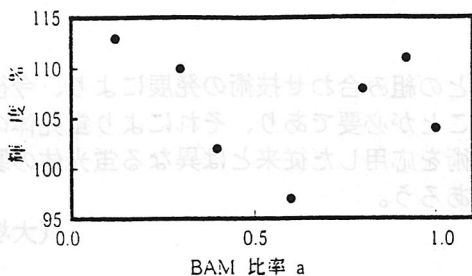


図3.1.2-4 (1-a)(0.82BaO·6Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)·a(BaMg<sub>1-b</sub>Mn<sub>b</sub>Al<sub>10</sub>O<sub>17</sub>)におけるBAM比率aと輝度の関係 (Mn濃度ab=0.12)

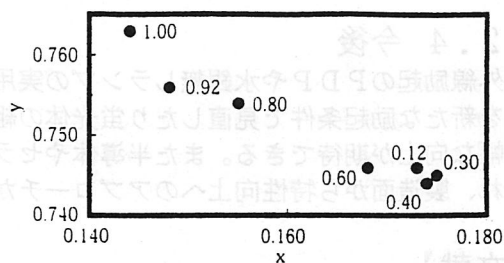


図3.1.2-5 (1-a)(0.82BaO·6Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)·a(BaMg<sub>1-b</sub>Mn<sub>b</sub>Al<sub>10</sub>O<sub>17</sub>)の色度 (Mn濃度ab=0.12 データの添字はBAM比率a)

### 赤色蛍光体

PDP用蛍光体として(Y,Gd)BO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>とY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>が実用化されているが、(Y,Gd)BO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>は輝度が高い反面色純度が悪く残光も長い。これに対しY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>は輝度が低い。そのため単斜晶Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>[6]や塗布面での輝度向上のために粒子形状を真球状にすることが検討されている[24]。赤色蛍光体の色純度の問題については、(Y,Gd)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>系[25]やY(V,P)O<sub>4</sub>:Eu<sup>3+</sup>[26]が研究されている。

### (3) その他

#### 2量子発光

飛躍的な発光効率の向上を図るアイデアとして、1つの短波長紫外光子で励起して2つの可視光の得るアイデア(図6)が発表され[27]、カスケード型蛍光体の検討がなされた。

LiGdF<sub>4</sub>:Eu<sup>3+</sup>で、Gd<sup>3+</sup>からEu<sup>3+</sup>への移動により195%の量子効率の赤色発光が観察されている[28]。

#### 蛍光体の製造法

従来とは異なる蛍光体の製造法や蛍光体の表面処理法が提案された。特にPDP用蛍光体に関しては熱プラズマ溶融法による球状蛍光体の作製[24]や、水熱合成によるCeMgAl<sub>11</sub>O<sub>19</sub>:Tb<sup>3+</sup>[29]や、加水分解コロイド反応によるYVO<sub>4</sub>:Eu<sup>3+</sup>やLaPO<sub>4</sub>:Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>の作製[26]、マイクロ波加熱合成法[30]、燃焼合成法[31]、ゾルゲル水熱合成法[32]など種々の方法[33]が試みられている。

#### 長残光蛍光体

高性能長残光蛍光体SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>系の組成と熱ルミネッセンスによる解析が報告された[34]。またSrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>系に加えて、耐光性・耐熱性・耐水性に優れた青緑色発光長残光蛍光体としてSr<sub>4</sub>Al<sub>12</sub>O<sub>19</sub>系[35]が報告されランプに実用化された[36]。

#### 発光ダイオード(LED)

##### と蛍光体の組合せ技術

近年高光度の純青色、純緑色のLEDがInGaN系の材料で開発され、その青色LEDと(Y,Gd)<sub>3</sub>(Al,Ga)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce<sup>3+</sup>蛍光体を組み合わせることによって白色LEDが開発された[37]。これはLEDからの465nmをピークとする青色光の一部が蛍光体を励起し淡黄緑色の蛍光を発することにより、白色光になるものである(図7)。

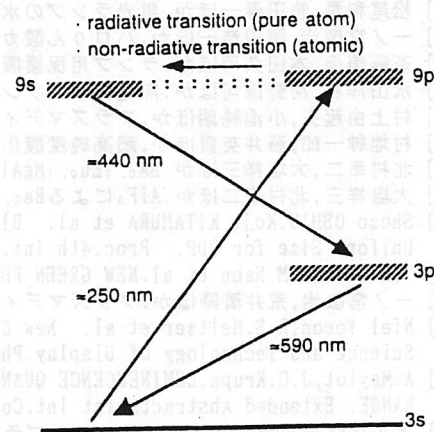


図3.1.2-6 Na原子についての単純なエネルギー準位図

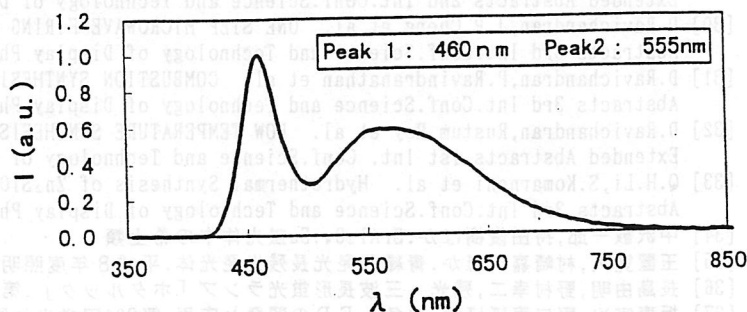


図3.1.2-7 白色LEDの発光スペクトル

さらにLEDの照明としての応用も検討されており[38]、短波長LEDの開発とその放射波長にあった励起スペクトルを持つ蛍光体の開発など、今後この分野での蛍光体の発展が期待される。

### 3.1.2.4 今後

真空紫外線励起のPDPや水銀無しランプの実用化・LEDとの組み合わせ技術の発展により、今後従来の蛍光体を新たな励起条件で見直したり蛍光体の組成を見直すことが必要であり、それにより蛍光体の特性は今後大幅な向上が期待できる。また半導体やセラミックス技術を応用した従来とは異なる蛍光体の製造法が開発され、製造面から特性向上へのアプローチがなされるであろう。

(大塚礼治)

#### 【参考文献】

- [1] 木島直人,久宗孝之ほか.(Ba,Sr)MgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>蛍光体の・・・第259回蛍光体同学会講演予稿.東京,1995-12,p.23-26.
- [2] T.Hisamune,N.Kijima et al.THE RISE OF Ra BY IMPROVEMENT OF BLUE ALKALINE EARTH ALMIMATE PHOSPHOR. The 7th Int.Symposium on the Science and Technology of Light Sources. Kyoto,1995-08,p.309-310.
- [3] 大塩祥三,松岡富造.Eu<sup>3+</sup>の形成によるBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>・・・第258回蛍光体同学会講演予稿.東京,1995-09,p.19-24.
- [4] 神谷茂.ランプ用新蛍光体への期待.第250回蛍光体同学会講演予稿.東京,1994-05,p.9-15.
- [5] 松田直寿,竹村博文ほか.3波長形蛍光ランプ用赤色蛍光体の検討.第251回蛍光体同学会講演予稿.東京,1994-07,p.19-26.
- [6] 奥村美和,玉谷正昭ほか.希土類付活単斜晶Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>蛍光体の発光特性.第255回蛍光体同学会講演予稿.東京,1995-04,p.19-23.
- [7] 安宅とも子,本田孝二ほか.蛍光ランプにおける・・・平成9年度照明学会全国大会講演論文集.千葉,1997-04,p.53.
- [8] 富岡裕美,東亨ほか.カタホレシス測定法を用いた蛍光・・・第263回蛍光体同学会講演予稿.東京,1996-09,p.15-19.
- [9] 河野謙司,西岡浩二ほか.無電極蛍光ランプに・・・平成8年度照明学会全国大会講演論文集.長崎,1996-04,p.78.
- [10] 田村暢宏,塩崎満.蛍光ランプ中の水銀消費に・・・平成9年度照明学会全国大会講演論文集.千葉,1997-04,p.52.
- [11] 森山巖興,齊藤美保ほか.Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>による蛍光体の・・・平成9年度照明学会全国大会講演論文集.千葉,1997-04,p.51.
- [12] 松尾和尋,笹田寿一ほか.蛍光ランプの水銀消費・・・平成8年度照明学会全国大会講演論文集.長崎,1996-04,p.80.
- [13] 一ノ宮敬治,岡田浩一ほか.ハロりん酸カルシウム蛍光体の改良.第262回蛍光体同学会講演予稿.東京,1996-06,p.13-20.
- [14] 齊藤美保,本田久司ほか.ランプ用保護膜付き蛍光体の特性.第255回蛍光体同学会講演予稿.東京,1995-04,p.5.
- [14] 水山洋右,河野謙司ほか.無電極蛍光ランプにおける光束・・・第262回蛍光体同学会講演予稿.東京,1996-06,p.21-27.
- [15] 村上由起夫,小池純朗ほか.プラズマディスプレイ用蛍光体・・・テレビジョン学会技術報告.18,68,1994-11,p.55-60.
- [16] 村地紳一郎,藤井英貴ほか.超高純度酸化ユーロビウムを・・・第258回蛍光体同学会講演予稿.東京,1995-09,p.11-17.
- [17] 北村幸二,大塩祥三ほか.Ba<sub>0.9</sub>Eu<sub>0.1</sub>MgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>蛍光体の物性・・・第261回蛍光体同学会講演予稿.東京,1996-04,p.4.
- [18] 大塩祥三,北村幸二ほか.AlF<sub>3</sub>によるBa<sub>0.9</sub>Eu<sub>0.1</sub>MgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>・・・第261回蛍光体同学会講演予稿.東京,1996-04,p.4.
- [19] Shozo OSHIO,Koji KITAMURA et al. Blue-Emitting BaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup> Phosphor with Nearly Spherical Shape and Uniform Size for PDP. Proc.4th Int.Display Workshops. Nagoya, 1997-11, p.621-624.
- [20] T.Hisamune,M.Nabu et al.NEW GREEN PHOSPHOR FOR・・・Proc.3rd Int.Display Workshops. Kobe, 1996-11, p.521-522.
- [21] 一ノ宮敬治,荒井清隆ほか.プラズマディスプレイ用蛍光体.第263回蛍光体同学会講演予稿.東京,1996-09,p.9-13.
- [22] Niel Yocom,R.S.Meltzer et al. New Green Phosphors for Plasma Displays. Extended Abstracts 1st Int.Conf. Science and Technology of Display Phosphors. San Diego, 1995-11, p.27-30.
- [23] A.Maylot,J.C.Krupa.LUMINESCENCE QUANTUM YIELD OF Tb<sup>3+</sup> ACTIVATED YTTRIUM COMPOUNDS EXCITED IN THE UV AND VUV RANGE. Extended Abstracts 1st Int.Conf.Science and Technology of Display Phosphors.San Diego,1995-11,p.31-34.
- [24] アルベサル恵子,玉谷正昭ほか.熱プラズマ法で作成・・・第259回蛍光体同学会講演予稿.東京,1995-12,p.15-22.
- [25] Futoshi Yoshimura,Masahiko Yamakawa. RED-EMITTING PHOSPHORS FOR PLASMA DISPLAY PANELS. Proc.3rd Int.Display Workshops. Kobe, 1996-11, p.77-80.
- [26] S.Erdei,F.W.Ainger et al.Preparation of Eu<sup>3+</sup>:YVO<sub>4</sub> red-and Ce<sup>3+</sup>,Tb<sup>3+</sup>:LaPO<sub>4</sub> green phosphors by hydrolyzed・・・Extended Abstracts 2nd Int.Conf.Science and Technology of Display Phosphors. San Diego, 1996-11, p.303-305.
- [27] 東方真,木村秀吉.二量子発光原子状蛍光体の可能性.平成8年度照明学会全国大会講演論文集.長崎,1996-04,p.339-340.
- [28] H.Donker,R.T.Wegh et al. NEW CONCEPTS FOR VUV PHOSPHORS WITH HIGH QUANTUM EFFICIENCY(Q<sub>a</sub>>100%). Extended Abstracts 2nd Int.Conf.Science and Technology of Display Phosphors. San Diego, 1996-11, p.15-18.
- [29] D.Ravichandran,Rustum Roy et al.HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF RARE-EARTH MAGNETOPLUMBITE PHOSPHORS FOR・・・Extended Abstracts 2nd Int.Conf.Science and Technology of Display Phosphors. San Diego, 1996-11, p.147-150.
- [30] D.Ravichandran,J.P.Cheng et al. ONE STEP MICROWAVE FIRING OF Ce<sub>1-x</sub>Tb<sub>x</sub>MgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub> GREEN PHOSPHORS. Extended Abstracts 3rd Int.Conf.Science and Technology of Display Phosphors. Huntington Beach, 1997-11, p.25-28.
- [31] D.Ravichandran,P.Ravindranathan et al. COMBUSTION SYNTHESIS OF BRIGHT GREEN PHOSPHORS FOR・・・Extended Abstracts 3rd Int.Conf.Science and Technology of Display Phosphors. Huntington Beach, 1997-11, p.137-141.
- [32] D.Ravichandran,Rustum Roy et al. LOW TEMPERATURE SYNTHESIS AND SIZE CONTROL IN YTTRIUM BASED PHOSPHORS. Extended Abstracts 1st Int. Conf.Science and Technology of Display Phosphors. San Diego, 1995-11, p.201-204.
- [33] Q.H.Li,S.Komarneni et al. Hydrothermal Synthesis of Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> Phosphors with Fast Decay Rate. Extended Abstracts 3rd Int.Conf.Science and Technology of Display Phosphors. Huntington Beach, 1997-11, p.21-23.
- [34] 中沢敦一郎,持田俊樹ほか.SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu蛍光体中の希土類・・・第258回蛍光体同学会講演予稿.東京,1995-09,p.25-34.
- [35] 玉置寛人,村崎嘉典ほか.青緑色発光長残光蛍光体.平成8年度照明学会全国大会講演論文集.長崎,1996-04,p.76.
- [36] 長島由明,野村幸二,残光・三波長形蛍光ランプ「ホタルック」.第262回蛍光体同学会講演予稿.東京,1996-08,p.1-6.
- [37] 坂東完治,野口泰延ほか.白色LEDの開発と応用.第264回蛍光体同学会講演予稿.東京,1996-08,p.5-14.
- [38] LED使用の節電照明器具,電波新聞.1997-08-14.ほか

## 3.2 液晶用バックライト

### 3.2.1 直視型液晶用バックライト

### 3.2.2 投射型液晶用光源・光学系



## 3.2.1 直視型液晶用バックライト

### 3.2.1 はじめに

パーソナルコンピュータに代表される情報機器の市場拡大に伴い、マルチメディア関連機器のキーデバイスとして液晶ディスプレイ（LCD）への期待が益々高まってきている。プロジェクタ、ノートブック型パソコン、LCDモニタ（TV等）、カーナビゲーション、ハンディビデオカメラ、携帯型ゲーム機、電子手帳、近年ではデジタルカメラといった機器への適用が確実に進行し、ますます液晶ディスプレイの応用範囲が広がっている。この様な流れのなかで、液晶ディスプレイ自身の技術もこれらの動向に歩調を合わせるように進歩してきた。<sup>(1)</sup>

自ら発光することのない液晶表示装置のキーデバイスとして、バックライトに要求される性能もより多様になってきており、共通の技術でこれらの要求を全て満足することは困難になってきている。各アプリケーション毎にポイントが異なっており技術開発の方向は多様化している。また、技術開発の手法についてもバックライト単体での性能向上は徐々に難しくなっており、液晶パネルとの共同作業により性能向上を目指すようになってきている（図.3.2.1.-1）。最近では大型液晶用と小型液晶用、TFT液晶用とSTN液晶用では設計のポイントが異なっている。

本章では直視型液晶用バックライトの技術動向について、バックライト方式、光源、関連部材などについて1995年～1997年における技術開発動向を中心に概要を述べる。

#### 3.2.1.2 バックライトに要求される項目

液晶のバックライトに要求される項目には一般に以下のような項目が挙げられている。これらの項目を全て満足出来る事が理想であるが、現実的には液晶表示装置の応用範囲によってそれぞれ適用技術が違ってきており、近年特にその方向性が多様化している。

- ①高輝度である事
- ②演色性（色再現性）が良い事
- ③薄型／軽量である事
- ④輝度均一性が良い事
- ⑤低価格である事
- ⑥低消費電力である事
- ⑦調光範囲が広い事
- ⑧視角依存性が少ない事（輝度／色）
- ⑨駆動が容易である事
- ⑩発熱が少ない事（面内温度差が少ない事）

#### 3.2.1.3 バックライトの方式

バックライトは光源の配置により大きく直下型とエッジ型に分類される。液晶表示面にたいして光源を真下（直下）に置く直下型は光源の光利用効率が高い事が特徴であるが、蛍光ランプを光源に使用する場合（主にU管やW管を使用したバックライトが実用化されている）、薄くすることが困難である、輝度の均一性を保つことが難しい等の欠点があった。軽量、薄型をうたい文句に新分野を切り開いてきた液晶表示装置にと

ってこの欠点は大きな課題であり、適用範囲は低コストを優先する用途に限定されていた。近年になって、EL<sup>(2)</sup>や平面蛍光ランプ<sup>(3)</sup>等の光源の改善が進んだ事やCRTを置き換える超大型のLCDの実用化が進んできたことにより見直されている。

一方、エッジ型は薄型化が容易であり、輝度均一度を保ちやすいという理由からノートPCを始め、多くの携帯機器用液晶表示装置に使用されてきた。しかし大型化すると光を導く導光板の重量が無視出来なくなるといった問題が指摘されている。この面に関しては導光体を中空とした構造のものが開発され、直下型のものとの技術開発競争を続けている。<sup>(4) (5)</sup>

#### 3.2.1.4 使用される光源

液晶表示装置に使用される光源は従来、蛍光ランプ、EL、LEDがその特徴を生かしてそれぞれ使い分けられてきた。主に大型の液晶表示装置には蛍光ランプそれも特に冷陰極蛍光ランプが発光効率の良さ、寿命特性、細管化の容易さを生かして使用されてきている。近年ではランプ自体の発光効率は頭打ちになりつつあるがL型やコの字型等の形状の工夫や、細管化等によりバックライトシステムとしての効率向上と薄型、軽量化を目指した技術開発が著しい。ランプ径 $\Phi 2.0$  mm程度のものが主流になりつつあり、 $\Phi 1.8$  mmや $1.5$  mmといったものも開発されており、細管化による効率向上についての検討もさかんに行われている<sup>(6)</sup> (図3.2.1.-2)。寿命特性についても従来10000時間程度であったが25000時間や中には50000時間を保証するものが出てきている。これらの特徴を生かし、中型、大型の直視型液晶用バックライト光源は冷陰極蛍光ランプがほぼ独占の状態である。しかし、モニタ用途の超大型クラスの実現には絶対光量が必要であるという理由から、さらに発光効率の良い熱陰極蛍光ランプの適用も見直されてきている。熱陰極蛍光ランプ自体もまた管径の細いもの( $\Phi 4.8$ )や、駆動方法等を改善して寿命特性を改善したもの(輝度半減値が10000時間<sup>(7)</sup>)等バックライト用を強く意識したものが実用化されており注目を集めている。その他の光源ではXe誘電体バリア放電を利用した実用レベルの10インチ級の平面光源が開発された<sup>(8)</sup> ことにより従来小型のものにしか使用されていなかった平面光源の大型液晶表示装置への適用が期待されている。有機ELの高輝度、長寿命化の研究も活発になってきており、実用化へ向けて研究が活発になっている。LEDは青色の開発<sup>(9)</sup>、高輝度化に伴い緑、赤色についても高輝度化が進んできている。3原色が揃ったこと、効率が良くなったことなどからバックライトへの適用が期待されている。もう一段の効率アップと低コスト化が課題である。また、青色単色のバックライトに色変換素子を使用する事で白色バックライトを得る試みもなされている。(詳細は3.3章及び3.4章を参照願う。)

小型の液晶表示装置は従来ELを用いたものが多かったが、最近では用途ごとに2方向に分化している。ハンディビデオのような高輝度を必要とする機器用には大型液晶表示装置と同様冷陰極ランプが主に使用されている。傾向としては、従来W管を直下方式で使用する事が多かったが、L管やコの字管を使ったエッジ型に主流が移りつつある。一方、携帯電話等に代表されるような高輝度を必要としない用途には、従来のELに変わって専用の昇圧回路を必要としない事を特徴とする、LEDを使用するものが多くなってきている。

バックライト用光源の課題についてはさまざまな項目が指摘されており特に適用範囲の広い蛍光管については以下のような問題が指摘されている。細管化に対する課題としては機械的強度の低下、電極部の温度上昇、点灯開始電圧の上昇(図3.2.1-3)、調光特性の不安定領域の発生(図3.2.1.-4)<sup>(10)</sup>などが指摘されている。機械的強度については材料を硬質ガラスに変更する以外には有効な対策が見つからない為バックライトシステム全体での強度設計が必要となっている。温度上昇についてもランプ単体での対応は難し

く、特に狭額縁化が進行しているノートPC用液晶表示装置においてはバックライトシステムとしての対応（放熱構造、均熱構造）が必要である。一部に蛍光管を二重することにより、外部への温度発散を防ぐことが出来る構造のものが開発されているが、反面、電流値を上げてもらうように輝度が上がらない為、高輝度を必要とする用途には不向きな面も報告されている。点灯電圧、調光特性についても駆動回路の改善が必要となる。高圧を発生するために、昇圧部に圧電素子を使用した点灯回路が実用化されている<sup>(11)</sup>が負荷のインピーダンス（特に容量性）のバラツキにシビアであると言う問題があり、蛍光管自身のバラツキはもちろんバックライトシステム全体の構造を含め、バラツキの低減が要求されている。調光特性の改善、発光効率の改善については点灯周波数を高くする事が有効であるが、配線容量からリークする電流による点灯特性の悪化や輝度傾斜等の問題を考慮しながら周波数を決定する必要がある、他の項目と同様、単純に蛍光ランプの特性だけで設計出来なくなっている<sup>(12)</sup>。

熱陰極蛍光ランプについては従来からの課題である細管化、長寿命化の一層の促進が要求されている。また寿命末期の発熱についても改善の余地があり、回路、構造の両面から検討が進められている。

### 3.2.1.5 光学設計

光源にて発生した光をいかに効率よく液晶表示装置から出射させるかがバックライトシステムに課せられた使命である。エッジ型では、まず光源から出射した光を導光体に入射させる事が第一のポイントであり、システムの効率の大半がこの部分で決まると言ってもよい<sup>(13)</sup>（直下型比較的容易に高輝度を得られる理由がここにある）。導光体自体を厚くする事が最も簡単な改善方法であるが、重量や厚み等の要求がこれを許さない状況である。従って、光源から出射した光を導光体に導くためのランプホルダと呼ばれる部材の材質（通常Ag蒸着フィルムやAg蒸着処理されたAlが使用される）や形状が重要になる。導光体に入射した光は導光体に印刷や成形により生成された散乱体（通常丸や四角のドット状のものが多く、ポリマーを分散する事により導光体自身が散乱効果を持ったものが研究されている<sup>(14)</sup>。）により液晶表示面に向かって出射してくる。この時の出射方向が法線方向に対して35°方向に傾くように散乱体を設計することが、次に述べるレンズシートとの相性上重要である。

さて、このようにして導光体から出射した光は基本的に散乱体により散乱された光であり、その出射方向はあらゆる方向に無秩序に出射している。しかし液晶表示装置の使用状況を考えると、正面方向の輝度が最も重要であり、斜め方向についてはあまり重要視されていない。（最近IPS<sup>(15)</sup>やVA<sup>(16)</sup>と言った視野角を重視した液晶が開発された事により斜め方向からみた輝度についても無視出来なくなっている。）その特性を利用し、斜め方向に出射した光を正面方向に集める事により見かけ正面方向の輝度をあげるレンズフィルムが開発され、一般に普及している。近年のバックライトはこのレンズフィルムを2枚直交状に配置したものが一般的である（図3.2.1.-5）。しかし、前述したように最近市場が立ち上がりつつある液晶モニタ用の液晶表示装置については、従来のCRTを置き換える為の性能を要求されており、視野角の広い液晶が開発されてきている。バックライトにも同じ理由から視野角の広いものが要求されてきており、レンズシートの安易な適用が出来なくなりつつある。（図3.2.1-6）

広い視野角と輝度の向上を両立する技術として注目されている技術が、コレステリック液晶層の選択光散乱を利用したフィルムの開発である<sup>(17)</sup>。液晶パネルの最初の偏向板を透過する光は一般に50%程度であるが、この新しいフィルムを透過してきた光は70%程度の透過率を持つ。これはこのフィルムに偏光作用があるためである。従って、バックライト表面の輝度は決して明るいわけではないが液晶表示装置全体とし

では輝度が向上していることになる。このようにバックライトシステムの光学設計はバックライトシステム単体での改善では無く、液晶パネル部との協調により性能を出すといった方向に進みはじめています。

また、別の例として、フィールドシーケンシャル方式と呼ばれる液晶表示装置の試作がなされた<sup>(18)</sup>。これは液晶パネル内のカラーフィルタの透過率が悪い事に着目した技術である。液晶パネルからカラーフィルタを取り除き、その代わりにバックライトは赤、緑、青の三原色を独自に点灯制御出来る構成としている。赤、緑、青の順に3画面で1フレームを構成する駆動方法をとる。液晶の応答速度が早い必要があるため、新しい液晶材料を適用している。また駆動回路もフレームに同期して動かす必要がある為、回路が複雑になっている。これもまた液晶パネル、駆動回路、バックライトで協調して初めて性能が得られる技術である。

### 3.2.1.6 終わりに

以上述べてきたように、直視型液晶用バックライトは個々の使用部材レベルの改善が進んではいるもののトータル性能を従来のような割合で改善していく事は非常に難しくなっている。一方で、コストダウンの要求なども当然のことながら厳しく、レンズフィルム等を導光体と一体で作り込むなど試みもなされている<sup>(19)</sup>。のその中でもあえて部材レベルでの改善を望むとすればバックライトシステムの中で最も効率を下げる要因となっている光源の改善に期待したい。システムとしての性能向上は液晶パネル部との協調により、トータルで性能を出す方向に一層進むものと考えられる。(図3.2.1-7)液晶パネルメーカーとバックライトメーカーとのあゆみよりによる性能向上に期待する。(外川 昭夫)

#### 【参考文献】

- (1) 情報機器光源に関する研究調査委員会報告書(照明学会)
- (2) 日経エレクトロニクス：「FEDと有機ELが液晶パネルに挑戦」, 1.29日号 p.99 ('96)
- (3) K.HIROSE et al: 「High-and Uniform-Luminance Flat Discharge Lamp with Insulated Electrodes for LCD backlighting」, 信学技報 95-335 EID95 39-60 pp.113-118 ('95)
- (4) 児島健：「導光板をなくしたバックライトを開発 薄型軽量化と同時に低コスト化の切り札に」, フラットパネルディスプレイ1994 p.137 ('93)
- (5) 田中章：「大型中空式バックライト」, ファインプロセステクノロジー・ジャパン '97 ('97)
- (6) 井関幸人 他：「バックライト用蛍光ランプの高効率化」, 平成7 照学全大 No. S-4 ('95)
- (7) 鈴木優 他：「カラーLCD用バックライトの開発」, 平成4 照学全大 No. 40 ('92)
- (8) 西勝健夫 他：「Xe誘電体バリア放電を利用した平面蛍光ランプ」, テレビ学技報 20-9 IDY96-54 pp.7-12 ('96)
- (9) Shuji Nakamura et al: 「High-power InGaN single-quantum-well-structure blue and violet light-emitting diodes」, Appl. Phys Lett. 67(13).25 september.1995
- (10) 上野貴史 他：「細管冷陰極蛍光ランプの管電流-輝度特性」, 平成7 照学全大 No.43 ('95)
- (11) 佐藤宏行 他：「冷陰極管用圧電インバータ」, 信学技報 95-151 EMD95 16-23 pp.17-21 ('95)
- (12) 目崎義憲 他：「液晶ディスプレイ用バックライト(V)」, 信学技報 EID94-37 pp.1-6 ('94)
- (13) 目崎義憲 他：「液晶ディスプレイ用バックライト(I)」, 信学技報 EID92-126, ED92-159 pp.83-9 ('92)
- (14) 小池康博 他：「高輝度ポリマー導光体の散乱原理」, 高分子学会予稿集 42-3 p.670 ('93)
- (15) M.Ohta et al: 「Development of Super-TFT-LCDs with In-Plane Switching Display Mode」, ASIA Display '95 pp.707-710 ('95)
- (16) 日経マイクロデバイス：「ラビングレスを実現した広視野角TFT液晶」, 1998年1月号 pp.136-143 ('98)
- (17) Coastes et al: 「High-performance Wide-bandwidth Reflective Cholesteric Polarizer」.SID'96 APPLICATION DIGEST pp.67-70

- (17) Coastes et al: 「High-performance Wide-bandwidth Reflective Cholesteric Polarizer」.SID'96 APPLICATION DIGEST pp.67-70
- (18) K.Saitou, et. al.: 「Field sequential full color AM-LCD without color filter」, IDW 97 pp.179-182 ('97)
- (19) 月刊LCD Intelligence: 「導光板, プリズムシート, 陰極管など部品レベルで開発競争が熾烈化するバックライト」, 1997 11月号 pp.61-64 ('97)

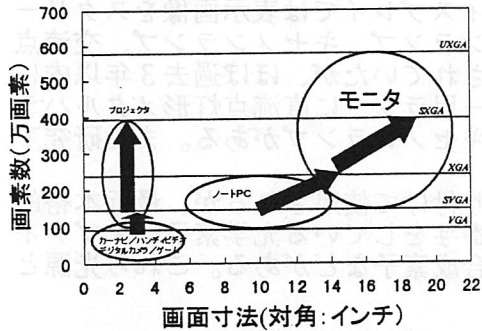


図 3.2.1-1 液晶表示装置の開発動向

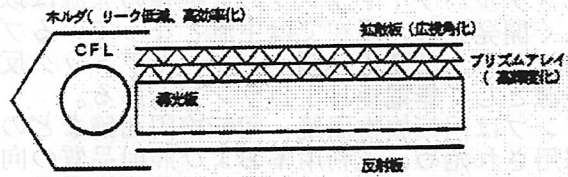


図 3.2.1-5 レンズを使用したバックライトの構成

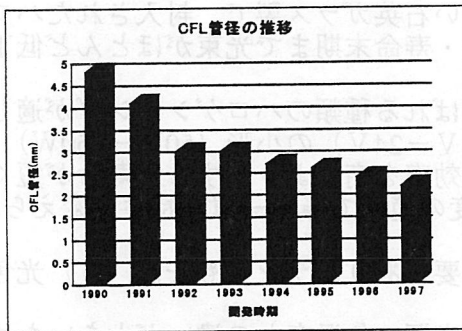


図 3.2.1-2 冷陰極水銀ランプの管径の推移

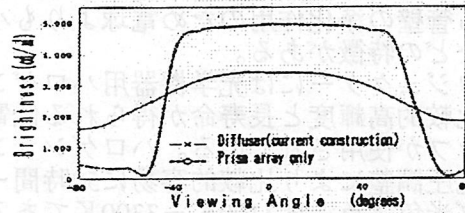


図 3.2.1-6 レンズを使用したバックライトの視野角依存性

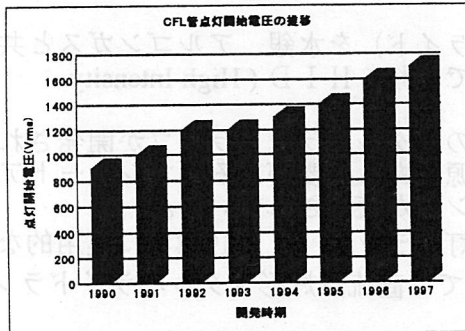


図 3.2.1-3 冷陰極水銀ランプの点灯開始電圧の推移

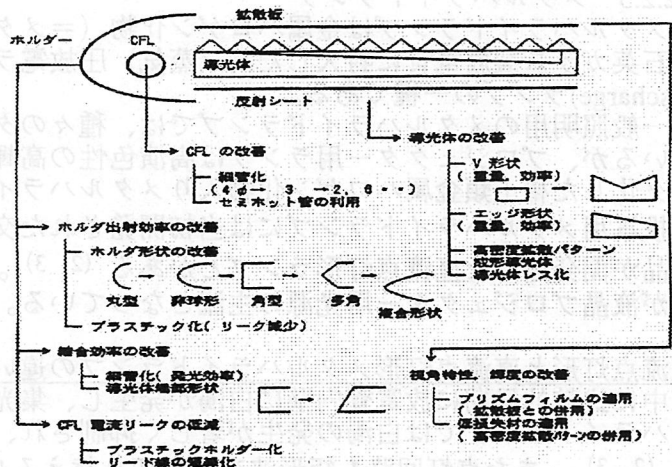


図 3.2.1-7 バックライトシステムの改善項目

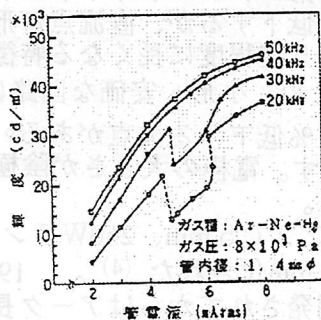


図 3.2.1-4 調光不安定性

## 3.2.2 投射型液晶用光源・光学系

### 3.2.2.1 はじめに

投射型液晶ディスプレイは教育用・娯楽用の大形映像機器としての用途のほか、最近パソコン用データプロジェクタとしての需要が増えており、また大形TVの一方式としても注目されている。

液晶のような非発光形画像表示素子を利用した投射型ディスプレイでは表示画像をスクリーンに投射するために別の高輝度光源が必要である。ハロゲンランプ、キセノンランプ、交流点灯形メタルハライドランプの3種類の光源は以前から利用されていたが、ほぼ過去3年以内に新しく開発され、現在では主流となっているプロジェクター用ランプに直流点灯形メタルハライドランプ、超高圧水銀ランプ、セラミック反射器内蔵形キセノンランプがある。また研究下の光源として無電極HIDランプがある。

ランプは回転放物面鏡、回転楕円面鏡などの反射鏡に取り付けて使用されるが、最近本格的に採用され始め、光利用率および照射品質の向上に顕著な寄与をしている光学素子にオプティカルインテグレータ、ps偏光分離変換素子、プリズム光合成素子などがある。これら光源と光学系に付いて概略を紹介する。

### 3.2.2.2 ハロゲンランプ

ハロゲンランプは白熱電球の一種であるが、耐熱性の高い石英ガラス製で、封入されたハロゲンによる管壁の浄化作用のため電球よりも小形・高輝度・寿命末期まで光束がほとんど低下しない、などの特徴がある。

液晶プロジェクターには光学機器用ハロゲンランプと呼ばれる種類のハロゲンランプが適しており、比較的高輝度と長寿命が得られる低電圧動作(12V-24V)の小形(50W-150W)ハロゲンランプが使用されている。ハロゲンランプは輝度や効率を高めようとするとう寿命が短くなるが、電圧調整により比較的容易に50時間-500時間程度の範囲で寿命-輝度特性を変えられる。ランプ光色は色温度3100K-3300Kである。

ハロゲンランプの長所は、(a)原則として安定器が不要であり、ランプも安価 (b)光色が時間的にも空間的にも安定している

短所は(イ)効率が低い(色温度が低く、所望色温度と光源の色温度との違いが大きいため特に悪くなる)、(ロ)輝度が比較的低い、(ニ)寿命が短い、などである。

### 3.2.2.3 メタルハライドランプ

メタルハライドランプは金属ハロゲン化物(=メタルハライド)を水銀、アルゴンガスと共に石英ガラス製放電管に封入した高(蒸気)圧放電ランプであり、HID(High Intensity Discharge)ランプの一種である。

一般照明用のメタルハライドランプでは、種々のタイプのメタルハライドランプが開発されているが、プロジェクター用ランプは高演色性の高輝度光源である必要があるのでショートアーク化した稀土類金属ハロゲン化物入りメタルハライドランプが使用されている。

投写用メタルハライドランプには当初開発された交流点灯形ランプ(1)と1994年に実用的な製品が開発された直流点灯形ランプとがある(2、3)。最近では直流点灯形メタルハライドランプが液晶プロジェクター用光源の主流となっている。

交流点灯形と直流点灯形メタルハライドランプの違い：交流点灯形メタルハライドランプは点灯中に比較的早期に放電管内壁に白濁が発生し、集光率が著しく低下するが、直流点灯形メタルハライドランプでは白濁の発生が著しく抑制され、寿命が3-5倍程度に長くなる特徴がある(2、3)。また点灯回路も矩形波交流に切り替える必要がないため、小形・安価な回路になる。しかし直流点灯形ランプは初期スクリーン光束が10-20%低下する欠点がある。

図3.2.2-1に直流点灯形メタルハライドランプの発光管構造を示す。電極の大きさが陰極より陽極が大きくなる以外は交流点灯形ランプとほぼ同じ構造である。

アーク長：アーク長(=電極間距離)は1994年頃まで150Wランプで5mm、250Wランプで6mmが標準的な長さであったが、まず交流点灯形120Wランプが3mm化された(4)。1994年に短アーク長ランプに適した直流点灯形メタルハライドランプが開発されてからはアーク長の短縮が容易になり、250Wランプのアーク長も3mmが可能になった。最近では直流点灯形150Wラ

ランプでアーク長1.5mm (5)、250-260Wランプで2.2mm (6)、350Wで3.7mmなどが開発されている。

ランプ寿命：交流点灯形ランプでも直流点灯形ランプでも明るさと寿命は逆相関の関係があり、設計方針によって寿命は3倍程度は変化する(6)。データプロジェクター用直流点灯形ランプの寿命は2000時間に設計されることが多いが、TV用リアプロジェクターでは目標寿命5000時間の設計となっている(7)。

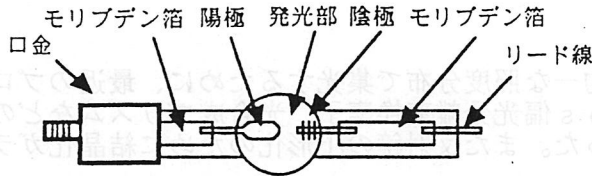


図3.2.2-1 直流点灯形メタルハライドランプの構造図

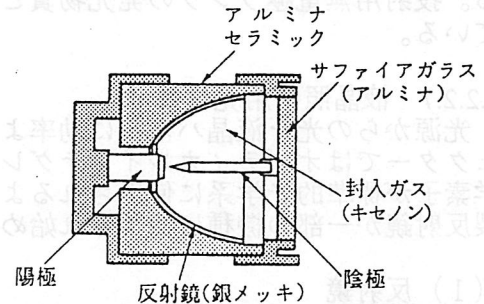


図3.2.2-2 反射鏡付セラミック製

キセノンランプの構造図

### 3.2.2.4 キセノンランプ

キセノンランプは連続スペクトルを発光し、高演色性のランプとして知られている。ショートアーク形キセノンランプは陰極前面の陰極スポットが非常に高輝度であり、点光源性に優れているが、ランプ効率は25-30 lm/Wと低い。投写用途には400W-7kWのショートアーク形キセノンランプが用いられている。一般には種々の定格の石英ガラス性のキセノンランプが製品化されているが、入力電力400W-1kW範囲については前面透過窓をサファイヤとした反射鏡内蔵形アルミナ製ランプが製品化されている。キセノンランプは反射形液晶パネルを使用した大形プロジェクターによく用いられている。

キセノンランプの短所はランプ電圧が20V程度と低いためランプ電流が大きく、ランプの価額と安定器の価額が高価になることである。図3.2.2-2に反射鏡内蔵形アルミナ製キセノンランプの構造例を示す(8)。ランプ寿命は1000時間-2000時間程度である。

### 3.2.2.5 超高压水銀ランプ

最近、投射形ディスプレイ用の超高压水銀ランプが開発された。超高压水銀ランプは高輝度光源として知られており、水銀蒸気圧を100気圧以上に高めると連続スペクトル成分の強度が増加し、高色温度の投写用光源としては十分使える赤色スペクトルが得られるようになる。この原理を利用したランプでアーク長1.2-1.4mmの100W、120Wランプが既に実用化されており、150Wランプも開発中である。100Wランプでは5000時間以上の長寿命が、120W以上のランプでも2000時間以上の長寿命が期待されている。100Wランプの特性を表3.2.2-1に示す(9)。

表3.2.2-1 100W超高压水銀ランプの特性例(9)

Arc gap	<1.4mm
Lamp Wattage	100W
Luminous flux	6000lm
Average luminance	560Mega cd/m <sup>2</sup>
Color temperature Tc	8500K
Peak intensity in the bundle at 3m distance	200,000lux, >1.8 10 <sup>6</sup> cd
Full width beam half angle	2°
Color rendering index Ra	60
Average rated life	>4000hours(target 8000hours)
Bundle maintenance	75% after 4000hours

### 3.2.2.6 無電極HIDランプ

無電極HID (High Intensity Discharge) ランプは数万時間の寿命が得られる可能性があり、プロジェクター用としては研究段階であるが長寿命光源として期待されている。無電極HIDラ

ンプの点灯方法には13.56MHzの高周波誘導電界による点灯と2.45GHzのマイクロ波電磁界による点灯との2方法がある(10)。前者は発光管の周囲に2-3巻きのコイルを巻いて高周波電界を発生させ、誘起電界により放電させるのに対し、後者は空洞共振器内に発光管を置いて高電磁界により放電を起こさせる。一般照明用には回路効率の良い高周波点灯が適していると思われるが、投射用光源としては反射鏡との相性が良いマイクロ波点灯が適していると思われる。投射用無電極ランプの発光物質としては硫黄(11)、臭化インジウム(12)などが研究されている。

### 3.2.2.7 液晶照明用光学系

光源からの光を液晶パネルに効率よくかつ均一な照度分布で集光するために、最近のプロジェクターではオプティカルインテグレータ、ps偏光分離変換素子、光合成プリズムなどの光学素子が標準的光学系に使用されるようになった。また反射鏡の小形化のために結晶化ガラス製反射鏡が一部の機種に使用され始めた

#### (1) 反射鏡

反射鏡形状は平行光が得られる回転放物面鏡か、または集光を図る回転楕円面鏡が使用されている。楕円面反射鏡の場合は第2焦点を投写レンズ近くにする方式と反射鏡の直ぐ前面に取る方式とがある。反射鏡前面に向かい合わせに半球面鏡を設ける「合せミラー方式」が使用される場合もある(13)。反射鏡の反射面は赤外線と紫外線を取り去るためダイクロイックミラーが一般に用いられている。新しい動向として反射鏡の集光率を維持したまま開口を小さくするため、耐熱性の高い結晶化ガラス製の反射鏡が採用され始めた。

#### (2) オプティカルインテグレータ (マルチレンズ=レンズアレイ、ロッドレンズ)

反射鏡からの光束の断面は円であるが、この光を矩形の液晶パネルに有効に当てるために小さい矩形レンズを反射鏡の前面に並べ(マルチレンズ)、各矩形レンズからの全光を第2マルチレンズにより矩形画像パネルに当てるマルチレンズ式(=レンズアレイ式)オプティカルインテグレータ(14)が標準的に採用され始めた(15、16)。特に液晶パネル上の照度の均一性が要求される場合はオプティカルインテグレータの使用は集光率を高めるための必須条件となっている。オプティカルインテグレータには光源に色むらがある場合や、アークにちらつきがある場合でもスクリーン上での色むらやちらつきを大幅に抑制できる効果がある。図3.2.2-3にマルチレンズ式インテグレータの構成図の例を示す。

簡単な構造のオプティカルインテグレータに図3.2.2-4に示すようなロッドレンズがある(17)。これは出射口を画像パネルの形状に合わせた矩形断面にしたガラスロッドであり、もっとも簡単なものは入射口も矩形断面にしたものである。ロッドレンズは光束の角度成分を混ぜ合わせることになり照度むら、色むら、ちらつきなどを低減でき、また断面が円形の光束を矩形断面を持った光束に変換する働きをさせることもできる。これらはマルチレンズ式と同じ働きであるが、マルチレンズ式に比較して長所は光の平行度を損なわないことであり、欠点は集光・混合の過程を入れるため光源から画像パネルまでの光路長が長くなることである。

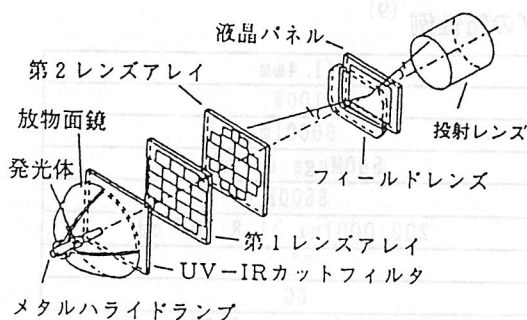


図3.2.2-3 マルチレンズ式オプティカル  
インテグレータ

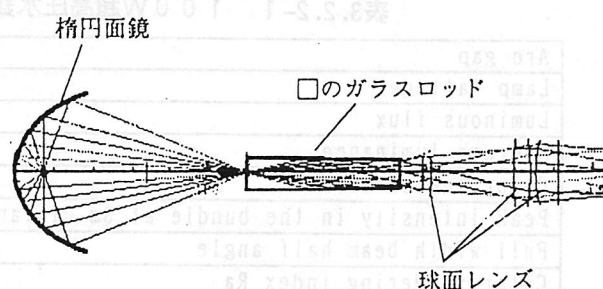


図3.2.2-4 ロッドレンズ式オプティカルインテグレータ

#### (3) ps偏光分離変換素子

液晶パネルは電気信号により偏光角を回転させるタイプが多く、利用できる光はp偏光かs偏光の一方だけである。捨てられる方の光の偏光角を90度回転し他方の偏光と混合して利用す

る p s 偏光分離変換素子 (18) が標準的に採用され始めた。p s 偏光の分離はブリュースター角に入射した光は p 偏光を100%透過するが s 偏光の一部を反射する原理を応用した PBS (Polarized Beam Splitter) が使われる。偏光角を90度回転させるにはプラスチックなどの複屈折物質を使う「2分の1波長板」が使用されている。図3.2.2-5に代表的な p s 偏光分離変換素子を示す (18)。図3.2.2-5の p s 偏光分離変換素子そのままマルチレンズ式オプティカルインテグレータの前に置いた光学系が製品化されているが、オプティカルインテグレータの中に置く場合や、後に置いた光学系も製品化されている。図3.2.2-6にオプティカルインテグレータの中に置いた例を示す (19)。p s 偏光分離素子に入射する光はブリュースター角から傾く光もあり p 偏光成分も100%透過にはならず、同様に s 偏光も100%の利用はできないが、光源および光学系の進歩とともに光利用率の向上が期待される。

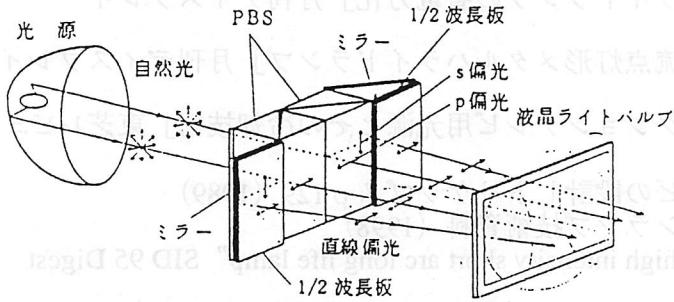


図3.2.2-5 p s 偏光分離変換素子の構成例 1

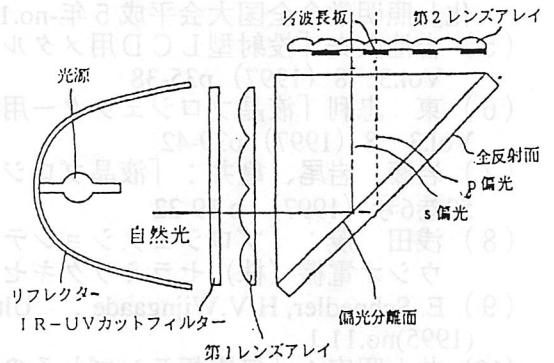


図3.2.2-6 p s 偏光分離変換素子の構成例 2

#### (4) ダイクロイックフィルター光合成プリズム

液晶パネルから投写レンズまでの距離を短縮して投射レンズの集光率をよくするためにダイクロイックフィルター付光合成プリズムが3板式液晶用の標準的光学系として採用され始めた。図3.2.2-7にダイクロイックフィルター光合成プリズムを用いた全光学系の例を示す (20)。

