

## 4. 発光素子配列形ディスプレイ

正会員 倉橋 浩一郎†

### 1. ま え が き

白熱電球（以下、単に電球とする）を多数個配列したディスプレイは、広告や電光掲示板などの屋内外の公共場所でのメッセージディスプレイとして長い歴史をもっている。

これらは、テレビ技術や半導体技術の発展と共に、巨大画面のビデオディスプレイに展開され、1966年頃には競技場における観客サービスなどに利用されるようになった<sup>1)2)</sup>。これは、個々の競技のクローズアップ表示やスローモーション再生表示など、競技の感興を高めるものとして観客にアピールした。

このビデオディスプレイは、広告メディアや展示会でのアトラクションとしても利用されるようになり、日本国内においてもいくつかの設置例が報告されている<sup>3)~7)</sup>。

一方、カラーテレビの普及を背景として、上記のようなサービスにおいても、カラー画像を表示したいとする要求が高まって来たが、電球ではカラー化することが困難であった。カラー化されたものとしては、非ビデオ画像での設置例<sup>4)8)</sup>、ビデオディスプレイとしては小形のものの試作例<sup>9)</sup>が知られているにすぎない。

このような背景の中で、発光素子として単管単色のカラーCRT（フラッドビームCRT）をマトリックス配列した、フルカラーの巨大画面のビデオディスプレイが開発された<sup>10)~13)</sup>。

最初のシステムは1980年に設置され、白昼屋外でも鮮明なカラー映像を表示して、大きいインパクトを与えた。以後、これに刺激されて、フルカラーの巨大画面ディスプレイの開発が活発に行われるようになった。

た。

以下、発光素子をマトリックス配列したフルカラーの巨大ディスプレイの開発動向を概説する。

### 2. 巨大画面ディスプレイの構成法

#### 2.1 画面寸法

ディスプレイの画面寸法は、サービスすべき観客数（これは視距離で代表できる）、表示あるいは知覚されるべき情報量、さらには“迫力”といった因子などから決められる。

たとえば、人間の標準的な視力の分解能は $3 \times 10^{-4}$ ラジアン程度であるから、視距離 $L$  (m)において縦解像度 $N$  (本)の画像を有効に知覚せしめるためには、画面高さ $H$  (m)として、少なくとも $H = 3 \times 10^{-4} \times N \times L$ が欲しい。実際の画面寸法は、これらの要求と、ハードウェアとしての実現妥当性や設置条件などとの兼ね合わせで決まる。

屋外用としては、視距離50~200 mで、画面高さ6~10 m、画面幅8~20 m程度のものが一般的である。

#### 2.2 表示素子の選択

巨大画面の平面ディスプレイを構成する場合、表示素子それぞれを1つの画素とみだてて、これをマトリクス状に配列するのが自然な考え方である。カラー化は、個々の表示素子を3原色の1つ；赤(R)、緑(G)、および青(B)として、それらの加法混色で実現する。屋外用、とくに昼間使用のシステムでは、反射形の素子が外光そのものを利用できるので魅力的である。

最近、反射形の液晶表示素子(LCD)をマトリクス配列した屋外用のメッセージディスプレイが開発されている<sup>14)</sup>。LCDは中間階調の表示能力をもつので、ビデオディスプレイとしても利用可能性がある。しかし、カラー化をR、G、Bの3原色画素の加法混色で実現しようとする、色フィルターを理想的に形成し得たとしても、実効的な反射率は白黒の場合の1/3以

† 三菱電機株式会社 中央研究所

"4. Giant Screen Display Using an Array of Light Emitting Devices" by Koichiro Kurahashi (Central Research Lab., Mitsubishi Electric Corp., Amagasaki)

下となるので良好なコントラストが得られず、反射形としての特徴が生かせない。したがって、屋外用としても高輝度の発光素子を配列する方式が必要となる。

屋外用の巨大画面ディスプレイとしての発光素子に要求される特性は、次のようなものである。

- (1) 輝度：画面寸法や、直射日光を遮へいするシェードの構造にもよるが、スクリーン面での面積平均輝度で1,000~2,000 cd/m<sup>2</sup>が得られること。
- (2) 発光効率：消費電力を減らすために、少なくとも数 lm/W の発光効率をもつこと。たとえば、1 lm/W の素子を用いると、70 m<sup>2</sup> の表示面で2,000 cd/m<sup>2</sup> の輝度を得るために約 450 kW の電力が必要である。
- (3) 3原色の色度点：標準方式のテレビに見合った3原色の色度点が実現できること。
- (4) 応答速度：毎秒 60 フィールドの動作ができること。
- (5) 寿命：数千時間以上の動作寿命をもつこと。
- (6) 寸法：画面寸法に応じて、スクリーン上で20~50 mm 程度のピッチで配列できること。

このような観点から、CRT が第一の候補になる。また蛍光灯、電球も無視できない。現実には、フルカラーの巨大画面のビデオディスプレイとして実用化あるいは開発途上にあるのは、この3者のみである。

