



## カラーディスプレイデバイス

小島 健博

日本放送協会総合技術研究所 〒157 東京都世田谷区砧 1-10-11

(1984年4月25日受理)

### Color Display Devices

Takehiro KOJIMA

NHK Technical Research Laboratories, 1-10-11, Kinuta, Setagaya-ku, Tokyo 157

#### 1. ま え が き

蛍光表示パネル、EL、LED、液晶、プラズマディスプレイなどのフラットパネルは、単色でオン・オフの2値表示に広く実用されている。どの方式もその特長を十分発揮できる用途に、とくにCRTが使えない分野に新しい領域を築いているが、多色化やカラー化は一部の方式に限定して試みられ、実用例も少ない。しかし、最近では材料の開発、パネルの改良など、カラー化に関連したパネルディスプレイの開発が盛んで、とくにわが国で顕著である。CRTの性能向上は著しいが、その偏平化に関する試みもあり、これを含めたパネルディスプレイについて最近のカラー化に向けての開発の概況を紹介する。

#### 2. 蛍光表示パネル

蛍光面を低速電子線で手前側から励起し反射型で見る蛍光表示管は1967年に国内で開発され、パネル型に改良発展した。一般の絶縁性の蛍光体に低速電子を当てると負に帯電してしまうので、導電性蛍光体のZnO:Znが専用されてきた。その発光は青緑であるが、スペクトル分布が広いので、フィルターを組み合わせるとかなり色調を変えることができ、広く利用されている。

発光色の開拓は、蛍光体の低抵抗処理や新しい導電性蛍光体の開発とともに、粉末導電材料を蛍光体に混合する方法で最近多くの材料が実用化された。図1はその発光スペクトルの一例で可視域の広い範囲の発光色が得られる<sup>1)</sup>。しかし、どの蛍光体も効率はZnO:Znより低く、また、電圧や電流に対する輝度の飽和の傾向が強い。

したがって、異なる蛍光体を一緒に使うためには、陽極(蛍光面)電圧を変えたり、陽極-グリッド間隔を変えるなど特性のバランスをとる必要がある。図2は、2色の蛍光体を互いに市松模様に0.4mmピッチのドットに配列した伊勢電子のパネルの内部構造である<sup>2)</sup>。電子はグリッドを通過して陽極上の蛍光体を励起するが、隣接した蛍光体ドットを発光させ混色を生じないようにするため、陽極の2分割駆動やグリッドの構成など、パネルの構造は複雑になる。図3は、240×320素子のパネルを示したもので、ZnO:Znの青緑とZnCdS:Agの赤色による多色表示例である。陽極電圧は青緑部が100V、赤色部が150Vである。より構成の簡単なバーグラフ、ダイヤルインジケータ、ゲームなどでは、各セグメントが特定の色に発光すればよく数種の蛍光体を塗り分けた多色表示パネルが広く実用されている。

基本構成は変わらないが、陽極をメッシュ状にしたり透明電極に変え、蛍光面を透過形で見える前面発光形式のパネルが開発された。新日本電気が開発した多色表示パネル<sup>3)</sup>は、金属酸化物の厚膜印刷を利用した耐高温性のフィルターを面板に内蔵し、視差を生じない。蛍光体はZnO:Znを用い、1種類のみで済むので電圧を変えても各色の輝度比が変わらず、またZnO:Znを使っているため、他の蛍光体より低電圧駆動が可能である。

#### 3. EL (エレクトロルミネッセンス)

パネルディスプレイ開発の初期を担った分散型交流ELは、輝度と寿命の問題で研究が衰退したが、プラスチックシート状のフレキシブル型で1万時間の寿命のパネルが商品化され、発光色も数種を数えて液晶のバック

