

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

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  
社団法人 照明学会



この報告書は、社団法人照明学会のディスプレイデバイス研究調査委員会が、最近のディスプレイデバイスの技術動向と将来性について平成4年7月から平成7年2月まで、約3年間研究調査した内容をまとめたものである。なお、この報告書は研究調査した内容を青少年・社会人の方々に広く知っていただくため、文部省科学研究費補助金を戴き研究成果公開促進事業の一環として平成7年2月2日開催の学術シンポジウム「新しいディスプレイデバイス」の公開資料として配布された。

平成7年2月

社団法人 照明学会  
ディスプレイデバイス研究調査委員会  
委員長 村上 宏

# 目 次

	頁
1. まえがき	1-3
1-1. 委員会構成	1-3
1-2. 委員会ほか開催経過	1-4
2. 概 論	2-1 ~ 2- 5
3. 蛍光体	3-1 ~ 3- 5
4. アクティブマトリクスLCD	4-1 ~ 4-10
5. 単純マトリクスLCD	5-1 ~ 5-10
6. LCD用バックライト	6-1 ~ 6-10
7. CRTディスプレイ	7-1 ~ 7-10
8. プラズマディスプレイ	8-1 ~ 8- 5
9. ELディスプレイ	9-1 ~ 9- 7
10. VFD、FED	10-1 ~ 10-10
11. LED	11-1 ~ 11- 7
12. 大画面ディスプレイ	12-1 ~ 12-10
13. あとがき	13-1

# 1. まえがき

先に、昭和60年度より3年間設置されたディスプレイ用材料・デバイス研究調査委員会および昭和63年度より期間の延長を含み4年間設置された発光ディスプレイデバイス研究調査委員会では、実用に供したものと開発中の材料・デバイスに関わる全般的な研究動向調査を行い、調査期間終了時に各々報告書（JIER-013, JIER-23）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重要性が高まると考えられる継続の発光型および今後本学会との関連が益々密接になることが予想された非発光型である液晶を新規に加えた「ディスプレイデバイス」全般についてその動向を把握し、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4年度に3年の調査期間で新たにディスプレイデバイス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・デバイス研究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、先の2つの研究調査報告書の続編に相当し、新たに液晶を加えたものなので、作成に当たってはここ2～3年のディスプレイデバイス全般の進展状況を中心として、動向を調査してまとめた。内容は、調査関連分野全体のデバイスの動向についての概論と、ディスプレイ方式、構成要素、材料の10分野に渉る最近の動向を詳述した各論とによって構成し、各章はそれぞれ単独で該当分野の開発進捗状況を把握出来るように配慮した。

(梶原 利郎)

## 1-1. 委員会構成

委員長	村上 宏	NHK放送技術研究所	全期
幹事	梶原 利郎	三菱電機(株)材料デバイス研究所	全期
	段野 雄治	東芝ライテック(株)産業機器事業部	平成4年7月～平成6年3月
	畑江 信良	東芝ライテック(株)産業機器部	平成6年4月～平成7年3月
委員	伊吹 順章	摂南大学工学部電気工学科	全期
	大沢 通孝	(株)日立製作所映像メディア研究所	全期
	岡田 茂	東芝ライテック(株)研究所	全期
	神崎 修一	シャープ(株)液晶研究所	平成5年6月～平成7年3月
	小泉 直彦	双葉電子工業(株)開発研究所	全期
	小島 健博	大日本印刷(株)中央研究所	全期
	斎藤 進	工学院大学電子工学科	全期
	重田 照明	松下電器産業(株)照明研究所	全期
	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
	新名 達彦	三洋電機(株)ULSI研究所	全期
	長谷 堯	化成オプトニクス(株)技術開発室	全期
	増田 千尋	芝浦工業大学電子情報システム学科	全期
	松廣 憲治	広島オプト(株)開発室	平成5年6月～平成7年3月
	御子柴茂生	電気通信大学電子工学科	全期
	山崎 繁	岩崎電気(株)開発部研究グループ	全期

【50音順、所属：報告書提出時または退任時】

## 1-2. 委員会ほか開催経過

- 第 1 回 平成 4 年 9 月 2 5 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  
 「光散乱性液晶複合体を用いた空間光変調素子ー光書き込み投写型ディスプレイへの応用ー」  
 滝沢 國治 NHK放送技研
- 第 2 回 平成 4 年 1 2 月 1 5 日  
 Japan Display '92報告およびIVCM '92概要報告  
 「Japan Display '92 概要」 小島 健博 委員  
 「投写型ディスプレイ」 大沢 通孝 委員  
 「21型カラーPDP」 吉川 和生 富士通  
 「IVCM '92 の概要報告」 小泉 直彦 委員
- 第 3 回 平成 5 年 3 月 5 日  
 「無機EL材料、ディスプレイの現状と課題」 伊吹 順章 委員  
 「有機EL材料の現状と課題」 楠本 正 出光興産
- 第 4 回 平成 5 年 6 月 2 1 日  
 SID '93 国際シンポジウム報告 (LCD技術を中心に)  
 「概要とトピックス」 御子柴茂生 委員  
 「アクティブマトリクスLCD」 金子 節夫 日本電気  
 「STN液晶の表示特性改善について」 真野 宏之 日立製作所  
 「投写型ディスプレイ」 鹿間 信介 三菱電機
- 第 5 回 平成 5 年 9 月 2 8 日  
 「IVCM '93 -第6回真空マイクロエレクトロニクス国際会議報告ー」  
 山崎 映一 日立製作所  
 「フラットCRT」 野々村欽造 松下電器  
 「VFDの技術動向」 溝畑 忠 双葉電子工業
- 第 6 回 平成 5 年 1 2 月 8 日  
 「"1st Asian Symposium on International Display "の概要と台湾のディスプレイ事情」  
 大沢 通孝 委員  
 「"13th IDRC "よりEL Session 報告」 土屋 譲 NHK放送技研  
 「LEDの高輝度化の技術動向」 佐藤 英雄 東芝
- 第 7 回 平成 6 年 3 月 2 日  
 「"1994 Display Manufacturing Technology Conference "の概要」 大内 敏幸 日本T I  
 「高輝度青色発光ダイオード -窒化ガリウムLEDの開発ー」 中村 修二 日亜化学工業  
 「液晶バックライト用HID光源の最近の技術動向」 吉池 久夫 岩崎電気
- 第 8 回 平成 6 年 7 月 5 日  
 「液晶バックライトの最近の動向」 重田 照明 委員  
 「カラーTV用蛍光体の最近の動向」 長谷 堯 委員
- 第 9 回 平成 6 年 1 1 月 2 日  
 「14th IDRC の概要報告」 御子柴茂生 委員
- 第 1 0 回 平成 7 年 2 月 2 日  
 シンポジウム「新しいディスプレイデバイス」 運営担当  
 委員会総括

## 2. 概論

### 2-1. はじめに

情報化社会の発展にともない、その端末の一翼を担う電子ディスプレイの進展には目を見はるものがある。電子ディスプレイと一言でいっても、小は豆ランプ、発光ダイオードから、大は投写型ディスプレイや巨大な公衆表示用ディスプレイまで、その範囲は広い。それぞれのディスプレイにおいて、デバイスの研究開発、装置の高性能化や高機能化が著しい。また、立体ディスプレイやバーチャルリアリティなどの新しい応用展開も芽生えつつある。

ここでは、最近の電子ディスプレイの研究開発動向と主要な話題について、ディスプレイデバイスの観点から概説する。各ディスプレイデバイスの詳細については、3章以降の各論で述べる。なお、概論、各論の概要は、照明学会誌1994年12月号「ディスプレイ」特集に掲載された<sup>1)</sup>。

### 2-2. 電子ディスプレイの研究開発動向

主な電子ディスプレイの分類を図2-1に示す。これらの電子ディスプレイの代表的な研究発表の場として、毎年5月または6月に開催されるSID (Society for Information Display) 国際シンポジウムと、10月頃にアメリカ、ヨーロッパ、アジアで持ち回りで開催されるIDRC(International Display Research Conference)がある。

SID国際シンポジウムにおけるここ10年の発表件数の推移を図2-2に示す。また、1994年6月開催のシンポジウムにおけるテーマ別の発表件数を表2-1に示す<sup>2)</sup>。ここ5年で発表件数が急激に増加し6~7年前までに比べて約2倍以上になっている。ディスプレイが情報化社会の発展に不可欠な技術で、その進展が強く求められた結果と考えられる。特にLCD(液晶ディスプレイ)は、このような情報化社会の発展とディスプレイ技術の発展がよく一致した例といえる。LCD技術の開発は一段落したといわれているが、表2-1からわかるように、まだまだ発表件数は多く、技術の進展がさらに新しい技術、応用を生み出していると考えられる。

また、完成された技術と見られているCRT(受像管)についても、表2-1に示すように依然として多くの研究発表が行われている。ワークステーションなどのディスプレイ管として、またハイビジョン用CRTとして高品質で高密度の情報表示が求められていることに起因するが、それと同時にCRT研究者の特性改善への飽くなき情熱が感じられる。

最近ではディスプレイデバイスに関連する技術以外に、その新しい応用や人間系とディスプレイとの関係、いわゆるヒューマンインタフェースなどの研究が活発になってきた。前者では種々のデバイスを使った立体テレビや、超小型LCDをヘッドマウントディスプレイとして使用したバーチャルリ

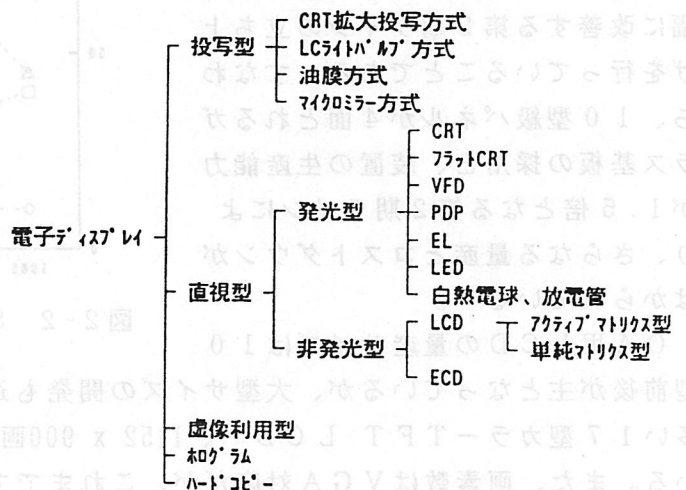


図2-1 主な電子ディスプレイの分類

アリティシステムなどがある。

一方、電子ディスプレイに関する最近の研究開発及び量産の状況を国別にみた時、やはり台湾、韓国など、東南アジア各国のポテンシャルアップを無視する訳にはいかない。前述のSID、IDRCにおける発表件数にはそれほどの伸びが見られないが、学会への参加者の数は大幅に増加している。また、1990年から始まった日韓情報ディスプレイ合同研究会、およびこの研究会が発展した日韓台情報ディスプレイ国際会議（ASID）への両国の寄与は著しく、参加者も多い。製品化の面でもCRTはもちろんのこと、LCDの市場参加が活発になっている。

表2-1 SID'94における発表分野<sup>2)</sup>

LCD	56件
CRT	26
EL	11
PDP	8
FED, VFD	6
Large-Area Display	11
Manufacturing	17
Measurement	9
Human Factor etc.	32
System	22
Application	19
Image Processing	8
Hard Copy	7
合計	232件

### 2-3. 最近の話題

#### (1) LCD<sup>3)</sup>

OA端末用、小型テレビ受信機用の直視型ディスプレイとして、LCDの本格的な量産が進み、これと並行して低価格化と低消費電力化、軽量化などの性能向上が、材料、デバイス、駆動、製造技術など全ての面で行われ、めざましい進歩が見られる。10型（対角長10インチ）前後のLCDは、ディスプレイの市場を独占するかの勢いにある。

量産・低価格化の面では、各社が1990～1991年頃に完成した第1期パネル製造ラインの能力を大幅に改善する第2期ラインの立ち上げを行っていることである。すなわち、10型級パネルが4面とれるガラス基板の採用と、装置の生産能力が1.5倍となる第2期ラインにより、さらなる量産とコストダウンがはかられている<sup>4)</sup>。

OA用LCDの量産サイズは10型前後が主となっているが、大型サイズの開発も進められた。1280 x 1024画素と画素数の多い17型カラーTFT LCD<sup>5)</sup>、1152 x 900画素の15型カラーLCD<sup>6)</sup>が開発されている。また、画素数はVGA対応だが、これまでで最大サイズの21型カラーTFT LCDも開発された。単純マトリクス型では、強誘電性液晶を用いた15型LCD（画素数：1280 x 1024）が開発されている<sup>7)</sup>。また、液晶のアドレスにTFT、薄膜ダイオードではなく、プラズマディスプレイを使った新しいLCD（PALCD）が提案され、16型のカラーLCDが開発された<sup>8)</sup>。

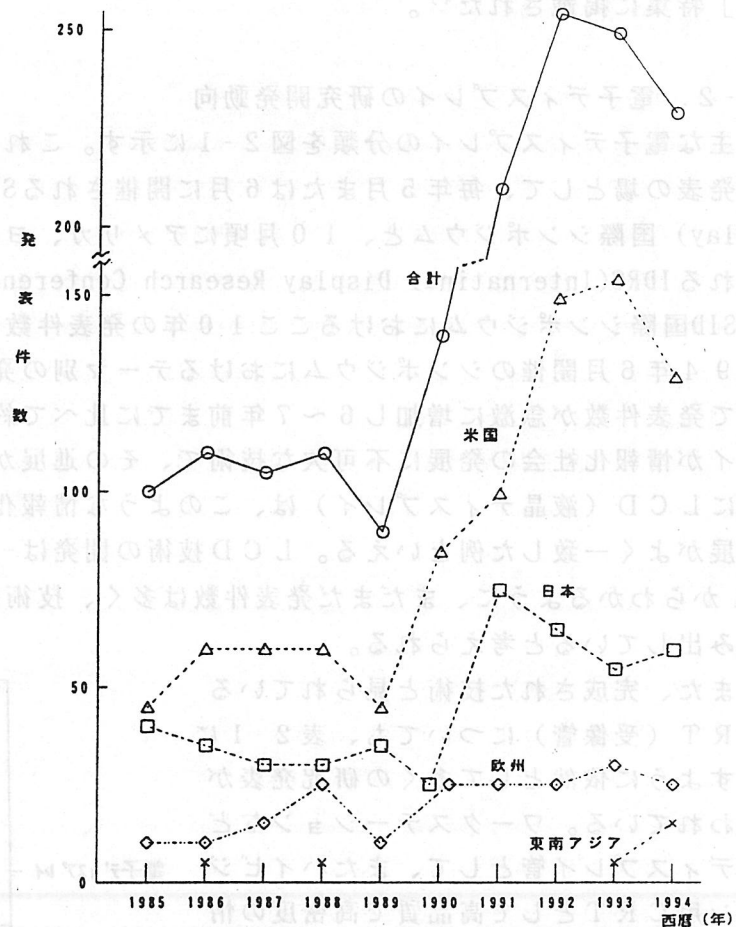


図2-2 SID国際シンポジウムにおける発表件数の推移

低消費電力化は、特に携帯用ディスプレイに不可欠で、これを満たすためバックライトの不要な反射型LCDも活発に研究された。相転移型ゲストホスト液晶とTFTを組み合わせた5型カラーLCDが開発されている<sup>9)</sup>。Al反射電極により高い反射率を得ている。

液晶ライトバルブを用いた投写型ディスプレイの開発では、光利用率の向上に関するものが話題を呼んだ。マイクロレンズアレイを組み合わせたパネルが試作され、マイクロレンズの集光能力により実質的な開口率が1.5倍改善されている<sup>10)</sup>。また、ダイクロックミラーとマイクロレンズを組み合わせることによりカラーフィルタを不要とし、光利用率を大幅に改善した投写型ディスプレイも開発された<sup>11)</sup>。マイクロレンズとカラーフィルタを用いた従来の方式に比べて輝度を3倍にしている。

この他、要素技術として、TFT LCDの開口率の改善、低温ポリSi TFT LCDの開発、広視野角化、プラスチック基板の導入、STN LCDの新しい駆動法の開発などが進んだ。

## (2) CRT

CRTについては、画面のフラット化、アスペクト比16:9のワイドテレビ用CRTの量産、HDTV用CRTの量産開始などが進み、これに関わる電子銃や偏向技術などの要素技術に進展が見られる。

ハイビジョン（日本におけるHDTVシステムの呼称で、MUSE方式により帯域圧縮されている）用CRTの規格として32型と36型が確定した後、これらのCRTの実用化が進んだ。また、MUSE方式受信用LSIの改良による受信機の低廉化、および1994年11月からのハイビジョン実用化試験放送の開始などにより、CRTを中心とするハイビジョン受信機の数は一994年後半あたりから確実に伸びてきた。ハイビジョンCRTが本格的に量産されようとしている。また、45型の超大型のHDTV用CRTも試作された<sup>12)</sup>。一方、このようなHDTV用CRTの副産物として生まれたワイドテレビ受信機が1993年より市場に登場し、大幅に普及している。

また、フラットCRTの実用化も大きな話題となった。筑波科学万博で試作されたMDS方式のフラットCRTで<sup>13)</sup>、サイズは14型である。最初の試作以来、工程の簡略化、歩留まりの向上がはかられ、実用化につながったようである。

一方、産業の空洞化現象は、CRTの量産に関しても避けられなかった。モノクロCRTはもとよりカラー受像管の大部分は国外での生産が主となってきているようである。

## (3) PDP

PDPに関しては、カラーPDPの実用化と40型など大型PDP開発の活発化が最近の大きな話題である。

オレンジ色PDPの量産時代から、カラーPDPの製品化は待ち望まれていた。1993年秋から21型カラーAC PDP<sup>14)</sup>がようやく製品化され、発売されるようになった。ほぼ同じ頃に横長の情報表示用カラーDC PDPが発売された。特に21型PDPは、画素ピッチ、画素数がそれぞれ0.66mm、640x480の本格的な情報端末仕様で、LCDでは実用化されていないサイズの領域にある。このため、今後どのように市場を開拓していくか興味深い。この種の中型サイズのカラーPDPの分野では、1994年に20型AC PDPの商品化が発表され、また1993年に26型カラーDC PDPが開発されている<sup>15)</sup>。1994年のエレショーでは、26型DC PDPや21型、20型のAC PDPが展示され、カラーPDPの本格的な普及が近いことを感じさせた。

大型化に関しては、1991年に40型カラーDC PDPにハイビジョン表示が行われた<sup>16)</sup>後、1994年のエレショーで、同じサイズの40型カラーAC PDPが開発展示された。また、1994年のSID国際シンポジウムにおける展示会で30型カラーAC PDPも開発展示された<sup>17)</sup>。このように、HDTVを目指す大型カラーPDPの開発も活発になっている。

#### (4) LED、EL<sup>18)</sup>、FED

青色発光ダイオードでは、これまでSiCを用いたものが実用化されているが、輝度、色純度の点で十分でなかった。最近、InGaN/AlGaInダブルヘテロ構造により高輝度で色純度の高い、実用上問題のない発光ダイオードが日本で開発され<sup>19)</sup>、量産化が始まった。これによりフルカラーディスプレイも問題がなくなった。今後、交通標識、公衆表示用大型ディスプレイなどに応用されるものと期待できる。

ELに関しては、フルカラー化、マルチカラー化が活発で、著しい進展があった。なかでも、9型のマルチカラーELの発売が報告されたことである<sup>20)</sup>。表示色は8色、輝度は15cd/m<sup>2</sup>と十分ではないが、橙黄色のモノカラーEL以来待ち望まれていたマルチカラーELの実用化である。また、10型のフルカラーELの試作<sup>21)</sup>、白色ELの試作<sup>22)</sup>、青色材料<sup>23)</sup>など多くの報告が行われた。有機ELについても活発に研究が進められた。

古くから研究が進められているものに電界放射陰極を用いた平面ディスプレイ(FED: Field Emission Display)がある。最近半導体プロセスによりスピント型の微小な陰極を形成し、数100V程度の加速で低速電子線励起用蛍光体を発光させるFEDが開発され<sup>24)</sup>、この分野への注目も集まっている。国内外を問わず冷陰極電子放出に関する研究が活発になってきた。

#### (5) 新しいデバイス技術

アメリカでは国家的な研究開発支援が1990年より軍事のみでなく民需に対しても行われるようになり、High-Definition Display開発への支援が活発になった。その成果の一例にデジタルマイクロミラーディスプレイがある<sup>25)</sup>。半導体技術により半導体メモリー上に超小型のミラーを形成し、このミラーを動かすことにより光源からの光を制御する投写型のディスプレイである。光利用率の向上、ミラー可動部の機械的強度の確保などがはかられた。この研究も息の長いものだったが、ここにきてようやく実用間近になったようである。

また、前述のPALCDはアメリカで開発された新しい発想のLCDで、従来と異なる、新しい発想、着想とはこういうものだということを強く認識させた。その意味でもディスプレイ研究者に大きなインパクトを与えた研究開発である。

### 2-4. おわりに

21世紀はマルチメディア時代といわれ、今後ディスプレイの重要性がますます高まってくる。大型化、高精細化、コンパクト化、高性能化などの要求が必然で、種々のディスプレイが多様化する社会の要求に適用していくものと考えられる。

また、新しいサービスがディスプレイに新たな要求を呼ぶ一方、逆にディスプレイデバイスの発展が新しいサービスを可能にすることも事実である。ディスプレイデバイスとサービス、メディアの間のこのような関係は、今後ますます密接になっていくと考えられる。そして両者が健全に発展していくためには、デバイスだけでなくヒューマンインタフェースやソフトウェアを含む広範な研究開発が必要である。ディスプレイの研究をこのよう

観点から見直していくことも今後重要である。

これまで "Japan Display" の愛称で日本で開催されてきたディスプレイの国際学会 IDRC が、1995年10月初めて "Asia Display" として再スタートする (当学会も協賛)。21世紀を見据えた研究発表を期待したい。

(村上 宏)

[参考文献]

- 1) 照明学会誌, Vol. 78, No. 12, pp. 633-666 (1994)
- 2) 橋本: テレビ学会誌, Vol. 48, No. 8, p. 1065 (1994)
- 3) 鈴木: テレビ学会誌, Vol. 48, No. 7, pp. 770-772 (1994)
- 4) 日経PB社, フラットパネルディスプレイ1994, pp. 50-63 (1993)
- 5) K. Kawai et al.: SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp. 743-746 (1993)
- 6) H. Maeda et al.: SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp. 47-50 (1992)
- 7) 坪山他: テレビ学会誌, Vol. 47, No. 5, pp. 590-594 (1993)
- 8) T. S. Buzak et al.: SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers pp. 883-886 (1993)
- 9) S. Mitsui et al.: SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp. 437-440 (1992)
- 10) T. Takamatsu et al.: Proc. 12th IDRC, p. 875 (1992)
- 11) H. Hamada et al.: Conf. Records, 14th IDRC, pp. 422-423 (1994)
- 12) K. Mitsuda et al.: Conf. Records, 11th IDRC, pp. 35-38 (1991)
- 13) 野々村他: テレビ学会誌, Vol. 40, No. 10, pp. 1024-1030 (1986)
- 14) K. Yoshikawa et al.: Proc. 12th IDRC, pp. 605-608 (1992)
- 15) 和邇: 日経エレクトロニクス, No. 594, pp. 215-224 (1993)
- 16) T. Yamamoto et al.: SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp. 165-168 (1993)
- 17) P. S. Friednan: Conf. Records, 14th IDRC, pp. 112-117 (1994)
- 18) 田中: テレビ学会誌, Vol. 48, No. 7, pp. 773-774 (1994)
- 19) 日経エレクトロニクス, No. 598, P. 59 (1994)
- 20) D. Cramer et al.: SID '93 Application Digest, pp. 57-60 (1993)
- 21) W. A. Barrow et al.: SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp. 761-764 (1993)
- 22) T. Nire et al.: SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp. 352-355 (1992)
- 23) Y. Inoue et al.: Conf. Records, 14th IDRC, pp. 169-172 (1994)
- 24) R. Meyer: Conf. Records, 12th IDRC pp. 189-192 (1993)
- 25) H. C. Burtyn et al.: SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers pp. 677-680 (1994)

# 3. 蛍 光 体

## 3-1. はじめに

数十年の歴史を持つブラウン管 (CRT) は、新しく登場してきた液晶表示デバイス (LCD) 等との技術競争があるものの、表示デバイスとして、表示性能、大型化の容易性、コストパフォーマンス等の点で依然として有利な地位を確保している。

今後も主流の役割を果たして行くには高輝度、高解像度及び高ユニフォーミティ等のより高度な技術課題に对应していかなねばならないが、その中でも蛍光体の果たす役割は益々重要になってきている。この10年間のテレビ用ブラウン管の国内生産量推移を図3-1に示したが<sup>1)</sup>、1983年頃よりパソコンの普及が徐々に進展すると共に、コンピュータ端末用カラーディスプレイ用ブラウン管 (CDT=Color Display Tubeと略す) の需要も増加の一途を辿っている。1985年頃一時的な不振の時期を経たものの1987年よりOA機器市場が順調に推移し活性化を続け、1989年にはカラーテレビ用ブラウン管の国内総生産量3500万本中CDTが1000万本強を占めるような勢いに成ってきた。

その間CDTの高性能化も年毎に進み、所謂ドットピッチが0.4mm台の中精細度管から0.3mm台の高精細度管、更には0.2mm台の超高精細度管が次々開発されてきた。また画面サイズも14インチから17インチへのサイズアップの方向に進んでいる。

カラーテレビ用ブラウン管 (CPT=Color Picture Tubeと略す) はハイビジョンテレビを目指しており、最近のセット価格低下に伴い徐々に普及し始めている。その過渡的段階としてハイビジョンテレビと同じ16:9アスペクト比のワイドテレビジョンが全体の約10%近く占めるような状況に至っている。今後市場のマルチメディア化に伴いパソコンもテレビが映るタイプで家庭への浸透方向にもある。

これらに使用されるブラウン管は高輝度及び高精細度化が進むにつれ、蛍光体に要請される性能は単に明るさや色の良さだけでなく、蛍光膜化する時の塗膜特性が極めて重要なテーマになってきている。更に、1993年には日本国内のCDT生産量は汎用のCPTを越す1700万本に達しているが、汎用CPTはワイドも含めコストダウンの理由から日本、韓国及び台湾勢の海外拠点での生産が急速に増加している。

本稿では図3-2に示す蛍光体の重要特性のうち発光色度と輝度に関し最近の文献を紹介したい。

## 3-2. 発光色度

現状のカラーテレビジョン用及び投写管 (PRT=Projection Tube)用蛍光体の種類及びその色度点は表3-1に示すごとくである<sup>2)</sup>。最近の傾向としてCPT, CDT及びPRT共に色再現範囲をヨーロッパ放送連合 (EBU=European Broadcasting Union) 色調への拡大が望まれている<sup>3)</sup>。このような目的に対して蛍光体としてはその組成 (母体=Host), 付活剤 (=Activator) 濃度, コントラストを改善する為の顔料被着法と濃度及び合成時の焼成雰囲気等の微妙なコントロールが不可欠である。

尚、NTSC3原色, EBU色調および参考の為コンラック (Conrac) 社色調を図3-3のCIE色度図座標に示した<sup>4)</sup>。ここでは割愛したが歴史的なCRT用蛍光体の色度の変遷は参考文献を参照して頂きたい<sup>5)</sup>。

### (1) 青色発光蛍光体

CPT, CDT及びPRT等の電子線励起の青色発光蛍光体で実用化されているのは発光効率及び発光色度の点から現状ZnS:Ag, Cl又はZnS:Ag, Alしか無い。これらの蛍光体は付活剤であるAg濃度を数10 $\mu$ gから300 $\mu$ g位変化させると色度Y値が0.1付近から0.05付近まで変化可能である。共付活剤がAlの場合はAgは更に多く付活されるが、Y値は逆に大きくなる。

最近PRT用として色純度向上のため六方晶ZnS:Ag, Alの混合が検討された。この蛍光体は相対輝度としては従来の立方晶に劣るが色度Y値が0.03付近まで可能であり、 $\gamma$ 特性 (=発光エネルギー効率の電流特性) が立方晶より良いことが報告されてい

る<sup>6) 7)</sup>。また輝度は硫化物系の十数%と低いが、色度及び $\gamma$ 特性が良好な $\text{CaSc}_2\text{O}_4:\text{Tm}$ 蛍光体の報告が有る<sup>8)</sup>。しかし、PRT用に使用されている硫化物系青色蛍光体は他色に比べ大巾に $\gamma$ 特性が悪いため改良が必要とされている。

#### (2) 緑色発光蛍光体

CPT及びCDT用として現在では殆ど $\text{ZnS}:\text{Cu}, \text{Al}$ 及び $\text{ZnS}:\text{Au}, \text{Cu}, \text{Al}$ が使用されている。この蛍光体も付活剤のCu濃度を数 $10\mu\text{g}$ から数 $100\mu\text{g}$ 位変化させると濃度と共に色度X値は $0.28$ 付近から $0.30$ 付近まで、Y値も $0.61$ 付近から $0.62$ 付近まで変化する<sup>9) 10)</sup>。またAuが共付活される事により色度X値は $0.34$ 付近まで可能である<sup>10) 11)</sup>。ただ、これらの蛍光体は共付活剤のAlの量及び焼成雰囲気や温度の影響を受け色度は変化する<sup>9) 10) 11)</sup>。これら硫化物蛍光体の色純度向上が望まれているが、後で述べるTb付活蛍光体も更に色純度が悪いため今の所期待薄である。

PRT用としては上記硫化物蛍光体に比べ輝度は80%位と低いがその $\gamma$ 特性が優れていることから、 $\text{Y}_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_2\text{SiO}_5$ 又は $\text{LaOCl}$ 等酸化物系を母体としTbを付活した蛍光体が主として使用されている<sup>11) 12) 13)</sup>。Tb付活蛍光体は色純度が悪いため、少しでも改良するため色純度の良い $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$ や $\text{Li}_5\text{Zn}_3\text{Al}_5(\text{GeO}_4)_3:\text{Mn}$ を混合したり緑色顔料を付けた蛍光体が図3-4に報告されている<sup>6)</sup>。

最近の色純度を改良した蛍光体の報告としては $\text{Gd}_2\text{Al}_2\text{O}_9:\text{Tb}$ <sup>14)</sup>や $\text{La}_2\text{SiO}_5:\text{Tb}$ <sup>15)</sup>蛍光体の報告がある。

#### (3) 赤色発光蛍光体

CPT及びCDT用には $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 蛍光体又PRT用には $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体といずれもEu付活希土類母体を使用されており、約30年来実用化され得る新しい母体は見つかっていない。 $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 蛍光体のEu濃度変化による色度X及びY値の変化は図3-5に示すように従来から知られている<sup>11)</sup>。しかし $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体のEu濃度による色度変化の報告は余りなく、上記PRT用Tb付活と同様、図3-6に示される如く、色純度を良くするためEu濃度を多くし、また更に赤色顔料を付けた報告が有る<sup>6) 16)</sup>。

#### (4) 顔料付着蛍光体

蛍光膜は微粒子蛍光体の集合体で有るため、蛍光体表面での光の散乱により反射率が高くなり白く見える。そこで蛍光体自身の反射率を低くするため、蛍光体表面に顔料を被着する方法が1975年頃から赤色および青色蛍光体で実用化されている。詳細は蛍光体ハンドブック等を参照して頂きたい<sup>11)</sup>。

最近、3色各蛍光体の表面に蛍光体の発光色だけを効率良く通す微細顔料のフィルターを図3-7に示される如く配置し、発光効率及びコントラストを上げた報告が話題に成っており、新しい試みとして期待されている<sup>17) 18)</sup>。

### 3-3. 発光輝度

蛍光体の高輝度化は永遠のテーマとされており、特にPRT用蛍光体に関しては青色を中心に各色共更に輝度向上が望まれている。CRT用蛍光体は図3-8に示すごとく1960年代よりカラーテレビ用に供せられて以来1970年代までその母体組成の変遷と共に輝度は向上してきた<sup>19)</sup>。しかし、最近では蛍光体自身の効率向上が難しい為、蛍光膜としての輝度向上が膜の高解像度化と共に検討されている。PRTで遠心塗布法で蛍光膜の厚さを薄くし、ビームスポット径を小さくし解像度を上げた例を図3-9にしめした<sup>20)</sup>。蛍光体自身の輝度向上と蛍光膜としての輝度向上の為、蛍光体の粒径及び粒度分布をコントロールせしめた最近の公開特許を紹介しておく。

#### (1) $\text{ZnS}:\text{Ag}$ 青色蛍光体

- ・SbやBaを含有させることにより粒径や粒度分布を改良した<sup>21) 22)</sup>。
- ・Tm, YbやSmを含有させることにより輝度向上を図った<sup>23) 24)</sup>。

#### (2) $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 赤色蛍光体

- ・Tb, Pr, Sm及びErとWを含有せしめ高電圧の輝度飽和を改良した<sup>25)</sup>。
- ・高輝度化の製法として磷酸塩フラックスを2種使用する<sup>26)</sup>。
- ・La又はInを含有せしめ $3\mu\text{m}$ 以下の小粒子で明るい蛍光体を提供<sup>27) 28)</sup>。

(3)  $Y_2O_3:Eu$  赤色蛍光体

- ・ Y と Eu の共沈体球状形微粒子でしかもシャープな粒度分布の原料の製法<sup>29)</sup>。
- ・ Ga 又は In と Tb, Pr 及び Mg を含有させ高電流域の電流飽和特性改良<sup>30)</sup>。

(4) 硫化物系蛍光体

- ・ 焼成時の硫化性雰囲気保持を可能性にした製法<sup>31) 32)</sup>。
- ・ 塩化バリウムや亜鉛を添加し板状硫化亜鉛蛍光体を製造する方法<sup>33)</sup>。

最近アメリカの R.N. Bhargava 等により粒径 30 Å 前後のナノ結晶蛍光体 (例えば  $ZnS:Mn$ ) が作られており、粒径が小さくとも輝度が高い報告があり注目されている<sup>34) 35)</sup>。

3-4. おわりに

蛍光体の最も重要特性である発光色度と輝度のみの報告を前報<sup>12)</sup>に重複しないよう報告した。塗布膜に関しては最近刊行された雑誌<sup>36)</sup>に紹介したため、本稿では全く触れなかった。今後の CRT 用蛍光体への市場ニーズはやはり高輝度、広色再現範囲、高コントラスト及び省電力化 (高輝度化に繋がる) であり、特に PRT 用については、 $\gamma$  特性及び輝度寿命の改善が更に必要となっている。

最後に、1993 年世界初の蛍光体メーカーによる青色 GaN 発光ダイオード<sup>37)</sup>と酸化物  $SrAl_2O_4:Eu^{2+}$  蓄光蛍光体<sup>38)</sup>の開発実用化は特筆すべきことである。

(長谷 堯)

参考文献

- 1) 電子工業会編：電子工業会月報 Vol.28(1986)-Vol.36(1994)記載の統計資料を引用
- 2) T.Hase, T.Kano, E.Nakazawa and H.Yamamoto: "Phosphor Materials for Cathode-Ray Tubes," in Advances in Electronics and Electron Physics, Vol.79, p.359-360 Academic Press, New York (1990)
- 3) 山元：テレビジョン学会誌, 48, p.1102-1105 (1994)
- 4) 平林, 中本, 岩崎：National Technical Report, 25, p.251-263 (1979)
- 5) L.DeMarsh: SMPTE Journal, 102, p.1095-1098 (1993) -
- 6) Y.Uehara, Y.Morita, Y.Koseki, H.Matsukiyo and H.Toyama: Extend Abstracts of 183RD ECS Meeting, 93-1, p.2084 (1993)
- 7) 特許公開公報 特開平 6-322364
- 8) 特許公開公報 特開平 6-100860
- 9) M.Bredol, J.Merikhi, I.Kohler, H.Bechtel and W.Czarnojan: J. of Solid State Chem., 110, p.250-255 (1994)
- 10) 松浦, 古賀, 伊藤, 玉谷：第 166 回蛍光体同学会予稿 (1977.5.20)
- 11) 蛍光体同学会編：蛍光体ハンドブック, オーム社 (1987)
- 12) 玉谷：“蛍光体”発光ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書, 照明学会 (1992)
- 13) 長谷：エレクトロ・セラミクス, 24, p.49-56 (1993)
- 14) 特許公開公報 特開平 4-46988
- 15) 特許公開公報 特開平 4-202592
- 16) 特許公開公報 特開平 5-25477
- 17) 日経産業新聞 (1994.7.7)
- 18) 大野, 楠木, 小沢：信学技報, EID93-102, p.17-22, 電子情報通信学会 (1994)
- 19) 山元：第 12 回レアースコンファレンス講演資料, 金属時評, 1401, p.61 (1990)
- 20) 上原, 森田, 浅野, 中山, 中井, 藤巻：第 243 回蛍光体同学会予稿 (1992.11.27)
- 21) 特許公開公報 特開平 5-331463
- 22) 特許公開公報 特開平 4-4287
- 23) 特許公開公報 特開平 4-183780
- 24) 特許公開公報 特開平 4-183781
- 25) 特許公開公報 特開平 5-70775
- 26) 特許公開公報 特開平 5-78660
- 27) 特許公開公報 特開平 5-194948

- 28) 特許公開公報 特開平6-192656
- 29) 特許公開公報 特開平6-271316
- 30) 特許公開公報 特開平4-239586
- 31) 特許公開公報 特開平6-192655
- 32) 特許公開公報 特開平5-230445
- 33) 特許公開公報 特開平4-45192
- 34) R.N.Bhargava and D.Gallagher: Phys. Rev. Lett., 72, p416-419 (1994)
- 35) R.N.Bhargava, D.Gallagher and T.Welker: J. Lumin., 60 & 61 p275-280 (1994)
- 36) 高橋, 三上, 長谷: ディスプレイアンドイメージング, 3, p71-82 (1994)
- 37) 中村: 第249回蛍光体同学会予稿 (1994.2.18)
- 38) 松沢, 竹内, 青木, 村山: 第248回蛍光体同学会予稿 (1993.11.26)

表3-1 CRT用蛍光体の諸特性<sup>2)</sup>

Chemical composition	Emission color	Emission peak (nm)	Color point		Decay time (10%)	Lumen equivalent (lm/W)	Energy efficiency (%)	Designation EIA	Designation WTDS	Relative brightness (%)
			x	y						
ZnS:Ag (pigmented)	blue	450	0.146	0.061	S	140	21	P22	X	50
ZnS:Cu, Al	yellowish green	530	0.282	0.620	S	494	17, 23	P22	X	190
ZnS:Au, Cu, Al	yellowish green	535	0.306	0.602	S	483	16	P22	X	185
(ZnCd)S:Cu, Al	yellowish green	530	0.321	0.613	S	509	17	P22	X	192
Y <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Eu (pigmented)	red	626	0.640	0.352	M	215	13	P22	X	65
YVO <sub>4</sub> :Eu	red	619	0.664	0.331	M	217	7.1	P22	X	30
BLACK AND WHITE PICTURE TUBES										
ZnS:Ag+(ZnCd)S:Cu, Al	white	450 560	0.267	0.291	S			P4	WW	115
TERMINAL DISPLAY TUBES										
ZnS:Cu	green	530	0.265	0.558	S		23	P31	GH	180
Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> :Mn, As	green	525	0.205	0.714	L			P39	GR	94
γ-Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> :Mn	red	636	0.655	0.343	L	163	6.7	P27	RE	23
ZnS:Ag, Ga, Cl <sup>-</sup>	blue	450	0.147	0.052	L					30
Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	greenish yellow	535	0.402	0.557	VS	514		P46	KG	32
Y <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> :Ce	bluish violet	410	0.169	0.109	VS	74		P47	BH	20
YAlO <sub>3</sub> :Ce	ultra violet	370			VS					
Y <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Tb	white	418	0.231	0.246	M			P45	WB	79
		544								
Cd <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> :Mn	orange	590	0.558	0.440	L				LA	79
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Eu	red	611	0.642	0.351	M	284	8.7	P56	RF	64
Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> :Mn	green	525	0.205	0.714	M	520	8	P1	GJ	100
Gd <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Tb	yellowish green	544	0.334	0.561	M	478	15	P43	GY	138
Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Tb	yellowish green	544	0.342	0.572	M			P53	KJ	92
Y <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> :Tb	yellowish green	544	0.340	0.570	M					115
ZnS:Ag, Al	blue		0.149	0.051	S					50

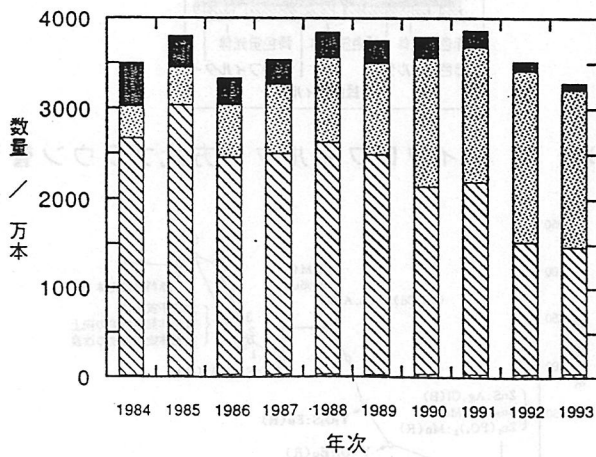


図3-1 テレビ用ブラウン管の国内生産の推移<sup>1)</sup>



図3-2 蛍光体の重要特性

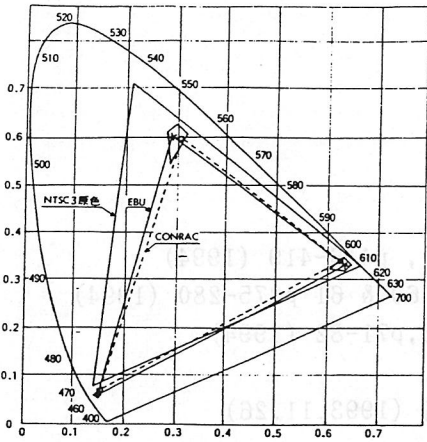


図3-3 発光色色度座標(CIE色度座標)<sup>4)</sup>

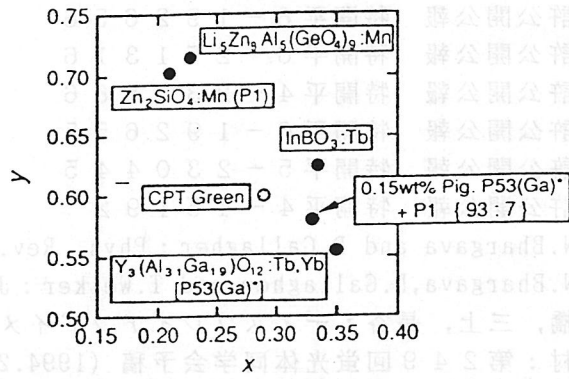


図3-4 PRT用緑色色度座標<sup>6)</sup>

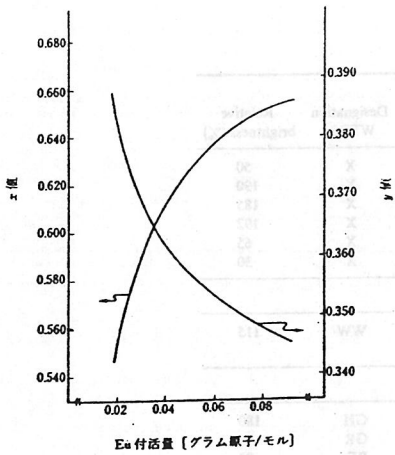


図3-5 Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:EuにおけるEu濃度と色度点<sup>11)</sup>