### 3. システムの現状と開発動向

#### 3.1 CRT 方式

最初のフルカラーのビデオディスプレイは、フラッドビーム CRT の配列により実現された<sup>10)~13)</sup>。

この素子（光源管）は単管単色のもので、それぞれ R、G、あるいは B の蛍光面をもち、高速の拡散電子ビームで励起されて発光する。この素子は本質的に CRT であるので、高輝度、高発光効率をもち、また通常のテレビ受像管と同等の色度点をもつ3原色が得られる。

光源管は図1に示した基本構造をもつもので、第

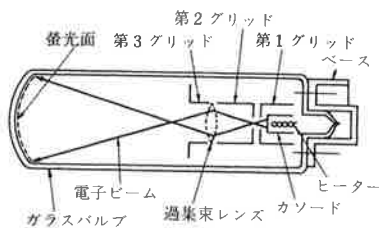


図1 光源管の基本構造<sup>15)</sup>

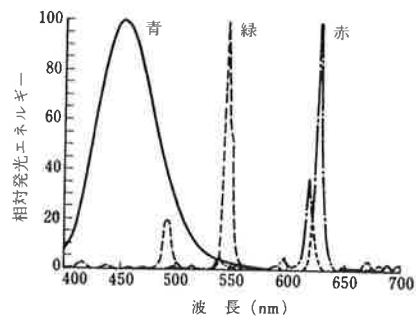
2、第3グリッドで過集束して作られる拡散ビームで蛍光面を一様に照射する。外径 20 mm、28.6 mm、35 mm の3種の光源管が開発され、用途に応じて使われている<sup>15)16)</sup>。

35 mm のものは、管自身の輝度の向上と共に、配列中での発光面積率が向上するので、画面輝度を大幅に向上させた。また 20 mmφ の光源管は、配列のピッチを短縮させ、屋内競技場向けのシステムや、移動形のシステムなど、いわゆる近距離視認形のシステムに利用されている。

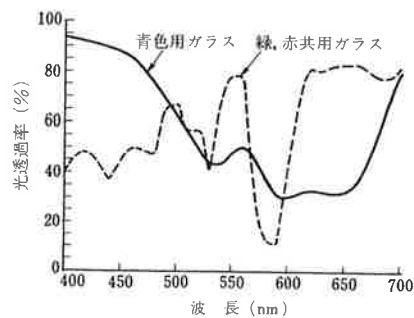
光源管のガラスバルブは蛍光体の発光エネルギーを効率良く透過すると共に、外光を吸収する必要がある。このため、希土類元素を着色材に用いて選択透過特性をもたせたガラスが開発され、R光源管とG光源管とに共通に利用されている<sup>13)15)</sup>。B光源管はコバルトガラスのバルブを用いている。

これらのバルブは耐候性、電子線による着色、X線の漏洩などについて全く異常を発生しないことが確認されている。光源管蛍光体の発光スペクトルおよびガラスバルブの分光透過率を図2に、この光源管による色再生範囲を、以下の各方式と比較して図3に示す。

また、光源管の特性を表1にまとめた。G光源管の管面で9,000 cd/m<sup>2</sup>以上の高い輝度が実現されてい



(a) 蛍光体の発光スペクトル



(b) ガラスバルブの分光透過率

図2 光源管の蛍光体とガラスバルブの特性<sup>15)</sup>

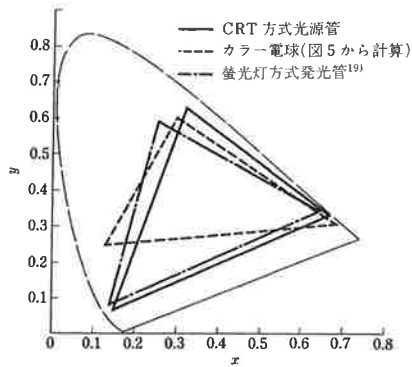


図3 各方式発光素子の色再生範囲

表1 CRT方式光源管の特性<sup>15)</sup>

形名	LS1D	LS1A	LS20A
機械的寸法(mm)			
最大部径	35.0	28.6	20.5
全長	157.0	132.0	118.0
ネック径	28.6	28.6	20.5
電気的定格			
陽極電圧(kV)	10	8.5	8.5
ヒーター電圧(V)/電流(A)	2.5/0.3	6.0/0.17	2.5/0.3
輝度(cd/m <sup>2</sup> )			
赤	3,900	4,200	3,700
緑	9,000	8,000	8,700
青	2,400	1,700	2,500
蛍光体, 色度点			
赤	( Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Eu )	x 0.670	y 0.328
緑	( Cd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Tb )	x 0.300	y 0.622
青	( ZnS:Ag )	x 0.146	y 0.068

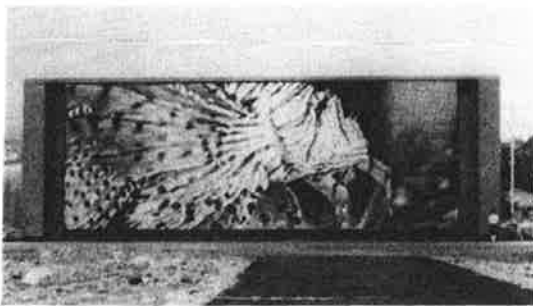


写真1 CRT方式による巨大画面ディスプレイの表示部の例

る。また、発光効率としてR、G、Bの3管の平均で、ヒータ電力を含め5~8 lm/W が得られている。またシステムとしての消費電力も7.2 m×10.2 mの表示面をもつもので170 kVA に収まっている。