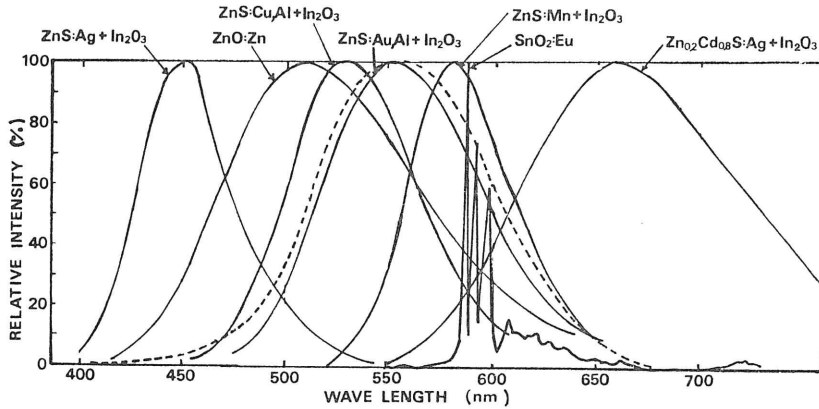


図 1 蛍光表示パネル用蛍光体の発光スペクトル<sup>1)</sup>

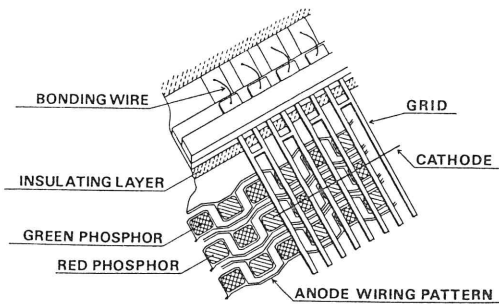


図 2 2色蛍光表示パネルの内部構造<sup>2)</sup>

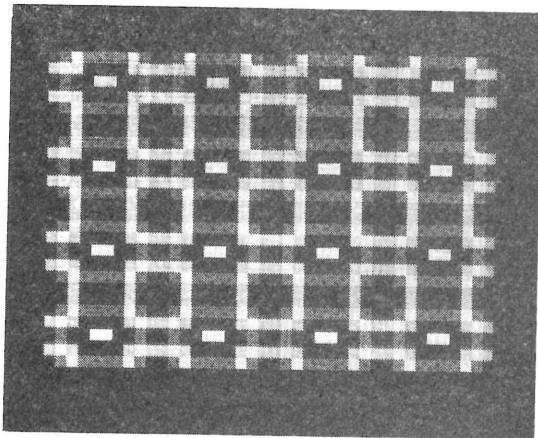


図 3 蛍光表示パネルによる多色グラフィックパターン<sup>2)</sup>

ライトや自動車用などに使われている<sup>4,5)</sup>。直流低電圧駆動の分散型 EL でも赤、緑、青の3色が開発され<sup>6)</sup>、また、高輝度、長寿命の自動車用パネルとパイロットプラントの報告もある。

1974年、絶縁層で挟んだ二重絶縁層構造の ZnS:Mn 薄膜 EL で、150 fL の高輝度、15,000 時間の長寿命の

特性<sup>7)</sup>と、マトリックス型パネルの試作とテレビ表示の実験<sup>8)</sup>がシャープから発表されて以来、再び研究が活発になった。同社では、二重絶縁層で高性能を生むが、高くなる駆動電圧に関して高耐圧駆動 IC を開発し、絶縁層も材料を改良した。最近では 0.375 mm ピッチ、240 × 320 素子の黄橙色発光パネルを生産している。また、Lohja 社 (フィンランド) は、ALE (atomic layer epitaxy) 技術で信頼性の高い黄橙色発光パネルを、空港のフライト情報ボードの大型文字表示に使用した<sup>9)</sup>。松下では、高い誘電率と絶縁破壊電界強度を得るために SrTiO<sub>3</sub> 層と Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-BaTa<sub>2</sub>O<sub>6</sub> 二重層とを絶縁層に採用し、0.2 mm ピッチ、256 × 1088 素子の ZnS:Mn 9 型

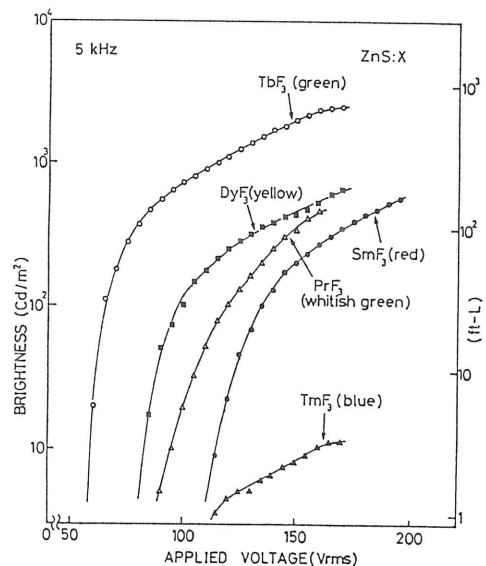


図 4 希土類フッ化物をドーパした ZnS EL 薄膜の電圧-輝度特性<sup>11)</sup>

EL パネルを試作した。この装置はピーク電圧 100V で駆動でき輝度 100 nit を持つことが報告されている<sup>10)</sup>。

薄膜 EL では、ZnS に希土類フッ化物をドーピングして B, G, R, 白などの発光色が得られている。図 4 は電圧-輝度特性である<sup>11)</sup>。なかでは、ZnS: TbF<sub>3</sub> が明るく、スパッター法で発光中心を均一に分布させ、輝度 1,000 fL, 効率 0.8 lm/W の緑色が得られた<sup>12)</sup>が、ZnS: Mn の特性には達していない。カラー化では原色として特性のよい青色がなかったが、最近、SrS: CeF<sub>3</sub> 蛍光体を用いて 45 fL の輝度が報告された<sup>13)</sup>。多色化では、ZnS: SmF<sub>3</sub> と ZnS: TbF<sub>3</sub> セルを積層して赤から緑の多色発光が得られた<sup>12)</sup>。レーザーを用いた CVD で、ZnS: TbF<sub>3</sub> 薄膜に金属 Mn を選択拡散した 2 色素子も発表された。駆動の低電圧化では、Mn ドーピングの ZnS や ZnSe で、絶縁層を 1 層にしたものや直流薄膜 EL も研究されているが、実用性はまだ高くない。