#### (5) 単板式液晶用光学系

吸収フィルター形単板式液晶プロジェクターでは光利用率が3分の1になるためマイクロレンズ付液晶パネルによる3色分離フィルター形単板式液晶プロジェクターが開発された (21)。3色分離フィルターには干渉フィルター形 (21) のほか回折格子形、ホログラム形 (22) などの提案がある。図3.2.2-8に干渉フィルター形単板式液晶プロジェクターの液晶パネル照射系を示す。

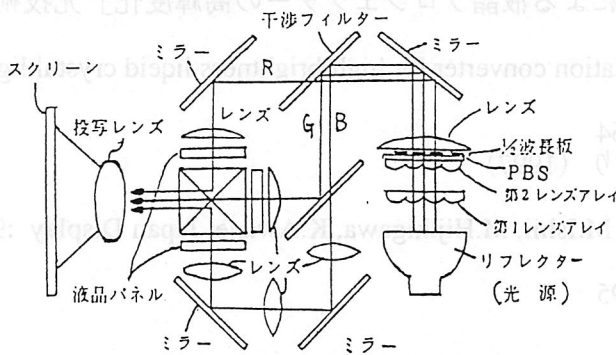


図3.2.2-7 プリズム3色合成素子を使ったプロジェクター光学系の例

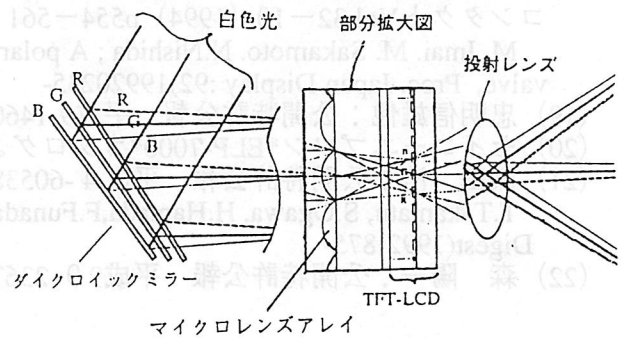


図3.2.2-8 干渉膜フィルター形単板式プロジェクターの原理

#### 3.2.2.8 終わりに

液晶パネルの開口率の向上と高精度化、アーク長1.0-2.5mmの極短アーク長寿命放電ランプの開発、オプティカルインテグレータ+p s 偏光分離変換素子+ダイクロイックフィルター付光合成プリズムの採用など、最近の数年の急速な進歩はめざましく、年来の目標であった部屋の照明下でも見られる600Lm程度のスクリーン光束が容易に得られるようになった。これが最近のノートブックパソコンの発達に呼応してデータプロジェクターが急速に拡大した要因であろう。今後、生産技術の進歩に伴う信頼性の向上と価額の低下も予想され、TV用、モニター用などの液晶リアプロジェクター用途の拡大も期待される。

(ウシオ電機(株)技術研究所 東 忠利)

## 参考文献

- (1) 例えば、大久保 啓介：「液晶パネル用バックライト技術」トリケップス p103 (1992)  
 柵木 教一：「光学機器組込用メタルハライドランプ」照明学会誌、77巻12号  
 (1993) p746-757
- (2) 東 忠利、有本智良：「液晶プロジェクター用アーク長3mm直流点灯短アーク  
 MHランプの寿命特性」照明学会全国大会、平成7-no.23 (1995)
- (3) T. Higashi, T. Arimoto: "Long life dc metal halide lamps for LCD projectors" SID 95 Digest  
 (1995)no.11.2
- (4) 吉池、漆原、大河原、柵木：「液晶プロジェクター用メタルハライドランプの省電力  
 化」照明学会全国大会平成5年-no.160(1993) p 218-219
- (5) 吉池久夫「投射型LCD用メタルハライドランプの省電力化」月刊ディスプレイ  
 Vol.3-8 (1997) p35-38
- (6) 東 忠利「液晶プロジェクター用直流点灯形メタルハライドランプ」月刊ディスプレイ  
 Vol.3-8 (1997) p39-42
- (7) 岩藤、岩尾、亀井：「液晶プロジェクションテレビ用光源とその冷却技術」東芝レビュー  
 52巻6号 (1997) p 19-22
- (8) 浅田 茂：「プロジェクションテレビの設計」トリケップス p 129 (1989)  
 ウシオ電機 (株) セラミックキセノンランプ技術資料 (1998)
- (9) E. Schnedler, H.V.Wijngaade: " Ultra high intensity short arc long life lamp" SID 95 Digest  
 (1995)no.11.1
- (10) 井上昭宏：「無電極ランプとその応用」照明学会誌Vol.81-no.7(1997)p554-557
- (11) D. A. MacLennan, J. T. Dolan, B. P. Turner: "Small long-lived stable light source" SID '93
- (12) 保知、堀井、竹田：「InX封入無電極HIDランプの発光特性の検討」照明学会全国大会  
 no.34 (1997)
- (13) 丸山一男：月刊ディスプレイ、第1巻10月号 (1995) p 80-81
- (14) Kurt Rantsch他：US特許2.186.123 (1940/1/9登録)
- (15) Adrianus H. J. van denBrandt他：公開特許公報 平成3-111806,  
 A. H. J. van denBrandt, H. J. Blankers, S. Jinsi, P. J. M. van Os, M. V. C. Stroomer, W. A. G. Timmers,  
 W. G. C. Verbeek, H. A. deWerd; International Display Research Conference Digest (1991)p151-  
 154
- (16) 枘本吉弘：Microoptics News Vol.14 no.3(1996)p35-40
- (17) 照明学会「情報機器用光源研究調査委員会報告書 p 74 (1997年3月)
- (18) 今井雅雄、坂本幹雄：「偏光変換光学系による液晶プロジェクターの高輝度化」光技術  
 コンタクトVol.32-10 (1994) p554-561  
 M. Imai, M. Sakamoto, N. Nishida; A polarization converter for high-brightness liquid crystal light  
 valve, Proc. Japan Display :92)19920235-
- (19) 忠明信雄他：公開特許公報 平成9-146064
- (20) セイコーエプソン\*ELP-7000\*カタログより (1997)
- (21) 浜田 浩：公開特許公報 平成4-60538  
 T. Takamatu, S. Ogawa, H. Hamada, F. Funada, M. Ishii, M. Hijikigawa, K. Awane; Japan Display :92  
 Digest(1992)875-
- (22) 森 陽一：公開特許公報 平成9 9 -236795

### 3.3 LED素子

#### — 高輝度化の技術動向と今後の展望 —

##### 3.3.1. はじめに

LED(Light Emitting Diode)は商品化された1970年の初期段階から、制御部に使用される半導体回路と共通の低電圧単一電源で駆動することができ、また、電流制御素子である為に輝度の調整が容易である等の基本特性に好感を持たれて、広範な機器の表示素子として認知される一方、高輝度化と多色化による改善を通して都度新たな応用市場を開拓してきた。また、新たなLEDデバイス製法の実用化による一層の高輝度化は、新たな応用領域を可能化するのみならず、在来機器のリフレッシュ化面に於いても好感を寄せられている。これらの応用には低照度白熱電球が使用されて来た機器、信号機器、及び大型グラフィック表示システム等も含まれる。本節では高輝度化によって期待されるLED表示素子の技術動向と今後の展望について述べる。

##### 3.3.2. 発光材料の選択と高輝度化

LEDの高輝度化への取り組みは、新たな発光材料の選択とその材料に合わせたデバイス製造法の新規実用化の繰り返しの歴史でもある。これは半導体能動素子の製品群の場合に、シリコン(Si)を共通の材料として微細化と高密度化技術で新たなエポックを提供するのと対比的な、LEDの固有性でもある。LEDの発光波長は発光材料が持つエネルギーギャップ(Eg)によって決定され、次式で示される固有波長の発光を行う。即ち、

$$\lambda_p = 1240 / E_g \quad (\text{nm})$$

但し、 $\lambda_p$ : ピーク発光波長(nm)

1240: 定数

$E_g$ : 発光材料のエネルギーギャップ(eV)

このための発光材料は主として表3.3-1に示すIII-V族の化合物が2元素(GaP)で、また高輝度化の経緯の中で3元素の混晶(GaAsP、GaAlAs等)として用いられてきた。つまり、発光色のみからは上に示した等式を満足するエネルギーギャップ( $E_g$ )の発光材料の選択で事足りるが、高輝度化観点での新たな発光材料の選択とその材料に最適なLEDデバイス製法の開発が継続している。発光材料の選定に際しては直接遷移型のバンド構造が高輝度化の条件であり、また、混晶時は格子定数の隔たりの小さいこと

表3.3-1 II元化合物の基本特性

材料	結晶構造	格子定数(A)		バンドギャップ $E_g$ (eV)	遷移型
		a	c		
AlP	ZB	5.4625		2.45	間接
AlAs		5.6611		2.163	
GaN	WZ	3.180	5.166	3.39	直接
GaP	ZB	5.4495		2.216	間接
GaAs		5.6419		1.424	直接
InP		5.868		1.351	
InAs		6.058		0.360	

ZB: zincbende型 WZ: wurzite型

がLEDデバイスに対する信頼性面からの課題となる。一方、これらの化合物を4混晶化(InGaAlP)によって、エネルギーギャップの制御を行うデバイス製法が'91年に確立された<sup>(1),(2)</sup>。一混晶材料(InGaAlP)と、一結晶成長法(MOCVD)で赤色から純緑色までの任意の発光波長のLEDデバイスを選択生産出来るプロセス技術の確立である。発光色毎に発光材料とデバイス技術を異にしてきた従来のプロセス技術を大幅に前進、合理化出来る技術として期待度が大きい。また、高輝度化への期待度も非常に大きい。このInGaAlP LEDの商品化は、初期のLEDが商品化されて以来約30年を要しての集大成技術としての側面を持つ<sup>(3),(4)</sup>。

### 3.3.3. 赤色から純緑色波長領域までの高輝度化

#### (1) 赤色LED

図3.3-1に高輝度化の実績推移を示す。GaP(接合部材料)/GaP(基板材料)LEDが商品化される以前の最も初期に商品化された赤色LEDは、GaAsP/GaAsであったが、発光特性の直線性は好感される半面、発光効率を高くすることが難しく、実用輝度時の所要電流の大きさから主流LEDとしての継続期間が短い内に、次に商品化されたGaP/GaPへ実績推移として移行して行った。即ち、GaP/GaP LEDの商品化によって発光効率が大幅に改善され、直流点灯に際しての所要電流を大幅に圧縮出来る様になったことが直接の要因である。このGaP/GaP LEDは汎用輝度の表示素子として、現在も屋内機器への搭載率が高い。GaAsP/GaP LEDは、GaAsP/GaAs LEDの発光特性の直線性とGaP/GaP LEDの高発光効率特性を備えた赤色LEDで、屋外需要へ実用化された初期の商品としての側面を持つ。

その後、'81年に商品化されたGaAlAs/GaAs(SH)=Single Hetero構造、及び'84年に実用化された同一発光材料での(DH)=Double Hetero構造方式LEDの商品化は、直射光下でも視認できる明るさが得られるようになって事業機会が急拡大した。即ち、GaAlAs(DH)構造のLEDは、GaAlAs(SH)LEDに対し約3倍の輝度改善を実現し、一方、

GaAsP/GaP LEDに対しては約2桁の改善を達成して、カンデラ級の明るさを仕様化できた最初の赤色LEDである。

従来LED表示素子の実装対象は、その明るさの実力に起因して家電機器、及び計測機器等の屋内機器が主であったがGaAlAs(DH)LEDの商品化によって、屋外メッセージボード向けとして、また、自動車用ブレーキランプに於ける白熱球の代替光源等として屋外需要を可能化した。

その後'91年に商品化されたInGaAlP LEDは更に高輝度化を可能とし、現時点、赤色のみならず各色LEDの高輝度化経緯の中での集大成技術としての位置付けにある。即ち、LEDデバイス製法としてのMOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition)方式の導入によって、一デバイス製法で赤色から純緑色までの各色LEDの生産を可能化したことを指す。図3.3-2にⅢ-V族化合物半導体の格子定数とエネルギーギャップの関係、及び発光波長領域を示す。

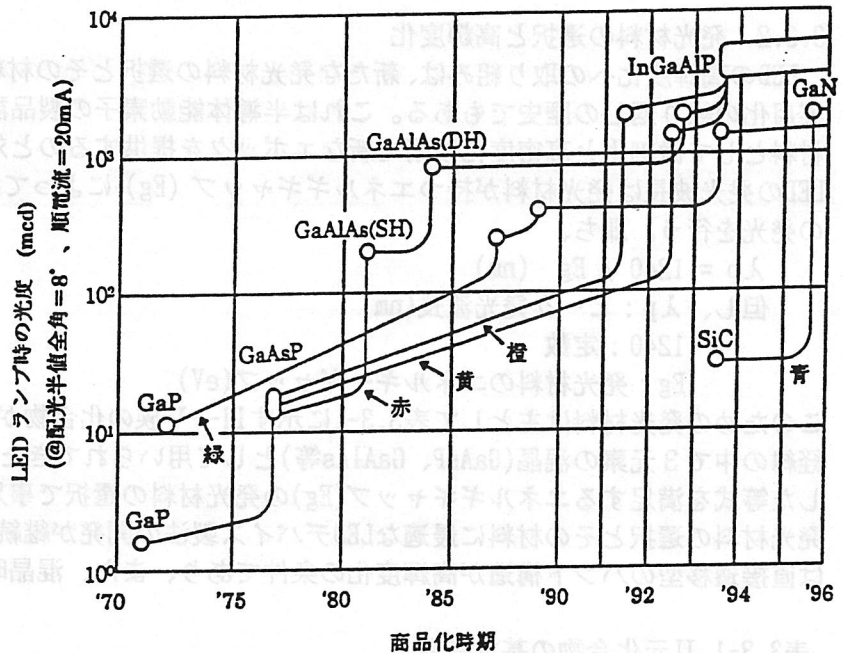


図3.3-1 各色LEDの高輝度化の実績

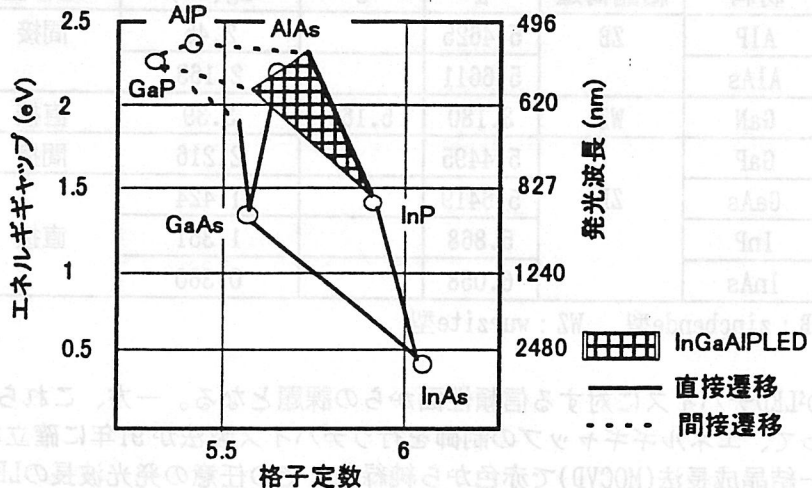


図3.3-2 Ⅲ-V族化合物の格子定数とエネルギーギャップと発光波長の関係

格子定数とエネルギーギャップの関係、及び発光波長領域を示す。

(2) 橙色、黄色LED

'77年のGaAsP/GaP LEDの技術確立時に上述の赤色と同時に商品化された。以来絶えず高輝度化への課題を持ちながらも顕著な改善は進展せず、約20年を経過した'91年にInGaAlP LEDによって2桁の改善が実現された。一混晶材料(InGaAlP)と一結晶成長法(MOCVD)で発光波長を選択生産出来るLEDデバイス技術の展開例である。

(3) 緑色、純緑色LED

GaP発光材料のエネルギーギャップの大きさ( $E_g=2.261\text{eV}$ )を制御して、一発光材料で赤色 緑色及び純緑色LEDが生産されて来たが、屋外使用に際しても直射光下でコントラストが得られる様な発光効率の改善が長期の課題とされ、継続的にその改善への取り組みが行われながらも顕著な効果が得られなかった側面を有する。発光材料としてのInGaAlP、及びデバイス製法としてのMOCVDは緑色及び純緑色LEDにも大幅な発光効率の改善を可能とする事ができるようになった。

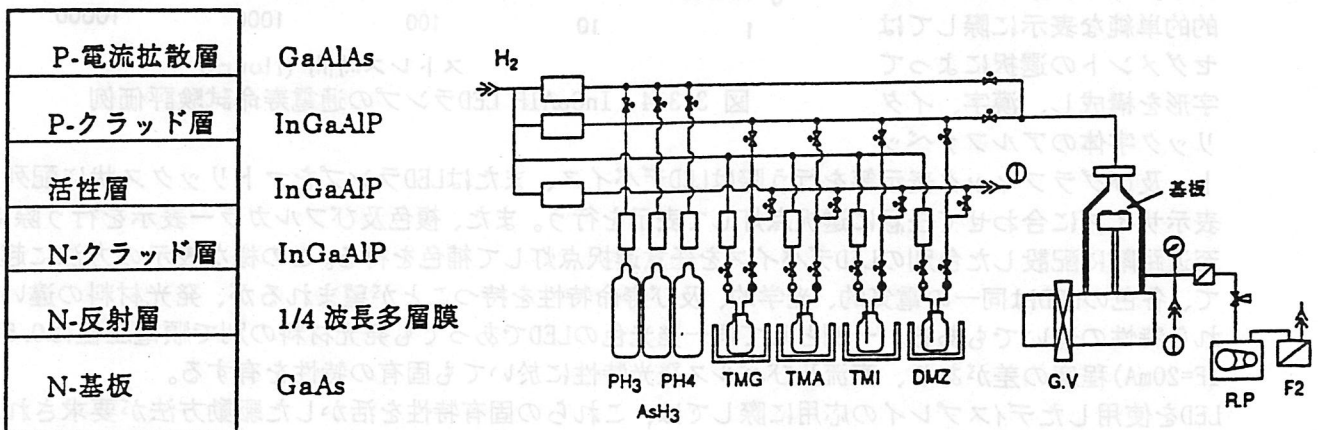
(4) 赤色から純緑色までの高輝度化

InGaAlP LEDの商品化は、各色で高輝度化が達成できたのみならず、発光色別に発光材料とデバイス技術を違えて来た従来のLEDデバイス生産方式に対し、一混晶材料一デバイス製法で赤色から純緑色までを生産可能化でき、新技術の実用化としてその効果は非常に大きい。図3.3-2のハッチング領域と表3.3-2はこの関係を示したものである。

表3.3-2 LEDの高輝度化と新旧技術の比較

発光色	従来技術		四元素化技術	
	発光材料	デバイス製法	発光材料	デバイス製法
赤	GaAlAs/GaAlAs	液層成長	InGaAlP/GaAs	MOCVD (有機金属気層成長)
橙	GaAsP/GaP	気層成長		
黄	GaAsP/GaP	気層成長		
緑	GaP/GaP	液層成長		
純緑	GaP/GaP	液層成長		

一方、図3.3-3はInGaAlP LEDのデバイス生産を行うMOCVD装置のイメージと、この装置で作られるLEDデバイスの構造を示したものである<sup>(4)</sup>。



(a) InGaAlP LEDのデバイス構造例

(b) MOCVD装置の概念図

図3.3-3 MOCVD法によるLEDデバイス製法の概要

MOCVD装置の特徴は、各原料ガスの濃度比の設定によってエネルギーギャップの設定を行うことができ、発光波長を設定できることにある。InGaAlP及びMOCVD製法で生産されたLEDデバイス構造の特徴は1/4波長多層膜の形成にある。活性層からの発光はランバート光であるためにGaAs基板の方向にも出射す

るが、この発光成分は多層膜によって効果的に反射させ、有効光として活用する構造である。同じくGaAs基板を使用するGaAlAs LEDデバイスの場合には、デバイス製法に起因してこの様な多層膜を形成することが困難であったために、結晶成長後にGaAs部を除去していた技術に比較して大きな相違点であり改善点でもある。他の特徴として、MOCVD法によるLEDデバイス生産の実用化はLEDに対する新たな可能性の提供で、発光波長の設定に際して顧客選択の自由度が取り込めることである。MOCVD製法が実用化される以前に於いては、発光波長の個別要求への応接は容易な技術でなかったがこの点に於いても大きな前進であり、商品企画の自由度を促す新規技術の側面でもある。

### 3.3.4. LEDの信頼性

LEDの信頼性改善は上述した高輝度化への課題と同様に重要な側面を持つ。即ち、LEDに対する信頼性は能動形半導体素子と同一化が望まれ、無保守化が課題とされながらも現実には大きな乖離のあるのが実態である。これらは吸湿、酸化によってLEDデバイスが光吸収層を形成して生じる発光効率の減衰であり、また、ストレス印加に伴ってダークラインディフェクトが増殖して発光効率を劣化させる等が原因とされる。そして化合物半導体に於けるこれらの挙動、各現象等が能動形半導体時の劣化、摩耗現象等と大きく異なることが定量化されつつある一方で、InGaAlP LED時の大きな改善が確立されつつある。特にInGaAlP LEDの場合は、MOCVD製法による薄膜技術の実現によって積層断面の露出面積が従来のデバイス製法に比べ大幅な圧縮化が可能となり、吸湿等による影響が無視できる程の改善が可能となった。また、MOCVD製法によるデバイスの改善は電流密度と発光寿命特性の面に於いても、従来のデバイス製法によるLED時の特性を大幅に改善するデータが確認されつつある。図3.3-4にInGaAlP LEDランプの信頼性評価例を示す。

### 3.3.5. 新発光材料による複色高輝度LEDの商品化と駆動コントロールの容易化

LEDは表示する内容に合わせて、LEDデバイスを、またはLEDデバイスをパッケージに收容したLEDランプを所要数配列して構成される。即ち、数字等の比較的単純な表示に際してはセグメントの選択によって字形を構成し、漢字、イタリック字体のアルファベッ

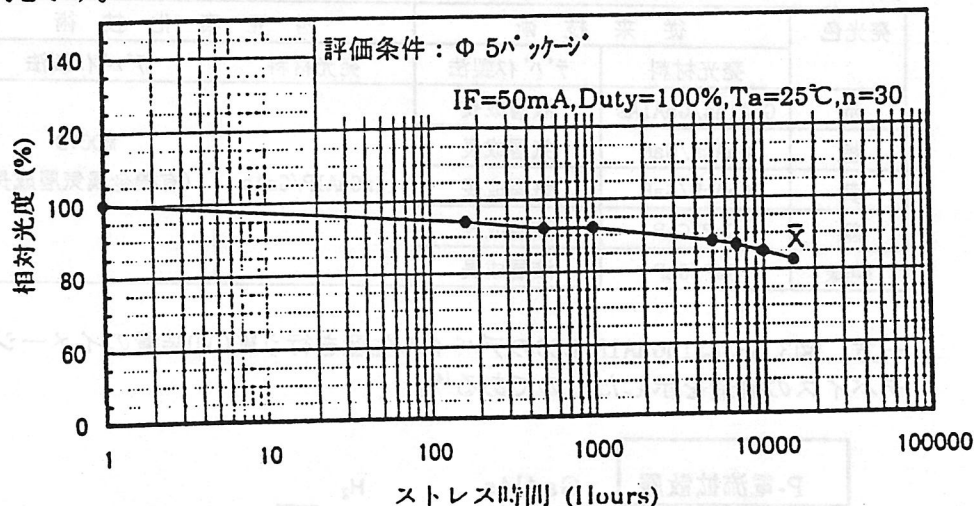


図 3.3-4 InGaAlP LEDランプの通電寿命試験評価例

ト、及びグラフィック表示等を行う際はLEDデバイス、またはLEDランプをマトリックス状に配列し、表示サイズに合わせて任意に選択点灯して表示を行う。また、複色及びフルカラー表示を行う際には、至近距離に配設した色別のLEDデバイスを任意選択点灯して補色を得る。この様な表示の方法に起因して、各色のLEDは同一の電気的、光学的、及び寿命特性を持つことが望まれるが、発光材料の違いはこれら特性の違いでもある。一例として同一発光色のLEDであっても発光材料の別で順電圧値は0.5V (@ IF=20mA)程度の差があり、直流及びパルス発光特性に於いても固有の特性を有する。

LEDを使用したディスプレイの応用に際しては、これらの固有特性を活かした駆動方法が要求され、実行された時にのみ期待の特性が発揮される。これは白熱電球を使用してディスプレイを製作する場合と本質的に相違する点でもある。赤色、橙色、黄色、緑色及び純緑色の各色LEDは、従来GaP、GaAsP及びGaAlAs等の複数の発光材料と液層及び気層のデバイス製法を用いてきたが、InGaAlP LEDの実用化はこれら各色を一混晶材料、一デバイス製法で可能化した。これは発光色を違えても各色間での電気的特性、発光特性、及び寿命特性が近似することを意味し、複色で使用する際のコントロール容易性となる。この結果、フルカラー表示を行うに際してはGaNまたはSiCとInGaAlPの2発光材料の使用と、その差特性のコントロールに容易化できる様になった。InGaAlP、GaN及びSiC LEDによる各色の高輝度化と

その商品化は、LEDディスプレイに対する従来のイメージを全面に改める程のインパクトを持つ。即ち、技術面からは発光色の制限が除去でき、LED表示素子の低価格化を課題とすることに焦点が絞られつつある。既に屋外設置のパネル、鉄道及び交通信号等の各システムに於いて、白熱球を主とする従来光源からの代替化が正帰還の途上にあるが、各色高輝度LEDデバイスの量産効果に合わせた低価格化が一層代替化を加速して行くものと期待される。

### 3.3.6. LEDデバイスに対する今後の展望

使い易さから期待されるLEDは高輝度特性と発光色間での寿命特性に差の無い事が挙げられる。上述したInGaAlP LEDは赤色から純緑色までの各色で、この命題に近づく大きく改善を達成した。この改善を通して省電力観点から信号機器等に代表される屋外対象機器への実装が国内外で計画化されると同時に、電池の長寿命化を課題とした携帯機器等への実装が急拡大した。また、プロセス技術の高度化とデバイス技術の改善による高輝度化は継続しており、限定の発光波長時は数年以内に20カンデラ(@IF=20mA, 半値全角=8°)を達成する事が期待される。然し、フルカラー表示を行う為には継続してGaInまたはSiCとInGaAlPの複数の発光材料によるLEDを使用せざるを得ず、各発光材料固有のLED特性を熟知した駆動方法と、輝度の劣化に対する補正を必要とする面は従来と同様である。一方応用面では、白熱球を主対象として設定された色度座標規格を有する機器にLED表示素子を使用する際には継続して大きな課題を有する。即ち、LEDの固有特性としての低消費電力、長寿命の2大特徴とは別に、白熱球時の色度座標規格を満足させる際の高価格化抑制への課題である<sup>(5, 6, 7, 8)</sup>。省電力手段として低照度白熱電球等からの代替素子として、広範な分野で高輝度LED表示素子に期待が寄せられているが、本格需要に応えられる迄には更に多くの改善課題を有し、実需化は緒に就いた段階である。

一例として交通及び鉄道信号への実装が国内外でスタートしたが、基本形態は白熱球からLEDへの素子だけの代替で、システム全体のLED化は未だアイデア段階に過ぎない。LEDの多色化、フルカラー化は、色別表示の為の面積を必要としない為に、信号機器を想定した際は一表示面積で主要色の表示を行う事が可能になり、システム保守面の容易化にも繋がる。また、所要表示面積を複数のLEDで構成する為に、不点灯等の不都合の発生に対しても部分的に抑える事が可能であり、システム全体への影響を避ける事が容易である。一方、配光光度仕様実現の容易性、及び反射面を不要化出来る為に入射光に対するコントラスト低下を抑止する事も容易となる等の特徴が期待される。

LEDの使い易さ改善の一手段として、短波長LEDの発光を利用して蛍光体を励起させて複色を得る技術の開発が進められている。同一の短波長LEDを用い、蛍光体励起によって赤、緑、青及び所望の色が高輝度で使用可能となる事が期待される。最大の課題は各色の輝度が注入発光時に比べどの程度まで高く出来るか、また、屋外での実用輝度とすることが出来るか等があるが、この発光方式時の最大の関心は各色の高輝度化に加え、現注入発光時の各色LEDに比べ輝度の劣化に対するパラメータをどの程度圧縮出来るかである。即ち、各色蛍光体の発光効率に大きな差が生じないとする場合は、駆動が容易化出来るのみならず、複数の単一波長LED間での輝度劣化に対する補正が容易出来るとの期待である。LEDは化合物半導体固有の困難さから改善には長期間を要する事を避け得ないが、未だ多く期待されるアイテムの開発が進行中である。(佐藤英雄)

#### 参考文献

- (1) 藤村,ほか: “光回路部品 輝度上がる可視LED”, 日経エレクトロニクス, (1991-7, 号外)
- (2) 野口宗昭: “InGaAlP高輝度LEDランプ”, 東芝レビュー, Vol. 48, No. 12, p879-882(1993)
- (3) 高橋,ほか: “ポータブル機器対応InGaAlP系LEDランプ”, 東芝レビュー, Vol. 51, No. 11, p43-48(1996)
- (4) 佐藤英雄: “高輝度LEDの屋外応用”, 応用物理, (1994-2)
- (5) 佐藤英雄: “高輝度LEDの信号応用への可能性”, 蛍光体同学会(1994-9)
- (6) 佐藤英雄: “LEDディスプレイデバイスの開発と応用”, JEE(1993-10)
- (7) 佐藤英雄: “LEDランプの信号器への応用”, エレクトロニクス, (1994-6)
- (8) 佐藤英雄: “LED表示素子の最近動向”, 光機能材料マニュアル, p341-346(1997)

### 3. 4 有機EL

#### 3. 4. 1. はじめに

有機物のEL（エレクトロルミネッセンス）現象は以前から知られていたが、1990年代になってから、発光素子としての実用化への検討が本格化した。実際、前回の報告書（ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書：平成7年2月）<sup>1)</sup>では、有機ELについては、単独での報告はなく、無機ELに追加された形式であったが、今回は単独での報告となっている。

ここで注意したいのは、過去には無機の蛍光体材料（ZnS系など）を高分子に分散した素子を有機ELと呼んでいたことがあったが、最近では有機物自身を発光材料として用いたものが有機ELと定義されている。すなわち、有機ELでは、発光素子の中心的役割を有機物が担っている。従って、当初は無機物を用いた他の発光素子に比べ、安定性（寿命）が劣り、実用化に疑問がもたれていた。しかし、最大の問題点とされていた素子の寿命も材料、素子構成などの改良で解決され、最近実用化の目処がついてきた。（連続駆動時の輝度半減寿命で1万時間以上）

1997年にはパイオニア社から車載用緑色ドットマトリックスディスプレイが発売され、有機ELが商品化された。また、1997年10月のエレクトロニクスショーにおいても、パイオニア社だけでなく、TDK社（4インチ緑色TFT駆動ディスプレイ）、NEC社（モノクロ文字表示ディスプレイ、5インチフルカラーディスプレイ）、スタンレー社（モノクロ文字表示、セグメント表示ディスプレイ）そして出光興産（5インチ並びに10インチフルカラーディスプレイ）からの試作品の展示があり、有機ELが実用化段階になったことが示された。

また、1997年5月には有機ELの国際会議が北九州で行われ、世界各地から有機ELの関係者が集まり、3日半にわたり有機ELのみを題材にして発表、討論が行われた。<sup>2)</sup>

本報告書では、有機ELの基本構成、材料から最近のディスプレイとしての展開までを簡単に報告する。

#### 3. 4. 2. 発光原理<sup>3)</sup>

ここでは、発光原理を簡単に説明する。有機ELの発光原理は、基本的には発光ダイオード(LED)に近く、いわゆる電荷（電流）注入型であり、無機ELの衝突励起型とは異なり、低電圧での発光が可能である。従って、有機ELを有機LED(OLED)と呼ぶ場合もある。

発光過程は

- ①電荷注入：両電極（陽極、陰極）からの正孔と電子の注入
- ②電荷移動（輸送）：正孔と電子の発光領域までの移動
- ③再結合、発光：正孔と電子の再結合と発光

の3段階に主にわかれる。

この発光過程を理解するために、図3.4-1のようなエネルギーレベル図を用いることが多い。図では、金属（陽極）/有機物/金属（陰極）の単層型素子を示している。（電界や界面の影響は省いている。）有機材料を変更することで、価電子レベルや伝導レベルを変化させることができ（分子設計）、電荷の注入効率や発光色を制御することが可能である。

また、低電圧で発光を実現するために、有機層を真空蒸着法などで薄膜化して素子を作製している。（薄膜型有機EL）

### 3. 4. 3. 素子構成

最も簡単な素子構成は、図 3. 4-1 で示した単層型である。しかし最近では、素子の性能や安定性の向上のため、多層型（有機物が多層型）の素子構成が中心となっている。

図 3. 4-2 に陽極／正孔輸送層／発光層／陰極という 2 層型素子のエネルギーレベル図を示す。この図より、正孔輸送層を用いることで、正孔は直接陽極から発光層へ注入されるよりも注入性が向上する。また、発光層と正孔輸送層との伝導レベルの差より、電子が発光層にたまりやすい状態になり、発光効率の向上にも効果的である。コダック社はこの 2 層型で、正孔輸送層としてジアミン化合物（正孔輸送能が高い）、発光層に A I キレート錯体（A I q）を用いて、高効率の緑色発光を実現した。（発光効率 1. 5 l m/W）これ以降、特に多層型での検討が盛んとなった。<sup>4)</sup>

より素子の効率を向上させるために、3 層、4 層型の素子も検討され、最近の実用化素子に適用されている。図 3. 4-3 には電子輸送層を加えた 3 層型素子のエネルギー図を示す。

<sup>5)</sup> この場合は、電子の注入性や発光層までの電子の輸送性の向上を目指している。また、特に最近では、正孔輸送層と陽極の間に正孔注入層を付け加えた素子構成で高性能の素子が作製されている。<sup>6)</sup> このような積層型素子では、各層の膜厚は数 nm から数百 nm の間で、性能が最適になるように調節している。

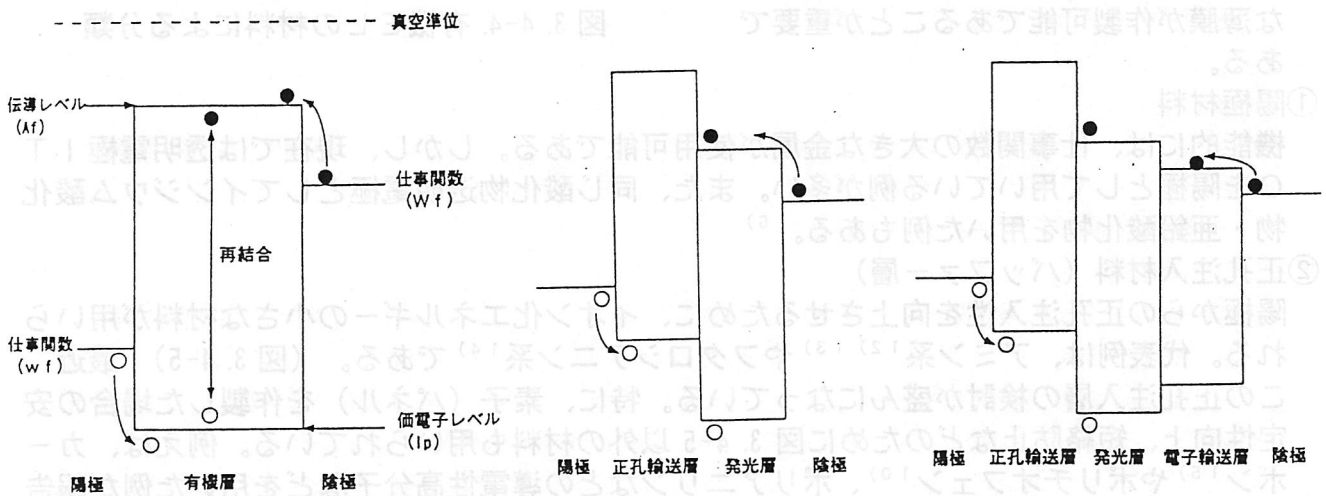


図 3. 4-1. 有機 EL の発光原理

図 3. 4-2. 2 層型素子

図 3. 4-3. 3 層型素子

今までは、各種の積層型素子の解説を行ってきたが、次にドーピング型素子構成について簡単に説明する。この方法では、発光層の中に他の蛍光性有機材料を混合（ドーピング）し、発光材料での再結合状態（励起状態）をドーピング材料にエネルギー移動させて、発光を得る。<sup>7)</sup> この方法の主な効果は以下である。

①発光層材料が固定されていても、ドーピング材料を各種変化させることで、その材料固

有の発光色を得ることができる。

②発光層の機能を分離することで、素子の効率、安定性を向上できる可能性がある。（機能分離の考え）すなわち、最も負荷の高い発光層材料の機能の一部をドーピング材料に分担する。

現在、高効率で寿命の長い素子の多くがこの方法を用いている。<sup>8-10)</sup> 一般的なドーピング濃度は数モル%であり、半導体でいうところのドーピングとは機能も濃度も異なる。作製上は、発光材料とドーピング材料を二元蒸着法で薄膜化し素子を作製していることが多い。なお、ドーピングは主に発光層に対して行われるが、正孔輸送層にドーピングして、素子の効率、安定性を向上させた例もある。<sup>11)</sup>

### 3. 4. 4. 材料

ここでは、現在有機ELに用いられている材料の典型例を報告する。

詳細な説明の前に、有機ELを材料面で分類する。（図3.4-4）大きくは低分子系と高分子系に分けられる。現在、低分子系での開発が進んでおり、先ほど紹介したパイオニア社やその他の試作ディスプレイは低分子が用いられている。ここでは、低分子系材料を中心に報告する。素子作製方法は蒸着法を用いているので、材料に要求される性能として蒸着が可能であり、均一な薄膜が作製可能であることが重要である。

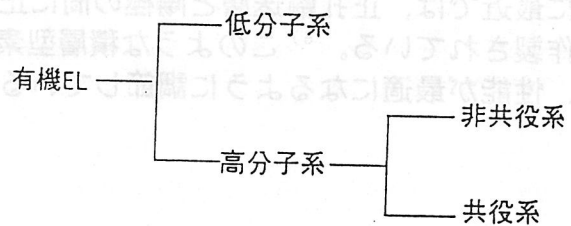


図 3. 4-4. 有機ELの材料による分類

#### ①陽極材料

機能的には、仕事関数の大きな金属が使用可能である。しかし、現在では透明電極ITOを陽極として用いている例が多い。また、同じ酸化物透明電極としてインジウム酸化物・亜鉛酸化物を用いた例もある。<sup>6)</sup>

#### ②正孔注入材料（バッファ層）

陽極からの正孔注入性を向上させるために、イオン化エネルギーの小さな材料が用いられる。代表例は、アミン系<sup>12) 13)</sup> やフタロシアニン系<sup>14)</sup> である。（図3.4-5）最近、この正孔注入層の検討が盛んになっている。特に、素子（パネル）を作製した場合の安定性向上、短絡防止などのために図3.4-5以外の材料も用いられている。例えば、カーボン<sup>15)</sup> やポリチオフェン<sup>10)</sup>、ポリアニリンなどの導電性高分子などを用いた例が報告されている。この層はITOなどの無機物と界面を形成するので、素子の安定性に重要な役割をはたすとの考えから、特にバッファ層と呼ばれることもある。

#### ③正孔輸送材料

原理的に、正孔注入層と発光層のイオン化エネルギーの中間のエネルギーを持ち、正孔輸送能に優れたものを用いることが多い。また、発光層への電子の閉じ込め（エネルギー障壁）が可能であると素子の性能を高められる。やはり、アミン系が主流である。<sup>9)</sup> <sup>10) 13) 14)</sup> 典型例を図3.4-6に示す。

#### ④発光層材料

有機ELの中心的役割を果たす材料であり、多くの研究・開発例がある。発光材料に要求される性能としては以下である。<sup>3)</sup>

- ア、電荷の注入性が良い。
- イ、電荷の移動性が良い。
- ウ、再結合効率が高い。
- エ、再結合→発光の効率が高い。（固体状態で蛍光性が強い）
- オ、薄膜性が良い。
- カ、輸送材料と界面で強い相互作用が無い。（相互作用状態を作らない）

但し、ア、イ、ウ、は発光材料だけでなく素子構成（輸送材料の選択など）で性能を補足できる。従って、特にエ、オ、カ、が重要となる。カ、は特に積層型素子構成では注意しなくてはならない。このような観点での開発の結果、現状で発光性能、寿命の点で 実用化領域にあるのが、図 3.4-7 で示す A l キレート錯体 (A l q) 系<sup>4)</sup> とジスチリルアアリーレン (D S A) 系<sup>8)</sup> である。A l q は緑色発光材料であり、ドーピングすることで緑から黄色にかけて高効率、長寿命な素子がえられている。また、この材料の発展として、2 価の A l q 材料<sup>14)</sup> や B e 錯体<sup>11)</sup> などがある。一方 D P V B i で代表される D S A 系は青色で非常に高性能な結果がえられており、青色発光で実用レベルに達した最初の例である。（性能は表 3.4-1 参照）

#### ⑤ドーピング材料

現在は、発光材料自身と同じぐらいに、開発が盛んである。代表例は、A l q 系の発光材料に対しては、キナクリドン<sup>9)</sup>、ルブレン<sup>10) 16)</sup>、クマリン<sup>10)</sup>、ペリレン系<sup>14)</sup> などである。また、D S A 系に対しては、発光材料と同系統の D S A アミン置換体で青から青緑の高効率、長寿命の性能が得られている。

#### ⑥電子輸送材料

代表例を図 3.4-8 に示す。A l q はここでは発光材料ではなく電子輸送材料として用いている。これは、素子構成・材料を調整することで A l q からの発光をおさえて電子輸送材料としての機能のみを活かしている。<sup>17)</sup>

#### ⑦陰極材料

電子注入性を向上させるために、仕事関数の小さな金属が主に用いられている。代表例としては、M g, L i, C a 系などである。しかし、仕事関数の小さな金属は酸化されやすく、安定性に欠けることが多いので、他の金属との混合や合金化で安定性を向上させていることが多い。例えば、M g 系では A g や A l との混合<sup>4)</sup>、L i 系では A l との混合<sup>9)</sup> などが用いられている。混合は、二元蒸着法でモル比を制御しながら行うことが多い。

最後に、図 3.4-4 の分類の中での高分子系材料について簡単に報告する。<sup>18)</sup>

高分子系は、更に非共役系と共役系（導電性高分子）の 2 つに分けられる。非共役系は、この高分子自身が発光する場合もあるが、現在では、高分子に低分子発光材料を分散する構成での開発が多い。材料としては、ポリビニルカルバゾール (P V K) <sup>19)</sup> などが用いられている。

一方、共役系では、この高分子材料自身が発光するものが多い。材料としては、図 3.4-9 に示すいわゆる導電性高分子が用いられている。この中で、特にポリパラフェニレンビニレン (P P V) が最近よく用いられており<sup>20) 21)</sup>、この材料に各種の置換基を導入することで、黄緑、橙色の長寿命素子がえられている。高分子系の特徴は、高分子をスピニング法などの湿式で作製できることであり、プロセスが簡単となる可能性がある。

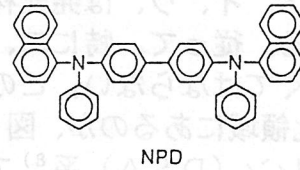
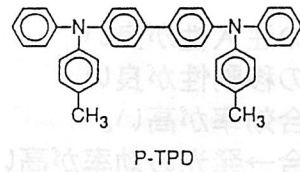
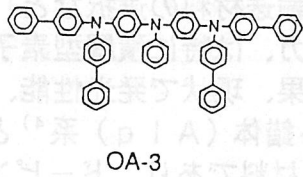
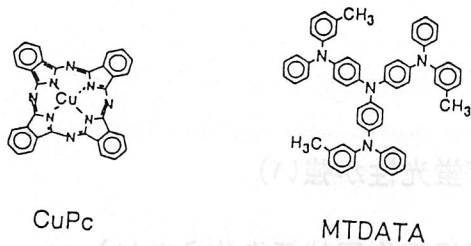


図 3. 4-5. 正孔注入材料の典型例

図 3. 4-6. 正孔輸送材料の典型例

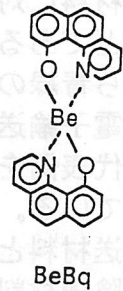
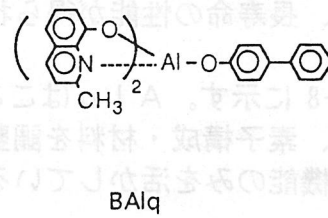
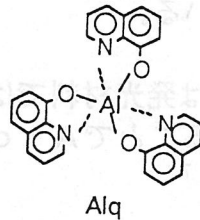
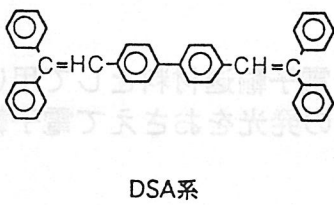


図 3. 4-7. 発光材料の典型例

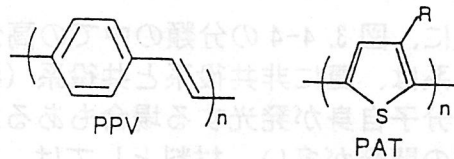
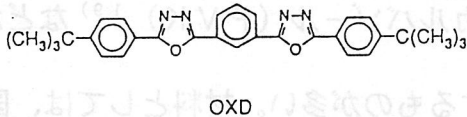
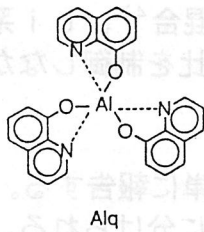


図 3. 4-8. 電子輸送材料の典型例

図 3. 4-9. 高分子発光材料の典型例

### 3. 4. 5. 基本特性

いままで報告した多くの素子構成、材料の検討の中で、現状で性能の高い素子の報告例を表1に示す。この表では、発光色、代表的な輝度での効率と半減寿命を示す。材料としては、発光材料とドーピング材料のみを示した。素子構成や各膜厚などは文献を参照され

たい。表の下の2例のみが、高分子系の結果である。

効率、ここでは単位電流あたりの輝度を示した。いわゆる変換効率でいうと、DSA系の青色発光素子で6 lm/W (100 nit)、Alq系の緑色、黄色発光素子で10 lm/W以上 (300 nit) の結果に対応しており、非常に高効率な発光がえられている。但し、現状では、高輝度の赤色発光材料がえられていない。

寿命の測定は、コダック社の測定が定電流AC法で行われていると報告<sup>14) 22)</sup>されているが、それ以外はほとんどが定電流DC駆動での結果である。寿命の定義としては、連続駆動時の輝度半減時間を用いている。また、寿命は初期輝度を増加させると減少する傾向にある。但し、現状では寿命と輝度との関係は、素子構成と材料によって少し異なっている。いずれにしても、低分子系では表の結果をもとにすると、初期輝度が200 nit程度の実用域で、半減寿命1万時間以上が実現されている。赤色では、やはり実用化に近い寿命の材料は見出されていない。