このCRT方式のディスプレイの表示部の一例を写真1に示す。画面寸法は7.2 m×19.5 mで、69 120 素子をもつ。この方式は数多くの設置例をもち、高い評

価を得ている。

### 3.2 電球方式

電球は構造が簡単であり、効率を度外視すると高輝度を得やすい。また、屋外用のビデオディスプレイとしての実績<sup>4)~7)</sup>もあるので無視できない。

この方式として、図4に示した構造の電球(カラー電球)が開発され、これを配列したフルカラーのシステムが設置されている<sup>17)</sup>。このカラー電球はバルブ内面にアルミ蒸着の反射面を設け、光の利用率がたがって発光効率を実効的に向上させている。

電球方式では、各色の発光スペクトルは各管に設けた色フィルターとフィラメントの発光スペクトルとで決まる。このカラー電球ではバルブ外面にカラー塗膜を設けている。カラー塗膜はこの他、外光反射を減らすために表面反射率を押えること、紫外線、熱などによる褪色・変色などを考慮して選ばれている。

このカラー電球の発光スペクトルを図5に、これから計算される色再生範囲を図3に示す。B発光管のスペクトルの中心波長は、本来のNTSC系でのB発光の中心波長にくらべて長波長側にずらされている。これは発光率の向上には有効ではあるが、結果として色再生範囲を狭めている。

カラー電球として、外径18 mm、28 mm、36 mmの3種のものが開発されて、それぞれ用途に応じて使い分けられており、いくつかの設置例が報告されている<sup>7)</sup>。電球方式は消費電力が大きく、小形の18 mmφの管を用いた3.52 m×4.62 m=16.3 m<sup>2</sup>の表示面をもつシステムで210 kVAである<sup>25)</sup>。

### 3.3 蛍光灯方式

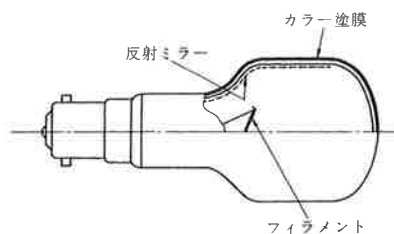


図4 カラー電球の構造<sup>17)</sup>

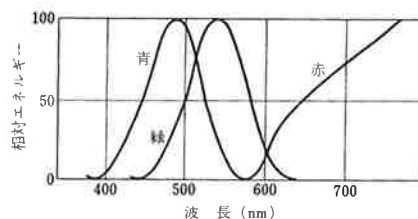


図5 カラー電球の分光分布<sup>17)</sup>

蛍光灯は元来高輝度、高効率であるので、巨大画面ディスプレイの発光素子として期待がもたれていた。この方向に沿った発光管が開発され、これを用いたシステムが開発中である<sup>18)19)</sup>。この管は、図6に示すように、放電管を形成するガラスバルブをU字形に折り曲げたものである。各管は単管単色のもので、希土類蛍光体を低圧の水銀蒸気の放電による紫外線で励起、発光させる。

ガラスバルブ外面には、放電による放射スペクトル

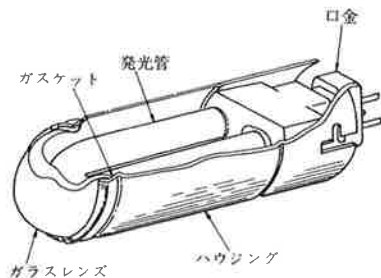


図6 蛍光灯方式発光管の構造<sup>19)</sup>

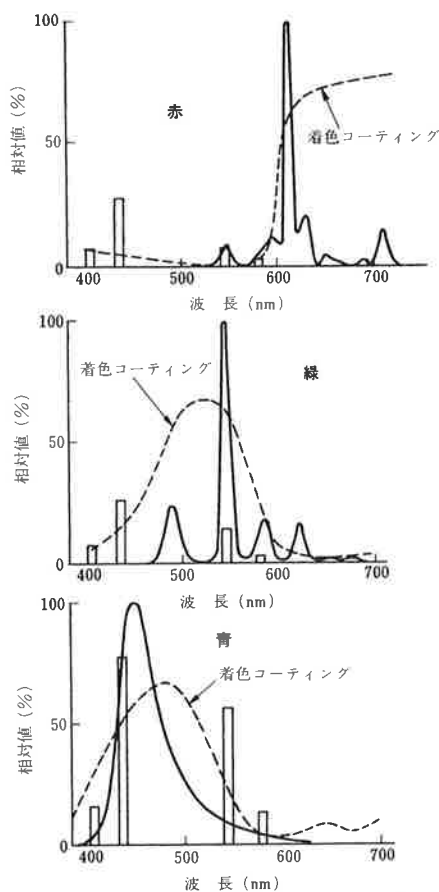


図7 蛍光灯方式発光管の発光スペクトルと着色コーティングの分光透過率<sup>19)</sup>

表2 蛍光灯方式発光管の特性<sup>19)</sup>

	赤	緑	青
消費電力(W)			
放電	3.4	2.7	3.4
フィラメント	2.0	2.0	2.0
蛍光体	希土類蛍光体		
着色コーティング	透明着色シリコン塗料		
輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	7,300	11,500	3,500
色度点			
x	0.65	0.26	0.14
y	0.34	0.59	0.08
寿命 (時間)	5,000 (輝度70%に低下)		