#### 4. L E D

LED パネルは、個別チップを用いたセグメント型で表示容量の少ない数字表示、レベル表示などの市場が大きい。発光色も赤から緑の数種を数えるが、すべて III-V 族化合物半導体である。

LED の大きな特徴は低い駆動電圧にあるが、半面、光束を得るには大きな電流が必要で、マトリックス型パネルでは表示容量が増すと行列結線の電流容量が問題となる。モノリシック型では、結晶サイズがパネルの大きさを限定し、素子を高密度に配列すると結線の抵抗が問題となるので開発例は多くない。最近では、1/3 mm ピッチで 60×60 素子のパネルを三洋電機が発表し、300 mW の消費電力で輝度 35 fL の緑色発光が得られた<sup>14)</sup>。

ハイブリッド型では、チップを並べて配線したパネルや、外囲器が要らないので駆動回路組込みのモジュールを継ぎ目なく並べた大画面パネルが作られている。単色表示の例では、三洋電機がチップ配列とその結線を自動化し、0.35 mm ピッチ、240×320×1/2(ジグザグ配列)素子の緑色 GaP LED パネルでテレビ表示を行なった<sup>15)</sup>。動画像表示では、素子間のわずかな色調のばらつきが目立つ。ピーク波長 555 nm の純緑色 LED では、より均一な色調が得られるが効率が劣る。多色では、1.27mm ピッチ、16×16 の各画素に赤と緑の GaP LED を並べ駆動 IC を組み込んだモジュールで、20 型のパネルが東芝で作られ大型パネル実現の可能性が示された<sup>16)</sup>。また、赤と緑を単一のマルチカラーチップとした 64×96 素子のパネルも発表されている。

青色については、ピーク波長 490 nm の MIS 構造の GaN: Zn LED が松下電子で商品化され<sup>17)</sup>、3 個のチップを組み込んだフルカラーランプが試作された。三洋電機でも、480 nm の p-n 接合 SiC LED を商品化した<sup>18)</sup>。ZnSe, ZnS によるさらに短波長の青色 LED の研究も活発である。

#### 5. 液 晶 パ ネ ル

TN 型液晶は、視角依存性が強く見にくい欠点があるが、低電圧、低消費電力の特徴は携帯型に適し、電卓、腕時計、電子ゲームに大量に使われたが、すでに需要が飽和した感がある。これに対してマトリックス表示では、実効電圧依存性でコントラストが下がるなど、駆動できるパネルの行数に制限があったが、改善が急速に進み、上下に 2 分割したマトリックスを 1/64 時分割駆動する 128 行パネルが生産され、さらに、100~128 に時分割する 200~250 行パネルも開発されつつある。一方、GH (ゲスト-ホスト) 型液晶では、ゲストの色素で表示色が選択でき、広い視角、セル間隔や温度の依存性が少ないなどの特徴を有するため実用化が進んでいる。

テレビ表示でも、小型パネルから開発が進んだ。マトリックスパネルの 2 重、4 重の多重分割駆動も行なわれたが、能動素子を組み込んで各画素を独立に制御する方式の開発が盛んである。MOS FET アレイを組み合わせた反射型単色表示パネルが各社から発表された<sup>19)</sup>。複屈折効果の利用などを除けば、液晶はカラー化の適性を本質的にもっているわけではない。そこで、液晶を白黒のシャッターとし、色はフィルターに任せようとの考えが導入された。このようなカラー化の方式や、表示容量の増大と寸法の拡大、低コスト化などに、透明ガラス基板上に TFT (薄膜トランジスタ) を集積する方式が盛んに研究されている<sup>19)</sup>。半導体薄膜には CdSe や Te も使