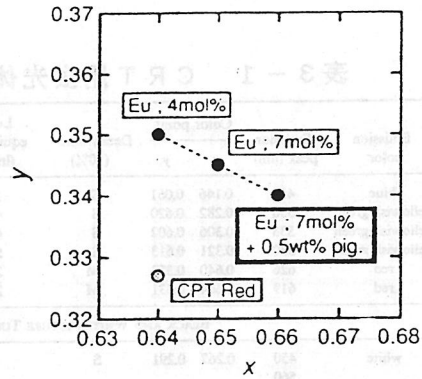


図3-6 PRT用赤色色度座標<sup>6)</sup>

	Conventional screen	High packing density screen
Red		
	Thickness 36 $\mu$ m	18 $\mu$ m
	Density 1.6g/cm <sup>3</sup>	2.0g/cm <sup>3</sup>
Green		
	Thickness 38 $\mu$ m	18 $\mu$ m
	Density 2.0g/cm <sup>3</sup>	2.2g/cm <sup>3</sup>

図3-9 PRT蛍光膜の断面SEM像<sup>20)</sup>

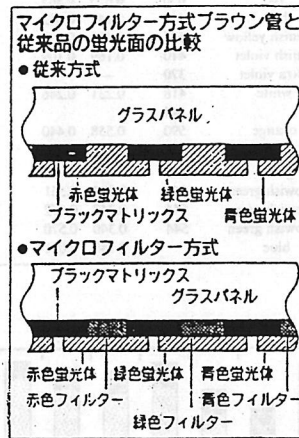


図3-7 マイクロフィルター方式ブラウン管<sup>17)</sup>

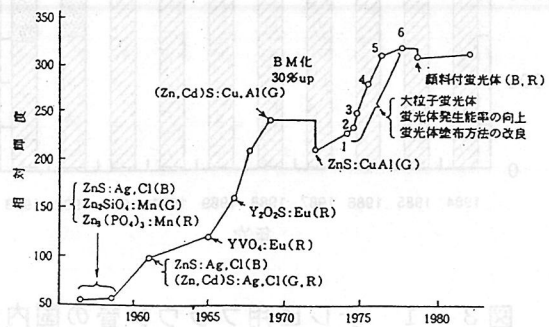


図3-8 カラーブラウン管蛍光面の輝度の変遷<sup>19)</sup>

## 4. アクティブマトリクスLCD

### 4-1. はじめに

四半世紀前に誕生したLCDは種々の変遷を経ながら、現在では情報化社会の“産業の顔”と呼ばれるほどの基幹テクノロジーに成長し、西暦2000年には2兆円市場にもなると推測されている<sup>(1)</sup>。中でもカラーCRTに迫る表示性能を有するアクティブマトリクス(AM)方式の最近の技術的・工業的進展は目覚ましく、パソコン応用を中心に'94年には単純マトリクス方式のSTN型を抜いてLCDの主流になろうとしている。現在のAM-LCDは、AM駆動体にa-Si(Amorphous Silicon)のTFT(Thin Film Transistor)、表示体にTN(Twisted Nematic)モード液晶を用いる構成が主流となっているが、AM-LCD方式の概念提唱とTN液晶の発明は奇しくも同じ1971年である。AM-LCDの分類を兼ねて、その発展推移を図4-1に示す<sup>(2-16)</sup>。

これまでのAM-LCDの進展は、AMデバイスの技術開発(量産技術も含めて)が軸となり、液晶材料や周辺技術の改良も伴って為されてきた。そして、現在主流のa-SiTFT/TN-LCDは、基本技術面ではかなり成熟し、価格的には課題を残してはいるが性能的には飽和に近づいてきているとも言える。一方、ディスプレイ環境は、情報の高度映像化、マルチメディア化、モバイルパーソナル化など新たな変革が起こり始めており、AM-LCDにも新たな技術革新が迫られ始めている<sup>(17)</sup>。

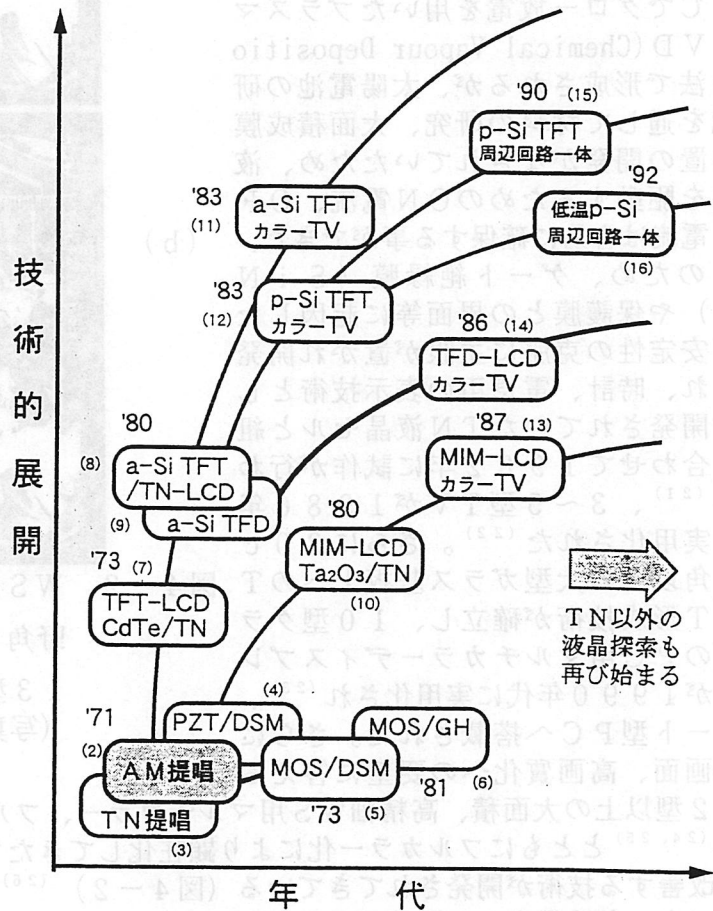


図4-1 AMLCDの誕生と発展推移

／の左右はAMデバイス・材料/液晶動作モードを示す

### 4-2. 技術開発動向

#### 4-2-1 アクティブマトリクスLCDの応用推移

アモルファスSiは1969年に発見され、p型とn型の制御が可能である事を英国ダンディー大学が発見し<sup>(18)</sup>、続いて太陽電池への応用研究がRCAより発表され<sup>(19)</sup>、材料研究が活性化した。さらに、1978年にTF-T-LCD<sup>(20)</sup>への応用が提案された。

アモルファスSiは基板温度300°Cでグロー放電を用いたプラズマCVD (Chemical Vapour Deposition) 法で形成されるが、太陽電池の研究を通して材料の研究、大面積成膜装置の開発がなされていたため、液晶を駆動するためのON電流、OFF電流は容易に確保する事ができた。このため、ゲート絶縁膜(SiNx)や保護膜との界面等に起因した不安定性の克服に主眼が置かれ開発され、時計、電卓用の表示技術として開発されていたTN液晶セルと組み合わせて1982年に試作が行われ<sup>(21)</sup>、3~5型TVが1986年に実用化された<sup>(22)</sup>。さらに30cm角以上の大型ガラス基板上へのTF-T形成技術が確立し、10型クラスのPC用マルチカラーディスプレイが1990年代に実用化され<sup>(23)</sup>、ノート型PCへ搭載された。さらに大画面、高画質化への要望に答える

12型以上の大面積、高精細WS用マルチカラー、フルカラーディスプレイが実用化される<sup>(24, 25)</sup>とともにフルカラー化により顕在化してきたTN液晶セルが持っている視角特性を改善する技術が開発されてきている(図4-2)<sup>(26)</sup>。

一方、多結晶Si TFTはSOI (Silicon on Insulator)として研究されていたが<sup>(27)</sup>、これを石英基板上に形成しTN液晶セルと組み合わせて小型液晶TVの研究が始まった<sup>(12)</sup>。多結晶Siは減圧で基板温度600°Cの熱CVDで形成し、1000°Cで形成した熱酸化膜を信頼性の良いゲート絶縁膜として用いた。このTF-Tは電界効果移動度が $10\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 以上とアモルファスSiより1桁大きいため、周辺駆動回路を一体化して石英基板上に組み込むことができ、2型の小型TVが1984年に、続いて大画面投射用ライトバルブ<sup>(28)</sup>やビューファインダ用小型カラーLCDが実用化され<sup>(29, 30)</sup>、HDTV等の大画面高精細投射用の小型高精細液晶ライトバルブが開発されている<sup>(31, 32)</sup>。



(a)

(b)

図4-2 WS用フルカラーLCD (a) と広視野角フルカラーLCD (b)<sup>(26)</sup>

13型 1280 x 1024 画素  
(写真提供 NEC)

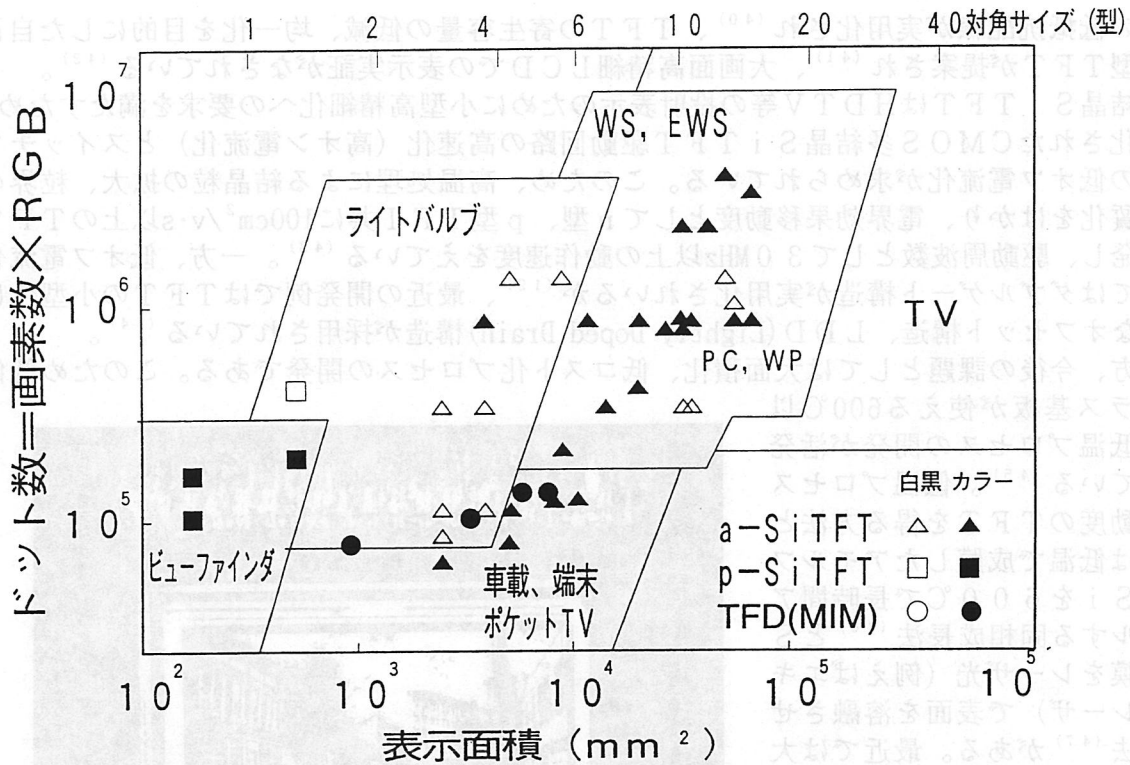


図4-3 各種AMLCDの開発とその市場との関係

これらとほぼ同時期にTFTよりプロセスが簡便な薄膜ダイオードの研究が始まった。アモルファスSiTFTがプロセスマスク数6~8枚に対し3~4枚と少なく、工程が短いことが特徴である。カナダのベルノーザン研究所でTaの陽極酸化膜を利用した双方向ダイオード(TFD, MIM)が提案された<sup>(10)</sup>。また、アモルファスSiを用いたリングダイオード、ダイオード-ダイオードリセット(DR)技術などが登場した<sup>(14, 33)</sup>。まず、TaOxダイオードの特性ドリフトが大幅に軽減され、TN液晶セルと組み合わせて3~5型の小型TVが実用化されている<sup>(34)</sup>。図4-3には製品化された各種AMLCDと市場との関係を示す。

#### 4-2-2 TFT技術の現状と課題

a-SiTFTLCDはノートPC用を中心に約30cm角基板を用いた第1期量産ラインが構築され、続いて更に大型基板を用い生産性を3倍に上げた第2期量産ラインが構築されている<sup>(35)</sup>。この段階での大きな課題は生産性を上げたときのTFT性能の維持および向上である。

TFT用a-Siの高速成膜では高周波(13.56MHz)放電を間欠的に行う間欠プラズマCVD<sup>(36)</sup>や50MHz以上の高周波CVD<sup>(37)</sup>による高速成膜が開発されており、生産装置もインライン型から枚葉型へ移行しようとしている<sup>(38)</sup>が生産性に大きな課題を残している。

さらに生産性を上げる試みとして、これまでの6~8枚露光マスクを2~3枚の露光マスクでTFTを形成できるTFT構造の提案がある<sup>(39)</sup>。

TFT性能向上では大画面高精細LCDに向け配線材料をこれまでのCr、TaからA

1等の低抵抗配線が実用化され<sup>(40)</sup>、TFTの寄生容量の低減、均一化を目的にした自己整合型TFTが提案され<sup>(41)</sup>、大画面高精細LCDでの表示実証がなされている<sup>(42)</sup>。

多結晶SiTFTはHDTV等の投射表示のために小型高精細化への要求を満たすため、内蔵化されたCMOS多結晶SiTFT駆動回路の高速化(高オン電流化)とスイッチTFTの低オフ電流化が求められている。このため、高温処理による結晶粒の拡大、粒界の高品質化をはかり、電界効果移動度としてn型、p型TFT共に $100\text{cm}^2/\text{v}\cdot\text{s}$ 以上のTFTを開発し、駆動周波数として30MHz以上の動作速度をえている<sup>(43)</sup>。一方、低オフ電流化としてはダブルゲート構造が実用化されているが<sup>(12)</sup>、最近の開発例ではTFTの小型化に有利なオフセット構造、LDD(Lightly Doped Drain)構造が採用されている<sup>(44)</sup>。

一方、今後の課題としては大面積化、低コスト化プロセスの開発である。このため低価格ガラス基板が使える $600^\circ\text{C}$ 以下の低温プロセスの開発が活発化している<sup>(45)</sup>。低温プロセス高移動度のTFTを得る方法としては低温で成膜したアモルファスSiを $600^\circ\text{C}$ で長時間アニールする固相成長法<sup>(46)</sup>とSi薄膜をレーザー光(例えばエキシマレーザー)で表面を熔融させる方法<sup>(47)</sup>がある。最近では大口径化が容易で、高品質の多結晶粒界がえられるレーザーアニール法が多く用いられている。この時多結晶粒径を均一化する方法として低エネルギーと高エネルギーのレーザー光を照射する2ステップレーザーアニール法<sup>(48)</sup>を採用し $30\text{cm}^2/\text{v}\cdot\text{s}$ 以上のn型、p型TFT特性とその均一性を確保している。

図4-4はこのようにして形成した回路一体型カラーLCDの試作例である。今後はさらに大面積、高精細化を狙い、TFT特性と均一性の向上のための技術開発が必要である。



図4-4 低温プロセス多結晶SiTFT回路一体型LCD(16) 0.7型、 $420 \times 220$ 画素 (セイコーエプソン(株)提供)

#### 4-2-3 液晶セル技術の現状と課題

TFT-LCDは液晶セルを容量としてみなし、容量に蓄えられた電荷により発生した電界により動作しているため、液晶セルの電荷保持率は表示ムラ、焼き付き、フリッカの発生を防ぐ重要なパラメータである。このため、それまで時計用、電卓用TN液晶材料として使われていたシアノビフェニール(CB)、等のシアノ系液晶材料は液晶セル工程でイオン性不純物を取り込み易く電荷保持率が90%以下であった。そのため新たに開発されたフッ素系液晶材料を基本にした液晶材料系が使われるようになった<sup>(49)</sup>。また、電荷保持率の観点からポリイミド配向膜、エポキシシール材等を始め液晶パネル工程におけるイオン性不純物の除去が徹底的に行われた結果表示ムラ、焼き付き等の無い大型LCDが安定して生産できるようになってきた。

TN液晶セルの本来持っている視角特性の狭さ（左右40度、上下10度程度）が今後の大画面化への大きな課題であるが、これを改善する方法として種々の方式が提案されている。補償フィルムTN液晶方式<sup>(50)</sup>、画素電極分割TN液晶方式は液晶セル工程を変更しないで視角範囲の改善を狙い、マルチドメインTN液晶<sup>(51、52、53)</sup>やランダムドメインTN液晶方式<sup>(54)</sup>は配向方法を変える事によりTN液晶の上下視野、上下左右視野特性を平均化し上下左右共に40度以上の視角特性に改善する技術である。更に大幅に視角特性を改善する方法として光学補償ベンド液晶方式<sup>(55、56)</sup>、PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal)方式<sup>(57)</sup>、DHF (Deformed Helix Ferroelectric)液晶方式<sup>(58)</sup>（図4-5）が提案されている。

一方、消費電力を削減する事はノートPCをはじめ携帯型機器への普及をはかるためにも大きな課題である。LCDの消費電力の80%以上を占めるバックライト電力を削減する方法として、ブラックマトリクス (BM) 機能を TFT アレイに付加して開口率を向上する方法<sup>(59)</sup>やバックライト系の効率向上<sup>(60)</sup>が進み、ノートPC用では消費電力が6Wから約3Wで80cd/m<sup>2</sup>の輝度が得られるようになっている。さらに低消費電力化ではバックライトを用いない反射型LCDが提案されている。これはTFT基板の表面に反射電極を設置し相転移型GH液晶と組み合わせて光の吸収と透過（反射）により白黒表示を行うもので、対向基板側にカラーフィルタを用いる事によりカラー表示も可能になる（図



図4-5 DHF液晶方式フルカラーTFT-LCD  
1.8型、280x220画素  
アナログ階調、60度以上の広視野角<sup>(50)</sup>  
（写真提供 (株)カシオ）

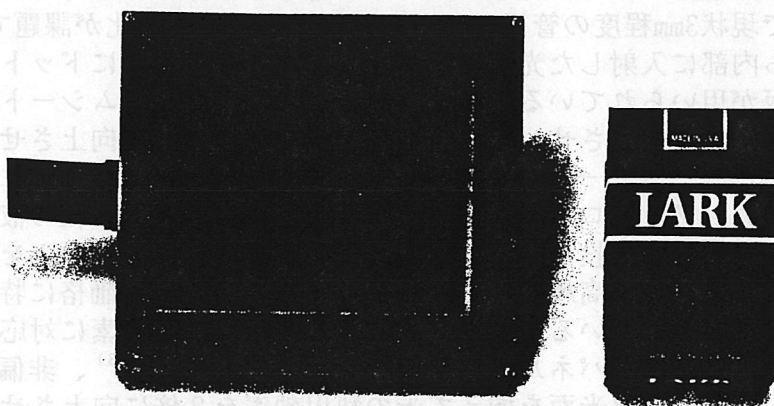


図4-6 反射型TFT-LCD<sup>(61)</sup>  
5型 320x240画素 4色表示  
（写真提供 (株)シャープ）

4-6) <sup>(61)</sup>。また、P D L C <sup>(62)</sup> や P S C T (Polymer stabilized Cholesteric Texture) 方式 <sup>(63)</sup> 等の提案も行われている。今後、反射輝度の向上等による画質向上が大きな課題である。

#### 4-2-4 駆動回路技術の現状と課題

T F T-L C Dでは液晶に印加する電圧を変えて階調表示する。データドライバは液晶の輝度-電圧特性に従って、階調輝度に対応した交流電圧をデータ線に印加する。このデータドライバには階調特性が連続的なアナログ方式と特定階調の電圧だけ供給するデジタル方式が開発され、テレビ用等のフルカラー表示が必要な映像表示にはアナログ方式がP Cなどの静止画が多く輝度の均一性や低消費電力性が要求されるマルチカラー情報表示にはデジタル方式が用いられている。しかし、P Cのマルチメディア化が進み、L C Dのマルチカラーからフルカラー表示が求められている。このため、デジタルドライバ内部で外部階調電源を利用してパルス幅変調 <sup>(64)</sup>、抵抗分割 <sup>(65)</sup> 等により電圧補間をして階調電源を増やす方法や内部D-A変換回路を置きアナログ出力する方法 <sup>(66)</sup>、アナログドライバ <sup>(67)</sup> を使用する方法が提案されている。デジタルドライバ駆動L C Dでは階調ビット線の増大にともなう信号入力、信号処理回路の簡素化がアナログドライバでは出力電圧偏差を10mV以下にしなから低消費電力化をはかっていくことが課題になっている。

#### 4-2-5 バックライト、投射光学系技術の現状と課題

直視型L C Dのバックライトには液晶パネルの直下に蛍光ランプを配置する直下型と導光板と呼ばれる光拡散板を配置してそのエッジに蛍光ランプを配置するエッジライト型がある。最近では薄型で軽量のエッジライト型が主流になってきている。蛍光管には熱陰極形と冷陰極形がある。寿命の長い冷陰極形が主体的に用いられており、今後薄型軽量化の目的で現状3mm程度の管径のさらなる細径化と高効率化が課題である。導光板は蛍光ランプから内部に入射した光を液晶パネルに導光するためにドット印刷や表面を粗くしたアクリル板が用いられている。最近、導光板表面にプリズムシートを張り付け、液晶への入射光の指向性を向上させ、垂直方向の輝度を1.3~1.5倍向上させる方式が提案され実用化されている <sup>(60)</sup>。一方、投射装置ではランプ効率と色再現性に優れるメタルハライドランプを用い、ダイクロイックミラー等で3原色に分け、3枚の液晶パネルにそれぞれの光を照射したのち合成投射する3板式と1枚のカラー液晶パネルを投射する単板式が実用化している。3板式は高輝度、高画質、単板式は小型、低価格に特徴があるが、それぞれ輝度向上が求められている。輝度向上には液晶パネルの画素に対応してマイクロレンズを設けて見かけ上の液晶パネルの開口率を向上させる方法 <sup>(68)</sup>、非偏光の光を2つの偏光成分に分解し、両者の偏光面を揃えて光の利用効率を2倍に向上させた偏光変換光学方式 <sup>(69)</sup> が実用化されている。また、偏光を用いないP D L C方式 <sup>(70)</sup> や回転プリズム光学系を用いた高輝度単板式投射装置 <sup>(71)</sup> が提案されている。

### 4-3. 今後の展望

ノートパソコン応用を中心に急成長中のA M-L C Dの現状における技術動向、課題について述べてきたが、はじめにも記したように、情報メディアの大きな変革・進展の潮流の中でA M-L C Dにも新たな技術革新の必要性が見え始めてきており、既に幾つか挑戦的技術開発の芽も出始めている。今後の発展方向、課題は種々考えられるが、直視型については、携帯化、高画質化、低価格化の三本軸に単純化整理したものを図4-7に示す。

価格面では、量産体制の進展により徐々に下がってきているが、まだ10"サイズ1枚当り10万円程度であり、本格的普及に必須とされる5万円目標には5倍程度の生産性改

善、カラーフィルターを始めとする部材コストの一層の低減が必要である。これについては、現在パネルメーカー各社計画中の第3期生産ライン、部材メーカーのコスト低減努力により目標に近いレベルまで達成可能と予測される。更にCRT並の価格実現にはTFT等の抜本的技術革新が必要であろう。

高画質化の面では、HDTV、さらに将来のUDTVなど映像メディアの高度化、そして非電子系メディア即ち印刷や写真とのマルチメディア化への対応として高解像度/大面積化、およびパーソナルユースのみならずTV会議やホーム用などグループ観衆対応の為にCRT並超広視野化が課題となる。大面積化だけについては30"程度までは技術的には現在の延長で可能と考えられるが、1000万画素級以上の高解像度化に対してはAMデバイスの構造、プロセス両面からの技術革新が必要と思われる。一方、超広視野化に関してはTNとは異なる電気光学的効果、例えば光散乱型や光吸収型など新動作モード液晶への技術革新を必要とするであろう。

携帯化の面では、先ずは印刷紙並に明るいペーパーホワイト白黒表示および4~8色表示の反射型がターゲットになるが、直線偏光板を必要とするTN液晶では基本的に困難であり液晶の技術革新が必要である。既にPDL CやP S C T型のような光散乱型、あるいはGH型のような光吸収型液晶の技術開発が始まっている。更に、反射型でマルチメディア対応フルカラー表示を実現する為には、液晶面のみならずAMデバイスの超高開口率化あるいはカラー表示方式自体の革新も必要となるかもしれない。

以上の今後の技術動向を要約すると、当面は現在の技術開発の展開でAM-LCDの一層の発展・普及が期待できるが、次世代のディスプレイニーズに対応する表示機能/性能等の発展課題に対しては、AMデバイス以上に、表示体即ち液晶の動作方式の技術革新も重要になってきており、研究ステージにおいても再び新技術競合の面白い時代に入りつつあると言えよう。

(谷 千束)

## 参考文献

- (1) "電子ディスプレイ産業2000年ビジョンに関する調査研究報告書"、日本電子機械工業会、1993。

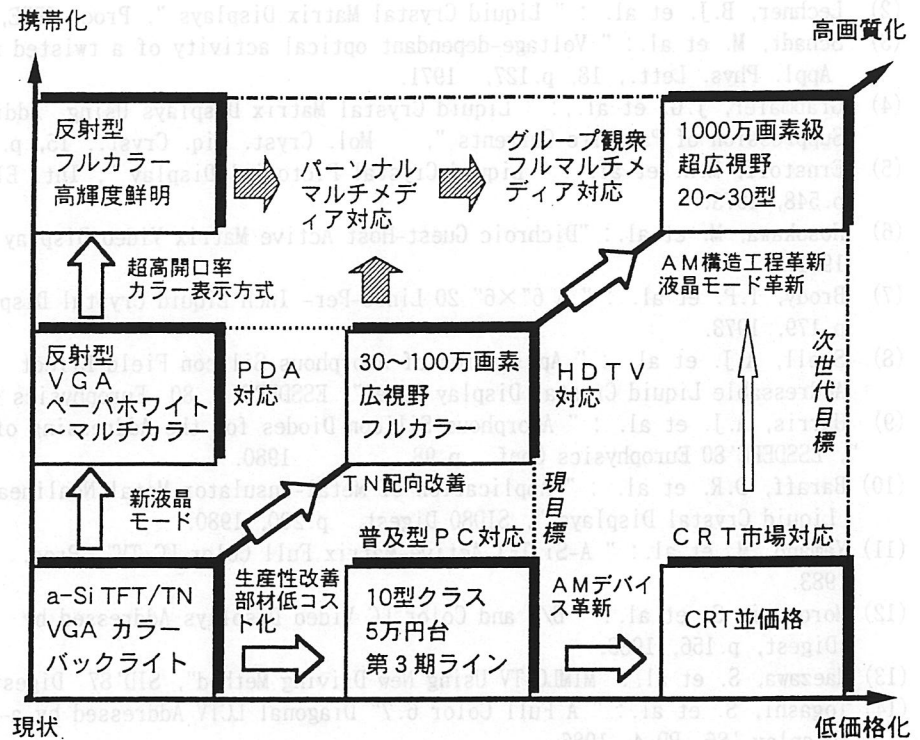


図4-7 AMLCDの今後の展望

フルマルチメディアは印刷・写真等の非電子系メディア高品位画質レベルでのマルチ化を指す

- (2) Lechner, B.J. et al. : " Liquid Crystal Matrix Displays ", Proc. IEEE, 59, p.1566, 1971.
- (3) Schadt, M. et al. : " Voltage-dependant optical activity of a twisted nematic liquid crystal ", Appl. Phys. Lett., 18, p.127, 1971.
- (4) Grabmaier, J.G. et al., : " Liquid Crystal Matrix Displays Using Additional Solid Layers for Suppression of Parasite Currents ", Mol. Cryst. Liq. Cryst., 15, p.95, 1971.
- (5) Ernststoff, M.N. et al. : " Liquid Crystal Pictorial Display ", Int. Electron Device Meeting, p.548, 1973.
- (6) Hosokawa, M. et al. : "Dichroic Guest-Host Active Matrix Video Display ", SID81 Digest, p.114, 1981.
- (7) Brody, T.P. et al. : " A 6"×6" 20 Lines-Per- Inch Liquid Crystal Display Panel ", SID73 Digest, p.179, 1973.
- (8) Snell, A.J. et al. : " Application of Amorphous Silicon Field Effect Transistors in an Addressable Liquid Crystal Display Panel", ESSDERC' 80 Europhysics Conf., p.99, 1980.
- (9) Harris, A.J. et al. : " Amorphous Silicon Diodes for the Addressing of Liquid Crystal Displays ", ESSDERC'80 Europhysics Conf., p.98, 1980.
- (10) Baraff, D.R. et al. : " Application of Metal-Insulator-Metal Nonlinear Devices in Multiplexed Liquid Crystal Displays ", SID80 Digest, p.200, 1980.
- (11) Yamano, M. et al. : " A-Si TFT Active-Matrix Full Color LC TV", Proc. Japan Display '83, p.214, 1983.
- (12) Morozumi, S. et al. : " B/W and Color LC Video Displays Addressed by Poly-Si TFTs ", SID'83 Digest, p.156, 1983.
- (13) Maezawa, S. et al. : "MIMLC-TV Using New Driving Method", SID'87 Digest, p.54, 1987.
- (14) Togashi, S. et al. : " A Full Color 6.7" Diagonal LCTV Addressed by a-Si Diode Rings ", Japan Display '86, PD-4, 1986.
- (15) Matsueda, Y. et al. : " New Technologies for Compact TFT-LCDs with High Aperture Ratio", SID 90 Digest, p315, 1990.
- (16) Yamamoto, S. et al. : " A Self-Scanned Light Valve with Poly-Si TFT Drivers by Low Temperature Process below 600 C", Proc. Japan Display '92, p.565, 1992.
- (17) 谷 千束 : " 情報メディア文明と次世代ディスプレイ "、ディスプレイ アンド イメージング、3、1、1994-09 予定
- (18) Spear, W. E. et al. : "Substitutional Doping of amorphous Si" Solid State Commun., 17 p1193 (1975)
- (19) Carlson, D.E. et al. : "Amorphous Si Solar Cell" Appl. Phys. Lett. 28 p671 (1976)
- (20) Le Comber, P. G. et al. : "Amorphous Si Field Effect Device" Electron Lett. 15 p179 (1978)
- (21) Okubo, Y. et al. : "Large Scale LCDs Addressed by a-Si TFT Array" SID Dig. Tech. Pap. p40 (1982)
- (22) Hotta, S et al. : "Full Color Multi-Gap LC-TV Display Panel Addressed by a-Si TFTs" SID Dig. Tech. Pap. p296 (1986)
- (23) 助川 統 他 : " 9.3 型 TFT カラー液晶ディスプレイ " NEC 技報 43 p18 (1990)
- (24) Ikeda, N. et al. : "High Resolution 12.9-in. Multicolor TFT-LCD for EWS" SID Dig. Tech. Pap. p59 (1992)
- (25) Maeda H. et al. : "A 15-in. -Diagonal Full-Color High-Resolution TFT -LCD" SID Dig. Tech. Pap. p47 (1992)
- (26) Suzuki, T. et al. : "33-cm-Diagonal Full-Color Wide-Viewing-Angle C-TN LCDs for Use in a Work station" SID Dig. Tech. Pap. p267 (1994)
- (27) Kamins, T.I. : "Field Effects in Polycrystalline Silicon Films" Solid -State Electron. 15 p789 (1972)
- (28) Morozumi, S. et al. : "LCD Full-Color Video Projector" SID Dig. Tech. Pap. p375 (1986)
- (29) Aruga, S. et al. : "Contrast Enhanced Mode for Active Matrix Displays" Conf. Record IDRC p236 (1988)
- (30) Hayashi, Y. et al. : "A 0.7-in Fully Integrated Poly-Si CMOS LCD with Redundancy" SID Dig. Tech. Pap. p279 (1991)
- (31) Matsueda, Y. et al. : "3.7-in. HDTV Light Valve with fully Integrated Peripheral Drivers " Proceedings 12th IDRC p561 (1992)
- (32) Takafuji, Y et al. : "A 1.9-in. 1.5-M Pixel Driver Fully-Integrated Poly-Si TFT-LCD for HDTV Projection" SID Dig. Tech. Pap. p383 (1993)

- (33) Nicholas, K. H. et al. : "Diode Network Addressing of LC TV displays" Proceedings 10th IDRC p170 (1990)
- (34) Maezawa, S. et al. : "MIM LC-TV Using New Driving Method" SID Dig. Tech. Pap. p54 (1987)
- (35) Nakamura, M. et al. : "High Productivity System for Manufacturing TFT -LCDs Based on Single Substrate Processing Equipment" Display Manufacturing Tech. Conf. p19 (1994)
- (36) Takechi, K. et al. : "A-Si:H TFTs Fabricated with Gated rf-discharge Plasma-CVD Technology" Ext. Abstr. 1993 Int. Conf. Solid State Devices & Materials. p970 (1993)
- (37) Rolland, A. et al. : "Design and process optimization for TFT/LCD" Mat. Res. Soc. Symp. p32 (1994)
- (38) White, J. et al. : "Single Substrate Plasma Enhanced CVD Processing System For TFT Manufacturing" Display Manufacturing Conf. Dog. Tech. Pap. p95 (1994)
- (39) Richou, F. et al. : "The 2S TFT Process for Low Cost AMLCD Manufacturing" SID Dig. Tech. Pap. p619 (1992)
- (40) Yamamoto, H. et al. : "A New a-Si TFT with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiN Double Layer Gate Insulator for 10.4-in. Diagonal Multicolor Display" IEDM Tech. Dig. p851 (1990)
- (41) Nishida, S. et al. : "A New Self-Aligned a-Si TFT using ion doping and Chromium Silicide Formation" MRS Symp. Proc., p303 (1991)
- (42) Hirano, N. et al. : "A 33cm-diagonal high-resolution TFT-LCD with Fully Self-Aligned a-Si TFTs" To be published in Proceedings 14th IDRC(1994)
- (43) Kobayashi, M. et al. : "High Mobility Poly-Si TFTs with Tungsten Polycide Gate for 1.9 M pixel HDTV LCD Projector" SID Dig. Tech. Pap. p75 (1994)
- (44) Nakazawa, K. et al. : "Lightly Doped Drain TFT Structure for Poly-Si LCDs" SID Dig. Tech. Pap. p311 (1990)
- (45) Mimura, A. et al. : "High Performance Low Temperature Poly-Si TFTs for LCD" IEDM Tech. Dig. p436 (1987)
- (46) Mimura A. et al. : "High Performance Low Temperature poly-Si TFTs for LCD" IEDM Tech. Dig. p436 (1987)
- (47) Sameshima, T. et al. : "Xecl Eximer Lase Annealing Used in The Fabrication of Poly-Si TFTs" IEEE Electron Device Lett. EDL-7 p276 (1986)
- (48) Asai, I. et al. : "Poly-Si TFT with Uniform Performance Fabricated by Eximer Laser Annealing" JJAP 32 p474 (1993)
- (49) Plash, H. J. et al. : "Liquid-Crystal Mixtures for Active-Matrix Displays Using New Terminally Fluorinated Compounds" SID Dig. Tech. Pap. p91 (1990)
- (50) Sarma, K. R. et al. : "A Wide-Viewing-Angle 5-in.-Diagonal AMLCD Using Halftone Grayscale" SID Dig. Tech. Pap. p555 (1991)
- (51) Yang, K. H. et al. : "Two Domain Twisted Nematic and Tilted Homeotropic Liquid Crystal Displays" Proc. 11th IDRC p68 (1991)
- (52) Koike, Y. et al. : "A Full Color TFT-LCD with a Domain-Divided Twisted Nematic Structure" SID Dig. Tech. Pap. p798 (1992)
- (53) Takatori, K. et al. : "A Complementary TN LCD with Wide-Viewing-Angle Grayscale" Proc. 12th IDRC p591 (1992)
- (54) Toko, Y. et al. : "TN-LCDs Fabricated by Non-Rubbing Showing Wide and Homogeneous Viewing Angular Characteristics and Excellent Voltage Holding Ratio" SID Dig. Tech. Pap. p622 (1993)
- (55) Bos, P. L., Rahman J. A. : "An Optically "Self-Compensating" Electro-Optical Effect with Wide Angle of View" SID Dig. Tech. Pap. p273 (1992)
- (56) Yamaguchi, Y. et al. : "Wide-Viewing Angle Display Mode for the Active-Matrix LCD Using Bend-Alignment Liquid-Crystal Cell" SID Dig. Tech. Pap. p277 (1992)
- (57) Yoshida, H. et al. : "A Full Color TFT-LCD with a Polymer-Dispersed Structure" Proc. 12th IDRC p631 (1992)
- (58) Tanaka, T. et al. : "A Full Color DHF-AMLCD with Wide Viewing Angle" SID Dig. Tech. Pap. p430 (1994)
- (59) Yamanaka, H. et al. : "Integrated Black Matrix on TFT Arrays" SID Dig. Tech. Pap. p789 (1992)
- (60) 例えば 段野雄治 他 "バックライト技術" デイスプレー アンド イメージング 1 273 (1993)、 薬師川英樹 "反射率 1/10、2倍の輝度で屋外利用を加速" フラットパネル

- ディスプレイ p141 (1994)
- (61) Mitsui, S. et al. "Bright Reflective Multicolor LCDs Addressed by a-Si TFTs" SID Dig. Tech. Pap. p437 (1994)
  - (62) Ferguson, J. L. "Polymer Encapsulated Nematic Liquid Crystals for Displays and Light Control Applications" SID Dig. Tech. Pap. p68 (1985)
  - (63) Yang, D. K. and Doane J. W. "Cholesteric Liquid-Crystal/Polymer-Gel Dispersions; Reflective Display Applications" SID Dig. Tech. Pap. p759 (1992)
  - (64) Okada, H. et al. "An 8-bit Digital Data Drivers for AMLCDs" SID Dig. Tech. Pap. p347 (1994)
  - (65) Conner, B. "Low Power 6-bit Column Driver for AMLCDs" SID Dig. Tech. Pap. p351 (1994)
  - (66) 今村他 "D A C内蔵方式カラー T F T液晶ドライバ" 電子技術 36-6 p35 (1994)
  - (67) Ohi, S. "A 13-in.-Diagonal Full Color High Resolution TFT-LCD with a New Analog Signal Conversion Scheme" SID Dig. Tech. Pap. p7 (1993)
  - (68) Hamada, H. et al. "Brightness Enhancement of an LCD Projector by a Planer Microlens Array" SID Dig. Tech. Pap. p269 (1985)
  - (69) Imai, M. et al. "A Novel Polarization Converter for High-brightness Liquid Light Valve Projector" Proceedings of the 13th IDRC p257 (1993)
  - (70) Kunita, M. et al. "A Full Color Projection TV using LC/Polymer Composite Light Valves" SID Dig. Tech. Pap. p227 (1990)
  - (71) Janssen, P. "A Novel Single Light Valve High Brightness HD Color Projector" Proceedings of the 13th IDRC p249 (1993)

## 5. 単純マトリクスLCD

### 5-1. はじめに

現在私達の身近なところで使用されている液晶ディスプレイ(LCD)には、主にTN(Twisted Nematic)モード<sup>(1)</sup>とSTN(Super Twisted Nematic)モード<sup>(2)</sup>の2種類の液晶モードが用いられている。表題の単純マトリクスLCDは、直行させたX・Yマトリクス電極間に上記の液晶層を配置し、液晶層に直接電圧を印加して駆動させる方式であり、ダイレクトマトリクス方式とも呼ばれる(図5-1<sup>(3)</sup>)。ここではTN、STN両モードが用いられているが、TNモードは小型を中心に、STNモードは中大型を中心に用いられている。

液晶はプラズマディスプレイやELディスプレイ等の他の電子ディスプレイと異なり、電気光学特性を示すカーブが印加電圧に対して比較的ゆるやかに変化する性質を持っている(図5-2)。このため線順次方式で駆動できる電極数が多くとれないという欠点となっている。

特にTNモードではこの傾向が顕著で、駆動電極本数(あるいはデューティ比)はせいぜい100本が限界である。一方、STNモードは電気光学特性を示すカーブが電圧に対してより急峻な特性を持っており、500本程度までの駆動が可能である。こうした特徴から単純マトリクスLCDでは、TNモードは低デューティで駆動のできる小型や精細度の低い機種に、STNモードは大型で高い精細度を要求される機種に用いられている。

STNモードが用いられている商品の代表としては、パソコンやワープロのモノクロおよびカラー表示パネルが挙げられる。画素数としてはVGA(640x480ドット)~SVGA(800x600ドット)程度のものが使用されているが、今後さらに高精細化(XGA:1024x768ドット)の動きがあり、対応が求められている。

最近では、アクティブマトリクスLCDと同様、単純マトリクス分野でも特にカラー化の動きが顕著であり、これまでモノクロLCDが採用されていたパソコンが、以前のモノクロ搭載のものと同程度の価格でカラー化されてきている。このOA分野で使用されている単純マトリクス駆動によるカラー液晶は、STNカラーが主流である。単純マトリクスの長所は簡単な構造と、その結果として低コスト化が可能な点である。