中の不必要な部分を吸収して発光の色純度を高めるため、外光反射を抑えるために、それぞれの発光色に応じたシリコン着色コーティングを行っている。この管の発光スペクトルと着色コーティングの分光透過率特性を図7に示す。

また、この管の特性を表2に示す。管の外径は34 mmで、高い輝度；表示面での面積平均輝度で3,350 cd/m<sup>2</sup>を得ている。この輝度から推定される発光効率は約3 lm/Wである。色度点もテレビ映像の表示に充分なものとなっている(図3)。

### 3.4 複合CRT

1個のガラスバルブに、8ドットの蛍光体を封入した方式の複合形CRTの開発が進められている<sup>20)</sup>。約25 mm角の蛍光体ドットが8個、直線状に配置されており、共通のフィラメントカソードからの電子ビームを各ドットに対応したメッシュ状のグリッドで制御する。ディスプレイとしては、このCRT8本を1つのモジュールにまとめ、このモジュールを組合せて大画面のスクリーンを形成する。

### 3.5 駆動方式

マトリクス形ディスプレイでは、フレーム内(またはフィールド内)時間幅変調方式が、使用素子の如何を問わず広く利用されている。この方式は、素子自身はオンかオフかで動作させ、そのオン時間幅をフレーム内でビデオ信号の振幅に応じて制御するものである。素子をオンかオフかで動作させるので、中間調の再生特性が素子自身のガンマ特性に依存せず、また各素子の発光時間幅を最大フレーム周期にまで引き伸ばせるので、明るい表示ができるという特徴が得られる。

CRTは応答が早いので、この特徴が生かせ、直線性の良い中間調の制御ができる。蛍光灯の場合には、個々の素子毎に独立のトランジスタインバーターによる高周波電源をおき、このトランジスタインバーターのオン時間幅を制御する方式により直線性の良い中間

調制御ができる<sup>18)</sup>。電球の場合は、熱的時定数がきいて応答が遅いため、輝度は駆動時間幅に比例せず、最大輝度に依存するガンマ特性をもつようになる<sup>17)</sup>。

各画素に対応したビデオ信号を高速の IC RAM によるフレームメモリーに記憶し、これを必要時刻毎に読出して、各画素のオンかオフかを制御する。基本的には  $N$  レベルの中間階調を再生するためには、フレーム毎に、画素当り  $N$  回の制御が必要である。この制御回数すなわちメモリーの読出し回数を減らすために、2進ウェット付けした時間幅でのオン、オフの組合せで制御する方式や<sup>21)-23)</sup>類似の方式<sup>10)</sup>が利用される。

画面の輝度レベルの調節も同様な方法でなされており<sup>15)19)</sup>、輝度レベルによって中間階調のレベル数が変化しないようにされている。また、ガンマ補正も ROM に補正曲線を書込んでおくデジタル方式の採用が普通になっている。

このような方法で、現在では、中間階調として 64 レベルの再生が普通であり、また輝度レベルも 32 レベル<sup>15)</sup>の調節が可能になっている。その結果、昼夜にわたって適切な輝度での微妙な色調での色再生が可能になっている。

#### 4. む す び

CRT 方式による巨大画面のカラーディスプレイの導入以来、CRT 自身の特性改善の他、生産、輸送、据付、保守などの面での技術問題が解決された。現在では画面寸法で 6~10 m × 8~20 m、素子数で 30,000~70,000 個、画面輝度 1,000~2,000 cd/m<sup>2</sup> の性能をもつフルカラーのシステムが実用されている。電球方式も同様なシステムを実現している。

また、システムの演出ソフトウェア面、およびこれに見合うシステムアーキテクチャー面での進展も大きく、フルカラーの巨大画面ディスプレイは多くの場所に設置されて、観衆に感興を与えている。

今後は、蛍光灯方式の登場や、他の CRT 方式の参入も予想され、競争が激しくなると共に、より高精細度のシステムおよび、より小画面（たとえば画面寸法で 2~5 m × 3~10 m）のシステムに向けての開発が活発になって行くものと予想される。室内用としては、

透過式 LCD と照明光とを組合せた表示面をもつシステム<sup>24)</sup>が開発されており、この方式の発展も期待される。

(昭和 58 年 9 月 28 日受付)