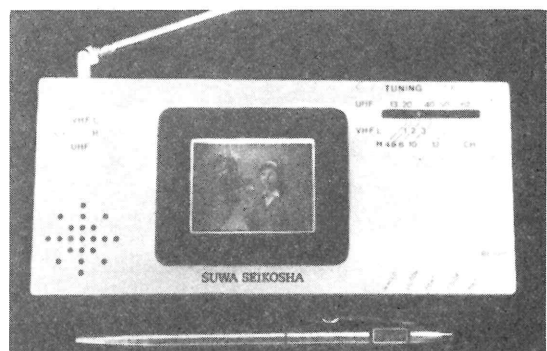


図 5 p-Si TFT を用いた携帯型液晶カラーテレビ受像機<sup>20)</sup>

われているが、液晶の駆動に十分なオン・オフ比がとれる a-Si が主流で、周辺回路に必要な移動度の大きい p-Si も使われている。

諏訪精工舎では、32.4×43.2 mm 画面、240×240 素子で p-Si TFT を用い、3 色モザイクフィルター内蔵のパネルを試作し、30, 40 ms の立上り、立下りで 40 : 1 のコントラストでカラーテレビ表示に初めて成功した (図 5)<sup>20)</sup>。a-Si を用いたものでは、220×240 素子で 45 × 60 mm 画面のカラー表示パネルが三洋電機、三立電機両社から発表された<sup>21)</sup>。フィルターは、PVA 膜の染色であるが、染料を加えたポリエステル-メラミン樹脂の電着(セイコー電子)<sup>22)</sup>や、有機顔料の蒸着(キャノン)<sup>23)</sup>でも製作されている。これらのカラーパネルは、光源を組み合わせた透過型で、その消費電力はパネルを上回る。こうなると、携帯型パネルとしての効率は、光源を一体とした発光型デバイスとして考えることが重要である。

他方、大画面カラー表示にも、液晶を使ったモジュール構成で 2 種のパネルが発表された。いずれもカラーフィルターを用いている。演色性と効率の改善に開発された狭帯域発光スペクトルの 3 波長型蛍光ランプを光源に使用して、良好な色度の原色を得ている。三菱電機では、3 色の素子で構成した 7.2 mm ピッチの画素を 8×64 画素並べて約 60×460 mm のモジュールとし、2 枚の偏光板、フィルターをつけた TN 型液晶パネルと駆動回路、それに拡散型の照明装置とでこれを構成した<sup>24)</sup>。モジュールの継ぎ目が若干あるが、8×8 画素配列の構造をモジュールのなかにも形成して継ぎ目の構造を分散させている。図 6 は表示例で、30 ms 以下の応答速度、73 fL の輝度を得られた。松下電子製は、約 5 mm 角の素子をデルタ配列したモジュールで、フィルターを塗布した光拡散板、GH 型液晶パネル、反射防止膜を重ね、駆動 IC



図 6 TN 型液晶大画面カラーディスプレイ<sup>24)</sup>



図 7 GH 型液晶大画面カラーディスプレイ<sup>25)</sup>

とともに構成し、これに蛍光ランプを組み合わせる<sup>25)</sup>。モジュール内の素子配列は一樣であるが、図 7 のように継ぎ目構造が顕著である。視角の特性やコントラストは優れている。両方式とも、フィルターと光源の詳細は不明である。

大画面、高解像度の表示には、レーザー光の熱書込みでスメクチック液晶の光散乱状態を制御するライトバルブ方式があり、2 個の液晶ライトバルブを用いた多色表示が行なわれている<sup>26)</sup>。ECD (electrochromic display) は、有機色素の使用を含めて多色化の実験が行なわれ、とくにわが国の研究が活発であるが実用には今一歩である。

## 6. プラズマディスプレイ

プラズマディスプレイには、電極が放電空間のガスと接触して持続放電の可能な直流型と、電極が絶縁層で被覆されており、瞬間に放電が停止するので極性を変えて駆動する交流型とがある。いずれも、セグメント型や容量の小さいマトリックス型は蛍光表示管や液晶に移行してしまい、開発当初から特徴であった大容量高密度表示パネルの実用化に重点が置かれている。

実用パネルのほとんどは橙色発光で、Ne 主体の混合ガスの放電可視光を利用している。カラー化は蛍光ランプと同じ原理であるが、放電ギャップが微小のため Hg の紫外線放射は有効でなく、Xe (147 nm) を主とした混合希ガス放電による真空紫外光を使用する。これに適合した蛍光体には、カラー CRT の色再現域を凌ぐほどの原色 (図 8) や、その他の材料が国内を中心に開発され、

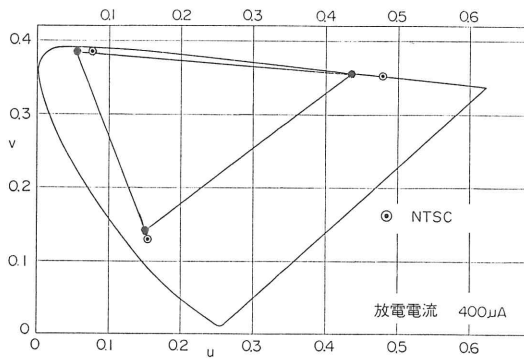


図8 カラープラズマディスプレイの色再現域<sup>27)</sup>

量子効率も 0.8~0.9 に達している<sup>27)</sup>。したがって、紫外線発生がパネルの効率を支配する最重要因子である。希ガスにフロンを混合すると、高い紫外線強度が得られ、波長が選択できるなどの特徴が得られるが、ガス組成が変化するのでパネルには採用できない。