表 3. 4-1. 有機EL素子の性能

発光材料	ドーパント	発光色	輝度 (nit)	効率 (cd/A)	寿命 (時間)	文献
DSA系	DSA系	青	200	8~10	1万	8)
BAlq	ペリレン	青	300	1.8	1500	14)
Alq	ナフトレン系	緑	1600	7	6000	22)
Alq	ナフトレン系	緑	300	10	1万以上	9)
Alq	ルプリン系 クマリン系	黄	300	10	数万	10)
BeBq	ルプリン系	橙	530	10	3500	11)
Alq	ルプリン系	橙	535	3.5	4000	16)
PPV系		橙	80	1.3	1万	21)
PPV系		黄緑	100		~5000	22)

表1の結果は主に、DC駆動での結果であったが、最近パルス駆動での性能評価の結果が報告されている。これは、有機ELを単純マトリックス駆動のドットマトリックスディスプレイとして展開しているため、パルス駆動での性能が重要視されてきていることを反映している。DSA青色素子では、パルス駆動時の電圧に対する輝度特性が報告されており、非常に小さなデューティ比(D=0.002)においても20Vの印可電圧で100 nit以上の輝度が実現可能であることが示された。<sup>6)</sup> また、この素子では応答時間が非常に早いことも示されている。一方、Alq緑色発光素子でもパルス駆動時の寿命が報告されており、初期200 nitからの半減寿命が1万時間程度であることが示された。<sup>23)</sup>

### 3. 4. 6. ディスプレイへの展開

有機ELの展開としては、各種光源なども考えられるが、ここでは、最近のディスプレイへの展開状況について報告する。ディスプレイとしては、液晶に比べより薄型で、自発光による視認性の良さが特徴である。

#### ①モノクロディスプレイ

現在、有機ELの商品化の第1番目として、モノクロ（単色）ドットマトリックスディスプレイがパイオニア社によって商品化された。また、各社から試作品の発表も行われている。このようなドットマトリックスディスプレイを実現するために最近開発された技術として陰極の新しい加工法がある。<sup>8) 23)</sup> ドットマトリックスの場合は、陽極と陰極をストライプ状に加工しなければならない。現在は、有機ELの作製法として、ストライプ状に加工された透明電極基板の上に、有機物、陰極を順番に真空蒸着法で成膜している。この場合、陰極をストライプ状に加工する必要がある。有機ELは、現状では陰極や有機物の問題で、通常の湿式による加工法を素子作製後行うのは困難である。また、陰極をシャドーマスクを用いて蒸着し、加工することもできるが、ドットサイズが小さくなるとこの方法にも限界がある。今回開発された方法は、層間絶縁壁（リブ）をストライプ状に加工し、陰極を分離する方法である。（図 3.4-10）まず、ストライプ状の透明電極基板上に陽極と垂直方向に絶縁壁を加工する。この後、有機物と陰極を順次蒸着すると、陰極は絶縁壁のためにストライプ状に分離される。この分離を確実にを行うために、絶縁壁を逆テーパ状に加工している。

この陰極分離法を用いて、パイオニア社によって商品化された緑色ドットマトリックスディスプレイの製品仕様を表2に示す。<sup>23)</sup> 単純マトリックス法により、 $256 \times 64$ ドットが線順次で駆動されている。輝度は $100 \text{ nit}$ であるが、非常にコントラストが高く視認性に優れている。車載用の文字表示ディスプレイとして発売されている。

また、はじめに述べたようにNEC<sup>24)</sup>、スタンレー社<sup>25)</sup>からも文字表示のモノクロドットマトリックスディスプレイが試作、展示された。また、高分子材料を用いた簡単なモノクロドットマトリックスも試作されている。一方、出光興産では、5インチQVGA ( $240 \times 320$ ドット)の青色モノクロTVが試作され、単純マトリックス駆動でビデオレートの表示に成功している。<sup>8)</sup>

高温での耐久性については、パイオニア社が既に緑色で車載用として販売していることから、通常の耐久性は十分達成されている。また、DSA系青色発光素子についても、 $85^\circ\text{C}$ で500時間以上の保存安定性があることが示されている。<sup>8)</sup>

#### ②カラーディスプレイ

次に、有機ELのカラーディスプレイへの展開について報告する。

まず、有機ELを用いた各種のカラー化方式について図 3.4-11 に示す。RGB三色発光層法では、RGBなど発光層を別々に作製する。この方法では、視認性に非常に優れたカラーディスプレイを実現できる可能性を持っている。既に、ソニー社より $8 \times 9$  (RGB 3ペア)の小型パネルの試作<sup>26)</sup>やNEC社から5インチQVGAのフルカラーディスプレイの試作<sup>24)</sup>が報告されている。但し、この方法で高精細フルカラーを実現するには、3色の発光層をパターンニングする必要があり、通常の湿式法では素子に損傷を与える。シャドーマスクを用いた蒸着で色分けすることも可能であるが、高精細化は困難と思われる。また、3つの発光層（材料）とも効率、寿命で優れた物が必要となるが現状ではそのような材料は無い。

次に白色法では、白色のEL素子を作製し、カラーフィルターで色分けを行う。三色

発光層法に比べ、発光層をパターンニングする必要が無い。但し、カラーフィルターを用いた白色からのRGB取り出し効率が、後述する色変換法に比べ劣ると考えられる。従って、白色ELには、より高輝度、高効率求められるが現状ではかなり困難である。但し、カラーフィルターを用いて、マルチカラーディスプレイを実現することについては、既にTDK社により、高輝度の緑、黄、赤3色ドットマトリックスディスプレイが報告されている。<sup>10)</sup> このディスプレイは2種類のドーパントを用いた発光をカラーフィルターで3色に分けており、輝度100nitで256x64ドット(ドットサイズ0.3x0.3mm)を単純マトリックスで駆動している。

最後に、図3.4-11の色変換法について報告する。これは、青色有機ELを色変換層を用いて、緑、赤などに変換しカラー化を実現するものである。白色法と同じで、発光層のパターンニングの必要が無い。青色についてはカラーフィルターで色調節を行い、緑、赤については主に蛍光変換を用いている。色変換膜は、印刷やフォトリソグラフ法で高精細化が可能である。また、現状でも高輝度、高効率の青色有機EL素子が存在し、蛍光による変換は効率が高いので実用の可能性が強い。この方法については、既にRGBマルチカラーディスプレイの試作<sup>27)</sup>を終了し、1997年には出光興産により5インチQVGA<sup>6)</sup>と10インチVGA<sup>28)</sup>のフルカラーディスプレイが試作された。これらは、単純マトリックスで256階調で駆動され、動画(ビデオレート)表示が可能であった。図3.4-12に、色変換法を用いたときのRGB発光色と図3.4-13に10インチディスプレイの写真を示す。その他のカラー化方法として、各色の素子をスタッキングさせる方法<sup>29)</sup>も提案されている。

今迄は、単純マトリックス方式の駆動について報告したが、TFTを用いたアクティブマトリックス駆動を用いた有機ELディスプレイについてもTDK社によって試作されている。<sup>30)</sup>

表 3. 4-2. パイオニア社のパネル仕様

Panel Structure	Passive Matrix
Number of Dots	256x64
Dot Size	0.34mmx0.30mm
Gap between Dots	0.03mm
Display Area Size	94.7mmx21.1mm
Driving Scheme	Line-successive Scan
Duty Cycle	1 / 64
Frame Rate	150 Hz
Luminance	100 cd/m <sup>2</sup>
Contrast Ratio	>100:1 at 500 lux
Power Consumption	0.5W max. (panel only)
Required Voltage	9 V

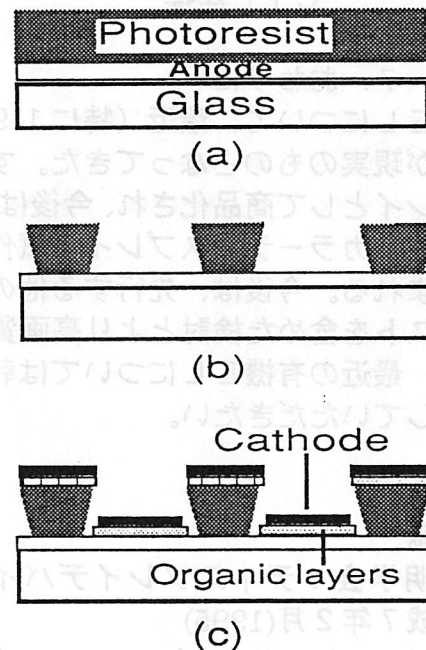


図 3. 4-10. 絶縁壁を用いた陰極加工法

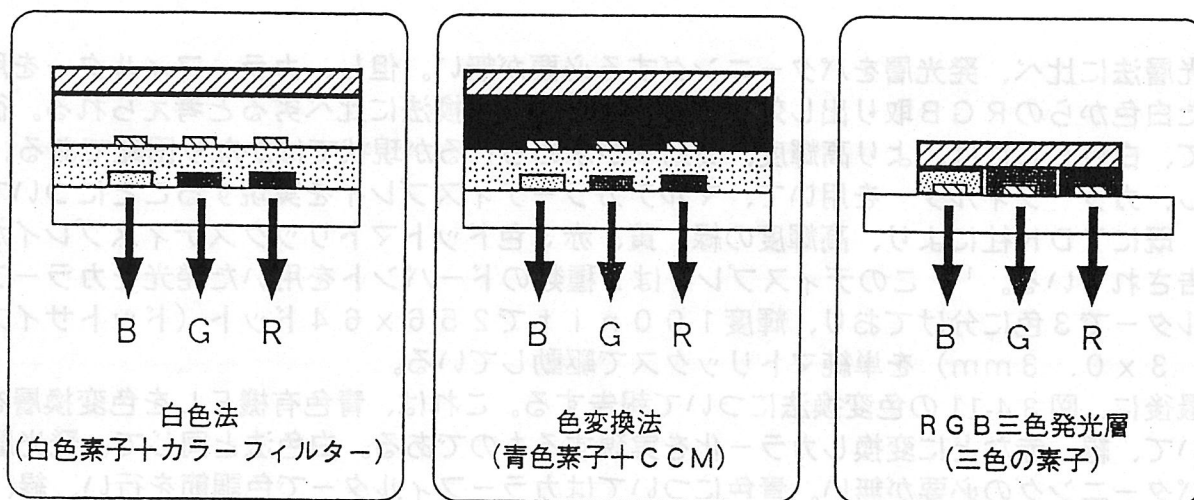


図 3. 4-11. カラー化方式

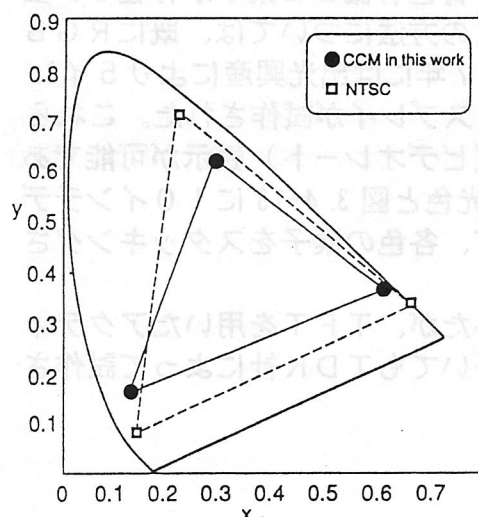


図 3. 4-12. 色変換法を用いたRGBの  
CIE座標

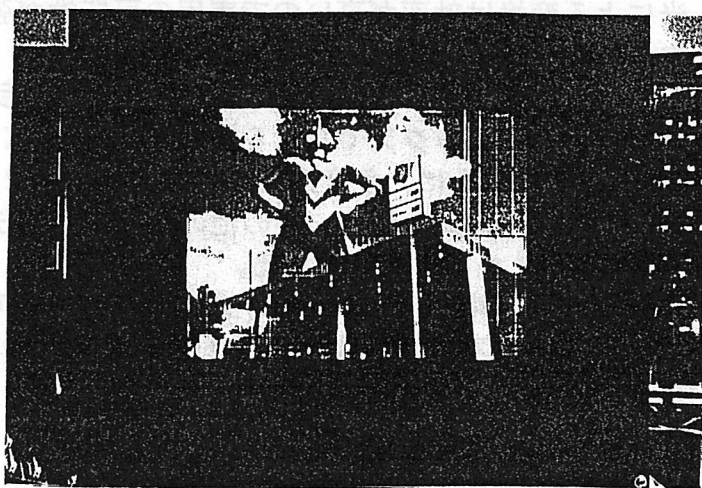


図 3. 4-13. 10インチVGAフルカラー  
ディスプレイの写真

### 3. 4. 7. おわりに

有機ELについて、最近（特に1997年）の動向について報告した。3年前に比べ、実用化が現実のものとなってきた。すなわち、有機ELがモノクロドットマトリックスディスプレイとして商品化され、今後はマルチカラーを含めて商品化が進展すると思われる。また、フルカラーディスプレイの試作も行われ、新しいディスプレイとしての大きな進展が見込まれる。今後は、先行する他のディスプレイに対抗し更に市場をのぼすために、製造、コストを含めた検討とより高画質を実現するための技術開発が必要となる。

なお、最近の有機ELについては報告例が多くなり、今回の報告はその一部であることを了承していただきたい。

(楠本 正)

### 参考文献

- 1) 照明学会：ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書，9.E Lディスプレイ，平成7年2月(1995)
- 2) International Conference on Electroluminescence of Molecular Materials and Related Phenomena (ICEL), Kitakyusyu, Japan(1997)

- 3) 赤崎：青色発光デバイスの魅力、4-2有機EL素子、工業調査会、(1997)
- 4) Tang, C. W., Vanslyke, S. A. : Appl. Phys. Lett., 51(1987)913
- 5) Adachi, C., Tsutsui, T., Saito, S. : Appl. Phys. Lett., 55(1989)1489
- 6) Matsuura, M., Eida, M., Funahashi, M., Fukuoka, K., Tokailin, H., Hosokawa, C., Kusumoto, T. : Proc. IDW'97, (1997)581
- 7) Tang, C. W., Vanslyke, S. A., Chen, C. H. : J. Appl. Phys., 65(1989)3610
- 8) Hosokawa, C., Eida, M., Matsuura, M., Fukuoka, K., Nakamura, N., Kusumoto, T. : SID'97 Digest, (1997)1073
- 9) Wakimoto, T., Murayama, R., Nagayama, K., Okuda, Y., Nakada, H., Tohma, T. : SID'96 Digest, (1996)849
- 10) 中谷、荒井、鬼塚、井上、小玉、田中、田辺：第28回高分子錯体研究会講座講演要旨集、(1997)33
- 11) Hamada, Y., Sano, T., Shibata, K., Kuroki, K. : Jpn. J. Appl. Phys., 34(1995)L824
- 12) 脇本、村山、佐藤、仲田、今井、桑原、稲田、城田：第40回応用物理学会関係連合会講演予稿集、(1993)1146
- 13) 川村、東、中村、細川、楠本：第28回高分子錯体研究会講座講演要旨集、(1997)15
- 14) Vanslyke, S. A., Bryan, P. S., Tang, C. W. : Proc. Inorganic and Organic EL-8, (1996)195
- 15) Gyotoku, A., Iwanaga, H., Hara, S., Komatsu, T., Shirinashihara, M., Sakanoue, K. : Abstract ICEL, (1997)12
- 16) Sato, Y., Ichinosawa, S., Kanai, H. : Proc. Inorganic and Organic EL-8, (1996)255
- 17) 松浦、東、東海林、細川、楠本：応用物理, 62(1993)1015
- 18) 城戸：ディスプレイ アンド イメージング, 5(1997)299
- 19) Kusano, H., Kitagawa, M., Shiraishi, N., Hosaka, S., Kawakami, S., Sugioka, K., Ichino, K., Kobayashi, H. : Proc. IDW'97, (1997)589
- 20) Paker, I. D. et al. : SID'97 Digest, (1997) 786
- 21) Berntsen, A., Weijer, P., Croonen, Y., Liedenbaum, C., Vleggaar, J. : Conference Record of Int. Disp. Research Conf., (1997)F-28
- 22) Tang, C. W. : SID'96 Digest, (1996)181
- 23) Tohma, T. : Conference Record of Int. Disp. Research Conf., (1997)F-1
- 24) NEC社：エレクトロニクスショー '97
- 25) スタンレー社：エレクトロニクスショー '97
- 26) 浅井、鬼島、岸井、奥田：ディスプレイ アンド イメージング, 5(1997)279
- 27) Matsuura, M., Tokailin, H., Eida, M., Hosokawa, C., Hironaka, Y., Kusumoto, T. : Proc. Asia. Display'95, (1995) 269
- 28) 出光興産社：エレクトロニクスショー '97
- 29) Burrows, P. E., Shen, Z., Forrest, S. R. : Conference Record of Int. Disp. Research Conf., (1997)318
- 30) TDK社：エレクトロニクスショー '97

## 3.5 画質改善

### 3.5.1 はじめに

高度情報化が進みマルチメディアが盛んとなっている現在、そのキーデバイスとして、ディスプレイが大きな注目を集めている。その中でも、大型化容易、自発光で視野角が広く、応答速度が速いプラズマディスプレイが特に世界の脚光を浴びている。それに伴って、パネル特性向上、製造技術などの研究にしのぎがけずられている。表 3.5-1 に示すような高輝度化、高コントラスト化、高精細化パネルが実現されているが、画質の面では、ブラウン管と比べて劣る。特に、ブラウン管では、全く存在しない動画偽輪郭という新しい画質に関する問題が発生する [1, 2]。この動画偽輪郭の発生原因とその低減方法について詳しく述べる。

表 3.5-1 PDP の特性

仕様	SXGA	NTSC
画素数	1280x1024	852x480
輝度	150cd/m <sup>2</sup>	500cd/m <sup>2</sup>
コントラスト	80:1	500:1
階調数	256	256
表示色数	1,067 万	1,067 万

### 3.5.2 動画偽輪郭

#### 3.5.2.1 PDP の階調表示方式と動画偽輪郭

PDP では 1TV フィールド内の発光回数を変えることにより階調を表現する、フィールド内パルス数変調という方式を用いる。この方式の例として図 3.5.2.1 に AC 型 PDP における 8 ビット 256 階調の場合の発光スキームを示す。1TV フィールドは、それぞれアドレス期間と表示期間からなる 8 つのサブフィールドに分けられ、表示期間の時間幅は、1:2:4:8:16:32:64:128 の比とする。したがって、CRT のような走査された際の一瞬の発光とは異なり、PDP の発光は最大でほぼフィールド全体に広がる。

この方式により、静止画に対しては十分な階調表示が可能であるが(実際は静止画でも、首を振るなどして視線を動かすと、同様な乱れが見られる)、例えば、人の肌のように階調が滑らかに変化する部分のある動画を表示した場合、階調や表示色に乱れが生じる。この階調の乱れは、偽輪郭や量子化ノイズに似ているため、動画偽輪郭と呼ぶ。この階調の乱れの実例を図 2 に示す。図 2(a) は左右両端が階調レベル 0、中央が階調レベル 255 のグラデーションパターンの静止画である。このパターンを速度 3 画素ピッチ/フィールドで右に動かすと、(b) のように白および黒の線が出現する。また同速度で左に動かすと、白黒が反転する。

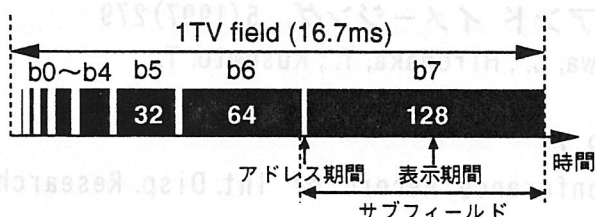


図 3.5-1 AC 型 PDP の発光スキーム



(a) 静止画



(b) 左へ移動

図 3.5-2 動画偽輪郭の実例

#### 3.5.2.2 動画偽輪郭の発生原理

ある画素の階調レベルが 127 から 128 に移る場合を例に、図 3.5-3 を用いて動画偽輪郭の発生メカニズムを説明する。(a) と (b) の縦軸は TV フィールド (F) で規格した時刻である。ある画素が、はじめの 3 フィールドはレベル 127 で、次の 3 フィールドはレベル 128 を表示しているとする。図中、各サブフィールドのアドレス期間は無視している。(a) は、視点を固定した場合の発光軌跡である。(b) は、視点がパネル上を 1 画素/F で

右方向に移動した場合の発光軌跡であり、横軸は網膜に固定した座標としている。図の下部には眼の残像効果を考慮して計算したそれぞれの場合に網膜が認識する発光強度を示している。これからわかるように (b) の場合は階調の境界に暗い乱れが現れている。もし、最初の3フィールドの階調レベルが128、次の3フィールドが127であれば、あるいは視点が左方向に移動していれば、境界部分には明るい乱れが現れる。図1の発光スキームを用いる場合、階調レベル127を表示するときは、1フィールド期間内の前半にある7つ (b0~b6) のサブフィールドが発光し、レベル128では後半にあるピット7が発光する。すなわち、レベル127と128では1フィールド内の発光の時間的位置が大きく異なってしまう。そのため、図の3F前後1フィールドにわたって発光しない期間ができてしまう。この発光の時間的な不均一が、視点が像を追従することにより空間的な不均一に変換され、乱れが発生する。これが動画偽輪郭の発生原因である。

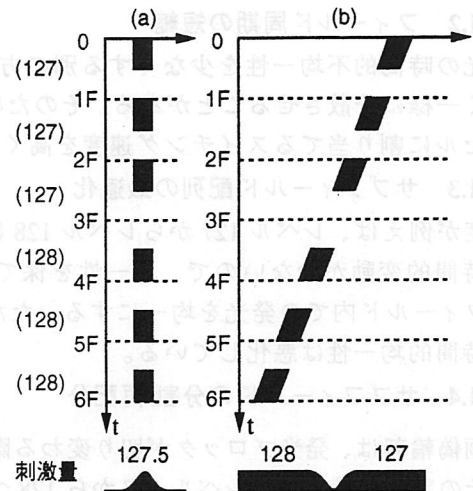


図 3.5-3 偽輪郭の発生原理

### 3.5.2.3 偽色の発生

動画偽輪郭による階調の乱れは、同時に色の乱れの原因ともなる。図3.5-4は赤と青を混合してできたマゼンタの物体が左に移動しているところである。もし赤がレベル128で発光を続け、青はレベル127から途中で128レベルに変わるとすると、図3.5-3に示したのと同様に青色に暗い部分が現れる。この結果マゼンタの中央に赤い部分が発生してしまう。このようにして、例えば人間の顔が動いた時、頬に肌色と異なる色のキズが頬に現れる。

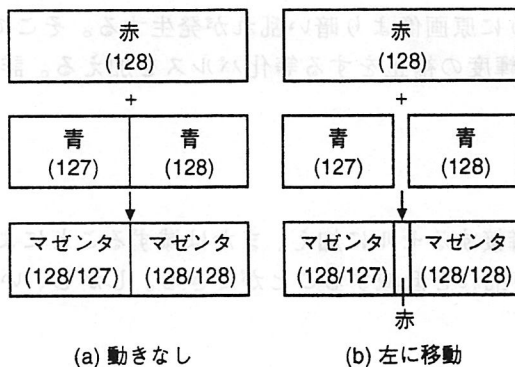


図 3.5-4 偽色の発生

表 3.5-2 動画偽輪郭を減らす方法

発光の時間・空間的な均一化
(a) 発光期間の短縮
(b) フィールド周期の短縮 [3]
(c) サブフィールド配列の最適化
(d) サブフィールドの分割/再配分 [4]
(e) 等化パルスの付加 [5, 6]
乱れの拡散
(a) 誤差拡散法
(b) 画素拡散法 [7]
(c) 3D-scatter 法 [8]

### 3.5.3 動画偽輪郭の低減策

動画偽輪郭は、フィールド内パルス数変調方式を用いる限り、完全に無くすることは不可能である。しかし、画質の点から見て許容される範囲まで低減すればよい。動画偽輪郭の低減策としては、表3.5-2のように大別して2つにわけられる。

#### 3.5.3.1 発光の時空間的均一化

##### 3.5.3.1.1 発光期間の短縮

発光の時間的な不均一がおこるのは、PDPの発光期間が1フィールド全体に広がっているためである。従って、1フィールドにおいて発光する期間を十分狭い範囲に収めればよい。すなわち、最大発光期間をなるべく短くすればよい。しかし、この方法は輝度が低くなるため好ましくない。

### 3.5.3.1.2 フィールド周期の短縮

発光の時間的不均一性を少なくする別の方法として、発光期間を時間的に、あるいは網膜上で空間的になるべく一様に分散させることがある。そのためには、フィールド周期を短縮すればよい。しかし、この方法は放電セルに割り当てるスイッチング速度を高くしなくてはならない。

### 3.5.3.1.3 サブフィールド配列の最適化

輝度が例えば、レベル 127 からレベル 128 に変化する時に、図 1 の発光スキームより図 3.5-5(a) のほうが発光の時間的変動が少ないので、均一性を保てる。このように、サブフィールド配列を並び変えることによって、フィールド内での発光を均一にする。ただし、この配列は、レベル 63 からレベル 64 に変化するときの発光の時間的均一性は悪化している。

### 3.5.3.1.4 サブフィールドの分割/再配分

動画偽輪郭は、発光ブロックが切り変わる際に発生するが、その乱れの量は階調レベル 127 から 128 への移行のように、大きなブロックの変動で最も大きくなる。したがって、ブロックの比較的長い上位ビットを分割することによって時間的不均一性は改善される。図 3.5-5(b) の変形 2 進符号化発光表示方式は上位の 2 ビット 64 と 128 を組合せ、48 レベルを持つ 4 つのサブフィールドに分割したものである。この方法によれば、例えば輝度レベル 48 を選択する際、4 つの中のどの発光ブロックを選んでもいい。またこれらのブロックの位置をフィールド内で移動してもよい。さらに、図 3.5-5(b) のようにサブフィールドを再配置するとフィールド内の発光が時間軸方向に分散される。しかし、この方法はサブフィールド数の増加によるスイッチング高速化の問題などがでてくる。



図 3.5-5 変形発光スキーム

### 3.5.3.1.5 等化パルス法

階調レベルが 127 から 128 に変化するとき、図 3 に示したように原画像より暗い乱れが発生する。そこで、原画像と実際に表示される画像の明るさを等しくするために、輝度の補正をする等化パルスを加える。詳しい説明は 4 章で述べる。

### 3.5.3.2 乱れの拡散

#### 3.5.3.2.1 誤差拡散法

オリジナルの画像と表示画像の輝度の差を検出し、その差を隣接するセルに加え、または減ずることによって、乱れを拡散させる方法である。その他に、ディザ法も階調の乱れを低減することができる。しかし、いずれも解像度が低下する。

#### 3.5.3.2.2 画素拡散法

入力輝度レベルに対して、2 フィールドにわたる時間的平均が本来の輝度となるような 2 つの出力特性を持った信号変調器を用いて、画素ごとに水平、垂直および時間方向が異なるよう選択的に使用する。こうすることにより、サブフィールドの大きな変化が分散され、乱れを拡散することができる。ただし、空間・時間分解能が低下する。

#### 3.5.3.2.3 3D-Scatter 法

この方法はサブフィールドの分割/再配置方法による変形 2 進符号化発光表示方式の発光サブフィールド選択の冗長性を活かし、各フィールドの垂直ライン、水平ライン、画素毎に発光パターンを選ぶことによって、長いライン状の乱れをドット状に時・空間的に分散させる。

### 3.5.4 等化パルス法

#### 3.5.4.1 従来のも等化パルス法

階調の乱れは、あらかじめ予測することができるため、もし、図 3.5-3 のような暗い乱れが発生するのであれば、この部分に対応する原信号に補正用発光、すなわち等化パルスを加えればよいし、逆に明るい乱れ

が予測される場合は、原信号の発光強度を減らす、すなわち負の等化パルスを加える。図 3.5-6 は、図 3.5-3 と同様に、画素の発光デューティが 100% の場合である。図中の  $I(t)$ 、 $B(t)$  および  $S$  はそれぞれ放電セルの発光状態、視認される強度の時間的変化および  $B(t)$  の時間積分値である。はじめの 2 フィールドはレベル 127、つぎの 2 フィールドはレベル 128 の階調を表示している。レベル 127 からレベル 128 に変化するとき、もし  $S$  が  $S_1 < S_2 < S_3$  の関係を満足すれば、中間調の乱れは生じない。しかし、(b) は、明らかにこの関係を満足しない。この場合、階調の境目は原画像よりも暗く表される。このとき、強度  $\Delta S$  を  $S_2$  に補充し、 $S_1 < S_2 + \Delta S < S_3$  とすれば、中間調の乱れは生じない。このため、発光強度が (c) で表される、階調レベル 63 に相当する等化パルスを、発光のない 1 フィールドのほぼ真中に加える。この等化パルスの視認される強度  $B(t)$  を (d) に示す。このような等化パルスを原信号に加えた場合の  $I(t)$ 、 $B(t)$  をそれぞれ (e)、(f) に示す。(b) と (f) を比べると、視認される発光強度の乱れが減少していることがわかる。特に、明るすぎる量と暗すぎる量とが相殺されるため、十分離れている位置から表示画像を観測すると、中間調の乱れは認識できなくなる。また、挿入する等化パルスが負の場合では、既存する発光ブロックを減らして、輝度を減らす。この方法では画像の移動速度、方向によらず動画偽輪郭を低減できる。しかし、速度の増加に伴い低減効果がうすれ、必ずしも満足できる画質が得られない。

### 3.5.4.2 動き補償等化パルス法

動きの速い画像に対する偽輪郭の低減策としては、動き補償等化パルス法が提案された。この方法では、放電セルに加える等化パルスの総量を一定に保ちつつ、視認される発光パターンの位置的变化が一様になるように、移動速度に応じて、各等化パルスに重みをつける。例えば、左側に階調レベルが 127、右側に階調レベルが 128 のダブルベルトを左に 3 画素  $F$  で動かすと、3 つの画素の階調レベルが 127 から 128 に移動することになる。等化パルス法の原理に基づくと、この 3 つの画素に階調レベル 63, 63, 63 の等化パルスを挿入するが、動き補償等化パルス法では、その 3 つの画素に 2, 1, 0 のような重みを付けた等化パルスを順に挿入することによって、さらに偽輪郭が低減できる。なお、重み付け等化パルスの量は移動速度によって異なる。動き補償等化パルス法の効果をシミュレーションで求め、図 3.5-7 に示す。左半分がレベル 127、右半分がレベル 128 の表示画像が、移動速度が 3 画素  $F$  で左に移動している場合、網膜上の刺激と、眼の線広がり関数特性を畳み込んで計算したものである。図中の A、B および C はそれぞれ等化パルスを与えていない場合、従来の等化パルス挿入した場合、および重み付け等化パルスを与えた時に輝度の増減がかなり抑えられ、偽輪郭が低減されていることがわかる。

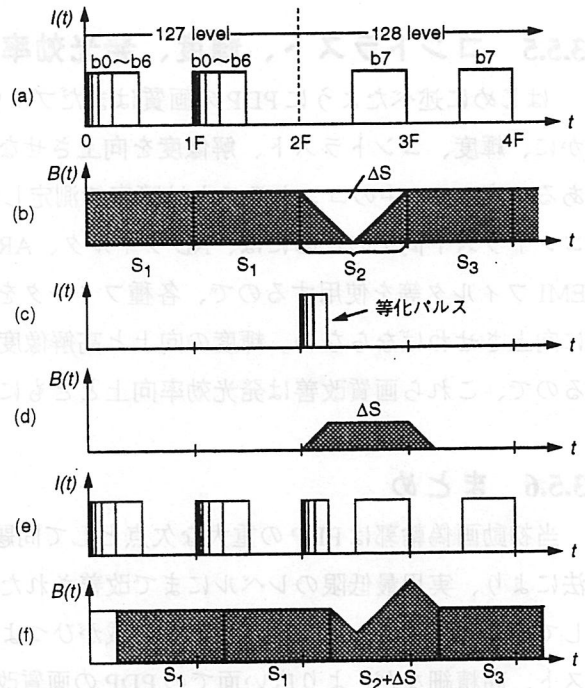


図 3.5-6 等化パルス法の原理

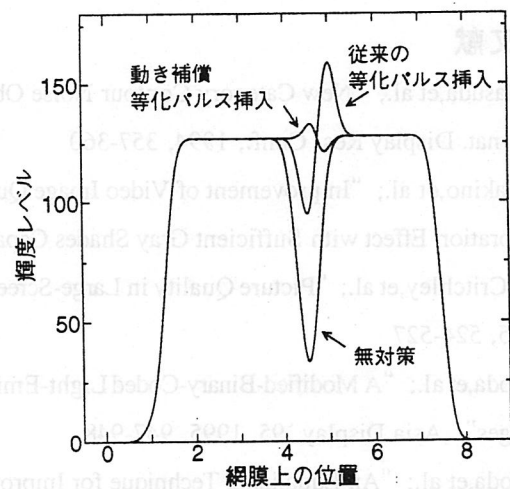


図 3.5-7 視認される中間調の乱れ ( $v=3$  画素/ $F$ ) 左側は 127 レベル、右側は 128 レベル

### 3.5.5 コントラスト、輝度、発光効率

はじめに述べたようにPDPの画質はまだブラウン管には及ばない。これまで述べた動画偽輪郭の低減のほかに、輝度、コントラスト、解像度を向上させなければならない。画質の点ではコントラストが特に重要である。表3.5.-1中のコントラストは暗室で測定した値であるが、室内光の下で100:1程度が必要である。コントラスト向上のためには、NDフィルタ、ARフィルタ等を使用するが、このほかにもカラーフィルタ、EMIフィルタ等を使用するので、各種フィルタを透過後の輝度は大きく低下する。したがって、輝度をさらに向上させねばならない。輝度の向上と高解像度化による放電セル数の増加は、消費電力の増加へとつながるので、これら画質改善は発光効率向上とともに進めなければならない。

### 3.5.6 まとめ

当初動画偽輪郭はPDPの重大な欠点として問題視されてきたが、その発生メカニズムの解明と各種の低減法により、実用最低限のレベルにまで改善された。しかし、まだ十分とは言えない。PDPが家庭用テレビとして普及してゆくためには、更なる低減がひつようである。今後は、実用化に向けて、高輝度、高コントラスト、高精細など、より広い面でのPDPの画質改善および評価が必要となる。また、主観評価を含めたPDP画質の評価法の確立も必要である。

(Yi-Wen Zhu, 御子柴茂生)

### 参考文献

- [1] T.Masuda, et al.; "New Category Contour Noise Observed In Pulse-Width-Modulated Moving Images" , Conf. Rec. Internat. Display Res. Conf., 1994, 357-360
- [2] T.Makino, et al.; "Improvement of Video Image Quality in AC-Plasma Display by Suppressing the Unfavorable Coloration Effect with Sufficient Gray Shades Capability" , Proc. Asia Display `95, 1995, 381-384
- [3] B.R.Critchley, et al.; "Picture Quality in Large-Screen Projects Using the Digital Micromirror Device" ,SID 95 Digest, 1995, 524-527
- [4] K.Toda, et al.; "A Modified-Binary-Coded Light-Emission Scheme for Suppressing Gray Scale Disturbances of Moving Images" ,Asia Display `95, 1995, 947-948
- [5] K.Toda, et al.; "An Equalizing Technique for Improving the Gray Scale Capability of Plasma Display" ,Proc. Euro Display `96, Oct. 1996, 947-950
- [6] Y-W Zhu, et al.; "A Motion-Dependent Equalizing-Pulse Technique for Reducing Gray Scale Disturbances on PDP`s" , SID 97 Digest, May 1997, 221-224
- [7] 渡辺、他; "PDPの動画偽輪郭低減に関する一検討"、1996年電子情報通信学会エレクトロニクスサイエティ大会、1996、408
- [8] T.Yamaguchi, et al.; "An Improvement of PDP Picture Quality by Three-Dimensional Scattering of Dynamic False Contours" ,SID 96 Digest, May 1996, 291-294

## 4. ディスプレイ応用技術

- 4.1 PDP (Plasma Display Panel )
- 4.2 AMLCD (Active Matrix Liquid Crystal Display )
- 4.3 高分子分散型 LCD
- 4.4 CRT (Cathode Ray Tube )
- 4.5 VFD (Vacuum Fluorescent Display )および  
FED (Field Emission Display )
- 4.6 無機 EL
- 4.7 大画面ディスプレイ
- 4.8 3D ( Three Dimension)ディスプレイ



## 4.1 PDP

### 4.1.1 AC型PDP

### 4.1.2 DC型PDP



## 4.1.1 AC型PDP

### 4.1.1.1はじめに

1996年はエレクトロニクスショーに各社の40インチ級の大型カラーPDPが勢揃いし、また大規模な投資計画が相次いで発表され「カラーPDPテレビ元年」と呼ばれた。「カラーPDPテレビ2年」と呼ぶべき1997年は、本格的な量産への立ち上げと、長野オリンピックに向けて50インチ級ハイビジョン対応のPDPが開発された年であったと言えるであろう。エレクトロニクスショー'97でもPDPは主役であった。表4.1.1-1に、この時の主要な展示品を記す。

表4.1.1-1 1997年エレクトロニクスショー主要展示品

	富士通	NEC	松下		三菱	日立	ハイネック
方式	AC面放電	AC面放電	AC面放電	DC	AC面放電	AC面放電	AC面放電
画面サイズ	42"	50"	50"	42"	46"	41"	50"
アスペクト比	16:9	16:9	16:9	16:9	16:9	4:3	16:9
画素数	?*1024	1365*768	852*480	1920*1035	852*480	1024*768	1280*768
トリプレット	?	0.81*0.81	?	0.48*0.5	1.188*1.188	0.81*0.81	0.858*0.808
輝度	350	200	250	110	300	150	350(*)
コントラスト	?	300:1	350:1	400:1	500:1	300:1	?
備考	1024本走査	カラーフィルター付					フィルター無輝度

注・各社の正式な発表ではないデータも含む。また、全ての展示品を網羅したものではない。

- ・松下のDC型はセル数、セルピッチ。
- ・輝度の単位は $\text{cd}/\text{m}^2$ 、コントラストは暗室内。輝度、コントラストの定義は統一されていない。

表4.1.1-1からわかる通り、製品に近いレベルでは、明らかにAC面放電型が主流である。それには当然理由がある。本稿では、「AC面放電型がなぜ、主流であるのか？」を中心に、AC型PDPのパネル構造、駆動方法、動画偽輪郭対策の開発動向について述べる。

### 4.1.1.2パネル構造

図4.1.1-1にAC面放電型カラーPDPと、AC対向放電型及びDC型カラーPDPの代表的なセル構造の断面図を示す。表示の発光を取り出す方向は図の左側である。またDC型の予備放電セルは、実際には2つの表示放電セルに対して1つの割合である。

まずプロセスの容易さについて、この3つの方式の比較を行う。同じAC型で面放電型(3電極)と対向放電型(2電極)とを比べると、1つの放電セルあたりの電極数は、対向放電型の方が少ない。しかし2電極対向型は真空プロセスであるMgO蒸着を前面基板と背面基板との2回行わなければならない。さらに蛍光体の表面にMgOをつけない蒸着プロセス、もしくはMgO表面を汚染せず

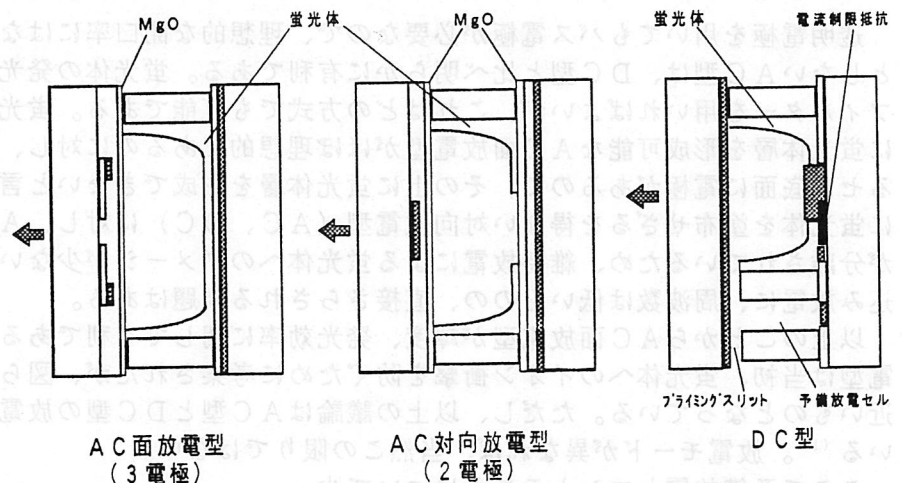


図4.1.1-1

に、電極上を避けて蛍光体を塗布する技術が必要となる。これはかなり難しい。これに対し3電極面放電型は、MgOの蒸着が1回で済み、前面基板の全体にそのまま蒸着できる。蛍光体も隔壁の間に流し込むように蛍光体をスクリーン印刷すれば良く、対向型のような困難な制約はない。

次にDC型との比較である。DC型にはMgO成膜のような真空プロセスはない。このため、かつてはDC型の方が、プロセスは低コストだといわれてきた。しかしDC型は予備放電セルやプライミングスリットが必要なため、隔壁の構造が複雑で、また前面基板と背面基板の両方に隔壁が必要であ

る。さらにAC型には必要のない電流制限抵抗を、すべての放電セルに、抵抗値のばらつきを小さく、フォトリソプロセスで形成する必要がある。そしてAC対向放電型と同様に、電極上を除いて蛍光体を塗布する技術も必要である。このように考えてゆくと、必ずしもDC型がプロセスの容易さにおいて有利であるとはいえない。AC面放電型構造は前面基板と背面基板とで機能を分離しているの、非常に単純化した構造とプロセスが可能である言って良いだろう。構造とプロセスが単純であることは、大画面化、高精細化にとって有利である。

次に、性能面から3つの方式の比較を行う。現在パネルに求められる最も重要な性能は、輝度と発光効率である。この比較を行う前に、輝度、発光効率が高い理想的なセル構造は、どのようなものであるか考察してみる。

### 理想のセル構造は？

図4.1.1-2は理想的なセル構造の案である。このままの構造ですぐに実現できるわけではなく、重要なポイントをまとめたものである。前面基板は透明な窓、できれば蛍光体の発光色のみを透過する窓である。もちろん高い開口率が要求される。セルの前面基板を除いた部分はすべて蛍光体で被覆されている。隔壁側面の蛍光体も重要であるが、正面の輝度に関してはセル底面（背面基板に平行な部分）の蛍光体が非常に強く影響する。蛍光体層はある程度（20 $\mu$ m程度）以上の膜厚であることが必要である。このセルの中心部分で放電を発生させるが、その手段はここでは問わない。ただし蛍光体にダメージを与えないような配慮と、十分な放電空間の確保が必要である。これを3つの方式に当てはめて評価した結果が、表4.1.1-2である。

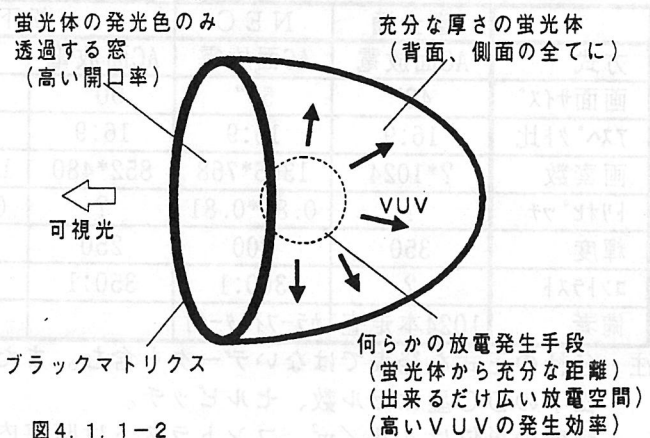


図4.1.1-2

表4.1.1-2

	高い開口率	蛍光体塗布状態	蛍光体へのダメージ
AC面放電	○	◎	○~△
AC対向放電	○	△	△
DC対向放電	×	△	△

◎理想的、○優れている、△やや難あり、×難あり

透明電極を用いてもバス電極が必要なので、理想的な開口率にはならないが、予備放電セルを必要としないAC型は、DC型と比べ明らかに有利である。蛍光体の発光色のみを透過させるにはカラーフィルターを用いればよいが、これはどの方式でも可能である。蛍光体の塗布状態は、セル底面全面に蛍光体層を形成可能なAC面放電型がほぼ理想的であるのに対し、他の2つは輝度に最も効いてくるセル底面に電極があるので、その上に蛍光体層を形成できないという問題がある。また、電極近傍に蛍光体を塗布せざるを得ない対向放電型（AC、DC）に対し、AC面放電型は放電電極と蛍光体が分離されているため、維持放電による蛍光体へのダメージが少ない。ただし蛍光体がデータの書き込み放電に、周波数は低いものの、直接さらされる問題はある。

以上のことからAC面放電型が輝度、発光効率に関して有利であることは明らかである。AC面放電型は当初、蛍光体へのイオン衝撃を防ぐために考案されたが、図らずも(?)理想的なセル構造に近いものとなっている。ただし、以上の議論はAC型とDC型の放電モードが同一であると仮定している<sup>(1)</sup>。放電モードが異なれば、当然この限りではない。

ここで予備放電とコントラストについて少しふれたい。AC型とDC型の印可電圧と放電電流波形の模式図を図4.1.1-3に示す。AC型の放電は自己収束する。従って放電電流量、すなわち輝度は常に一定である。しかしDC型は放電を開始すると、電圧を取り去るまで電流が流れ続ける。

予備放電は確実に放電させる必要があるた

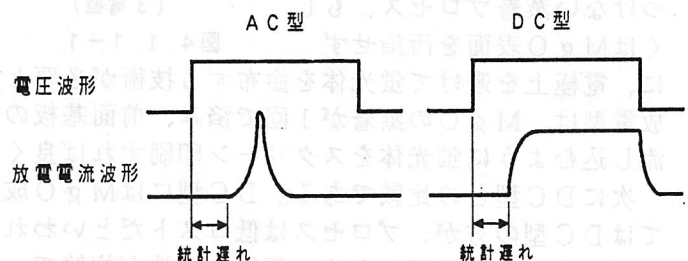


図4.1.1-3

め、十分に長いパルス幅が必要である。放電開始のタイミングには統計的なばらつきがあるので、この統計遅れに対して、余裕をみる必要があるからである。AC型は印加電圧波形の、どのタイミングで放電しても、輝度は同じですぐに収束する。しかしDC型は印加電圧を取り去るまで放電し続けるため、予備放電の輝度が高くなり、コントラストを悪化させてしまう。このためDC型は予備放電セルを形成して、予備放電の発光を隠す事が必要となる。これに対しAC型は表示放電セル内で予備放電を行うことが可能で、セル構造を簡略化することができる。以前、DC型は予備放電セルを持っているので、コントラストが優れていると言われていた。しかしAC型も予備放電を1フレームに1回で済ます技術が開発され、コントラストも300~500:1が実現できるようになった。さらにこれはあくまでも暗室内のコントラストである。実際に必要なのは明るい室内でのコントラストである。明るい室内ではAC型の予備放電の輝度は、もはや問題ないレベルまで下がってきた。明所コントラストは、予備放電輝度の低さよりも、表示輝度を高くできる、AC型の方が有利であるといえる。

明所コントラストはPDPの大きな課題である。改善の方法としてブラックマスクとフィルターがある。ブラックマスクは隔壁の部分に黒色化する技術である。さらに上下方向のセル間にも黒色のラインを入れてよりコントラストを稼ぐ方法も行われている。明所コントラストを悪化させている最大の原因は、蛍光体による室内光の反射である。これを防ぐためにNDフィルターを前面に設ける。しかしこれでは輝度もかなり下がってしまうので、各放電セル毎にカラーフィルターを形成する技術(図4.1.1-4)が開発された<sup>(2)</sup>。これによって輝度の低下を最小限に抑え、かつ室内光の反射を減らすことができる。