かつてTVがカラー化したように、ノートタイプパソコンのカラー化も後戻りのできない状況にある。更に最近では、かつてこうした市場は無いであろうと予測されていたワープロまでもがカラー化している。このような状況を生み出している要因は、安価で高画質のカラー液晶が提供されるようになってきたからに他ならない。アクティブマトリクス方式のTFTに比べて、画質の低さが指摘されていた単純マトリクス方式であるが、クロストーク、パネルの均一性、色の鮮明度などの点でTFTと比べて見劣りしないレベルの商品が得られるようになったことで、コストパフォーマンスのよさが再認識されたものと思われる。

また、単純マトリクス方式の欠点である応答速度、コントラスト、ブラックレベルの均一性、視野角などについても、新しい駆動法や、素子化技術、周辺材料等が開発され改善の方向にある。

パソコン以外の分野では、PDAに代表されるパーソナル機器への展開やナビゲーション等の車載分野への採用など、中・小型の商品の開発も盛んである。

PDA分野では携帯性を考慮して、低消費電力タイプのバックライトを使用しない反射

型が主流となるが、ここでもカラー化のための種々の提案がなされている。

単純マトリクスLCDが現在抱えている課題とそれに対する解決策を、表5-1にまとめる。ここに示した各項目の開発の現状について、以下、最近の話題を中心に述べる。

## 5-2. 単純マトリクスLCD開発の動向

### 5-2-1. 高速応答化

単純マトリクスLCDのここ数年の話題は、STN-LCDの応答速度をコントラストを犠牲にすること無く改善し、カラー動画表示を実現することにある。ワープロ、パソコン等にすでに大量の使用実績をもつ白黒STN-LCDデバイスではあるが、応答速度改善については、マウス使用や今後のマルチメディアで要求されている動画表示への対応という点からも強いニーズがある。

現在市販されているSTN-LCDの応答速度は150~300msecであるが、これを30~100msecにするための試みが続けられている。

STN-LCD自体の応答速度は、液晶層の厚さを現在の6ミクロンから4ミクロン程度に薄くすること、および液晶材料の粘性を下げることで達成可能である。しかし、従来用いられてきた線順次駆動法(APT法<sup>(4,5)</sup>)では、この時コントラストが大きく低下するという現象が起きる。これは、フレーム応答<sup>(6)</sup>と呼ばれるもので、液晶の緩和現象が駆動信号の周期に比べ早く起きることによる(図5-3)。これを防ぐために、これまでの駆動法とは全く概念を異にする新たな駆動方法が提案された。それは、複数ライン同時選択法と呼ばれるもので、全走査線または、数本の走査線に同時に走査信号を印加する方式である<sup>(7,8)</sup>。

ここでは、走査電極に印加される波形は直交関数として与えられ、同時に選択される1セットの走査電極群に印加される(図5-4<sup>(9)</sup>)。一方、信号電極群には、各画素の実効値電圧が表示内容に応じたものとなるよう、表示データと直交関数とから逆に演算された信号が印加される。直交関数はこの演算が常に一意に決定するために選ばれている。

従来のAPT波形もこの直交関数のひとつであるが、複数ライン同時選択用としては、Rademacher関数やWalsh関数等が用いられている。

現在、この方法により10インチクラスのVGAパネルで応答速度50msec、コントラスト40程度のものが試作されている<sup>(10)</sup>。この複数ライン同時選択法は、またSTN-LCDの抱えるもうひとつの課題であるクロストーク改善にも有効であるとされている<sup>(11)</sup>。

それは、印加波形の周波数スペクトルがより平均化されていることによる。

### 5-2-2. 高コントラスト化

ワープロ、パソコンに使用されているSTN-LCDは主に液晶パネルに位相差フィルムを積層して、STN-LCD特有の色を補償し白黒化したものである<sup>(12)</sup>。ここで用いられる位相差フィルムは、ポリカーボネートを一軸延伸して得られるものを偏光板と一体化したもので、パネルあたり1~2枚使用される。こうして得られるSTN-LCDのコントラストは現在20程度と、十分とはいえない状況であり、改善の試みがなされている。

その1つに、STN液晶パネルの持つ光学特性により近い液晶ポリマーフィルムを位相差フィルムとして用いる試みがなされている<sup>(13)</sup>。この方法によると、当初提案されたSTN-LCDを2層重ねたD-STN方式<sup>(14,15)</sup>並みの、より理想に近い光学補償が可能となり、OFF時の光透過を可視光全域で低減させることができるようになるといわれている。

図5-5にこの液晶ポリマーフィルムにより光学補償されたSTN-LCDの透過率スペクトルを示す。LCDのコントラストはOFF時の透過率の影響を大きく受けるためその改善が期待でき、早期の実用化が待たれる。

この他、STN-LCDの高速応答化に対応して $\Delta n$ の大きい液晶材料が使われる方向にあるが、これにあわせた波長分散性の大きい位相差フィルムの開発や、STN-LCDの使用温度域の拡大に伴い、位相差値の温度依存性を液晶の $\Delta n$ の温度依存性に合わせる試みがある。これらにより、より広範囲の用途でのコントラストの改善が図られようとしている。

### 5-2-3. カラー化

単純マトリクスLCDのカラー化はポータブルTVの分野で、すでに多くの実績を積んできている。ここでは、TNモードと染色方式によるカラーフィルタとの組み合わせで主に低デューティの商品を製造してきている。

OA用途にも使用できる大型・高精細のカラーパネルに目処がついたのは、STNモードで白黒表示が可能になった時点であり、まずTN用で実績のあった染色カラーフィルタとの組み合わせでサンプルが作成された<sup>(16, 17, 18)</sup>。

このSTN-LCDのカラー化は、その可能性が指摘されてからかなりの時間をかけてようやく本格的な実用化に至った。その理由は画質レベルにあったと思われる。

TN-LCDをベースにしたTF-Tのカラー化と比較して、表示品位に優れたSTN-LCDのカラー化実現までには、より多くの解決すべき技術課題があった。そのひとつがカラーフィルタの耐熱性と表面平滑性である。5~10 $\Omega$ /□の低抵抗ITO透明導電膜を形成する時、また液晶配向膜を形成する際に受ける熱に耐え得る顔料系カラーフィルタが得られるようになったこと、および高性能の平滑化膜が開発されてきたことで、これらの課題が解決されてきた。

表5-2に実用レベルのカラーSTN-LCDの性能を示す。

コントラストは使用するカラーフィルタの性質によって変化する。上述の、表面平滑性は画素部分のコントラストに影響を及ぼすが、このほかに電極線間の光もれもコントラストに影響を及ぼす。そのため、より高コントラストを狙ってカラーフィルタにブラックマトリクスを形成し、電極線間からの光漏れをなくす構成が一般に採用されている。

従って、ブラックマトリクスを用いることのない白黒のSTN-LCDに比べてカラーSTN-LCDの方がコントラストは高くできる。

カラーパネルでは、白黒の場合の3倍の表示信号が必要になり、これに伴って2画面駆動のVGAの場合には、ドライバIC(TCP: Tape Carrier Package)と液晶パネルとの接続ピッチが100ミクロン以下(10インチクラスの場合)に狭くなるという問題が生じる。

駆動デューティ比を大きくし1画面駆動にすることで接続ピッチは2倍にできることから、当初この1画面駆動が試みられたが、応答速度、クロストークレベル、コントラストの点でやや問題があり、広く採用されるには至らなかった。STNカラーが本格的に市場に受け入れられたのは2画面駆動(デュアルスキャンとも呼ぶ)によってである。

一方、こうした要請に応じて100ミクロン以下の接続ピッチに対応可能なTCP搭載装置が各社で開発され、ファインピッチTCPの搭載が量産レベルでも進められることとなり、2画面駆動方式のカラーSTN-LCDの普及の基礎を築いた。

今後、10インチクラスのSVGAや6インチクラスのVGAが要求されるに伴い、こ

の接続ピッチは更に狭くなって、50ミクロン程度までの接続が必要になり、更に搭載精度を向上させた装置が開発されている。

#### 5-2-4. 反射型カラー

LCDの用途の拡大に伴いパーソナル、ポータブル機器への採用をめざした低消費電力、薄型、軽量パネルの開発が盛んである。薄型、軽量化に対応した技術としては、従来のガラス基板に代えてプラスチックシートを用いた素子開発が進められている。プラスチックフィルムを基板にしたLCDはすでに実用化されており、ペーজァー等の小型機器に搭載されている。ここでは100~200ミクロン厚さのフィルムが使用されているが、PDAに代表される小型情報機器用としてはやや厚い300~400ミクロンの基材の提案もされている。

ポータブル機器は消費電力、重量、サイズの点でバックライトを用いない反射型とならざるをえないが、こうした要求に応じて、STN-LCDをベースにし、カラーフィルターを用いないでマルチカラーを得るモードが実用化された。基本構成は既にパソコン用として発売されたことがあるティントモード<sup>(19)</sup>と同一であり、液晶の複屈折を利用している。

最近開発されたものでは、更に位相差フィルムの複屈折とを組み合わせることで温度やセル厚さの影響を受けにくいものになっている。図5-6に反射型カラー液晶パネルの基本構成と表示色の変化とを示す<sup>(20)</sup>。この方式では印加電圧の調整により青、緑、赤、および無彩色の4色が表示される。ただし、この方式では中間電圧で色を変化させるために階調表示は得られない。

#### 5-3. バックライト技術

カラー化の進展、およびこれと同時に進行している携帯用パソコンの普及に伴い、液晶表示パネル用のバックライトにも、高輝度、薄型、軽量、長寿命、低消費電力などが求められる。光源の蛍光ランプ、導光板、ランプハウス、拡散フィルム、集光フィルムに種々の改良が加えられている。これらを表5-3にまとめる。

液晶表示パネル側の要求に応じて、バックライトの性能はここ数年飛躍的に向上してきた。これは、光源の蛍光ランプの改善によるところが大であったと見ることができる。

蛍光ランプには、熱陰極方式と冷陰極方式とがあるが、表5-3に示すように、液晶表示パネル用としては冷陰極方式が主に採用されている。発光効率の点では熱陰極方式が優れており、高輝度のものが得られるが、薄型化、長寿命化、低消費電力化の要求に対しては冷陰極方式が優れていることによる。

冷陰極蛍光ランプの細径化は現在2~3mm程度まで進んでおり、機械的強度、発光効率などの点からほぼ限界にきているとされる。今後は信頼性の向上、性能の安定化、低コスト化に対する要求がより追求される方向にある。

蛍光ランプの持つ性能をより効率的に生かすために、ランプホルダー形状の改善や、レンズフィルム、プリズムアレイ等の採用が進められている(図5-7<sup>(21)</sup>)。その結果、10インチクラスで冷陰極蛍光ランプ1灯型のバックライトの輝度は $2500\text{cd}/\text{m}^2$ 程度のものが得られるようになっている。消費電力は3W以下である。

さらに軽量化を図るため、現在用いられているアクリル製の導光板を無くし、空気層を用いた構造が検討されている。この方式が実現すると、軽量化と共に薄型化、高輝度化、低消費電力化、低コスト化が期待でき、今後の成果が期待される。

#### 5-4. おわりに

LCDの市場規模が喧伝され、研究開発もLCDとその周辺技術を取り込んで熱を帯びている。今後の市場を牽引するのはTFT方式とされているが、単純マトリクス方式の分野においてもこのTFTの表示画質に迫る開発が進められていることを紹介した。

今回の報告ではその一端を紹介したにとどまるが、ここでは割愛した分野に(反)強誘電性液晶がある。この素子は量産技術の面でいくつかの障害があるとされているが、継続的な研究開発が進められており、一部対角38cm(15型)の大型カラーパネルのサンプルが作成され商品化が進められている。今後の展開についてはまだ未知数の部分があるが、単純マトリクスLCDの限界を打ち破る技術の1つとして、大いに関心がもたれる。

フラットパネル・ディスプレイの競争相手はCRTである。LCDはCRTでは考えられなかった用途を開拓し、独自の分野を切り開いたが、画質とコストの点ではまだ改善の余地が残されている。関連分野の技術開発が大いに期待される所以である。

#### 5-5. 参考文献

- (1) Schadt, M. and Helfrich, W., Appl. Phys. Lett., Vol. 18, p. 127 (1971).
- (2) Scheffer, T. J., Proc., of the 3rd Int'l Display Res. Conf., p. 400 (1983).
- (3) 日本学術振興会大142委員会編, 液晶デバイスハンドブック, P. 388 (1989).
- (4) Alt, P. M. and Pleshko, P., IEEE Trans. ED, Vol. ED21, p. 146 (1974).
- (5) Kawakami, H., Nagae, Y. and Kaneko, E., SID-IEEE Record of Biennial Display Conf., p. 50 (1976).
- (6) Kaneko, Y., Proc. of the Eurodisplay'90, p. 100 (1990).
- (7) Scheffer, T. J. and Clifton, B., SID'92 Digest, p. 228 (1992).
- (8) Ihara, S., et al., SID'92 digest, p. 232 (1992).
- (9) Ruckmongathan, T. N. and Madhusudana, N. V., Proc., of the SID, Vol. 24/3, p. 259 (1983).
- (10) Muraji, H. et al., SID'94 Digest, p. 61 (1994).
- (11) Ruckmongathan, T. N. et al., Proc. of the Japan Display'92, p. 65 (1992).
- (12) 永田, 和田, 松澤, 日経マイクロデバイス, 10月号, p. 28 (1987).
- (13) Mukai, J. et al., SID'94 Digest, p. 241 (1994).
- (14) 奥村, 永田, 和田, テレビジョン学会技術報告, Vol. 11, p. 79 (1987).
- (15) Katoh, K. et al., J. Appl. Phys., Vol. 26, p. L1784 (1987).
- (16) Koh, H. et al., SID'88 Digest, p. 53 (1988).
- (17) Kimura, N. et al., SID'88 Digest, p. 49 (1988).
- (18) Watanabe, H. et al., SID'88 Digest, p. 416 (1988).
- (19) 飯島他, テレビジョン学会技術報告, Vol. 14, p. 51 (1990).
- (20) 西野, 佐藤, 日経マイクロデバイス, 1月号, p. 99 (1994).
- (21) Mesaki, Y. et al., SID'94 Digest, p. 281 (1994).

表5-1 単純マトリクス液晶の開発課題と対策

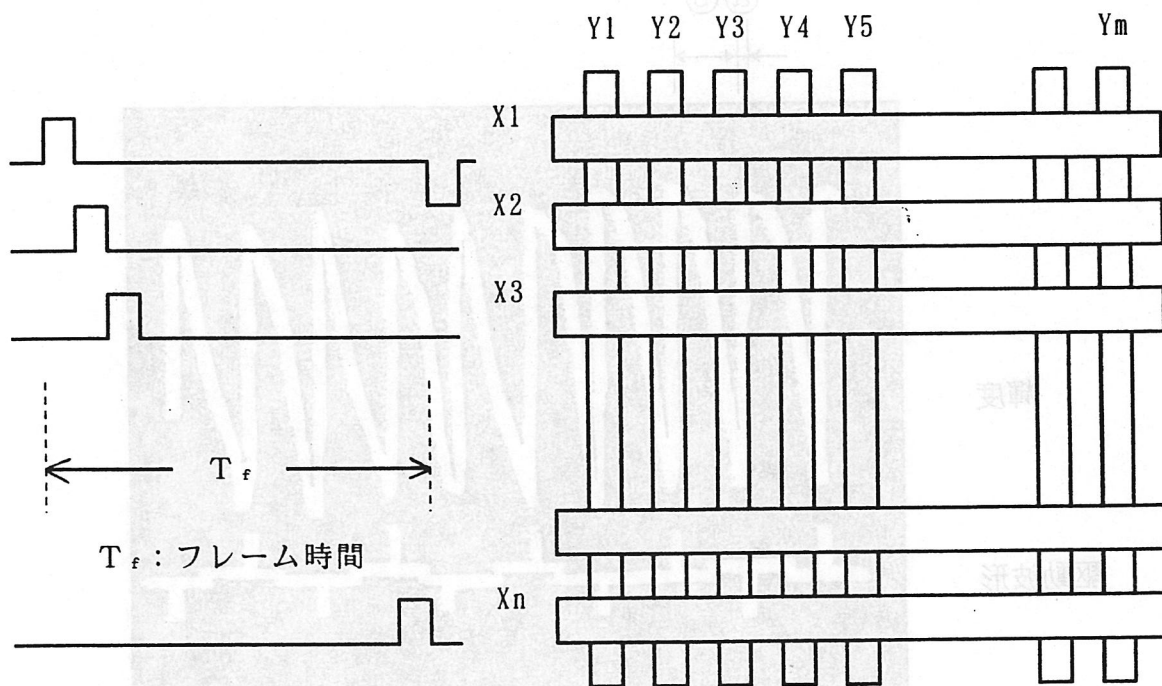
課 題	解 決 策
応答速度	複数ライン同時選択駆動法 (MLSおよびAA) 低粘性液晶 狭ギャップ化
コントラスト	デュアルスキャン カラーフィルター 積層フィルム
クロストーク	複数ライン同時選択駆動法
階調表示	セル化技術
視野角	拡散フィルム
ブラックレベルの均一性	セル化技術
消費電力	高効率バックライト 反射型カラー
表示情報量	(反) 強誘電性LCD

表5-2 カラーSTN-LCDの性能

項 目	性 能
画面サイズ	7.8" ~ 13"
画素ピッチ	0.24mm ~ 0.33mm
画素数	640 x (3) x 480 ~ 800 x (3) x 600
応答速度	150 ~ 250 msec
コントラスト	15 ~ 30
ON輝度	70 ~ 90 cd/m <sup>2</sup>

表5-3 バックライトの課題と解決策

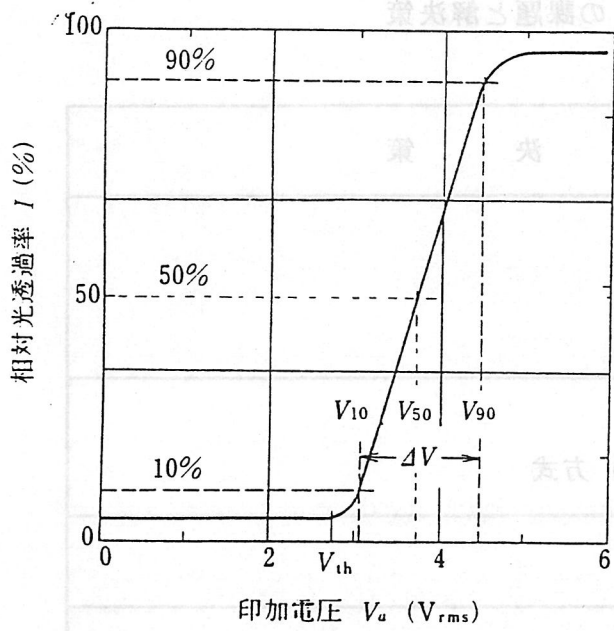
課 題	解 決 策
高輝度化	蛍光ランプの細径化 レンズフィルム ランプホルダー形状
薄型化	蛍光ランプの細径化 エッジライト（導光板）方式
軽量化	導光板なし構造
長寿命化	冷陰極蛍光ランプ
低消費電力化	冷陰極蛍光ランプ 高効率インバータ



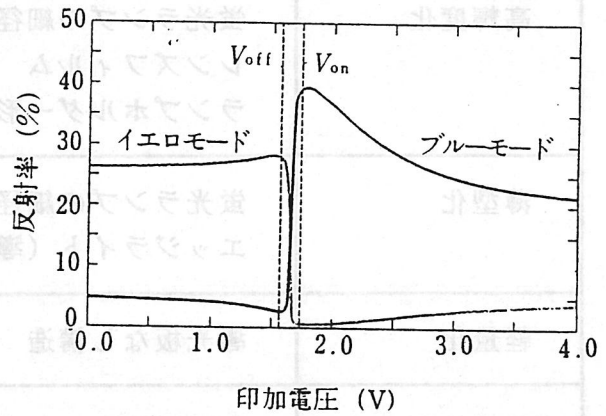
走査電極（X）への印加波形

マトリクス電極配置

図5-1 単純マトリクスLCDにおけるX-Yマトリクス電極配列と走査側電極波形



(a) TNモード



(b) STNモード

図5-2 液晶の電気光学特性

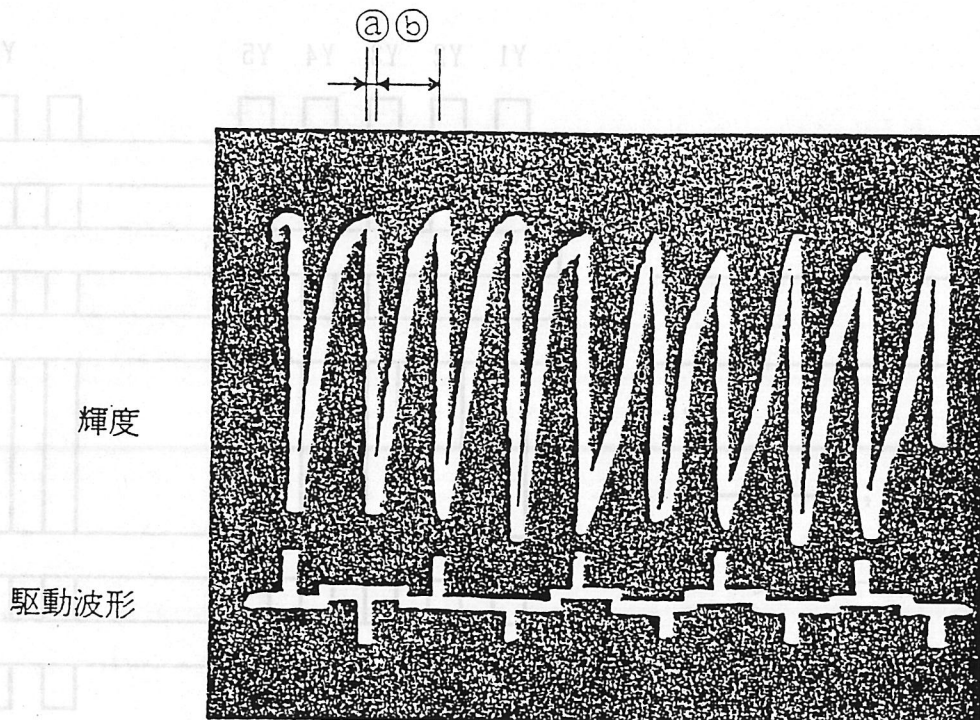


図5-3 STNモードのフレーム応答

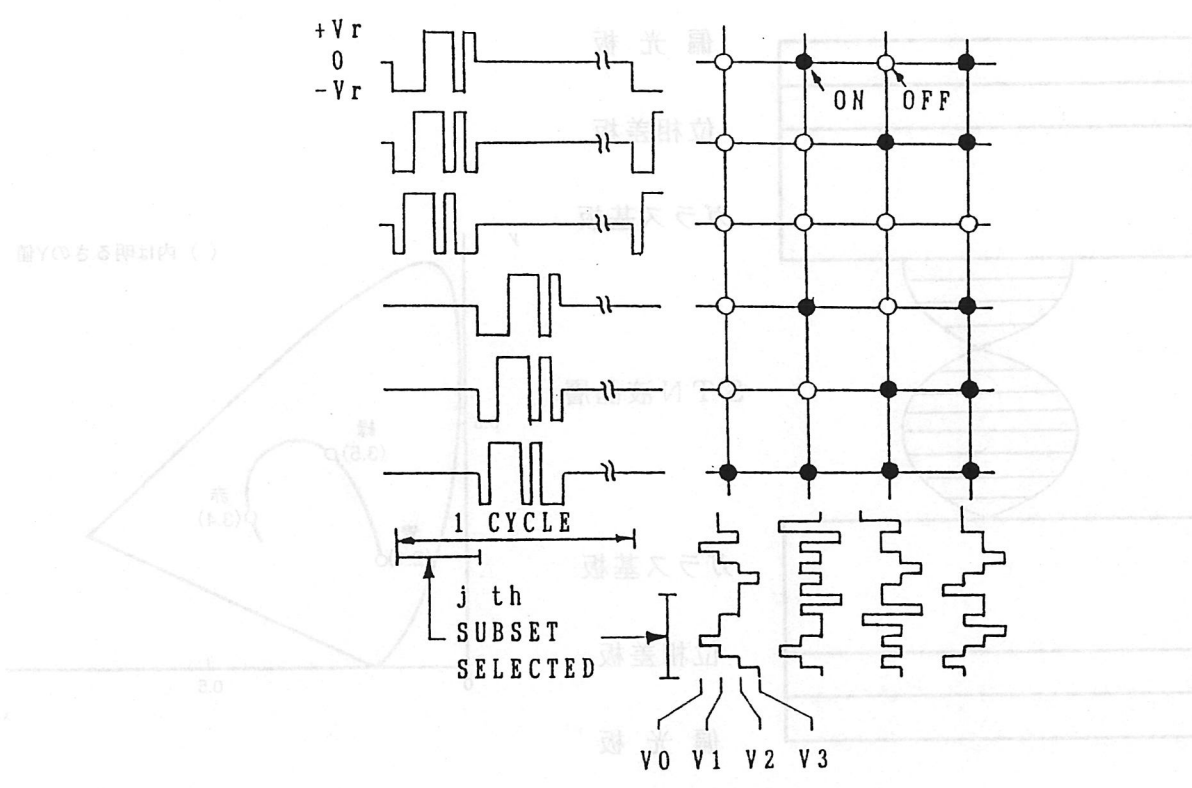


図5-4 複数ライン同時選択法における選択波形

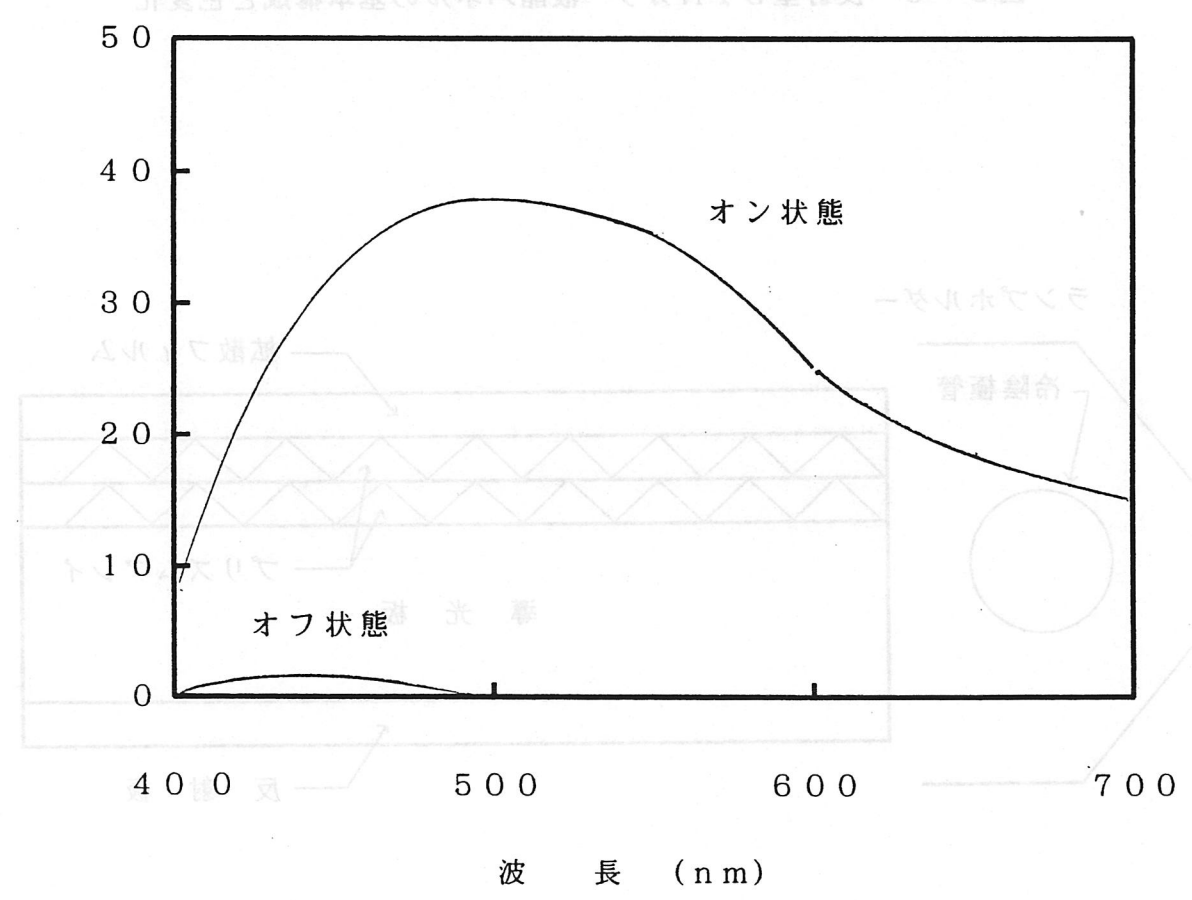
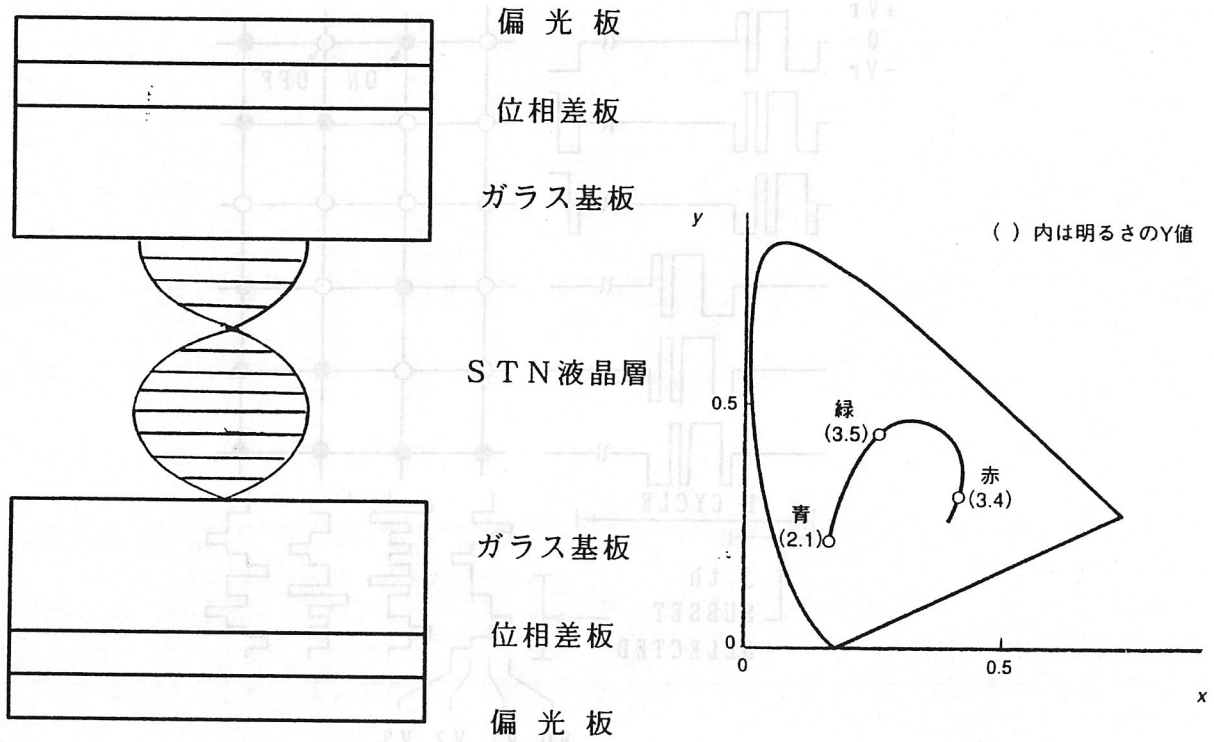


図5-5 液晶ポリマーフィルムによるSTN-LCDの光学補償効果



(a) 素子構成

(b) 色変化

図5-6 反射型STNカラー液晶パネルの基本構成と色変化

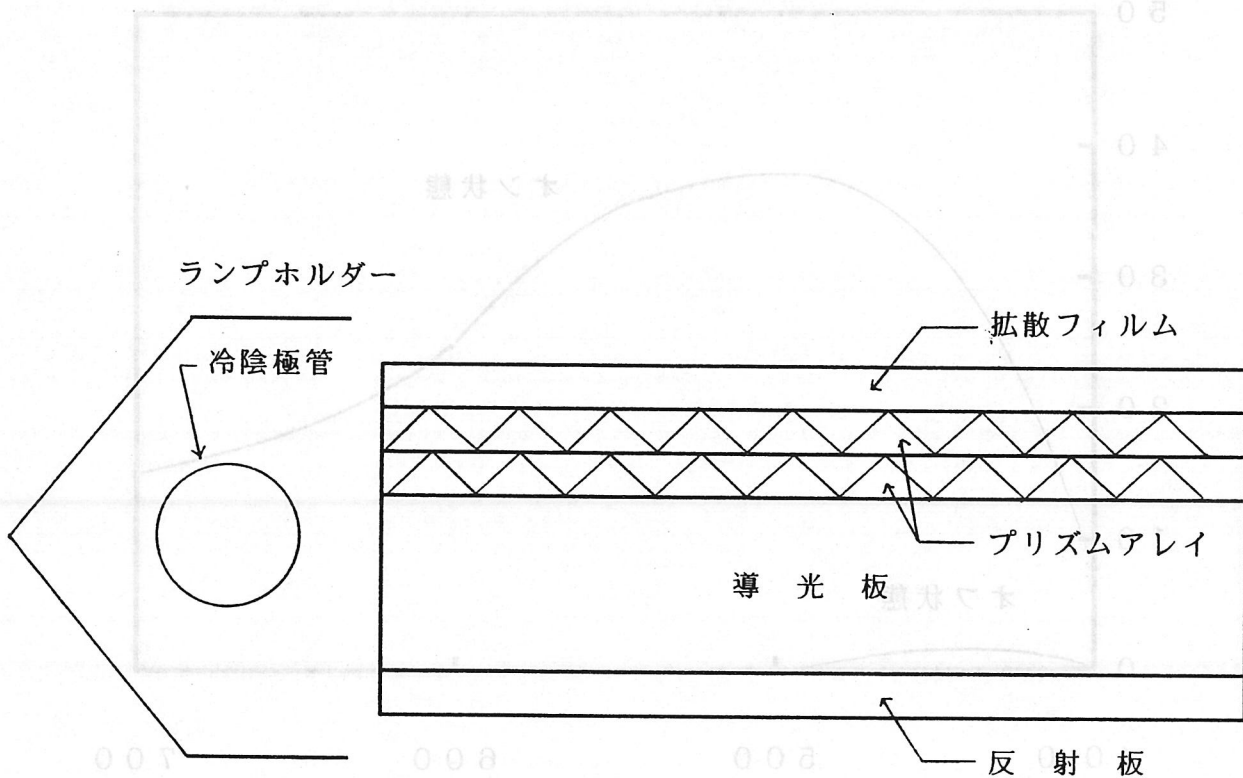


図5-7 新規に開発されたバックライトの構造

## 6. LCD用バックライト

### 6-1. はじめに

CRTと並び、今日の情報化社会におけるキーデバイスとなった液晶ディスプレイ（LCD）は、表6-1<sup>1)</sup>に示すように、将来的にもパーソナル情報システム、テレビ/マルチメディアシステム、大画面情報システム、環境空間表示システムなど、我々の日常生活の中に多様な形態で利用されていくと予測される<sup>2)</sup>。

カラーLCDのOAやAVシステム、さらに上記システムへの実用化をめざし、LCDへの要求性能（大画面化、高精細化、高輝度化、低消費電力化、薄型・軽量化、フルカラー化など）に合わせ、LCD用バックライトに要求される性能もより厳しくなり、高輝度化、長寿命化、低消費電力化、薄型化などの性能向上に向けて、研究、開発が活発に行なわれている。

本章では、直視形LCD（ビューファインダ、小型テレビ、パソコン、ワープロ、車載用モニターなど）に用いられるバックライトの方式や、使用される光源、光制御部材の性能などについて、1992年（平成4年）から1994年（平成6年）における技術動向を中心に概説し、あわせて大画面化に用いられている投写形LCD（液晶プロジェクタ）用バックライト（光源システム）の概要を述べる。

なお、1991年までの技術動向については、1992年3月に発行された『発光ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書（JIER-23）』を参照されたい。

### 6-2. バックライトに要求される性能

直視形カラーLCD用バックライトへの要求性能には(1)輝度（3,500～7,000cd/m<sup>2</sup>）、(2)輝度均斉度（85%以上）、(3)色再現性（3波長域発光）、(4)色温度（6,000～8,000K）、(5)寿命（10,000時間以上）、(6)調光性（連続調光）、(7)温度均一性（3～4℃以内）、(8)低温始動性（～10℃、車載用～30℃）、(9)消費電力（10インチで5W以下）、(10)薄型（5mm以下）、などがある<sup>3)4)</sup>。これらの要求性能の中でも、近年、カラーLCDを搭載したノートブックタイプのパーソナルコンピュータの普及にともない、カラーの動画表示に対応するための高輝度化や、携帯・可搬性に対応するための低消費電力化への要求が増しており、それらの課題解決が急務になっている<sup>5)6)</sup>。

### 6-3. バックライトの方式

バックライトには反射板（直下）方式、導光体（エッジライト）方式、平板（面状光源）方式などの光学系方式があるが、薄型化、軽量化、低消費電力化などへの要求から、導光体方式が主流になりつつある。導光体方式の課題は、光源から導光体への入射光の高効率入射や、導光体内部での光均一（拡散）化、高反射である。

特に、プリズム・シート、レンズ・フィルムなどの高輝度化部材の採用<sup>7)</sup>や、導光体の形状の変更などにより、従来方式より20～60%の高輝度化を実現した例もある<sup>8)</sup>。

#### 6-3-1. 導光体（エッジライト）方式

導光体方式の高効率化への取り組みは種々行われており、最近では、光源（蛍光ランプ）から導光体に入射し、さらに、プリズム・シート、レンズ・フィルムなどにより、均一な光に配光制御する過程を、光学シミュレーションと実験とから検証する取り組みが行われている。各過程での光損失の割合が解明されるなか、光損失が最も大きいとされる蛍光

ランプと反射板（ホルダー）との位置関係、すなわち、反射板形状を従来の球面形状から多平面形状にして光利用効率を93%までに高めている<sup>9) 10)</sup>。また、従来のドット印刷パターンに代わり、円錐状の穴（コーン加工）や碁盤の目状の切込み（ネルフ加工）<sup>11)</sup>、あるいは凹凸状のエンボス模様<sup>12)</sup>などを形成して、導光体内部の光反射を均一にする試みもされており、この方式が実用化されるとプリズム・シートやレンズ・フィルムが不要になる。

導光体の薄型化がより進められ、冷陰極形蛍光ランプ（管径 $\phi 3.1\text{mm}$ ）を1本用いたモノクロLCD用バックライトにおいて、厚さ2mm（画面サイズ10インチ、消費電力1.8W）でバックライト面輝度 $600\text{cd}/\text{m}^2$ を、同じく冷陰極形蛍光ランプを2本用いたカラーLCD用バックライトにおいて、厚さ3.7mm（10.4インチ、消費電力7W）でバックライト面輝度 $3,000\text{cd}/\text{m}^2$ をそれぞれ実現している<sup>13)</sup>。

さらに、より薄型・軽量化への対応として、図6-1に示すように、導光体を使わずに乱反射層をもつ反射板で空洞を構成<sup>14)</sup>し、上部に設けた拡散効果をもつ集光レンズで集光させることにより、従来の導光体方式に対し、重量が1/3、厚さが2/3、輝度も20~40%向上し、かつ消費電力を10~20%低下させたバックライト<sup>15)</sup>が開発された。表6-2にこの方式と各種導光体方式との特性を比較した例を示す。

#### 6-3-2. 反射板（直下）方式

反射板方式は、高輝度化への対応として、蛍光ランプの複数併置や、W字型やU字型に屈曲させた蛍光ランプと反射板との組み合わせにより、バックライトを構成している。

反射板方式は複数の蛍光ランプが見かけ上、併置される構造であるため、他方式に比べて輝度均一化が問題となる。このため、反射板の形状や、反射率の最適化、光拡散部材や光均一化部材（ドット、ストライプパターン形成）との併用などにより対応している。

別の試みとして、W字型の冷陰極形蛍光ランプ（ $\phi 4.1\text{mm}$ ）の円周方向の配光に指向性を持たせて輝度均一化を図ることが行われた<sup>16)</sup>。図6-2に蛍光ランプの断面形状と、このランプで得られるバックライト面の輝度分布特性を示す。反射板側と拡散板側との配光比率を3:2とすることにより、輝度が均一化されていることがわかる。

#### 6-3-3. 平板（面状光源）方式

導光体方式、反射板方式と異なり、導光体や光制御部材（反射、光拡散、光均一化部材など）を用いない平板（面状光源）方式も、その特徴を最大限生かせる4インチ以下程度の小形LCDの分野において開発が進んだ。

蛍光ランプを平板状にした面状蛍光ランプの高輝度化や、発光効率の向上が行われ、放電回路を6~12本に屈曲させ、各放電路の間にくさび状反射鏡を配置した蛍光ランプ（対角長10インチ、バックライト面輝度 $9,780\text{cd}/\text{m}^2$ ）<sup>17)</sup>や、複数の対向電極を高周波点灯させる蛍光ランプ（対角長5インチ、駆動周波数14kHz、パルス幅 $2.5\mu\text{sec}$ 、バックライト面輝度 $3,260\text{cd}/\text{m}^2$ ）<sup>18)</sup>などが開発された。

平板形蛍光ランプは直管形蛍光ランプより温度依存性が高く、放電安定性に大きく影響する。そのため、点灯回路に周囲温度や電源電圧変動などを検知する機能を持たせ、インバータの出力電圧をPWM（パルス幅変調）制御して輝度補正し、安定条件を維持する回路方式<sup>19)</sup>が提案された。図6-3にPWM制御部の駆動インバータ基本回路の構成を示す。

同様に、従来、Ar-Hgにより蛍光体の励起発光をHgの紫外線で行っていたものを、Ar-Xeガス（ただし、陰極のスパッタ防止のためにHgも封入）の紫外線発光を利用して行き、低温時の輝度低下や色ずれを抑制した平板形蛍光ランプ（0.7インチ）が開発された<sup>20)</sup>。

また、蛍光ランプの断面形状を扁平にし、その扁平率（短径／長径）を0.23とした扁平蛍光ランプが、LCDビューファインダ（0.7インチ）用として開発されている。この扁平構造の三次元構造解析を、有限要素法で解析し、その結果をもとに耐圧強度設計を行ったリ、蛍光体透過率と発光効率の相関をSchuster-Kubeika-Munk方程式によるシミュレーションと実測で求め、透過率60%で発光効率が最高になることを見いだした<sup>21)</sup>。図6-4に、蛍光体透過率と発光効率との関係を示す。