カラー画像表示の開発はすべて国内で、また最近まではほとんど直流型で行なわれた。よく知られている Burroughs 社の Self-Scan® 型表示パネルの素子は、表示のためのセルのほかに補助セルを設け、補助放電による種づけ効果で表示セル放電の立上りを早め、ばらつきを少なくしている<sup>28)</sup>。表示容量の大きいパネルで動画を十分な階調で表示するには、短い書き込み時間で高速に駆動する必要があり多くの方式でこの効果を利用している。

最初のカラー表示は、1973, 74年に日立、ソニー、NHKがそれぞれ8型パネルでテレビ表示を行なった<sup>29)</sup>。NHKは、放電の陽光柱を利用した 95×384素子の10型パネル<sup>30)</sup>、厚膜技術を採り入れた 240×320素子の16型パネル<sup>31)</sup>を製作して、良好なカラー画像を表示した。図9は



図9 16型カラープラズマディスプレイによるテレビ画像<sup>31)</sup>

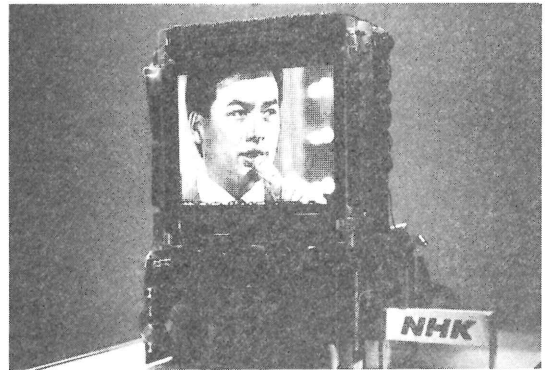


図10 パルスメモリ駆動方式によるカラープラズマディスプレイ<sup>32)</sup>

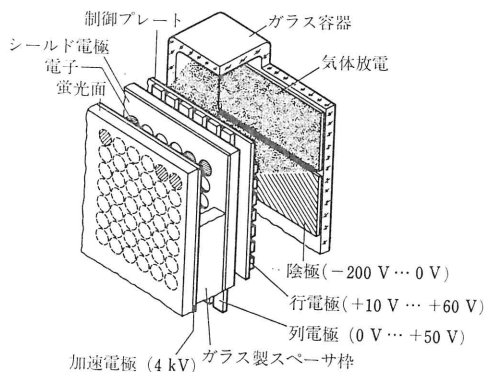
後者の表示画像である。しかし、紫外線放射の効率改善、メモリ機能の導入による輝度の向上、駆動の高速化などの必要からその後、放電ガス、セル構造、陰極動作、放電路の切換え、正の電流-電圧特性によるメモリ機能、パルス駆動によるメモリ機能や深いセル穴の蛍光体塗布など多くの特性改善が内外で図られた。

NHKでは Burroughs 型構造を改良した8型パネルに、新しい書き込み法によるパルスメモリ駆動法を適用し、4 $\mu$ sの書き込み時間で輝度 40 fL、コントラスト 75~100:1のテレビ画像を表示し、256階調と 0.34 lm/Wの効率を得ている。これは、1,000行のパネルを2分割駆動して256階調を得るとまったく等価であり、その受像例を図10に示す。さらに 2 $\mu$ sの書き込みで2,000行のパネル、すなわち走査線が1,000本の高品位テレビに対応できる性能が示された<sup>32)</sup>。また日立では、放電の鋭い立上りで得られる強い紫外放射を利用して、高効率緑色パネルの階調表示を行なった<sup>33)</sup>。

交流型では、前後の面板に X, Y 電極をそれぞれ設けた対向電極型で高精細大型化が進んでいる。Photonics



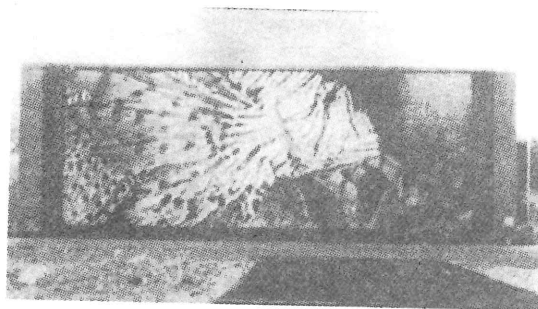
図11 面放電型交流プラズマディスプレイによるカラーテレビ画像<sup>35)</sup>

図 12 プラズマ電子励起型パネルの基本構造<sup>36)</sup>

では 0.42, 0.34, 0.31 mm ピッチで 1024×1024 素子や、0.5 mm ピッチで 1212×1596 素子の、また IBM では 0.36 mm ピッチで 768×960 素子の橙色発光パネルが生産されている。