#### 〔参 考 文 献〕

- 1) "Stewart-Warner 社カタログ
- 2) 橋本：テレビ全大，9-23 (1971)
- 3) 高田ほか：“シルエトロン”，三菱電機技報，44，8，p. 1093 (Aug., 1970)
- 4) 橋本：“巨大画像表示装置”，テレビ学会技報，IPD 32-4 (Mar., 1978)
- 5) 橋本：“マンモステレビジョン”，信学会技報，ED 79-36 (June, 1979)
- 6) 新宿情報ビル案内書
- 7) 徳永ほか：“神宮野球場電光式スコアボードシステム”，インターフェース，p. 153 (Sep., 1980)
- 8) SPECTA COLOR 社カタログ
- 9) 島田ほか：“カラービデオパネル方式の開発”，テレビ学会方式回路：固体画像合同研究会資料（資 6-2，資 10）(Apr., 1968)
- 10) 倉橋ほか：“オーロラビジョン—巨大画面カラーディスプレイシステム—”，テレビ学会技報，IPD 49-3 (Mar., 1980)
- 11) K. Kurahashi, et al.: "An Outdoor Large Screen Color Display System", '81 SID Tech. Digest, p. 132 (1981)
- 12) H. Kobayashi, et al.: "Light Emitting Tube for Giant Color Display", J. of Light & Visual Environment, 51, 1, (1981)
- 13) Y. Simizu, et al.: "A New Color Picture Tube with Improved Color Fidelity and Contrast", IEEE Chicago Spring Conf. on Consumer Electronics (1981)
- 14) J. R. Burns, et al.: "Liquid Crystal Message Center Display", '83 SID Tech. Digest, p. 40 (1983)
- 15) 吉岡ほか：“映像表示システム《オーロラビジョン》”，三菱電機技報，57，6，p. 419 (June, 1983)
- 16) 山地ほか：“大形カラー映像表示システム《オーロラビジョン》”，テレビ学会技報，IPD 76-1 (May, 1983)
- 17) 高田ほか：“大形映像表示装置（アストロビジョン）”，テレビ学会技報，IPD 76-2 (May, 1983)
- 18) 神谷ほか：“CHD 管使用による大形カラー表示装置（スーパー・カラー・ビジョン）”，テレビ学会技報，IPD 76-3 (May, 1983)
- 19) T. Kaneko, et al.: "Giant Scale New Color Display System Using CHD Tubes", 3rd International Display Research Conf. (Japan Display '83), S 11.3 (Oct., 1983)
- 20) Financial Times, p. 29 (Dec. 10, 1982)
- 21) 倉橋ほか：“プラズマディスプレイにおける中間調表示”，テレビ学会画像表示システム研究会資料 (Nov., 1972)
- 22) 加治ほか：“AC 形プラズマディスプレイによる中間調動画面表示”，信学会技報，IT 72-45 (Mar., 1973)
- 23) K. Kurahashi, et al.: "Plasma Display with Gray Scale", '73 SID Tech. Digest, p. 72 (1973)
- 24) O. Myodo, et al.: "A Large Screen Color Display Using Array of LCD Modules", 3rd International Display Res. Conf. (Japan Display '83), S 11.4 (1983)
- 25) “松下電器カタログ（昭 57）”

### 3. Situation of system and trend of the development

#### 3.1 CRT system

The first large-scale color display system was achieved arranging the flood beam CRT (10) ~ (13). The device (lighting tube) was single tube with a phosphor of R, G or B respectively, which is irradiated by high speed electron beam for emission.

This device is essentially based on CRT technology and the features like high brightness, high luminous efficiency and also the wide color reproduction of three primary colors with equivalent performance of a usual television CRT are obtained. The basic structure of lighting tube was as shown in Figure 1; the second and third grid diffused the electron beam to irradiate the phosphor uniformly. The three kinds of lighting tubes with the diameter 20mm, 28.6mm and the 35mm were developed and used for different application (15) (16).

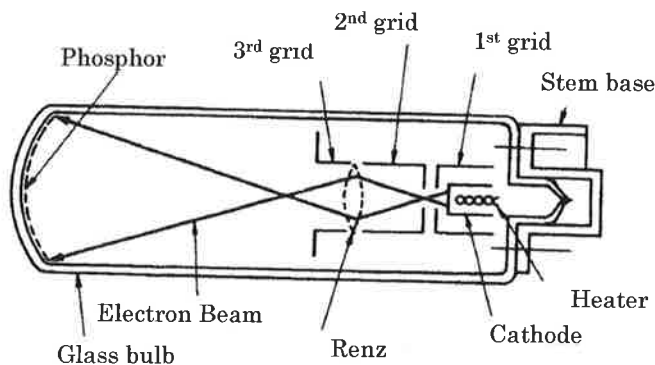
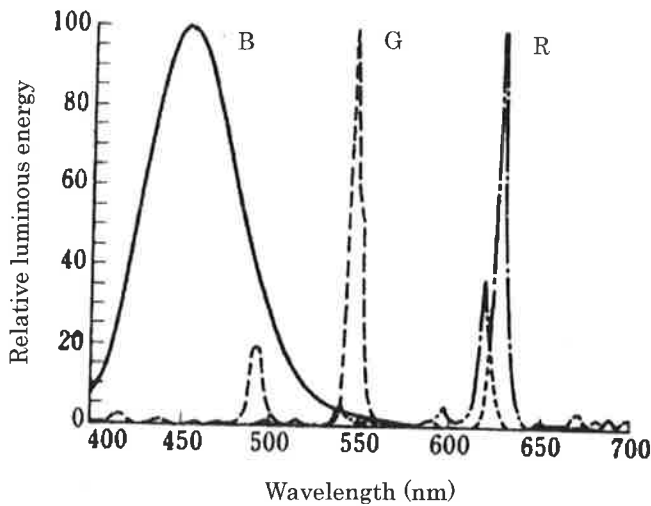