図6-5に示すように、対向させた複数の電極間で紫外線を放射させ、蛍光体を励起発光させる航空機用平板光源（3インチ）も開発され、バックライト面輝度10,300cd/m<sup>2</sup>、効率15.6lm/Wを実現<sup>22)</sup>している。表6-3にその性能を示す。

平板形蛍光ランプの代わりに、カソードルミネセンスで発光する平板光源が開発された。この光源は図6-6に示すように、4電極構造（背面電極、カソード電極、2つのグリッド電極）で、グリッド電極に加えるパルス電圧幅を制御することにより0~100%の調光が可能で、緑色発光ながらバックライト面輝度70,000cd/m<sup>2</sup>（3.7インチ、消費電力35W）を達成<sup>23)</sup>した。表6-4にその性能を示す。

## 6-4. バックライトの構成要素

### 6-4-1. 光源および点灯回路

携帯型テレビやパソコン、ワープロなど、AV、OA機器のLCD用バックライトには、高輝度、高発光効率、光色の選択範囲が広い、色再現性がよい、といった特徴を持つことから、主に熱陰極形や冷陰極形蛍光ランプが用いられている<sup>24)</sup>。

蛍光ランプの放電特性の違いから、液晶パネルの種類や用途により、液晶パネルの透過率が約15%のSTNモノクロLCD用バックライトには長寿命の冷陰極形蛍光ランプが、透過率が約3%のTFTカラーLCD用バックライトには発光効率の高い熱陰極形蛍光ランプ、または複数灯の冷陰極形蛍光ランプが用いられ<sup>25)</sup>、両蛍光ランプとも発光効率の向上や寿命、始動性の改善などが行われている<sup>26)</sup>。

また、蛍光ランプ用点灯回路では、従来の巻線トランスに代えて圧電トランスを用いることにより、薄型・軽量化を図る<sup>27)</sup>など、新しい試みもされている。

#### (1) 熱陰極形蛍光ランプ

熱陰極形蛍光ランプを用いたバックライトの課題に、冷陰極形蛍光ランプ並みの寿命の確保（5,000~10,000時間）がある。熱陰極形蛍光ランプの寿命はエミッタの消耗量に依存するが、バックライトの薄型化に対応させるため、ランプの管径の細管化とコイル寸法の縮小により、エミッタ量が減少し寿命が短くなる。現状での管径φ8mm以下のランプ寿命は1,000~3,000時間<sup>3)</sup>であり、冷陰極形蛍光ランプの寿命に近づけるため、長寿命化が図られている。

このような要求に対し、導光体方式の光学系に熱陰極形蛍光ランプ（φ15.5mm, 1本）を組み合わせ、長寿命化の対策として3秒のフィラメント予熱と点灯30秒後にフィラメント電流をカットする回路方式で、25万回以上のON-OFF寿命と初期点灯後5,000時間における輝度維持率75%（最終寿命10,000時間、バックライト面輝度3,000cd/m<sup>2</sup>）のパソコン用バックライトが開発<sup>28)</sup>された。

#### (2) 冷陰極形蛍光ランプ

一方、冷陰極形蛍光ランプを用いたバックライトの最大の課題は、熱陰極形蛍光ランプ並みの発光効率の確保である。

反射板方式の光学系に、W字型の冷陰極形蛍光ランプを組み合わせ、ランプ管径、封入ガスの種類とガス圧を最適化することにより、管径 $\phi 6.2\text{mm}$ 、封入ガスにAr-Neの混合ガスを用いて、管径 $\phi 8.0\text{mm}$ 、Arガスを用いたランプに対し、約1.5倍の輝度向上（ランプ電流14mA、管面輝度 $9,000\text{cd}/\text{m}^2$ ：6インチ車載液晶モニターに使用）を図ったり<sup>29)</sup>、管径 $\phi 3.0\text{mm}$ で管壁温度を上昇させ、ランプ電流5mAとした直管形<sup>30)</sup>が開発された。

また、蛍光ランプの細管化（ $\phi 2.6\text{mm}$ ）と薄肉化（ $0.3\text{mm}$ ）で管壁温度を上昇させ、管径 $\phi 5.0\text{mm}$ 、肉厚 $0.8\text{mm}$ のランプに対し、約1.94倍の発光効率（ランプ電流2.3mA、ランプ電力 $0.4\text{W}$ 、管面輝度 $17,700\text{cd}/\text{m}^2$ ：ビューファインダ用）を実現<sup>31)</sup>したり、ランプ長150mmの管内径を $\phi 4.6\text{mm}$ から $\phi 2.0\text{mm}$ に縮小し、図6-7に示すように、管表面輝度で3倍、発光効率で1.32倍に、またランプ長25mmの管肉厚を $0.5\text{mm}$ から $0.3\text{mm}$ に薄くすることにより、発光効率を約9%向上<sup>32)</sup>させた。

長寿命化への取組みとして、Tiと必要量のHgを合金化して必要Hg量を正確に充填し、Hg不足によるランプの短寿命を抑制することも行なわれている<sup>33)</sup>。

また、冷陰極形蛍光ランプには、外光が遮断された暗所において、放電開始に必要な初期電子が十分確保されず、始動性が低下する問題がある。この始動性を改善するため、補助電極の放電ギャップの適正化と補助放電回路インピーダンスの選定により、主放電の遅れ時間を約40%短縮（ $27\mu\text{sec}$ ）させること<sup>34)</sup>や、焼結電極に $\text{Cs}_2\text{O}$ を含浸させて暗所（ $0.31\text{x}$ 以上）時に瞬時点灯させること<sup>31)</sup>により、暗所時の即時始動性を改善している。

さらに、低温始動性改善への取組みとして、車載用においてAr-Hg混合ガスを封入したW字型の冷陰極形蛍光ランプ（ $\phi 6.2\text{mm}$ ）に、断熱性の高いSi樹脂コートを手ター表面に施し、反射ケースの温度上昇を20度以内に抑制（周囲温度 $-30^\circ\text{C}$ 時）して、光立上がり時間を約10秒短縮している<sup>35)</sup>。図6-8にバックライト面の輝度立上がり特性を示す。

別の試みとして、熱陰極形の高発光効率と冷陰極形の長寿命の両方の特徴を持つ蛍光ランプ（セミホット管）も開発された<sup>36)</sup>。基本構造は冷陰極形で、図6-9のように、焼結電極を囲むようにカップ電極（同心円状の金属や焼結体）を配置し、発光効率が約15%向上し、寿命15,000時間（管電流10mAでの点灯時）を確保している<sup>37)</sup>。図6-10に入力電力に対する輝度特性を示す。

### （3）蛍光ランプ用点灯回路

バックライトの高効率化において、蛍光ランプや光学系の効率改善はもちろん必要であるが、点灯回路に入力された電力のうち、バックライト光として寄与する割合は8.2%という報告<sup>9) 10)</sup>もあり、点灯回路（インバータ）との組み合わせによる高効率化も重要な検討課題である。

冷陰極形蛍光ランプ用点灯回路の小形・軽量化への取組みとして、インダクタンス素子（コイル、トランス）の代わりに、図6-11に示すようなMOSFETとキャパシタで構成した変成器と極性反転回路を用い、600V、100kHzの高電圧を実現した<sup>38)</sup>。

また、圧電セラミックストランスを用いた点灯回路も開発されている。冷陰極形蛍光ランプのように、高電圧・小電流を必要とする場合に適している。ピエゾトランスを用いた方式<sup>39)</sup>は、平板状の圧電セラミック素子に、厚み方向と長さ方向に電極を形成し、その厚み方向に、長さ方向で決まる固有周波数の電圧を加えると、電歪効果により長さ方向に強い機械的振動が発生し、長さ方向の電極からの圧電効果により、高電圧が発生することを応用している。

### （4）蛍光ランプの基本特性説明

蛍光ランプの細管化における物性的特性の解明も行われ、陽光柱のAr-Hg放電の励起機構の定量的な解明と、プラズマ中の電子温度、電子密度、電子強度などのパラメータについて検討<sup>40)</sup>したり、蛍光ランプの高輝度化への取り組みとして、蛍光ランプ(φ4mm)中の管軸上のHg<sup>+</sup>基底イオン密度を改良形吸収法にて測定<sup>41)</sup>し、Hg<sub>2</sub><sup>+</sup>分子イオン密度を分離させるなど、蛍光ランプの基礎的な特性解析も継続的に取組まれている<sup>42)</sup>。

#### 6-4-2. 光制御部材

光源からの照射光を均一にする光制御部材の分野でも、光反射の構造の改善や、反射率の向上などにより、発光面の高輝度化や光均一化がより進められている。

##### 6-4-2-1. 光反射・光拡散・光均一化部材

光均一化部材にはポリエステルフィルム(厚さ約200μm)にアルミ蒸着パターンを形成したものや、光拡散部材に直接白色インキパターンを印刷したのなどがあり、導光体方式や反射板方式のバックライトに用いられる。

これらの高輝度化、光均一化方式として、「微小節理」と呼ばれるドットパターンをABS樹脂、ACSR樹脂、ポリカーボネート樹脂(微小節理を形成した時の反射率は96.9%)などの反射部材や、アクリル樹脂(微小節理を形成した時の透過率は44.5%、光拡散率は92.1%)などの光拡散部材に形成することが提案<sup>43)</sup>された。

また、プリズム・シートのプリズム頂角やプリズムアレイのピッチ幅を図6-12に示す手法で解析し、最大輝度が得られる頂角(90度)を見出す<sup>44)</sup>とともに、法線方向のバックライト面輝度を約1.45倍(10.4インチ、消費電力12.6W、4,500cd/m<sup>2</sup>)に向上させた<sup>45)</sup>。

##### 6-4-2-2. 光線追跡による光学特性解析

光源からLCD画像面までの導光過程を、図6-13に示すように、光線追跡法で解析することも行われている。カラーLCD用バックライトにおいて、導光体端部の断面形状をR状やV状にして導光体への入射光損失を抑え、発光面輝度2,000cd/m<sup>2</sup>(従来比1.4倍、10.4インチ、消費電力7.2W)を実現<sup>46)</sup>したり、導光体の光出射面に配置した光制御シートから導光体に戻る戻り光の効果を解析し、ランダム凹凸と波形シートを組合わせて、実測値に対して約97.2%の精度で配光計算<sup>47)</sup>している。

#### 6-5. 液晶プロジェクタ用光源システム

バックライト(光源システム)からの平行光を液晶パネルに照射し、スクリーンに10~200インチ相当の拡大画像を投写する投写形LCD(液晶プロジェクタ)では、1.2~5.5インチ液晶パネル使用の据置型液晶プロジェクタには120~250Wのメタルハライドランプが、0.7~1.0インチ液晶パネル使用の携帯型液晶プロジェクタには18~300Wのハロゲン電球が、放物面、楕円面、球面反射鏡などと組み合わせた光源システムとして用いられている。

液晶プロジェクタに用いる光源システムにも、長寿命化、省電力化、信頼性の向上、低価格化などの課題や、要求される性能として、発光効率、集光効率、色再現性(色純度)などの向上、即時始動・再始動などがある。

##### 6-5-1. 光源(メタルハライドランプ)

メタルハライドランプの長寿命化や色再現性向上への取り組みとして、長寿命化については、直流点灯のカタホレシス現象を利用<sup>48)</sup>して、メタルハライドランプ(内径8.6mm、アーク長5mm)の発光管内面の白濁(水平点灯時のSiO<sub>2</sub>結晶付着)を抑制し、図6-14に示すように、点灯後2,500時間でスクリーン面照度の維持率75%を達成<sup>49)</sup>したり、ヨウ化

物系に代えて臭化物系の封入物を用いて、スクリーン面照度の維持率を50%（ヨウ化物系）から80%以上（臭化系：いずれも1,000時間において）に向上<sup>50)</sup>させた。

また、InI-TiI-LiI-DyI<sub>3</sub>の4元系のヨウ化物系封入物を用いて、働程中の赤、緑および青の3原色のバランス特性を改善したセラミックメタルハライドランプ（ランプ電力150W、アーク長7.5mm）<sup>51)</sup>なども開発されている。

発光効率の向上への取り組みとして、透光性アルミナの内外両面の管壁を平坦に研磨して、未研磨に比べて輝度を2倍以上、発光効率を10%向上させたり、単結晶アルミナを用いて2.5倍の輝度の向上を図り、透明な石英と同等のスクリーン面照度を得たセラミックメタルハライドランプ<sup>52)</sup>などが開発された。

省電力化への取り組みとして、メタルハライドランプのアーク長を5mmから3mmに短縮し、かつ発光管形状を図6-15のように保温膜側を絞ることにより、ランプ電力120Wでランプ電力150Wと同等の照度特性を実現した<sup>53)</sup>。

信頼性の向上については、セラミックメタルハライドランプの封止材料に埋設固定されたW電極とリード棒を、図6-16に示すように、肉薄形Moパイプとすることにより信頼性の向上を図っている<sup>54)</sup>。しかし、長期的には封入ヨウ化物とアルミナの反応により、埋設部の腐食が起こるため、今後、さらに詳細な発光管ディメンションの検討を要する<sup>55)</sup>。

寿命特性については、まだCRT（10,000時間以上）に匹敵するには至っていないが、発光材料に対する添加物の最適化や、失透を抑制する発光管材料や発光管構造の探索など、今後の改善が期待される<sup>56)</sup>。

#### 6-5-2. 光源システム

光源システムの主要構成部材は、光源（メタルハライドランプが主流）と反射鏡であり、これを点灯する点灯回路と組み合わせて用いる。この光源システムの構造は、メタルハライドランプと放物面反射鏡の組み合わせが一般的である。放物面反射鏡が用いられる理由は、光源からの照射光を、比較的簡易に平行光線に配光制御できるためである。近年、偏光フィルタの代わりに、光散乱特性を利用して光の透過-遮断を行う液晶樹脂複合体（LCP C）を用いた液晶プロジェクタが開発された。このプロジェクタに用いられる光源システムでは、光源からの照射光の利用効率と平行度を、LCP Cとマッチングさせるために、アーク長5mmのメタルハライドランプ（150W, 250W）と楕円面反射鏡とを組み合わせた例<sup>57)</sup>がある。

なお、液晶プロジェクタ用光源システムそのものの改善ではないが、光源システムと液晶との光路中に2種類の光インテグレータを配置し、スクリーン周辺輝度の均一性を改善（約60%）したこと<sup>58)</sup>や、片面がフレネルプリズム構造の偏光フィルタを2枚対向させ、かつ密着配置してコントラスト200:1を実現したこと<sup>59)</sup>、ハニカム構造の平板マイクロレンズアレイと液晶とを組み合わせ、液晶のBlack Matrix部分に当たる光束を画素開口部分に入射させ、有効開口率を1.5~2.0倍（60~80%）としてスクリーン面照度を向上（40インチで約1,000lx）させた報告<sup>60)</sup>もある。

#### 6-6. おわりに

以上、液晶ディスプレイ用バックライトについて、1992年~1994年の3年間における技術動向を中心に概説した。液晶ディスプレイの性能向上はめざましいものの、輝度や消費電力など、まだまだ所要の性能を満たしておらず、今後の技術開発が待たれる。

(重田照明)

【参考文献】

- (1)内田龍男:照学誌 77-11(1993) 683-686  
 (2)角田市良:新素材 1993. 3(1993) 19-25  
 (3)三軒正嗣:光技術コンタクト 30-10(1992) 45-52  
 (4)小原章男:照学研究会 MD-94-1(1994) 1-10  
 (5)飛田敏男:電子技術 36-6(1994) 30-35  
 (6)竹田, 岡野, 福岡:電子材料 12(1993) 22-26  
 (7)野崎勝弘:日経マイクロデバイス 10(1994) 91-92  
 (8)庄野裕夫:光アライアンス 5-4(1994) 25-31  
 (9)Y. Mesaki et al.:SID 94 DIGEST (1994) 281-284  
 (10)目崎, 外川, 田中, 戸松, 海輪, 遊座, 加藤:信学技報 EID 94-37(1994) 1-6  
 (11)朝倉博史:日経マイクロデバイス 2(1994) 88-89  
 (12)鹿島啓二:新素材 4-3(1993) 26-28  
 (13)Lu, S. et al.:SID 93 DIGEST (1993) 33-36  
 (14)児島 健:フラットパネルディスプレイ 1994 (1993) 137  
 (15)児島 健:日経マイクロデバイス 12(1993) 86-87  
 (16)中村, 沖:平成6 照学全大(1994) No. 44  
 (17)Coleman, W. et al.:SID 92 DIGEST (1992)430-432  
 (18)Anandan, M. et al.:SID 92 DIGEST (1992)433-436  
 (19)尾崎光哉:NSG Tech Rep 6(1993) 93-97  
 (20)吉岡, 高谷, 藤原, 大嶋, 数永, 友行:照学研究会 MD-94-2 (1994) 7-12  
 (21)本田, 池田:平成5 照学全大(1993) No. 159  
 (22)Anandan, M. et al.:SID 93 DIGEST (1993) 25-28  
 (23)濱岸, 寺田, 坂田, 岸本, 八木:TV学会誌 47-5 (1993) 690-695  
 (24)小林, 段野:照学研究会 LS-92-5 (1992)27-32  
 (25)細谷勝幸:照学誌 76-1(1992) 25-28  
 (26)細谷勝幸:照学研究会 MD-94-2(1994) 11-17  
 (27)水谷, 橋口, 藤沢, 堀内, 石川:日経エレクトロニクス 1994. 11. 7(no. 621)(1994) 147-157  
 (28)鈴木, 中野, 渡辺, 横澤:平成4 照学全大(1992) No. 40  
 (29)富田, 野口:平成4 照学全大(1992) No. 43  
 (30)井村, 富田:平成4 電気関係学会 四国支部(1992)No. 11-4  
 (31)山崎, 井関, 能見, 服部, 堤:平成4 照学全大(1992) No. 42  
 (32)中平, 山崎, 井関, 山下:平成5 照学全大(1993) No. 158  
 (33)大西, 若畑:平成5 照学全大(1993) No. 41  
 (34)本田, 湯浅:平成4 照学全大(1992) No. 41  
 (35)野口, 沖:平成5 照学全大(1993) No. 42  
 (36)教永健二:電球工業会報 387(1994) 7-10  
 (37)下条徳美:フラットパネルディスプレイ 1994 (1993)121  
 (38)上野, 井上, 大田, 原田, 仲田, 董:信学技報 PE 92-76 (1993) 51-55  
 (39)井上, 加藤:平成6 照学全大(1994) No. 12  
 (40)酒井, 後藤, 荒井:平成4 照学東京支部(1992) 11  
 (41)後藤, 酒井, 荒井:平成5 照学全大(1993) No. 39  
 (42)後藤, 村上, 荒井:平成6 照学全大(1994) No. 6  
 (43)諸橋久雄:電子材料 30-11(1991) 58-62  
 (44)目崎, 外川, 田中, 戸松, 海輪, 遊座, 加藤:信学技報 EID 93-39(1993) 33-38  
 (45)目崎, 外川, 田中, 戸松, 海輪, 加藤:信学技報 EID 93-33(1993) 45-50  
 (46)目崎, 外川, 田中, 戸松, 海輪:信学技報 EID 92-126(1993) 83-90  
 (47)藤上 真:平成5 照学全大(1993) No. 43  
 (48)東 忠利:平成5 照学全大(1993) No. 24  
 (49)東, 有本:平成6 照学全大(1994) No. 25  
 (50)川島, 田中, 本田:照学全大(1992) No. 24  
 (51)市瀬, 原口, 山崎:照学全大(1992) No. 23  
 (52)原口, 市瀬, 山崎:平成4 照学東京支部(1992) 15  
 (53)吉池, 漆原, 大河原, 榎木:平成5 照学全大(1993) No. 160  
 (54)原口 昇:平成5 照学全大(1993) No. 22  
 (55)原口, 市瀬, 山崎:平成6 照学全大(1994) No. 21  
 (56)榎木教一:照学誌 77-12(1993) 746-750  
 (57)大井, 関根, 新山, 平井, 樺田, 若林, 結城, 郡島:信学技報 EID 92-124(1993) 69-75  
 (58)横澤美紀:信学技報 EID 91-78(1991) 11-16  
 (59)Weber, F. M. et al.:SID 92 DIGEST (1992)427-429  
 (60)平島, 加藤:照学研究会 MD-92-39(1992) 48



図 6-1 空洞方式のバックライトの構造<sup>1,4)</sup>

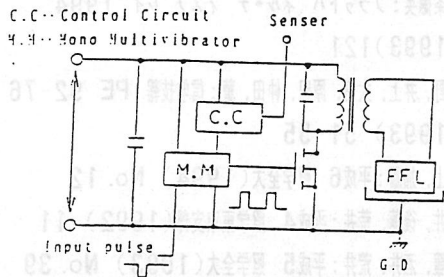


図 6-3 PWM(パルス幅変調)制御の駆動インバータ基本回路<sup>1,9)</sup>

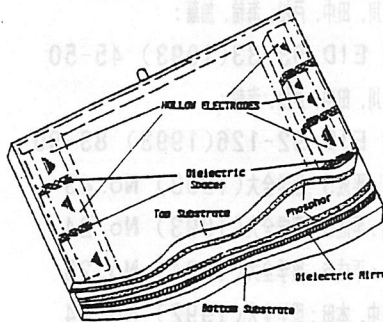


図 6-5 複数電極を用いた3インチ平板光源の構造<sup>2,2)</sup>

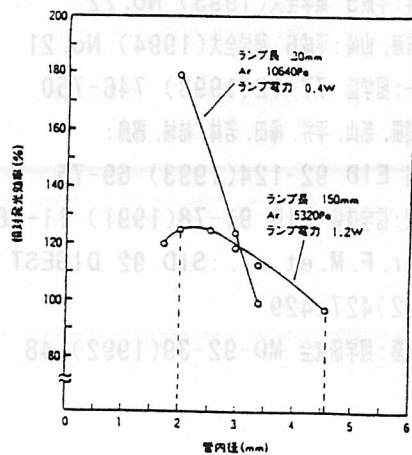


図 6-7 ランプ管内径と発光効率の関係<sup>3,2)</sup>

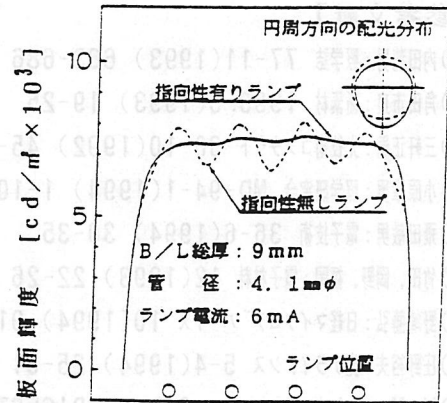


図 6-2 配光に指向性を持たせた蛍光ランプによる輝度分布特性<sup>1,6)</sup>

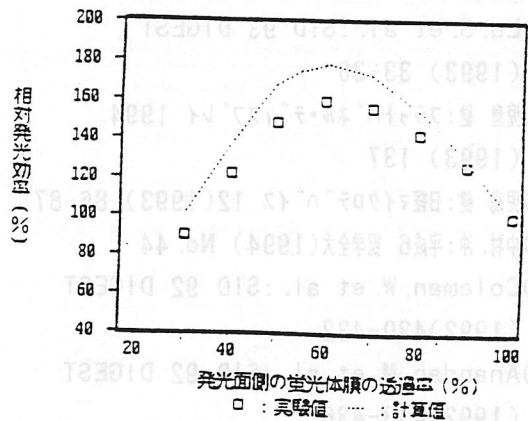


図 6-4 蛍光体膜厚と発光効率の関係<sup>2,1)</sup>

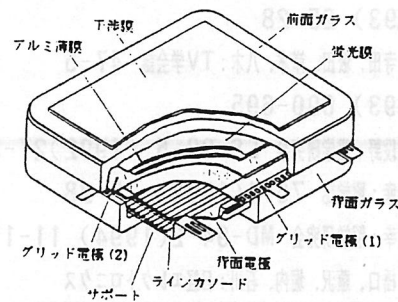


図 6-6 カソードルミネセンス高輝度平面光源の構造<sup>2,3)</sup>

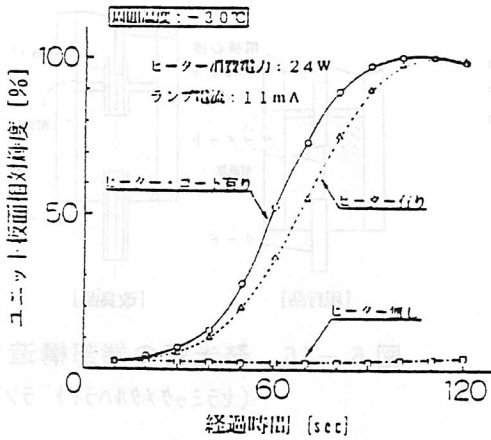


図 6-8 バックライト面輝度の立上がり特性<sup>35)</sup>

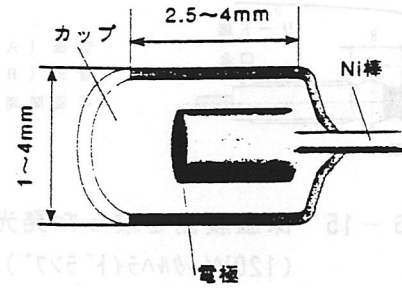


図 6-9 セミホット管の電極構造<sup>37)</sup>

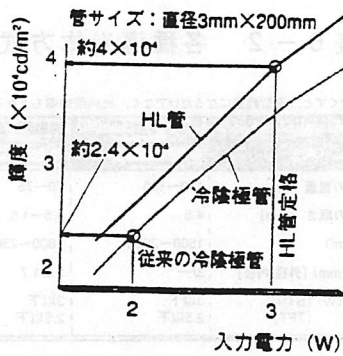
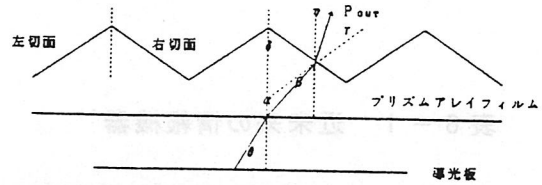


図 6-10 セミホット管の入力電力-輝度特性<sup>37)</sup>



$\theta$ : 導光板からの出射角=プリズムアレイへの入射角  
 $\alpha$ : プリズムアレイフィルム平面への入射角  $\sin \theta = n \times \sin \alpha$   
 $\beta$ : プリズムアレイ面への入射角  $\beta = (x - \theta) / 2 - \alpha$   
 $\gamma$ : プリズムアレイ面からの出射角  $\sin \gamma = n \times \sin \beta$   
 $\delta$ : プリズムの頂角  $\gamma = \pi - (x - \delta) / 2$   
 $\varphi$ : プリズムアレイ面からの出射光の垂直方向からのずれ角度

図 6-12 導光体からの出射光がプリズムアレイフィルムを導光する状態<sup>44)</sup>

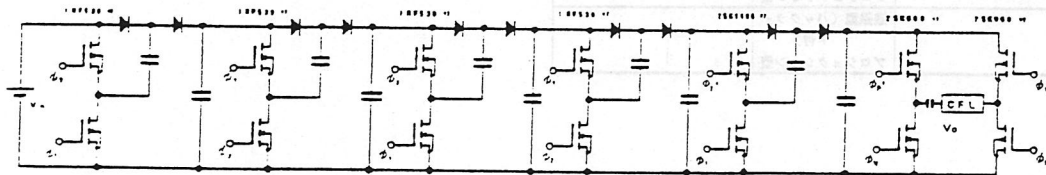
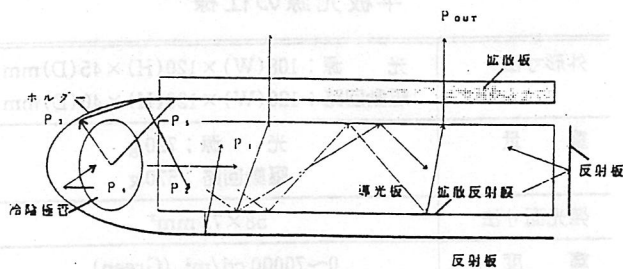


図 6-11 SC変成器と極性反転回路からなる点灯回路系<sup>38)</sup>



$P_0$ : 冷陰極管から出射する全光束、  
 $P_1$ : 冷陰極管から直接導光板に入射する光束、  
 $P_2$ : ホルダーに反射し導光板へ間接的に入射する光束、  
 $P_3$ : ホルダーに吸収される光束、  
 $P_4$ : ホルダーの反射光が冷陰極管に再吸収される光束、  
 $P_5$ : 冷陰極管から出射する光束で導光板に入れない光束、  
 $P_6 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$   
 (導光板に入射する光束)  $P_{in} = P_1 + P_6$

図 6-13 導光体の導光過程を示す様子<sup>45)</sup>

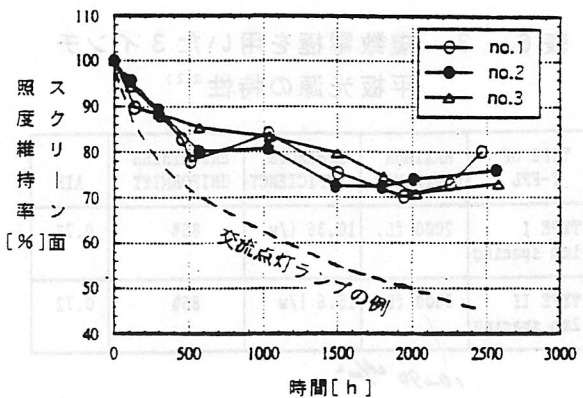
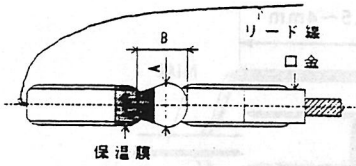


図 6-14 スクリーン面照度の維持率の推移 (直流点灯時)<sup>49)</sup>



管径 (A) :  $\phi 10 \text{ mm}$   
 管長 (B) :  $10 \text{ mm}$   
 電極間距離 :  $3 \text{ mm}$

図 6-15 保温膜側を絞った発光管の概要<sup>53)</sup>  
 (120Wメタルハライドランプ°)

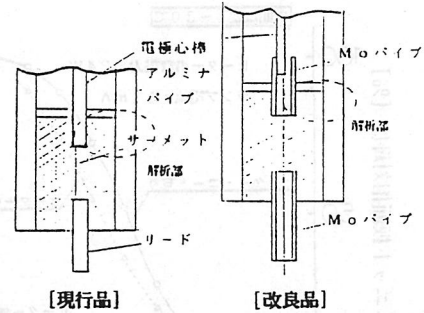


図 6-16 発光管の端部構造<sup>54)</sup>  
 (セラミックメタルハライドランプ°)

表 6-1 近未来の情報機器<sup>1)</sup>

情報機器	ディスプレイ	入力装置	通信システム
パーソナル情報システム	① ハンディタイプ	反射型	音声 ペン入力 ISDN等(有線、無線)
	② ノートブックタイプ	反射型 透過型(バックライト付)	
テレビ/マルチメディア	③ 超小型~小型	反射型 透過型(バックライト付)	ペン入力、 他 ISDN等
	④ 中~大画面	プロジェクション型	
大画面情報表示システム	⑤ 全周用	反射型 透過型(バックライト付)	ペン入力、 他
	⑥ 情報表示板	プロジェクション型	
環境空間表示システム		透過型(バックライト付) プロジェクション型	

表 6-2 各種導光体方式の特性比較<sup>15)</sup>

導光板をなくすと、薄型軽量になるだけでなく、光利用効率も上がる。

	○ 空気層	○ 空気層	○ 空気層
ユニットの重量 (g)	110~130	70~75	40以下
ユニットの厚さ (mm)	4.5	4.5~1.5	3~4
輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	1500~2500	1800~2500	2500~3000
冷却極管 (mm) [外径/内径]	3~	2.6/1.7	2.6/1.7
消費電力 (W) [STN] [TFT]	3以下 2.5以下	3以下 2.5以下	2.8以下 2以下

表 6-3 複数電極を用いた3インチ平板光源の特性<sup>22)</sup>

TYPE OF T-PFL	MAXIMUM LUMINANCE	LUMINOUS EFFICIENCY	BRIGHTNESS UNIFORMITY	AIR
TYPE I 1mm spacing	2000 fL	10.36 l/w	85%	0.72
TYPE II 2mm spacing	3000 fL	15.6 l/w	85%	0.72

10290 cd/m<sup>2</sup>

表 6-4 カソードルミネセンス高輝度平板光源の仕様<sup>23)</sup>

外形寸法	光源: 108(W) × 120(H) × 45(D) mm 駆動回路: 120(W) × 120(H) × 40(D) mm
重量	光源: 720 g 駆動回路: 570 g
発光面寸法	58 × 73 mm <sup>2</sup>
輝度	0~70000 cd/m <sup>2</sup> (Green)
消費電力	7~35 W
輝度の均一性	1.2(max/min)

## 7. CRTディスプレイ

### 7-1 はじめに

本章ではブラウン管（CRT）を用いた直視型、投写型ディスプレイの最近の動向、進歩について述べる。

まず、直視ディスプレイについて述べ、次に家庭用投写型ディスプレイの主流となった背面投写型について述べる。

前回の報告書に紹介された16:9のワイドアスペクトCRTは、本来はハイビジョン用に開発されたものであった。しかし、現行放送用をワイドで見る機能を搭載し、走査線数も現行放送と同一仕様とするなどして、セット価格を大幅に低下させることで、市場は急速に拡大しつつある。それに伴い、開発当初は32型、36型のみであったCRTサイズは、普及の中心となっている28型、24型に加えて20型、16型も製品化されている。性能的にも、マスクピッチなどの最適化を図ることで、現行4:3のアスペクトCRTに対して遜色がないほどに、高輝度化・ハイコントラスト化が図られている。

一方、現行4:3のCRTは不況やワイドテレビの普及などの影響で、29型を中心とした大型の伸びが大幅に低下し、25、21型を中心とした中型や小型機種が伸びた。中・小型機種は生産を海外に求め、大幅に低価格化を図った。

一方、長年研究されてきた完全フラットCRTも、14型サイズの現行放送対応で製品化され話題を集めた。

コンピュータ端末用の高精細データディスプレイは、ワークステーションやパソコンの上位機種用など20型1Mピクセル表示から21型フラットフェースの2Mピクセル表示に移行しつつある。これらは、マイコンで制御されたマルチスキャン対応となっており、1機種で多くの種類の入力信号に対応できるようになっているのが一般化している。一方、数量的には14、15型が今だに多いものの、表示画面の大きさとセット外形サイズの手ごろさから、パーソナル用として17型の伸びが急速である。10型前後の液晶ディスプレイ（LCD）の普及、大型化の開発スピードも考えると、近い将来、14型程度まではLCDがカバーするものと思われ、パソコン用のCRTモニターの中心は、17型に置き換わるものと予想される。

投写型ディスプレイは北米市場での伸びは順調であるが、国内での伸びは不況の影響もあり、ここ数年期待できなかつた。しかし、技術的には興味をひく開発がいくつかなされておき、ワイドテレビの市場の伸びに伴い、投写型テレビの普及の兆しも現われ始めている。

ここでは、最近の技術を中心に、発表された文献をもとに具体的に紹介する。

### 7-2 直視型ディスプレイ

1986年以降顕著になった大型化と並行して進められた、CRTのフラットフェース化は精力的に行われた。具体的には、フェースプレートガラスの極率半径の拡大やフェースプレート面の非球面化などがおこなわれ、現時点では、各社とも一応の完成度まで到達したといえる。これにより、画面アスペクト比が4:3の現行放送対応ディスプレイにおける、ここ1~2年での技術的トピックは、大型テレビの奥行き低減が可能な広角偏向化

であったといえる。

これはフラットフェース化同様、周辺フォーカスの劣化を招くため、電子銃、偏向ヨークの改良が精力的になされている。

広角偏向化について述べる前に、フラット化の様子を簡単に説明する。フラット化は大気圧に対するバルブ強度の確保はむろんのこと、シャドウマスクのドーミング（電子ビーム照射による温度上昇でマスク形状が変形すること。結果として、電子ビームが決められた蛍光体を照射できず、色純度の劣化をもたらす）対策、映り込み像の自然さ、画像歪（クロスハッチ表示などで顕著）など多くの課題と取り組みながら改良されてきた。最近のものは、画面周辺（ペリフェリ）の曲率が平均で4.2m程度になっており、フラット性が高められている。図7-1にパネル表面形状の例を示す<sup>1)</sup>。

広角偏向化はCRTの全長短縮を狙い、セット側での改善とともに、29型セットで家具の標準的な奥行きである45cmを実現した<sup>1) 2)</sup>。フォーカス、ミスコンバーゼンス（赤、緑、青が蛍光面上で一点に集中しないことによって生ずる色ずれ）、画像歪などの表示特性、偏向回路の消費電力、および価格に影響するネック径は、29.1mm、32.5mmなどで製品化されている。37.5mmネック径のCRTは、一部データディスプレイや業務用で使われている。

大画面化、高輝度化、高コントラスト化（フェースプレートの光透過率低減することにより、画面表面を黒くしている）の流れでビーム電流は増加の一途をたどり、スポット径は大きくなる傾向にある。そこに、広角偏向化も加わり、周辺フォーカス特性は一層厳しい状況である。これに対し、電子銃と偏向ヨークの改良で従来以上の性能を実現している。電子銃の改良は基本的に電子レンズの口径拡大、具体的には赤（R）、緑（G）、青（B）用レンズがそれぞれ重なりあうオーバーラップ構造の開発・展開により、等価的な大口径を実現できる構造が実現でき性能向上が図られている。図7-2に電子銃の1例を示す<sup>3)</sup>。主レンズはG5電極とG6電極の開口部で形成される。主レンズは、3本のビームに対応した3個の楕円開口と、共通に作用する横長の大口徑開口の組み合わせで構成される<sup>1) 3)</sup>。図3でG5電極が2分割されているのは、走査に応じてダイナミックにビームの縦・横の比率を変える非点収差補正や、レンズの焦点距離を変える機能をもたせているためである。この補正電圧の低減が重要な技術課題で、いくつかの有益な提案がなされている<sup>3) 4)</sup>。一方、補正電圧発生回路でも図7-3に示すように、帰線期間に発生する不要電圧を除去し、回路を簡略にするなど改良を加えた提案がなされている<sup>5)</sup>。

偏向角という観点からみたワイドCRTは、ハイビジョンCRTの仕様を日本電子機械工業会（EIAJ）で決めた当時の106度となっている。大画面でより効果があるワイドCRTでは、大型化に伴う奥行きの問題は一層重要であるが、周辺フォーカス・省電力との両立も技術的に大きな課題である。

データディスプレイ用CRTの偏向角は、表示画面全体のフォーカス品質が均一であること、すなわちスポット径の絶対値のみならず真円度、さらには画像歪特性も強く要求されるため、今だに90度偏向のままである。しかし、LCDなどの普及とともに奥行きの問題はさらにクローズアップされ、広角偏向化の要求は今後急速に強まるであろう。

データディスプレイでは、利用者がセットに接近して長時間使うため、漏洩磁界<sup>6) 7)</sup>や漏洩電界<sup>8) 9)</sup>の規制（例えば、スウェーデン王立計量試験評議会SWEDACの測定値

告などに準拠したもの)が非常に厳しい。これらの規制はセットから一定の距離での磁界、および電界の強さを規定したものである。人体と磁界・電界の関連性はまだ十分には解明されていないが、安全性の問題でもあり、市販されているデータディスプレイの多くはこの規格を満足している。

データディスプレイで特に重視されるのが、CRT表面の外光反射がある。視覚障害の原因となる可能性もあり、従来から「ノングレア」処理、「低反射」コートなどがなされてきた。しかし、前者は低価格ではあるが、解像度、コントラストなどを低下させ、後者は薄膜を多層化する必要があり高価格であった。これに対し、最近、価格と性能の両立が可能な2つの方式が開発された。1つは、図7-4<sup>10)</sup>に示すように、ノングレア処理に用いられるシリカコート(反射像をほかす)と、2層コート(低反射導電層)を組み合わせた3層コートで<sup>10)</sup>、もう1つの方法は、単粒子配列されたSiO<sub>2</sub>超微粒子による低反射膜と、導電性を有するSnO<sub>2</sub>超微粒子による帯電防止膜の2層膜で構成されたものである<sup>11)</sup>。これらは、厳密な光学的特性は多層膜コートには及ばないものの、実用的には十分な特性を実現しており、低価格、シールド効果など多くのメリットを有している。現状のシリカコートによるノングレア処理のみのセットや、価格の高い多層膜コートのセットなどが、これらの技術を用いたセットに順次置き換えられていくだけでなく、一般テレビセットにも採用されていくであろう。

完全フラットのCRTは長年研究された成果が実り、1993年に14型の大きさと現行放送対応テレビ受像機として製品化され、21型プラズマディスプレイとともに話題を呼んだが広く普及するまでには至っていない。

### 7-3 投写型ディスプレイ

CRT投写型ディスプレイは、単色小型CRT、投写レンズ、スクリーンなどで構成される。歴史的には、シュミット光学系を用いたものが有名であるが、現在は大口径の明るい屈折レンズが容易に生産できるようになり、CRTの像をレンズで8~10倍に拡大する屈折レンズ方式がほとんどである。CRTサイズは5型、7型、9型、13型なども開発されたが、現在の主流は7型である。

投写方式には、反射型スクリーンに像を映し出す前面投写型と、透過型スクリーンに背面から投写光をあて、像を映し出す背面投写型がある。家庭用としては、明るい室内でも良好な画質が保てる背面投写型が主流で、画面サイズは40型(北米では50型)前後が一般的である。ここ数年における市場の動きとしては、北米市場が伸びており年間40万台以上の需要があるのに対し、国内はLCDの投写型を含めても年間7万台程度で低迷している。しかし、最近ではテレビのワイド化にともない、大画面化とコンパクト化の両立が、直視方式に比べ有利な投写型が見直され始めている。そのため、最近の傾向としてはセットサイズのコンパクト化、特に奥行き短縮が大きな流れとなっている。奥行き短縮には、図7-5の光学系ブロック図<sup>13)</sup>から明らかなように、投写レンズの投写距離の短縮(焦点距離の短縮)、スクリーンのカラーシフトの低減などが、電気系では、CRTおよび投写レンズの集中角(中心のGの光軸に対するR、Bの光軸がつくる角度)の増加による歪、コンバーゼンス補正能力の増強が必須となる。