対向電極型では、蛍光体のイオン衝撃や、素子間の紫外線クロストークが大きく、交流型ではカラー化は難しいと考えられてきた。富士通研究所では、蛍光面と薄膜電極を前後の面板に分離構成した面放電型パネルを開発し、各素子の発光の分離と効率はかなり良いことを確かめた<sup>34)</sup>。さらに NHK では、ブラックマトリックスカラー蛍光面を印刷した 0.5 mm ピッチ、100×100 素子のパネルで、図 11 に示す交流型では初めてのカラーテレビ表示を行なった<sup>35)</sup>。日本電気では、Ne 発光と蛍光体発光とによる 2 色表示を行なった。

放電利用の表示では、可視光や紫外線のほかにプラズマ中の電子が使用できる。高速電子として利用すれば CRT と同じ原理になる。Paschen の法則では、等圧のパネルのなかで、大きい空間の放電で発生した電子を、放電路を十分とれない狭い空間で、放電破壊を起こさずに高電圧に加速することができる。この方式のパネルがようやく最近になって Siemens より発表された<sup>36)</sup>。図 12 に示す構造で、行電極を放電の陽極として垂直に走査する。列電極を制御して制御板を通過した電子は蛍光面との狭い間隙で加速され蛍光面を励起する。縦 0.6 mm、横 0.32 mm ピッチ、288×720 素子の画面でカラーテレビ表示を行ない、4 kV の高圧で 30 fL の輝度を得られた。外囲器の耐気圧強度でサイズが制限される。Lucitron ではピッチを 1.8 mm 程度に大きくとり、内部にスペーサーを入れた構造で大型パネルを開発中である。88×112 素子の白黒パネルでは、4 kV で 100 fL の明るい画像表示を行なった<sup>37)</sup>。

図 13 CRT 方式のオーロラビジョン画像<sup>40)</sup>

## 7. 巨大画面ディスプレイ

電球、CRT、または蛍光ランプを小型で単色の発光素子として巨大に配列するディスプレイが相ついで発表された<sup>38)</sup>。電球方式は構造が簡易で高い輝度を得られるので、単色のディスプレイでは実績がある。松下通信のアストロビジョンの画面構成は、内面反射鏡型のカラー塗膜つき白熱電球 (18, 28, 36 mm 径の 3 種) をデルタ配列させている<sup>39)</sup>。3 原色の高い発光強度を得るために、青色にはやや長波長の 490 nm ピークの波長域を採用している。三菱電機のオーロラビジョン (図 13) の光源管はフラッドビーム CRT の構成である<sup>40)</sup>。3 色の蛍光体には着色ガラスバルブを組み合わせしており、外径 20, 28.6, 35 mm の 3 管種がある。5~8 lm/W の効率、8,000 時間以上の寿命をもち、通常の CRT と同等の 3 原色が得られる。また、東芝の開発したトスカラビジョンは、U 字形蛍光ランプを 34 mm 径のハウジングに収め、前面に着色塗装レンズをつけた発光管を用いている<sup>41)</sup>。5,000 時間の寿命 (70% に輝度低下) と、テレビ表示に十分な色度をもち、高周波点灯を採用しておりパルス幅で輝度変調を行なっている。ソニーでは科学万博に 25×40 m 画面のジャンボディスプレイを出展の予定である。発光管は蛍光表示パネルに近い構造で、蛍光体を高速電子励起する方式だが詳細は不明である。

## 8. 偏平 CRT

CRT の偏平化は古くから試みられたが、実用化は最近で、2 型の白黒管である。大型では高速大電流電子ビームの直接制御を避け、機能を分散させる形で開発が進んでいる。RCA のカラー化の研究もその一つで、図 14 が内部構造である。画面を幅 1 インチの縦長モジュール構成に内部を分割し、個々に 3 電子銃を設けている。パネル背面下部からの電子はビームガイドで上方に向かい、走査位置で前面方向に引き出されモジュールの幅に

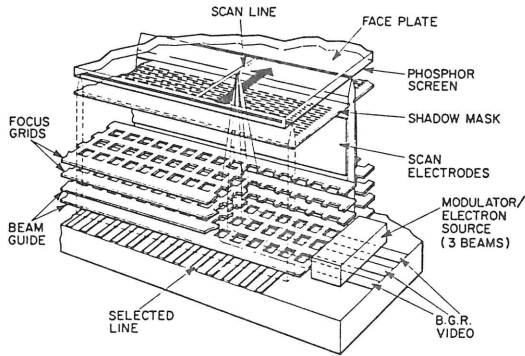


図14 ビームガイド型扁平 CRT の内部構造<sup>42)</sup>

水平偏向される。以降の動作はインライン型シャドウマスク管と同じである。この方式では、5個のモジュールを並べた5×10インチ画面でテレビ表示実験が最近行われた<sup>42)</sup>。