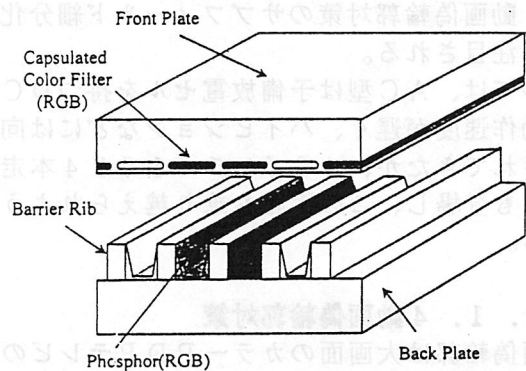


図4.1.1-4

また、カラーフィルターは、ガスの発光(ネオンのオレンジ色の発光)をカットすることができるため、色純度を上げることが可能である。また、赤の蛍光体は強い発光のピークが590nm、610nm、625nm付近にあるが、このうち590nmは赤と言うよりは朱色である。カラーフィルターによって590nmの発光の一部をカットすることができるので、より深い赤を表現することが可能である。色再現範囲は約30%改善されCRTと同等以上、また明所コントラストも40:1が得られている。

#### 4.1.1.3 駆動方法

図4.1.1-5の上に走査維持分離駆動法の概念図を示す。AC面放電を採用しているメーカーは、すべてこの方式を採用している。これに対しDC型や、以前AC型にも用いられていた、走査維持混合駆動法(注、正式な名称ではない)を図4.1.1-5の下に示す。

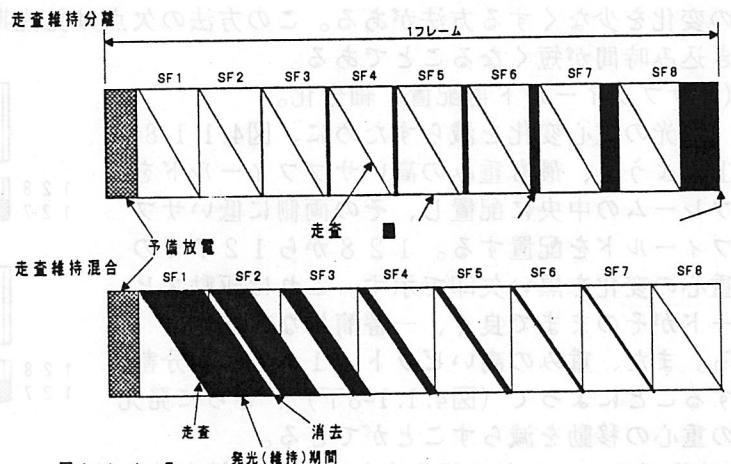


図4.1.1-5

走査維持分離駆動法のメリットは、全ての走査線の維持放電が同時に終了するため、各サブフィールド毎に消去パルスの走査が不要、即ち消去パルスのIC化が必要ないことである。また、維持パルスの間の期間に消去パルス挿入するわけではないので、比較的消去時間に余裕を持つことが可能となり、消去マージンも確保しやすい。これに対し走査維持混合駆動法は走査ライン毎に維持放電を行っている時刻が異なるので、維持放電の消去も走査ライン毎に独立する必要がある。そのためには消去パルスを発生させるICが必要であり、回路コストの増加につながる。DC型は放電セル空間中の電荷粒子によるメモリー効果を利用している(パルスメモリー方式)ので、データ書き込みから維持放電までの時間が長い走査維持分離駆動法は使えない。

しかし、走査維持分離駆動法にも欠点がある。まず、走査ライン毎にデータの書き込みから維持放

電までの時間が異なるため、動作が不安定になりやすい。これに対し走査維持混合型はデータの書き込みから維持放電までの時間が近接して、かつどの走査ラインでも一定であるため、安定した動作を得やすい。また走査維持分離駆動法は1フレームの中での維持放電の期間の割合が30%程度しかない。このため輝度を稼ぐには維持周波数を上げざるを得ず、蛍光体の輝度飽和の点から発光効率を下げることに繋がる。特に後述する動画偽輪郭対策で、サブフィールドの分割数を増やす方法が採られる事が多いため、よりいっそう苦しくなっている。

この対策として、走査維持同時駆動法(図4.1.1-6)が提案されている<sup>(3)</sup>。この方式は走査維持混合型を詰めた形であり、フレームに対する発光時間の割合は90%程度となる。しかしこの駆動では非常に高速(1~1.5μsec.)のデータ書き込みが要求される。この方法を製品に採用した例はまだ無いが、動画偽輪郭対策のサブフィールド細分化等と併せて注目される。

かつては、AC型は予備放電セルを持つDC型と比べ動作速度が遅く、ハイビジョンなどには向かないとされてきたが、42インチで1024本走査の試作品も登場し、この困難も乗り越えられようとしている。

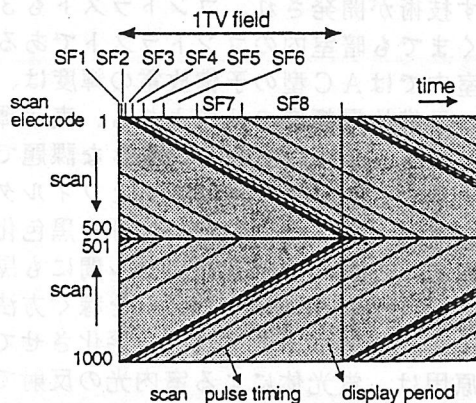


図4.1.1-6

#### 4.1.1.4 動画偽輪郭対策

動画偽輪郭は大画面のカラーPDPテレビの試作が盛んになった数年前に顕在化したのが、その後積極的に解決策が検討され、ほぼ問題ないレベルになった。解決の方法はいくつかあるが、代表的なものを以下に述べる<sup>(4)</sup>。

(1)発光している期間をフィールドの中の一部分にまとめる。(図4.1.1-7)

動画偽輪郭は輝度が127→128や128→127のように繰り返り上がり、もしくは繰り返り下がる時に生じる。フレームの中に発光しないブランク期間を設け、発光する期間を詰めることによって、発光の重心の変化を少なくする方法がある。この方法の欠点は発光期間が短くなるため、輝度の低下やデータ書き込み時間が短くなることである。

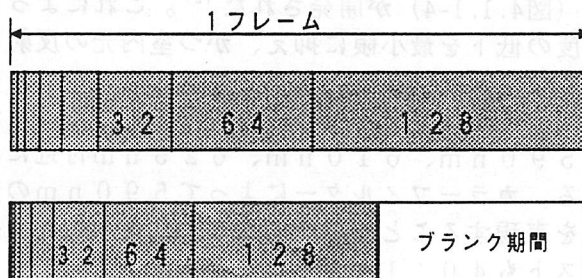


図4.1.1-7

(2)サブフィールド再配置、細分化。

発光の重心変化を減らすために、図4.1.1-8の上のように、最も重みの高いサブフィールドをフレームの中央に配置し、その両側に低いサブフィールドを配置する。128から127での重心の変化を黒い矢印で示す。これは駆動スピードがそのまま良く、一番簡単な方法である。また、重みの高いビット(128)を分割することによって(図4.1.1-8下)、さらに発光の重心の移動を減らすことができる。

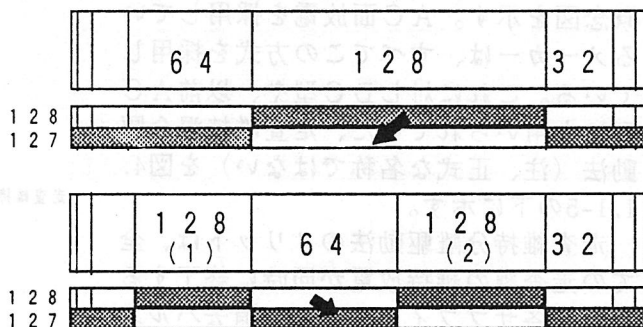


図4.1.1-8

(3)サブフィールドの組み合わせに冗長性を持たせる。

図4.1.1-9の様に、128と64のサブフィールドの代わりに、48の重みのサブフィールドを4つ設ける。128や64の階調の選び方に複数の組み合わせができるため、この選び方をセル毎に変えることによって、動画偽輪郭をパネル内に拡散させることができる。これも動作速度を上げる必要がある。

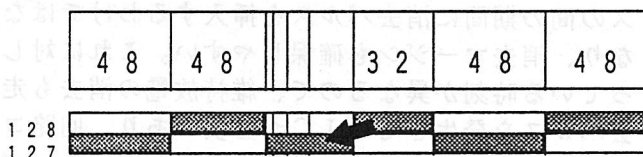


図4.1.1-9

#### (4) 補償パルスを入れる。

動画偽輪郭によって暗線が生じる場所に図4.1.1-10の様に補償パルスを入れて、暗線を弱い明線と暗線に変える方法で、駆動スピードはそのままで良く、優れた方法である。

実際はこれらの方法を組み合わせ、さらに誤差拡散等の信号処理を行うことが多い。ただし多くの場合動作速度を上げる必要がある。今後は駆動に負担をかけない、サブフィールドの分割数の少ない動画偽輪郭対策の検討がさらに進むであろう。また、動画偽輪郭の評価は、主観評価のみであったが、シミュレーションによる評価方法の検討も盛んに行われるようになってきている<sup>(5)</sup>。

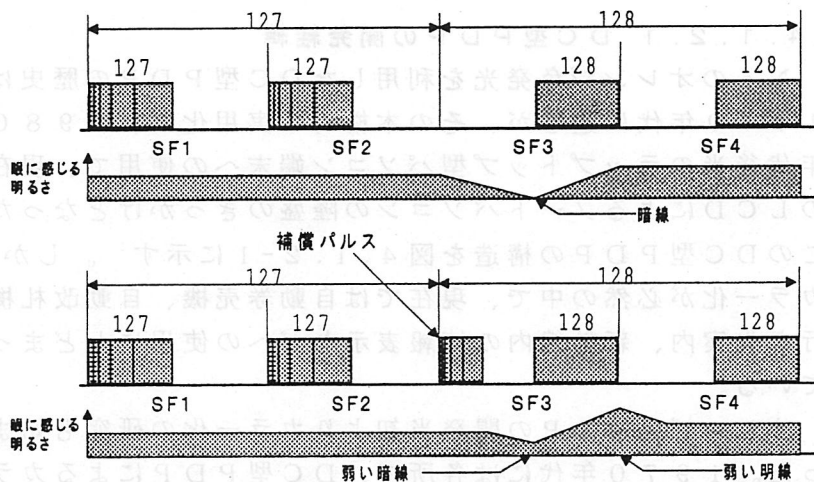


図 4. 1. 1 - 10

#### 4. 1. 1. 5 おわりに

カラーPDPが今後、本格的に普及していくための最大の鍵は何であろうか？本格的普及とはCRTのテレビとの置き換えである。そのためにはCRTと同等以上の性能、画質と、同等以下の価格が不可欠である。

これを実現するための最大の鍵は、発光効率改善である。発光効率が高ければ輝度を上げることは容易である。輝度が上がれば濃いフィルターをつけることが可能となり、明所コントラストも向上する。もちろん色純度をより上げることもできる。また、駆動周波数や発光時間を減らすことができるので駆動ICや電源の負担が軽くなり、冷却ファンも不要になり回路面のコストダウンにも貢献する。電流が減ることによって不要輻射も減り、EMIフィルターも透過率の高いものを用いることができる。発光時間が減らせるので動画偽輪郭対策もやりやすくなり、またデータの書き込み時間や消去時間の余裕も増えるので、駆動マージンが増えパネルの歩留まりも上がり、パネルコストは下がる。このように発光効率改善ができれば、PDPの本格的普及に必要な性能、画質とコストに関する多くの課題が解決の方向へ進む。発光効率改善は、いわばオールマイティなのである。この観点から、発光効率面で優れるAC面放電型の選択は、間違っていないといえるであろう。

この最も重要である発光効率の改善は、カラーPDP開発の黎明期から努力が続けられてきた。しかし最近では1~1.4lm/W程度で、停滞している感がある。10年以上前に開発された、DC型でタウンゼント放電を利用した方式の、1.6lm/Wは未だに破られていない。(この方式は構造の複雑さなどの問題で、実用化されていない)

近年、地球温暖化が話題に上ることが多くなってきた。CO<sub>2</sub>の排出量の規制も行われようとしている。そうなれば家電もその対象となり、大型テレビにも何らかの規制がかけられるかもしれない。もちろん、ここで言う大型テレビとはCRTのそれである。その数倍の電力を消費してしまうPDPが、社会的に許されなくなる時代がくるかもしれない。このためにも発光効率改善は急務なのである。

(岡島哲治、谷千束)

#### 参考文献

- (1) Y. Murakami et al.; Basic Study on Xe<sup>(1s<sub>4</sub>)</sup> Atom and Xe<sup>2V</sup> Molecule Densities in AC and DC-type PDP Cells Using One-Dimensional Computer Simulation, IDW'97. 1997. p. 567-570
- (2) K. Nunomura; Advance of Picture Quality in Color AC Plasma Display Panels, IDW'97. 1997. p. 499-502
- (3) H. Homma et al.; Luminance Improvement of PDPs by an Extension of Light-Emission Duty to 90% with an HDTV Capability, IDRC'97. 1997. p. 285-288
- (4) S. Mikoshiba; Dynamic False Contours on PDPs-Fatal or Curable?, IDW'96. 1996. p. 251-254
- (5) Y. Watanabe et al.; Quantitative Analysis of Dynamic False Contours on PDPs, IDRC'97. 1997. p. 289-292

## 4.1.2 DC型PDP

### 4.1.2.1 DC型PDPの開発経緯

Neのオレンジ色発光を利用したDC型PDPの歴史は1970年代に遡るが、その本格的な実用化は、1980年代後半のラップトップ型パソコン端末への使用で、現在のLCDによるノートパソコンの隆盛のきっかけとなった。このDC型PDPの構造を図4.1.2-1に示す<sup>1)</sup>。しかしカラー化が必然の中で、現在では自動券売機、自動改札機、行き先案内、新幹線内の情報表示などへの使用にとどまっている。

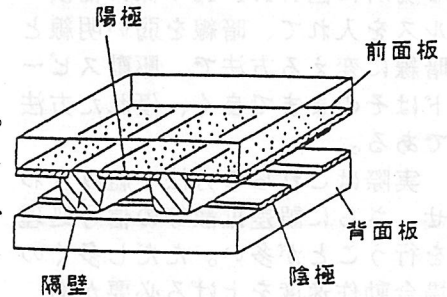


図4.1.2-1 オレンジ色DC型PDPの構造<sup>1)</sup>

オレンジ色PDPの開発当初よりカラー化の研究も始まった。1970年代には各所で、DC型PDPによるカラーテレビ表示実験が進められた。しかし、その実用化には開発課題も多く、研究開発の機関は激減した。特に、DC型はAC型と異なりメモリー機能がなかったため、輝度向上が難しかったことも一因である。

NHK放送技術研究所では、ハイビジョン研究開始当初の1970年代より、PDPをハイビジョン大画面壁掛テレビの最有力候補として研究開発を進めている。ハイビジョンは、高精細の大画面映像を高品質の立体音響の中で見ることにより、迫力や臨場感などを楽しむもので、必然的に40型、50型の大画面受信機が望ましい。そして、このようなハイビジョンを一般家庭に広く普及するには、薄くて場所をとらない壁掛方式の受信機、いわゆる壁掛テレビが不可欠で、多くの平面ディスプレイの中でPDPが最有力と判断されたからである。表4.1.2-1はハイビジョンPDPの開発目標の一例である。画面サイズとしては55型を目標にしている。しかし、途中段階として1998年の長野オリンピック時点には42型の実用化を目指している。

NHK技研は、ここ10数年DC型PDPを開発の対象としているが、その理由は、パルスメモリー方式によりメモリー機能の導入が可能となったこと<sup>2) 3)</sup>、パネルの試作が当時比較的容易で、高価で特別の装置を必要とせず、駆動も簡単だったからである。1992年には40型のPDPを試作しハイビジョンを実験的に表示した<sup>4)</sup>。これをきっかけに「ハイビジョン用PDP開発協議会」<sup>\*)</sup>が設立され、長野オリンピックまでにハイビジョンPDPを実用化することになった。1996年にはハイビジョンとして十分な高品質映像を再現できる42型PDPを開発した<sup>5)</sup>。また、壁掛けテレビには、その薄さに見合ったスピーカーが必要で、メーカーとの共同研究により、小型・薄型で高音質のPDP用スピーカーも開発し、これとLSI化した回路を組み込んだ厚さ、15cmのハイビジョンプラズマ壁掛けテレビを試作した<sup>6)</sup>。現在協議会参加各社と共同で42型

表4.1.2-1 ハイビジョンPDPの目標仕様例

画面サイズ(mm×mm)	55" (672×1,195)
セル数	1,035×(1,496~1,920)×3
セルピッチ(mm×mm)	0.65×(0.3~0.2)
輝度(cd/m <sup>2</sup> ) ピーク白	200
コントラスト(室内で)	50:1
消費電力(W)パネル周辺*	250
セット全体	350~400
寿命(H)	15,000

\*1 長野五輪までに42型ハイビジョンPDP受信機の製品化、および2000年までに50型級のハイビジョン受信機のプロトタイプ開発を目標に、NHKと関連技術メーカー26社によって1994年に設立された。1997年10月現在28社が参加している。

.....  
 奥行き (cm) ≤ 5  
 重量 (kg) ≤ 20

\*パネル及び駆動回路

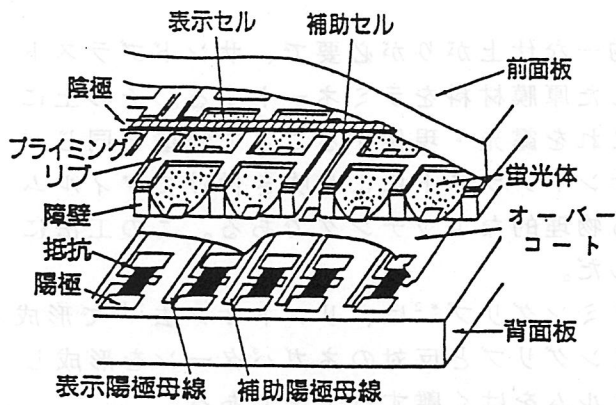


図 4.1.2-2 42型ハイビジョンパネルの構造<sup>5)</sup>

ハイビジョンPDPの実用化を進めている。  
 なおハイビジョンPDPと同じ構造の26型<sup>7)</sup>がワイドテレビとして実用化されている。  
 ここでは、42型ハイビジョンPDPの概要について述べる。

#### 4.1.2.2 42型ハイビジョンPDP<sup>5), 6)</sup>

##### (1) 42型ハイビジョンPDPの特徴

42型PDPのパネル構造と、仕様及び特性をそれぞれ図4.1.2-2、表4.1.2-2に示す。このPDPの特徴をまとめると、次の諸点である。

- ① 輝度、寿命などの諸特性は実用レベルにある
- ② ハイビジョンに十分な高精細な映像を表示できる
- ③ 動画像などの表示品質もハイビジョンとして問題はない
- ④ 高性能な薄型スピーカーにより高品質音場が再現される

以下、パネル構造、製作方法、テレビ表示システムの概要について述べる。

##### (2) パネルの構造

図4.1.2-2に示すように、パネルは前面板と背面板の2枚のガラス板からできていて、その間に多数の表示セルと補助セルが作られている。前面板に陰極を、背面板に陽極、3色蛍光体、抵抗および高さ約200 $\mu$ mの障壁を形成したパネルである。抵抗は放電電流を制限し、効率および寿命の改善と動作の安定化のため導入している<sup>8)</sup>。パネル中にはHeとXeの混合ガスが封入されており、放電により発生した紫外線により蛍光体を光らせる。蛍光体は表示セル内壁と底部に塗布することで高効率化、高輝度化をはかっている。

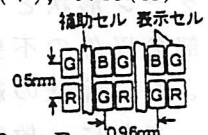
補助セルは、表示セルの放電がすばやく立ち上がるようあらかじめ弱い放電を起こすためのもので、細い溝からできている。補助セルには蛍光体を塗布していないので、ここでの発光は目には見えず、補助放電による画面のコントラストの低下はほとんどない。

##### (3) パネルの製作

パネル部品には正確な寸法精度が要求され、特に工程数の多い背面板には精巧な製作技術が求められる。このため以下に述べるフォトリソプロセスを大幅に導入した。

陽極母線、セル抵抗共に、感光性の厚膜ペースト<sup>9), 10)</sup>を用いている。このペーストを塗布した後、露光、現像することにより、所定の形状、抵抗値などを得ている。抵抗値のバラツキはパネルの動作に大きく影響するが、この手法により均一化が進んだ。

表 4.1.2-2 42型PDPの仕様と特性<sup>5), 6)</sup>

有効画面 (mm×mm)	518(V)×922(H)
表示セル数	1,035(V)×1,920(H)
表示セルピッチ(mm)	0.5(V), 0.48(H)
セル配列	
蛍光体	R Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : Eu G Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> : Mn B BaMgAl <sub>16</sub> O <sub>27</sub> : Eu
ガス組成	He-Xe(10%)
パネル厚 (mm)	6
パネル重量 (kg)	8
白ピーク輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	150
階調数	256
触像度 (TV本)	700

障壁の高さ、幅は放電特性に影響するので、均一な仕上がりが必要で、サンドブラスト法が用いられた。まず、所定の厚さにテープ化した厚膜材料をラミネートする。その上にさらに感光性のあるフィルムをラミネートし、これを露光・現像することで障壁と同じパターン形状とする。さらに、研磨剤の微粒子をサンドブラストにより吹き付けてフィルム部分以外の不要な厚膜材料を除去する。いわゆる物理的なエッチングである。この工法により、障壁の細幅化と全面にわたる均一化が進んだ。

さらに、放電の安定化に大きく影響するプライミングリブ<sup>\*2</sup>は、リフトオフ法<sup>11)</sup>で形成している。これは、感光性のフィルムでプライミングリブと反対のネガパターンを形成した後、厚膜ペーストを埋め込み、最後にこのフィルムをはく離する工法である。

以上述べたフォトプロセスと新しいPDP用のガラス板の導入により、高精度の部品を作ることができ、安定に動作するパネルが得られた。

\*2 これにより陰極周辺に隙間を作り、補助セルからの放電の種を表示セルに移動させ、表示セルの放電を短時間に安定に立ち上げる。

#### 4.1.2.3 ハイビジョン表示システム<sup>6) 12)</sup>

##### (1) システムの概要

図4.1.2-3に42型パネルのハイビジョン表示システムの構成を示す。また、図4.1.2-4は各表示セルとハイビジョン信号との対応を示している。ハイビジョン画面のサンプル点(1920サンプル/ライン、1035ライン)を単純に各表示セルに対応させている。このため、パネルの色配列によりGの解像度はR、Bの2倍になる。

信号処理部では、A/D変換後は全てデジタル処理である。主な処理として飛越/順次走査変換と逆補正がある。走査変換はパネルへのデータの書き込みをノンインターレースで行うため、動き適用型の走査線補間が行われている。

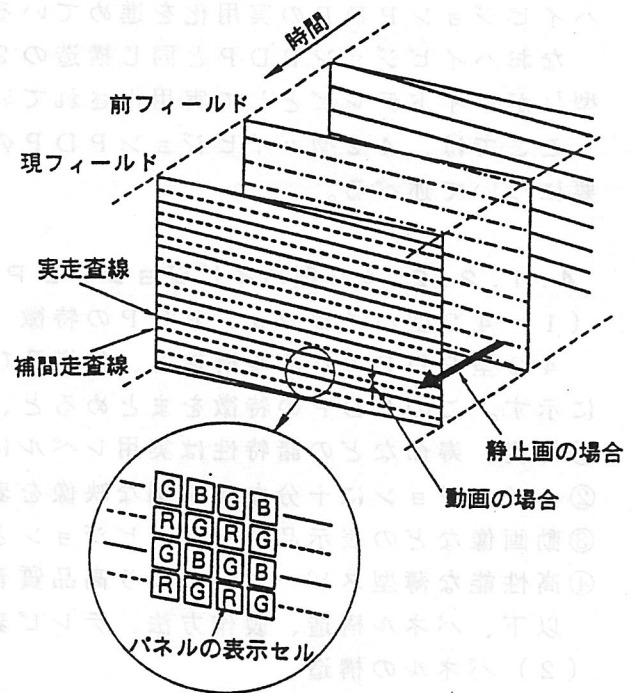


図4.1.2-4 ハイビジョン画面とパネルの対応

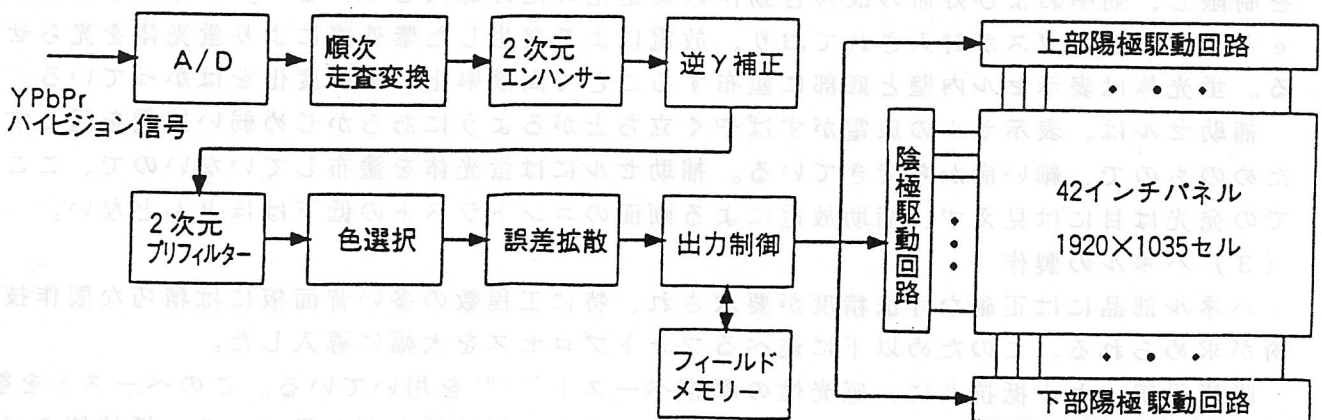


図4.1.2-3 42型ハイビジョン表示システム<sup>6)</sup>

る。図4.1.2-4に示すように、静止画の場合は前フィールドの走査線を補間走査線信号とし、動画の場合は同じフィールドの上下の走査線より補間走査線信号を得ている。

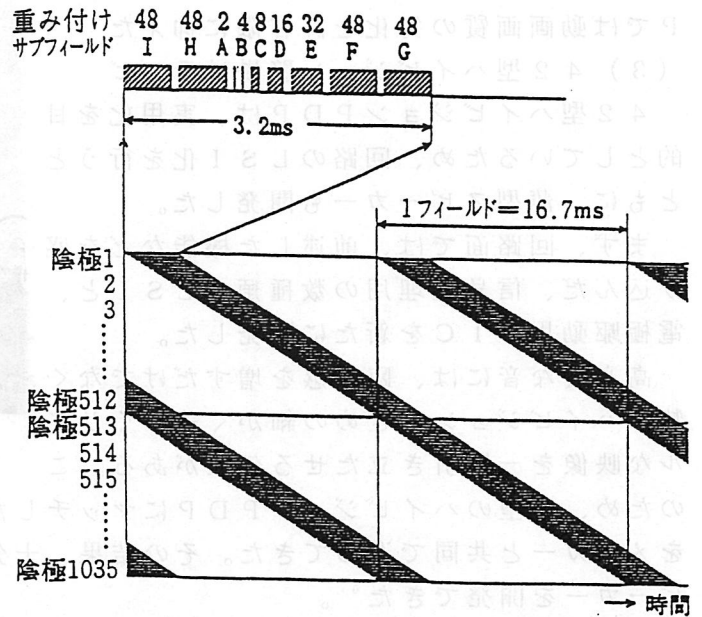
ハイビジョンの映像信号は放送局側でCRTの階調特性に合わせるように調整されている。しかし、パネルの階調特性はCRTとは異なり、映像信号のレベルと明るさとがリニアな関係にある（これを $\gamma = 1$ という）。CRT相当の特性（ $\gamma = 2.2$ ）に合わせるのが逆 $\gamma$ 補正である。フレームメモリーでは、メモリーPDPの中間調表示法（サブフィールド法）に従ってビット面順次表示に対応した信号形式の変換を行う。この他に、セルの色配列に最適な2次元フィルターや解像度を上げるための2次元エンハンサー、後述する動画質改善の処理なども行っている。

表示部ではこれらの信号を受け取って、パネルの上下方向から2行同時に書き込み駆動する（図4.1.2-5のタイミングを参照のこと）。このような2行同時の書き込みは、電極駆動回路の数が増えるものの、安定な動作に有益である。

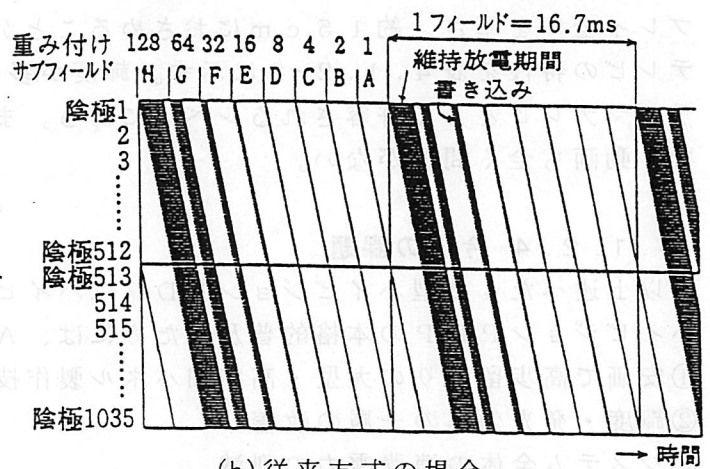
## (2) 動画質劣化とその対策

PDPによるテレビ表示では、動画を表示した場合に著しい画質劣化が生じるという問題がある。これはサブフィールド法に基づくPDP独特の現象で、明るさがなだらかに変化するような動画を表示した時、例えば人の顔が画面内で動く場合、疑似輪郭状のノイズが発生する。サブフィールド法の場合、本来1フィールドの画像は、同じ場所を見てその明るさを時間的に積分することで再現できている。ところが、動画の場合は見る人の視線が動画に追従して動いてしまい、正常な時間的な積分ができなくなり、違った明るさとして認識してしまう。実際には視線は絶えず細かく動くことからノイズと認知される。

この画質劣化を少なくするために、42型ハイビジョンPDPでは、(a)発光時間の時間圧縮、(b)上位のサブフィールドの分割、(c)サブフィールド時間配分の最適化 などを取り入れた。図4.1.2-5に従来の発光タイミングと今回の駆動のタイミングを示す。時間圧縮により明るさの異常領域の幅が狭くなり現象が大幅に抑制された。また、上位の2つのビット（重み付けが128と64）を重み付けが48の4つに分割することにより、異常領域の明るさを抑える効果がある。発光時間の時間圧縮は非常に有効で、このための新しい駆動法を導入したが、詳細については文献<sup>6)</sup>を参照されたい。



(a) 42型ハイビジョンPDPの場合<sup>6)</sup>



(b) 従来方式の場合

図4.1.2-5 パネルの駆動タイミング

このようにして、42型ハイビジョンPDPでは動画画質の劣化を許容限に抑えた。

### (3) 42型ハイビジョン壁掛けテレビ

42型ハイビジョンPDPは、実用化を目的としているため、回路のLSI化を行うとともに、薄型スピーカーも開発した。

まず、回路面では、前述した機能などを盛り込んだ、信号処理用の数種類のLSIと、電極駆動用のICを新たに開発した。

高音質な音には、臨場感を増すだけでなく、特にハイビジョンのきめの細かく美しくリアルな映像を一層引き立たせる効果がある。このため、薄型のハイビジョンPDPにマッチした薄型・小型で高音質なスピーカーの開発をメーカーと共同で進めてきた。その結果、十分な低域再現性と出力の出る新しい薄型スピーカーを開発できた。

新しく開発したICやスピーカーを導入することで、図4.1.2-6に示すようにディスプレイ全体を厚さ、約15cmにおさめることができた。この42型ハイビジョン壁掛けテレビの特性を表4.1.2-2に示す。輝度が多少低めではあるが、最初のハイビジョンプラズマテレビとして許容されるレベルにある。また、解像度は700TV本とCRT以上で、動画も全く問題がない。

#### 4.1.2.4 今後の課題

以上述べた42型ハイビジョンPDPはハイビジョン受信機として実用化が進んでいる。ハイビジョンPDPの本格的普及のためには、AC型、DC型を問わず、

- ①安価で高歩留まりの大型・高精細パネル製作技術の開発
- ②輝度・発光効率の一層の改善
- ③システム全体の消費電力の削減
- ④50インチ以上の大型・高精細技術の開発

などの課題を解決する必要がある。

長野オリンピックはハイビジョン普及に重要なイベントで、ハイビジョンPDPの実用化にとって最大の好機の一つである。これを取り切りPDPの新しい展開を期待したい。

(村上 宏)

#### [参考文献]

- 1)中川他, National Tech. Report, Vol.33, No.1, pp.108-117 (1987)
- 2)G. Holz, SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp.46-47 (1978)
- 3)H. Murakami et al., IEEE Trans., Vol. ED29, No.6, pp.988-994 (1982)
- 4)T. Yamamoto et al., SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp.165-168 (1993)
- 5)K. Ishii et al., Proc. 16th IDRC, pp.43-45 (1996)
- 6)高野他, NHK技研R&D, No.46, pp.82-93 (1997)
- 7)H. Kono et al., SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp.823-826 (1995)
- 8)M. Ushirozawa et al., SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp.719-722 (1994)
- 9)T. R. Suess, et. al., Proc. IDW'96, pp.267-270 (1996)
- 10)上田他, 映情学会年次大会, pp.352-353 (1997)
- 11)有本他, 信学技報, EID93-123, pp.67-72 (1994)
- 12)T. Yamamoto et al., SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp.217-220 (1997)
- 13)山本他, 映情学会技報, 1月発表予定 (1998)



図4.1.2-6 42型ハイビジョンPDP

## 4.2 AM-LCD

### 4.2.1 はじめに

19世紀の終わりに発見された液晶は、1960年代になってようやくディスプレイへの応用を目指した本格的な研究が開始された。その後、1970年代のはじめに時計や電卓用のディスプレイとして実用化され、さらに、活発な技術開発と性能向上によってアミューズメント機器、ワープロ、カーナビゲーション、ビデオカメラ、パソコン、カラーテレビなど多彩な分野に応用展開された。今や液晶ディスプレイはマルチメディア社会を支えるキーテクノロジーに成長している[1]。

1996年度の市場規模は7420億円（通産省機械統計）にのぼり、2000年には2兆円規模に成長すると期待されている。

液晶ディスプレイ（LCD：Liquid Crystal Display）は、その駆動方式によって、セグメント方式、単純マトリクス方式、アクティブマトリクス方式に分かれるが、この中で近年目覚ましい技術進展と市場拡大を見せているのがアクティブマトリクス方式（AM-LCD：Active Matrix Liquid Crystal Display）である。

AM-LCDは、基板上にXYマトリクス状にスイッチング素子を配置し、そのスイッチング素子によって液晶に印加される電圧を制御する方式であり、早くも1970年に提案されている。AM-LCDには、MIM（Metal-Insulator-Metal）方式などの2端子素子方式と、薄膜トランジスタ（TFT；Thin Film Transistor）方式などの3端子素子方式がある。コスト面では2端子素子が有利であるが、高画質を得るための制御性の良さの点では3端子素子が有利であり、特に、1979年～1980年にかけて水素化アモルファスシリコン（a-Si）を半導体膜として用いたTFT方式が提案されて以来、a-Si-TFTを用いたAM-LCDが活発に研究開発されることとなった。

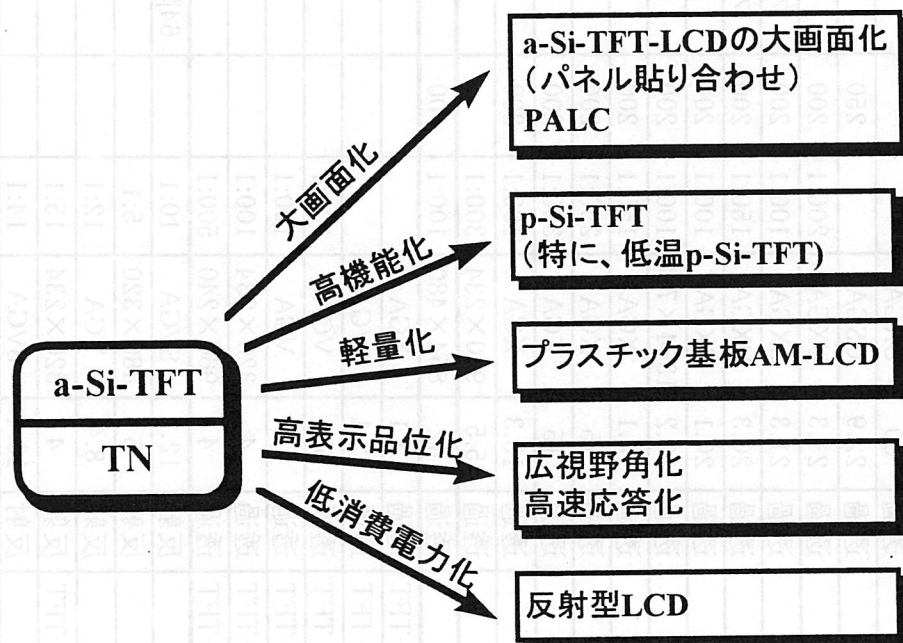


図4.2.1 最近のAM-LCDの研究開発動向。

表4.2.1 最近のショーなどで発表された主なAM-LCD

分類	表示方式	画面サイズ	画素数	コントラスト	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	表示色	視野角		消費電力 (W)	出展者	備考
							上下	左右			
a-Si-TFT	透過	40	SVGA	150:1	200	1670万			130	シャープ	29型を貼り合わせ
a-Si-TFT	透過	30	UXGA			1670万				三星	
a-Si-TFT	透過	22.9	USGA		250	26万			50	ホシデン	
a-Si-TFT	透過	21.3	UXGA	200:1	200					三星	
a-Si-TFT	透過	21.3	SXGA	100:1	200	フルカラー	50°	120°		富士通	
a-Si-TFT	透過	20.3	UXGA	150:1	200	フルカラー	160°	160°	60	NEC	IPSモード
a-Si-TFT	透過	20.1	SXGA	100:1	200		140°	120°	30	シャープ	
a-Si-TFT	透過	15.2	1364×768	100:1	200	26万	>160°	>160°		松下	応答速度;50msec
a-Si-TFT	透過	15.1	XGA	150:1	200		100°	120°	17.4	三菱	
a-Si-TFT	透過	15	XGA	250:1	200	26万			10	東芝	
a-Si-TFT	透過	15	XGA	300:1	200	26万	160°	160°	12	富士通	垂直配向モード
a-Si-TFT	透過	13.3	XGA	100:1	200		140°	140°	18	日立	IPSモード
a-Si-TFT	透過	5.5	960×234	300:1			140°	140°		カシオ	反強誘電性液晶
PALC	透過	42	854×480	100:1	500	1670万	>140°	>140°		ソニー/シャープ/フリップス	ASMモード
低温p-Si-TFT	透過	12.1	XGA							東芝	
低温p-Si-TFT	透過	12.1	SVGA							LG電子	
低温p-Si-TFT	透過	5.6	VGA	100:1						三洋	
低温p-Si-TFT	透過	4.5	VGA	100:1						シャープ	
低温p-Si-TFT	透過	4	320×234	100:1						松下	
低温p-Si-TFT	透過	4	960×240	500:1			160°	160°		三洋	垂直配向モード
a-Si-TFT	反射	12.1	SVGA	10:1		64階調カラー				ホシデン	1枚偏光板方式
a-Si-TFT	反射	5	480×320	5:1			120°	120°	0.1	シャープ	ゲストホスト方式
a-Si-TFT	反射	8.4	VGA	12:1					0.3	シャープ	
低温p-Si-TFT	反射	4	320×234	15:1					0.045	松下	1枚偏光板方式
a-Si-TFT	反射	10.4	SVGA	14:1		26万			0.4	東芝	1枚偏光板方式
TFD	反射	6.5	480×320	10:1		512	80°	120°	0.12	セイコーエプソン	1枚偏光板方式

<画素数>

VGA; 640×480	SVGA; 800×600
XGA; 1024×768	SXGA; 1280×1024
	UXGA; 1600×1200

一方、AM-LCDに用いる液晶表示方式としては、1971年に発明されたTNモードが主流であった。これはTNモードが、着色のない高コントラストの表示が得られる、信頼性が高い、階調表示が可能、動画表示に対応した応答速度が得られる（数10msec）、などの特徴を有していたためであった。その結果、1980年台後半から1990年台の前半にかけて急速に成長したAM-LCDの主流は、a-Si-TFT/TN-LCDであった。

しかし、最近、マルチメディアの進展によってディスプレイへの要求性能が高くなってきたのに伴、a-Si-TFT/TN-LCDの課題と限界が顕現化してきた。さらにLCDの技術の新しい進展とがあいまって、新しいタイプのAM-LCDの提案、開発が活発化して来ている。

AM-LCDの研究開発の最近の状況を図4.2.1にまとめた。従来のa-Si-TFTの課題は、大画面化、高機能化、軽量化などであり、これらの課題を解決する方策として、パネルの貼り合わせ技術、PALC (Plasma Addressed Liquid Crystal)、ポリシリコン (p-Si) を用いたp-Si-TFT、プラスチック基板AM-LCDなどの開発が活発化している。一方、従来のTNモードの課題としては、視野角が狭いこと、応答速度（特に中間調間の応答速度）が十分ではないこと、バックライトを必要とするため消費電力が高いことなどが上げられる。視野角と応答速度に関しては、新しい方式が次々に提案されており、消費電力に関しては、反射型LCDの開発が活発化している。

この1～2年の展示会などに出展されたLCDの中から注目されるものを表4.2.1にまとめた。またAM-LCDの開発経緯は、鷲塚[1]、谷[2]によって簡潔にまとめられており、AM-LCDの最近の開発状況は、松浦[3]、向殿[4,5]らによって報告されている。

以下、最近の新しい技術進展を中心にAM-LCDの最近の開発状況を報告する。

#### 4.2.2 a-Si-TFT-LCDの大画面化

最近の展示会では、世界最大の40型LCD（シャープ）をはじめ、22.9型UXGA（ホシデン）、21.3型UXGA（三星）、21.3型SXGA（富士通）、20.3型UXGA（NEC）、20.1型SXGA（シャープ）をはじめとして、大画面TFT-LCDが各社から出展されている。

40型TFT-LCD[6]は、550×650mmのガラス基板を用いて作製した29型TFT-LCDを2枚貼り合わせたものである。図4.2.2に貼り合わせ部分の断面図を示す。40型のガラス基板上に、2枚の29型パネルを配置し、接着剤で接合する。2つのパネルの間隔は30～40μmである。作製されたパネルの仕様は、対角1m、600×800ドット、1670万色、消費電力130W、輝度200cd/m<sup>2</sup>、コントラスト150:1以上であり、継ぎ目はほとんど目立たない。40型クラスの大画面直視型ディスプレイでは、発光型のPDPが技術開発、量産工場の建設などで先行していたが、LCDによっても同サイズのもので可能であることが実証されたと言える。

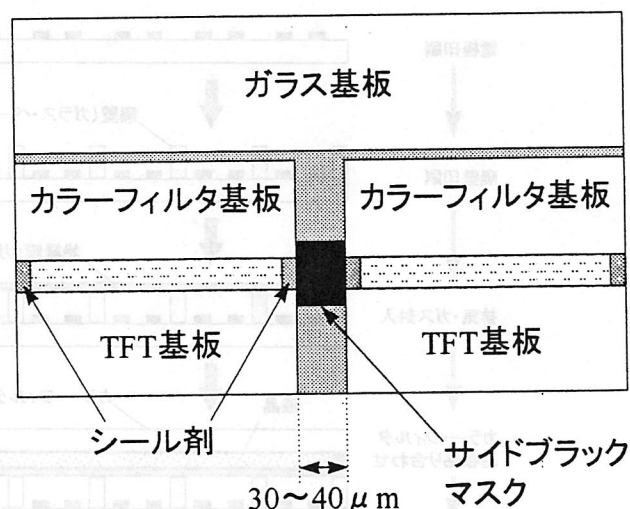


図4.2.2 貼り合わせによる大画面TFT-LCDの作製[6].