光学系における技術動向としては、投写レンズのハイブリッド化(球面ガラスと非球面

プラスチックレンズ)が急速に進んだ。これは、投写距離が短くなるにつれてレンズの収差補正が大きくなり、球面のガラスレンズでは実用上対応できないためである。環境変化(温度や湿度)に弱いプラスチックレンズが、ハイビジョン用のレンズとして使われ始めた背景には、設計・製造と補償技術が確立されたためである(14) (15)。図7-6にレンズ構造・仕様の1例を示す(15)。ハイブリッドレンズ設計の基本的な考え方として、次のことが言える。

- 1) レンズパワー(集束能力)の大部分をガラスレンズにもたせる。
- 2) プラスチックレンズは、非球面形状を利用し高次の収差補正を行う。
- 3) プラスチックレンズの形状は、温・湿度による形状変化の特性変化を打ち消すようなパワー配分を実現するように構成する。

投写レンズ同様、スクリーンも改良されている。図7-5のように、集中角が大きくなるにつれ、投写光の色による経路の違いが大きくなる。これは見る位置により、色のバランスが崩れるカラーシフトを発生させる。これを改善するために、レンチキュラーレンズ(円筒レンズ)の形状を楕円から非球面化している(16)。一方、フォーカス、コントラストなどの画質向上に関する改善も、スクリーンでなされている。具体的には図7-7(17)に示すように、スクリーンシートの薄板化、拡散材の出射側表面配置(従来はスクリーン内部に分散)であり、シートの着色、さらに入射面、出斜面への反射防止コーティングなどである。

投写距離の短縮を中心に上記の技術を開発・導入し、39型の画面サイズで14型相当の奥行き(39cm)で実現したセットも製品化された(16)。

投写管における技術開発では、蛍光膜の薄膜化と電子銃の改良などが大きい。

蛍光膜の薄膜化は、蛍光膜内部での光の散乱を低減しスポット径の拡大を抑える効果がある。この技術の実用化により、従来、低カソード電流領域で電流の減少とともにスポット径が減少しない、という飽和傾向が大幅に改善され、電子銃の性能がより直接的にみれるようになった。この様子を図7-8(18)に示す。反面、単に膜厚を薄くするとピンホールの発生や輝度の低下が生じる。これに対しては、蛍光体を高密度に充填することで解決している。

投写管の電子銃には、静電レンズによる静電集束方式と電磁レンズによる電磁集束とがある。現在量産されている方式は、静電集束方式および、電磁レンズを主レンズとし静電レンズを補助レンズとした複合集束方式の2つである。最近では、価格が安く取扱が簡単でコンパクトにできる静電集束方式が主流となりつつある。単ビームである投写管においても、等価的なレンズ口径の大型化を図ることで集束能力を改善している。投写管のネック径は29.1mmが一般的であるが、ハイビジョン用や業務用などは、さらに物理的なレンズ口径の拡大も図るために、36.5mmを採用するものもある。

一方、価格、取扱、CRT全長などの点で不利な複合集束方式も、カソード電流の全領域でシャープなフォーカス特性が実現できるため、業務用のみならず一般民生用でも多く使われている。複合集束方式における改善点は、補助レンズである静電レンズの改良(18)と主レンズ自身の改良とシステム全体の改良がある。主レンズ自身の改良は、集束磁界の均一化と集束磁石の低損失化などがある。低損失化は、水平偏向周波数が高いデータ表示用の投写形ディスプレイ用においては重要な課題である。これを解決するため、磁石を金

属からプラスチック化する試みなどもなされている<sup>19)</sup>。これにより、水平ダイナミックフォーカスの磁界損失が大幅に軽減される。サマリウムコバルトなどの粉末を、バインダーで成型したプラスチック磁石は、導電率・透磁率が小さく高周波における損失が小さく、形状設計が自由などの利点を有する。この性質を利用して、コンバーゼンスヨーク(CY)などを含めたトータルシステムで、フォーカス改善の試みもなされている<sup>20)</sup>。集束磁石のヨークの一部をCYとしても使い本来のCYを除去し、集束磁石を蛍光面に近づけることでレンズ倍率の低減を図り、集束能力を高めたものである。CRTの構造を図7-9<sup>20)</sup>に示す。また、CY機能を備えた集束磁石の構造を図7-10<sup>20)</sup>に示す。この方式によるレンズ倍率の低減で蛍光面中央のビーム径は20%改善<sup>20)</sup>されている。また、周辺部は低倍率化により一般にはスポット形状は歪を受けやすくなるが、偏向磁界(DY、CYとも)の均一化により解決している。

投写管に用いられる蛍光体は、入射電力が非常に大きな領域で使われるために、高電流領域で輝度の飽和が生ずる。これは、青蛍光体が最も顕著で、関係者の努力にもかかわらず適当な材料がなかなか見つからないのが現状である。しかしながら、偏向周波数の増加にともない電流飽和の傾向は緩和され、光出力は図7-11<sup>15)</sup><sup>21)</sup>に示す様に増加するため、ハイビジョンやデータディスプレイ用では有利に作用する。赤、緑、青の蛍光体の発光特性の違いを回路で補正し、色温度の管理をより厳密に行う努力も一部ではなされている<sup>13)</sup>。

投写型ディスプレイと直視型ディスプレイにおいて、回路構成上最も大きな違いはコンバーゼンス補正回路である。直視型ではごく一部の業務用を除いて、コンバーゼンス補正は偏向ヨーク(DY)とCRTで行っている(もっとも、最近では簡単な回路がDYに搭載されはじめたが、回路規模、補正能力がまったく異なる)。コンバーゼンス補正回路は、方式によりアナログとデジタル、およびそれらを組み合わせたハイブリッド方式がある。民生用はアナログ方式が主流であるが、すべてデジタルで処理する方式も開発<sup>22)</sup>され、最近では、マルチモード用に対応できるシステム<sup>23)</sup>に発展している。経時変化、設置場所による色ずれなども自動的に補正するシステムも開発が活発化<sup>24)</sup>し、それらの一部は民生用として実用化<sup>25)</sup>されている。

#### 7-4 その他のCRTディスプレイ

CRTをランプ代わりに用いる大画面ディスプレイ用CRTも、輝度、発光効率、寿命特性の向上および低価格化を図るべく、蛍光体の塗付、構造などを中心に開発が進んでいる。蛍光体塗付面を平坦化することにより印刷法の適用を可能とし、蛍光体を平坦かつ高密度充填することにより、輝度、寿命などを大幅に改善した報告<sup>25)</sup>がなされている。

#### 7-5 おわりに

LCD、PDPなどCRTを追いあげるデバイスの性能向上が進み、CRTも守りにはいらざるをえない。しかし、CRTは画質、精細度、価格などバランスがとれており、しばらくはディスプレイデバイスの主役と思われる。一方では、重量、奥行きなど本質的な問題もあり、それぞれのデバイスがそれぞれの特徴を活かして、お互いにさらに発展していくものと思われる。

(大沢通孝)

参考文献

- 1) 細谷、仲村、真鍋：大型短全長カラーブラウン管の開発、テレビ学技報 IDY'93-164, Vol.17, No.71, pp.13~18 (Nov. 1993)
- 2) 山中、他：奥行き短縮大型カラーブラウン管の開発、テレビ学技報 IDY'93-164, Vol.17, No.71, pp.25~30 (Nov. 1993)
- 3) 白井、野口、加藤：EA-DF 電子銃のダイナミック電圧低減、IDY'91-151, Vol.15, No.72, pp.27~32 (Nov.1991)
- 4) 富永、夏原、菅原、鈴木：HDTVカラーCRT用高性能電子銃、テレビ学技報 IDY'93-11, Vol.17, No.1, pp.61~66 (Jan. 1993)
- 5) 塚原、大沢、白井：EA-DF 電子銃用簡易型ダイナミックフォーカス回路、テレビ学技報 IDY'93-165, Vol.17, No.71, pp.19~24 (Nov. 1993)
- 6) 田上、米谷、谷輪：14" カラーディスプレイCRT用低漏洩磁界SS偏向ヨーク、テレビ学技報、EDI'91-100, Vol.91, No.407, pp.31~35 (Jan.1992)
- 7) 奥山 他：48cmカラーディスプレイ用高機能偏向ヨーク、テレビ学技報、IDY92-116, Vol.16, No.48, pp.39~43 (July 1992)
- 8) R.D.Capples : 9.1 "Cancellation of ELF / VLF Electric Fields from CRT Displays", SID '92 Technical Report, SESSION 9: DISPLAY SYSTEMS (1992)
- 9) 木藤、大沢：低電界不要輻射水平偏向回路の検討、テレビ全大'93、ITEC'93, 1-3, pp.5~6 (1993)
- 10) 有元、遠田、羽山、高橋：CRT用ノングレア、低反射、帯電防止 (AGRAS) コート、信学技報、EID92-78, pp.11~16 (1992-12)
- 11) 遠藤 他：超微粒子による低反射帯電防止膜、テレビ学技報 IDY94-3, Vol.18, No.2, pp.13~16 (Jan. 1994)
- 12) K.Yamamoto, M.Yokomakura, S.Inohara, K.Nonomura:A 14-in. Color Flat-Panel Display Using Filament Cathodes, 25.1, pp381~384, SID 94 DIGEST
- 13) 大沢 他；2. 投写型テレビの色再現、テレビ誌、Vol.7, No.8, pp.1100~1102 (1993)
- 14) 平田 他；投写型HDディスプレイ用ハイブリッド投写レンズの設計、応物分科会日本光学会第16回光学シンポジウム資料 (June, 1991)
- 15) 大沢、大木、窪田、武永；7-4 HDディスプレイ、テレビ誌、Vol.45, No.11, pp.1403~1407 (1991)
- 16) 吉田 他；CRT投写型ディスプレイ用超短投写光学系の開発、テレビ学技報 IDY94-82, Vol.18, No.34, pp.61~66 (1994-6)
- 17) 大沢 他；3-1 CRT投写型ディスプレイ、テレビ誌、Vol.47, No.7, pp.936~940 (1993)
- 18) 広田 他；HDTV用16cm高解像度投写形ブラウン管、テレビ学技報 IDY93-12, Vol.17, No.1, pp.67~72 (Jan.1993)
- 19) 大高、大木、大沢、浅野；電磁集束方式投写形ブラウン管の集束マグネットへのプラスチックマグネットの適用、テレビ学技報、IDY92-115, Vol.16, No.98, pp.33~38 (1992 7月)

- 20) 大高、大木、大沢、浅野；投写形ブラウン管のCY一体型電磁集束システム、テレビ全大、6-10、pp.103~104、ITEC'93 (1993)
- 21) M. Ohsawa et. al.; 46-in. High-Resolution Rear-Projection Display, J. of SID, Vol.1, No.1, 1993
- 22) M. Ohsawa et. al. ; A High-Resolution Rear Projection TV for Home-Use, IEEE Trans. Consum. Electron., Vol.35, No.3, pp.325~333 (Aug. 1989)
- 23) 野口 他；2モード対応デジタルコンバーゼンスシステムの開発、テレビ全大 6-11、pp.105~106、ITEC'93 (1993)
- 24) 田中英夫；リアプロジェクタにおける静コンバーゼンス補正システム、テレビ全大 5-6、pp.111~112、ITEC'92 (1992)
- 25) 電波新聞、平成6年4月26日および5月2日
- 26) 上村 他；大型屋外表示用CRT光源管、テレビ学技法、IDY'93-167, Vol.17, No.71, pp.31~36, (Nov. 1993)

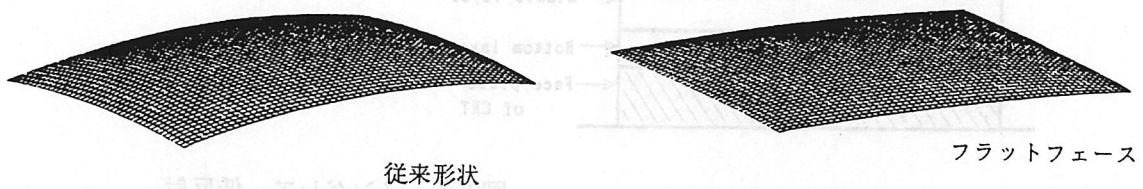


図7-1 パネル表面形状

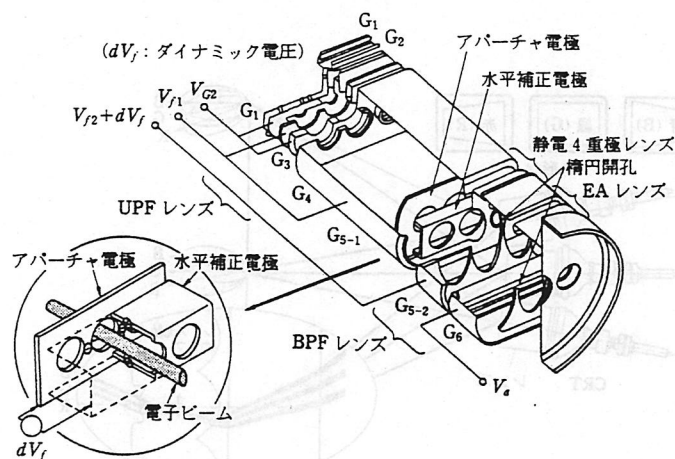


図7-2 電子銃構造

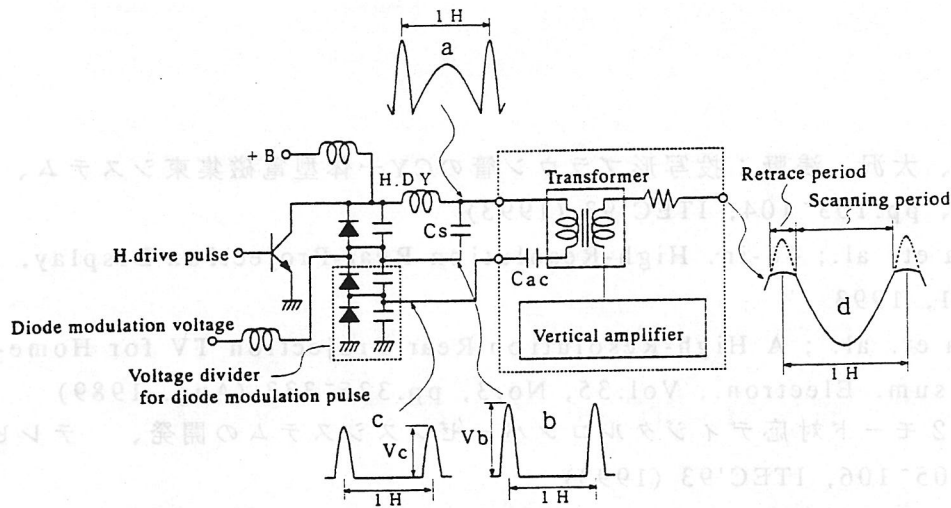


図7-3 簡易型ダイナミックフォーカス回路

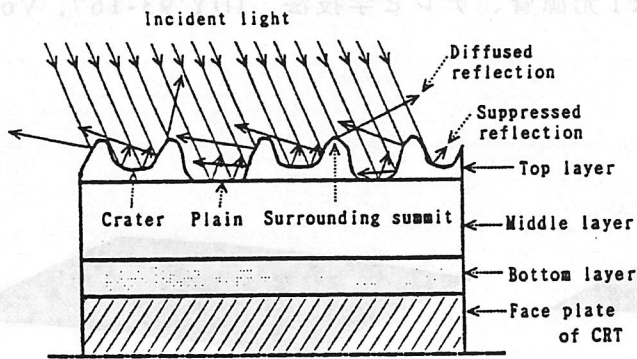


図7-4 ノングレア、低反射帯電防止コートの構造

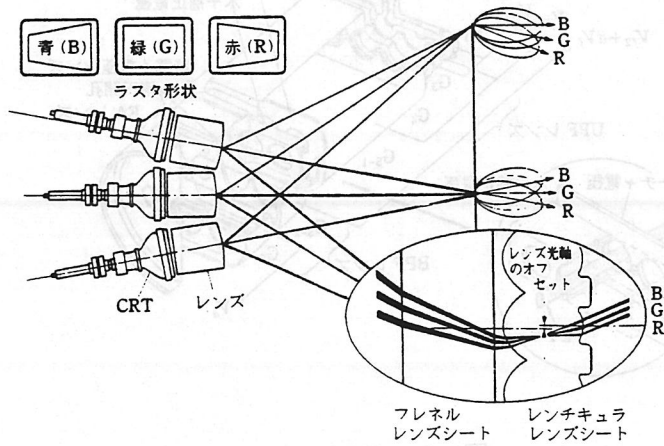


図7-5 投写光学系

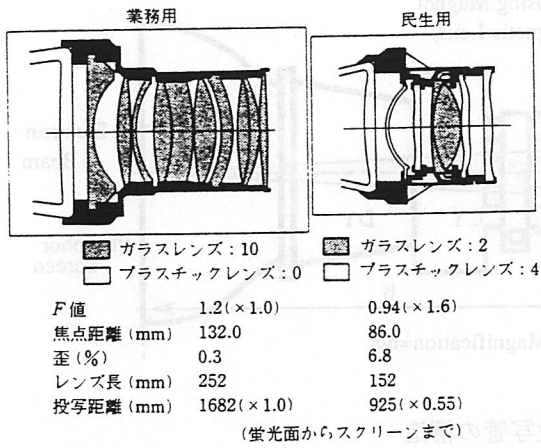


図7-6 投写レンズ

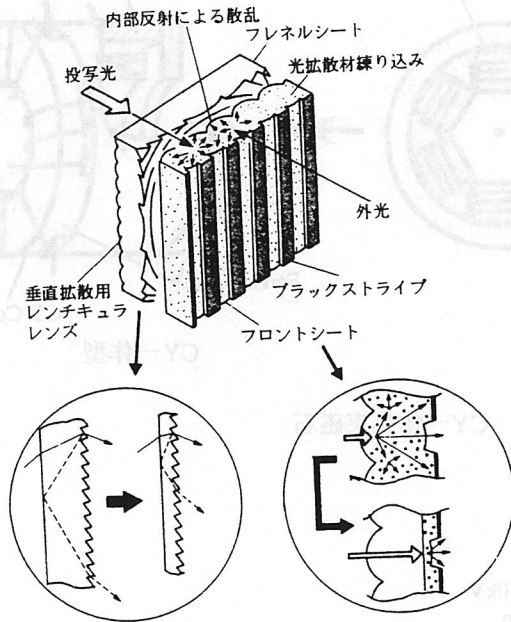
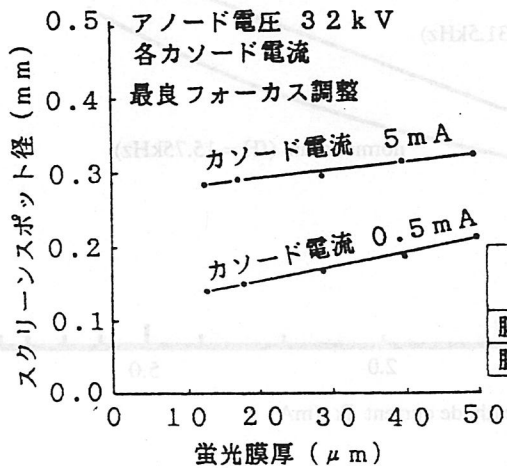


図7-7 スクリーン構造



	高密度蛍光膜		現行蛍光膜	
	赤	緑	赤	緑
膜厚	18 μm	18 μm	36 μm	40 μm
膜密度	2.0 g/cm <sup>2</sup>	2.2 g/cm <sup>2</sup>	1.6 g/cm <sup>2</sup>	2.0 g/cm <sup>2</sup>

図7-8 蛍光体膜厚とスポット径

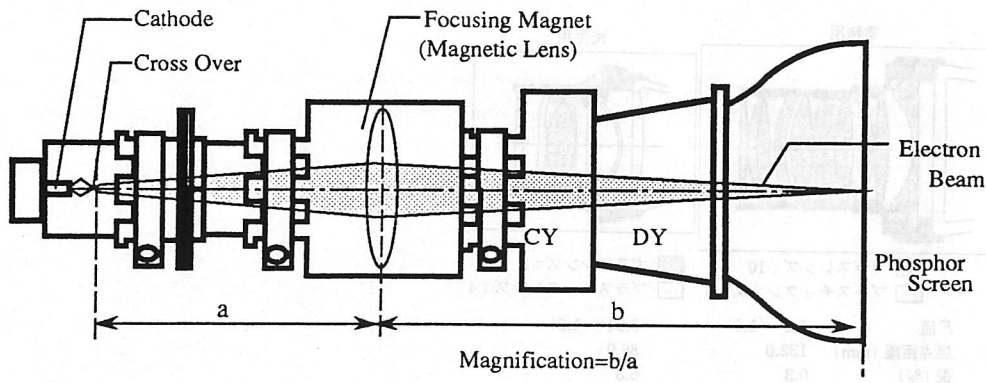


図7-9 投写管の構造

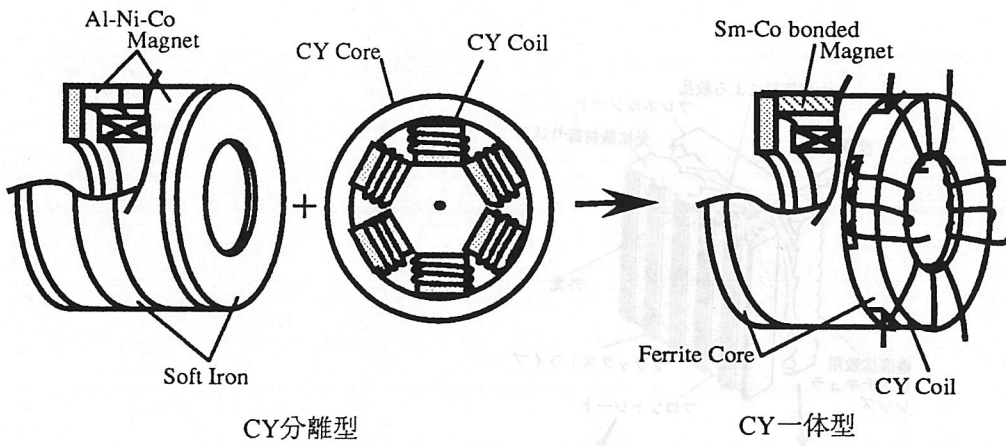


図7-10 CY一体集束磁石

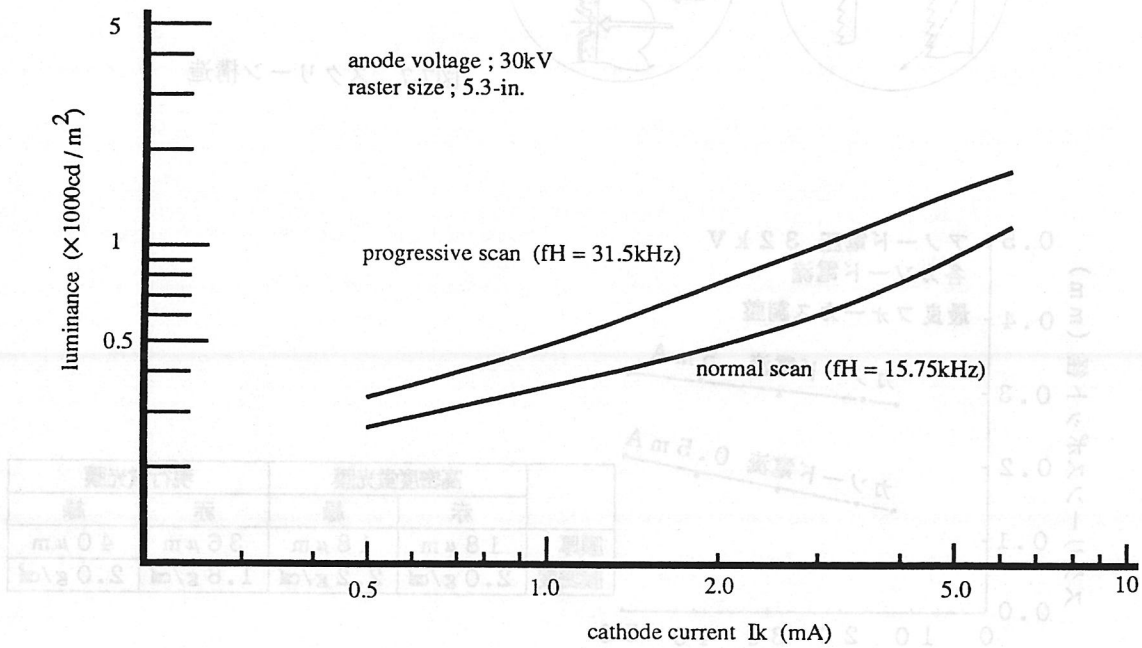


図7-11 青蛍光体の光出力特性

## 8. プラズマディスプレイ

### 8-1. はじめに

放電で放射される可視光や紫外線を利用し、多数の発光素子をセグメント型やマトリックス型に構成して情報を表示するガス放電型のフラットパネルディスプレイは、プラズマディスプレイ或いはPDP(Plasma Display Panel)と呼ばれる。

その構造は、放電ガスに対して電極が直接に接しているDC型と、電極を誘電体層で絶縁被覆したAC型に大別されるが、いずれも比較的単純な構造、速い応答速度、明確な閾値特性など、表示容量の多い大画面パネルに適した特徴を持っている。DC型では過去の電子管製作技術に支えられ、AC型ではメモリー機能を固有するなどの特徴を持って開発が早くから立上がり、長所を発揮して発展した。1960年代半ばに時機を揃えて開発が始まったLCDやELなどフラットパネルディスプレイのほかの方式に較べても、Neガスの橙色発光を利用した大型PDPが早期に開発され、1970年代後半には実用化されている。

フルカラー表示では、1970年代の終わりには発光色と効率の良い蛍光体が開発され、その後、画像表示でも高速に動作するDC型のメモリーパネルで256階調のテレビ表示が可能になり、さらに40型パネルが開発されてハイビジョン画像の表示に至っている。最近では、10型クラスのカラーTFT-LCDの生産量の話題や低消費電力携帯用の反射型パネル開発が進む状況の中でAC型カラープラズマディスプレイが著しい発展を見せ、21型パネルが1993年初頭に市販され、続いて本年には20型パネルが実用化された。さらにAC型では40型パネルが最近発表されてDC型とともに大型ディスプレイの開発と実用化が急速に進展している。ここでは注目と期待を集めている大型パネル開発を中心に最近のプラズマディスプレイの動向を報告する。

### 8-2. 単色発光パネル

AC型の基本的構造は、2枚のガラス基板の内面に設けた平行な電極群が誘電体層で被覆され、スペーサーで規定されたガス空間を挟んで電極群を直交させて配置する。誘電体層の表面は放電の特性を支配するので重要である。開発の初期段階で、高い2次電子放出率とスパッタリングの少ない安定な特性を示す材料として電子ビーム蒸着によるMgO薄膜が開発され<sup>1)</sup>、これを厚膜誘電体層表面の保護層として用いることにより、AC型PDPを実用性の高いものとした。絶縁層の介在で、直流電圧を印加して放電すると発生した電荷の多くは誘電体層上に蓄積して壁電荷を生成し、逆電界の壁電圧を形成するので放電は急速に消滅する。交流パルス電圧を印加すると、この壁電圧が外部電圧に加算されて繰り返し放電が維持され、安定なメモリー機能が得られる。AC型が固有するメモリー機能は単純なパネル構成で得られるので輝度を低下させずに行数の多い大型パネルが実現された。これらの多くはOwens Illinoisと富士通が開発が進み、1970年代には512×512セルのパネルが長寿命の特徴を持って実用され<sup>2)</sup>、1987年にはPhotronics Technology ほかで2048×2048セルの対角1.5mの大型パネルの実用化に及んだ<sup>3)</sup>。

一方、DC型では、Burroughsが実用化したSelf-Scan<sup>TM</sup>型<sup>4)</sup>がその後の開発の基礎となった。X-Y電極による表示用の放電セル群の背面側にY電極を共用してY-Xの補助放電セル群を1:1に対応させた積層構造で、画面の縦方向に連続する補助セル間と、前後に隣接する補助表示セル間に電離結合(空間的な繋がり)で形成する)を持っている。これによって補助放電の転移による行の走査と、表示セルの点灯が高速、安定に行われる。このパネルを部分的に改良して、Zenith<sup>5)</sup>とNHK<sup>6)</sup>ではそれぞれ良好なテレビ画像を表示した。ここで積極的に採用されたプライミング効果(補助放電効果)は、準安定励起粒子を供給して放電の立上りを速め、そのばらつきを減らし、放電の開始電圧を下げるもので、大型高精細パネルの実現に欠かせない高速動作、ノイズの低減、放電の選択の目的に現在も重要な機能として利用されている。

可搬型、携帯型のパソコンやワープロ用に大型の10型クラスの実用化を目標に、LCD、EL、VFDとともに開発が活発に行われた当時、これらの特徴を基に国内の数社で駆動電圧の低減、簡易な構造、安価な製造コストに向けたパネル改良がAC型とDC型の両方で進んだ結果、優れた視認性を特徴にプラズマディスプレイが他の方式に先駆けて実用化された<sup>7),8)</sup>。

### 8-3. 放電ガスと真空紫外線励起蛍光体

プラズマディスプレイのカラー化は、放電の可視光の直接利用や、プラズマ中の低速電子或いはこれを特殊な放電セル構造の条件で3~4kVの高速に加速して蛍光体を励起する方法があるが、いずれも実用的な特性やパネル構成が得られないまま、放電で発生する紫外線で蛍光体を励起する方式に限定されている。また、蛍光ランプに較べると電極間隔が桁違いに小さいPDPの放電セルでは、Hgガスの遷移による紫外線放射を効率よく利用出来ず、代わりに希ガスが採用される。殆どの場合、共鳴遷移の波長が最も長いXeが選択され、HeやNeの母体ガスに添加して主に効率と駆動電圧の両面から混合比をパネルの動作に最適化する。多くのDC型パネルにはHgが添加されているが、陰極スパッタリングの防止や放電特性の均一化を目的にしている。

このように、放電ガスはXeにほぼ限定され、さらに具体的な放電セルを構成する条件からはXeの共鳴放射を主に利用することになり、PDP用蛍光体の励起波長は147nmの真空紫外線に絞られる。従来のランプ用のHgによる励起波長(主に254 nm)に較べると著しく短いの、蛍光体材料はそのまま流用することは難しい。この波長の真空紫外線励起に対しては、ランプ用、CRT用を始め多くの材料が国内で検討探索された。その結果、発光色、変換効率、3色間のバランスなど、良好な特性の蛍光体が早期に開発され<sup>9)</sup>、最近開発、実用化されたカラーパネルにも採用されている。

プラズマディスプレイの発光効率は、紫外線の発光効率とその利用率、紫外線からRGB 3原色への変換効率とその発光の利用率に支配されるが、このうち蛍光体の量子変換効率は既に優れた値が得られている。また、紫外線や可視発光の利用率も放電セル構造と製作技術の改良で向上してきた。従って、Xeガス放電過程における真空紫外線の発生効率の改善が最も望まれる段階になってきた。励起と可視発光との波長の大きな比がエネルギー変換効率を限定していることを含めて、放電現象と材料面からの特性の改善は難しい課題であるが、最近ではプラズマディスプレイの放電ガスや放電現象の基礎過程に遡った研究が行われるようになってきた<sup>10)</sup>。

### 8-4. DC型カラープラズマディスプレイ

DC型パネルで注目すべき開発は、前述のSelf-Scan<sup>TM</sup>型を基にしている。その最初のカラー化は、前面板に3色蛍光体を塗り分けるとともに表示セルの電極間隔を減らして蛍光体励起を効率化し、さらにパネルを2分割して動作させ2行を同時に駆動して輝度を改善する方法で16型パネルまで大型化された<sup>11)</sup>。しかし、表示セルの行を順次に駆動する線順次駆動では、さらに多重に分割したパネル構成が製作技術的に実現出来ず、大型化における輝度低下を避けるためにメモリー機能の導入が必須となった。

この段階で、NHKで開発されたのがパルスメモリー方式である。AC型が電極上の誘電体層表面に蓄積した壁電荷を利用するのに対して、DC型のメモリー動作には放電セル空間に残留する準安定励起粒子による自己のセルへの補助放電効果が利用された。放電停止後のセル空間には準安定励起粒子が減衰しながら残存するので、直流の連続した維持パルス印加して置く

と短時間後に加わる次のパルスに対しては補助放電効果によって放電開始電圧よりやや低いパルス電圧で選択的に再点灯が可能である。パルスメモリー方式では前述のSelf-Scan<sup>TM</sup>型におけるプライミングと組合わせてこの効果を積極的に利用した結果、メモリー機能の導入による輝度の改善に留まらず、大型パネルの駆動には必須の高いアクセス速度が共に達成された。

さらにSelf-Scan<sup>TM</sup>型と同様であった複雑な構造も、表示セルと補助セルを同一面上に配置することで簡易化が図られた。2枚の面板で構成出来るようになったパネルは20型、33型と大型パネルの製作を可能にし、40型のパルスメモリー方式パネルでは256階調のハイビジョン画像表示が実現した<sup>12)</sup>。

図1は、さらに透過型の蛍光面動作を紫外線励起と同じ側面から発光を利用する反射型蛍光面に改良し

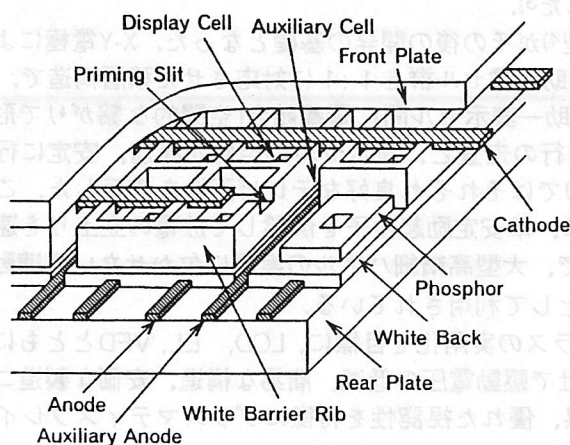


図1 NHKパルスメモリー方式パネルの構造<sup>12)</sup>

て効率の改善を図ったパネルの構造である<sup>13)</sup>。この構造では、無機材質で構成した3色フィルタを前面板の内面に設けることによって、外光に対するコントラストの大幅な改善が図られた<sup>14)</sup>。そのほかにも、補助セルの機能を表示セルに吸収させることで補助セルを排除した画素の高密度化<sup>15)</sup>、駆動回路の改良による低電力化<sup>16)</sup>、表示セルに抵抗を導入して過大電流による陰極スパッタリングを抑制したパネルの長寿命化<sup>17)</sup>など、多くの改善が行われた。

DC型の研究開発は特に我国で活発に行われており、以上のほかにも、Hgを排除出来る可能性が高いCa<sub>0.2</sub>La<sub>0.8</sub>CrO<sub>3</sub>陰極<sup>18)</sup>などの材料から優れたパネルの特性に渉る多くの開発が行われているが、現在のところ、総合的に大型画像表示に優れたパネルの方式はパルスメモリ方式にほぼ限定される。しかし、この方式もプラズマディスプレイ全体を見渡した中では複雑な構造を持っており、高精細化がさらに要求される今後の大型パネルには、実用化に向けた製作技術の改善に留まらず構造の簡易化による生産性の向上が要求され、さらには長寿命特性の確立が急がれる。

## 8-5. AC型カラープラズマディスプレイ

AC型のカラー化は、両方の面板に形成した電極群を互いに直交して対向させた構造の対向電極型で最初

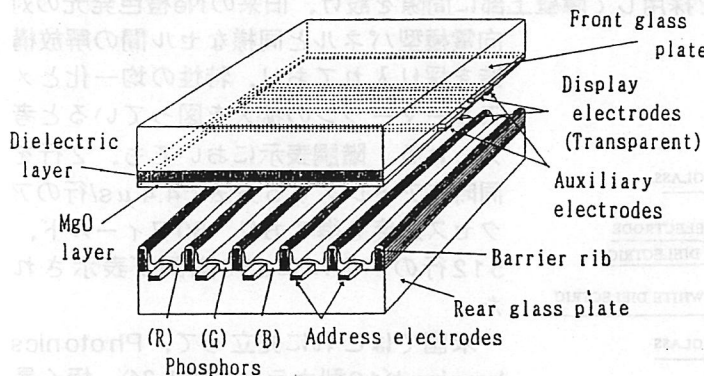


図2 富士通面放電型パネルの構造<sup>21)</sup>

最近注目される面放電型のパネルは、富士通が開発した図2に示す構造である<sup>21)</sup>。21型パネルが1993年初頭にカラーPDPとして始めて市販された。前面板側には面放電のための平行な維持電極が形成される。背面板上に塗布された蛍光体の発光を反射型で利用するために維持電極には透明導電膜が使用され、その端

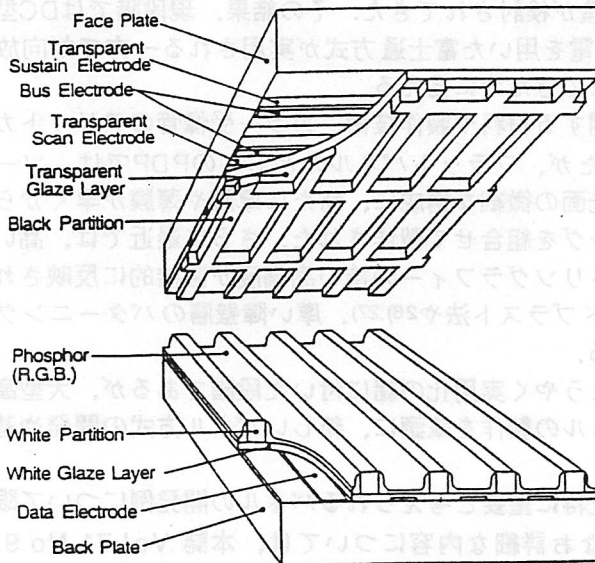


図3 NEC面放電型パネルの展開構造<sup>22)</sup>

に行われたが、当時、表示セルに隔壁のない解放構造のパネルでは蛍光体を面板上の電極付近に塗らざるを得ず、交流動作でイオン衝撃による特性劣化が障害になって中断された。その後、一方の面板に沿って放電路を形成し、蛍光体を他方の面板に塗布した面放電型<sup>19)</sup>のセル構成が開発されるに及んで、イオン衝撃が回避され急速に開発が進んだ。さらにその後には、保護層を設けて蛍光体のイオン衝撃を避ける試みがなされ、保護層による励起光の吸収で初期輝度が低下してしまうものの劣化を避けて寿命が改善された<sup>20)</sup>。総合的な発光効率が改善された最近では対向電極型のパネルで実用化に向けた開発も盛んである。

辺に細幅の金属バス電極を積層して抵抗の高い透明電極による電圧降下を防止した。これらを被覆して誘電体層とMgO保護層が形成される。蛍光体の下には第3の電極としてアドレス電極が形成され、その間には平行に障壁を設けてセルを分離する。一つの溝には1色の蛍光体が障壁内面を覆うようにストライプ状に塗られて3色蛍光面が形成される。両方の面板の有効画面領域をパネル面上で見ると、いずれも縞状の1次元パターン構造を持っている。従って面板の製作では1次元の整合のみが要求されることになり、さらにパネルの組立ではパターン構造が互いに直交するので両者の重ね合わせでも整合を考慮する必要がない。この基本構造は対向電極型の単色発光パネルと全く同様で、カラーパネルの場合にも面板の加工と組立で大型高精細パネルの製作に特に有利な長所を持っている。

パネルの駆動では、壁電荷を有効に利用して低電圧で書き込みの出来る線順次アドレスの方法を採用し、

低廉な駆動回路系を実現した。階調を表示する各サブフィールド画面の形成には、壁電荷の減衰が遅い特性を利用して先にアドレスを完了させ、次いで画面の全面を同時に表示させた。そのため表示段階では書込時と異なる維持パルス周波数を独立に設定する事が出来る。これらの改善で、 $3\mu\text{s}$ の高速アクセスと消費電力の低減が可能になり、480行のパネルで60フィールド、256階調の表示が行われた。現在市販のパネルは64階調表示であるが、これによってAC型プラズマディスプレイの最大の問題とされてきた8ビット階調表示の壁がこの方式で初めて打開された。

最近、NECにおいても面放電型ACパネルを開発して840 x 480画素(16:9)の40型パネルを実現した<sup>22)</sup>。図3に示す構造は富士通パネルに類似しているが、前面板側にもセルを囲む形状に障壁が設けられている。また、パネルの動作では、プライミングパルスの印加を4つに時分割して書込パルスとの時間差を短縮することでサブフィールドを安定に書き込み256階調の表示を行った。

図4は、Thomson Tubes Electroniquesから最近発表された対向電極型パネルの断面構造である<sup>23)</sup>。放電空間の間隔が約 $50\mu\text{m}$ と狭く、従って障壁層の高さも低い。薄膜、厚膜共に積極的に使用する富士通やNECのパネルと較べると誘電体層を除く総ての工程をフォトリソグラフィで加工しているの、生産コストを別にすれば高精細パネルの加工には適している。反射型蛍光面を採用して障壁の内面にも蛍光体を塗布し誘電体層にも白色反射層を用い、類似構造の透過型蛍光面のパネルに較べて効率を6倍にも改善している。0.4mm画素ピッチ従って0.134mmセルピッチの高精細パネルで0.3 lm/Wの発光効率を得ている。さらに、障壁とは別個のスペーサ(図示されていない)を採用して障壁上部に間隙を設け、旧来のNe橙色発光の対向電極型パネルと同様なセル間の解放構造を採り入れており、特性の均一化とメモリーマージンの拡大を図っていると考えられる。階調表示においても、2行を同時にアドレスする方法で $4.4\mu\text{s}$ /行のアクセス速度を得ており、50フィールド、512行のパネルに256階調が表示された。

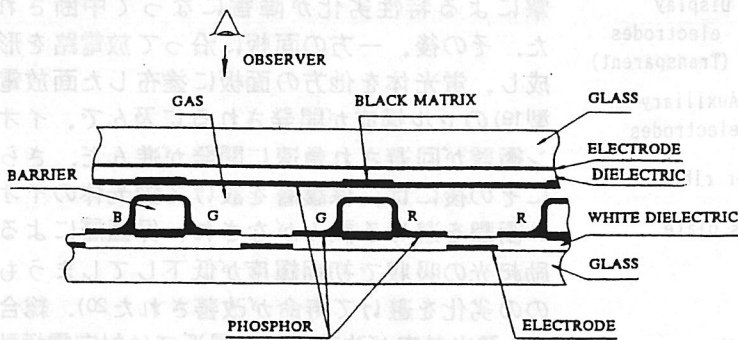


図4 Thomson 対向放電型パネルの断面構造<sup>23)</sup>

対向電極型パネルと同様なセル間の解放構造を採り入れており、特性の均一化とメモリーマージンの拡大を図っていると考えられる。階調表示においても、2行を同時にアドレスする方法で $4.4\mu\text{s}$ /行のアクセス速度を得ており、50フィールド、512行のパネルに256階調が表示された。