## 9. む す び

上述の各種のパネルディスプレイに比べると、CRTは性能、経済性など総合的には最も優れ、ディスプレイの中心的存在である。CRTの技術は、民生用テレビ受像機と歩調を合わせて発展してきて、今なお広範囲に改良が進んでいるが、最近では産業分野への応用が拡がり用途が多様化している。

これに対して、パネルディスプレイのカラー化は、まだどの方式でもほとんど実用には達していない。しかし、多くの方式で多色表示が行なわれ、カラーテレビ表示の実験も、プラズマディスプレイ、扁平CRT、プラズマ陰極型ディスプレイで多くの開発が進み、さらに3波長型蛍光灯と組み合わせた大型と小型の透過型液晶ディスプレイがまもなく市場に現われようとしている。

現状のパネルディスプレイは、すでに電子ディスプレイ市場の2割を占め、大容量高精細表示を競っており、たとえばA4サイズ相当のページディスプレイの実現が予測されるまで進んでおり、これを土台として次のステップでは多色化、カラー化が急速に展開し、広い発展が見渡せると思われる。一方、これまでのカラー化の動きを見ると、発光型では励起過程が異なるものの蛍光体を利用しており、また受光型では色フィルターに蛍光体を使った光源ランプを組み合わせている。粉末の蛍光体や色フィルターが、豊富な種類と優れた特性を持っている点はとくに有利で、カラー化の開発ではこれらを有効に利用する方式がしばらくの間先行することが予測できよう。

## 文 献

- 1) 下条徳英, 菊田繁樹: 蛍光表示管における蛍光体の諸特性. 応用電子物性分科会, No. 401 (1983) 26.
- 2) 内山政男, 中村敏夫, 中島耕作, 上村佐四郎, 増田 満, 下条徳英, 清住謙太郎: 二色グラフィック蛍光表示管. テレビ技報, 7, 29 (1983) 7.
- 3) 高橋 洋: 最近のFIP-カラーフィルターによる多色カラーFIP. NEC 技報, 36, 12 (1983) 91.
- 4) 大久保成章, 佐藤義信, 田中秀喜: NEC 高輝度有機EL(NEL)とその応用. NEC 技報, 34, 8 (1981) 71.
- 5) 塚田義幸, 高田幹雄: EL. 電子技術, 24, 10 (1982) 42.
- 6) A. Vecht: DCEL dot matrix displays in a range of colors. SID 80 Dig., 11 (1980) 110.
- 7) T. Inoguchi, M. Takeda, Y. Kakihara, Y. Nakata and H. Yoshida: Stable high-brightness thin-film electroluminescent panels. SID 74 Dig., 5 (1974) 84.
- 8) S. Mito, C. Suzuki, Y. Kanatani and M. Ise: TV imaging system using electroluminescent panels. SID 74 Dig., 5 (1974) 86.
- 9) J. Duncker: A large information board using TFEL devices. SID 83 Dig., 14 (1983) 42.
- 10) 阿部 惇, 新田恒治, 松岡富造, 藤田洋介, 任田隆夫, 西川雅博, 桑田 純: 大型高精細度薄膜ELパネル. テレビ技報, 7, 4 (1983) 17.
- 11) Y. Ohishi, T. Kato and Y. Hamakawa: Tunable color EL device. Proc. Jpn. Display '83, P 3.4 (1983) 570.
- 12) 三浦照信, 岡元謙次, 佐藤精威, 安藤俊士, 大西秀臣, 浜川圭弘: 高輝度・高効率緑色EL素子. テレビ誌, 38, 4 (1984) 304.
- 13) W. A. Barrow, R. E. Coovert and C. N. King: Strontium sulphide: The host for a new high-efficiency thin-film EL blue phosphor. SID 84 Dig., 15, 15.4 (1984) 249.
- 14) K. Yodoshi, T. Yamaguchi and T. Niina: A high brightness GaP green monolithic dot matrix LED display. Proc. Jpn. Display '83, 7.5 (1983) 250.
- 15) 新名達彦: LED(発光ダイオード). 電子技術, 24, 10 (1982) 38.
- 16) 定政哲雄, 市川 修, 別府達郎: LED 大型多色表示パネル. テレビ技報, 7, 34 (1983) 23.
- 17) 小林敬幸, 豊田幸雄, 大木芳正, 松田信英, 赤崎 勇: GaN 青色LED. Natl. Tech. Rep., 28, 1 (1982) 83.
- 18) 新名達彦, 中田俊武, 山口隆夫: SiC 青色LED. 応用電子物性分科会資料, No. 392 (1982) 7.
- 19) 堀 浩雄, 笠原幸一: 集積技術の応用, 表示デバイスへの応用. テレビ誌, 37, 1 (1983) 32.
- 20) S. Morozumi, K. Oguchi, S. Yazawa, T. Kodaira, H. Ohshima and T. Mano: B/W and color LC video displays addressed by poly Si TFTs. SID 83 Dig., 14 (1983) 156.
- 21) 山野 大, 池田宏之助, 武貞 肇, 山崎光洋, 置田雄二, 杉淵繁義, 佐々木佑二: アモルファスシリコンTFTアクティブマトリックスを用いたフルカラー液晶テレビ. テレビ誌, 38, 4 (1984) 366.
- 22) M. Sugino, H. Kamamori, Y. Terada, N. Kato and K. Iwasa: Multicolor graphic LCD with tri-colored layers formed by electrodeposition. Proc. Jpn. Display '83, 5.2 (1983) 206.
- 23) M. Sugata, Y. Okubo, Y. Osada, Y. Kasugayama and T. Nakagiri: A TFT-addressed liquid crystal color display. Proc. Jpn. Display '83, 5.3 (1983) 210.