### 4.2.3 P A L C (Plasma Addressed Liquid Crystal)

最近、新しいタイプのフラットパネルディスプレイとしてP A L C (Plasma Addressed Liquid Crystal) [7, 8]が注目を集めている。P A L Cは液晶技術とプラズマ技術の融合により生まれたユニークな技術であり、大画面ディスプレイへの応用が期待されている。

図4.2.3に、P A L Cの1画素の断面図を示す。アノードをグラウンドに接続し、カソードに負の電圧を印加すると、数 $\mu\text{sec}$ でプラズマ放電が発生する。プラズマが発生すると、アノードとプラズマ放電セルの上端部(絶縁膜の表面)の間が導通した状態となり、液晶に電圧が印加される。この状態は次にプラズマが発生するまで保持され、プラズマ部はT F Tと同じように液晶への電圧印加を制御するスイッチとして働く。

P A L Cのプラズマ放電セルは図4.2.4に示すように厚膜印刷法で作製できる。まず、ガラス基板にN iペーストを印刷して電極を作製し、さらにガラスペーストを印刷してセル間の隔壁を作製する。この上に厚さ $50\mu\text{m}$ のガラス基板を載せ、基板間の空隙部分に放電ガスを充填する。さらにこの基板をカラーフィルタ基板と適切なギャップを保持して貼り合わせ、基板間に液晶を注入する。このパネルの前後に偏光板を設置し、さらにバックライトを設置すればP A L Cができあがる。

ソニー、シャープ、フィリップスは共同で、42型のカラーP A L Cディスプレイ(854 $\times$ 480ドット, コントラスト100:1, 1670万色)を開発している(表4.2.1)。

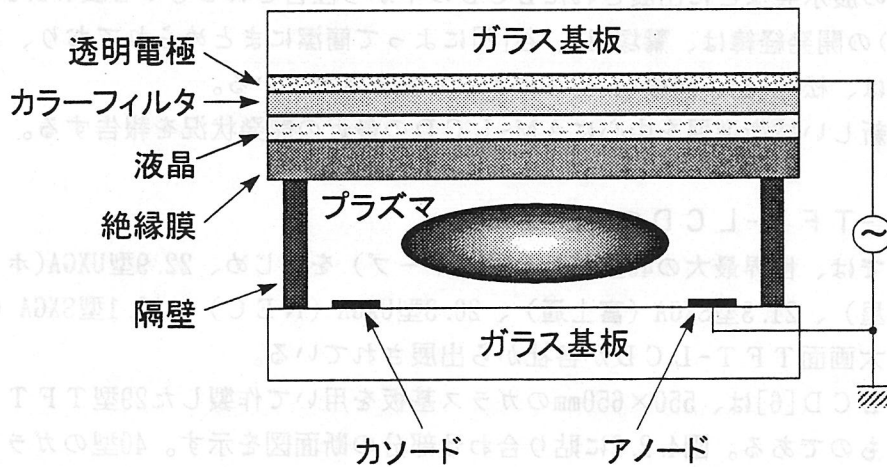


図4.2.3 P A L Cの構造と原理

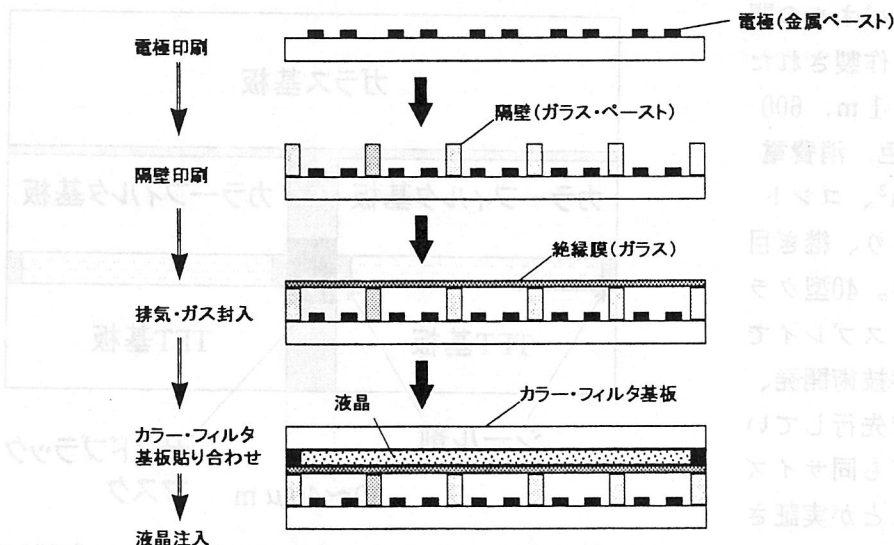


図4.2.4 P A L Cの作製プロセス

#### 4.2.4 p-Si-TFT

ポリシリコンTFT (p-Si-TFT) の特徴はa-Si-TFTより2桁以上大きな半導体の移動度を実現できる点にある[9]。p-Si-TFTを用いれば、LCDパネル内に駆動回路を作り込み、ドライバー一体型のLCDが可能となる。さらには画素TFTおよび補助容量のサイズを縮小できるため、高開口率でかつ大表示容量・高精細のLCDを実現できる。

これまで、p-Si-TFTを作製するためには600℃以上の高温プロセスが必要であり、そのために基板として石英基板を用いねばならず、コストの点から大画面化は困難と見られていた。しかし最近、450℃以下のプロセスでp-Si-TFTを作製するいわゆる低温p-Si-TFTの研究開発が活発化し、急速に注目を集めている。

低温poly-Si-TFTは周辺駆動回路をCMOS構造とするため、n-chおよびp-chの両トランジスタの作り込みが必要である。周辺のCMOS FETには高いドライバモビリティが要求され、一方画素TFTには低いリーク電流が求められる。

低温p-Si-TFT作製プロセスのキーポイントはa-Si膜の再結晶化、閾値の制御されたデバイスを作り込むための絶縁膜形成、界面制御と不純物ドーピングによる導電層形成などである。a-Si膜の再結晶化にはエキシマレーザーアニール(ELA)が用いられる。また、低温p-Si-TFTでは、n-chおよびp-chの両トランジスタを必要とするため、不純物ドーピングとしてイオンドーピングを行う。

12.1型SVGA(東芝)、5.6型VGA(三洋)、4.5型VGA(シャープ)、4型QVGA(松下)などがショーなどで発表されている(表4.2.1)。

#### 4.2.5 プラスチック基板AMLCD

プラスチック基板上にアクティブ素子を形成したLCDも開発されている。松本らは、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)を用いたMIM素子をプラスチック基板上に形成したLCDを発表している[10]。

ダイヤモンドライクカーボンはメタンガスを用いたプラズマCVD装置で室温で作製でき、プラスチック基板に適している。ダイヤモンドライクカーボンをアルミニウム、クロムなどの金属膜でサンドイッチすることにより3枚マスクでMIM素子が作製される。11.4型SVGA反射型プラスチック基板LCDなどが試作されている[10]。

#### 4.2.6 広視野角化、高速応答化

少し前までLCDの大きな欠点の一つとして視野角の狭さが挙げられていたが、ここ2~3年で各種の視野角拡大技術が次々に開発、発表されてきた。

マルチドメイン方式は、1画素の中に、配向状態の異なる複数のドメイン領域を形成するものである。例えば、鈴木らは、表示画素を分割し、分子の立ち上がり方向を変えるC-TN法を提案している(図4.2.5)[11]。この方式では、一方の基板には従来と同じ、低プレティルトの配向膜を形成する。もう一方の基板には、高プレティルトの配向膜を形成し、プレティルトの向きの異なる2つのドメインに分ける。電圧を印加したとき分子の立ち上がり方向は2つのドメイン間で逆となりTN液晶の視野角依存性が補償される。また、図4.2.6に示すように、TN配向の4つのドメイン領域を1画素内に作製する方法も提案されている。作製方法としては、キラル化合物を添加せず、非常に低いプレティルト角の配向膜を用いて、不均一電界を印加しつつ等方性液体状態から冷却する方法[12]、液晶にモノマーを添加し、電界印加状態で光重合する方法(高分子安定化法)[13]などが報告されている。

OCB (Optically Compensated Birefringence) 方式[14]は、図4.2.7に示すようにベンド配向と光学補償フィルムを組み合わせる。図4.2.7に示す配向を得るためには、プレチルト角をつけたホモニアス配向にバイアス電圧を印加することが必要である。OCBセルは視野角が広いだけでなく、応答速度が速いという特徴も有している。TNセルの場合、通常、応答速度は10~20msであるが、中間調間の応答速度は200ms近くまで達する。これに対して、OCBセルでは、応答速度が2ms程度であり、中間調間の応答速度も10ms以下である。

IPS (In-Plane Switching)方式[15, 16]は基板に対して液晶分子が常に水平であるようにスイッチングするモードである。ガラス基板に対して垂直方向の電界を用いて液晶をスイッチングさせていた従来の方式に替わって、ガラス基板に対して水平方向の横電界を用いて液晶分子をスイッチングさせる点が特徴である(図4.2.8)。液晶分子が斜めに立ちあげることがないため、見る角度による光学特性の変化が小さく、広視野角が得られる。

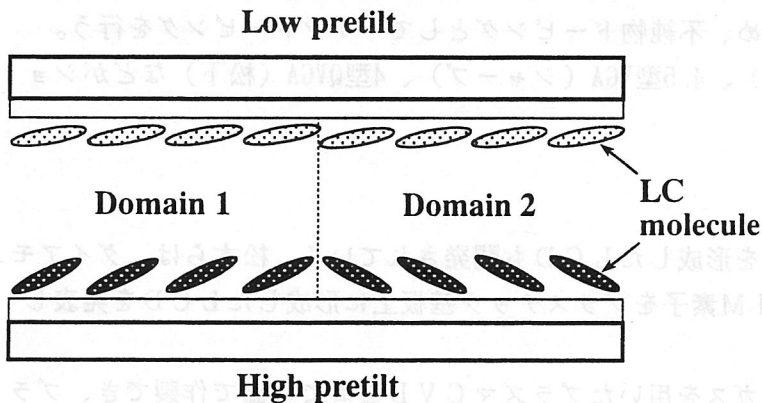


図4.2.5 C-TN法 [11]

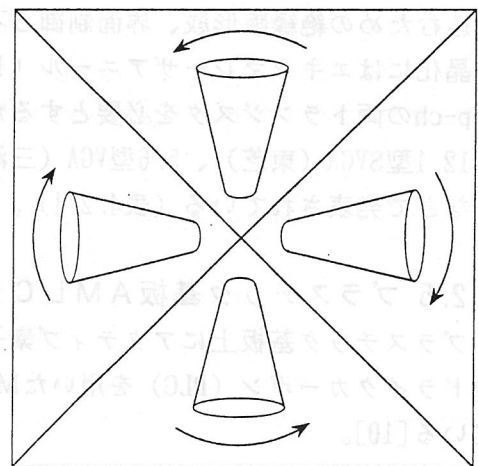


図4.2.6 CTN方式(位置制御型)[12].

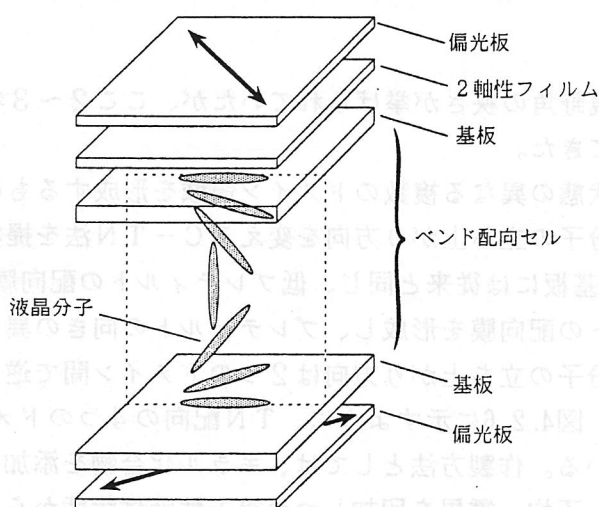


図4.2.7 OCBセルの構成 [14]

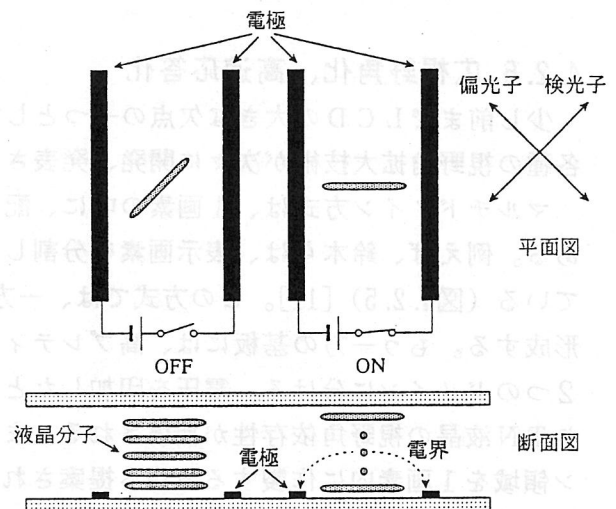


図4.2.8 IPS方式 [16].

V A (Vertically Aligned) 方式[17]は、垂直配向膜と負の誘電異方性を有するネマティック液晶とを組み合わせる(図4.2.9)。従来のTN方式と異なり、無電界時に液晶分子が基板に対してほぼ垂直になるため、正面から見た無電界時の黒レベルがクロスニコル偏光板の特性と同等となり、非常に高いコントラストが可能となる。富士通は、この方式と配向分割技術により15型XGAパネルを開発している。視野角(上140°, 下140°)が広く、応答速度(25ms)も速いのが特徴である[17]。

山田らは、ホモジニアス配向のネマティック液晶を壁で囲い込む軸対称マイクロセル(A SM)[18]を提案している。軸対称マイクロセル(A SM)は、液晶と重合性樹脂の混合物の相分離によって作製する。重合性樹脂による壁はUV照射によって作製する。A SMセルの構造と分子配列を図4.2.10に示す。ネマティック液晶には、基板間で90°ツイストに必要なキラル化合物が添加される。A SM法では、軸対称配向のため広い視野角が得られ、しかもモノドメイン配向であるため、ディスクリネーションが発生しないという利点がある。最近のショーには、A SM法を用いたPALCディスプレイが展覧されている(表4.2.1)。

光学補償フィルムによる広視野角化技術も進展している[19, 20]。これは、図4.2.11に示すように、光学的に負の一軸性化合物を、配向角度が厚み方向で連続的に変化するように配列させたフィルムを用いる。このような光学補償フィルムは、支持体上に設けた配向膜とその上に負の一軸性化合物である円盤状化合物をハイブリッド配向させた光学異方性層から構成される。円盤状化合物としては、図4.2.12に示すようなディスコティック液晶タイプの化合物を用いることができる。

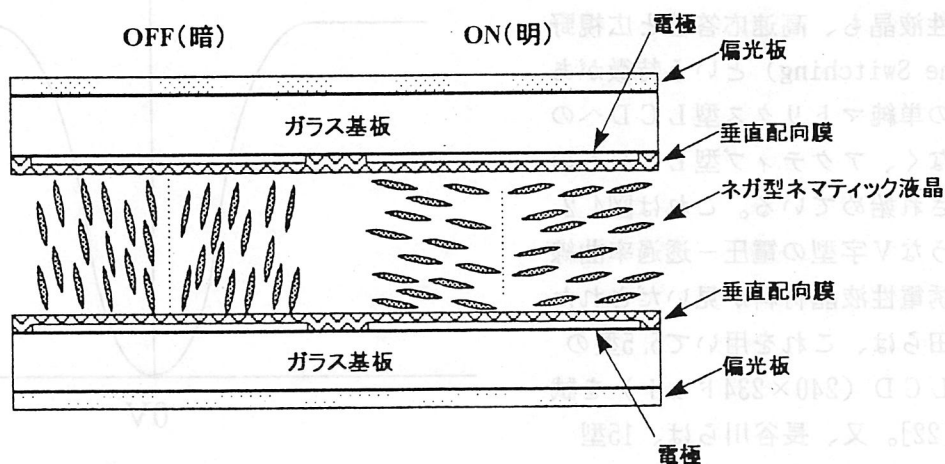


図4.2.9 VA方式[17].

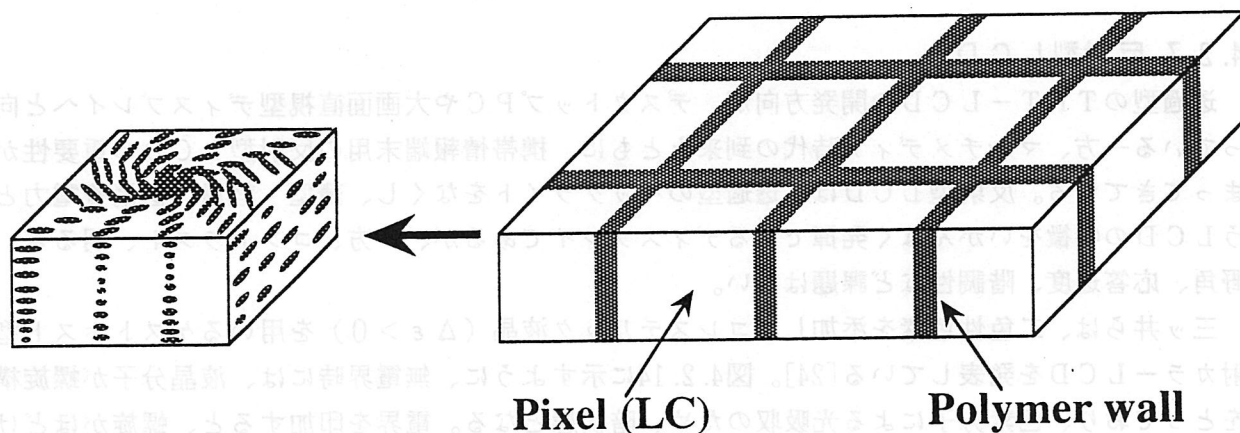


図4.2.10 ASM法[18].

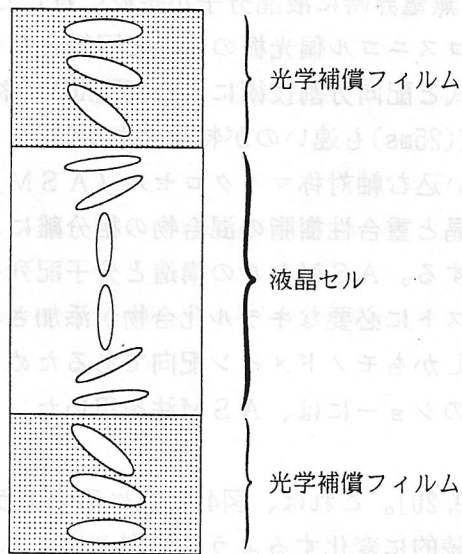


図4.2.11 光学補償フィルムにおけるハイブリッド配向

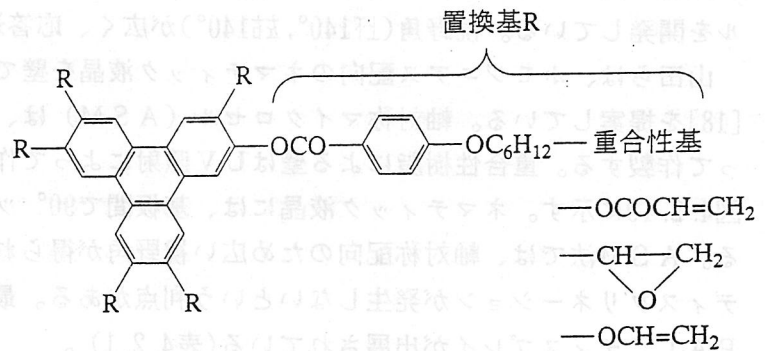


図4.2.12 ディスコティック液晶タイプの化合物例

反強誘電性液晶も、高速応答性と広視野角 (In-Plane Switching) という特徴があるが、従来の単純マトリクス型LCDへの応用だけでなく、アクティブ型LCDへの応用も研究され始めている。これは図4.2.13に示すようなV字型の電圧-透過率曲線を示す反強誘電性液晶材料が見いだされたため、吉田らは、これを用いて5.5型のa-Si-TFT-LCD (240×234ドット) を試作している[22]。又、長谷川らは、15型XGAパネルを発表している[23]。

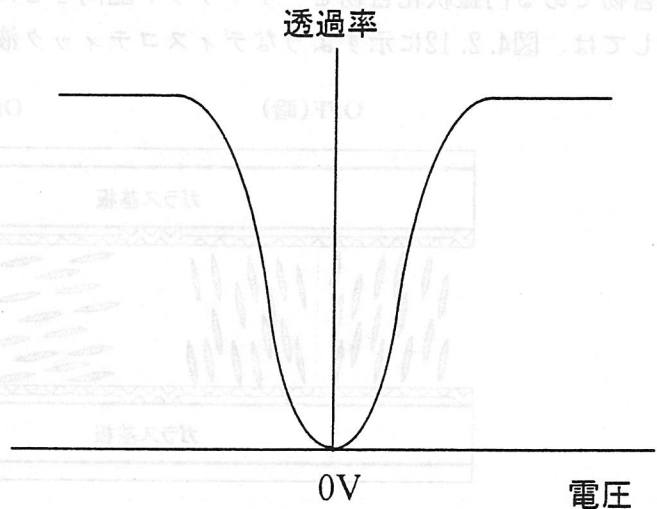


図4.2.13 V字型の電圧-透過率特性を示す反強誘電性液晶材料。

#### 4.2.7 反射型LCD

透過型のTFT-LCDの開発方向が、デスクトップPCや大画面直視型ディスプレイへと向かっている一方、マルチメディア時代の到来とともに、携帯情報端末用の反射型LCDの重要性が高まってきている。反射型LCDは、透過型のバックライトをなくし、薄型・軽量・低消費電力というLCDの特徴をいかに発揮できるディスプレイであるが、一方、コントラスト、明るさ、視野角、応答速度、階調性など課題は多い。

三ッ井らは、二色性色素を添加したコレステリック液晶 ( $\Delta \epsilon > 0$ ) を用いるゲストホスト型反射カラーLCDを発表している[24]。図4.2.14に示すように、無電界時には、液晶分子が螺旋構造をとっており、色素分子による光吸収のため、暗状態となる。電界を印加すると、螺旋がほどけて、液晶分子長軸が基板に垂直な配向に変化する。このときは光吸収が起こらず、明状態になる。この方式の最大の特徴は、偏光板を用いないため明るい表示が実現できる点にある。シャープはこの方式を利用して、512色の反射型TFT-LCDを開発している (表4.2.1)。

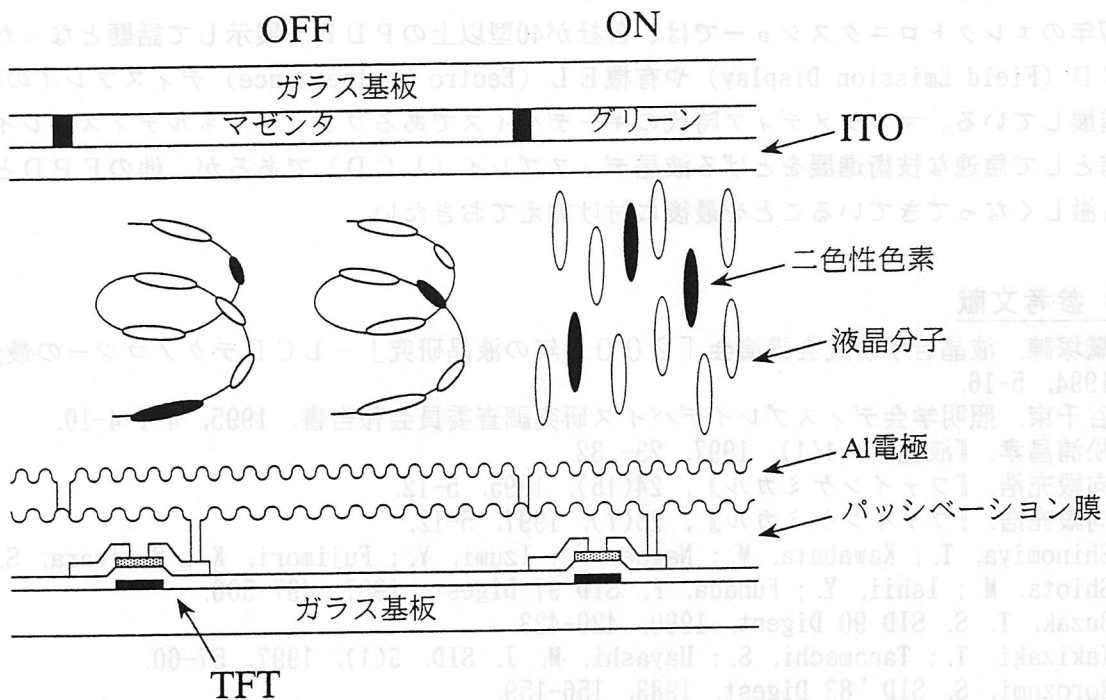


図4.2.14 ゲストホスト方式の反射型LCD [24].

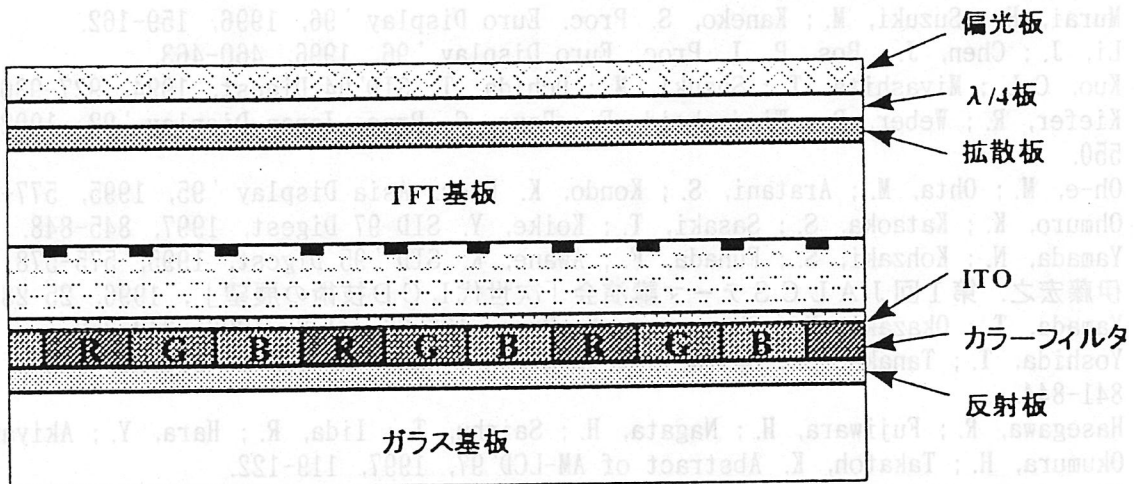


図4.2.15 1枚偏光板方式の反射型LCDの発表例 [25]

コントラストを重視した1枚偏光板を用いたTFT駆動TN方式も活発に研究されている。Kuoらは、偏光板の偏光軸、 $\lambda/4$ 板の光軸、ラビング方位などの最適化により、図4.2.15に示す構成の10.4型反射型カラーLCDを発表している [25]。明るさとコントラストがトレードオフの関係にあるため、ツイスト角を通常の $90^\circ$ ではなく $80^\circ$ に設定し、明るさを重視した点が特徴である。

高分子分散型液晶 (PDLC) の散乱現象を利用したIRIS (Internal Reflection Inverted Scattering) モードの反射型LCDも発表されている [26]。PDLCをツイスト配向させ、電界無印加時は透明状態、印加時は屈折率のミスマッチングによる散乱状態とするもので、偏光板不要のため明るい表示が可能となる。

#### 4.2.8 将来展望と課題・方向性

1997年のエレクトロニクスショーでは、各社が40型以上のPDPを展示して話題となった。また、FED (Field Emission Display) や有機EL (Electro Luminescence) ディスプレイの研究開発も進展している。マルチメディア時代のキーデバイスであるフラットパネルディスプレイの最有力候補として急速な技術進展をとげる液晶ディスプレイ (LCD) であるが、他のFPDとの開発競争も激しくなってきたことを最後に付け加えておきたい。

#### 4.2-9 参考文献

- [1] 鷲塚諫. 液晶若手研究会講演会「2000年の液晶研究」-LCDテクノロジーの最先端, 1994, 5-16.
- [2] 谷千束. 照明学会ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書, 1995, 4-1-4-10.
- [3] 松浦昌孝. 『液晶』, 1(1), 1997, 23-32.
- [4] 向殿充浩. 『ファインケミカル』, 24(15), 1995, 5-12.
- [5] 向殿充浩. 『ファインケミカル』, 26(7), 1997, 5-12.
- [6] Shinomiya, T.; Kawabata, M.; Nagae, N.; Izumi, Y.; Fujimori, K.; Fujiwara, S.; Shiota, M.; Ishii, Y.; Funada, F. SID 97 Digest, 1997, 497-500.
- [7] Buzak, T. S. SID 90 Digest, 1990, 420-423.
- [8] Kakizaki, T.; Tanamachi, S.; Hayashi, M. J. SID, 5(1), 1997, 57-60.
- [9] Morozumi, S. SID '83 Digest, 1983, 156-159.
- [10] Matsumoto, F.; Kameyama, K.; Nakamura, Y.; Kondo, H.; Ohta, E.; Miyabori, T. Proc. Asia Display '95, 1995, 31-34.
- [11] Suzuki, T.; Takatori, Sumiyoshi, K.; Suzuki, M.; Hirai, Y.; Kaneko, S.; Shibahara, S.; Ohi, S. SID '94 Digest, 1994, 267-270.
- [12] Murai, H.; Suzuki, M.; Kaneko, S. Proc. Euro Display '96, 1996, 159-162.
- [13] Li, J.; Chen, J.; Bos, P. J. Proc. Euro Display '96, 1996, 460-463.
- [14] Kuo, C-L.; Miyashita, T.; Suzuki, M.; Uchida, T. SID'94 Digest, 1994, 927-930.
- [15] Kiefer, R.; Weber, B.; Windscheid, F.; Baur, G. Proc. Japan Display '92, 1992, 547-550.
- [16] Oh-e, M.; Ohta, M.; Aratani, S.; Kondo, K. Proc. Asia Display '95, 1995, 577-580.
- [17] Ohmuro, K.; Kataoka, S.; Sasaki, T.; Koike, Y. SID 97 Digest, 1997, 845-848.
- [18] Yamada, N.; Kohzaki, S.; Funada, F.; Awane, K. SID '95 Digest, 1995, 575-578.
- [19] 伊藤宏之. 第1回JALCSテーマ講演会「次世代LCD技術の展望」, 1996, 25-28.
- [20] Yamada, T.; Okazaki, M.; Shinagawa, Y. Proc. IDW'96 vol.2, 1996, 349-352.
- [22] Yoshida, T.; Tanaka, T.; Ogura, J.; Wakai, H.; Aoki, H. SID'97 Digest, 1997, 841-844.
- [23] Hasegawa, R.; Fujiwara, H.; Nagata, H.; Saishu, T.; Iida, R.; Hara, Y.; Akiyama, M.; Okumura, H.; Takatoh, K. Abstract of AM-LCD'97, 1997, 119-122.
- [24] Mitsui, S.; Shimada, Y.; Yamamoto, K.; Kimura, N.; Takamatsu, T.; Kozaki, S.; Ogawa, S.; Morimoto, H.; Matauura, M.; Ishii, Y.; Awane, K. Uchida, T. SID'92 Digest, 1992, 437-440.
- [25] Kuo, C.-L.; Chen, C.-L.; Ting, D.-L.; Wei, C.-K.; Hsu, C.-K.; Liao, B.-J.; Liu, B.-D.; Hao, C.-W.; Wu, S.-T. SID 97 Digest, 1997, 79-82.
- [26] Sonehara, T.; Yazaki, M.; Iisaka, H.; Tsuchiya, Y.; Sakata, H.; Amako, J.; Takeuchi, T. SID 97 Digest, 1997, 1023-1026.

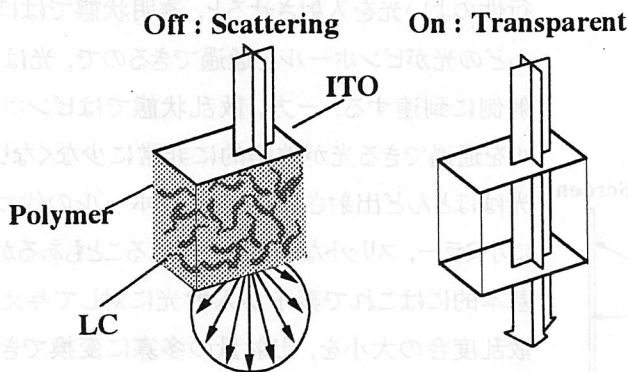
## 4. 3 高分子分散型 LCD

### 4. 3. 1 高分子分散型 LCD とは

高分子分散型 LCD とは、よく知られている TN 液晶素子とは異なり、偏光板を用いずに透過-散乱モードで動作する液晶素子である。ここでは高分子分散型 LCD の一種である LCPC (液晶高分子複合体; Liquid Crystal Polymer Composite) を例にとり、この素子の特徴、ディスプレイシステム設計について述べる。

LCPC を理解するには、以下のアナロジーで考えると容易である。水と油をビーカーに入れると、これらは相容しないので当然 2 層に分かれるが、強制的に攪はんしてやると、全体として白く濁ったクリーム状になる。もちろん、この操作によって水や油それ自身が不透明になったわけではなく、ただ水の屈折率(1.33)と油のそれ(1.4~1.5)とが異なるから、その界面で光が散乱され濁ってみえているにすぎない。LCPC においても、屈折率の異なる液晶と高分子とが混合されているので白濁している。ただクリームの場合と異なるのは、この状態で電圧を印加すれば、液晶の(特定方向から見た)屈折率が一定にそろうため、この時のみ液晶の屈折率( $n_o$ )と高分子の屈折率とを一致するよう選んでおけば、透明状態にすることができる(図 4.3-1)。これが LCPC の動作原理であり、電界の ON/OFF により光

図 4.3-1 LCPC



の散乱性を制御しているのである。液晶の屈折率異方性、及び非液晶物質との屈折率マッチングを利用すればこのような散乱素子が得られることは既に 1970 年代に Hilsum によって見出されているが、素子としての実用化は遅れていた。しかし、マルチメディア時代に向けて大画面ディスプレイシステムを Reasonable な構成と価格で提供しようとするれば、透過-散乱モードで動作し、原理上偏光板が不要なこの素子が有利である。なぜならば、現在主流の TN 液晶方式では偏光板が足枷となり、入射光利用率は理想値でも  $1/2$ 、実際

には  $1/3$  となり、必然的にシステムの他の要素への負荷を大きくしてしまうからである。たとえば、開口率を極度に上げようとするれば、画素密度の向上が阻まれるし、開口率の低下を光源光量増大で補おうとするればシステムの大型化/消費電力増大を招く。よって高分子分散型液晶は、高輝度/高画素密度を両立させるためには、現在知られている素子方式中もっとも有利なものの一つである。

### 4. 3. 2 LCPC の動作と特徴

初期の高分子分散型液晶は、およそ表示素子に用いられるような特性とはほど遠いものであった。すなわち駆動電圧は数十~百 V ときわめて高く、しかも大きなヒステリシスがありコントラスト比も低かった。これらの問題は LCPC では解決されている。特に低電圧駆動が可能であるにもかかわらず、ヒステリシスが小さいことが本素子の大きな特徴である。最近の LCPC 素子の特性は表 4.3-1 に示したように<sup>2)</sup>、やや駆動電圧が高いことをのぞけば、通常の TN 液晶駆動用の TFT 素子がほぼそのまま使える特性である。逆にこの素子を製造する際には、TN 液晶では必須不可欠の配向膜が原理上不要であるので、TN 素子において常につきまとう配向不良やラビングのトラブルからは解

表4.3-1 Typical LCPC Device

<b>Drive Voltage</b>	<b>3 - 10 V</b>
<b>Transmittance</b>	<b>≥ 90 %</b>
<b>Contrast Ratio</b>	<b>150:1</b>
<b>Response</b>	<b>&lt;20msec</b>
<b>Resistivity</b>	<b>3 x 10<sup>11</sup> ohm-cm</b>

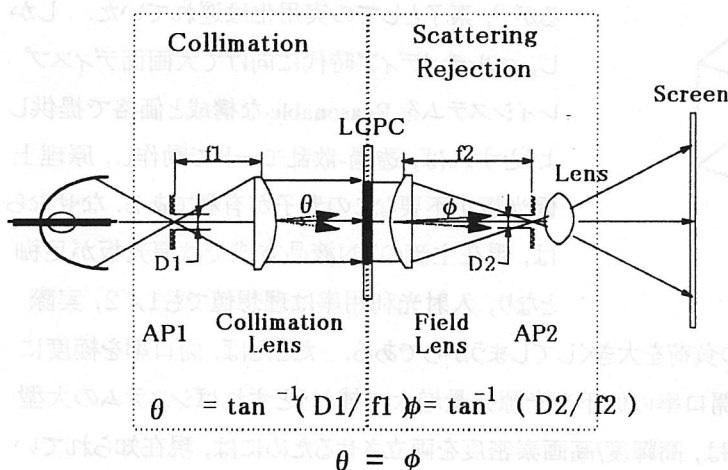
放されている。

ところでこの素子はTNの透過-吸収モードとは全く異なる、透過-散乱というモードで動作するため、素子特性の評価というごく基本的な段階から、ディスプレイ商品設計という段階にいたるまで、常に頭の切り替えが要求される。なぜならばLCPC素子の特性は、素子単体では表現できず、どのような光学系と組み合わせるかを決定してはじめて確定するからである。

#### 4.3.3 LCPC投射ディスプレイの光学系

図 4.3-1 でみたように、透過-散乱モードでは、電界の印加/非印加に対応して光の透過量が変化するわけではない。ただ出射光の散乱度合が変化するだけである。よってこのままでは ON/Off コントラスト比は常に1であるので、実際にこの素子をディスプレイ素子として用いるには、光の『散乱度合』を光の『明暗』に変換する光学系が必要である。よく知られているように、このような目的には図 4.3-2 に示したシュリーレン光学系が用いられる<sup>3)</sup>。LCPCに平行性のよい光を入射させると、透明状態ではほとんどの光がピンホールを通過できるので、光は出射側に到達する。一方、散乱状態ではピンホールを通過できる光が確率的に非常に少なくなり、光はほとんど出射されない。ピンホールの代わりに小ミラー、スリットなどが用いられることもあるが、基本的にはこれで素子が入射光に対して与えた散乱度合の大小を、出射量の多寡に変換できている。ここで留意しなければならないのは、図 4.3-2 のピンホールの口径、より正確にはLCPCを通過してきた光の集光角(図 4.3-2 の  $\phi$ )は、この系全体のコントラスト比を直接左右するという点である。ピンホールの口径が小さければ小さいほど、

図4.3-2 Schlieren Optical System

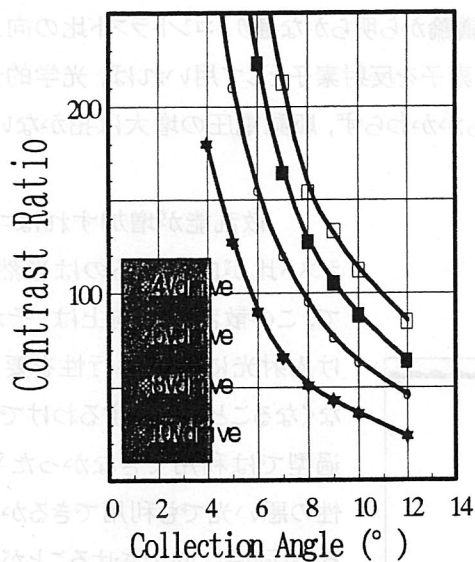


つまり集光角が小さいほどコントラスト比が高まるし、大きくなれば悪化する(図 4.3-3<sup>3)</sup>;このことは図 4.3-2 でピンホール板自体が存在しない場合を考えてみればよい)。ただしその一方で、このシステムが最終的に出射する光は、光源系からの光束のうち(シュリーレン光学系を通過することを許された)光だけであるから、 $\theta$  を小さくすれば出射光量は減少する。つまりコントラスト比と高光量を両立させるには、光源光がいかにコリメートされているかにかかっている。同一光源電力でも点光源に近いほど平行光光量は多く取出せるから、光源として放電ランプを用いた場合、長アーク大電力ランプより短アーク小電力ランプの方が、むしろ明るくかつコントラスト比も高いという、一見TN素子の『常識』に慣れ親しんできた頭には非常に理解しにくいことも起こり得るし、実際そうである。LCPCのT-V特性を図 4.3-4 に示したが<sup>2)</sup>、上記の議論からわかる通り、これはTN液晶素子のT-V特性と一見似てはいても、ある集光角(この

図 4.3-3<sup>3)</sup>;

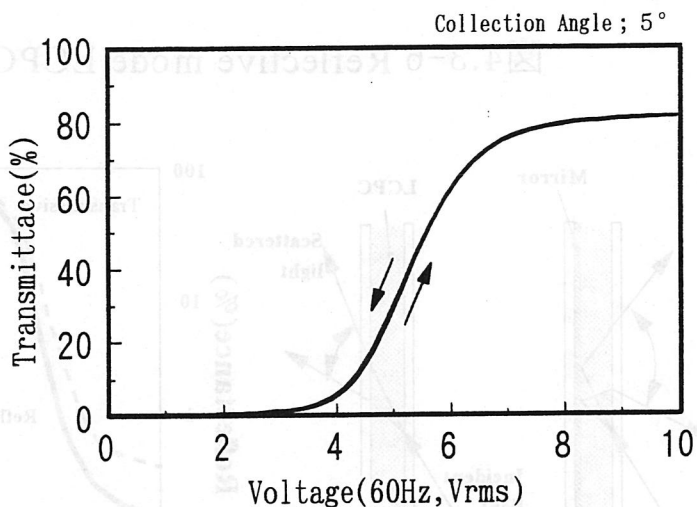
図 4.3-4 に示したが<sup>2)</sup>、上記の議論からわかる通り、これはTN液晶素子のT-V特性と一見似てはいても、ある集光角(この

図4.3-3 Contrast Ratio of LCPC



場合5度)という条件下での特性であって、ここでいう透過率Tとは、集光角5度の捕捉コーン内におさまった透過光をさしているものであり、全透過光のことではない。

図4.3-4 Transmittance vs. Voltage of LCPC



#### 4.3.4 透過型LCPC投射ディスプレイ

TFTで駆動可能なLCPC素子が開発されたので、これを用いた透過型投射ディスプレイが試作されており、(図 4.3-5)、このシステムの性能を評価した結果を表 4.3-2 に示した<sup>2)</sup>。ランプ電力に対する出射全光束は2.4Lumen/Wと、TFTの開口率を勘案すれば、たしかにTN液晶方式に比べて2倍以上高い光利用効率が達成されている。なお、ここでいう全光束は、ANSI Lumen であり、いわゆるピークルーメンではない。

図4.3-5 Transmissive LCPC Projector

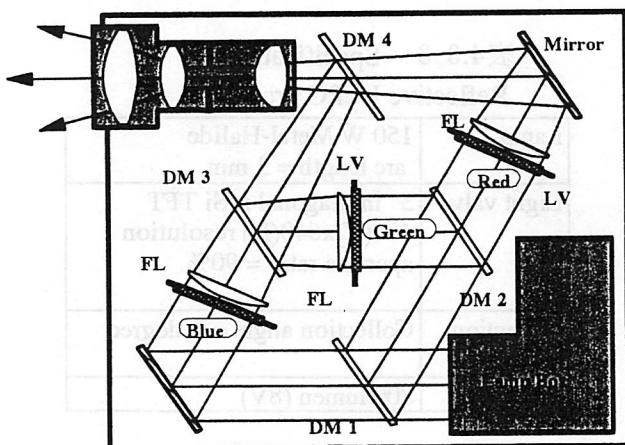


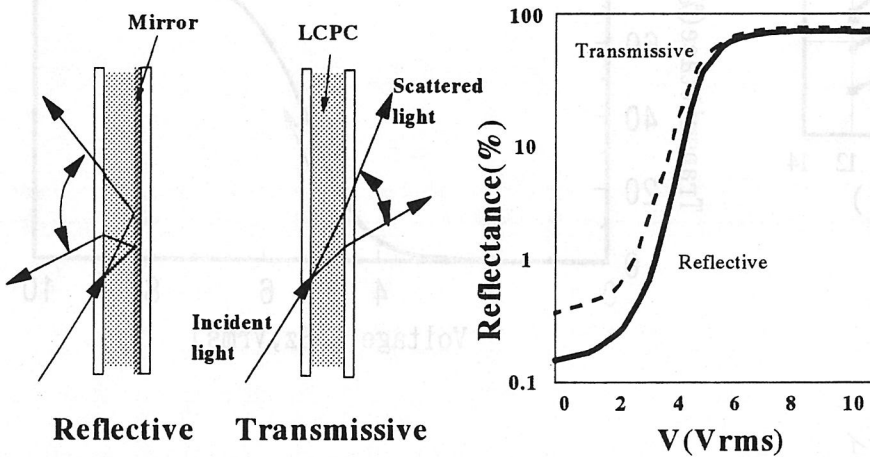
表4.3-2 Specifications of Transmissive LCPC projectors

Lamp	250 W Metal-Halide arc length = 5 mm
Light valve	3" in-diagonal a-Si TFT 480(V)x640(H) resolution aperture ratio = 40%
Projection lens	Collection angle = 7 degree
Output	600 lumen

#### 4.3.5 反射型LCPC投射ディスプレイ

透過散乱素子においては、入射光が素子を通して出射するまでの光路長、すなわち素子の厚みが大きければ大きいほど、その散乱能は増大する。散乱能の増大は上述の議論から明らかな通り、コントラスト比の向上又は明るさの増加、もしくはその両方に結びつく。なぜならば透過-散乱素子を反射素子として用いれば、光学的光路長は2倍になるから、素子が持つ散乱能が増大するからである。にもかかわらず、駆動電圧の増大は招かない(図4.3-6)<sup>4)</sup>。

図4.3-6 Reflective mode LCPC



散乱能が増加すればコントラスト比が向上するのは当然として、この散乱能の向上は、それだけ入射光に高い平行性を要求しなくなることも意味するわけで、透過型では利用できなかった平行性の悪い光でも利用できるから明るさも同時に向上させることができる。しかも反射型駆動アレイを用いることができるので、90%以上の高い開口率も利用できる。高精度かつ高輝度化というディスプレイの進化の流れから、少なくとも

1000ルーメンの光量が出射できることが次世代ディスプレイの最低条件と考えられるが、この考えのもとに試作されたLCPC反射型ディスプレイ(図4.3-7)の特性は、150Wの光源電力で800ANSIルーメンと、非常に高い利用効率が達成されている(表4.3-3)<sup>4)</sup>。

図4.3-7 Reflective LCPC Projector

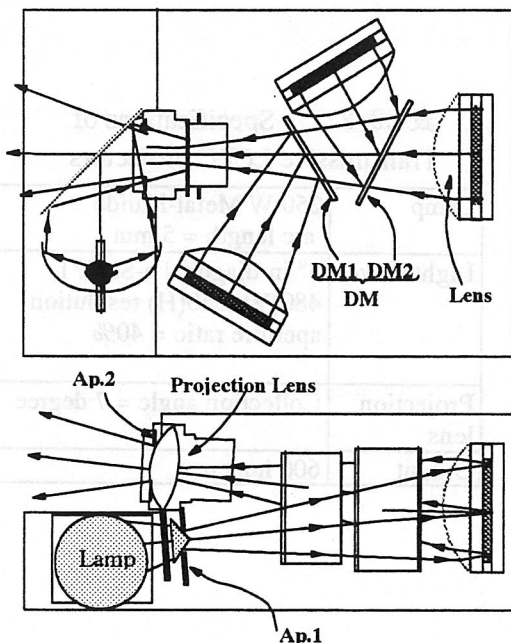
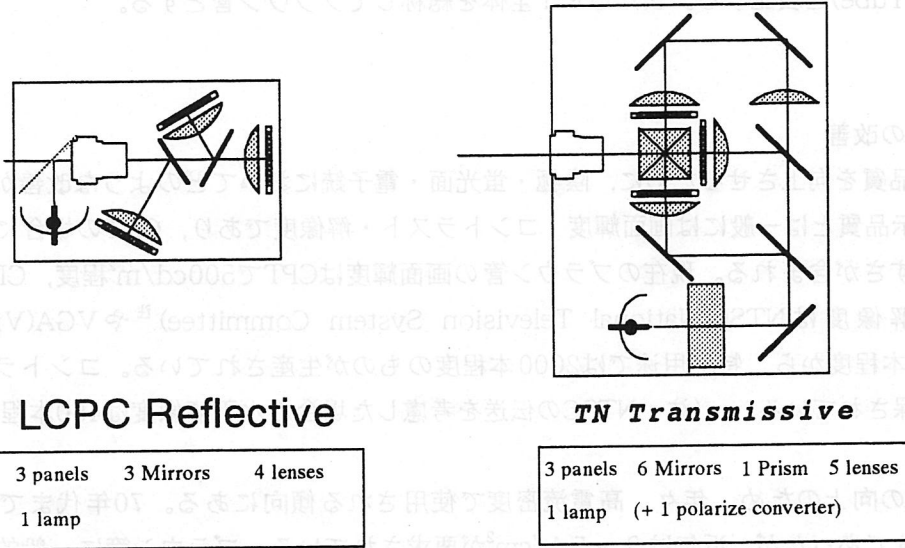


表4.3-3 Specifications of Reflective LCPC projectors

Lamp	150 W Metal-Halide arc length = 3 mm
Light valve	3" in-diagonal p-Si TFT 480(V)x640(H) resolution aperture ratio = 90%
Projection lens	Collection angle = 8 degree
Output	800 lumen (8V)

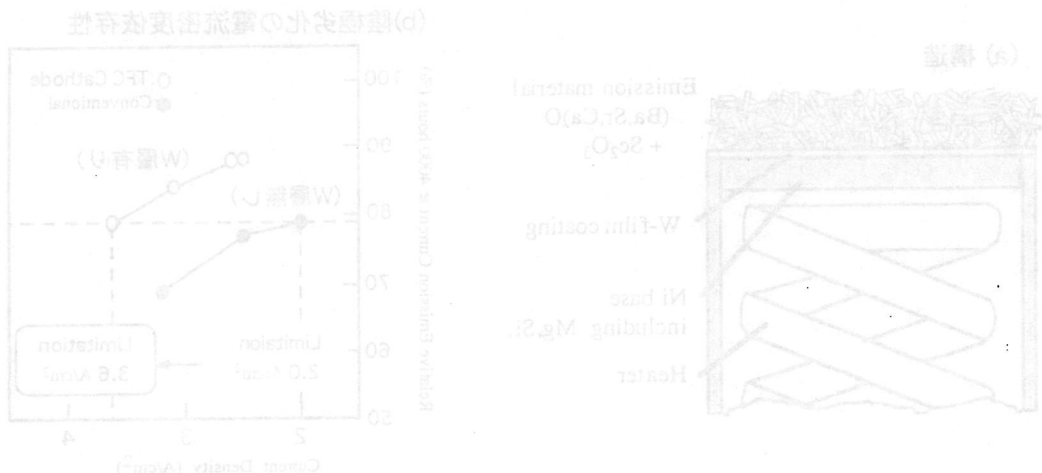
更に前述の透過型LCPC投射ディスプレイと比べてみればわかるように、光学系自体の部品点数も少なくできるので、小型軽量化と低コスト化が期待される(図 4.3-8)。 (若林常生)

図 4.3-8 Footprint of LCPC Reflective Projector



参考文献：

- 1) Hilsum, C.; Electro-Optical Device, UK. Pat. 1,442,360, 1976
- 2) 若林常生, LCPC ディスプレイ, 月刊ディスプレイ, Vol.3, No.7, 1997, p. 89-93.
- 3) Ooi, Y. et al. ; Japan Display'92, 1992, p. 113-116.
- 4) Kunigita, M., et al; IDRC 97, 1997, L-54 - L-57.