Fig.1 Basic structure of lighting tube

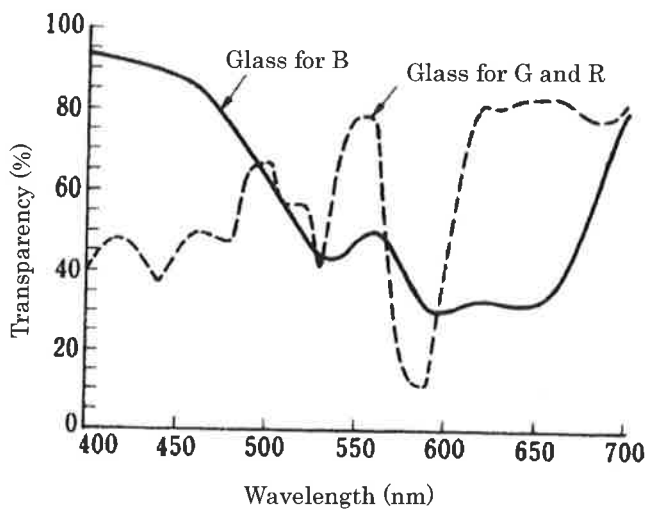
The system with 35mm lighting tubes, which improved the brightness of the tube itself and the aperture ratio of pixel, significantly improve the brightness of screen. The system with 20mm lighting tubes reduced the pixel pitch and used for short viewing distance application like indoor sports stadium or mobile system etc.

The glass bulb of lighting tube is necessary to pass the color emission of phosphor efficiently and absorb the external light. Therefore, the glass with rare earth for coloring material was developed to transmit the color emission selectively and applied in common with R and G lighting tubes (13) (15). B lighting tube is also used the cobalt glass. These glass bulbs has been confirmed the enough reliability for weather resistance, coloring by electron beam and leakage of X-ray. The emission spectrum of lighting tube and spectral transmittance of glass bulb were in Figure 2, the color reproducibility of lighting tube is shown in Figure 3 in comparison with each of the following devices.

The characteristics of lighting tube are summarized in Table 1; at the surface of G tube 9,000cd / m<sup>2</sup> or more brightness is achieved. Furthermore, the average luminous efficiency R, G and of B of 3 tubes 5 ~ 8lm/W including the heater power is obtained. In addition the power consumption of the system with screen size 7.2m × 19.5m is within 170kVA. The example of display of CRT system is shown in Photo 1; the screen size is 7.2m x 10.2m and the number of lighting tubes is 69120 pieces. These systems have many example of installation and receive a high evaluation.