米国ではこれに先立って、Photonics Imagingが19型カラーパネル<sup>24)</sup>、極く最近ではPlasmacoが21型マルチカラーパネル<sup>25)</sup>を発表したが、いずれもパネルの詳細な構造が未だ判っていない。

## 8-6. おわりに

プラズマディスプレイは種々の方式で多くのパネル構造が検討されてきた。その結果、現段階ではDC型ではパルスメモリー方式が開発で独走し、AC型では面放電を用いた富士通方式が実用される一方で対向放電型の優れたパネルも提案されて、かなり方式が整理されてきたかに見える。

プラズマディスプレイの開発初期には、表示放電管に関する材料や製作技術、カラー受像管のフリットガラス封着技術などが開発の立上げに大きな役割を果たしたが、フラットパネルのとしてのPDPでは、ソーダガラスを基板とした3次元構造の放電空間と電極や蛍光面の微細な構成に、新たに厚膜や薄膜が早くから主要なプロセス技術として採用され、これらのパターンニングを組合せて製作された。さらに最近では、高い加工精度が要求される大型高精細パネルの製作に、フォトリソグラフィの持つ高精度が直接的に反映されるプロセス技術として粒子の衝撃で研削加工を行うサンドブラスト法<sup>26)</sup>、<sup>27)</sup>、厚い障壁層のパターンニングに適したドライフィルム法<sup>28)</sup>による改善が導入されている。

カラープラズマディスプレイは、以上に述べたようによく実用化の緒に付いた段階であるが、大型高精細パネルの実現にはプロセス技術の改善による大型パネルの製作を筆頭に、新しいパネル方式の開発や基礎研究による輝度、効率、寿命の改善が早急に望まれる。

プラズマディスプレイの主要な技術の開発経過と、最近特に重要と考えられるパネルの開発例について限定して紹介し、今後重要性を増す製作技術に触れた。なお詳細な内容については、本誌:Vol.71, No.9, pp.562-568(1987)、ならびに、ディスプレイ用材料・デバイス研究調査委員会報告書: JIER-13(1988)、発光ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書: JIER-23(1992)を参照されたい。

(小島 健博)

## 参考文献

- 1) H. Uchiike, K. Miura, N. Nakayama, T. Shinoda and Y. Fukushima: Secondary Electron Emission Characteristics of Dielectric Materials in AC-Operated Plasma Display Panels, IEEE Trans. Electron Devices, **ED-23**, 11, pp.1211-1217(1976)
- 2) D. R. Willis, R. L. Johnson, R. E. Ernsthause and D. E. Wedding: Large Area Displays, Proc. Eurodisplay '81, pp.191-194(1981)
- 3) D. K. Wedding Sr., P. S. Friedman, T. J. Soper, T. D. Holloway and C. D. Reuder: A 1.5-m-Diagonal AC Gas Discharge Display, SID 87 Digest, 7.4, pp.96-99(1987)
- 4) R. Cola, J. Gaur, G. Holz, J. Ogle, J. Sirgel and A. Somlyody: Gas Discharge Panels with Internal Line Sequencing(Self-Scan™ Displays), Adv. Image Pickup Display, **3**, Academic Press, NY, pp.83-170 (1970)
- 5) G. J. Chodil, M. C. DeJule and J. Markin: Good Quality TV Pictures Using a Gas-Discharge Panel, IEEE Trans. Electron Devices, **ED-20**, 11, pp.1098-1102(1973)
- 6) 池田, 坂井, 大石: ガス放電形表示パネルによるテレビ画像表示, 信学画像工学研委資, IT72-12(1972)
- 7) 中川, 岡本, 厚見, 伊藤, 犬塚: 高精細プラズマディスプレイユニット, National Tech. Report, **33**, 1, pp.108-117(1987)
- 8) Y. Amano, K. Yoshida and T. Shionoya: A High-Resolution Plasma Display Panel, SID 82 Digest, 15.1, pp.160-161(1982)
- 9) J. Koike, T. Kojima, R. Toyonaga, A. Kagami, T. Hase and S. Inaho: New Tricolor Phosphors for Gas Discharge Display, J. Electrochem. Soc., **126**, 6, pp.1008-1010(1979)
- 10) 橋口: プラズマディスプレイパネルの放電の計算機シミュレーション, ディスプレイアンドイメージング, **1**, 4, pp.301-309(1993)
- 11) 小島, 豊永, 坂井, 田島, 瀬賀, 栗山, 小池, 村上: 16型ガス放電カラー表示パネル, テレビ学技報, **2**, 16, IPD37-18, pp.45-50(1978)
- 12) 関, 栗山, 山本, 加藤, 武井, 河井, 村上: ハイビジョン用40型プラズマディスプレイの開発, NHK技研 R&D, 26, pp.47-54(1993)
- 13) 高野, 坂井, 小松, 澤井, 藤井: 25型高コントラスト放電パネル, 1991年テレビ学全大, 4-7, pp.75-76 (1991)
- 14) 坂井, 和田: 超低反射率カラー表示パネル, テレビ誌, **42**, 10, pp.1084-1090(1988)
- 15) 関, 河井, 山本, 村上: 反射蛍光面トリガー方式パルスメモリーPDPの試作, 信学技報, **93**, 429, EID93-117, pp.31-36(1994)
- 16) 高野: 40型PDPのCPM駆動, テレビ学技報, **18**, 3, IDY94-20, pp.37-42(1994)
- 17) 坂井, 後沢, 和途, 高橋: 抵抗付DC-PDPへのフォトリソの応用, テレビ学技報, **18**, 19, IDY94-70, pp.17-22(1994)
- 18) 小岩, 中井, 髭本, 澤井: カルシウムランタンクロマイト陰極のDC型モノカラープラズマディスプレイパネル(PDP)への適用, テレビ誌, **47**, 5, pp.745-747(1993)
- 19) 吉川, 篠田: カラー表示面放電形AC-PDP, テレビ学技報, **4**, 27, IPD53-13, pp.69-73 (1980)
- 20) P. D. T. Ngo, N. C. Andreadakis, T. J. Nelson and W. E. Quinn: Color ac Plasma Display with Emissive Dielectric Layer, Japan Display '86, 13.2, pp.494-495(1986)
- 21) 篠田, 脇谷, 吉川: フルカラーAC型プラズマディスプレイ, ディスプレイアンドイメージング, **1**, 4, pp.319-327(1993)
- 22) 布村: 40型カラーPDP試作品の特性, 第9回プラズマディスプレイ技術討論会, pp.1-4(1994)
- 23) J. L. Deschamps: Recent Developments and Results in Color-Plasma-Display Technology, SID 94 Digest, 21.1, pp.315-318(1994)
- 24) P. S. Friedman, R. A. Stoller and D. K. Wedding: An Improved 19-in.-Diagonal Full-Color AC-PDP Video Monitor, SID 92 Digest, 37.2, pp.717-719(1992)
- 25) Industry News: Information Display, **10**, 6, p.28(1994)
- 26) 寺尾, 増田, 小岩, 髭本, 澤井, 金森: サンドブラスト法によるカラープラズマディスプレイパネルの高精細障壁の形成, テレビ学技報, **16**, 2, IDY92-21, pp.49-52(1992)
- 27) 藤井, 石賀, 原山, 岡: サンドブラスト法によるカラーPDP蛍光面の試作, テレビ学技報, **18**, 3, IDY94-25, pp.67-72(1994)
- 28) 有本, 永野, 上崎, 吉川: 大画面, 高精細プラズマディスプレイ製造技術, テレビ学技報, **18**, 3, IDY94-25, pp.67-72(1994)

## 9. ELディスプレイ

### 9-1. はじめに

マン・マシン・インターフェイスとしての情報表示装置（電子ディスプレイ装置）として、これまでのCRT（ブラウン管）に替わるものとしてELディスプレイは、完全な固体デバイスであり、特に薄膜ELは高信頼度、高コントラスト、高解像度を同時に満たし、また、動作速度が速い、自発光、などの優れた特徴を有しているため、ワークステーションなどのOA機器用、工作機械などのFA機器用のディスプレイとして実用化されている。しかし、実用化されている薄膜ELディスプレイはモノクローム（黄橙色）に限られており、薄膜ELディスプレイの本格的な普及のためには、カラーELディスプレイが不可欠であるが、この2～3年の間にその研究・開発が著しく進展し、最近になって、フルカラー薄膜ELディスプレイの試作例が報告されるようになった。また、モノクローム薄膜ELディスプレイについても高輝度化、低消費電力化など、着実な技術的進展が見られる。また、画素の微細化が容易であるという薄膜ELディスプレイの特徴をいかして、ヘッド・マウンテッド・ディスプレイとしての応用も進められている。

一方電子輸送性の有機薄膜とホール輸送性の有機薄膜を積層した電荷注入型の有機ELは最近寿命が延び、三原色が高輝度で得られるため、その将来が注目されつつある。

また有機分散型ELに関しても、寿命の長いものが市販され、薄く、折り曲げが出来るなどの利点を活かした用途開拓が進んでいる。

### 9-2. モノクローム薄膜EL

モノクローム薄膜ELの最近の進展としては、素子特性の向上より、むしろ駆動方法やELパネルの設計・製造技術の改造による、大型化、高精細化、高輝度化、低消費電力化が著しい。これらの開発動向を図1に示す。<sup>1)</sup>

(1) 大型化・高精細化：ワークステーション、CAD用ディスプレイとして、対角13in. 画素数1280×1024の大表示容量薄膜パネルが実用化されている。対角30in. 程度の大型化、0.1mmピッチの高精細化が可能と考えられている。

(2) 高輝度化：薄膜ELパネルの駆動方式として、パネルを上下に分割し、同時に駆動する、上下分割駆動（デュアルスキャン）方式が開発された。従来の画素輝度が100cd/m<sup>2</sup>程度であるのに対し、この駆動方式を用いることにより、約2倍の輝度200cd/m<sup>2</sup>が得られる。高輝度薄膜ELパネルは、交通機関や金融機関など新たな分野で使用されはじめている。

(3) 低消費電力化：薄膜ELパネルは、基本的に容量性デバイスであるため、アドレスのための電力消費が大きい。この電力消費量を低減するために、駆動回路の改善が図られている。チャージ・リカバリー回路、2段階充電、インダクタンスを用いた共振回路などを組み合わせて、対角7in. (320×128) のパネルで1.5W、9in. (640×400) のパネルで最大消費電力6Wが実現され、ポータブル機器への応用も可能になりつつある。

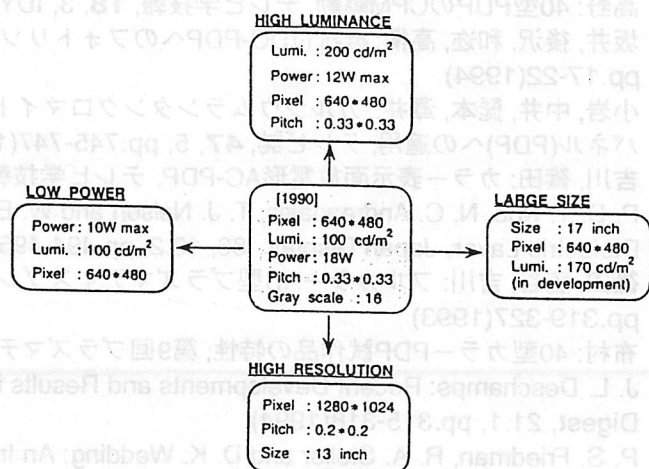


図1 モノクロームELディスプレイの開発動向<sup>1)</sup>

### 9-3. フルカラー薄膜EL

#### 9-3-1. フルカラー薄膜ELディスプレイの性能目標

フルカラーELディスプレイに要求される輝度（白色発光時）は  $35\sim 50\text{cd/m}^2$  とされている。<sup>2, 3)</sup> 各発光画素のフィルファクターが等しく、各発光色は TV-CIE 座標値をもつとすると、要求される R/G/B 画素の輝度比は  $26.5 : 65.8 : 7.7$  となる。フィルファクターを 0.22 としたときの、必要な R/G/B 画素の輝度を表 1 に示す。<sup>2)</sup> カラーELパネルを実現するためには、駆動周波数  $30\sim 120\text{Hz}$  でこれらの輝度を得る必要がある。

表 1 カラーELディスプレイに必要な、赤/緑/青色 (R/G/B) 画素の輝度

Color	Pixel Luminance Areal White = $35\text{cd/m}^2$	Pixel Luminance Areal White = $50\text{cd/m}^2$
	Red	42 $\text{cd/m}^2$
Green	104 $\text{cd/m}^2$	150 $\text{cd/m}^2$
Blue	12 $\text{cd/m}^2$	17 $\text{cd/m}^2$

#### 9-3-2. フルカラーELディスプレイの構造

最近、カラー薄膜ELディスプレイの構造について、多くの検討がなされた。基本的には、図 2 (a) に示す、白色発光薄膜ELとパターン化した R/G/B カラーフィルターを組み合わせた構造（パターン化フィルター構造と呼ぶ）と図 2 (b) に示すパターン化した R/G/B 発光層を並べた構造（パターン化発光層構造）とが検討されている。<sup>3)</sup>

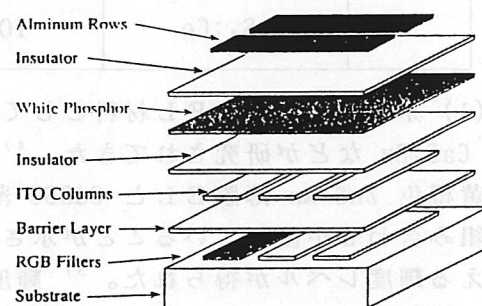
パターン化フィルター構造は、パネルの製造上の観点からは複雑さが少ないと言えるが、視差による混色を避けるため、フィルターは薄膜ELに接するようになる必要がある。このため、図に示す、薄膜ELの ITO透明電極と金属電極を入れ換えた反転構造を有する薄膜ELと、シール用のカバーガラス上に形成した有機色素カラーフィルターの組み合わせを用いる。この構造は次のような特徴を有する。

(1) カラーフィルターを有するので、円偏光フィルターなしで、非常に良いコントラストを示す。

(2) R/G/B 画素に同一の特性をもつ白色発光薄膜ELを用いるので、駆動回路が簡単化でき、経時特性にも優れている。しかし、最も大きな問題は、 $200\sim 300\text{cd/m}^2$  の高い輝度をもつ白色発光薄膜ELを必要とする点にある。

図 2 (b) に示すパターン化発光層構造では、EL発光層をパターン化する必要があり、製造上の複雑さがある。しかし、カラーEL蛍光体に対する輝度の要求レベルは低くでき

(a) Patterned Filter Structure



(b) Patterned Phosphor Structure

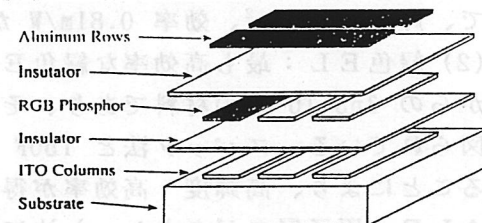


図 2 カラー薄膜ELディスプレイの構造<sup>2)</sup>

(a) パターン化フィルター構造

(b) パターン化発光層構造

る。赤色と緑色の薄膜ELの輝度レベルは、ほぼ、要求レベルに達したが、青色ELの輝度が未だ不十分で、輝度向上の努力が続けられている。

### 9-3-3. 新しい青色EL材料とフルカラー薄膜ELディスプレイ

カラー薄膜ELパネルを実現するためには、R/G/B三原色の発光を示す高輝度・高効率な薄膜EL材料の開発が不可欠である。その輝度と効率の現状を表2に示す。

表2 赤/緑/青色発光薄膜EL材料の輝度・効率の現状

Color	Materials	Luminance ( $\text{cd/m}^2$ )	Efficiency ( $\text{lm/W}$ )	Color Coordinate ( $x, y$ )
Red	ZnS:Mn/CdSSe filter	75	0.8	(0.63, 0.36)
Green	ZnS:TbOF(SP)	100	~1	(0.32, 0.60)
	ZnS:TbS(ALE)	70		
	ZnS:Tb,F(SP)	70		
Blue	SrS:Ce,K	6		(0.10, 0.15)
	(SrS:Ce/ZnS) <sub>n</sub>	10		(0.10, 0.26)
	CaGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub> :Ce	10		(0.14, 0.19)

- (1) 赤色EL：赤色EL材料としては、ZnS:Sm,Cl や CaS:Eu などが研究されてきた。<sup>4)</sup>最近になって、黄橙色 ZnS:Mn 薄膜ELと CdSSe 薄膜フィルターの組み合わせが優れていることが示され、目標値を超える輝度レベルが得られた。<sup>5)</sup>輝度と発光色は、CdSSe 薄膜フィルターの S/Se 比と膜厚に依存する。60Hz 駆動で、CIE色度値  $x=0.65, y=0.35$  の赤色発光で、輝度  $75\text{cd/m}^2$ 、効率  $0.8\text{lm/W}$  が得られている。
- (2) 緑色EL：最も高効率な緑色EL材料は、従来からの ZnS:Tb 系の材料であり、その特性の改善が図られている。スパッタ法と TbOF 発光中心を用いることにより、高輝度・高効率を得られた。<sup>6)</sup>また、ALE (原子層エピタキシー) 法による Tb 発光中心の変調ドーピングを用いても良好な結果が得られている。60Hz 駆動で、輝度  $70\sim 100\text{cd/m}^2$ 、効率  $1\text{lm/W}$  が得られており、この値は、ほぼ目標値に達している。
- (3) 青色EL：青色EL材料としては、ZnS:Tm, SrS:Ce などが検討されてきた。最近、Ar-S 雰囲気中で680度程度で熱処理することにより、SrS:Ce 薄膜ELの輝度が2~3倍向上することが示された。<sup>7)</sup>しかし、発光色が青緑色であり、色調に問題がある。最近、SrS:Ce/ZnS 多層構造薄膜EL発光層を用いて、

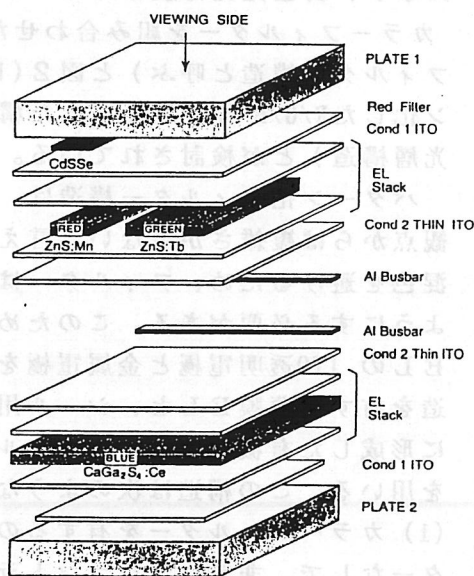


図3 二枚の基板をもちいたフルカラー薄膜ELディスプレイの構造<sup>1)</sup>一方の基板に緑色(ZnS:Tb)と赤色(ZnS:Mn/CdSSe フィルター)ELの両者を配列し、他方の基板に青色(CaGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Ce)ELの両者を配列している。

60Hz 駆動で  $10\text{cd/m}^2$  ( $x=0.14, y=0.26$ ) が得られた。<sup>8)</sup> この値は要求値をほぼ満足する。

さらに、新しい青色 EL 材料として  $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}$  が見いだされ、輝度  $10\text{cd/m}^2$  ( $x=0.14, y=0.19$ ) が得られた。これを用いて、対角 10in.  $640(\times 3)\times 480$  のフルカラー (16色) 薄膜 EL ディスプレイが試作された。<sup>9)</sup> EL パネルの構造を図 3 に示す。緑色と赤色 EL の画素を配列した基板と青色 EL の基板とを組み合わせた、二重基板構造になっている。緑色 EL 材料には  $\text{ZnS}:\text{Tb}$ 、赤色 EL 材料には  $\text{ZnS}:\text{Mn}/\text{CdSSe}$  フィルターが用いられている。

9-3-4. 白色 EL とカラーフィルターを組み合わせた、フルカラー薄膜 EL ディスプレイ  
白色発光薄膜 EL とカラーフィルターを組み合わせたフルカラー薄膜 EL ディスプレイについても進展が見られる。<sup>10)</sup>

(1)  $\text{SrS}:\text{Ce}/\text{ZnS}:\text{Mn}$  : 積層構造を有する、 $\text{SrS}:\text{Ce}/\text{ZnS}:\text{Mn}$  薄膜 EL の発光スペクトルを図 4 (a) に示す。 $\text{SrS}:\text{Ce}$  発光層による青緑色の発光と  $\text{ZnS}:\text{Mn}$  による黄橙色の発光が重なった、幅広いスペクトル分布をもつ白色 EL が得られる。

この  $\text{SrS}:\text{Ce}/\text{ZnS}:\text{Mn}$  積層構造薄膜 EL とカラーフィルターを組み合わせて、対角 4.4 in.、 $213(\times 3)\times 200$ 、R/G/B マルチカラー薄膜 EL が開発された。輝度レベルはいまだ低い今後の改善が期待される。最近、ALE 法を用いても  $\text{SrS}:\text{Ce}$  と  $\text{ZnS}:\text{Mn}$  との積層で白色 EL が作成されている。<sup>11)</sup> カラーフィルターと組み合わせた輝度は、それぞれ、赤色  $29\text{cd/m}^2$ 、緑色  $62\text{cd/m}^2$ 、青色  $5.5\text{cd/m}^2$  が得られている。

(2)  $\text{SrS}:\text{Ce},\text{Eu}$  : 白色発光  $\text{SrS}:\text{Ce},\text{Eu}$  薄膜 EL の発光スペクトルを図 4 (b) に示す。このスペ

クトルは、480nm 近くにピークをもつ  $\text{Ce}^{3+}$  発光中心と、610nm 近くにピークをもつ発光は  $\text{Eu}^{2+}$  発光を重ね合わせたものである。これらの発光中心は f-d 許容遷移によるもので、 $\text{Ce}^{3+}$  発光中心から  $\text{Eu}^{2+}$  発光中心へのエネルギー伝達が重要な励起過程になっている。したがって、 $\text{Ce}^{3+}$  発光中心の濃度を一定にしておき、 $\text{Eu}^{2+}$  発光中心の濃度を増加することにより、青緑色発光から白色発光を経て橙赤色まで色調を制御することが出来る。

最近、この  $\text{SrS}:\text{Ce},\text{Eu}$  薄膜 EL を用いて、対角 4.7in.、 $320\times 240$  の白色発光薄膜 EL ディスプレイが試作された。白色輝度  $20\text{cd/m}^2$  が得られており、カラーフィルターと組み合わせたマルチカラー薄膜 EL ディスプレイの可能性についても検討されている。<sup>12)</sup>

#### 9-4. マルチカラー EL ディスプレイ

フルカラー薄膜 EL ディスプレイの開発と平行して、赤/黄/緑色のマルチカラー薄膜 EL ディスプレイの開発が進められている。この場合にも、フルカラー薄膜 EL ディスプレイと同様に赤/緑色の EL 材料を用いる方法と  $\text{ZnS}:\text{Mn}$  黄色発光 EL と R/G カラーフィルターを用いる方法とがあるが、後者の方が、コントラスト比がよい、確立した  $\text{ZnS}:\text{Mn}$  薄膜 EL の技術が適用できるなどの利点が広く認識されるようになった。ALE 法で作成した黄色発光  $\text{ZnS}:\text{Mn}$  薄膜 EL と R/G フィルターを組み合わせた、対角 9in.、 $640(\times 2)\times 200$  マルチカラー (赤/黄/緑) 薄膜 EL パネルが開発された。<sup>13)</sup> さらに、対角 9in. の EGA サイズのマルチカラー (8色) 薄膜 EL パネルが市販されることが報告された。<sup>14)</sup>

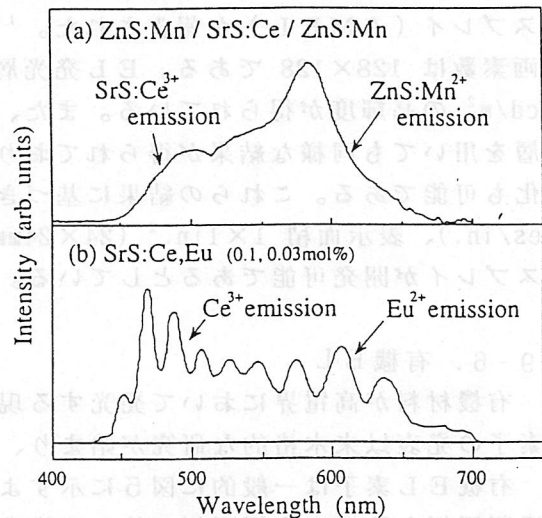


図 4 白色発光薄膜 EL の発光スペクトル

(a)  $\text{SrS}:\text{Ce}/\text{ZnS}:\text{Mn}$ . (b)  $\text{SrS}:\text{Ce},\text{Eu}$  薄膜 EL

輝度は $15\text{cd}/\text{m}^2$ と低い、 $1000\text{lux}$ の環境下でコントラスト比 $10:1$ が得られており、寿命も $30,000$ 時間以上と長く、広く実用化されることが期待される。

### 9-5. ヘッド・マウンテッド・ディスプレイ

薄膜ELディスプレイは、その機能部分の薄膜の厚さが $1\sim 2\mu\text{m}$ であるため、画素サイズが $10\times 10\mu\text{m}^2$ 程度の超高解像度を容易に実現することが出来る。このような特徴をいかしてヘッド・マウント・ディスプレイへの応用が試みられている。緑色発光の $\text{ZnS:Tb}$ を用いて、 $20\mu\text{m}$ ピッチ( $1270\text{lines}$ ) $160\times 90$ 、(表示面積 $3.2\times 1.8\text{mm}^2$ )の薄膜ELディスプレイが試作され、画像表示が可能なが示された。<sup>15)</sup>最近Si基板の上に集積した駆動回路の上に、EL発光層を集積した、アクティブ・マトリックス駆動の、ELディスプレイ(AMEL)が報告された。<sup>16)</sup>この分解能は $24\mu\text{m}$ ピッチ( $1000\text{lines}/\text{in.}$ )、画素数は $128\times 128$ である。EL発光層には $\text{ZnS:Tb}$ を用い、駆動周波数 $10\text{kHz}$ で $1700\text{cd}/\text{m}^2$ の高輝度が得られている。また、コントラスト比は $>100:1$ である。白色EL発光層を用いても同様な結果が得られており、カラーフィルターと組み合わせた、フルカラー化も可能である。これらの結果に基づき、AMELを用いて、 $1280(\times 3)\times 1024$ ( $1000\text{lines}/\text{in.}$ )、表示面積 $1\times 1\text{in.}^2$ ( $24\times 24\text{mm}^2$ )の、フルカラー・ヘッド・マウンテッド・ディスプレイが開発可能であるとしている。

### 9-6. 有機EL

有機材料が高電界において発光する現象は1987年Tang<sup>17)</sup>らによる薄膜積層型EL素子の発表以来本格的な研究が始まり、最近はその実用化が今一步の所まで近づいてきた。

有機EL素子は一般的に図5に示すような $1000\text{\AA}$ 程度の有機色素薄膜を陽極のITO透明電極と陰極の金属電極で挟んだ構造であるが、有機層が単一組成からなる単層型や、複数の異なる材料を積層した積層型とがある。いずれにしてもそれらの発光の機構は電極より注入された正孔と電子が電界によって移動再結合する際に、そのエネルギーが色素分子を一重項励起状態に励起し発光させると考えられている。従ってこの発光の効率を増加させるには、キャリアの注入効率とその再結合効率を向上させることにあり、その発光色はその材料を変えて対応できるので、この線に沿って研究開発が進められてきた。

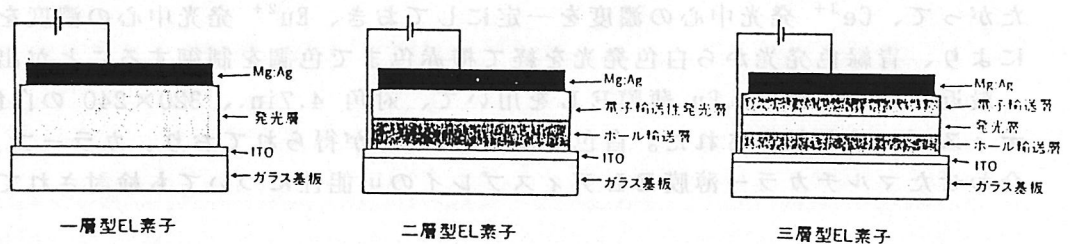


図5 有機ELの素子構造

典型的な二層構造とその発光原理を図6に示す。ここでは電極からのキャリア注入を容易にするための電極材料の選択、正孔の注入・輸送層と電子の注入・輸送層との分離、キャリア再結合部の二層界面への集約を通じて発光効率の向上が図られており、最近、発光の内部量子効率約 $20\%$ にまで達していると考えられている。<sup>18)</sup>

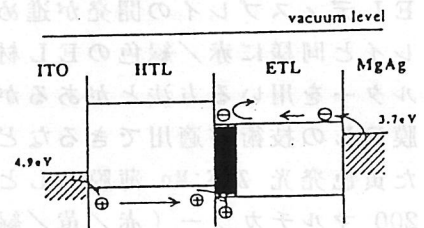


図6 有機ELの発光原理図

次にこれに用いられる材料については、勿論単一層でも高い発光効率を示す物質も存在するが、積層構造のものでは各層を別々に設計することができる。当初 Tang によって考えられた材料は電子輸送性の Al 錯体 (Alq) を発光層に用い、この層と陽極間に正孔輸送性のジアミン誘導体層を挿入した積層構造であり、10V 以下の低電圧で  $1000\text{cd}/\text{m}^2$  を超える輝度の緑色発光が得られた。これをもとに実践的な研究を通じて材料の分子設計に系統的な考え方を導入して、種々の改良が行われてきた。

低分子色素系の材料としてアルミニウム-キノリノール錯体を発光材料に用いた素子は輝度が高く耐久性に秀でており、亜鉛の錯体を用いたものも青色、赤色部に高輝度発光が得られると報告されている。<sup>19)</sup> また芳香族ジアミン誘導体 (TPD)、オキシジアゾール誘導体 (OXD) はそれぞれ正孔、電子の輸送材料として優れており、これらを中心に研究開発が進んでいる。<sup>20)</sup> さらに正孔、電子輸送層が備えるべき多様な機能を数種の材料に分担させるといふ、多層構造をもつ輸送層の設計・試作も行われている。

一方、比較的よく物性が調べられ、溶液を使った製膜ができ耐熱性もよいと考えられている共役高分子系材料については、欧米を中心にポリフェニレンピレン (PPV) を軸に研究が進められてきた。しかし発光効率は今一つであったが、電子吸引性のシアノ基を付与した電子輸送性の PPV ポリマーと通常の正孔輸送性 PPV との積層で、低分子色素積層型素子と同程度の発光効率を示すものが報告されている。<sup>21)</sup> さらに長い共役連鎖は必ずしも必要でないことが判り、共役系を持たない高分子材料の研究も始まり、ポリビニルカルボゾール (PVK) を用いた青色発光の報告もある。<sup>22)</sup>

これから発展して不活性のポリマー中に発光性色素やキャリア輸送剤を分散した分子分散系ポリマーの研究・開発も行われている。この系では分子設計の自由度が大きく、分散材の材料と濃度変化により、発光色をかなり自由に制御でき、青/緑/赤の三種の色素を分散させ蛍光灯に近い白色輝度を得た例が報告されている。<sup>23)</sup> さらにこれらの層は湿式法で膜ができ、真空蒸着膜と組合せた構造もあり、今後の展開が期待されている。

このように有機 EL の発展はすばらしく、緑色素子の最高輝度は  $10\text{万cd}/\text{m}^2$  を越え、4V 以下の印加電圧で  $300\text{cd}/\text{m}^2$  の輝度を得られ、外部発光効率も 4% に達している。しかしその実用化に当たっては連続駆動寿命が最大約千時間で、この延長が必須となっている。劣化の原因としては、電極及び有機物との界面、さらに有機物相互の界面における諸問題とその発熱による加速と、有機物自体の化学劣化の進行がある。前者、特に電極材料の問題は、次第に解決されつつあり、最後に後者とミクロな界面剥離や破壊が未だ残っており、これを突破して実用に向かって着実に開発が進みつつある段階といえる。

### 9-7. 分散型 EL

分散型 EL、特に有機物基板上に作られた EL は薄くて軽い平面光源であるため、LCD のバックライトとして使われてきた。しかしカラー LCD 用には輝度が不足で、小型の蛍光灯にその席をうばわれた。

それに対し、寿命が長く、明るさも増した大型の有機 EL は各所で使用されている。例えば店の看板、メニュー表示用、ビルのインテリアから、案内板などに用いられ、例えば郵便ポストにつけられたものでは太陽電池を電源とし、ポスト周辺の地図が夜でも判るようになっている。またフッ素系樹脂を用いて防湿した厚さ 0.17mm の分散型 EL は折り曲げが可能で、寿命も 6000hr となり、それを使って置き時計の文字盤の照明など新用途の開発が行われつつある。<sup>24)</sup>

9-8. おわりに

最近の発展としては、薄膜ELの進歩、すなわちカラー化、フルカラー薄膜ELディスプレイの試作があり、他のフラットディスプレイと共に広く利用される期待が出てきた。一方有機ELについても、材料・構造に関する改良が続いて、各色の輝度も上がり、効率もよくなって、残る寿命が解決されれば実用化も遠くないという所にまで来た。分散型ELを含めてその特長を活かした今後の応用の展開が待たれる次第である。

(伊吹順章・田中省作)

参考文献

- 1) A. Mikami: Technical Digest of Int. Symposium on Inorganic and Organic Electroluminescence, Hamamatsu (1994)
- 2) R. T. Tuenge: Proc. 6th Int. Workshop on Electroluminescence, El Paso (1992) 173
- 3) C. N. King: 1992 SID Seminar Lecture Notes, M-6/1
- 4) H. Kobayashi and S. Tanaka: Proc. 5th Int. Workshop on Electroluminescence, Heishinki (1990) Acta Polytechnica Scandinavica, Appl. Phys. Series No. 170 69
- 5) R. T. Tuenge and J. Kane: Digest of Tech. Papers, 1991 SID Int. Symposium (1991) 279
- 6) H. Ohnishi and F. Mohri: Digest of Tech. Papers, 1992 SID Int. Symposium (1992) 363
- 7) S. Tanaka, et al: Conf. Record 11th Int. Display Research Conf. (1991) 137
- 8) R. H. Mauch, et al: Digest of Tech. Papers, 1992 SID Int. Symposium (1992) 178
- 9) W. A. Barrow: Digest of Tech. Papers, 1993 SID Int. Symposium (1993) 761
- 10) S. Tanaka, et al: Digest of Tech. Papers, 1988 SID Int. Symposium (1988) 293
- 11) M. Leppanen, et al: Proc. 13th Int. Display Research Conf., (1993) 229
- 12) Y. Tanaka, et al: Proc. 12th Int. Display Research Conf., (1992) 721
- 13) J. Haaranen, et al: Digest of Tech. Papers, 1992 SID Int. Symposium (1992) 348
- 14) D. Cramer, et al: SID 93 Applications Digest (1993) 57
- 15) Y. Tsuchiya, et al: Proc. 13th Int. Display Research Conf., (1993) 225
- 16) R. Khormaei, et al: Digest of Tech. Papers, 1994 SID Int. Symposium (1994) 137
- 17) C. W. Tang + S. A. Van Slyke: Appl. Phys. Lett. 51 (1987) 913
- 18) 筒井哲夫: ディスプレイ アンド イメージング 投稿中  
レーザー研究 21 (1993) 1116
- 19) Y. Hanada, et al: Jpn. J. Appl. Phys. 32 (1993) L511
- 20) Y. Hanada, et al: Jpn. J. Appl. Phys. 31 (6A) (1992) 1812
- 21) N. C. Greenband et al: Nature 365 (1993) 628
- 22) J. Kido, et al: Appl. Phys. Lett. 63 (1993) 2627
- 23) 城戸淳二・長井勝利: 応用物理 63 (1994) 1026
- 24) 日経マテリアル No. 137 (1994年1月) 9

# 10. VFD, FED

## 10-1 はじめに

本報告書(ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書)は、1992(平成4)年3月に発行された発光ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書<sup>1)</sup>(以下、前報と略す。)の続編としての性格を持つので、前報の8章と対比することを前提に、主として1992年4月以降1995年3月までの技術的進展を中心に記述する。なお、VFDのみについては、さらに溯れば、当学会としてはもう1世代前のディスプレイ用材料・デバイス研究調査委員会報告書<sup>2)</sup>、並びに照学誌「ディスプレイ用材料とその応用」特集号<sup>3)</sup>のほか、第25回全国大会シンポジウム講演予稿<sup>4)</sup>もあり、最近のFEDも含めた話題については、昨年末の照学誌「ディスプレイ」特集号<sup>5)</sup>にも筆者の寄稿があるので、併せて参照されたい。

## 10-2 提供する話題の選定基準について

次節以降、本題に入る前に、ここでVFD及びFEDの話題として取り上げる論文類の選定の基準についての筆者の基本方針を説明しておく。

ディスプレイ関連学会あるいは業界の年間行事としては、概論でも触れられている春のSIDと、秋のIDRCが最も注目されており、結果的には末尾の参考文献79件の21.5%に当たる17件がその関係のもので占められた。

また、FEDに限っては、前報でも述べたように、1991(平成3)年の8月下旬に滋賀県長浜市での開催(第4回)が日本国内でも注目を集めるきっかけにもなったIVMC(International Vacuum Microelectronics Conference)におけるディスプレイ関連の発表が見逃せない。それに比べると、日本国内の応用物理学会が春と秋に開催する定期的な学術講演会における真空マイクロエレクトロニクス関係の発表内容は、たとえそれが最終的に電子源としてのディスプレイへの応用を目指しているものであっても、現時点ではなお基礎的な要素技術としての検討の段階に止まっているものが多いのは、工学系というよりも理学系の学会であるという、学会そのものの性格によるものとも思われる。

VFDに話を戻すと、毎年2月末から3月初めにかけて米国ミシガン州デトロイトで開催される自動車業界の国際会議兼展示会であるSAE(Society of Automotive Engineers)におけるVFDメーカーからの提案も無視できず、この催しについては、上記のSIDの日本支部とテレビジョン学会の情報ディスプレイ研究会の共催による報告会のことを、前報でも紹介したとおりである。国内では、春の電子ディスプレイ展(略称EDEX)と秋のエレクトロニクスショーの開催時期に合わせて、業界紙の発行元から出版されるB4版、英文のPR誌“DISPLAY DEVICES Spring/Fall'9X”にも、各VFDメーカーからの技術の紹介記事が掲載されている。また、あるVFDメーカーの技報の電子コンポーネント特集号(年に1回発行)にも、VFD(同社の場合、FIPと称する。)関係の論文が掲載されていることが多い。

さらに、電子/情報ディスプレイ全般に亘って、筆者も専門委員の一員である電子情報通信学会の電子ディスプレイ(EID)研究専門委員会の主催[多くの場合、SID日本支部、テレビジョン学会情報ディスプレイ(IDY)研究会、当学会光関連材料・デバイス(MD)研究専門部会などとの共催]による研究会での発表も少なくないが、それらの多くは単発的なものではなく、殆どその前後にSIDやIDRCなどの場でも登場するのが通例であるので、特に必要と認めたものに言及するに止める。

## 10 - 3 VFD (蛍光表示パネル)

### 10 - 3 - 1 1992年春~1993年3月まで (平成4年度以前) の話題

先ず、前報の発行年月より少し前の1992年2月24日(月)~27日(木)に開催されたSAE '92におけるVFD関係の論文4件については、事前のアドバンス プログラムから論文番号、著者及び表題だけは前報の表8 - 2の末尾に掲載しておいたが、前報の原稿の締切りまでにはその内容を十分に把握することは筆者の所属企業関係分以外は不可能であったため、補足する意味で、3月23日(月)開催の「SAE '92報告会」の資料<sup>7)</sup>を紹介する。次にこれも平成3年度末になるが、3月に開催されたEDEX '92に合わせて発行された“DISPLAY DEVICES SPRING '92”にも2件の英文のVFD関係のものがあり、それらの内容は表題から判断された。 <sup>7), 8)</sup>

5月の半ばにボストンで開催されたSID '92では、ディスプレイとしてのVFDに関しては見るべきものはなかったが、<sup>9)</sup> 蛍光体のセッションに1件だけ、VFD用のものの発表が、<sup>10)</sup> 蛍光体メーカからあり、さらにその和文版ともいべきものが、9月の当学会の研究会でも報告されている。<sup>11)</sup> また、VFDの要素技術のハードコピーへの応用として、カラー蛍光プリントヘッド(C-VFPH)の発表<sup>12)</sup>もあった。

10月中旬に広島で開催されたジャパン ディスプレイ '92では、ポスターセッションにVFDの多色化に関する発表が2件<sup>13), 14)</sup>と、口頭発表ではVFD用緑色発光蛍光体<sup>15)</sup>があり、さらにその和文版ともいべきものが、11月の国内の材料関係の研究会でも報告されている。<sup>16)</sup> ジャパン ディスプレイ '92と相前後して大阪で開催されたエレクトロニクスショー '92に合わせて発行された“DISPLAY DEVICES FALL '92”にも、前述の春号と同様に、2件の英文のVFD関係のものが掲載されている。<sup>17), 18)</sup>

10月発行のあるVFDメーカの技報の電子コンポーネント特集号には、2件の論文<sup>19), 20)</sup>が掲載されている。

1993年3月1日(月)~4日(木)に開催されたSAE '93におけるシステムを含めたVFD関係の論文としては、NECグループからの1件<sup>21)</sup>、ベンチャー企業のNu-Tech社(米)からの2件<sup>22), 23)</sup>及び筆者の所属企業グループからの2件(うち1件はディスプレイとは別のオーディオシステムのセッションから)<sup>24), 25)</sup>の合計5件を数え、それらの分の「SAE '93報告会」は、3月16日(火)に例年どおり機械振興会館で行われた。<sup>26)</sup>

### 10 - 3 - 2 1993年4月~1994年3月まで (平成5年度) の話題

4月に横浜で開催されたEDEX '93に合わせて発行された“DISPLAY DEVICES SPRING '93”にも、従来とほぼ同様な形で2件の英文のVFD関係のものが掲載されている。<sup>27), 28)</sup>