## 4. 4 CRT

### 4.4.1 はじめに

この4.4節では、主として過去3～4年の間に進められたCRT(Cathode Ray Tube)の改善について述べる。なお本文中においてはCRTを用途別に区別するため、テレビ用の受像管をCPT(Color Picture Tube)と、パソコンやワークステーション等に用いられる表示管をCDT(Color Display Tube)と、さらに投影管をPRT(Projection Tube)と表記する。またCRT全体を総称してブラウン管とする。

### 4.4.2 直視型CRT

#### (1)陰極、蛍光面、電子銃の改善

以下にブラウン管の表示品質を向上させるために、陰極・蛍光面・電子銃においてどのような改善が行なわれているかを述べる。表示品質とは一般には画面輝度・コントラスト・解像度であり、CDTの場合にはこれに文字やアイコンの見やすさが含まれる。現在のブラウン管の画面輝度はCPTで $500\text{cd}/\text{m}^2$ 程度、CDTで $150\text{cd}/\text{m}^2$ 程度である。解像度はNTSC(National Television System Committee)<sup>註</sup>やVGA(Video Graphics Array)の水平600本程度から、特殊用途では2000本程度のものが生産されている。コントラスト比は明室にて数十：1が確保されている。(注：NTSCの伝送を考慮した場合の水平解像度は450本程度)

陰極は画面輝度や解像度の向上のため、年々、高電流密度で使用される傾向にある。70年代までは $1\text{A}/\text{cm}^2$ 程度の電流密度で十分であったが、近年は $3\sim 5\text{A}/\text{cm}^2$ が要求されている。ブラウン管に一般的に使用されている陰極は酸化物陰極であり、これはニッケルのベースメタルの上にバリウム、ストロンチウム、カルシウムからなる酸化物を塗布したものである。酸化物陰極は半導体的電気伝導性を持つため高電流密度で動作させるとジュール発熱が生じ、寿命が短くなる問題があった。この酸化物陰極を高電流で動作できるようにする提案は80年代中頃になされた。これは、従来の酸化物層の中に酸化スカンジウムを分散添加させるものであり、これにより $2\text{A}/\text{cm}^2$ での使用が可能となった。そして1997年には、この酸化スカンジウム分散型酸化物陰極の改良として、ベースメタルの表面にタングステン層を形成したものが報告された。これによりさらに $3.6\text{A}/\text{cm}^2$ でも動作可能と報告されている。[1] (図4.4-1) これらの改良は従来の酸化物陰極とコストはほとんど変わらず、陰極周辺部材の変更も不要であるため広く導入が進められている。

上記は酸化物陰極の改良であるが、本質的に大電流密度動作に対応できるものとして含浸形陰極がある。含浸形陰極はタングステンの焼結多孔質ペレットにバリウム、アルミニウム、カルシウムの酸化物を溶かし

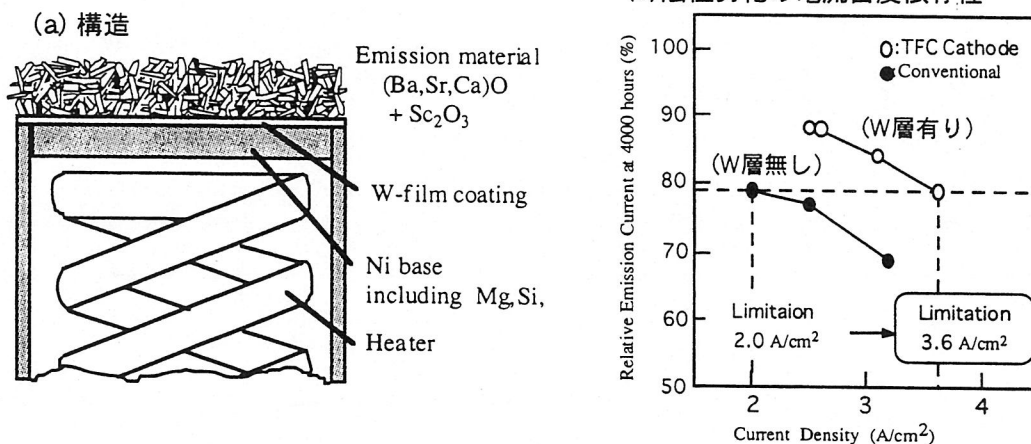


図4.4-1 Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>分散型酸化物陰極 [1]

込ませたものである。この場合、電気伝導は金属で行なわれるためジュール発熱は問題とならない。この陰極の寿命は動作させる温度に依存し、電流密度とは基本的には無関係である。現在実用化されているものとしては、 $5\sim 10\text{A}/\text{cm}^2$ で動作温度 $950\sim 1000^\circ\text{C}$ 、寿命は数万時間のものがある。ただし、含浸形は酸化陰極に比較し高コスト（～数倍）となる。このため従来その用途は限られていたが、近年低コスト化が進み広く用いられる傾向にある。[2]-[4]

コントラストを向上させるには、外光の反射をいかに下げるかが要点となる。従来よりフェースプレートのガラスの光透過率を下げるにより高コントラスト化が行なわれているが、これは画面輝度を低下させていた。これを改善するために、蛍光体の各色（赤、緑、青）の波長を透過するマイクロフィルタをフェースプレート内面に形成したブラウン管が1994年に発表された。[5]（図4.4-2）この実用化には顔料が $0.01\mu\text{m}$ 程度まで微粒子化できるようになったこと、および3色のフィルタ化のためのレジスト材料の改善が大きく寄与している。この技術により、従来と同程度のコントラストを維持しながら30～40%の輝度向上が可能と報告されている。また、形成しやすく効果の大きい青色だけフィルタ形成することも行なわれている。[6]

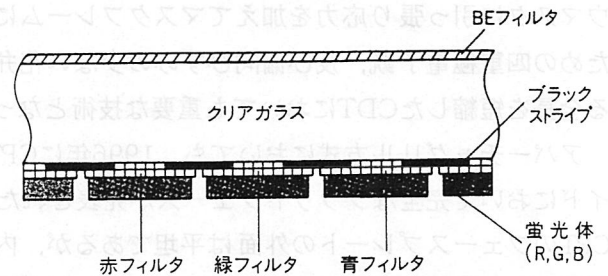


図4.4-2 マイクロフィルタ [5]

解像度の向上の主役は主レンズの大口径化である。インライン電子銃における大口径化は80年台前半より行なわれている。ここ数年は大口径レンズを用い、ブラウン管全面に渡る解像度を得るために四重極レンズを備えて、動的にフォーカスや発光スポット形状を調整することができる電子銃が一般的となっている。[7]（図4.4-3）

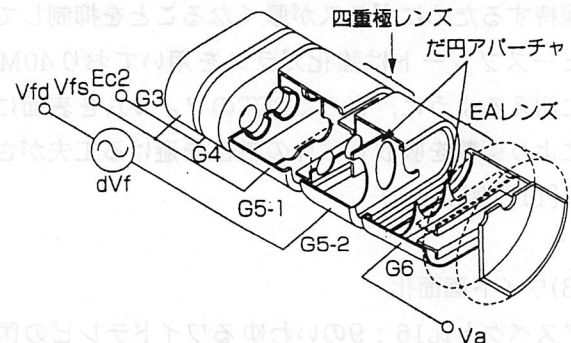


図4.4-3 四重極レンズと大口径主レンズの電子銃 [7]

CDTで重要となるのは文字やアイコンの見やすさである。これに関しては相反する意見がある。一方はストライプ状蛍光面であり、他方はドット状蛍光面である。ストライプ状蛍光面は縦方向直線をすっきりと表示できるとの主張がある。これに対しドット状蛍光面は、シャドウマスク（あるいはアーチャーグリル）の開口の間隔が同じであれば同一色の蛍光体がストライプ状蛍光面の場合よりも（水平方向では）近接しており、こまやかな表示が可能であるとされている。実際にどちらが好まれるかは個人差があり一概に決めることはできない。現在シャドウマスクのピッチはCDTで $0.25\sim 0.30\text{mm}$ が用いられている。[8][9]（表4.4-1）

表4.4-1 蛍光体の配置例 [9]

Screen structure and Resolution				
	41cm/0.26P	46cm/0.26P New Size	51cm/0.28P	49cm/0.26P stripe
Screen Structure				
Horizontal Resolution (Width/Pitch)	1,489 dots    327.5 mm 0.22 mm	1,663 dots    365.8 mm 0.22 mm	1,846 dots    406.4 mm 0.22 mm	1,477 dots    384.0 mm 0.26 mm
Display mode				
1280x1024 (1.3M pixel)	Good	Excellent	Excellent	Excellent
1600x1200 (2M pixel)	Poor	Good	Excellent	Fair

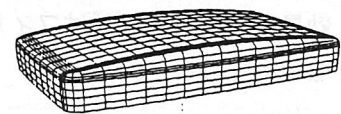
### (2)フラットフェース化

ブラウン管のフェースプレートは、真空を維持するためのバルブ強度を得るために一定の曲率をもって形成されている。一般にフラットフェースと呼ばれるものでも、半径2000mmから4000mmの曲率を持っている。フェースプレートの表面は、より平面である方が外光の映り込みを減らすことができる。完全に平坦なフェースプレートをもつCDTは、80年代後半に一部生産が行なわれた。しかしこの曲率を小さくすることは、電子ビームのフォーカス特性やスポット形状の均一性を低下させる。また、シャドウマスクやアパーチャグリルの保持およびガラスバルブの強度の確保が難しくなる。このため普及には至らなかった。

しかし近年、電子銃レンズ系や偏向ヨークの改善、シャドウマスクやガラスバルブの応力計算手法が発達したため、フェースプレートを完全に平坦にしたブラウン管の発表が相次いだ。シャドウマスク方式では、17型のCDTが1996年に発表されている。[10] この実用化の技術として重要なものは、25 $\mu$ mの薄いシャドウマスクに引っ張り応力を加えてマスクフレームに溶接固定する技術、周辺でのスポットの変形を押さえるための四重極電子銃、及び偏向ひずみの少ない花卉型の偏向ヨークの開発である。この偏向ヨークは後述する全長を短縮したCDTにおいても重要な技術となっている。

アパーチャグリル方式においても、1996年にCPT28型ワイドにおいて完全なフラットフェースが発表された。このCPTのフェースプレートの外面は平坦であるが、内面は水平方向に半径12000mmの、アパーチャグリルは6000mmの曲率をもっている。この曲率により、ブラウン管の強度を保持するためにガラスが厚くなることを抑制している。フェースプレートは強化ガラスを用いており40MPaの圧力に耐えるように、さらにPETのフィルムを表面に貼ることにより衝撃を吸収し破片の散乱を避ける工夫がされている。[11] (図4.4-4)

Conventional Trinitron



Super Flat Trinitron

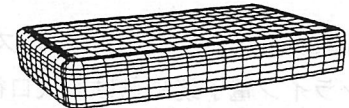


図4.4-4 平坦なフェースプレート [11]

### (3)ワイド画面化

アスペクト比16:9のいわゆるワイドテレビの国内出荷台数は、1992年には5万台程度であったものが1996年には297万台となり全家庭用テレビの25%を占めるようになった。これに対し、CDTにおいては4:3のブラウン管がほぼ独占状態である。しかし、24型のワイドブラウン管はA3用紙サイズ(A4, 2枚サイズ)を一度に表示できることから新たな需要が見込まれ、いくつかのCDTが1996年から1997年にかけて発表された。[4][6] (図4.4-5)

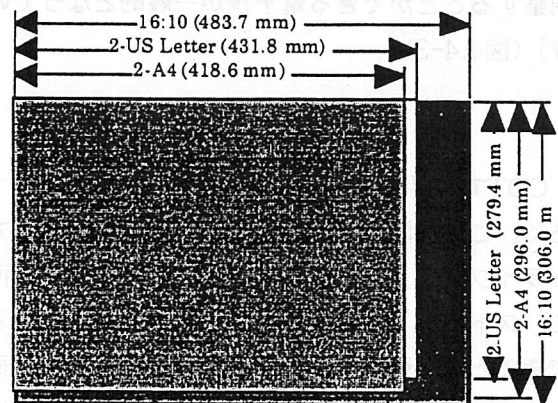


図4.4-5 24型ワイドCDTの表示領域 [6]

### (4)省スペース化

ブラウン管の弱点である奥行をできるだけ小さくする試みも行われている。特にCDTの場合、ディスプレイモニタは机の上の置かれることが多いため、奥行の削減はCPTよりも重要といえる。ブラウン管を短縮するには、偏向角度を大きくすることが有効である。

CPTの偏向角度は4:3のもので既に対角112度であるが、CDTにおいては従来90度であった。CDTの全長を短縮するため、17型において偏向角を90度から100度にしたものが1997年に発表された。これによ

り全長は40.3mm短縮され、348mmとなり従来の14型と同程度にすることができた。CDTは画面中心だけでなく、周辺まで十分な解像度が要求されるため偏向によるスポットの変形をCPTよりも抑える必要がある。このため、フェースプレート平坦化において用いられた花卉型の偏向ヨークを使用し、電子銃では偏向によるひずみを補償するようにあらかじめビーム形状を変形させている。[12] (図4.4-6)

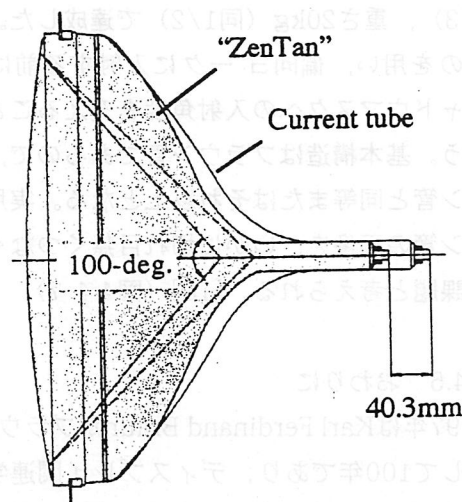


図4.4-6 100度偏向角CDT [12]

#### (5)省エネルギー化

近年、環境問題から省エネルギー化が求められるようになった。ディスプレイにおいて消費される電力のうち40%程度は偏向電力であるといわれる。偏向電力を減少させるには、同じ偏向角度を維持するならネック径を縮小することが有効である。CDTにおいては1994年に15型でネック径を29.1mmから24.3mmに縮小したものが開発された。これにより、偏向電力を30%低減することができた。その後1995年から1996年にかけて15型でネック径22.5mmのもの、17型で24.3mmのものが開発された。ネック径の縮小は電子銃の主レンズの口径の縮小をもたらす。これによるフォーカス特性の劣化（解像度の低下）を防ぐために電子銃の大口径化技術が駆使され、また陰極も高い電流密度で動作させる傾向がある。[13][14]

偏向電力の抑制は、ネック径の縮小だけでなく、偏向ヨークの形状、ファンネル部分の形状の最適化によっても進められている。ファンネル形状に関して注目されるものに、四角形状にファンネルを最適形成し偏向電力を25%減少させるとの動きが有り注目される。[15]

#### 4.4.3 投射型CRT (PRT)

投写型テレビまたはモニタにおいても背面投写方式ではPRT（投写型ブラウン管）を用いたものが主流であると言える。しかし、前面投写方式に限れば1996年（Worldwide金額ベース）において既にLCDを用いたものがPRTを用いたものを越えている。またDMD (Digital Micromirror Display) が1998年以降伸びてくると考えられ、PRTにも一層の性能向上が求められている。PRTの高輝度、高解像度のために、電子銃収束系・陰極の改良が進められた結果、背面投写型テレビは直視型とほぼ遜色のないレベルに達している。しかし、今後さらに改善が求められているものとして、（PRT特有の高電流密度での動作における）青色蛍光体の輝度の向上並びに寿命の改善が大きな課題として残されている。

#### 4.4.4 平面CRT

平面CRTとして記憶に新しいものは、1993年に製品化されたMDS(Matrix drive and Deflection System)方式による厚さ約10cmの14型TVの製品化である。しかし、電極構造の複雑さやこれ以上の大型化に問題が残されており普及には至らなかった。その後も平面CRTの試みは続いており、1996年には線状熱陰極から出た電子をMgO被膜形成した壁面で（二次電子）反射させながら、任意の画素に導く方式の17型ディスプレイの試作が発表された。パネル厚さ1cm、重さ2kgであり、輝度は500cd/m<sup>2</sup>、100lx下でのコントラスト比60：1を達成している。大きな注目を集めたが、生産性は未知数である。[16][17]さらに1997年にはブラウン管を組合せた構成のディスプレイが発表された。これは6型相当のブラウン管を縦に3個、横に8個、1つの真空容器として組合せたものである。これにより32型ワイドを奥行20cm(従来

比1/3), 重さ20kg (同1/2) で達成した。電子銃は1ガンものを用い, 偏向ヨークに入射する前に補助偏向を行いシャドウマスクへの入射角度を変えることにより色選別を行う。基本構造はブラウン管であるので, 性能的にはブラウン管と同等またはそれ以上となる。実用化には各小ブラウン管の画像を, いかに切れ目無くつなぐことができるかが課題と考えられる。[18] (図4.4-7)

#### 4.4.5 おわりに

1997年はKarl Ferdinand Braunがブラウン管の原形を發明して100年であり, ディスプレイ関連学会においてはブラウン管の将来をうらなう基調講演などが行なわれた。LCD, PDPの著しい進歩に目を奪われるが, 実際には総合的な画質で未だブラウン管を凌駕してはいない。100年という歴史をもち成熟したブラウン管技術があるが, 未だ着実に進歩をしている。また価格的には圧倒的な強みを持っており, そしてその強みが今後とも大きく変化しないことも忘れてはならない。少なくとも2005年頃まではディスプレイの主役にあると考えられる。

(佐々木進)

#### 参考文献

- [1] Saito, M., et al. ; Improved Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Dispersed-Oxide Cathode with Tungsten-Film Coating, SID97 Digest (1997) p351
- [2] 樋口敏春, 他 ; ヒータ電力を1/2にしたCRT用省電力ディスペンサーカソード, 東芝レビュー Vol.53(No.2)(1998)
- [3] Nakadaira, T., et al. ; Temperature and Cutoff Stabilization of Impregnated Cathodes, SID96 Digest (1996) p811
- [4] 佐脇泰雅, 他 ; 56cm(24型)ワイド(16:9)CRTマルチスキャンディスプレイ, 日立評論 Vol.78(No.12)(1996)p29
- [5] 伊藤武夫, 他 ; スーパーブライトロンカラーブラウン管, 東芝レビュー Vol.50(No.10)(1998)p729
- [6] Ebe, K., et al. ; A New 24-in. 16:10 Trinitron CRT, SID97 Digest (1997) p142
- [7] 吉見 功, 他 ; 2Mピクセル表示51cm(21型)カラーディスプレイ管, 日立評論 Vol.78(No.12)(1996)p35
- [8] 柳井良彰, 他 ; 36cm(15型)CROMACLEAR管の開発, NEC技報 Vol.49(No.10)(1996)p32
- [9] Koganezawa, N., et al. ; Development of 46cm(19-in) Color Display Tubes, SID97 Digest (1997) p146
- [10] Taki, A., et al. ; Development of 17-in "Pure Flat" Color Monitor Tube, SID96 Digest (1996) p879
- [11] Iguchi, Y., et al. ; A Super-Flat Trinitron Color CRT, SID97 Digest (1997) p355
- [12] Kato, A., et al. ; Development of 41cm(17-in) Short-Length Color Monitor Tube, SID97 Digest (1997) p138
- [13] 柳井良彰, 他 ; 電子銃シュミレータによる36cm省電力カラーディスプレイ管用電子銃の開発, NEC技報 Vol.48(No.10)(1995)p39
- [14] 吉岡 洋, 他 ; デスクトップパソコン用41cm(17型)省電力カラーディスプレイ管, 日立評論 Vol.78(No.12)(1996)p35
- [15] Takenaka, S. ; Display Technologies Striving for Supremacy in the 21st Century, Proc. IDW97 (1997)p7
- [16] van Gorkom, G. G. P., et al. ; A New Thin CRT, SID97 Digest (1997) p235
- [17] Special Issue on a New Flat, Thin Display Technology; Philips Journal of Research Vol.50(No.3/4)(1996)
- [18] 東芝技術展(1997), 図4.4-7は(株)東芝よりインターネット上で公開されたもの。

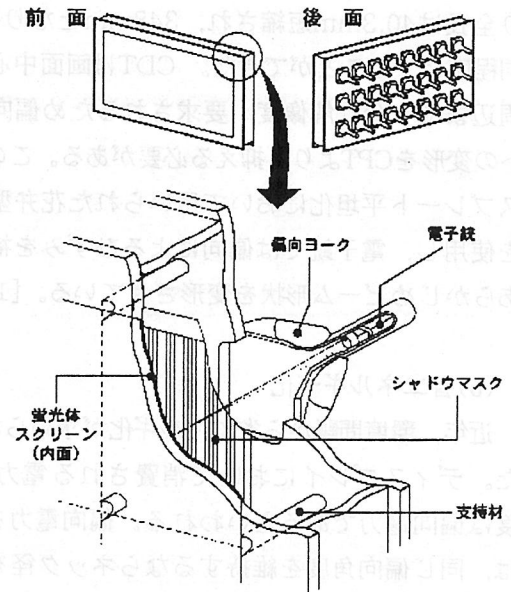


図4.4-7 薄型大画面ブラウン管の構造 [18]

## 4.5. VFD および FED

### 4.5.1. はじめに

VFD と FED は、ともに電子線で蛍光体を励起して発光表示する動作原理から同様な表示特性のデバイスと見なされるが、相違点も多い。

ここでは、VFD の技術的ブレークスルーの現状と、FED として実用化レベルにまで到達した Spindt 型 FED の現状について報告する。

VFD は、低電圧で高輝度の表示が得られることに特徴がある。セグメントによる数字・文字表示からスタートし、各種ユーザーのオリジナルデザイン表示やドットマトリクス表示へと発展してきているが、表示容量増大による高精細化・高駆動電圧化とそれに伴う硫化物系蛍光体の使用制限の壁を打破すべくアクティブマトリクス型 VFD の市場導入が始まった。金属グリッドによる表示面積の制限はリブグリッド技術により解消されたが、今後小型表示からさらに飛躍するためには熱陰極の低消費電力化や大気圧に耐える支柱構造などの技術的ブレークスルーが必要である。これを冷陰極で挑戦したのが FED である。

FED は、微細加工技術を利用した Spindt 型冷陰極が先行しており、5~6 型の精細なドットマトリクス表示デバイスが製品開発された。発光表示の視認性の良さと良好な耐環境特性を生かした車載用途などへの市場展開が始まろうとしている。他にも種々の異なった材料・原理の FED が提案されてきている。

### 4.5.2. 蛍光表示管(VFD)

表示原理は、極細のフィラメント状陰極から放射された熱電子をメッシュ状の金属グリッドと陽極で加速し、陽極上に形成された蛍光体パターンに衝突させて発光させるもので、容易にオリジナルデザインのインジケータパネルが得られる。<sup>(1)</sup> 限られた表示面積の中でデザインの自由度を向上させるために努力が続けられ、近年金属グリッドの役割を代替するリブグリッドの技術が導入された。

一方、次世代の VFD としてシリコン基板上の蛍光体をアクティブ駆動させる技術も一般用途に導入されはじめた。

他にも多々改善技術が報告されているが、ここでは誌面の都合もあり、これらの技術に的を絞り解説する。

#### 4.5.2.1. リブグリッド

図 4.5-1 に通常の VFD 構造と、リブグリッド構造の比較を示す。<sup>(2)</sup>

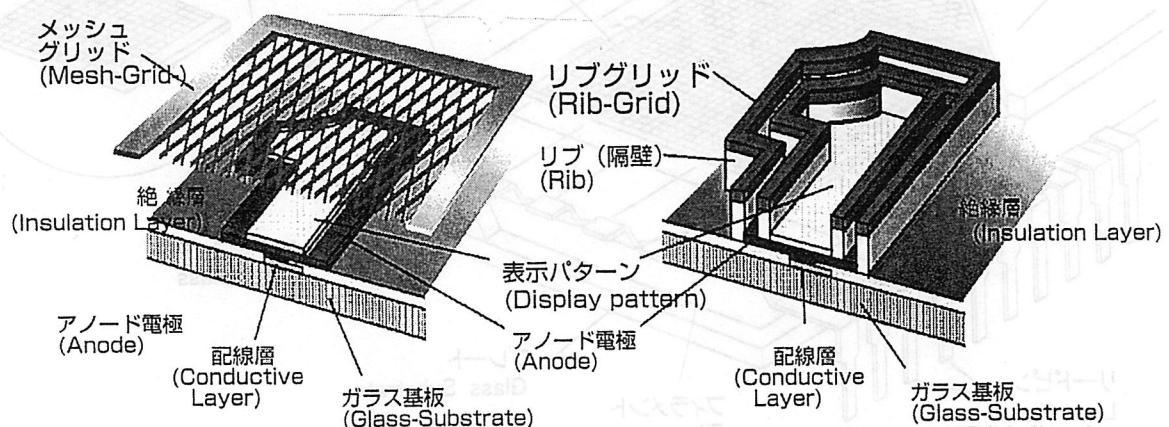


図 4.5-1 通常の VFD 構造(左)と、リブグリッド構造(右)の比較

従来の金属グリッドはエッチング形成したステンレスの薄板をガラス基板上に接着剤で固定するか、金属フレームに溶接しているため、高輝度動作に伴う熱歪や振動・衝撃による影響等で表示サイズや密度、あるいは使用環境等に制約があった。この技術はメッシュグリッドで行っていた電界制御の役割を、セグメント周辺に形成した数十 $\mu\text{m}$ 幅の絶縁性リブ(隔壁)上の導電層の電位により代替することを狙ったもので、デザイン上の制約を取り除き高密度化できるとともに、メッシュの見えない斬新で高輝度な表示が実現可能となった。

#### 4.5.2.2. アクティブマトリクス駆動

シリコンチップ上に蛍光面を形成し、MOSトランジスタで発光制御することにより制御グリッドも不要で、超高密度表示が可能となる。メモリー機能の付加により画素数の如何にかかわらずデューティー100%で駆動でき、励起電圧も15~30V程度で十分な輝度が得られるところから、通常のC-MOS集積回路技術によるスタティックメモリー(S-RAM)と一体化した画素構成が可能となる。<sup>(3)</sup>

特徴は、高電圧グリッドスイッチングが不要となることによる低消費電力化はもとより、蛍光体を低電圧で励起することによる蛍光体材料の劣化が抑制され、高輝度・長寿命化が達成されると共に硫化物系カラー蛍光体の分解も抑制され、カラー表示の長寿命化も現有材料の改良で達成できる可能性がある。<sup>(4)</sup>

表示デザインの自由度向上には、従来のオリジナルデザインの一部としてドットマトリクスの高密度表示領域が形成可能となり、シリコンチップ単位で領域の分散配置デザインも可能である。<sup>(5)</sup>

駆動にはシフトレジスタ等の周辺回路も共に集積化されており、他のセグメントもシリコンチップに接続してアクティブ駆動できることから駆動回路の大幅な簡略化が可能である。

アクティブ型の基本技術開発は約十年前に遡るが、マルチメディア時代のニーズに応える技術として近年応用展開がはかられ、カーオーディオなどにもFM文字多重放送や曲名表示など総合情報表示可能なメッセージパネルとして利用されてきている。<sup>(6)</sup>また、アクティブ型の特徴であるメモリー機能を最大限に利用し、シリコン基板の良好な熱伝導性も輝度向上のためのヒートシンクとして利用した超高輝度表示も実用化段階にあり、自動車用ヘッドアップディスプレイとしての応用が期待される。<sup>(7)</sup>

図4.5-2にアクティブマトリクス型VFDの構造を示す。

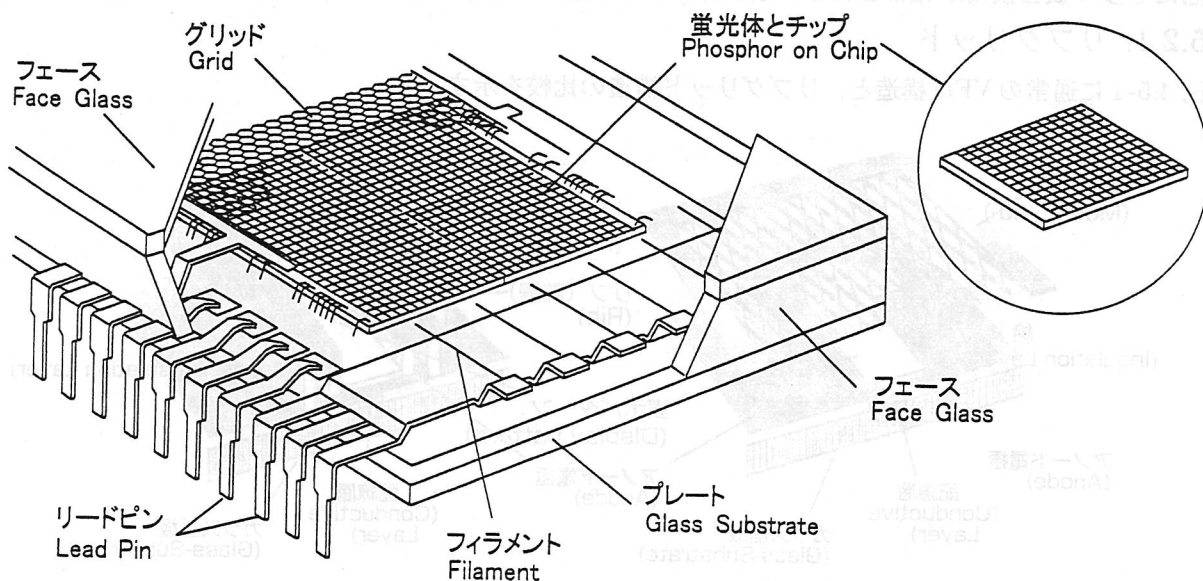


図4.5-2 アクティブマトリクス型VFDの構造

### 4.5.3. 電界放出ディスプレイ(FED)

金属または半導体表面の印加電界を  $10^9$  V/m 程度にするとトンネル効果により、障壁を通過して、常温でも真空中に電子放出が行われる。これを電界（効果電子）放出（Field Emission）といい、この電子を用いて電子線励起発光を行わせたディスプレイを Field Emission Display (FED)と呼んでいる。近年、半導体微細加工技術の進歩により、電極間距離が  $\mu\text{m}$  レベル、先端が数十 nm 以下の曲率半径を持つ多数の電界電子放出エミッタを、Si ウエハまたはガラス基板上に再現性良く形成することが可能となった。これにより、高電圧をかけなくても、数 10V の電圧印加で電界放出が行えるようになった。このエミッタを形成したカソード基板と、蛍光面を形成したアノード基板とを、真空気密容器中に対向させて、電子線励起発光させる表示素子が FED である。FED は SRI International の C.A.Spindt 等がマイクロ波素子用として開発していた Spindt 型エミッタ<sup>(8)</sup> を LETI の R.Meyer 等がガラス基板上のディスプレイ用電子源として開発した<sup>(9)</sup> のが最初である。

#### 4.5.3.1. FED の特徴

FED は平面状の多数の面電子銃を持つフラット CRT と呼べるものであり、厚さ約 2mm、画面歪み無しで CRT 並みの自発光の表示品位、約 170 度の広視野角、 $\mu\text{s}$  台の高速応答、真空管並の耐環境性、TFT-LCD 以下の低消費電力が期待されている。このように、FED は他のディスプレイには無い利点が多いが、数 mm 以下の狭い空間内での高真空気密空間の実現、アノードとカソードの距離が数 mm 以下等、これまで検討された事のない課題も数多く存在している。図 4.5-3 に電界放出エミッタの 1 例として Mo エミッタの SEM 写真、図 4.5-4 にモノクロ FED の構造の 1 例を<sup>(10)</sup>、図 4.5-5 に低電圧フルカラー FED の表示例を、表 4.5-1 にその特性を示す。<sup>(11)</sup>

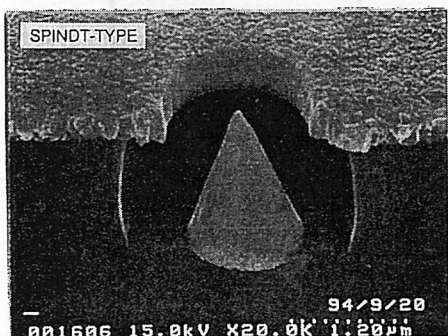


図 4.5-3 電界放出素子の SEM 写真

1.0  $\mu\text{m}$

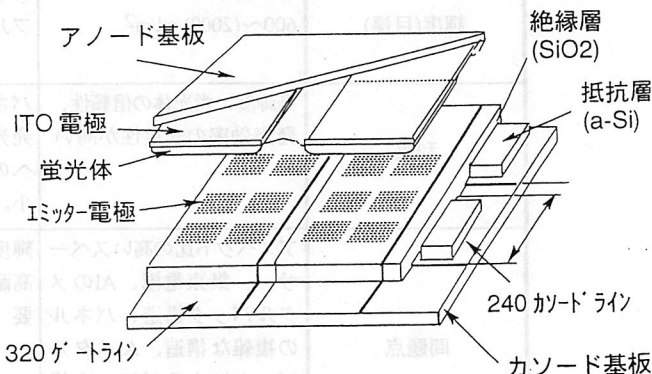


図 4.5-4 モノクロ FED

表 4.5-1 フルカラー FED の特性例



図 4.5-5 フルカラー FED の表示例

項目	単位	特性値
表示対角長	cm	12.4
表示画面サイズ	mm	99.2x74.4
画素ピッチ	mm	0.103xRGBx0.309
アノード/カソード間隔	mm	0.2
画素数		320xRGBx240
階調数	bit	64
表示色		260000
Duty Factor		1/240
アノード電圧	V	400
アノード電流	mA	12
アノード入力パワー	W	4.8
エミッション引出し電圧	V	約95
白色平均輝度	cd/m <sup>2</sup>	約140
発光効率	lm/W	R:0.75,G:0.95,B:0.45

現在 FED は便宜上、蛍光面の印加電圧を約 1 kV 以下 でドライブするものを低電圧、1 kV 以上 10 kV 以下を高電圧と区分されているが、それぞれの特徴を、VFD と比較して、表 4.5-2 に示す。ZnO:Zn 蛍光体を実装した FED は輝度 300cd/m<sup>2</sup>以上、期待寿命 1 万時間以上が確認され<sup>(10)</sup>、その技術開発の方向は、より低電圧駆動、低消費電力、高輝度、フルカラー化の方向に向けられている。そこで、ここでは以下に電子源とフルカラー化について述べる。

表 4.5-2 FED と VFD の比較

	高電圧FED	低電圧FED	VFD
電子源	電界放出エミッタアレイ	電界放出エミッタアレイ	酸化物フィラメント
蛍光体材料	CRT用蛍光体 (P22etc)	中電圧励起蛍光体	低速電子線励起蛍光体
蛍光体励起条件 (アノード電圧Va、 アノード電流密度Ja)	Va:1 kV~10 kV Ja:1~10 μA/cm <sup>2</sup> (Pulse)	Va:1 kV以下 Ja:75~100 mA/cm <sup>2</sup> (Pulse)	Va:12~150V Ja:1~10 mA/cm <sup>2</sup> (DC)
画素選択方法	カソード選択	カソードとアノードのマトリックス選択	アノード選択
パネル構造の特徴	集束用中間電極または集束電極形成、メタルバック付き蛍光面	メタルバック無し蛍光面	メッシュ加速・拡散電極付き
アノード-カソード間のギャップ	1~5 mm	200~300 μm	1~2 mm
輝度(目標)	フルカラー 600~(2000) cd/m <sup>2</sup>	ZnO:Znモノクロ300 cd/m <sup>2</sup> 、 フルカラー80~(250) cd/m <sup>2</sup>	ZnO:Znモノクロ、 マルチカラー (10色) 1,000~30,000 cd/m <sup>2</sup>
利点	高輝度、蛍光体の信頼性、 発光効率の安定性が高い	パネル構造がシンプル、 発光色の色純度良、外部 へのノイズ、電磁波問題 小。	廉価、多品種に対応可
問題点	アスペクト比の高いスペー サー、集束電極、Alのメ タルバック構造、パネル の複雑な構造、Alメタル バックによるパワーの損 失、カソードライフ未測 定。	輝度に制限、アノードに 高耐電圧ドライバーが必 要	軽薄に限度、熱フィラ メントによる消費電力 大、フィラメント振動、 発熱等
用途	屋内表示、屋外素子、車 載用各種モニター	屋内表示のモニター	AV機器、車載用各種メー ター、家電製品のモニ ター
販売、開発メーカー	Motorola, Raytheon Silicon Video, Pixtech, Canon*	Pixtech, 双葉電子, 富士通 Samsung	双葉電子, Samsung, NEC, 伊勢電子

\* Surface-Conduction Electron Emittersを用いたディスプレイ

#### 4.5.3.2. 冷陰極電子源について

現在、半導体プロセスの適用が容易なことから Si の異方性エッチングを用いたエミッタ<sup>(12)</sup> や、Mo などの金属蒸着エミッタ<sup>(13)</sup>、Si エッチング基板を凹型として凸のエミッタを蒸着膜で作る転写モールド法<sup>(14)</sup>、また負の電子親和力の効果等を期待してのダイヤモンド薄膜によるエミッタ<sup>(15)</sup> などが現在各種の研究機関やメーカーで検討されている。更に、MIMエミッタ、表面伝導素子、ポーラス Si を用いた電子源など、最近

急に新しい電子源の開発が活発化した感がある。

#### 4.5.3.3. フルカラーFED について

表 4.5-2 に示す様に、VFD とはその励起条件が異なるため、低電圧 FED のカラー化の為に、FED 用の低電圧フルカラー蛍光体が必要となる。低電圧で高効率のカラー蛍光体としては、現在硫化物系蛍光体があるが、硫化物系蛍光体は電子線励起発光時に、硫化物系ガスや蛍光体自体の分解飛散があることがわかっており、信頼性の点で FED に使用するのは困難であるため、現在は主に、酸化物系蛍光体が用いられている。輝度の点については、蛍光体材料やドライブ方法の検討で徐々に向上しつつあるが、信頼性についてはまだ検討課題が多い。<sup>(4)</sup>高電圧 FED の場合、現在主に CRT 用蛍光体が使われようとしており、輝度レベルでは 300cd/m<sup>2</sup> 以上が期待できるが、そのパネル構造での安定性等の評価結果がまだ出ていない段階である。

#### 4.5.4. まとめ

VFD は比較的小型のインジケータパネルとして使用されており、この最も得意とする表示分野でよりいっそうの表示内容の拡充を目指すためには、他のディスプレイとは異なったユニークなアプローチが必要とされる。すなわち、特徴を生かした独特な表示を実現することが重要である。この目的でアクティブマトリクス型 VFD が開発され、オリジナルデザインと高密度マトリクスの融合した表示が一般用途に展開されつつある。今後ポリシリコン TFT 等の安価なアクティブ基板製造技術面でのブレークスルーが期待される。

FED はまだ開発の緒についたばかりのディスプレイであるが、その表示品位は CRT に一番近いディスプレイであり、低電圧から高電圧までの技術応用により、VFD サイズから 40 型まで、新しいマルチメディア用のフラットパネルとしての 1 分野を形成しうるポテンシャルは極めて大きいものと考えられ、今後の進展が期待される。

参考文献

(上村 佐四郎, 双葉電子工業: 伊藤 茂生)

- (1) 上村: エレクトロニクス, vol.39, no.3, 1994, p.64-68.
- (2) J.Mohri, S.Matsumoto and N.Endo: Tech. Digest of Asia Display'95, P3.3-3, 1995, p.849-852.
- (3) 上村,岩出,清住,中村: テレビジョン学会誌, vol.42, no.10, 1988, p.1064-1070.
- (4) T.Mizohata, Y.Tsuchiya, K.Tamura, S.Takano and R.Davis: Soc. Automotive Eng., 1988, p.87.
- (5) K.Kinoshita, T.Maeda, A.Noritake and K.Kasano: Tech. Digest of SID'96, LP-A, 1996, p.452-455.
- (6) 上村,清住,中村: 応用物理, vol.58, no.2, 1989, p.288-297.
- (7) J.R.Troxell, M.I.Harrington, R.A.Perisho, M.Thoeny, A.F.Borzabadi, J.M.Dikeman, P.J.Borowitz, H.Sakurada, S.Shinya and K.Yano: Conf. Rec. of The Int. Display Research Conf., 1997, p.338-341.
- (8) C.A.Spindt, I.Brodie, L.Humphrey and E.R.Westerberg: J. Appl. Phys., vol.47, no.12, 1976, p.5248.
- (9) R.Mayer, A.G.P.Rambaud and F.Muller: Tech. Digest of Japan Display'86, 1986, p.513.
- (10) S.Itoh, T.Watanabe, T.Yamaura and K.Yano: Tech. Digest of Asia Display'95, 1995, p.617.
- (11) S.Itoh, H.Toki, F.Kataoka, K.Tamura and Y.Sato: Extended Abstracts of The 3rd Int. Conf. on the Science and Technology of Display Phosphor, 1997, p.275.
- (12) H.F.Gray, G.J.Campisi and R.F.Greene: IEDM Tech. Digest, 1986, p.776.
- (13) S.Itoh, T.Watanabe, K.Ohtsu, M.Taniguchi, S.Uzawa and N.Nishimura: J. Vac. Sci. Technol., B 13, 1995, p.487.
- (14) M.Nakamoto, K.Ichimura, T.Ono and Y.Nakamura: IVMC'95 Tech. Digest, 1995, p.186.
- (15) K.Okano, S.Koizumi, S.R.P.Ravi and G.A.J.Amaratunga: Nature, vol.381, 1996, p.140.