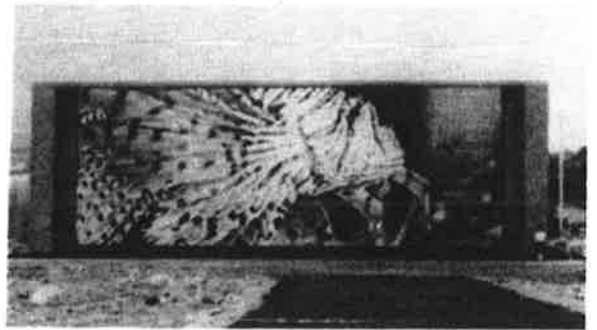


(a) Emission spectra of phosphors



(b) Spectral transmission

Fig.2 Characteristic of phosphor and glass bulb



Phot.1 Example of large scale display with lighting tube based on CRT technology

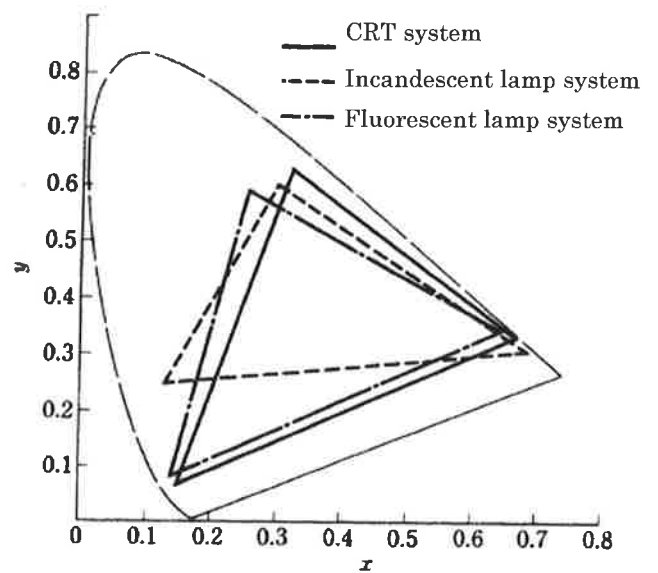


Fig.3 Color reproduction range of each system

### 3.2 Incandescent lamp system

The structure of incandescent lamp is simple; ignoring the efficiency, it is easy to obtain a high brightness. Moreover the system should not be ignored because it has experiences as outdoor video display system in the industry 4) ~ 7). The lamp shown in Figure 4 (incandescent lamp with color coating film) had been developed; the full color display system with an array of this lamp is installed 17). The reflecting surface of aluminum is deposited on inner surface of lamp and effectively improved the luminous efficiency (utilization ratio of light). In case of incandescent lamp system, the emission spectrum of each color is determined by emission spectrum of filament and color filter in each tube. This color incandescent lamp applied a color coating film on the surface of lamp. This color coating film is selected to reduce surface reflectance of external light and the discoloration against UV and heat etc. The emission spectrum of color lamp is in Figure 5, the color reproduction range that is calculated from this spectrum is shown in Figure 3. The center wavelength of spectrum of B is shift to longer wavelength side compared to the B emission in original NTSC system. This is effective to improve the luminous efficiency; however the color reproduction range is decreased as a result.

The three types of lamp with diameter 18mm, 28mm and 36mm have been developed; which are

used for each suitable application and several examples of installation have been reported 7). The power consumption of incandescent bulb system is large and the system of screen size  $3.52\text{m} \times 4.62\text{m} = 16.3\text{m}^2$  with 18mm bulb was 210kVA.

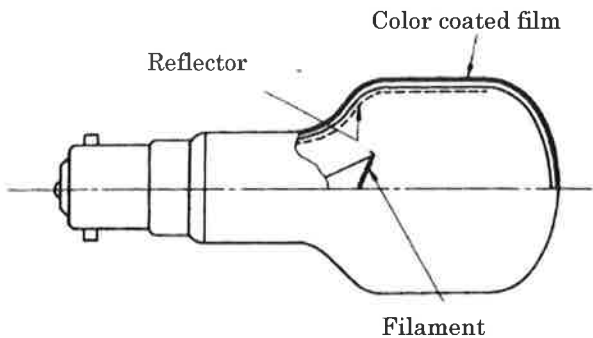


Fig.4 Color incandescent lamp

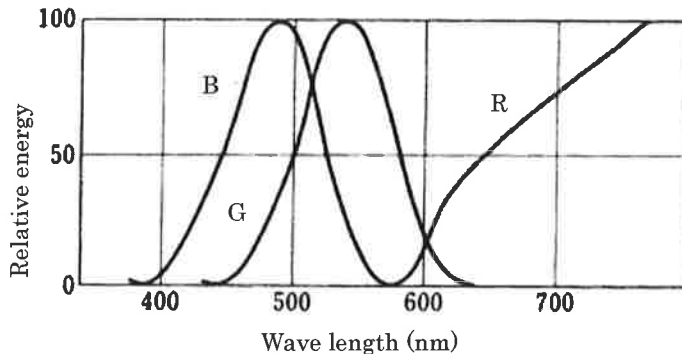


Fig.5 Spectral distribution of incandescent lamp

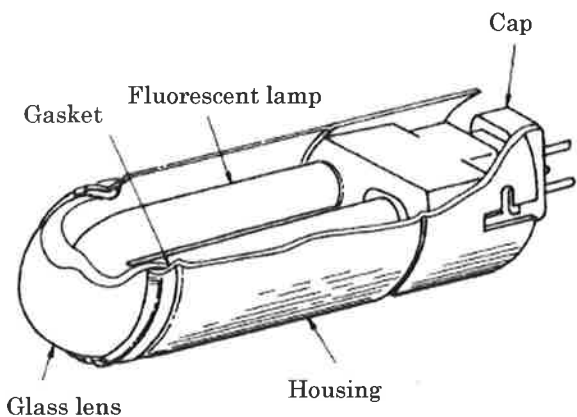


Fig. 6 Structure of discharge tube

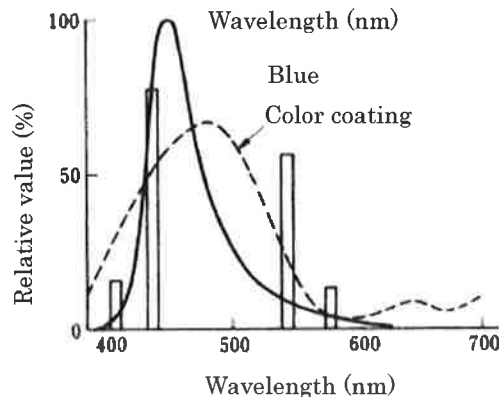
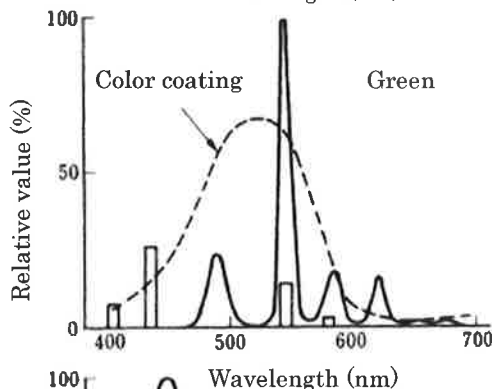
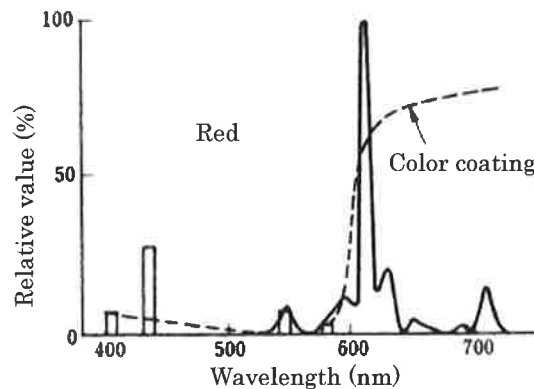