- 24) 明道 成, 柳下紀久次, 太田 誠, 倉橋浩一郎: 液晶ディスプレイモジュールを用いた大画面カラーディスプレイ. *テレビ技報*, **7**, 29 (1983) 13.
- 25) 若畑康男, 高田朝男, 大橋 徹, 伊藤昌宏: 液晶式大型カラー映像表示装置. *テレビ技報*, **7**, 43 (1983) 13.
- 26) 西田信夫: 液晶を用いた投写型高解像度大画面表示装置. *映像情報 (I)*, **15**, 20 (1983) 33.
- 27) J. Koike, T. Kojima, R. Toyonaga, A. Kagami, T. Hase and S. Inaho: Phosphors for gas-discharge color display panels. *SID 80 Dig.*, **11**, 14, 3 (1980) 150.
- 28) R. Cola, J. Gaur, G. Holz, J. Ogle, J. Siegel and A. Somlyody: Gas discharge panels with internal line sequencing (SELF-SCAN displays). *Advances in Image Pickup and Displays*, **3**, ed. B. Kazan (Academic Press, New York, 1977) p. 83.
- 29) 沢井 仁: 壁掛けテレビへ肉薄する各社開発の現状. *日経エレクトロニクス*, No. 86 (1974) 50.
- 30) 横沢美紀, 金子隆一, 松崎秀臣, 鈴木茂光, 亀ヶ谷武夫: 10インチ平面陽光柱形ガス放電パネルによるカラーテレビ表示. *テレビジョン学会画像表示研究会資料*, ED 78-32 (1978) 107.
- 31) 小島健博, 豊永隆弥, 坂井徹男, 田島利文, 瀬賀精二, 栗山孝夫, 小池純郎, 村上 宏: 16型ガス放電カラー表示パネル. *テレビ技報*, **2**, 16 (1978) 45.
- 32) 村上 宏, 豊永隆弥, 金子隆一, 瀬賀精二: 8型パルスメモリー放電パネルの特性. *テレビ技報*, **7**, 29 (1983) 49.
- 33) S. Mikoshiba, S. Shinada and S. Shirai: High efficacy Townsend discharge memory panel for color TV display. *Proc. Jpn. Display '83*, **14**, 3 (1983) 510.
- 34) 吉川和生, 篠田 伝: カラー表示面放電形 AC-PDP. *テレビ技報*, **4**, 27 (1980) 69.
- 35) 横沢美紀, 瀬賀精二, 松崎秀臣: プラズマディスプレイによるカラーテレビ表示. *テレビ誌*, **38**, 4 (1984) 335.
- 36) A. Schauer: Flat color TV panel using a plasma cathode. *Proc. Jpn. Display '83*, **7**, 1 (1983) 234.
- 37) M. DeJule, A. Sobel and J. Markin: A gas-electron-phosphor (GEP) flat-panel display. *SID 83 Dig.*, **14**, 13, 3 (1983) 134.
- 38) 倉橋浩一郎: 発光素子配列形ディスプレイ. *テレビ誌*, **38**, 1 (1984) 21.
- 39) 高田朝男, 大橋 徹: 大型映像表示装置 (アストロビジョン). *テレビ技報*, **7**, 3 (1983) 31.
- 40) 倉橋浩一郎, 柳下紀久次, 小林弘男, 大久保永造, 富松則行: 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. *テレビ技報*, **3**, 42 (1980) 31.
- 41) T. Kaneko, F. Kamiya, Y. Nakase, H. Kobayashi and O. Nomura: Giant scale new-color display system using CHD (colored high-brightness discharge) tubes (TOSCOLOR VISION). *Proc. Jpn. Display '83*, **11**, 3 (1983) 428.
- 42) T. Credelle, L. Cosentino, F. Vaccaro, J. Fischer and L. Johnston: カラーガイデッドビーム平面パネルディスプレイ. 福島正和訳, *テレビ誌*, **38**, 4 (1984) 295.