## 4.6 無機EL

### － フルカラー化に向けての研究動向 －

#### 4.6.1 はじめに

粉末蛍光体をバインダ中に分散させた1960年代のELを第一世代の無機ELとすれば、1974年に高輝度、長寿命のZnS:Mn薄膜ELが発表されたことによって<sup>1)</sup>、情報ディスプレイを志向した第二世代の無機ELの幕が開かれた。今日、ZnS:Mn薄膜による黄橙色モノクローム薄膜ELディスプレイは情報ディスプレイとして過去10年間に、耐衝撃性、広い使用温度範囲、広視野角、長寿命、高速応答といった特性を必要とするような医療、制御、試験装置、運輸及び通信の市場で信頼性の高い製品として着実な進展を遂げてきた。そこで今日、無機ELディスプレイ研究者の関心はフルカラーELディスプレイの開発に向けられている。しかし、ZnS:Mnの華々しさに比べると、青色ELを中心とした三原色用EL材料の開発は容易ではなく、多くの研究者により地道な努力が続けられ、今日に至っている。その結果、進展の足取りは決して速いとはいえないが、カラー化においても着実に進歩している。

本報告書においては、情報ディスプレイとしてのマルチカラー乃至フルカラーディスプレイへ向けての無機ELの研究動向を報告する。

#### 4.6.2 マルチカラーELディスプレイ

ZnS:Mn薄膜ELは約585nmにピークを持つ黄橙色の発光を示すが、非常に高輝度であることから、赤色(R)及び緑色(G)のカラーフィルタを併用して赤色及び緑色を取り出しても実用可能な輝度を得ることができる。カラーフィルタは通常有機物であるため高温下では使用できず、また、ガラス基板を挟んでITOとカラーフィルタを形成したのでは視差が生じる。そこで、ディスプレイパネルの構造は図4.6-1に示すように基板側に金属電極を配置し、素子形成後ITOそして最後にカラーフィルタを形成するという反転型となる<sup>2)</sup>。ガラス基板の裏側に塗布されている黒色樹脂は外光の反射を抑制し、コントラストを向上させるためのもので、500lxの外光照射下で50:1以上のコントラストが得られている。パネルサイズとしては内外の数社から3.3型から9.4型程度のものが商品化されている。

更に最近、ZnSのZnをMgで置換した $Zn_{1-x}Mg_xS:Mn$ 固溶体の発光スペクトルが短波長シフトすることが報告された<sup>3)</sup>。ELスペクトルのMgの割合に対する依存性を図4.6-2に示す。この固溶体薄膜とZnS:Mn薄膜とを積層した素子構造とすることによって、ZnS:Mn単独の場合に見られた緑色の輝度不足が補われ、カラーバランスのよいマルチカラーとすることが可能となった。

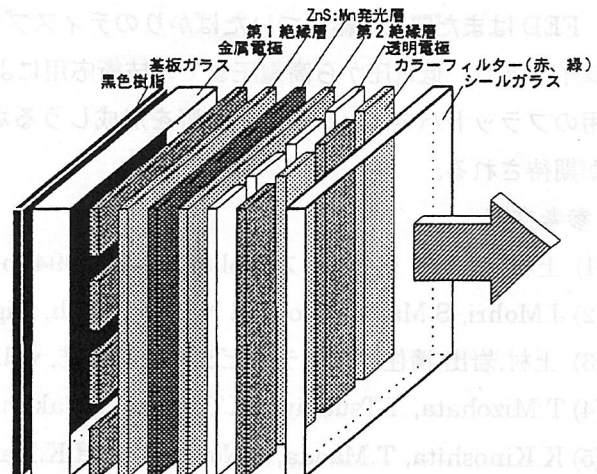


図4.6-1 マルチカラーELパネルの構造

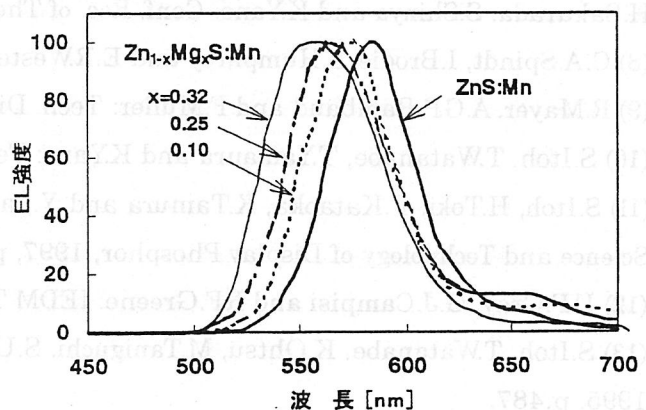


図4.6-2  $Zn_{1-x}Mg_xS:Mn$  EL素子の発光スペクトル

### 4. 6. 3 フルカラーELディスプレイ

R, Gのマルチカラーを開発した背景にはフルカラー化にとって不可欠の十分な輝度及び色純度の青色(B)ELが得られていない現実があったが、近年、この課題についてかなりの進展が認められる。フルカラーを実現するために、二つの方法がある。一つはR, G, B三原色のEL素子をパターン化して配列する方法であり、他は白色ELをカラーフィルタによって三原色に分ける方法である。

#### (a) パターン構造フルカラーディスプレイ

三原色の蛍光体薄膜をストライプ状にパターン化したディスプレイの基本構造を図 4.6-3 に示す。カラーバランス等を考慮して具体的には積層方式、並置方式等のパネル構造が提案されている。使用する蛍光体薄膜に対しては十分な輝度、効率を有することは勿論のこと、三原色それぞれの色純度がNTSC標準のR, G, Bのそれに近いこと、長寿命であること、エッチングが可能であること、化学的、構造的に安定であること、しきい値電圧が同程度であることが要求される。これらの条件に対して、それぞれのEL用蛍光体材料がどのような状況にあるかを以下に述べる。

赤色材料としては  $ZnS:Sm$ ,  $CaS:Eu$  等があるが  $CdSSe$  薄膜をフィルタとした  $ZnS:Mn$  が最も高輝度、高効率である。60 Hz で  $70 \text{ cd/m}^2$ 、効率  $0.8 \text{ lm/W}$  を達成している。色純度もNTSCの赤色とほぼ同一である。フィルタが無機であるので高温プロセスにも耐えることができ、ウェットエッチングも可能である。

緑色材料としては、 $ZnS:Mn$ /フィルタ、 $CaS:Ce$  等があるが、 $ZnS:Tb$  が60 Hz で約  $100 \text{ cd/m}^2$  の輝度、 $1 \text{ lm/W}$  以上の効率を示しており、現在のところマルチカラー、フルカラーいずれの場合も緑色成分用蛍光体薄膜として専ら用いられている。

青色材料については、その開発がこれまで最も重要な課題であった。当初  $ZnS:Tm$  が色純度かよいことから注目されたが、輝度の向上がなされなかった。高輝度を示した最初の材料は  $SrS:Ce$  であった。しかし、この発光は周知の通り青緑色であるため、これを青色として使用するためにはフィルタの併用が必要である。そこで、この材料はむしろ後述する白色EL用として使用されている。

青色ELに活気を与えたのは1993年に発表されたCe付活アルカリ土類金属のチオガレイト、 $MGa_2S_4$  ( $M = Ca, Sr, Ba$ )の薄膜ELである<sup>4)</sup>。これらの三元化合物の禁制帯幅は4から4.5 eVの間にある。図 4.6-4 に  $SrGa_2S_4:Ce$  薄膜のPLスペクトルを示す。ELでも殆ど同じスペクトルが得られる。その報告では薄膜はスパッタリング法により作製された。 $SrGa_2S_4:Ce$  では445 nm にピークがあり、CIE色度座標は(0.15, 0.10)で最も色純度が優れている。 $CaGa_2S_4:Ce$  では(0.15, 0.19)と色純度としてはやや劣るが、輝度は60 Hz で  $10 \text{ cd/m}^2$  という高輝度が得られている。但し、スパッ

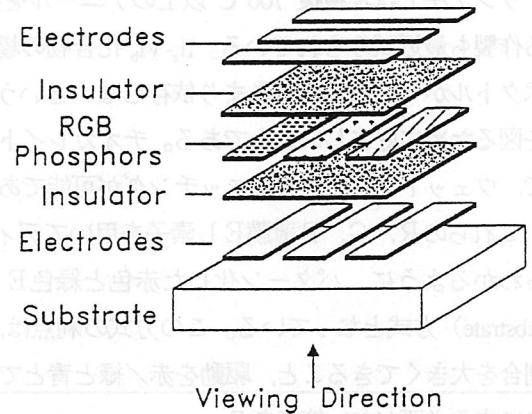


図 4.6-3 パターン構造ELパネルの基本構造

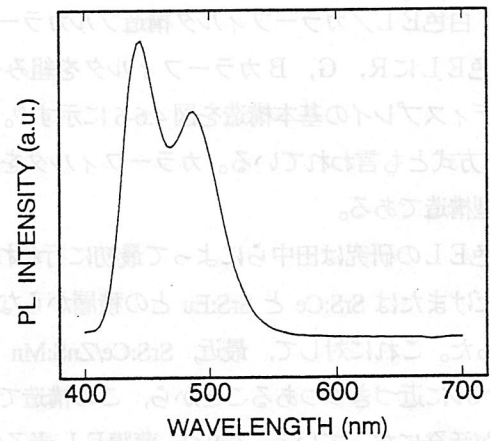


図 4.6-4  $SrGa_2S_4:Ce$  薄膜のPLスペクトル

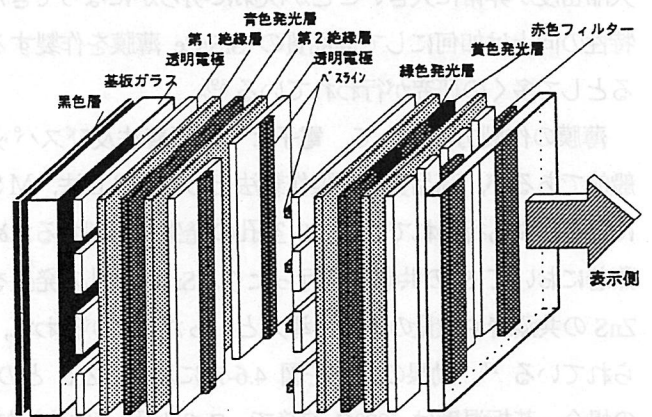


図 4.6-5 二重基板方式カラーELパネルの基本構造

タリング法では堆積後 700°C 以上のアニールを必要とするので、低温プロセスを目指してMBE法やMSD法による作製も最近試みられている。II<sub>6</sub>-VI<sub>6</sub> 化合物の場合と異なって、チオガレイトを母体とする場合には、Ce の発光スペクトルが Ce の濃度にあまり依存しないという結果が報告されている<sup>9)</sup>。これは良い色純度を保ったまま高輝度化を図るために好ましいことである。チオガレイトのもう一つの大きな利点は SrS に比べて湿気に対して安定であるので、ウェットプロセスでのエッチングが可能であることである。

これらの R, G, B 薄膜 EL 素子を用いてディスプレイパネルが試作された<sup>9)</sup>。その構造を図 4.6-5 に示す。図からわかるように、パターン化した赤色と緑色 EL の基板と青色の基板とを重ね合わせたいわゆる二重基板 (Dual-substrate) 方式となっている。この方式の利点は、青色のフィルファクタを大きくすることによって相対的に輝度の割合を大きくできること、駆動を赤/緑と青とで独立させることができるので、これら二つの間でしきい値電圧を同じにする必要がない等である。

しかし、当初青色 EL のブレイクスルーとなるかと期待されたチオガレイトであるが、その後は目立った進展がないまま今日に至っている。

(b) 白色 EL / カラーフィルタ構造フルカラー EL ディスプレイ

白色 EL に R, G, B カラーフィルタを組み合わせたフルカラー薄膜 EL ディスプレイの基本構造を図 4.6-6 に示す<sup>9)</sup>。この構造は別名 "Color by white" 方式とも言われている。カラーフィルタを使用するのでこの場合も反転型構造である。

白色 EL の研究は田中らによって最初に行われた<sup>7)</sup>。発光層は SrS:Ce, Eu 一層だけまたは SrS:Ce と SrS:Eu との積層からなるが、輝度に改善の余地があった。これに対して、最近、SrS:Ce/ZnS:Mn 積層による白色 EL が実用レベルに近づきつつあることから、この構造での特性の向上を目指した研究が活発になっている。SrS:Ce 薄膜 EL 素子の構造特性、発光特性、内部空間電荷の発生機構等の研究から、ZnS に比べて酸素等の混入や結晶欠陥密度が非常に大きいことが次第に明らかになってきた。従って、発光特性の向上は如何にして高品質の SrS:Ce 薄膜を作製するかにかかっていると多くの研究が行われている<sup>8,9)</sup>。

薄膜の作製方法として、電子ビーム蒸着法及びスパッタリング法が一般的であるが、高品質の薄膜作製法として MBE 法、MSD 法や ALE 法による作製も行われている。S 空孔の発生を抑制するために、電子ビーム蒸着において S の共蒸着を行ったり、Sr の空孔の発生を抑制するために ZnS の共蒸着や微量の Mn の導入といったことが行われ、特性の向上が図られている<sup>10)</sup>。効果の一例を図 4.6-7 に示す。ZnS との共蒸着では、SrS の場合、基板温度は 500°C 前後で、ZnS は殆ど付着しない。従って、SrS 膜中の Zn の濃度も検出限界以下である。今のところ、微量の Zn が Sr 空孔を補償したことによる効果ではないかと考えられている。また、Mn については、Sr 格子点を置換した Mn が Ce へのエネルギー伝達を促進しているのではないかと考えられている。

更に、Ce<sup>3+</sup> の電荷補償剤として 1 価の金属イオン、例えば、K<sup>+</sup> や Na<sup>+</sup> イオン等が用いられているが、最近、Ag<sup>+</sup> を用いて輝度、効率のみならず、色純度の改善にも効果的であると報告されている<sup>11)</sup>。

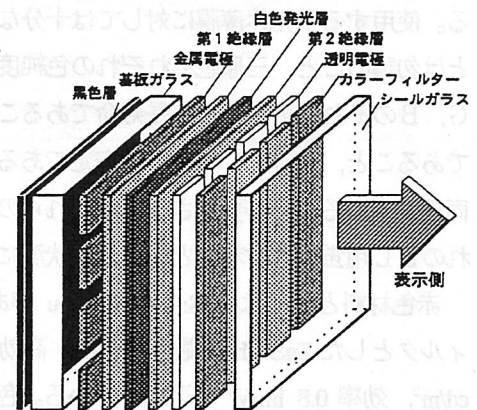


図 4.6-6 Color by white 方式 EL パネルの基本構造

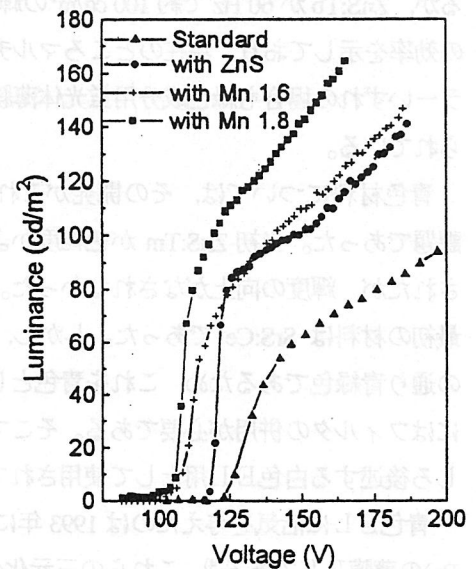


図 4.6-7 Zn または Mn 添加 SrS:Ce 薄膜 EL 素子の輝度-電圧特性

以上のような SrS:Ce 薄膜 EL の特性改善により SrS:Ce/ZnS:Mn 白色 EL の輝度、効率が次第に向上している。二重基板方式及び Color by white 方式のフルカラー EL モジュールの基本仕様を表 4.6-1 に示す<sup>9)</sup>。

最近ホットな話題となっているのが、SrS:Cu 薄膜 EL である<sup>12,13)</sup>。ZnS:Cu の場合、電荷補償のために Cl, Al<sup>3+</sup>等が用いられ、発光機構は D-A ペア発光であり、薄膜 EL には適していない。これに対して、SrS:Cu の EL は高輝度で、SrS:Ce に比べてより短波長の青色の発光を示す。発光機構は Cu の内殻の 3d<sup>9</sup>4s → 3d<sup>10</sup> 遷移によると考えられているが、今後更なる研究が必要である。発光スペクトル、輝度・効率対印加電圧特性を図 4.6-9 に示す。図に示されているように、スペクトルは電荷補償剤の有無及び種類に依存する。SrS:Cu,F の場合、(0.15, 0.23)の色度座標が得られている。これは CaGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Ce の場合と同程度で、しかも効率は後者を上回っているため、パターン構造の青色成分として有望である。また、スペクトルがかなりブロードであるので、SrS:Ce/ZnS:Mn + カラーフィルタで、SrS:Ce の場合より青色の輝度、色純度ともに大幅に向上しており、Color by white においても非常に有望で、今後の研究の展開が期待される。

#### 4. 6. 4 ハイブリッド構造 EL ディスプレイ

セラミックス基板と薄膜発光層または絶縁層厚膜を組み合わせたハイブリッド構造 EL での高輝度化、高機能化が注目されている<sup>14,15)</sup>。従来、ガラス基板の耐熱性の制限が EL パネルの特性向上の障害になっている。図 4.6-10 はハイブリッド型カラー EL パネルの一例を示す。絶縁層厚膜は厚膜技術により形成した高誘電率絶縁膜である。その上に薄膜技術により発光層、薄い絶縁膜、透明電極を形成する。絶縁厚膜は約 30 μm の膜厚で、1000 以上の比誘電率と高絶縁耐圧がパネルの高輝度化及び高耐圧化に寄与している。

#### 4. 6. 5 アクティブマトリックス EL ディスプレイ

最近、超高精細ディスプレイを意図して、Si ウェーハに SOI (silicon-on-insulator) 技術を利用したアクティブマトリックス駆動の EL パネルの開発が進められている<sup>16)</sup>。これはヘッドマウントディスプレイや小型電子機器への搭載を目的としたものである。駆動部分はデータ書き込み用の低電圧 MOSFET 及び駆動用の高耐圧 MOSFET から構成されており、パネル周辺部にシフトレジスタとラインドライバを形成している。回路一体化による端子接続処理の軽減により対角 43 mm の表示部分に 1024×1280 ピクセルの高精細化を達成している。更に、容量負荷の軽減に伴う低消費電力化も期待される。

表 4.6-1 フルカラー EL モジュールの基本仕様

	Dual-substrate方式	Color by white方式
パネルサイズ [mm]	5	9
表示領域 [mm]	96.0x76.8	
ピクセル数	256x320(x3)	256x512(x3)
ピクセルピッチ [mm]	0.30x0.30	0.381x0.381
表示色	16	16
表示輝度 [cd/m <sup>2</sup> ]	White : 30 Red : 9 Green : 18 Blue : 3	White : 21 Red : 7 Green : 11 Blue : 3
色度座標 (x,y)	White:(0.35,0.35) Red:(0.65,0.34) Green:(0.31,0.60) Blue:(0.15,0.19)	White:(0.44,0.44) Red:(0.62,0.37) Green:(0.39,0.57) Blue:(0.22,0.30)
発光層材料	Red:ZnS:Mn/Filter Green:ZnS:Tb Blue:CaGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub> :Ce	SrS:Ce/ZnS:Mn
コントラスト比	20:1 at 200-lux	30:1 at 1000-lux 4:1 at 10000-lux
視野角 [°]	140	140
動作電圧 [V]	240	240
フル周波数 [Hz]	180	180
消費電力 [W]	15 (高輝度モード)	10 (10%on) 20 (50%on) 25 (90%on)
パッケージサイズ [mm]	162x138x45	260x148x25

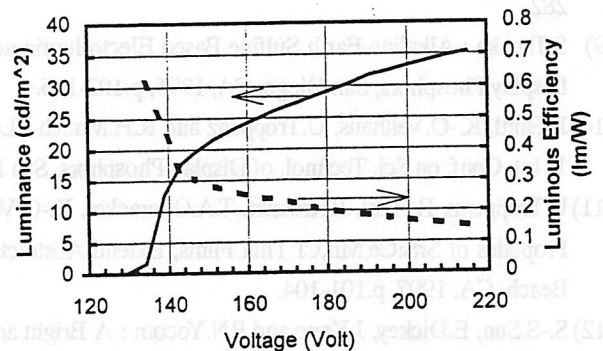
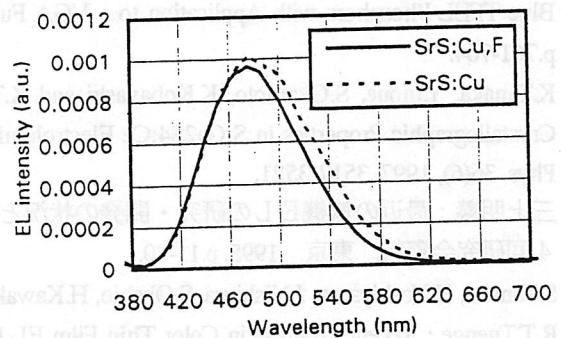


図 4.6-8 SrS:Cu 薄膜 EL 素子の発光スペクトル及び輝度・効率対印加電圧特性

#### 4. 6. 6 おわりに

モノクロELディスプレイが全固体型、広視野角、高速応答、メンテナンスフリーを生かして既にFA機器、医療機器、工作機械、セキュリティシステム等の分野での利用が定着したことによって、ここで紹介したように、無機ELディスプレイは近年フルカラー化へ向けて、また、超高精細化を目指して、着実に開発が進展している。このカラー化により航空機、車両、船舶などナビゲーション用ディスプレイとしても発展が期待されており、材料開発、構造設計を含めた研究・開発の展開を期待したい。

(中西洋一郎)

#### [参考文献]

- 1) T.Inoguchi, M.Takeda, Y.Kakahara, Y.Nakata and M.Yoshida : Digest of 1974 SID Int. Symp., Los Angeles, CA, 1974, p.84.
- 2) I.Washizuka and A.Mikami : 14.4-in. Diagonal High Contrast Monochrome and Multicolor Information EL Displays with 640x128 pixels, Proceedings of 4<sup>th</sup> Int. Display Workshops, Nagoya, 1997, p.601-604.
- 3) A.Mikami, I.Yashima and F.Kajikawa : New Developments in ZnS Type EL Displays, *Inorganic and Organic Electroluminescence*, R.H.Mauch and H.-E.Gumlich ed. Berlin, Wissenschaft & Technik Verlag, 1996, p.369-374.
- 4) W.A.Barrow, R.C.Coovert, E.Dickey, C.N.King, C.Laakso, S.-S.Sun, R.T.Tuenge, R.Wentross and J.Kane : A New Class of Blue TFEL Phosphors with Application to a VGA Full-Color Display, Digest of 1993 SID International Symposium, 1993, p.761-764.
- 5) K.Tanaka, Y.Inoue, S.Okamoto, K.Kobayashi and K.Takizawa : Dependence on Ce Concentration of Blue Emission and Crystallographic Properties in SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Ce Electroluminescent Thin Films Grown by Molecular Beam Epitaxy, *Jpn. J. Appl. Phys.* 36(6), 1997, 3517-3521.
- 6) 三上明義 : 最近の無機ELの研究・開発の状況と課題, 学振・光電相互変換第125委員会・EL分科会・第14回研究会資料, 東京, 1995, p.11-20.
- 7) S.Tanaka, H.Yoshiyama, J.Nishiura, S.Ohshio, H.Kawakami and H.kobayashi : Digest of 1988 SID Int.Symp., 1988, p.293.
- 8) R.T.Tuenge : Recent Progress in Color Thin Film EL Displays, Proc. 15<sup>th</sup> Int. Display Res. Conf., Hamamatsu, 1995, p.279-282.
- 9) S.Tanaka : Alkaline-Earth Sulfide Based Electroluminescence Materials, Extend Abstracts of 2<sup>nd</sup> Int. Conf. on Sci. Technol. of Display Phosphors, San Diego, CA, 1996, p.103-106.
- 10) B.Huttl, K.-O.Velthaus, U.Troppenz and R.H.Mauch : Luminescent Properties of SrS:Ce<sup>3+</sup>,Cl Thin Films, Extend Abstracts of 1<sup>st</sup> Int. Conf. on Sci. Technol. of Display Phosphors, San Diego, CA, 1995, p.71-74.
- 11) U.Troppenz, B.Huttl, P.Kratzert, T.A.Oberacker, K.-O.Velthaus and R.H.Mauch : Influence of Ag Co-Doping on the Optical Properties of SrS:Ce,Mn,Cl Thin Films, Extend Abstracts of 3<sup>rd</sup> Int. Conf. on Sci. Technol. of Display Phosphors, Huntington Beach, CA, 1997, p.101-104.
- 12) S.-S.Sun, E.Dickey, J.Kane and P.N.Yocom : A Bright and Efficient New Blue TFEL Phosphor, Conf. Rec. of 17<sup>th</sup> Int. Display Res. Conf., Toronto, Canada, 1997, p.301-304.
- 13) W.Park, T.C.Jones, W.Tong, B.K.Wagner, C.J.Summers and S.-S.Sun : Luminescence Properties of a New Blue EL Phosphor : SrS:Cu, Extend Abstracts of 3<sup>rd</sup> Int. Conf. on Sci. Technol. of Display Phosphors, Huntington Beach, CA, 1997, p.57-59.
- 14) X.Wu : Multicolor Thin-Film Ceramic Hybrid EL, Proc., of 4<sup>th</sup> Int. Display Workshop, Nagoya, 1997, p.593-596.
- 15) T.Miyata, T.Yamamoto, H.Nakamura, M.Ishii and T.Minami : High-Luminous Efficiency ZnS:Mn TFEL Devices using Insulating Ceramic Sheets, Proc., of 4<sup>th</sup> Int. Display Workshop, Nagoya, 1997, p.597-600.
- 16) C.N.King : Active Matrix EL, *Inorganic and Organic Electroluminescence*, R.H.Mauch and H.-E.Gumlich ed. Berlin, Wissenschaft & Technik Verlag, 1996, p.375-380.

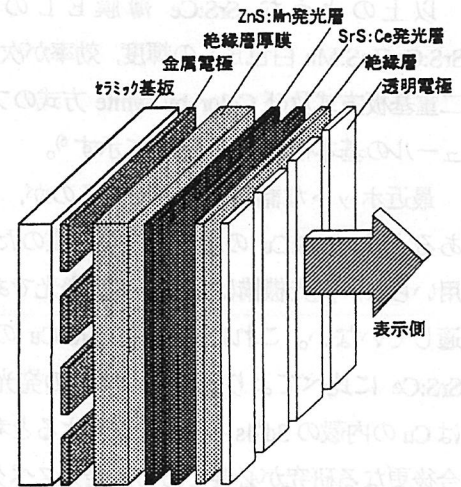


図 4.6-9 ハイブリッド型EL素子の基本構造

## 4.7 大画面ディスプレイ

4.7.1 電子線方式

4.7.2 放電管方式

4.7.3 LED方式



## 4.7.1 電子線方式

### 4.7.1.1 概要

CRT方式の表示素子を配列したフルカラー大画面ディスプレイは、輝度、解像度、応答性、色再現性の表示性能が、高いレベルで実現できる優れた自発光型の表示方式である。この特徴を活かして1980年に屋外用として世界で初めてフルカラー表示ができる大画面ディスプレイを実用化した<sup>1)</sup>。これは図4.7.1-1に示すようにR、G、Bの各色を発光する単画素管を多数配列したものである。実用化当初、輝度が1000 cd/m<sup>2</sup>、ドットピッチが35~45mmであった。

その後、1985年に表示性能の向上を目的として、図4.7.1-2に示すR、G、Bの各色の発光画素がマトリクス状に配置された複数画素管が開発されてからは、輝度、解像度とも大きな進歩を遂げる。

現在、輝度が5000 cd/m<sup>2</sup>、画素ピッチ25mmの発光素子が実用化されている<sup>2)</sup>。図4.7.1-3にモザイク型画素配列における代表的な表示素子の輝度とドットピッチの開発推移を示す<sup>3)</sup>。

以下、表示素子を中心とした高画質化技術と最新の大画面ディスプレイ、および今後の課題を述べる。

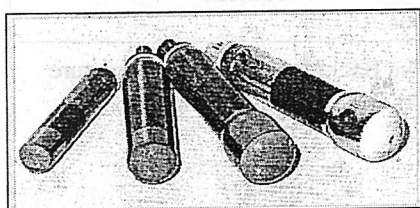


Fig. 4.7.1-1 Lighting Tubes of the Single Dot at the First Stage

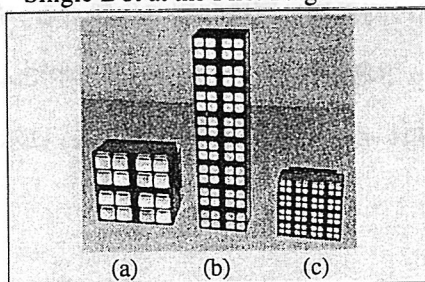


Fig. 4.7.1-2 Flat Matrix CRTs at the Present Stage

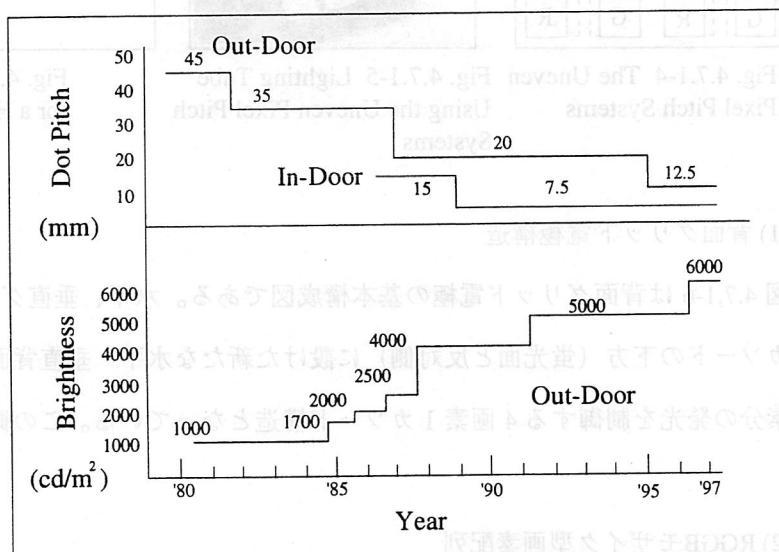


Fig. 4.7.1-3 The Improvement of the Brightness and the Dot Pitch at the Lighting Tubes of the RRGB-Mosaic Arrangements

### 4.7.1.2 高画質化技術

#### 2-1 高輝度化

高輝度化は、開口率を上げる方式(不等ピッチ方式)<sup>4)</sup>、蛍光体への注入電流を上げる方式<sup>5)</sup>が開発、実用化されている。ここでは不等ピッチ方式について述べる。

### (1) 不等ピッチ方式

不等ピッチ方式とは、図 4.7.1-4 に示すように 4 画素を一組にして、各画素を中心に向かい大きくして開口率を上げる方式である。このような方向に画素面積を上げていくと、等間隔にサンプリングされた情報を不等間隔に表示することになり画質劣化が生じるが、適度な距離から見るとその影響が緩和され等ピッチの画質と変わらない画素パターンが存在する。図 4.7.1-5 はその画素パターンを採用した発光素子である。このように、適切な拡大率で 4 画素ごとに矢印の方向に画素面積を拡大すると、画質劣化がなく輝度の向上が図れる。これにより等ピッチの素子より開口率が 25% から 42% に拡大し、輝度が 70% 向上する。

## 2-2 高解像度化

複数画素管による高解像度化は、電極構造の簡素化<sup>6)7)</sup>、画素配列<sup>8)</sup>等が重要である。電極の簡素化として、ここでは背面グリッド電極構造について述べる。

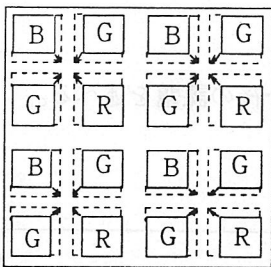


Fig. 4.7.1-4 The Uneven Pixel Pitch Systems

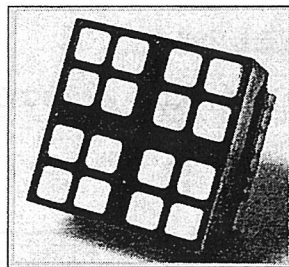


Fig. 4.7.1-5 Lighting Tube Using the Uneven Pixel Pitch Systems

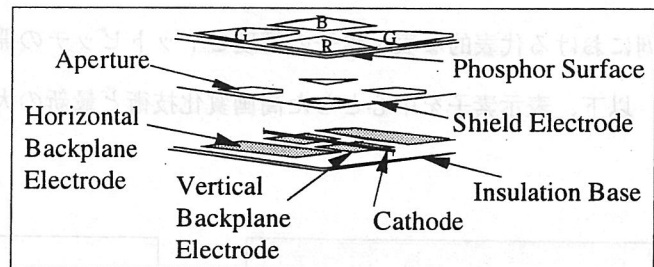


Fig. 4.7.1-6 The Backplane Electrode Structure for a High Resolution Lighting Tube

### (1) 背面グリッド電極構造

図 4.7.1-6 は背面グリッド電極の基本構成図である。水平、垂直グリッドの両電極は厚膜印刷で作製する。線状カソードの下方（蛍光面と反対側）に設けた新たな水平・垂直背面グリッド電極構造と、カソード 1 本で 4 画素分の発光を制御する 4 画素 1 カソード構造となっている。この概念を用いた発光素子を図 4.7.1-2 (c) に示す。

### (2) RGGBモザイク型画素配列

大画面ディスプレイの画素配列は、少ない画素数で高画質を得るための要因として重要である。大画面ディスプレイの代表的画素配列である R G G B モザイク型画素配列(モザイク配列)とトリオ型画素配列(トリオ配列)との定量的な画質比較を行い次のことが明らかになった。図 4.7.1-7 と図 4.7.1-8 に、その結果を示す。

図 4.7.1-7 は、主観評価を行って求めた同等の画質を与えるモザイク配列とトリオ配列との画素ピッチの関係を示す。図 4.7.1-8 は、これを空間周波数領域に変換し画像の表示限界で形で表わしたものである。

モザイク配列は、静止画においてRGBを1画素としたカラー表示領域（実線）の周辺にRGBのいずれかが代表して情報を担う領域（変色領域）が存在する。変色領域は画素数の増加に対応して解像度を高める上で重要であり、隣接画素の重複効果により実質的画素数が約2倍（破線）に増加する。

トリオ配列は、このような画素の重複はなく変色領域が存在しない。従って、RGBの表示限界（カラー表示領域）は同一であり、その大きさは限定される。

また、モザイク配列は画像が動くことによって、変色領域がカラー表示領域に変化する。カラー表示領域は変色領域より大きいので、静止画に比べ画質が大きく改善される。

モザイク配列は競技場等のように十分な観視距離が確保できれば、変色領域による画質劣化が視覚特性より小さくなるので、隣接画素の重複効果の方が勝り画質が向上する。しかも動画を対象とした用途では、少ないドット数で高画質が得られる効率的な画素配列といえる。

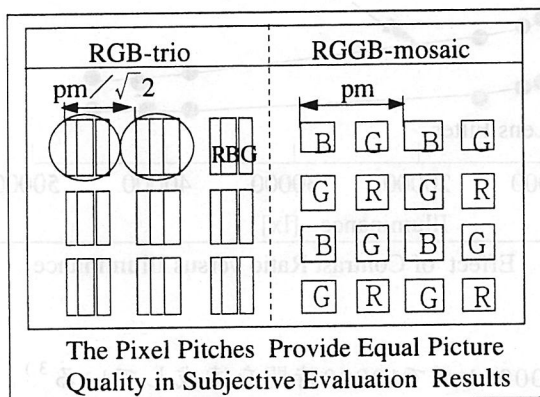


Fig. 4.7.1-7 Relationship between the Pixel Pitches of RGB-Trio and RGGB-Mosaic Arrangements

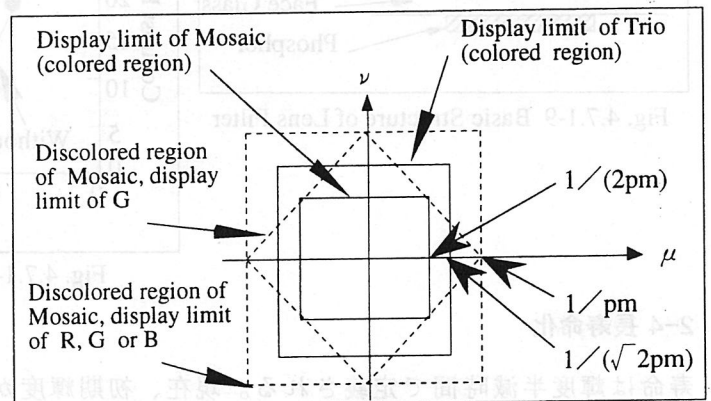


Fig. 4.7.1-8 Display Limits of the Images (In Spatial Frequency Regions)

### 2-3 高コントラスト化

白い蛍光体は直射日光の下ではコントラストを悪くする。これを解決するためにレンズとカラーフィルタの効果を組み合わせたレンズフィルタ方式<sup>4)</sup>や内面カラーフィルタ方式<sup>5)</sup>が実用化されている。ここでは、レンズフィルタ方式について述べる。

#### (1) レンズフィルタ方式

先に述べた不等ピッチ方式は、蛍光面面積を大きくして高輝度を達成する方式であるので、特に屋外で使用する場合、太陽光による蛍光面の反射で黒表示でも画面が白っぽくなりコントラストが低下する。コントラストの低下を防ぐためにシェダーをとりつけているが太陽光の地面や周辺の建物による反射光が蛍光面に入り込み、十分にコントラストを上げることができない。そこで、発光素子の輝度を確保しながらコントラストを上げる方法としてレンズフィルタ方式が開発された。図4.7.1-9にレンズフィルタ方式の基本構成図を示す。カラー

フィルタは、フェースガラス表面上に発光画素以上の大きさに対応して印刷され、発光素子の発光光のスペクトルに合わせた分光透過率特性をもつ。レンズはカラーフィルタと同等の大きさで、フィルタの直上に密着してとり付ける。発光素子の輝度の確保とコントラストの向上は、レンズの倍率を利用して輝度を上げ、その逆数の透過率を有するカラーフィルタを用いて実現する。図 4.7.1-2 (a) に示すレンズフィルタ方式を採用した発光素子と、レンズフィルタがない発光素子(図4.7.1-5)のコントラスト比を測定した。図4.7.1-10 に結果を示す。図より照度600ルクスから45,000ルクスの範囲でコントラスト比が平均75%向上し、屋外の40,000ルクスの高照度下でも約10のコントラスト比が得られる。

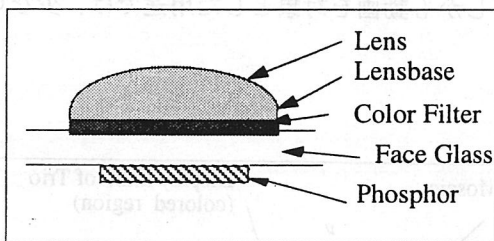


Fig. 4.7.1-9 Basic Structure of Lens Filter

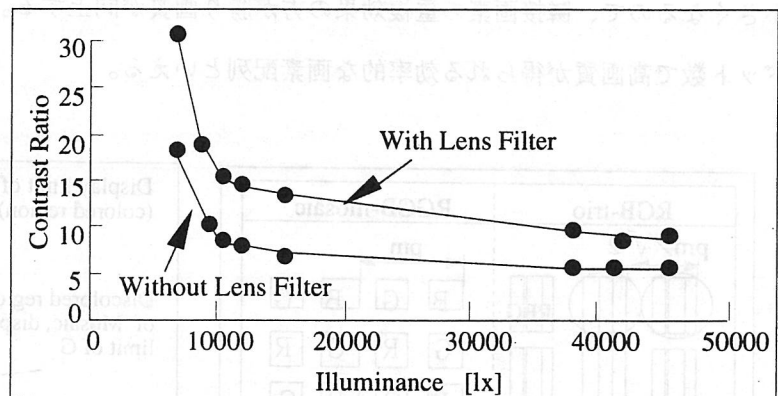


Fig. 4.7.1-10 Effect of Contrast Ratio versus Illuminance

## 2-4 長寿命化

寿命は輝度半減時間で定義される。現在、初期輝度が6000cd/m<sup>2</sup>で12000時間を達成している<sup>3)</sup>。輝度半減時間を経過したディスプレイの表示品質は、個々の発光素子の輝度低下率が一樣になるような技術開発を行なっている結果、十分に実用に耐える性能を有するようになってきた<sup>9)</sup>。

## 2-5 駆動方式

モザイク配列の複数画素管の駆動回路は、原理的には陽極から陰極に流れる陽極電流をグリッド電圧で制御する3極真空管のスイッチ回路と同等である。陰極は直熱型線状フィラメントを商用信号で交流加熱しているので画像信号のフィールド周波数とビート妨害が発生し、画質を劣化させる。

図4.7.1-11は駆動回路のタイムチャートである。走査信号の周波数は、ビート妨害を防ぐために4倍に上げ、1/4になった走査時間幅の間に256階調の1/4に相当する64階調分の輝度階調を割り当てる。

これを1フィールド内で4回繰り返しデューティ比1/4の走査と同等の結果を得る。

この結果、表示画面をテレビカメラ等で撮影する時によく見られるフリッカ妨害が解消される。

また、大画面ディスプレイの設置環境の明るさに応じて、見易い階調特性やコントラストを得るために、表示画面全体の輝度を切り替えて表示している。

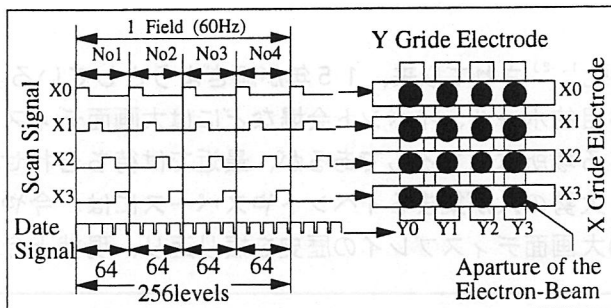


Fig. 4.7.1-11 Waveform of the Xgrid Signals and Y Grid Signals

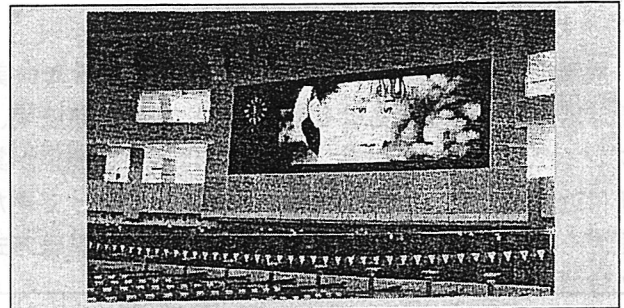


Fig. 4.7.1-12 The Latest Large Screen Display Using Lighting Tubes of the Fig2(b)

### 4.7.1.3 大画面ディスプレイ

図 4.7.1-12 は最新の大画面ディスプレイの例である。1994年に実用化した図 4.7.1-2 (b) に示す複数画素管を用いている。画面サイズが11.2m x 4.6m、輝度が $5000 \text{ cd/m}^2$ 、画素ピッチが25mmである。

### 4.7.1.4 今後の課題

CTR方式の大画面ディスプレイは、実用化されて18年目を迎えようとしているが、この間、画質向上のための種々の技術開発が行われてきた。特に高輝度化、高解像度化の発展にはめざましいものがある。輝度、コントラストは現状で十分のように思えるが、画素ピッチの細かさはまだまだである。しかし、素子の構造上の問題から画素ピッチを小さくすることは至難の業である。

蛍光面の形成方法、電子源の微細加工技術、高密度実装技術等、この18年間でCRTを製作する上で重要なプロセス技術の進展もあり、これらの技術を駆使して新たな突破口が見つかることを期待したい。(岩田 修司)

### 参考文献

- (1) 倉橋、ほか：「オーロラビジョン - 巨大画面カラーディスプレイシステム」TV技報, IPD-49-3, p149(昭55-3)
- (2) 原、ほか：「屋外近距離用オーロラビジョン」三菱電機技報, Vol.69, No.11, p46 ('95)
- (3) 萱嶋、ほか：「CRT方式大型映像ディスプレイ」月刊ディスプレイ 11号, p63 ~ p70 ('96)
- (4) Shiramatsu et al. : 「A High Resolution, High Brightness Color Video Displays for Outdoor Use」SID'89 Symp. p102
- (5) 堀口：「CRT方式屋外ディスプレイ」月刊ディスプレイ 11号, p58 ~ p62 ('96)
- (6) Ichikawa et al. : 「A Lighting Element Having A New Structure of X and Y Backplane Control Electrodes」J.Display'89, p276
- (7) Hayashi et al. : 「A 15mm Trio Pitch Jumbotron Device」SID'89 Symp. P98
- (8) 原、ほか：「大画面ディスプレイにおける画素配列と画質」信学論, J77-C-「, No3, p149 ~ p159 ('95)
- (9) 原：「超大型画面の展開」テレビ誌, Vol.51, No.4, p517 ~ p520 ('97)

## 4.7.2 放電管方式

### 1. はじめに

放電管方式の大画面ディスプレイが1983年に実用化<sup>1), 2)</sup>されて以来、15年が過ぎようとしている。野球場、競馬場などをはじめとして、各種の競技場、多目的ホール、イベント会場などには大画面ディスプレイが設置されている。このように多くの観衆が集まる場所はもちろんであるが、最近では待ち合わせ場所付近のビルボードにも設置されるようになってきた。大勢の人が集まるイベントやスペースには、今や大画面ディスプレイは欠かせない。ここでは放電管方式の大画面ディスプレイの歴史を振り返り、現状と今後の課題について述べる。

### 2. 市場動向

表4.7.2-1に1996年の国内市場動向<sup>3)</sup>を示す。現在、実用化されている大画面ディスプレイは放電管方式、CRT方式、LED方式に大別され、この各方式の国内の納入実績が示されている。放電管方式は納入台数ベース、納入面積ベースとも約1/3を占めている。メーカーは放電管方式、CRT方式ともに2社が参入しているが、表示素子の開発に技術力、経験、リスクを伴うことからメーカーが限定される。

フルカラーの大画面ディスプレイの納入実績および市場予測（(株)シードプランニング社 調査報告1997年版に掲載されたデータに基づく）を図4.7.2-1に示す。バブル経済破綻の影響で、1994年に落ち込んだが、その後は回復基調である。これは公共投資などのほか、LED方式の大画面ディスプレイが寄与している。1993年末に実用化された高輝度の青色LED<sup>4)</sup>がフルカラー化を加速させたためである。市場規模としては約200億円強（1996年）と推定される。今後は各方式の棲み分けが進み、放電管方式とCRT方式はゆるやかに拡大すると思われる。

### 3. 各方式の比較

現在、実用化されている放電管方式、CRT方式、LED方式の主な特徴を表4.7.2-2に示す。放電管方式は、CRT方式に続き1983年に実用化され、CRT方式とともに市場を形成してきた。低圧の水銀蒸気の放電で発光し、高電圧が不要、開口率が大きい、などの利点がある。最近、故障率が低く、素子の信頼性が高いとして、実運用状態で初期値に対し10000時間運用後で70%、20000時間後で60%の輝度が維持されることが報告<sup>5)</sup>された。

CRT方式は1980年に実用化<sup>6)</sup>された。ブラウン管と同じ発光原理であり、高電圧で加速された高速電子線で蛍光体を励起し発光させる。消費電力が少ない、素子間バラツキが少ない、などの特徴がある。

LED方式は高輝度の青色LEDを用いたものが、1995年頃から実用化<sup>7)</sup>され始めている。注入形のエレクトロルミネンスであり、バンドギャップを介した電子と正孔の再結合で発光する。軽量、絵素ピッチを小さくできる、長寿命、などの利点がある。視野角が狭い、画面ムラ・ざらつき感、などの課題はあるが、徐々に改善されつつある。

### 4. 放電管方式の技術経緯

放電管方式に限らず大画面ディスプレイの歴史は絵素の高密度化、および高輝度化の歴史と言える。図4.7.2-2に放電管方式の大画面ディスプレイの絵素密度の経緯を示す。<sup>8), 9), 10)</sup>1983年の実用化から5年間は単管式の開発がなされた。当初、130絵素/m<sup>2</sup>で実用化され、250絵素/m<sup>2</sup>まで向上した。これは外形を小型化して絵素ピッチを88mmから63mmまで縮小することで、達成している。まづ競馬場や野球場などで設置が始まった。視認距離は100~200m程度と、屋外遠距離用であった。単管式はフルカラーの大画面ディスプレイを世に認知させたことで、1980年代でその使命を果たしたと言えよう。

1988年以降は単管式に変わって複合管式が実用化され始めた。屋外近距離、あるいは屋内の比較的遠い距離を狙って、数10~100m程度の視認距離を目指して絵素の高密度化がはかられた。単管式では、

配列で生じるデッドスペース（非発光部）で開口率が低下する、そのため輝度および画質が低下する、などの理由から複合管式の開発がなされた。1600～3000絵素/m<sup>2</sup>と飛躍的に高密度化された。絵素ピッチは18～25mmと20mm程度に縮小されている。この屋外近距離用は1980年代終わり頃から1990年初頭にかけて実用化され、現在に至っている。1990年代初め頃から半ばにかけては、再び屋外遠距離用の開発がなされ、絵素密度が660～1100絵素/m<sup>2</sup>、絵素ピッチ30～40mmのものが実用化されている。1980年代に単管式が担っていた用途は、全てこれらに移行している。また同時期に、視認距離が10～数10m程度の屋内用も実用化された。絵素密度5100絵素/m<sup>2</sup>、絵素ピッチ14mmである。<sup>11)</sup>

図4.7.2-3に放電管方式の大画面ディスプレイの板面輝度の経緯を示す。板面輝度については1980年代の単管式で高輝度化が進んだ。1983年、3350cd/m<sup>2</sup>の板面輝度で実用化され、1988年には5000cd/m<sup>2</sup>を達成している。屋外用途の場合、実用上は約3000cd/m<sup>2</sup>あれば十分な色彩表現が可能<sup>12)</sup>であることから、4000～5000cd/m<sup>2</sup>を実現して以来、10年間ほどは更なる高輝度化は見られなかったが、最近5000cd/m<sup>2</sup>を越えるものも報告され始めた。一方、屋内用は2000cd/m<sup>2</sup>が実用化されている。屋内に関しては、1500～2000cd/m<sup>2</sup>程度で、問題ないと考えられている。（屋内に関しては1980年代半ばから1990年代初めにかけてLCD方式が実用化され、200～400cd/m<sup>2</sup>の板面輝度であった。デッドスペースが仕切として目立つ、電力が大きい、などでマルチ・プロジェクションTVやLED方式に置き換わっている）信号処理方式は1983年にNTSC方式で実用化された後、1990年にクリアビジョン方式<sup>13)</sup>が導入され、1996年にはHDTV対応<sup>14)</sup>となっている。また、画面の表示機能として1988年に2画面表示<sup>15)</sup>、1996年には3画面表示<sup>16)</sup>が実現されている。

## 5. 主な放電管および表示装置

図4.7.2-4に単管式の高輝度放電管（CHD管：Colored High-brightness Discharge tube）を示す。小形のU字管がメニスカスレンズを有するフード内に納められている。フルカラーの表示素子としての役割は終えたが、蛍光体とレンズの着色を電球色にすることで、スコアボード用の放電管として現在も用いられている。

複合管はひとつの放電管に複数の放電を形成し、それらをR、G、Bの色光に対応させて独立点灯制御を行う放電管である。その様子を図4.7.2-5に示す。図4.7.2-6～9に複合管式の各放電管を示す。図4.7.2-6、7の放電管（TL22<sup>17)</sup>、TL40）はボディを金属で構成することでデッドスペースを縮小でき、高い開口率と軽量化がはかれる。開口率は約70%と、現時点では最も高い開口率である。この放電管単体でひとつの絵素を構成しており、R-G-B-Gの4色を発光する。絵素ピッチは各々22mm、39mmである。

図4.7.2-8は複合管として最も早く実用化された放電管（DL素子：Multi Anode Discharge Lamp）である。<sup>18)</sup>図4.7.2-6などと同様に放電管単体でひとつの絵素を構成しており、R-G-B-Gの4色発光である。25mm、50mmの2種類の絵素ピッチの放電管が実用化された。

図4.7.2-9の放電管はR-G-Bの絵素構成であり、図4.7.2-5と同一のものである。この放電管には14mm、18mm、30mmの3種類の絵素ピッチのものが用意されている。図6～8の放電管とは異なり、ひとつの放電管の中に複数個の絵素が収納されている。絵素ピッチ14mmのものは、放電管方式、CRT方式の中では現在、最も高密度な表示素子である。

図4.7.2-10に放電管方式の大画面ディスプレイのシステム構成図の一例を示す。システムは、ファイバーケーブルを介して操作室と表示板とで構成される。操作室は、映像入力装置とデジタル入力装置、そしてこれらのビデオ信号およびデジタル信号を処理する画像処理装置から成る。表示板は表示ユニット、表示制御装置、電源設備で構成されている。大画面ディスプレイの基本仕様の一例として、表2に図7の放電管を用いた大画面ディスプレイの仕様を示す。屋外遠距離用であり、絵素ピッチ39mmで絵素密度は約