Fig. 7 Emission spectrum of discharge tube and spectral transmission of color coating

### 3.3 Discharge tube system

The discharge tube is originally high brightness and high luminous efficiency, which is expected as a lighting tube of large-scale display. The lighting tube based discharge tube was developed and the



large-scale display system is also under developing 18) 19). This lighting tube bent the discharge lamp bulb into U-shape as shown in Figure 6. Each tube is monochromatic single pixel and the UV light by discharge of low-pressure mercury vapor excites the rare earth phosphor to emit light. The color coating with silicon is applied on the surface of glass bulb, which improve color purity of emission by absorbing an unnecessary component of spectrum due to discharge and suppress the reflection of external light. The spectrum of emission and the spectral transmittance of the tube are shown in Fig 7.

The characteristic of the tube is in Table 2. The outside diameter of tube is 34mm; the brightness is high and average brightness 3,350cd/m<sup>2</sup> is obtained at the surface of screen. The luminous efficiency, which is estimated from the brightness, is about a 3lm/W. The chromaticity point is also enough to display TV image (Fig. 3).

### 3.4 Multiple CRT

The new multiple CRT which include 8 phosphor dots in a glass bulb has been developed 20). The 8 phosphor dots of around 25mm square are arranged in a straight line; the electron beams from the common filament cathodes are controlled with mesh-like grids corresponding to each dot. As a display system, the 8 pieces of multiple CRTs are assembled in a module; furthermore the modules are built in a large-scale screen.

### 3.5 Driving scheme

The in-field (or in-frame) pulse width modulation is applied to large-scale display system for any lighting tube whatsoever. This method controls the turning on and off of lighting tube to make cumulative on time in the frame proportional to the amplitude of video signal. The performance to express the gray scale is independent from gamma characteristic of the lighting tube; the pulse width is able to enlarge up to frame period and suitable to obtain high brightness.

The CRT with high response speed is suitable to apply the pulse width modulation and obtain the excellent linearity of gray scale. The discharge tube, which applied a high frequency power supply based on transistor inverter for each discharge tube independently, controlled the width of on time of this transistor inverter and realized a good linearity of gray scale 18). The incandescent lamp with slow response speed due to thermal time constant has a gamma characteristic which depend on highest brightness and the brightness is not proportional to the width of drive pulse 17). The video signal for each pixel is memorized in frame memory by high-speed RAM and read every frame period to control the pixel on or off. Basically, the RAM should be accessed to control the pixel N times for N levels gray scale of image. To reduce the number to control pixel, which is the number to access memory, the method to control pixel on and off with binary weighted pulse width 21) - 23) and similar method 10) is utilized. Similar method is applied for the adjustment of brightness level of the screen 15) 18), and the adjustment of brightness level is controlled not to impact on the number of gray scale level. In addition, memorizing the correction curve in a ROM as look-up table to realize the digital gamma compensation is generalized.

In this way, now the 64 levels are generalized to control gray scale and the 32 levels 15) are also available for brightness adjustment. As a result, the color reproduction of delicate color with the appropriate brightness is realized for night time and day time application.

Table 1 Characteristic of CRT lighting tube 15)

Type	5 LS1D	LS1A	LS20A
Dimension (mm)			
Maximum Diameter	35.0	28.6	20.5
Length of tube	157.0	132.0	118.0
Diameter at neck	28.6	28.6	20.5
Electric rating			
Anode Voltage (kV)	10	8.5	8.5
Heater Voltage (V)/Current (A)	2.5/0.3	6.0/0.17	2.5/0.3
Brightness (Cd/m <sup>2</sup> )			
R	3,900	4,200	3,700
G	9,000	8,000	8,700
B	2,400	1,700	2,500
Phosphor, chromaticity	( 螢光体 \    x    y		
R	Y <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Eu    0.670 0.328		
G	Gd <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Tb    0.300 0.622		
B	\ ZnS:Ag    / 0.146 0.068		

Table 2 Characteristic of Discharge tube 19)

	R	G	B
Power Consumption (W)			
Discharge	3.4	2.7	3.4
Filament	2.0	2.0	2.0
Phosphor	Rare-earth phosphor		
Color coating	Color coating material		
Brightness (Cd/m <sup>2</sup> )	7,300	11,500	3,500
Chromaticity			
x	0.65	0.26	0.14
y	0.34	0.59	0.08
Life time (hour)	5,000 70% decay of brightness		