5月の半ば過ぎにシアトルで開催されたSID '93では、残念ながら蛍光体のような材料関係も含めて、VFDに関連のあるものは見当たらないが、この行事の報告会の資料も当学会の研究会から出されてはいる。<sup>29)</sup>

8月末から9月初めにかけてフランスで開催されたEURODISPLAY '93では、ロシアから2件 VFD要素技術関連の資料<sup>30), 31)</sup> (後者はSUMMARYの4行のみ)が掲載されているが、重要な意味を持つものとは思えず、かつ実際に口頭発表が行われたかどうかさえ疑わしい。

10月上旬に幕張で開催されたエレクトロニクスショー '93に合わせて発行された“DISPLAY DEVICES FALL '93”にも、2件の英文のVFD関係のものが掲載されている。<sup>32), 33)</sup>

10月発行のあるVFDメーカの技報の電子コンポーネント特集号には、2件の論文<sup>34), 35)</sup>が

掲載されている。

11月18,19日(木,金)に伊勢で開催されたテレビジョン学会の情報ディスプレイ(IDY)研究会ほか2研究会(IPU,CE)合同の行事の2日目の冒頭には、VFDの開発の先駆者のお一人である中村正氏による特別講演<sup>36)</sup>が行われたことも特に記しておきたい。また、その初日の最後には、別のVFD関係の発表も1件行われた。<sup>37)</sup>

1994年2月28日(月)~3月4日(金)に開催されたSAE'94では、2件<sup>38),39)</sup>(うち1件はオーディオシステムのセッション)しかVFD関係のものではなく、日本国内の不況を反映した淋しい状況であった。この分の「SAE'94報告会」は、3月18日(金)に行われた。<sup>40)</sup>

なお、国内の雑誌「エレクトロニクス」の3月特集号には、上村によるVFDの紹介記事も掲載されている。<sup>41)</sup>

### 10-3-3 1994年4月~1995年3月まで(平成6年度)の話題

4月上旬に前年同様、横浜で開催されたEDEX'94に合わせて発行された“DISPLAY DEVICES SPRING'94”にも、件数は減ったが1件だけ英文のVFD関係のものが掲載されている。<sup>42)</sup>

6月中旬にサンノゼで開催されたSID'94では、中国(浙江省,杭州大学)からポスターセッションに2件のVFDと銘打った発表<sup>43),44)</sup>がエントリーされていたが、今回も外貨や査証などの事情によるものか、実際には不参加であったと聞く。この行事の報告会の資料も当学会の研究会から出されてはいる。<sup>45)</sup>

10月に発行されたあるVFDメーカーの技報の電子コンポーネント特集号には、2件のVFD関係の論文が掲載されている。<sup>46),47)</sup>

10月10~13日(月~木)に米国のモンレーで開催された第14回のIDRCではVFD関係のものではなく、本年10月のAsia Display'95(=第15回IDRC)の予定会場の予行演習を兼ねて、10月26日(水)に完成後まもないアクトシティ浜松で開催されたInternational Display Workshops'94(IDW'94)では、VFDの招待講演が含まれていた。<sup>48)</sup>

10月上旬に晴海で開催されたエレクトロニクスショー'94に合わせて発行された“DISPLAY DEVICES FALL'94”でも、1件だけ英文のVFD関係のものが掲載されている。<sup>49)</sup>

発行日の時系列順からは、筆者の照学誌「ディスプレイ」特集号への寄稿<sup>5)</sup>がこの後に続くことになる。

### 10-3-4 産業の規模としての近年の統計

VFDがディスプレイデバイスとしては唯一の純国産技術であることと、現在もなお、ごく一部の例外を除いて、我が国の企業(海外系列を含む)が世界の需要を賄っていることは前報にも記したとおりであるが、過去7~8年の生産及び輸出の数量及び金額の推移を集計した図表を示して、当委員会の前世代の時期も含めての産業としての規模の推移を明らかにしておきたい。

図10-1は、1993年分までは通産省から毎月公表される電子部品・デバイスの生産実績から、「表示管」の項目を集計したものであり、その分類に僅かながら放電管方式のものも含まれているが、たかだか数%止まりであり、ほぼ全量VFDと見ても差し支えない程度と考えられる。一方、図10-2は、大蔵省から毎月公表される電子部品・デバイスの貿易統計から、「蛍光表示管」の輸出実績を集計したものであり、単一品目が設定された1988年以降しか細かい数量及び金額は明らかでない。

図10-1からは、この期間中の我が国の景気の動向と、1991年以後の平均単価の低落が読み取れ、図10-2からは、そのような中での国内産業の空洞化の進展(例えばVFDの有力な一次ユーザであるVTRデッキのセットメーカーの海外生産への移行など)がはっきりと読み取れる。なお、図10-1における1994年及び1995年の数値は、何れも業界団体(EIAJ)がまとめて最近発表した「1995年の電子工業生産見通し」に基づいた。

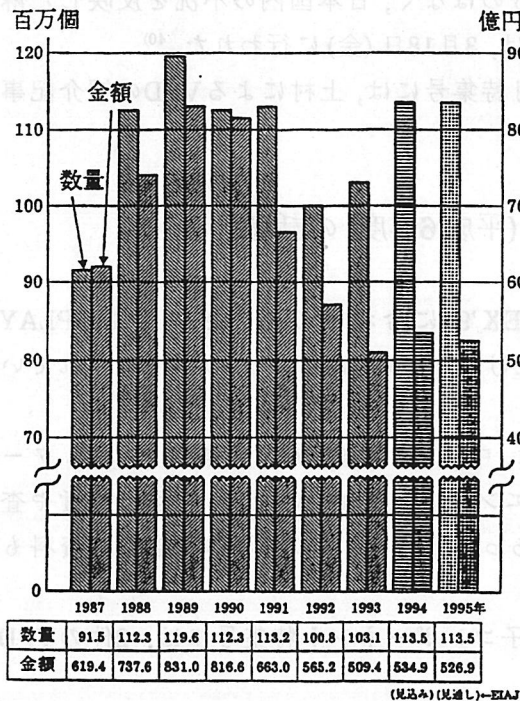


図10-1 「表示管」の生産統計

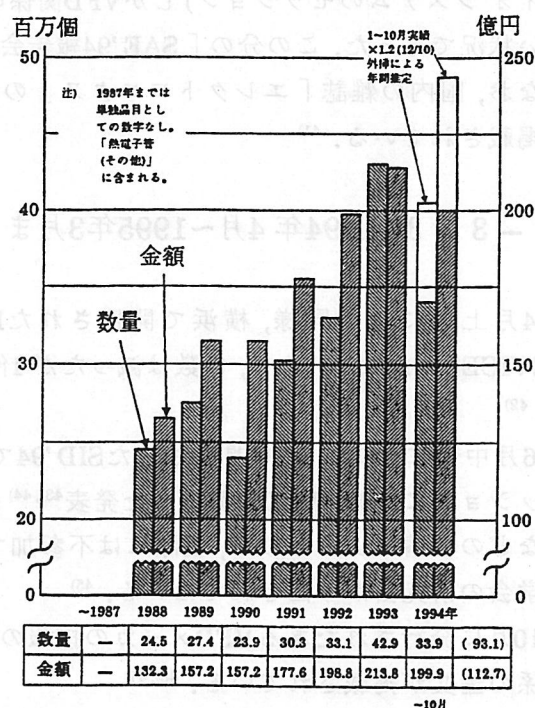


図10-2 「蛍光表示管」の輸出統計

## 10-4 FED(電界電子放出ディスプレイ)

### 10-4-1 1992年春~1993年3月まで(平成4年度以前)の話題

FEDに関しては、前報における8-7節で取り上げた後、テレビ誌の「テレビジョン年報」においても、筆者による“蛍光表示管”とは別に、野々村氏によって“発光ダイオード、平面CRT、電界放出を利用したディスプレイなど”という項目の中で概説されており、<sup>50)</sup>かつその「情報ディスプレイ」の部分は、そっくりそのまま画像電子学会誌の「画像電子技術年報」<sup>51)</sup>にも転載されているので、それらのどちらかを参照されたい。

3月下旬に日大習志野で開催された平成4年春季応物では、FEカソードの腕時計表示への応用が、2件に分割して発表<sup>52), 53)</sup>されたほか、明らかにVFDの容器を利用したものと判断される「三極真空管」の発表<sup>54)</sup>もあった。

SID'92では、FED関連とする発表は2件あったが、自ら試作して実際に光らせてみたというようなものではなかった。<sup>9)</sup>

7月中旬にウィーンで開催されたIVMC'92では、FEDのセッションにロシアから2件のエントリーがあったが<sup>55), 56)</sup>、発表は実行されなかったようである。

7月下旬に青学大で開催された連合研究会の「周辺技術」シリーズでは、チュートリアルとして電総研からの発表<sup>57)</sup>があったことは、さきの当学会誌特集号<sup>5)</sup>でも図や写真を載せて紹介したとおりである。

ジャパンディスプレイ'92では、要素技術としての将来を展望した招待講演1件<sup>58)</sup>のみであった。

9月中旬に関西大で開催された平成4年秋季応物では、次に述べる64×32画素マトリクス<sup>59)</sup>のさきがけとしての予備段階(4×4マトリクス)の発表<sup>59)</sup>があった。

平成5年3月下旬から4月1日まで青学大で開催された平成5年春季応物では、直前に述べたものを64×32画素マトリクスに発展させたものの発表<sup>60)</sup>があった。

#### 10-4-2 1993年4月~1994年3月まで(平成5年度)の話題

SID'93では、ポスターセッションに2件、それぞれ米国の東西両海岸の大学からのものがあった。<sup>61), 62)</sup>

7月中旬にニューポートで開催されたIVMC'93では、前項の最後に述べたものの海外版<sup>63)</sup>が発表された。

EURODISPLAY'93では、地元フランスのLETIの招待講演<sup>64)</sup>が行われたほか、既に10-3-2で言及したロシアの1件<sup>30)</sup>は、表題の中にVFDとともにFEDも含まれている。

9月下旬に北大で開催された平成5年秋季応物では、明らかにディスプレイとの関連が窺われるものはなかった。

平成6年3月下旬に明大生田で開催された平成6年春季応物でも、要素技術の検討の段階に止まっているものしか見当たらない。

#### 10-4-3 1994年4月~1995年3月まで(平成6年度)の話題

SID'94では、米国企業から2件のディスプレイ関連の発表<sup>65), 66)</sup>があり、特にLate Newsのレイセオン社のものは、ジャーナリズムにもやや派手に取り上げられた。

7月上旬にグルノーブルで開催されたIVMC'94では、表題に“display”という単語を含むものが6件<sup>67)~72)</sup>見受けられるが、商品化までの道のりの近いことを感じさせるものはまだないように思われる。

10月中旬のモンレーでのIDRC(第14回)では、真空マイクロエレクトロニクスの開祖の一人の招待講演<sup>73)</sup>と、IVMC'94における6件のうちの1件<sup>72)</sup>の大勢の共著者のうちの一人による発表<sup>74)</sup>があっただけのようなのである。

10-4-3でも述べたIDW'94では、FEDに関して3件<sup>75)~77)</sup>の招待講演が行われた。また、IDW'94と同じ会場で、その翌日及び翌々日に開催された第2回日韓台情報ディスプレイ合同研究会(2nd ASID)でも、FED関係のセッションが半日、計9件の発表<sup>78)</sup>を集めて行われたが、まだ要素技術の基礎固めの段階を脱するには、暫く時間がかかるように思われる。その辺りの事情については、執筆期限日現在、最も新しいと思われる概説記事<sup>79)</sup>を一つ紹介して、締めくくりとする。

#### 10-5 おわりに

以上、VFDとFEDの最近3年前後の動向について、極力広範囲の文献を網羅できるように心がけた結果、参考文献だけでもかなりの頁数を割くことになった。

本章の表題である2種類のデバイスは、片やとっくに成熟期を迎えているVFDと、一方まだ揺籃期の途上にあるFEDという、両極端に位置を占めているため、それらのギャップを埋めるためにVFD要素技術を応用した新商品分野の模索の動きが、12章で取り上げられ

る大画面ディスプレイや、10-3-1でも述べたC-VFPHにも見られるとおりである。

FEDについては、筆者は1957(昭和32)年以来、一貫して電子管(真空管)の技術者としての道を行ってきているため、かつてはX線管や真空遮断器用の真空バルブなど、高電圧を扱う分野では目の敵にされていた電界電子放出という物理現象を、うまく制御して物の役に立てようという企てであり、半導体関係の微細加工技術の発達という一つのブレイクスルーによって、可能性を見出しかけている点に期待したいが、やはりディスプレイデバイスとしての成否の鍵は、一つには良質の高真空を長期間維持するための技術、また一つには蛍光体とその利用技術のさらなる向上、そして何よりもまず陰極としての電界電子放出エミッタアレイの要素技術の確立が必要欠くべからざる要件であると、確信する。

現在FEDを目指して日夜努力している当事者たちの努力が、いつの日にか報いられるためには、やはり何よりも基本に忠実に、物事の本質を見極めて着実に進歩していくことが大切であると考えます。

VFDに関する最近の技術的トピックスについては、照学誌の最近の特集号<sup>5)</sup>との重複を避けたため、本報告書で不十分な点は、是非そちらと併せて読んでいただきたい。なお、その号の参考文献(18)及び(20)は、本報告書の参考文献(25)及び(39)とそれぞれ同一であるが、筆頭者名を誤って記載していたので、本報告書の記載に合わせて、両方ともにShinya, S., et al.にこの場を借りて訂正させていただく。

(小泉 直彦)

## 参 考 文 献

- (1)小泉 直彦: 発光ディスプレイデバイス研究調査委員会報告書, JIER-023  
pp.8-1~8-11 (平 4)
- (2)森本 清: ディスプレイ用材料・デバイス研究調査委員会報告書, JIER-013  
pp.76~102 (昭63)
- (3)森本 清: 蛍光表示管, 照学誌 73-12 pp.746~751 (平元)
- (4)小泉 直彦: 蛍光表示パネル, 照学全大 pp.198, 199 (平 4)
- (5)小泉 直彦: VFD, FED, 照学誌 78-12 pp.655~657 (平 6)
- (6)新屋 操市: 1992 SAE 国際会議報告 総論, 及び 蛍光表示管関連の報告, テレビ学技報  
ITEJ Technical Report 16-25 00.1~6, IDY'92-77 (平 4)
- (7)SHINYA, S.: VFD Advances Promote Expanding Applications as Automotive  
Instrument Display Panels, DISPLAY DEVICES Serial No. 5 pp.28~31 (1992)
- (8)KINOSHITA, K., OKADA, S.: New Application Arises for VFDs in Message Display  
Fields, DISPLAY DEVICES Serial No. 5 pp.32, 33 (1992)
- (9)照学MD研究会, MD-92-31~42 (平 4) [他学会研究会と共催のため, 同一内容の信学  
技報 (EID-92-17~28) 及び テレビ学技報 (IDY'92-96~107) あり.]
- (10)TAKAHASHI, F., YONESHIMA, K., KOJIMA, K.: Improvement of Zinc-Cadmium-  
Sulfide Phosphors for Vacuum Fluorescent Displays by Surface Coating, SID 92 Digest  
XXIII pp.166~168 (1992)
- (11)高橋, 米島, 小島: 表面コートによる蛍光表示管用 (Zn, Cd) S: Ag, Cl 蛍光体の改良  
照学MD研究会, MD-92-44 pp.7~15 (平 4) [第242回 蛍光体同学会講演予稿と同一]
- (12)SHIMIZU, Y., SHIRAIISHI, N., UEDA, K., KOBORI, Y., WATANABE, H.: Color  
Vacuum Fluorescent Printhead for the Silver-Halide Photographic System, SID 92  
Digest XXIII pp.741~744 (1992)
- (13)KIKUTA, S., MIURA, Y., NAGASAKO, T., KINOSHITA, K., KASANO, K.: A Three  
Color VFD Panel for Rate Information Application, JAPAN DISPLAY '92 pp.131~134  
(1992)
- (14)TSURUOKA, Y., OKAMOTO, Y.: Two-Color Graphic FLVFD with Internal Color  
Filters, JAPAN DISPLAY '92 pp.135~138 (1992)
- (15)TOKI, H., KATAOKA, H., ITOH, S.: ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: Mn Green Cathodoluminescent  
Phosphor for VFDs, JAPAN DISPLAY '92 pp.421~423 (1992)
- (16)片岡, 土岐, 伊藤: 低速電子線励起用 ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: Mn 緑色発光蛍光体, 第243回 蛍光体  
同学会講演予稿 pp.1~5 (平 4)
- (17)SAKURADA, H.: VFDs Offer Reliability, Variety of Applications, DISPLAY  
DEVICES Serial No. 6 pp.41~44 (1992)
- (18)KINOSHITA, K., OKADA, S.: Large VFDs Serve Indoor Display Applications,  
DISPLAY DEVICES Serial No. 6 pp.45, 46 (1992)
- (19)園部, 中島, 東福, 花田, 笠井: 2色ドットマトリクス蛍光表示モジュール, NEC技報  
45-9, pp.35~39 (平 4)
- (20)立本, 落, 中島, 山下: 超高輝度蛍光表示管, NEC技報 45-9, pp.40~42 (平 4)
- (21)GUMKOWSKI, G. T., SHAOUT, A.: Reconfigurable Automotive Display System,  
930456 (1993)

- (22)EHLE, D.: Ultra-Thin Backlighting System Using Dual Function VF Display, **930547** (1993)
- (23)AYRES, J. A.: Multiple Gauge Analog Projection Heads-Up-Display, **930549** (1993)
- (24)IWASA, T., IWASE, H., SAUNDERS, M., YANO, K.: High Resolution Analog Vacuum Fluorescent Display, **930457** (1993)
- (25)SHINYA, S., KONO, Y., SAITO, M., CHAN, C.: Bi-Planar Vacuum Fluorescent Display, **930955** (1993)
- (26)石塚 彰: 1993 SAE報告 概要 及び, パネル関連, テレビ学技報 ITE Technical Report 17-17 pp.1~6, IDY'93-77 (平 5)
- (27)SAKURADA, H.: Biplanar Models Resolving Viewing Problems in VFDs, DISPLAY DEVICES Serial No. 7 pp.28~30 (1993)
- (28)OUE, K., KINOSHITA, K.: New Applications Sought to Spur VFD Market, DISPLAY DEVICES Serial No. 7 pp.32, 33 (1993)
- (29)照学MD研究会, MD-93-28~39 (平 5) [他学会研究会と共催のため, 同一内容の信学技報 (EID-93-14~25) 及び テレビ学技報 (IDY'93-93~104) あり.]
- (30)DMITRIENKO, A. O., FILIPCHENKO, V. Y., GORFINKEL, B. I., SHMAKOV, S. L.: Luminous efficiency of phosphors excited by low-energy electrons in vacuum fluorescent displays and field emission displays, EURODISPLAY '93 pp.563~565 (1993)
- (31)GORFINKEL, B. I., FILIPCHENKO, V. Y., KOROVKIN, A. I., NECHAEV, A. V., YAKOREV, S. N.: Degradation mechanism of high-luminance vacuum fluorescent displays, EURODISPLAY '93 pp.567 (1993)
- (32)SAKURADA, H.: VFD Attributes, Refinements Assure Success in Graphic Uses, DISPLAY DEVICES Serial No. 8 pp.52~55 (1993)
- (33)KINOSHITA, K., NAKAMURA, M.: VFD Makers Eye Position in Public-Display Market, DISPLAY DEVICES Serial No. 8 pp.56~58 (1993)
- (34)山下, 川村, 中島, 石井, 伊藤, 兼古, 碓井: 蛍光表示管の技術動向, NEC技報 46-10 pp.43~46 (平 5)
- (35)若林, 東福, 福島: メディアウィンドウ用蛍光表示モジュール, NEC技報 46-10 pp.47~50 (平 5)
- (36)中村 正: 伊勢電子工業における蛍光表示管の発展と今後の課題, テレビ学技報 17-72 別紙資料 pp.1~12 (平 5)
- (37)則武, 木下, 中村: 大型スクロール メッセージ用蛍光表示管, テレビ学技報 17-71 pp.43~48, IPU'93-55, IDY'93-169, CE'93-56 (平 5)
- (38)YANO, K., TORIKAI, M., MINATO, T., DAVIS, R.: High Luminance Graphic Vacuum Fluorescent Display for Automotive Applications, **940514** (1994)
- (39)SHINYA, S., MATSUDA, Y., SAITO, M., HATORI, I., SANDERS, M. A.: Universal Grid Vacuum Fluorescent Display for Automotive Applications, **940258** (1994)
- (40)新屋 操市: 1994 SAE 国際会議報告 総論, 及び 蛍光表示管関連の報告, テレビ学技報 ITE Technical Report 18-19 pp.1~6, IDY'94-67 (平 6)
- (41)上村 佐四郎: 古くて新しいVFD(蛍光表示管)も着々革新中, エレクトロニクス 39-3 pp.64~68 (平 6)
- (42)ENDO, N., NAKAMURA, T., NISHII, K.: Rib-Grid VFDs Shine Brightly; Other VFDs Adopt Large Dot-Matrix Arrangements, DISPLAY DEVICES Serial No. 9 pp.28~31 (1994)

- (43)RUAN, S., SHI, M., GE, S.: Multicolor VFD for Audio Spectrum, SID 94 DIGEST XXV pp.562~564 (1994)
- (44)RUAN, S.: A High-Luminance Large-Segmented VFD with Curved Anode, SID 94 DIGEST XXV pp.582, 583 (1994)
- (45)照学MD研究会, MD-94-31~41 (平 6) [他学会研究会と共催のため, 同一内容の信学技報 (EID-94-26~36) 及びテレビ学技報 (IDY'94-97~107) あり.]
- (46)石塚 光洋: 高輝度グラフィックCIG蛍光表示パネル, NEC技報 47-10 pp.31~34 (平 6)
- (47)小島 信吾: グラフィックFIPモジュールのラインナップ, NEC技報 47-10 pp.35~38 (平 6)
- (48)SAKURADA, H.: Recent Development in VFDs, IDW'94 pp.31~34 (1994)
- (49)KINOSHITA, K., NAKAMURA, T.: Technical Refinements Broaden Uses, Prospects for Color VFDs, DISPLAY DEVICES Serial No. 10 pp.27, 28 (1994)
- (50)内池, 鈴木, 松広, 望月, 大沢, 関, 関戸, 小泉, 野々村: 情報ディスプレイ, テレビ誌 46-7 pp.809~817 (平 4)
- (51)内池, 鈴木, 松広, 望月, 大沢, 関, 関戸, 小泉, 野々村: 画像表示, 画像電子学会誌 21-6 pp.616~624 (平 4)
- (52)小松, 武田, 坂本: 電界電子放出素子を用いたウォッチ用発光形ディスプレイ (1), 第39回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集 31p-NC-1 (平 4)
- (53)小松, 武田, 坂本: 電界電子放出素子を用いたウォッチ用発光形ディスプレイ (2), 第39回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集 31p-NC-2 (平 4)
- (54)中田, 田中, 渡辺, 伊藤: 電界放射エミッタ実装真空管の特性, 第39回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集 31a-NC-3 (平 4)
- (55)LUBSANOV, R. B., TROYAN, P. E., VOROBYEV, G. A., GHYNGAZOV, S. A., LAKSTROEM, I. V.: Flat display based on the MIM emitter array, IVMC 92 9-1 (1992)
- (56)MAKHOV, V. I., LUKJANCHENKO, A. I., GERGEL, V. A.: Modeling of characteristics of field emission memory element, IVMC 92 9-2 (1992)
- (57)金丸 正剛, 伊藤 順司: 微小フィールドエミッタを利用した面電子源とその応用, 信学技報 92-161 pp.21~26, EID 92-33 (平 4) [他学会研究会と共催のため, 同一内容のテレビ学技報 16-48 pp.21~26, (IDY'92-113) あり.]
- (58)UTSUMI, T.: Vacuum Microelectronics for Future Display Technology, JAPAN DISPLAY '92 pp.417, 418 (1992)
- (59)別井, 豊田, 福田: シリコン電界放出陰極アレイのマトリクス駆動, 第53回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19p-ZM-5 (平 4)
- (60)豊田, 石井, 近藤, 福田, 別井: 64×32シリコンFEAの表示動作, 第40回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集 29a-SZE-17 (平 5)
- (61)JIANG, J. C., WHITE, R. C.: Electron Emission from Silicon Tips Coated with a Very Thin Cr Film, SID 93 DIGEST XXIV pp.596~598 (1993)
- (62)KESLING, W. D., HUNT, C. E.: Field-Emission Display Resolution, SID 93 DIGEST XXIV pp.599~602 (1993)
- (63)BETSUI, K., TOYODA, O., ISHII, T., KONDO, N., FUKUTA, S.: 64x32-Matrix Silicon Field Emitter Array, IVMC '93 pp.137, 138 (1993)

- (64)MEYER, R.: Color field emission display : state of the art and prospects, EURODISPLAY '93 pp.189~192 (1993)
- (65)KUMAR, N., SCHMIDT, H. K., CLARK, M. H., ROSS, A., LIN, B., FREDIN, L., BAKER, B., PATTERSON, D., BROOKOVER, W.: Development of Nano-Crystalline Diamond-Based Field-Emission Displays, SID 94 DIGEST XXV pp.43~46 (1994)
- (66)PALEVSKY, A., GAMMIE, G.: Field-Emission Displays: A 10,000-fL High-Efficiency Field-Emission Display, SID 94 DIGEST XXV pp.55~57 (1994)
- (67)LEVINE, J. D.: Statistical Analysis of Field Emitter Emissivity: Application to Flat Displays, IVMC '94 pp.73~75 (1994)
- (68)TCHEREPANOV, A. Y., Chakhovski, A. G., Sharov, V. V.: Flat Panel Displays Based upon Low-Voltage Carbon Field Emitters, IVMC '94 pp.76~79 (1994)
- (69)KESLING, W. D., HUNT, C. E.: Beam Focusing for Field Emission Flat Panel Displays, IVMC '94 pp.135~138 (1994)
- (70)CHUBUN, N. N., SUDAKOVA, L. N.: 4 Inches Diagonal Field-Emitters Matrix on Glass Substrate for a Flat Panel Display, IVMC '94 pp.211, 212 (1994)
- (71)XIE, C., POTTER, C. N., FINK, R. L., HILBERT, C., N. A., EICHMAN, D., KUMAR, N., SCHMIDT, H. K., CLARK, M. H., ROSS, A., LIN, B., FREDIN, L., BAKER, B., PATTERSON, D., BROOKOVER, W.: Use of Diamond Thin Films for Low Cost Field Emission Displays, IVMC '94 pp.229~232 (1994)
- (72)ISNARD, R.: PIXEL International The Field Emission Display Company, IVMC '94 pp.413~416 (1994)
- (73)GRAY, H. F.: Electron Source Technology behind Field Emitter Displays, IDRC '94 pp.440~443 (1994)
- (74)XIE, C.: Field Emission Characteristic Requirements for Field Emission Displays, IDRC '94 pp.444~447 (1994)
- (75)ITO, J.: FEA Development for Future Display Technology, IDW'94 pp.11~14 (1994)
- (76)BETSUI, K.: 160×120-Pixel Field-Emission-Display Panels with Different Field-Emitter Structures, IDW'94 pp.15~18 (1994)
- (77)YOKOO, K., ARAI, M., MORI, M., ONO, S.: Technological Breakthrough in Development of Field Emitter Display, IDW'94 pp.19~22 (1994)
- (78)信学技報 94-307, EID 94-44~61 pp.57~104 (1994)  
[同一内容のテレビ学技報 18-61, IDY'94-115~132 pp.57~104 (1994)あり.]  
注:本文に対応する9件の番号は, EID 94-53/IDY'94-124以降, 最後まで
- (79)伊藤 順司: 真空マイクロエレクトロニクス, 信学誌 77-11 pp.1182~1186 (平 6)

# 1 1 . 発光ダイオード

## ( L E D )

### 1 1 - 1 . はじめに

固体からの発光現象がO. W. Lossevによって観測されてから約70年になり、その間GaP  
 或いはGaAsPによる赤色発光に始まりインジケータ等の屋内分野から実用化され始めてきたが、GaAlAs系のいわゆる高輝度赤色LEDが登場してからはその応用範囲も屋内から屋  
 外へと大きく拡大してきている。

さらに製造技術の向上による高品質化と量産効果による低価格化とあいまって市場は拡  
 大の一途をたどっているのが現状と言える。<sup>1)</sup>

LEDの高輝度化と多色化或いはパッケージ技術に関する最近1年間の技術的進歩は凄  
 まじく、InGaAlP系の四元混晶系素子の登場や特に昨年末に発表された高輝度青色LED  
 の話題は開発経緯も含めてLED分野に限らず多くの技術者の関心を集めたことは耳新し  
 いところである。

ここでは最近めざましい進歩を遂げている高輝度、多色化及び視認性の向上に関する技  
 術動向と屋外用表示素子の現状と今後の動向について述べる。

### 1 1 - 2 . 高輝度化の現状

新発光材料の開発による高輝度  
 化の軌跡を図11-1及び表11-1に示  
 すが、'93年以後には赤～青色の  
 各色において1,000mcd以上が得ら  
 れるようになり発光効率も20%  
 以上の発光材料も得られるよう  
 になってきている。

このように、本稿では技術的に  
 大きく進展したInGaAlPの四元混  
 晶系発光材料とGaNによる高輝  
 度青色或いは緑色LEDに関する  
 現況とそれに伴うフルカラー化及  
 びパッケージ技術に言及し、その  
 進展について述べる。

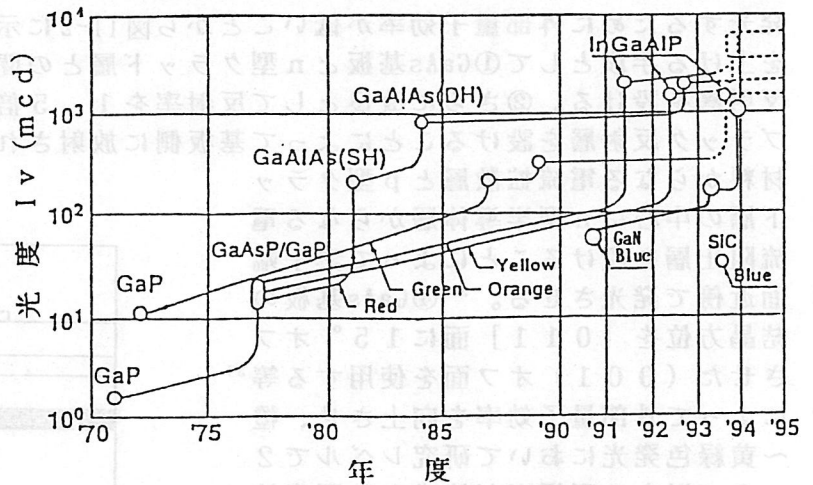


図 1 1 - 1 LEDの高輝度化の軌跡<sup>1)</sup>

LED	発光色 (主発光波長)	作成方法	素子 構造	遷移型	外部量子 効率 %	発光効率 lm/W
GaP : ZnO	GreyishRed(700)	LPE	HJ	Indirect	3	0.6
GaAlAs	Red(660)	LPE	SH	Direct	4	2
GaAlAs	Red(660)	LPE	DH	Direct	8	4
GaAlAs	Red(660)	LPE	DDH	Direct	16	8
GaAsP	Red(650)	VPE+拡散	HJ	Direct	0.2	0.15
InGaAlP	Orange(620)	MOCVD	DH	Direct	6*	20*
GaAsP : N	YellowishOrange(585)	VPE+拡散	HJ	Indirect	0.2	1
InGaAlP	YellowishOrange(585)	MOCVD	DH	Direct	5*	20*
InGaAlP	GreenishYellow(570)	MOCVD	DH	Direct	1*	6*
GaP : N	GreenishYellow(565)	LPE	HJ	Indirect	0.4	2.5
GaP	YellowishGreen(555)	LPE	HJ	Indirect	0.1	0.6
SiC	GreenishBlue(480)	MOCVD	HJ	Indirect	0.02	0.04
InGaN	Blue(450)	MOCVD	DH	Direct	2.7	5.4

表 1 1 - 1 LEDの材料と特性<sup>1)</sup>

※論文発表値

### 11-2-1. InGaAlP

Ⅲ-V族化合物半導体の中では最大のエネルギーギャップを持ち混晶比率によっては直接遷移型のバンド構造もとれるInP、GaP、AlP、の混晶からなるInGaAlP材料を採用することによって黄～橙色発光領域において最大の発光効率を示す高輝度の橙(619nm)～黄緑色(570nm)発光に成功している。<sup>2)~6)</sup> デバイスの製造方法としてはレーザー素子作成にも使われているn型GaAs基板の上に減圧MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法による高精度の結晶成長制御技術を用いることにより、n型In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-y</sub>Al<sub>y</sub>)<sub>0.5</sub>Pクラッド層、アンドープIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>活性層、p型In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-y</sub>Al<sub>y</sub>)<sub>0.5</sub>Pクラッド層を順次形成することによって波長選択性が向上しスペクトル半値幅も10～15nmと狭く従来では成し得なかった単色発光が可能になっている。

このような四元系LEDもGaAs基板を使用している点と成長層が薄いことから外部量子効率が低く、効率の向上が現在の技術的な課題でもある。又、xを大きくする(短波長化)と上記したように発光効率の低下や基板とエピタキシャル層との格子整合性が悪くなる等の問題があるが、これは間接遷移型バンドの影響の他に高Al組成化による結晶欠陥の誘発や深い準位を持つDX中心の発生が原因と推察されている。<sup>7,2)</sup> このような中でも橙～黄緑色LEDにおいて輝度が1.5cd以上のものが実用化されるに至り素材の優秀性及び将来性に期待が持たれる。4元系LEDは電流がクラッド層内で広がらずに電極直下でのみ発光するために外部量子効率が低いことから図11-2に示すような構造、即ち外部量子効率を上げる手段として①GaAs基板とn型クラッド層との間に半導体多層膜からなるブラッグ反射層を設ける。②さらに改良として反射率を1.5倍にまで引き上げたハイブリッド型ブラッグ反射層を設けることによって基板側に放射される光を反射させる。③p型のAs系材料からなる電流拡散層とp型クラッド層の中心にn型半導体層からなる電流阻止層を設けることによって素子端面近傍で発光させる。<sup>5)</sup> ④GaAs基板の結晶方位を[011]面に15°オフさせた(001)オフ面を使用する等<sup>3)</sup>によって外部量子効率を向上させ、橙～黄緑色発光において研究レベルで2～3cd以上の高輝度が達成され要素技術の確立から量産技術の確立の段階に入っているのが現状である。<sup>8)</sup>

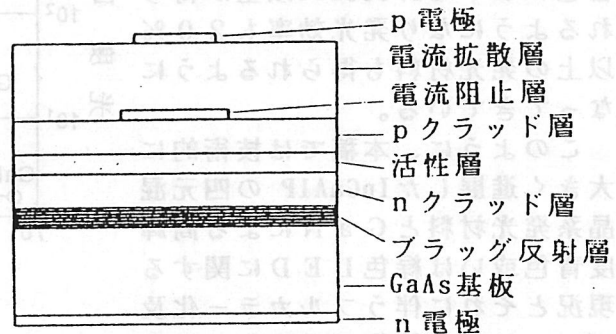


図11-2 InGaAlP高輝度LEDの素子構造

### 11-2-2. GaN

GaN系青色LEDは直接遷移形バンド構造のために高い発光効率が期待でき1969～1970年代にH.P. Maruska及びPankove<sup>9)10)</sup>等によってハライド結晶成長法を用いて研究され始め、その後松下技研によっても研究されたが基板と結晶成長膜との間の16.1%の格子のミスマッチの存在により膜質が均一で平滑な結晶膜の作成の困難性やp型半導体が作成できない等のために実用化には至らなかった。さらに1986年から赤崎教授(当時名大)の下で新技術開発事業団の資金援助を受けてMOVPE法によって1990年にMIS型構造ではあるが70mcdの世界最高輝度の明るさのものが豊田合成によって開発され量産技術を確立したと発表された。<sup>11)~14)</sup> 一方、1989年にはp型半導体としてMgドープの高抵抗化したGaNに電子線を照射することによって比抵抗数十Ω・cm程度のp型結晶が得られることが発表され、p-n接合LEDの実用化の可能性も示唆された。<sup>15)</sup>

その後1992年に日亜化学から図11-3に示すような新規な結晶成長法としてTwo-FlowM O

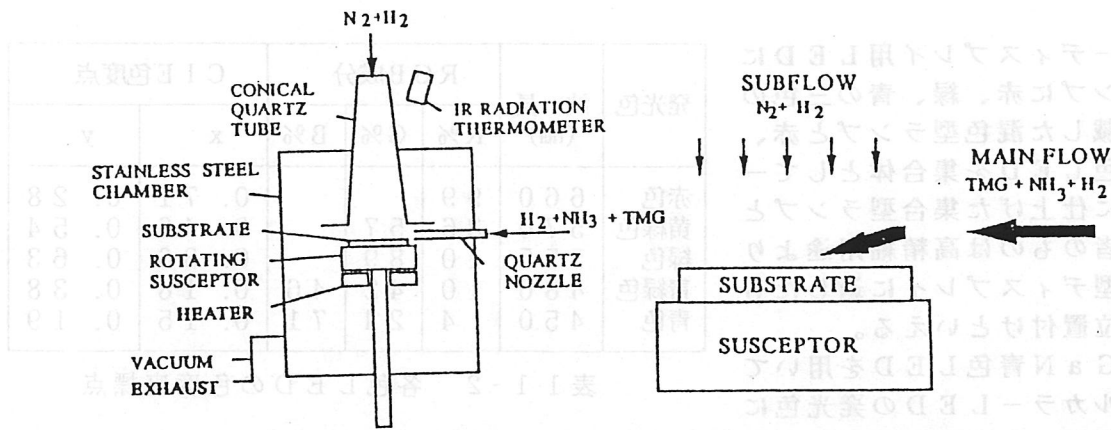


図 11-3 Two-Flow MOCVD 法

CVD法の提案があり結晶性の高いGaN膜をサファイヤ基板に直接成長させることができ、このときの移動度が $200\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ であったことが報告された。<sup>16) 17)</sup> p型化についても電子線照射法に替わってMgドープGaN膜を窒素雰囲気中で $600^\circ\text{C}$ 以上でアニールすることによっても急激に抵抗率が低下し $10\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以下になることが報告されたと同時に正孔補償機構についても解明されアンモニアガスがGaNのダンプリングボンドを介して水素原子に分解しアクセプターと結合して水素パッシベーションが形成されるためであると報告されている。<sup>16)</sup> この時のp-n接合素子の特性としては、発光波長： $430\text{ nm}$ 、半値幅： $50\text{ nm}$ 、順電圧： $4\text{ V}$ 、発光出力： $42\ \mu\text{W}$ 、最大外部量子効率が $0.18\%$ というものであり高輝度青色LED実現の可能性が示唆された。

このようにGaNに関するこの1年の技術的進歩は凄まじく、1993年の12月には日亜化学から図11-4に示すような構造の青色LEDにおいてZnドープのInGaN層を設けたダブルヘテロ構造で発光波長が $450\text{ nm}$ 、外部量子効率が $2.7\%$ で $1\text{ cd}/\text{m}^2$ のInGaN青色LEDの量産化技術の確立に関する発表がなされた。<sup>17)</sup> さらに信号機用として鉄道及び道路の両方の規格に合致した発光波長が $500\text{ nm}$ で $2\text{ cd}$ の青緑色LEDが実用化され、実際の信号機に搭載され実用化テストに入っている。<sup>18) 19)</sup>

このGaNに関する成果は単に高輝度青色LEDの実用化に留まらず、純緑色LED、青色LED、紫外LEDやLED等の可能性を示唆されたものとしてLED技術者のみならず各方面から称賛されているところである。

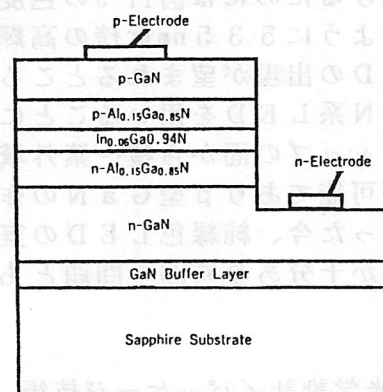


図 11-4 InGaN青色LEDの素子構造

### 11-2-3. フルカラーLED

従来のフルカラーLEDディスプレイでは青色の輝度が低すぎたことから白色時の輝度も混色型ランプで $140\text{ mcd}$ 程度と低く、価格も含めてその用途が屋内或いは屋内でも暗所に限定され広く実用化には至らない面があった。<sup>20)</sup> その高輝度フルカラー化のキープバイスとしては偏に青色LEDの高輝度化にかかっていたといえるが、前述したように高輝度青色LEDが実用化されるに至り、その高輝度化の可能性が現実のものとして見えてきたとも言える。

フルカラーディスプレイ用LEDには一つのランプに赤、緑、青の三色のチップを搭載した混色型ランプと赤、緑、青の各色LEDを集合体として一つのランプに仕上げた集合型ランプとがある。後者のものは高精細用途よりも屋外用大型ディスプレイに適したものである。この位置付けといえる。

発光色	波長 (nm)	RGB成分			CIE色度点	
		R%	G%	B%	x	y
赤色	660	99			0.71	0.28
黄緑色	570	36	57		0.46	0.54
緑色	555	10	89		0.36	0.63
青緑色	480	10	42	46	0.18	0.38
青色	450	4	24	71	0.15	0.19

表11-2 各色LEDの色度座標点

表11-2にGaN青色LEDを用いて得られるフルカラーLEDの発光色に

ついて色度座標、主発光波長が示してある。三原色の発光強度を組み合わせることによって、赤、緑、青色で囲まれる中間混色が実現できる訳であるが、図11-5にその時のCIE色度図による色再現範囲を示してあるが、緑色領域において色再現性が悪いことが分かる。このような結果からも分かるように高輝度純青色LEDが実用化された今、LEDによるフルカラー化の問題点は緑色近傍における色再現性、色純度にあるといえる。

GaAlAs系の赤色LED、GaN系の純青色LEDを用いたとき緑色LEDの輝度と主発光波長に問題が残る。現在純緑色と言われているLEDでも主発光波長は555nmであるが輝度が100~250mcdと低いために輝度が高い567~570nmの黄緑色LEDを用いてフルカラー化を実現しているのが実情である。色純度を上げるためには図11-5の色度図でも分かるように535nm近傍の高輝度純緑色LEDの出現が望まれるところである。GaN系LEDを用いることによってバンドギャップの面から橙~紫外域までの発光が可能でありp型GaNの作成が可能になった今、純緑色LEDの実用化の可能性が十分あり時間の問題ともいえる。