660 絵素/m<sup>2</sup>、板面輝度5000cd/m<sup>2</sup>である。信号処理方式はクリアビジョン方式であり、高い開口率と相まって、きめの細かい映像が実現されている。

## 6. 施設例

サッカーW杯やオリンピックの関連施設に大画面ディスプレイが盛んに設置されている。最近では横浜国際競技場に表4.7.2-3に示す基本仕様のもので2面設置された。図4.7.2-7の放電管を1面あたり113216本用い、9.1m×19.2mの画面寸法である。大阪ドームには図4.7.2-5の放電管で絵素ピッチ30mmと14mmのものが設置された。画面寸法は各々8.6m×30.7m、3.8m×6.7mである。<sup>19)</sup>

## 7. 今後の課題

大画面ディスプレイは、実用上十分な板面輝度を達成している。また、絵素密度についても視認距離に応じて各用途がメニューアップしてきた感がある。今後の課題としては、低価格化、超高密度化が挙げられる。

低価格化は放電管、表示ユニット、表示板などハードウェアの低価格化であるが、単なるハードウェアに留まらず、設置工事のスピードアップや簡略化までも実現しうるハードウェア構造が必要となろう。

超高密度化はHDTV化へのアプローチである。これは放電管の高密度技術、表示ユニットの高密度実装技術が必要となる。経済性を考慮すれば限界はあろうが、高密度化（もしくは屋内用途の高輝度化）が進むものと思われる。

(中島 淳一)

## 参考文献

- 1) 神谷ほか：CHD管使用による大形カラー表示装置、テレビ学技報、IPD 76-3、(1983) p. 37
- 2) 金子ほか：高輝度放電管方式による大形カラー映像表示装置、東芝レビュー、Vol. 39 No. 10 (1984) p. 907-910
- 3) (株)シードプランニング社 調査報告 1997年版
- 4) 中村：InGaN青色発光ダイオード、信学誌、Vol. 76 No. 9 (1993) p. 913-917
- 5) 和田：放電管式大型ディスプレイ、月刊ディスプレイ、Vol. 2 No. 11 (1996) p. 49
- 6) 倉橋ほか：オーロラビジョンー巨大画面カラーディスプレイシステム、テレビ学技報、IPD 49-3 (1980) p. 31
- 7) 赤見：LEDランプ方式大型ディスプレイ、月刊ディスプレイ、Vol. 2 No. 11 (1996) p. 30
- 8) 岡田：大画面ディスプレイ、照学 ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書 JIER-041 (平成7年2月)
- 9) 柴野ほか：放電管を使用した屋外大型ディスプレイ装置、信学技報、EID98-34 (1989) p. 21
- 10) 岡田：高密度型高輝度放電管による大型表示装置、照学関西支部、施設空間の動向と将来(平成2年10月)
- 11) 電波新聞記事、1994年7月30日付け
- 12) 品川：フォーラムビジョンのシステム紹介、月刊ビデオα、Vol. 6 No. 1 (1990) p. 49-52
- 13) 中瀬：巨大ディスプレイ「スーパーカラービジョン」の開発と実際、月刊クロマ、Vol. 6 No. 8 (1991)
- 14) 中島：放電管式大型ディスプレイ、月刊ディスプレイ、Vol. 2 No. 11 (1996) p. 45
- 15) 井手ほか：蛍光放電管式大型表示装置、電気・情報関連学会連合大会、3-91~3-95 (1989)
- 16) 中島：放電管方式の大型映像表示装置、平成8年照明学会全国大会予稿集、S-7
- 17) 中島：3色発光型放電管による大型映像表示装置、照学 光関連材料デバイス研究会、MD-91-16 (1991) p. 91-94
- 18) 塩浜ほか：大形カラーディスプレイ用高輝度光源素子、照学 光関連材料デバイス研究会、MD-89-10 (1989) p. 65-71
- 19) 田中ほか：大阪ドームメディア・音響設備システム、National Technical Report Vol. 43 No. 5 (1997) p. 48

表4. 7. 2-1 1996年国内市場動向

方式	参入メーカー数	納入面積 (m <sup>2</sup> )	納入台数 (台)	1台あたりの平均面積(m <sup>2</sup> )
CRT	2	1,898 (61.0%)	17	111.6
放電管	2	921 (29.6%)	14	65.8
LED	11	291 (9.4%)	18	16.2
合計	*15	3,110	49	63.5

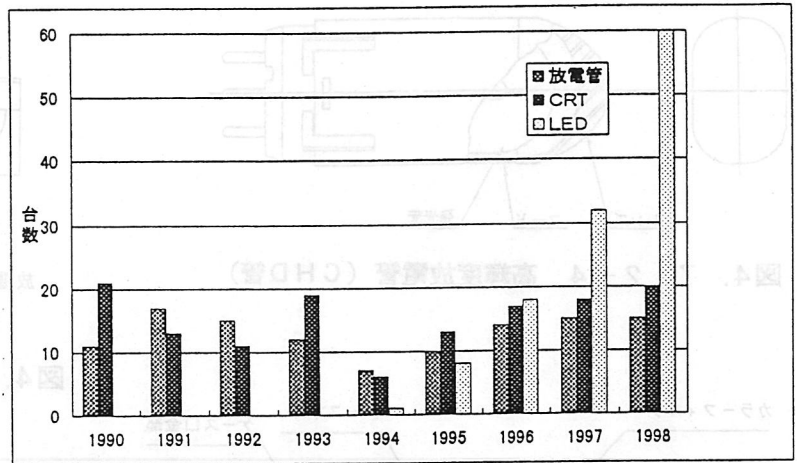


図4. 7. 2-1 フルカラー大画面ディスプレイの納入実績及び市場予測 (株)シードプランニング社調査報告書1997年度版に基づく

表4. 7. 2-2 大型ディスプレイの各方式の比較

	放電管方式	CRT方式	LED方式
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>●高電圧が不要</li> <li>●開口率が大い</li> <li>●素子の信頼性が高い (故障率が低い)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●消費電力が小さい</li> <li>●素子間バラツキが小さい</li> <li>●応答性が速い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●軽量</li> <li>●絵素ピッチを小さくできる</li> <li>●寿命が長い</li> <li>●振動、衝撃に強い</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>●消費電力が大い</li> <li>●温度依存性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●高電圧が必要 (吸塵、絶縁)</li> <li>●構造が複雑</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●視野角が狭い</li> <li>●素子が高い (高輝度青/純緑)</li> <li>●画面のムラ、ザラツキ (配光のバラツキ)</li> </ul>

表4. 7. 2-3 大画面ディスプレイの基本仕様一例

板面輝度	5000cd/m <sup>2</sup>
絵素構成	R-G-B-G
絵素ピッチ	39mm
表示階調	256階調
輝度調整	75段階
表示速度	60コマ/秒
信号処理方式	クリアビジョン方式
視認角	水平±60° 垂直±15°
視認距離	30~260m

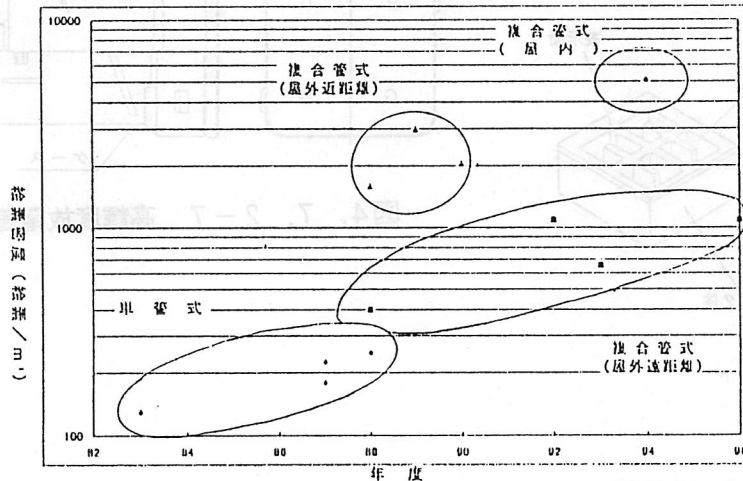


図4. 7. 2-2 放電管方式の絵素密度の推移

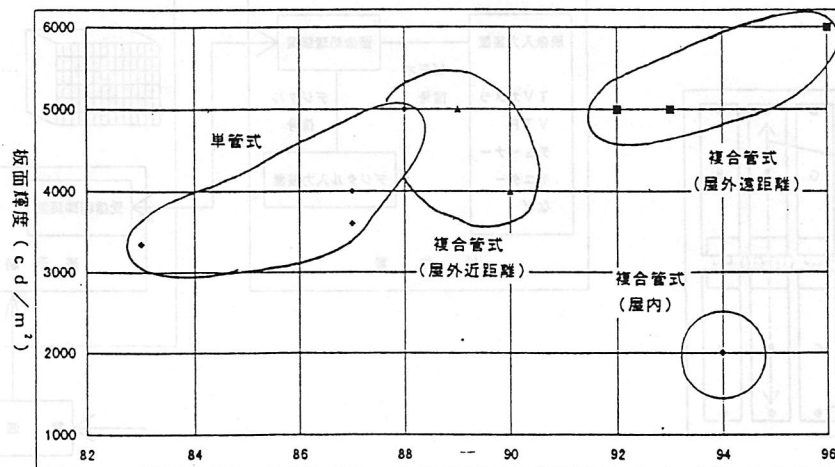


図4. 7. 2-3 放電管方式の輝度の推移

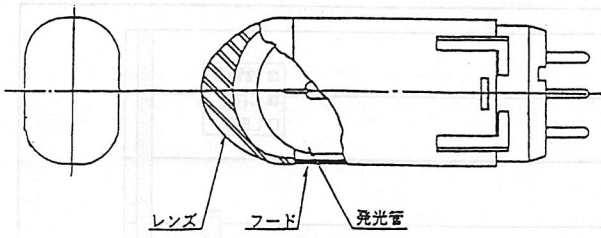


図4. 7. 2-4 高輝度放電管 (CHD管)

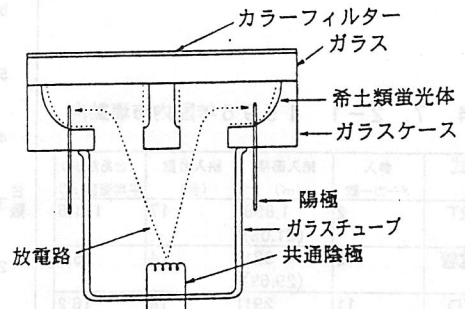


図4. 7. 2-5 複合管式高輝度放電管

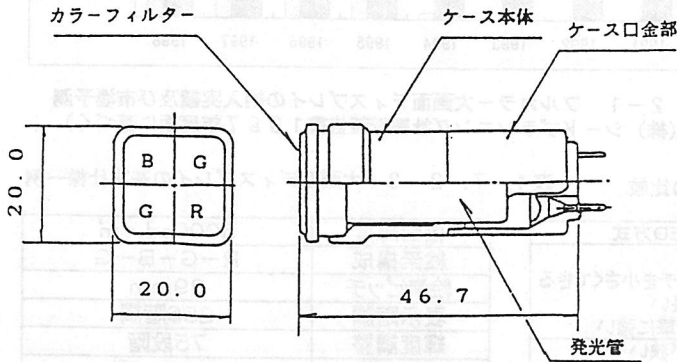


図4. 7. 2-6 高輝度放電管 (TL22)

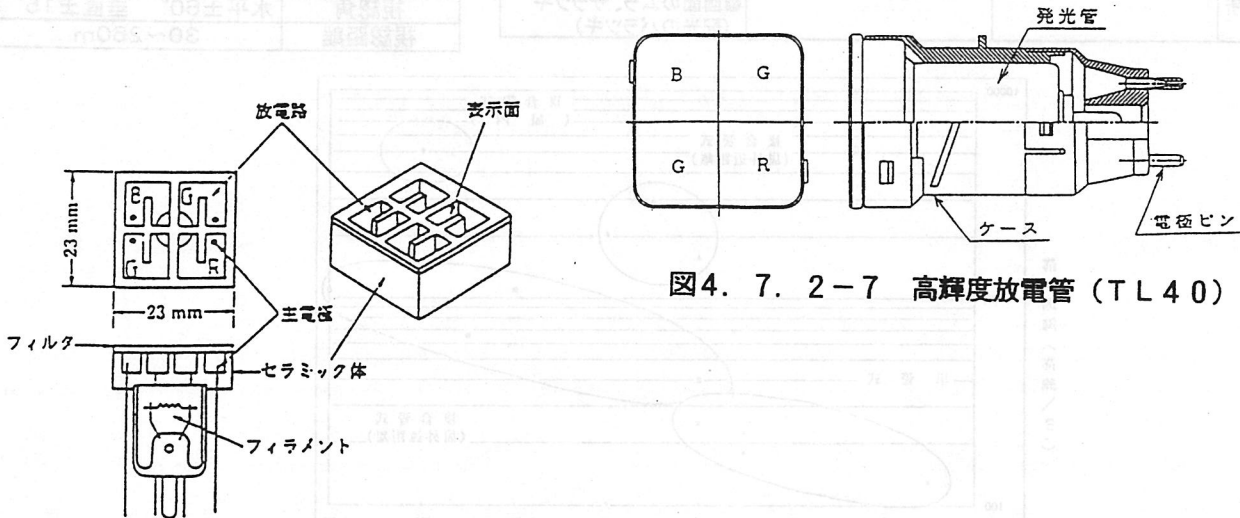


図4. 7. 2-7 高輝度放電管 (TL40)

図4. 7. 2-8 高輝度放電管 (DL素子)

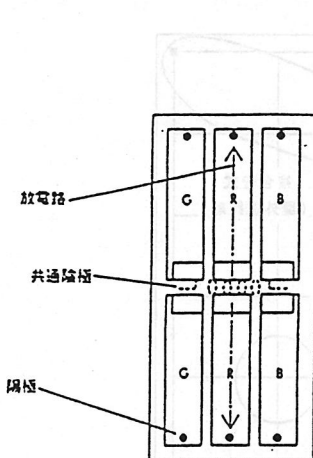


図4. 7. 2-9 RGB3管式高輝度放電管

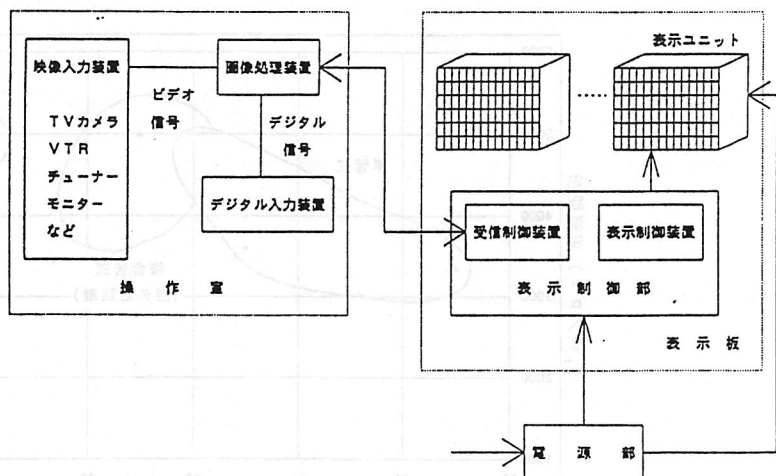


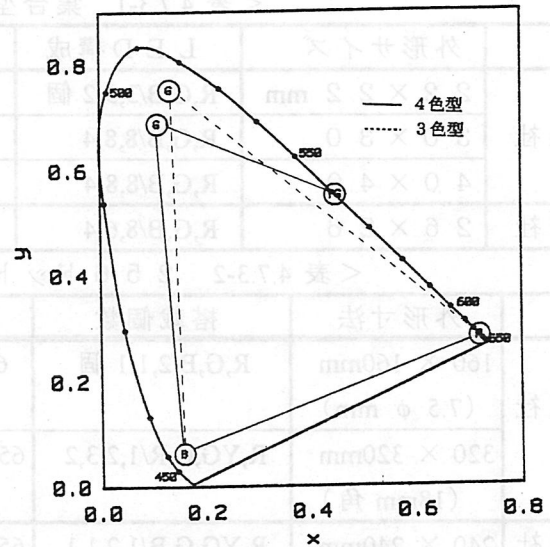
図4. 7. 2-10 システム構成図

## 4.7.3 LED方式

### 4.7.3-1 はじめに

高輝度青色LEDが登場したのが'94年。

以来急速に大型表示用LED方式のビルボードのフルカラー化が進み、技術面から見ると見切り発車的に採用されてきているのが現状であろう。さらに待望の高輝度青色LEDが登場したものの、ディスプレイとしての色再現性や屋外使用としての明るさ面から緑色の発光色と輝度の問題が顕在化しこれに呼応するように'96年にInGaN系青色LEDの技術の流れから高輝度純緑色或いは青緑色LEDが実用化されるに至り図4.7.3-1のCIE色



<図4.7.3-1 CIE色度図>

度図に示すように色再現性の面で大幅な改善が成されてきている。そして同図にも示すがさらに色再現性を向上させた、特に肌色などのパステル調の色再現性をも向上させるために青、青緑、黄緑、赤の4色によるフルカラーディスプレイも登場してきている。

しかしながら前述のことや今までに報告された解説や論文にあるような他のディスプレイ素子と比較して良い面ばかりではなく、InGaN系素子が開発されたのが最近であることからまだまだ信頼性の確認と言った面では他のディスプレイよりも後れを取っているのが現状である。現実には実用面ではInGaN系LEDの早期不点発生率が高い点や寿命と共に各色或いは各LEDの光度維持率の違いによる色バラツキの拡大化や設置場所による耐候性の問題等屋外表パネルとしての信頼性に関する未確認事項が顕在化してきていることも事実である。今後もLED方式が軽量、省電力で長寿命という他のディスプレイにはない特長を真に活かせるようになるような技術改善努力が必要であろう。

以下にInGaN系の高輝度青色及び緑色LEDを使用した大型フルカラーパネル用LEDに関する現況について報告する。

### 4.7.3-2 大型ディスプレイ用LED

従来は高輝度青色及び赤色LEDとGaP系の黄緑色LEDを使用していたフルカラーランプ或いはパネルが使用されてきていたが前記したように高輝度緑色LEDが昨年から市販されるようになり昨年の後半からはこの高輝度緑色LEDを採用したパネルが登場し色再現範囲の広いフルカラーディスプレイが主流になってきている。LED方式による大型ディスプレイ用ランプとしては単一画素を受け持つ集合型ランプと表示に必要な最小単位としての256ドットパネルがあり、用途や設置条件によって使い分けられている。現在世の中に出ているもので高輝度青色及び緑色LEDを使用したフルカラーLEDランプ或いはパネルの特性を次表4.7.3-1,2に示す。

表1、2に示すように単一の各色LEDの光度が桁違いに高くなったことで特に青及び緑色の使用数が少なくなったことからドットサイズが小さくなり、省電力化も図られたこ

とから屋外使用も可能な高輝度、高精細パネルも実用化されるようになってきている。

＜表 4.7.3-1 集合型フルカラーLEDランプ＞

	外形サイズ	LED構成	各色発光波長	軸光度	視認角度
A社	22×22mm	R,G,B/3,3,2個	660,525,470nm	0.9/3.9/0.74cd/m <sup>2</sup>	±35°
	30×30	R,G,B/8,8,4	660,525,470	0.6/2.6/0.37	±35
	40×40	R,G,B/8,8,4	660,525,470	6/2.6/0.37	±35
B社	26×26	R,G,B/8,6,4	660,525,470		±70

＜表 4.7.3-2 256ドットパネル用フルカラーLED＞

	外形寸法	搭載個数	発光波長	軸光度	視認角
A社	160×160mm (7.5φmm)	R,G,B/2,1,1個	660,525,470nm	0.14/0.4/0.06cd/m <sup>2</sup>	35°
	320×320mm (18mm角)	R,YG,G,R/1,2,3,2	650,565,510,470	1050,850,2500,600	120
B社	240×240mm (13mm角)	R,YG,G,B/1,2,1,1	650,565,510,470	1050,850,2500,600	120

#### 4.7.3-3 大型ディスプレイとして求められる要素

屋外用大型ディスプレイとして求められる技術的要素として以下のようなものが挙げられる。

1. 背景輝度の高い条件下においても視認性が良いこと。
2. 寿命中において色バランスが変化しないこと。(各色の光度維持率が揃っている或いは各LEDの寿命特性が安定している)
3. 耐候性、耐熱性が高いこと。
4. 広視認性が確保されていること。(用途による)
5. 色再現性が良いこと。

以上の各項目について現状を以下に記す。

##### 1. 視認性が良いこと

背景輝度が高い即ち特に南面に設置され太陽光がディスプレイに直射或いは直射されななくても反射光が強く影響されているような場合においても十分な視認性を確保するために太陽光の直射を防止するフードを使用するがその場合のフード形状の工夫やLEDの実装面積率を視認上問題ない程度に低減することによって反射光の減少対策を施すなどがなされており、実用上問題ないものになっている。後述もするが同時に各色が高輝度化が図られたことから今まで指摘されていたLEDの視認性において横方向への視認性の確保も可能になってきている。

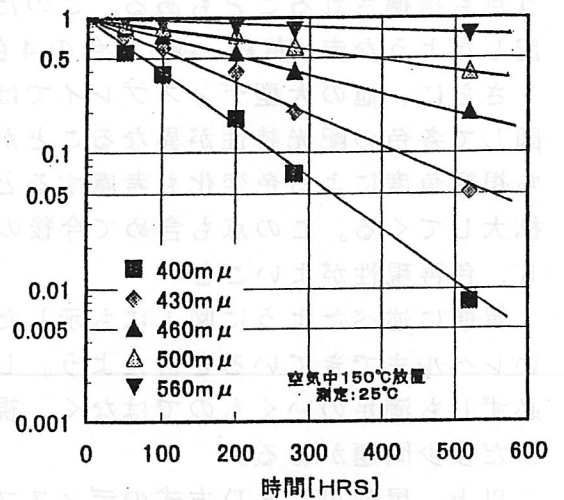
勿論この背景には青色及び緑色の高輝度化が図られてきた功績が大きく寄与している。

##### 2、3. 寿命中において色バランスが変化しないこと／耐候性、耐熱性が高いこと

寿命中における色バランスの変化について初期の色バランスに対してはLEDの電気光

学的特性を256ドットパネル毎に揃え、隣接するパネル間の色ムラが少なくなるように配列したり或いは集合型ランプにおいても各ランプにおいて近似した特性のものを隣り合わせるなどの工夫で対応し、パネル間の調整或いはボード全体の調整は印加電圧或いは電流と発光出力がある範囲で比例関係にあることから階調制御することによって可能であるが、寿命中における輝度劣化に対する保証は出来ないのが現状である。大型表示装置として各画素のバラツキまで制御することはないと言えるが数千時間以上の寿命中において他のディスプレイと比較すると差が顕在化してくることは否定できない。この一つの大きな原因としてエポキシ樹脂の紫外線による劣化、熱劣化、特に InGaN 系素子における接着用（導電性）エポキシ樹脂の黄変化による

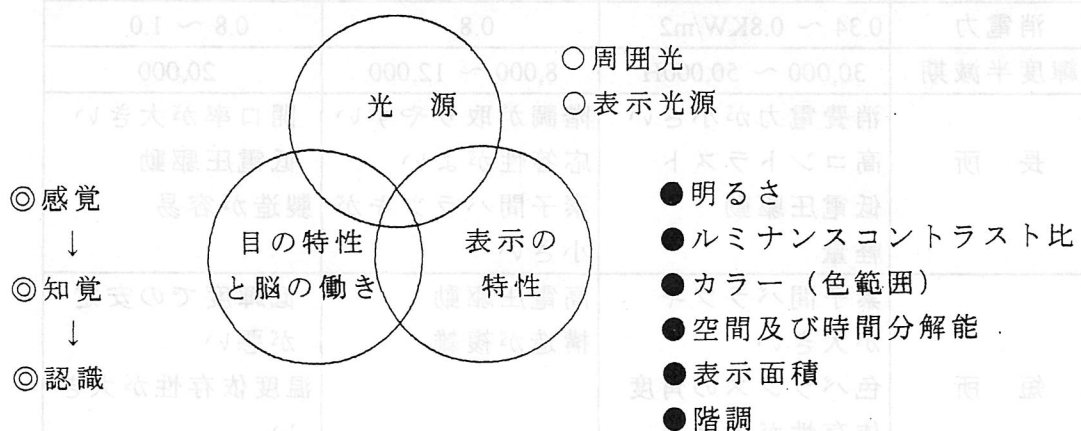
反射率低下、配光特性変化及び発光色による基本的な素子材質の違いによる劣化特性の違いが挙げられる。これに対する対策としてガラス転移温度の高いより耐候性の高い樹脂の使用や青色LEDに合った樹脂の使用やパッシベーション膜を設けたりさらにはフードを設ける等によって常温常湿時における劣化特性の改善は図れるものの、屋外使用として条件の厳しい高温、高湿下や西日や強い日差し下での劣化特性の改善までには至っていないのが現状である。設置条件によっては真夏の炎天下には周囲温度が80℃以上になる場合もある。耐紫外線や環境温度変化に関しては変成樹脂を使用するなどの工夫もあるがまだ実用レベルには至っていない。特に紫外線及び熱による樹脂の黄変化及び樹脂表面の酸化による白濁化（粉吹き現象）による劣化が今後の技術課題であろう。（図4.7.3-2参照）



<図 4.7.3-2 樹脂の劣化特性>

#### 4. 広視認性が確保されていること

この点については他のディスプレイと比較すると数値的には見劣りするが単に半値角だけから視認性を表現することは難しく下図のような諸要素が加わりLEDの実用上の視認性が決定される。LEDは発光波長幅が狭く基本的に高コントラスト性であることから他のディスプレイと比較して数値ほどの遜色がないのではないかと考えられる。しかしながらこの発光波長幅が狭いことから背景輝度が低い環境下での表示にギラギラ感があるとい



<図 4.7.3-3 視認性の決定要因>

う点も指摘されることもある。このために肌色等パステル調の表現が難しいことから前記したような赤、黄緑、緑、青色の4色を使ったフルカラーディスプレイが登場している。

さらに、他の大型ディスプレイでは顕著に発生しない問題点として素子の位置ズレに起因して各色の配光特性が異なることから視認する角度での色ズレの問題があり、この点即ち視認角度による色変化も考慮すると実質的な視認角は低下し、寿命と共にこの色ズレが拡大してくる。この点も含めて今後の技術改善課題といえる。

#### 5. 色再現性がよいこと

冒頭に述べたように図1にも示したが緑色の色純度が改善されたことから実用上問題ないレベルまでできていると言えよう。しかしながら、視認角度と色バランスの関係において必ずしも満足のいくものではなく、視認角度による色バランスも含めた視認性についてはまだ多少問題がある。

以上、屋外用LED方式のディスプレイとしての実績はまだ数年しか経っていないことも事実であり、他の経験豊富なディスプレイと比較するとまだ信頼性の面で未確認の点と技術的な改善努力すべき点があると言わざるを得ない。

### 4. 7. 3-4 LED方式大型ディスプレイ

日亜化学工業が高輝度青色LEDを発表してから僅か1年にして大型LED方式ディスプレイが渋谷を皮切りにビルボードとして実用化されるようになったことは以前に報告している。

その特長は表4.7.3-3に示すように他のディスプレイと比較すると、省電力（特に高輝度緑色LED使用時）、軽量、長寿命、駆動電圧が低い等が上げられる。そして当初は緑色LEDとしてGaP系の発光波長が560～570nmのものでフルカラーが構成されてい

<表 4.7.3-3 各方式による特性比較>

	LED方式	放電管方式	CRT方式
画素ピッチ	10～35mm	22～50	14～50
画素輝度	2,500～8,500cd/m <sup>2</sup>	5,000～6,000	2,000～6,000
表示階調	256階調	1024	1024
色温度	6,000～7,000K	7,000K	
視野角度	±35度	±60	±80
消費電力	0.34～0.8KW/m <sup>2</sup>	0.8	0.8～1.0
輝度半減期	30,000～50,000H	8,000～12,000	20,000
長所	消費電力が小さい 高コントラスト 低電圧駆動 軽量	階調が取りやすい 応答性がよい 素子間バラツキが小さい	開口率が多い 低電圧駆動 製造が容易
短所	素子間バラツキが大きい 色バランスの角度依存性が大きい 耐候性に劣る	高電圧駆動 構造が複雑	低輝度での安定が悪い 温度依存性が大きい

たが昨年から InGaN 系の高輝度緑色 LED が発売されたと略同時期に松戸駅前や有楽町そごうに新型フルカラー LED ディスプレイとして高輝度緑色 LED を使用したビルボードが登場している。

さらに長野オリンピックでは多くの LED 方式の大型ディスプレイが使用され、これを契機として今後も施工例が増大してくるものと期待したい。

#### 4. 7. 3-4 まとめ

一般的に LED は信頼性の高いデバイスであるとされているが、こと屋外使用については十分な検討が必要であろう。信号機のように前面にカバーガラスが設置できるものと異なり大型ディスプレイの場合 LED が紫外線を直接的或いは間接的に浴びることになる。LED の基本的な構成材料として、一般的にパッケージ材料及び導電性接着剤にエポキシ樹脂が使用されていることから当然耐熱、耐候性の問題が発生する。封止用エポキシ樹脂は改良されているとはいえ基本的に紫外線による変質及び透湿（水）性のある材料であることから、発光素子へ与える影響、特に短波長発光の LED にとっては導電性樹脂の反射率低下も含めて寿命に与える影響が大きい。従来は赤色及び黄緑色の長波長発光の LED を使用しての屋外ディスプレイが主流であり、このために樹脂の黄変化による輝度変化の影響が比較的少なく問題が顕在化することはなかった。しかしながら、フルカラーになるとこの影響が大きくなると予想される。

LED 方式の大型ディスプレイとしての経験は僅か 1 ～ 3 年程度であり真の信頼性の確認はこれからといえる。

以上、LED 方式の大型ディスプレイに対する今までの報告と趣を変え今後本方式が大きく発展することを望む立場から残された技術的課題を重点的にまとめてみた。

前回の報告書において LED 方式の屋外用大型ディスプレイに関する技術課題として視認性や価格や寿命確認などについて述べたが、視認性や色再現性等初期特性の改善は成されてきたが実用化されて間もないことから信頼性に関連した項目において積み残しがあり、今後の課題といえよう。

(山崎 繁)

#### <参考文献>

- 大迫 浩二、北村 春夫；フルカラー LED ランプ方式大型ディスプレイ。月刊ディスプレイ。Vol2, No.11, 1996, 41-44
- 赤見 勝幸；LED ランプ方式大型ディスプレイ。月刊ディスプレイ。Vol2, No.11, 1996, 30-40
- 新名 達彦；発光ダイオードの製造技術。ディスプレイ&イメージング。Vol3, No.4, 1995, 387-398
- 吉野 健一 他；National Technical Report Vol38, No.3
- 日経エレクトロニクス。1996.10.21 号
- 高橋 望；フルカラー LED ディスプレイへの展開。エレクトロニクス 1994 年，6 月号, 38-41
- 山崎 繁；LED。(社)照明学会；ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書。平成 7 年 2 月, 11-1

## 4.8 3Dディスプレイ

### 4.8.1 概要

マルチメディア時代の今日、日常生活自体が急速に変化しつつある。価値観の多様化、日常生活におけるより高度な要求、余暇の増大等から、より豊かで楽しい暮らしへの要望が高まり、その結果として臨場感あるAV機器やよりリアルなアミューズメント用ディスプレイが要望される場合が多い。このような要求を満足させるディスプレイの1つは、3Dディスプレイであろう。

一方、医療、教育等の分野では、古くから3Dディスプレイへの期待は大きい。十分な性能を表示できるまでの技術的な裏付けがなかった。さらに、産業界としても、大容量の映像情報伝送事業への期待等が社会的な背景として存在している。

ところが、幸いなことに昨今映像技術特に液晶技術を始め、CG、VR、コンピュータ、半導体等の技術発展は著しく、3Dディスプレイを取り巻く技術的な環境は整備されつつある。振り返ってみると筑波の科学万博等の大きなイベントの度に、過去何回か3Dのブームが来ては、消えていった。今また静かではあるが徐々にブームが来ている。このブームは過去と異なり、技術の裏付け、生活的社会的背景変化がこのブームを引き起こしていると考えられるのではないか。

### 4.8.2 各種3Dディスプレイの分類

前述のように3Dディスプレイの開発の歴史は古く、多くの書物にすでに紹介されている(①, ②)。分類方法もいろいろあるが、ここでは最近話題になっているディスプレイを中心に分類分けを行った(図4.8.2-1)。3Dディスプレイは、2眼式(これを立体と呼ぶ場合がある)と多眼式に分類でき、多眼式の究極をホログラフィと位置付けした。即ち、情報量が2眼式から多眼式、ホログラフィと多くなり、よりリアルな3D映像に近づく。

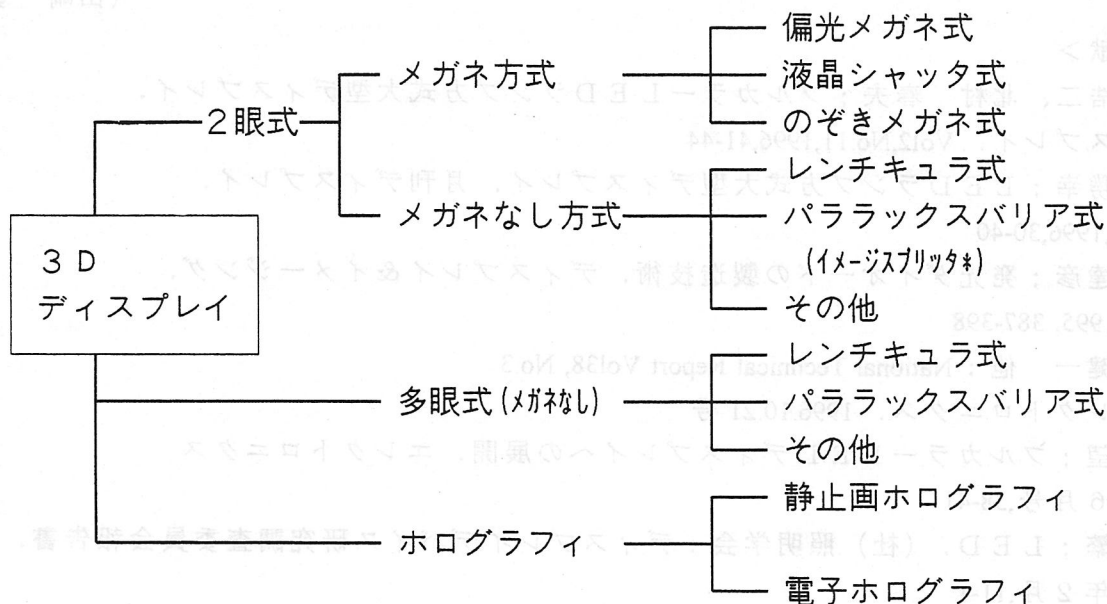


図4.8.2-1 3Dディスプレイの分類 (\*三洋電機提案名称、商標登録)

#### 4. 8. 3 3Dを支える基盤技術

3Dディスプレイの最近の進歩は、液晶技術に負うところが非常に大きい。特に、高画質のTFT液晶パネルは、直視型ディスプレイ、投射型ディスプレイに広く利用されている。液晶パネルはマトリクス駆動であり、パネル上での情報を表示する位置が正確にアドレスできる。これは、特にメガネなしディスプレイに非常に好都合である。即ち、左右画像を交互に画素単位で容易に表示可能となり、後は光学的手段で分離すればメガネなし3Dが実現されるからである。投射型の場合は容易に大画面が可能になり、多くの手段で3Dが提案されてきた。

他に必要な基盤技術は、光学技術と回路技術である。メガネなし3Dに利用されるレンチキュラーレンズ等は古くから開発され、完成度が非常に高くなってきている。今後液晶パネルと一体化したマイクロオプテックス的な光学技術の発展が期待される。回路技術に関しては、現在は特に3D特有の特殊な回路技術が必要という訳ではなく、高品質な映像回路技術を流用しているにすぎない。逆に考えると、ハイテク回路技術駆使の3Dが提案/実用域になっていないということかもしれない。ホログラフィが真に浮上するときには、ハイテク回路技術の出番かもしれない。

3D映像が普及するための必須条件として、3D映像ソフトの制作、普及のシナリオが必要である。立体ソフト制作技術は、NHKを中心にすでにハイビジョンソフトまでノウハウの蓄積がなされている。しかし本格的な普及のためには、もっと容易に3D映像ソフトを制作する手段が構築されなければならない。このためには、最近のCGを利用したソフト作りや、従来の2D映像を3Dに変換する技術が必要となるであろう。このような環境が整わなければ、本格的なコンシューマ分野への普及は難しい。さらに、放送媒体との共同によるインフラの構築が進むと、加速度的に普及が進と考えられるが、現にこうした動きが出てきている。

#### 4. 8. 4 メガネなし3Dディスプレイ

2眼式は最も簡単なディスプレイであり、メガネ方式やメガネなし方式として多く提案されてきた。偏光や時間的シャッタによるメガネ方式の完成度は高く、イベント等にも良く使用されてきた。しかし、メガネの装着の煩わしさが3D普及の1つの障害であると考られ、メガネなし3Dディスプレイが期待されている。

##### レンチキュラー式大画面3D (③)

液晶プロジェクタの進歩は著しく、すでにハイビジョン用プロジェクタまで実用化されている(④)。最近では、高精細なPCデータを表示できる業務用フロントプロジェクタの需要が急増している。このような液晶プロジェクタ2台を右目用、左目用としてレンチキュラースクリーンに投射することにより、メガネなし3Dディスプレイが可能となる。図4.8.4-1は、液晶プロジェクタ方式の大画面3Dである。

この事例においては、レンチキュラーレンズスクリーンを2枚重ね合わせにしている。従来の1枚のレンチキュラー方式は、投影された液晶の画素を正しくスクリーンのレンズに位置合わせする必要があるが、実用上課題があった。2枚のレンチキュラーレンズの液晶プロジェクタ側レンチキュラーで、一旦フォーカスさせることで拡散板上に像面を

形成することで、位置合わせ精度を著しく緩和した。40型、70型リアープロジェクション3Dが開発され、イベント等特殊な分野ですでに実用に供している。

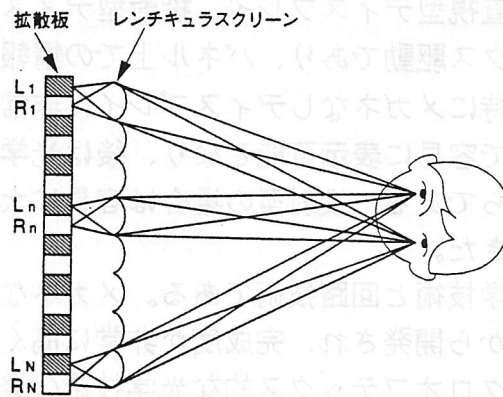


図4. 8. 4-1 レンチキュラー式メガネなし大画面3D

イメージスプリッタ方式直視型3D (⑤)

パララックスバリア方式のメガネなし3Dの原理は非常に古く1920年代に提案されている。この技術も直視型液晶パネルと組み合わせることにより、簡単な構造で安価な3Dが可能になる。液晶の2画素に1個の開口部を持つ、ストライプ構造のバリアを装着することにより可能となる。しかしながらバリアの開口部が50%以下ののため輝度が劣化するとか、観察者の位置が変わると黒いモアレ状の濃淡が気になる等の課題があった。最近、バリアの裏面に反射膜を設け輝度劣化を防止するとともに、ダブル構造にすることによりモアレ状濃淡を著しく軽減し、画質を改善しイメージスプリッタ方式として提案されている(下図)。

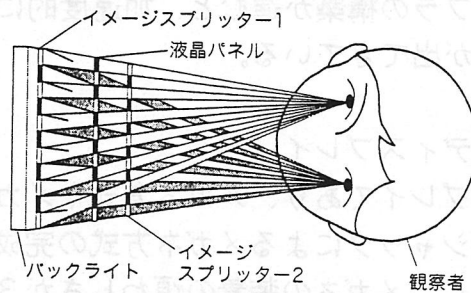


図4. 8. 4-2 反射型イメージスプリッタ式3D

本方式は、イメージスプリッタを特殊な液晶でストライプ構造を形成することにより、電子的に任意の場所を3D化、2D化することができる。これにより、完全な2D/3Dコンパチブルディスプレイが可能となる。

イメージスプリッタ方式のメガネなし3Dは、構造が簡単で安価という特長を生かして、アミューズメント用、手術支援等医療応用、立体顕微鏡用、等の幅広い応用展開が可能となるであろう。

4. 8. 5 メガネなし3Dディスプレイ

メガネ式は古くからいろいろの方式が開発されているが、ここでは代表的な時分割液

晶シャッタ 式を紹介するとともに、3Dソフト制作についての新しい試みにも言及する。

3D映像の最終目標は、いわゆる立体テレビであろう。現在家庭で使用中のテレビを立体テレビにできないか？ メガネ式ではあるが、液晶シャッタを利用する方法がある。この方式の場合、コンシューマ用として広く普及が期待できる。しかし、3Dの放送が実現していない現状では、3Dソフトをどうしてユーザに供給するかが問題である。大量の3Dソフト普及は、現状では多くは期待できない。

そこで、通常の2D映像を3Dに変換する2D/3D変換技術を開発しLSI化することにより、テレビ等の2Dの映像をリアルタイムで疑似的に3D化することが提案されている(MTD法 Modified Time Difference Method)。この変換器をテレビに搭載することで、“立体ビジョン”としてすでに商品化されている(⑥)。

図4.8.5-1に、変換の原理を示す。両眼視差を利用する3D映像は、左右の目に各々の視点で見た映像を入射させることにより、立体感を創り出している。MTD法では、映像の被写体及び背景の水平方向の動きに応じて、左目及び右目に提示する映像のタイミングをシフトすることで、2枚の異なる映像を作り出す。図4.8.5-2に、本変換をリアルタイムで実行するシステム構成を示す。点線内の機能は1チップLSI化している。写真4.8.5-1に商品化した32型2D/3D立体ビジョンを示す。上記MTD法は、特に左右方向に動きのある映像に対し非常に有効であるが、静止画を3D化できないという欠点があったが、最近新しいアルゴリズムの開発により奥行きを推定することにより静止画も3D化が可能になっている(CID法Computed Image Depth)。

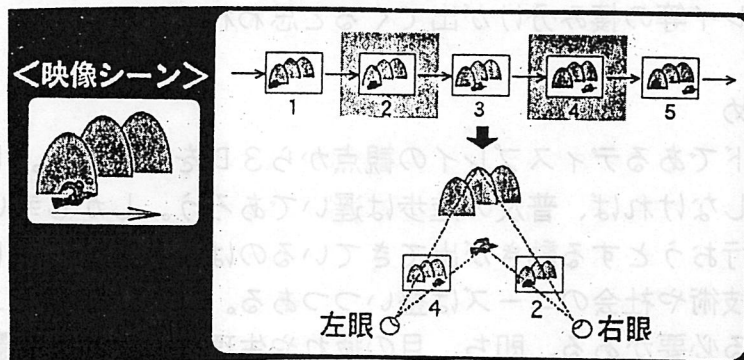


図4.8.5-1 MTD法の原理

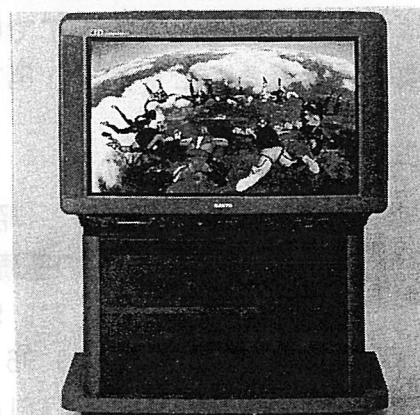
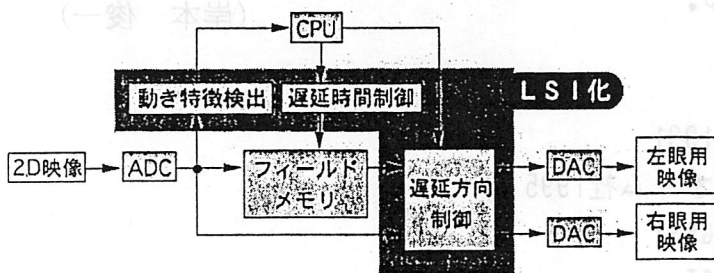


図4.8.5-2 システム構成

写真4.8.5-1 立体ビジョン C-32SD1

#### 4. 8. 6 3Dディスプレイの将来展望

現状の代表的な3Dディスプレイの課題を整理すると以下のようになる。

現状の各種3D	課題
メガネ方式（偏光メガネ、液晶シャッタメガネ）	特殊メガネの装着の煩わしさ 2眼情報のみ
メガネ方式（HMD）	解像度不足、2眼情報のみ
メガネなし方式（レンチキュライメージスプリッタ）	観察位置の制限 2眼情報のみ

上述の課題より次世代の3Dのディスプレイとして要望されるのは、

- (1) メガネなしで且つ観察位置の制限なし。
- (2) 多眼情報（4眼、8眼、12眼）。
- (3) 高精細化。
- (4) システムの小型化。

しかしながら上記要望を全て満足するディスプレイは、当分技術的には実現するのは困難である。従って用途に応じて(1)の条件のみを満足したディスプレイ、(4)の条件のみ満足したディスプレイ等の棲み分けが出てくると思われる。

#### 4. 8. 7 まとめ

ここでは、ハードであるディスプレイの観点から3Dを展望した。しかし3Dソフトや3D放送と連動しなければ、普及の進歩は遅いであろう。しかし幸いなことに、立体放送をテスト的に行おうとする動きが出てきているのは、非常に好ましいことである。3Dに必要な関連技術や社会のニーズは整いつつある。さらに必要なことは、3D映像が人々に認知される必要がある。即ち、目の疲れや生理的、心理的な影響の有無を明らかにしていく必要があり、これはとてもメーカーサイドでは不可能であり、産官学で取り組まねばならない課題である。すでに動きが始まっており、2000年には本格的な、3D映像時代が来ることを望む次第である。

(岸本 俊一)

#### 参考文献

- ① 高木他著”三次元映像” 昭晃堂1991
- ② 泉他著 ” 三次元映像の基礎” オーム社1995
- ③ D. Takemori et. al. 55 SID 95 DIGEST
- ④ H. Isono et. al. 135 SID 96 DIGEST.
- ⑤ G. Hamagishi et. al. 791 ASIA DISPLAY 95
- ⑥ H. Murata et. al. 895 SID 95 DIGEST

## 5. あとがき

以上、最近の情報ディスプレイデバイスの研究開発に関わる基礎技術および応用技術についてまとめた。昨今の技術の進歩は目をみはるものがあり、応用技術については斬新なものであっても一瞬のうちに陳腐化することが起こるかもしれない。しかし、基礎技術についてはこれから応用される可能性が高いものであり暫くは有役に作用するものと思われる。いずれにしても、先に報告されたディスプレイデバイス研究調査委員会の報告書（JIER-041, 平成7年2月）と同様、本報告書が広範な方々に有効に活用されることを望むものである。

このように、本分野における技術は日進月歩の感があり、引き続き研究調査を行い、まとめてゆくことが重要と思われる。

(梶原利郎)



## 研究調査委員会報告書の著作権について

本報告書の著作権は(社)照明学会に帰属します。

### 複写をされる方に

本誌に掲載された著作物は、政令が指定した図書館で行うコピーサービスや、教育機関で教授者が講義に利用する複写をする場合等、著作権法で認められた例外を除き、著作権者に無断で複写すると違法になります。