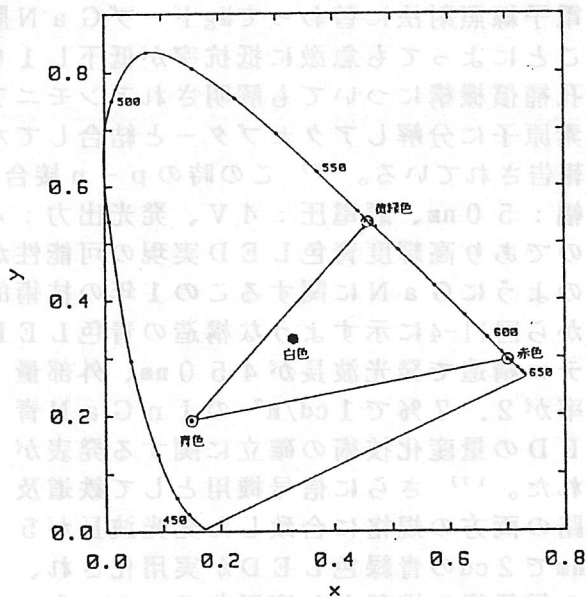


図11-5 フルカラーLEDの色度図

### 11-3. 光学設計/パッケージ技術

従来から表示素子に用いられている代表的な高輝度型LEDの構造として図11-6に示すようなホーン付き樹脂レンズ型LEDがある。本構造の光の制御法としてはLED素子から放射された光を直接前面にある樹脂レンズで集光すると同時にリードフレーム上に設けたホーン(反射鏡)を利用して横方向へ放射された光の一部を反射させることによって前方へ光を放射できるような構造を採用しているが、素子の斜め横方向から放射されたほとんどの光は制御されない光としてLEDの横方向へ放散されるのが実情である。これに対して最近図11-7に示すような反射型構造を持つLEDが実用化されてきている。<sup>21)</sup> 本構造の特長は発光素子から放射されたほとんどの光を一旦後方にある広い反射鏡で受けた後に前方に放射できる構造を採用しているために素子から放射された光の利用効率が90%以上と高く、樹脂レンズ型LEDと較べると数倍の光の利用効率を得られる点が特長と

いえる。さらに従来の樹脂レンズ型LEDのようにリードフレーム上にホーンを設けた時と異なり形状や大きさにおいて製造上の制約を受けることなく任意形状に設計できることから用途に合わせた高効率設計を可能にしている。

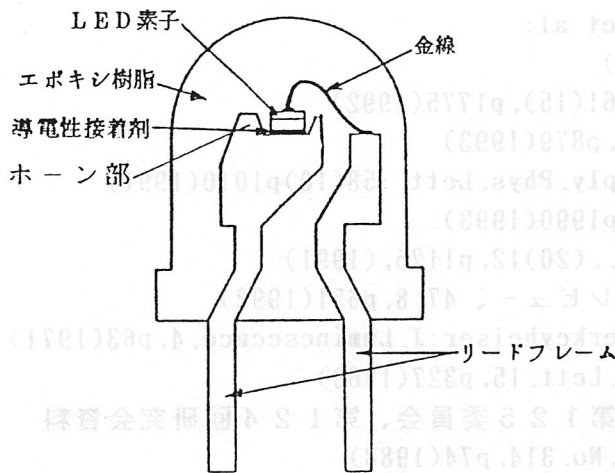


図 1 1 - 6 樹脂レンズ型LEDの構造断面図

又、特に屋外用ディスプレイにおいてより情報伝達量を多く確保したいという要求からその視認性の向上に対する要求が根強くあり改良が為されてきている。視認性を向上させる手法として、従来は図-6に見られるような光学的に配光特性が軸対象の樹脂レンズ型LEDが使用されていたがより光の有効利用を計るために図11-8のような楕円形状を有するLEDが開発され実用化されるようになっている。

このことによって横方向の視認性の向上が見られ、前記した反射型LEDと合わせて主として各種の広角型屋外用ディスプレイに使用されるようになってきている。(写真11-1~11-3)

光学設計面でもLED、フォトカプラなどの光デバイスにおける三次元光学設計用ソフトの開発を行い、樹脂表面やリードフレーム面での散乱反射を取り扱い散乱反射分布モデルを確立している。<sup>22)</sup> この一つの成果としてモノリシック型LEDにおいて指向性を変えることなく樹脂ケース外への光の取り出し効率を1.5倍に高められたという報告がなされている。

#### 11-4. おわりに

ここ数年におけるLED関連の技術的進歩は凄まじく、GaN系青色LEDを中心に今までの概念を一変させてしまうような変化が起こりつつあるといっても過言ではないであろう。

今後は屋外用表示板、鉄道及び交通信号機、車載表示、広告板等とさらに新しい分野への用途が広がりつつある中で主として緑色LEDの高輝度化と青色或いは青緑色LEDの屋外使用における信頼性についての確認とフルカラー化に向けた表示ソフト技術やパッケージ技術を含めての改良、開発が活発に展開されて行くものと考えられる。

(山崎 繁)

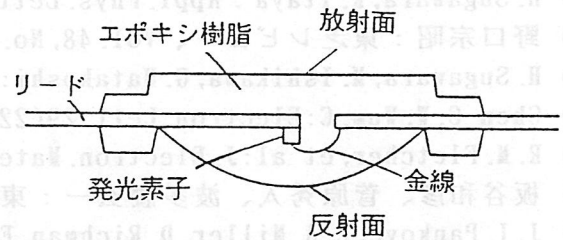


図 1 1 - 7 反射型LEDの構造断面図

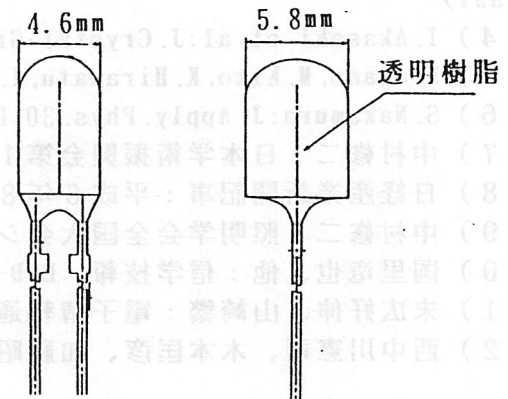


図 1 1 - 8 楕円型LED

文 献

- 1) Circuit and Devices: September '92, P24
- 2) C. P. Kuo, R. M. Fletcher, T. D. Osentowski, et al:  
Applied Physics Letters, 57(27)p2937(1990)
- 3) H. Sugawara, K. Itaya : Appl. Phys. Lett., 61(15), p1775(1992)
- 4) 野口宗昭 : 東芝レビュー、Vol. 48, No. 12, p879(1993)
- 5) H. Sugawara, M. Ishikawa, G. Hatakoshi: Apply. Phys. Lett. :58(10)p1010(1991)
- 6) Chen C. W, Wum. C: Electron Lett. 29(22), p1990(1993)
- 7) R. M. Fletcher, et al: J. Electron. Matels., (20)12, p1125, (1991)
- 8) 板谷和彦、菅原秀人、波多腰玄一 : 東芝レビュー、47, 8, p651(1992)
- 9) J. I. Pankove, E. A. Miller, D. Richman, E. Berkeyheiser: J. Luminescence, 4, p63(1971)
- 10) H. P. Maruska, J. I. Teityien: Appl. Phys. Lett. 15, p327(1969)
- 11) 赤崎勇 : 日本学術振興会光電相互変換第125委員会、第124回研究会資料
- 12) 赤崎勇 : 日本結晶成長学会誌 : Vol. 15, No. 314, p74(1988)
- 13) 赤崎勇、橋本雅文、真部勝英 : 第38回応用物理学会予稿集、31-ZK-6, p336~338  
(1991)
- 14) I. Akasaki et al: J. Crystal Growth, 68, p163(1984)
- 15) H. Amano, M. Kito, K. Hiramatu, I. Akasaki: Jpn. J. Appl. Phys. Lett.. 28, L2112(1989)
- 16) S. Nakamura: J. Apply. Phys. 30, L1705(1991)
- 17) 中村修二 : 日本学術振興会第125委員会、第141回研究会資料
- 18) 日経産業新聞記事 : 平成6年8月4日版
- 19) 中村修二 : 照明学会全国大会シンポジウム(1994)
- 20) 国里竜也、他 : 信学技報、EID-92-91(1993)
- 21) 末広好伸、山崎繁 : 電子情報通信学会、電子ディスプレイ研究会、EID89-59
- 22) 西中川憲司、木本匡彦、加藤昭七 : シャープ技報、54, 11, p43, (1992)



写真 1 1 - 2 新宿駅：超広角型広告板

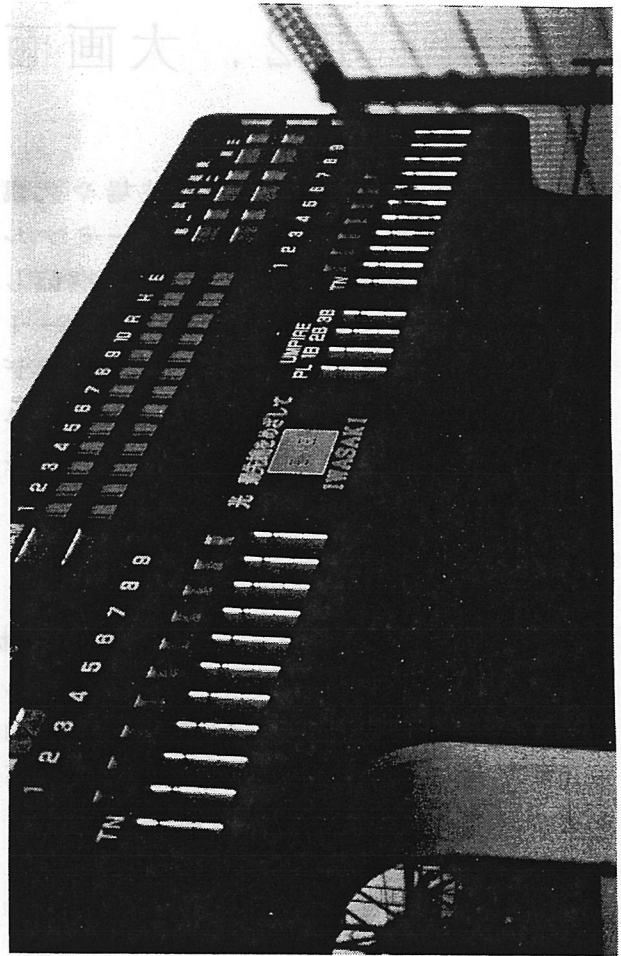


写真 1 1 - 3 大宮球場：超広角型メッセージボード

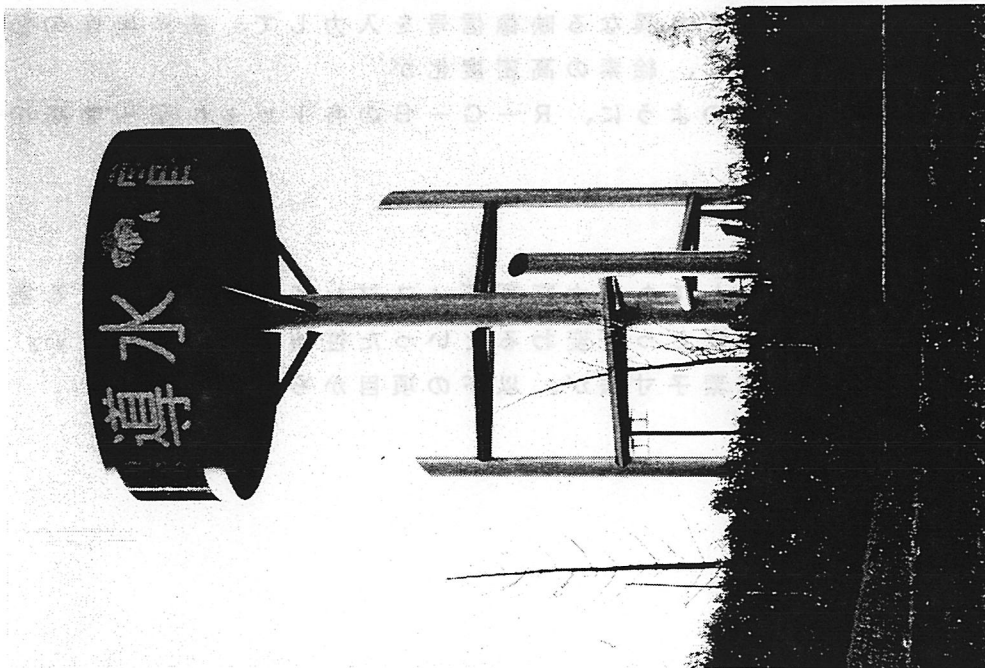


写真 1 1 - 1 霞が浦：超大型広角ディスプレイ

## 12. 大画面ディスプレイ

### 12-1. はじめに

大画面ディスプレイは、各種競技場や大規模イベント会場には、欠かせない設備の一つとなっている。さらに、大型空港ターミナルビルなどでは、大画面ディスプレイを表示端末として使用した情報ネットワークを構築し、情報提供を事業として展開している例もみられるようになってきた。一例を図12-1に示す<sup>1)</sup>。このように、大画面ディスプレイの用途が多様化されはじめており、大画面ディスプレイの機能面でも、HDTV放送を実現できる絵素の小形化、高密度化が進められている。ここでは、自発光表示素子を多数配列して大画面を構成する直視型と呼ばれる表示方式について、表示素子を中心に最近の動向について述べる。

### 12-2. 大画面ディスプレイの市場動向

国内における大画面ディスプレイの設置状況を、図12-2に示す。(このデータは、「成功する大型映像ビジネス」<sup>1)</sup>に収録されたデータをもとに整理したものである。)

これらのデータから、ここ数年安定した納入実績があること、屋内外を問わず200インチ(たて約3m×よこ約4m)程度の画面サイズの件数が増加していることがわかる。この場合、たて200本程度の解像度を得るには、絵素寸法として15mm程度が必要となる。

このような市場動向をふまえて、表示素子の高密度化の開発が進められている。

### 12-3. 大画面ディスプレイの絵素構成

大画面ディスプレイでは、絵素構成によって映像信号の扱い方が異なる。絵素構成の代表例を図12-3に示す。

大画面ディスプレイにおいて特徴的な、構成例(a)の場合は、図12-4に示すようにR-G-B-Gの4ドットに、それぞれ異なる映像信号を入力して、表示画像の解像度を向上する方法がとられている。ただし、絵素の高密度化が達成されている場合は、構成例(b)のように、R-G-Bの各ドットに同一箇所の映像信号を入力する。

### 12-4. 表示素子の開発動向

表示する画像の高精細化が進んだとしても、大画面ディスプレイの分野における表示素子の寸法は、小さいものが大きいものにとって変わるといった性質のものではない。すなわち、画面を構成するのに適正な表示素子寸法が、以下の項目から選定される。

- 1) 観察距離
- 2) ディスプレイの設置スペース
- 3) 映像信号の分解能
- 4) 経済性

自発光式のフルカラー表示素子として実用されているものの表示素子寸法を図12-5に示す。

図から分かるとおり表示素子の絵素ピッチは、50 mmから14 mmまで幅広く、絵素密度（絵素数/m<sup>2</sup>）で約1.3倍の高密度な表示素子が実用化されている。

## 12-5. 表示素子の種類

自発光式のフルカラー表示素子は、その発光方式により放電管方式とCRT方式の2種類に大別される。

いずれの方式においても、表示素子の小形化にともない、1つの素子が単色のみを発光する素子（単管単色素子）から、1つの素子が複数色を発光する素子（単管多色素子）へ開発が移行している。

以下に、それぞれの方式の代表的な表示素子について説明する。

### 12-5-1. 放電管方式

図12-6に示す屋外用の高輝度放電管（CHD管：Colored High-brightness Discharge tube）は、希土類蛍光体を使用した小形U字状蛍光ランプで、フード内面の白色反射膜とメニスカス型凸レンズによる効率改善で、5000cd/m<sup>2</sup>の高い画面輝度を得ている。また、レンズは着色された高耐熱樹脂で成形され、外光によって生じる反射光を低減し、高い輝度コントラストを実現している<sup>2)</sup>。

図12-7に示す屋外の比較的近距離（10～50 m）で使用可能な小形・高輝度の蛍光放電方式の素子（DL：Multi Anode Discharge Lamp）は、R-G-G-Bの4色を一体のセラミックハウジングに収め、これを25 mmピッチで配列する。高輝度化に対しては、放電管断面形状の最適化を行った。これらにより5000cd/m<sup>2</sup>の高輝度を得ている<sup>3)</sup>。

図12-8に示す屋外用高密度・高輝度の蛍光放電管（MCD管：Multi Colored Discharge tube）は、ボディを薄い金属で構成することで発光面の開口率を向上し、内部に反射板を設けて高輝度化（5000cd/m<sup>2</sup>）を実現した。同時に、絵素ピッチ22 mmの高密度に配列できる。さらに、希土類蛍光体とカラーフィルタの組み合わせで優れた色再現性を得ている<sup>4) 5)</sup>。

図12-9は、R-G-Bの2絵素を一体化した高密度・高輝度の蛍光放電方式の素子である。絵素ピッチ18 mm、輝度5000cd/m<sup>2</sup>である<sup>6)</sup>。現時点で、最も高密度な表示素子として、同一方式で絵素ピッチ14 mmのものがある。

### 12-5-2. CRT方式

図12-10は、屋外用の高輝度で解像度を向上したフラットマトリクスCRT（FM CRT）素子である。高輝度化に対して、絵素を不等ピッチに配列し、開口率を42%にできた。また、集光効果をもつレンズと、外光反射率を低下させるカラーフィルタを一体化したレンズフィルタにより、4000cd/m<sup>2</sup>の高輝度と輝度コントラストの向上を実現した。絵素ピッチは40 mmである<sup>7) 8)</sup>。

同一方式で、絵素ピッチを15 mmに高密度化したものもある<sup>9)</sup>。

図12-11は、絵素を高密度（15 mmピッチ）に実装したCRT素子である。絵素密度を上げることとともなう、電子ビームのより精細な制御を電極構造の改良により実現した。電極は、リードフレーム化された3つのメッシュ電極で構成され、エミッションの

取り出しとビームの制御の機能を分離した。絵素の周辺までビームを到達させるためのメッシュ電極の構造改良で、有効に発光する蛍光面の面積率を向上（24%）させて、輝度 $1400\text{cd/m}^2$ を得る<sup>10)</sup>。

### 12-5-3. その他の方式

大画面を構成する方式には、上述の他にいくつかあるが、プロジェクションシステムによる方式、発光ダイオードによる方式は、別章で詳述されているので、ここでは、これら以外の方式として、光ファイバを使用する例について述べる。

図12-12は、 $\phi 0.4\text{mm}$ のプラスチック光ファイバを2~3mmピッチで配列してスクリーン面を構成する。ファイバ先端には、光拡散形状を設けて、視認角の拡大をはかっている。画面を構成する単位ブロックは50インチ程度で、これを積み重ねて大画面を構成する<sup>11)</sup>。

### 12-6. 画質の劣化を生じる問題

大画面ディスプレイの画質の劣化に関する問題として、以下の検討事例がある。屋外の屋外で使用される場合、太陽直射光による表示画面の輝度上昇が、表示画像の輝度コントラストを低下させて、画像の視認性や、色純度の劣化をまねく<sup>2)</sup>。この劣化を低減するためには、表示面に庇や色フィルタを取り付ける改善策が一般的である。

また、絵素を高密度に実装する場合には、視差の問題を生じることがある。これは、図12-13に示すように、絵素を構成するR、G、Bのドットが接近して配列される場合、フェイスガラスの表面に色フィルタを形成すると、ガラス厚みによる視差を生じ、正しい表示色が得られない問題である。このため、カラー液晶ディスプレイで実施されているように、色フィルタをフェイスガラスの内面側に設けて、視差を解消する方法が開発されている<sup>12)</sup>。

また、表示素子のつなぎ目の目立ちなどが、表示画質の劣化に与える影響について検討した例もある<sup>13)</sup>。

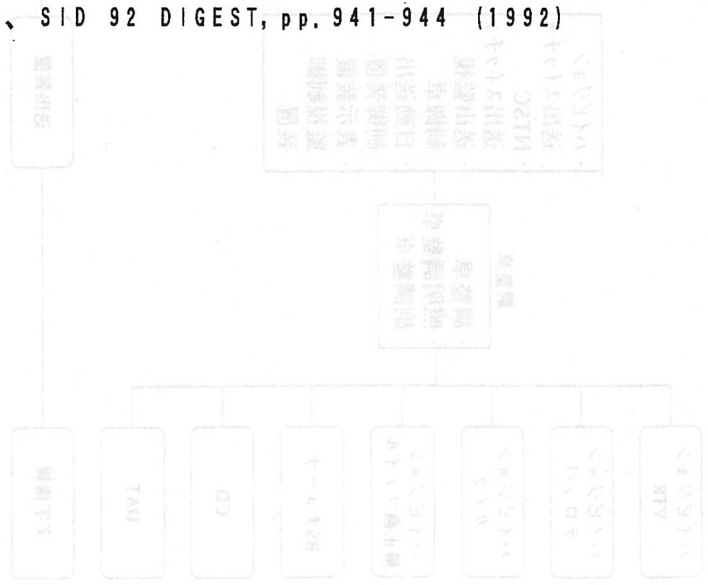
### 12-7. おわりに

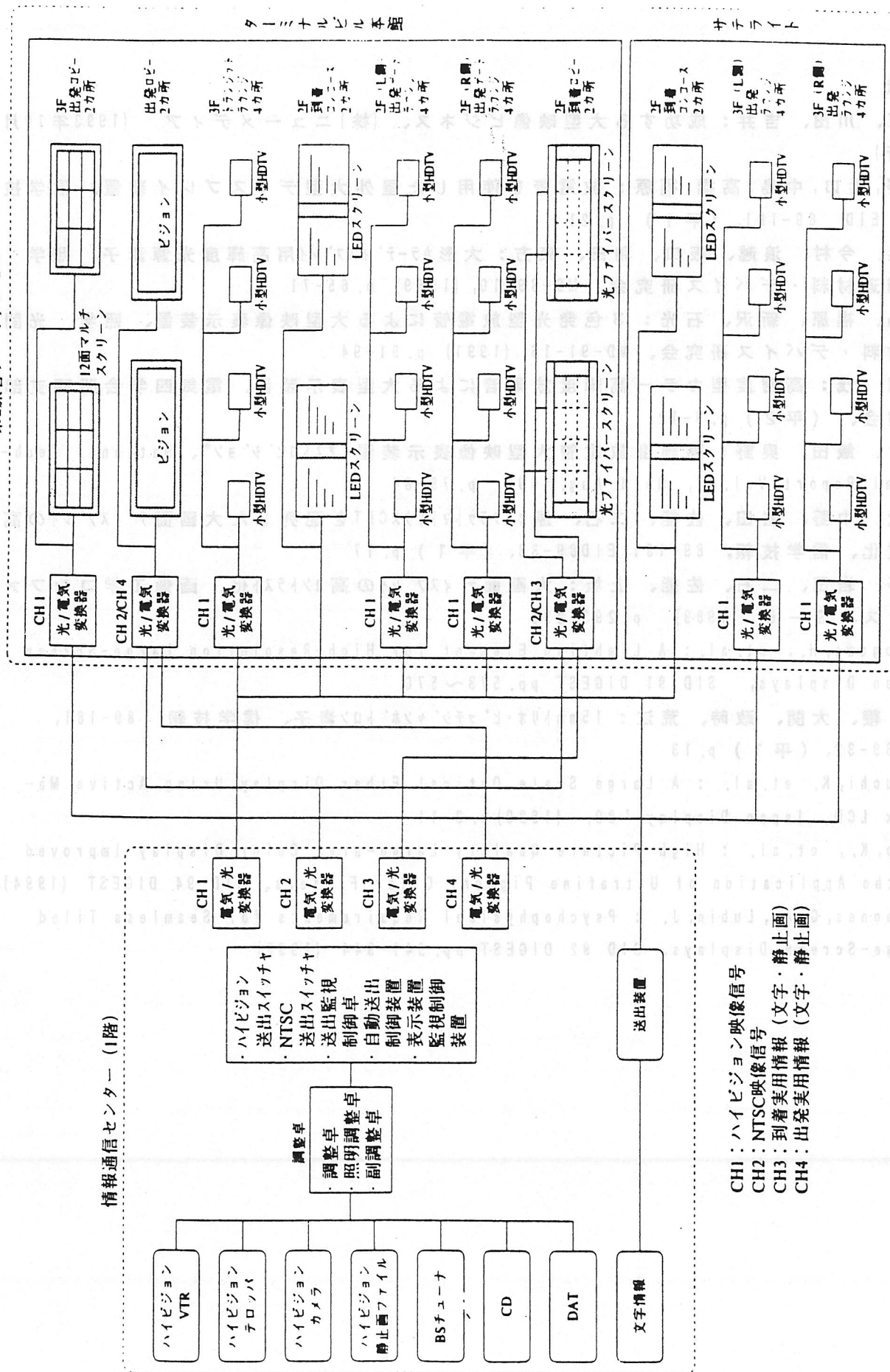
以上、大画面ディスプレイについて、その動向を概観した。今後も、大画面ディスプレイに対する需要は拡大され、新たな用途や使用環境に適合した表示素子の開発が進められるものと期待される。

(岡田 茂)

参考文献

- (1) 大原、川田、吉井：成功する大型映像ビジネス、(株)ニューメディア (1993年10月発行)
- (2) 柴野、浜口、中島、高橋、福原：放電管を使用した屋外大型ディスプレイ装置、信学技報、EID 89-181, (平1) p.21
- (3) 塩浜、今村、浪越、坂口、和田、東方：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
- (4) 中島、福原、新沢、石光：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
- (5) 岡田 茂：高密度型カラー高輝度放電管による大型表示装置、電気四学会関西支部講演会、(平2) p.9-12
- (6) 望月、飯田、奥野：高輝度放電管大型映像表示装置"フストロビジョン"、National Technical Report Vol.38, No.4 Aug.1992 p.78-84
- (7) 白松、中野、岩田、佐能、二石、原：フラットマトリクスCRTを配列した大画面ディスプレイの高画質化、信学技報、89-181,EID89-33, (平1) p.17
- (8) 中野、岩田、二石、佐能、上坂：大画面ディスプレイの高コントラスト化、画像工学コンファレンス 9-6, (1989) p.293-296
- (9) Kamogawa, H., et. al. : A Lighting Element for High-Resolution Large-Screen Video Displays, SID 91 DIGEST pp.573~576
- (10) 林、鞭、大関、政時、荒江：15mmトリオドビッチジャンボトロン素子、信学技報 89-181, EID89-32, (平1) p.13
- (11) Taguchi, K. et. al. : A Large Scale Optical Fiber Display Using Active Matrix LCD, Japan Display '89, (1989)p.3-11
- (12) Ohno, K., et. al. : High Picture Quality Large-area Color Display Improved by the Application of Ultrafine Pigment Color Filters, SID 94 DIGEST (1994)
- (13) Alphones, G. A., Lubin, J. : Psychophysical Requirements for Seamless Tiled Large-Screen Displays, SID 92 DIGEST, pp.941-944 (1992)





CH1：ハイビジョン映像信号  
 CH2：NTSC映像信号  
 CH3：到着実用情報（文字・静止画）  
 CH4：出発実用情報（文字・静止画）

出典：㈱メディアポート成田

図 1 2 - 1. 「グリーンポート成田TV」の情報システム例  
 （大原ほか、1994年）

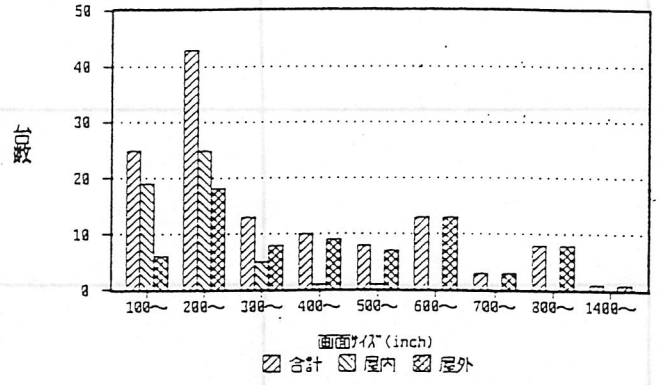
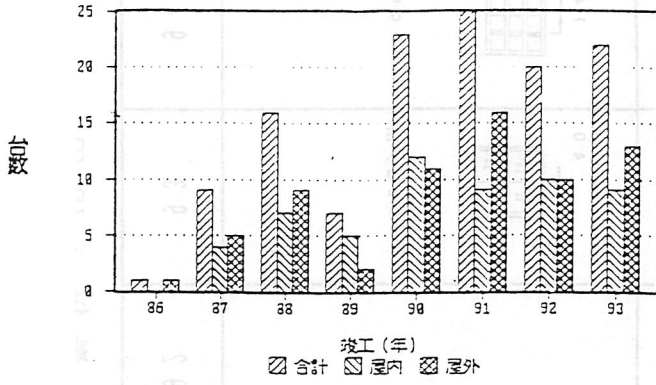


図 1 2 - 2. 大画面ディスプレイの設置状況

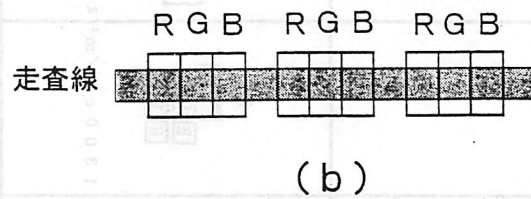
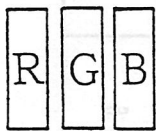
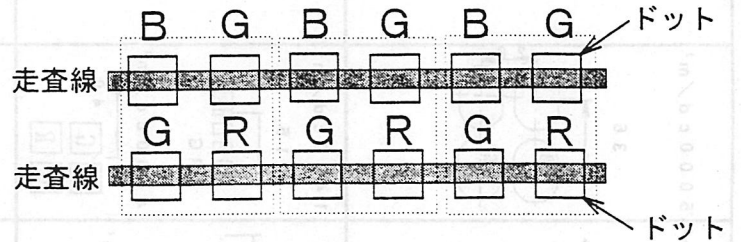
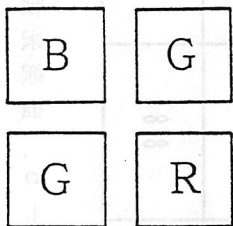


図 1 2 - 3. 絵素構成例

図 1 2 - 4. 走査線の構成方法



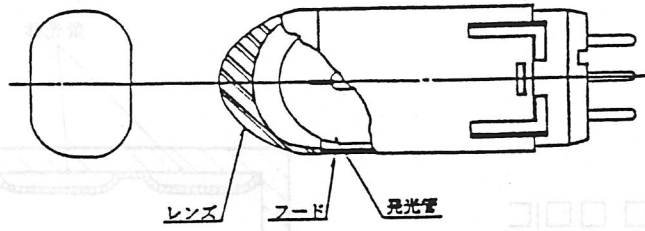


図 1 2 - 6. 高輝度放電管 (CHD 管)

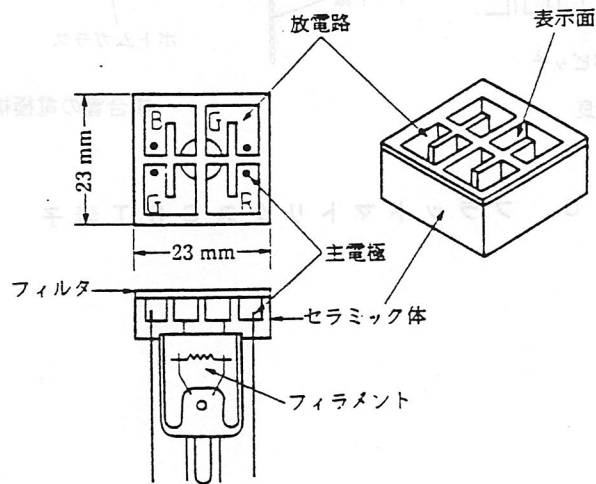


図 1 2 - 7. 高輝度放電管 (DL 素子)

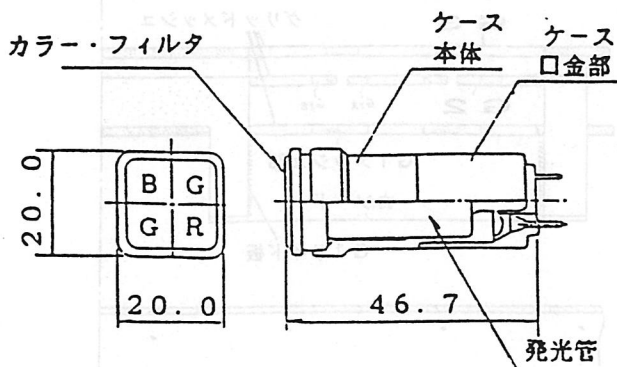


図 1 2 - 8. 高輝度放電管 (MCD 管)

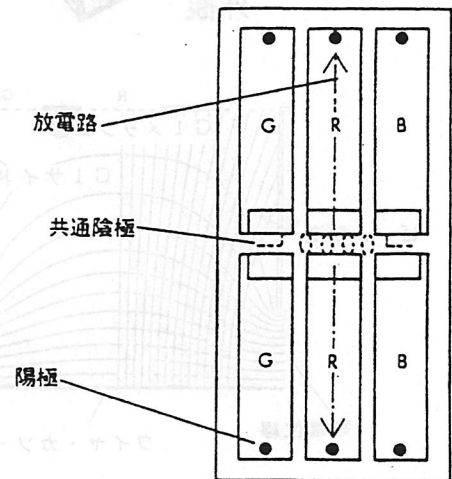
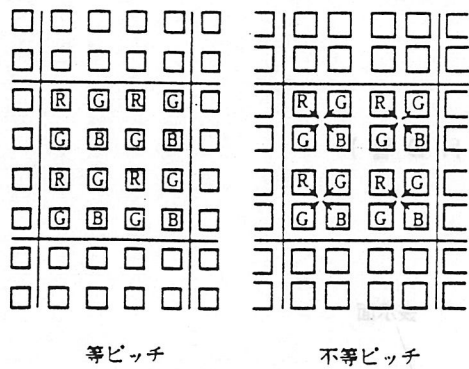
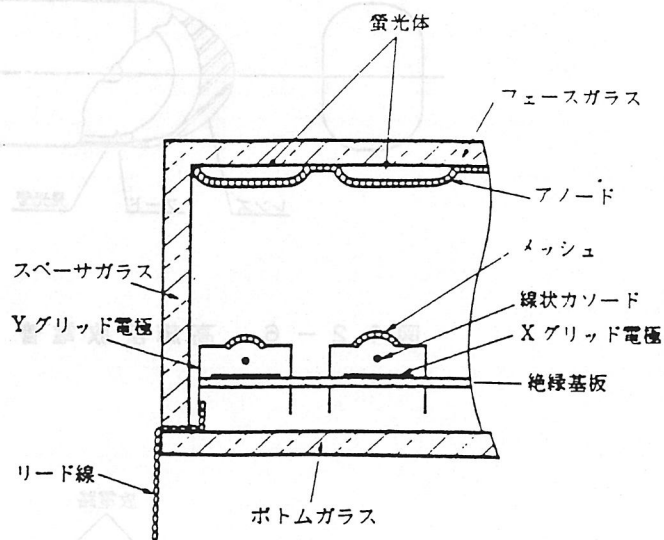


図 1 2 - 9. 高輝度放電管

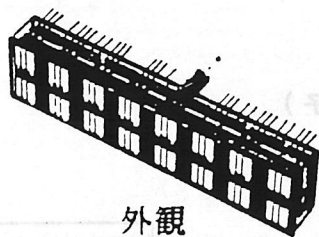


画素パターンの改良

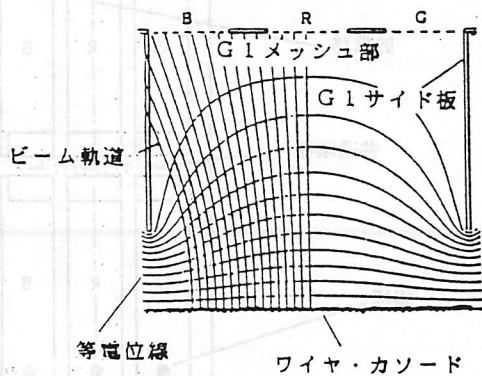


複合管の電極構造

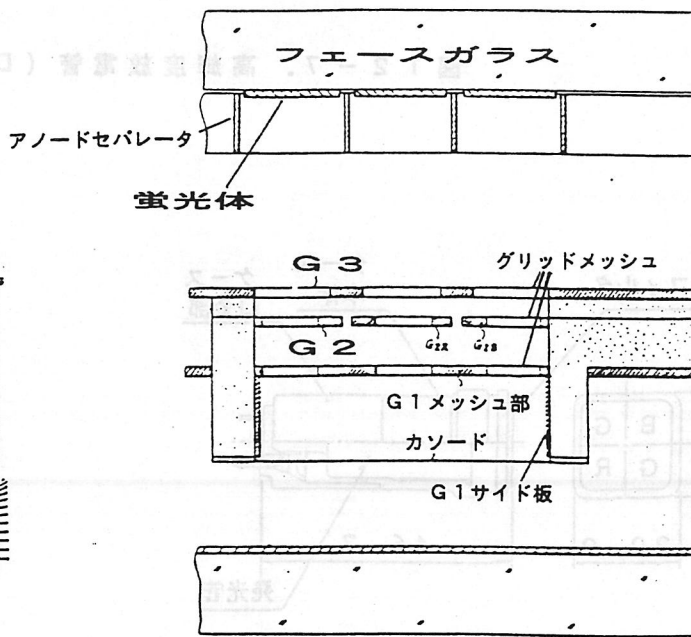
図 12-10. フラットマトリクス CRT 素子



外観

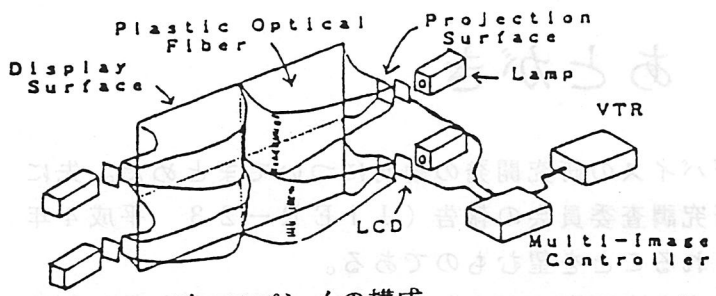


G1 サイド板と等電位線

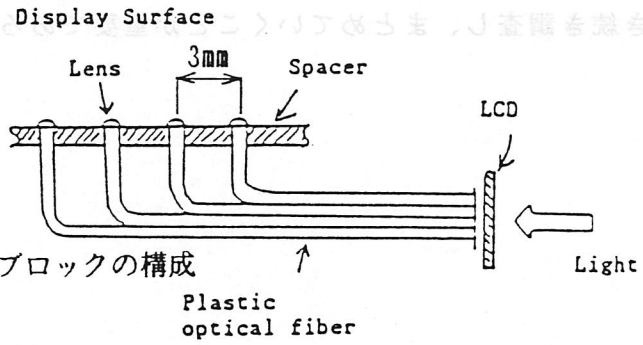


新素子の断面図 (1トリオ分)

図 12-11. 高密度 CRT 素子



ディスプレイの構成



ファイバーブロックの構成

図 1 2 - 1 2 . 光ファイバー方式の例

色フィルタ外付けの場合      色フィルタ内付けの場合

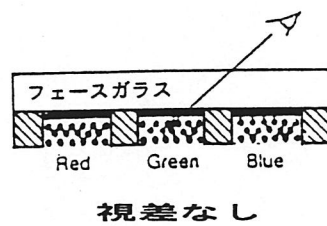
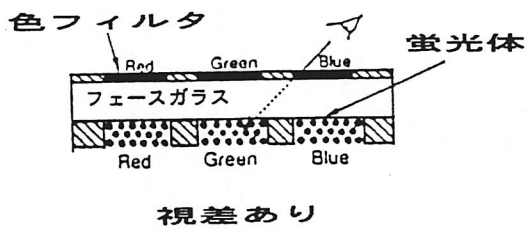


図 1 2 - 1 3 . 視差を改善した例

# 13. あとがき

以上、ここ2～3年のディスプレイデバイスの研究開発の動向についてまとめた。先に報告された発光ディスプレイデバイス研究調査委員会の報告（JIER-23 平成4年3月）と同様、本報告書が有効に活用されることを望むものである。

本分野における研究開発は、今後もますます活発になされていくことが確実と思われるので、引き続き調査し、まとめていくことが重要であろう。

（畑江信良）

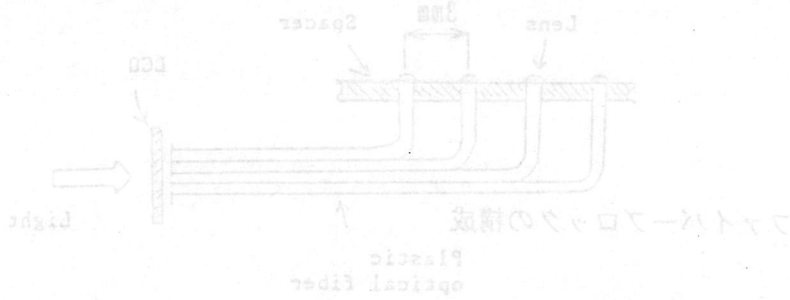


図13-12. 光マトリクス方式の図

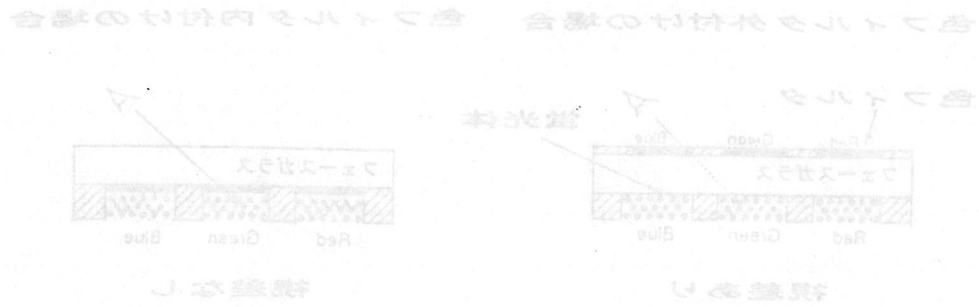


図13-13. 基板型方式の図