

三色発光型平板放電管の試作

藤野 達士* 平 健登** 岸本 貴臣***

Development of a Multi-Color Flat Discharge Panel

Tatsushi FUJINO, Kento TAIRA, Takaomi KISHIMOTO

ABSTRACT

This paper summarizes the development of a multi-color flat display panel which has three layered discharge spaces.

The panel was formed by using two sheets of $100 \times 100 \times 3$ [mm] indium tin oxide (ITO) NESA glass plates, two pieces of $10 \times 10 \times 50$ [mm] macor bars and two pieces of $10 \times 65 \times 1$ [mm] ITO NESA glass as vacuum walls. The discharge space was divided into three parts for the height direction by two sheets of soda glass plates of 1[mm] thickness which cut off ultraviolet rays. The dimensions of the upper and the lower layers were both $48 \times 48 \times 1$ [mm], and that of the middle layer was $48 \times 48 \times 6$ [mm]. Three phosphors of NP-360 (red, upper layer), NP-205 (green, middle layer) and NP-105 (blue, lower layer) were used and xenon gas of 2.0[kPa] was enclosed.

The CIE chromaticity was $(x,y)=(0.635,0.359)$ for red, $(0.151,0.095)$ for blue and $(0.198,0.738)$ for green, and the brightness was 410, 23.2 and 97.2[cd/m²] respectively when the panel was operated with a single layer. When the panel was operated with three layers simultaneously, it could change the luminescent color in wide range between red, green, blue and those combinations including white.

KEY WORDS: flat display panel, multi-color, xenon, phosphor, dielectric barrier discharge

1. はじめに

一般の光源を使用して多色表示を行うには、色の異なる光源を複数個設置するか、光源のカラーフィルタを切り換えるかの、2つの方式が考えられる。前者にはカラーCRTやLED光源などがあるが、色の数だけ光源の数が増加し、色を変えると位置のずれを生じる。後者には舞台照明などがあるが、フィルタの切り換えが必要で、滑らかな変色は難しい。

光源の色を電子的に制御できれば、光源数を削減でき位置のずれも生じない。さらに、滑らかな変色が可能となる。このような光源としてはマルチネオンサインが実用化されたが¹⁾、これは全て直管型のもので、それを曲げたものであった。表示用・装飾用とし

て使える平板の光源は、現在は白色単色のものだけで、可変色のものはまだ実用化されていない。

我々は、これまでに、上下層に誘電体バリア放電を行わせる二層型の可変色平板放電管や^{2),3)}、中間層に内部電極を用いたグロー放電を行わせる三層構造の三原色発光の平板放電管を試作してきた。しかし、後者については中間層の陽光柱が広がらず、十分な結果を得るまでにいたらなかった。今回は、中間層を外部電極にした三層構造の平板放電管を試作し、三原色発光平板光源の実現を目指した。本稿ではその概要について報告する。

2. 可変色平板放電管

2.1 二層型平板放電管

今回試作した三層型平板放電管の構造を理解する上で、三層型の重要な基礎となった二層型平板放電管の

* 電気情報工学科、** 神戸大学理学部地球惑星科学科、*** 大阪大学基礎工学部電子物理科学科物性物理科学コース

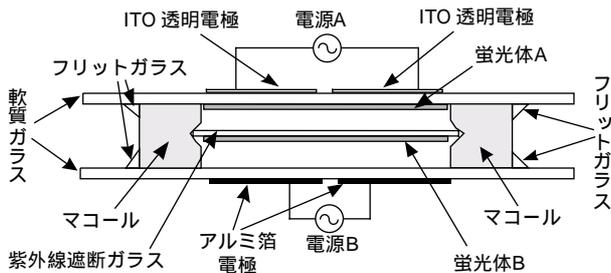


図1 二層型可変色平板放電管の断面図

断面図を図1に示し、簡単に説明しておく。

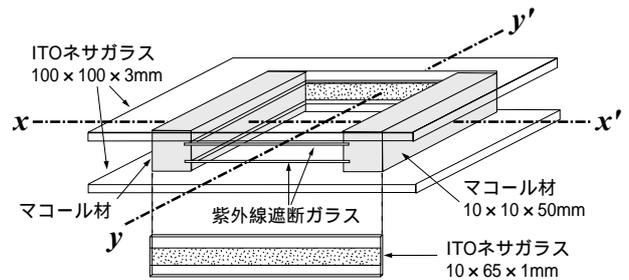
放電管はマコール角材4片と2枚の軟質ガラス板で真空壁を形成し、フリットガラスで封着している。図ではマコールは放電管の左右にしか描かれていないが、実際は前後の面にも配置されている。電極は、片側のガラス外壁にはアルミ箔を貼り付け、もう一方のガラス外壁には、透明電極を焼き付けて使用した。この2対の電極を2つの電源でそれぞれ駆動する。ITO透明電極への電流導入部には、銀ペーストを焼き付けて使用している。放電ガスとしてXeを数[kPa]封入し、共鳴放射 ($\lambda=147[\text{nm}]$) とエキシマ放射 ($\lambda=152, 172 [\text{nm}]$) による紫外線で蛍光体を発光させる。放電空間の中間に紫外線遮断ガラスを配置して、一方の領域から放射された紫外線によって、反対側の蛍光体が発光することがないように構造とした。ただし、上下に区切られた放電空間は、真空的には分離されていない。蛍光体は、透明電極側のガラス壁内面と紫外線遮断ガラスの不透明電極側に、スピコート法により塗布した。観測面は透明電極側である。

このタイプの放電管は、赤 - 青、赤 - 緑、青 - 緑間の変色を行う可変色平板光源が試作され、二色間の点灯制御が実現された^{2), 3)}。

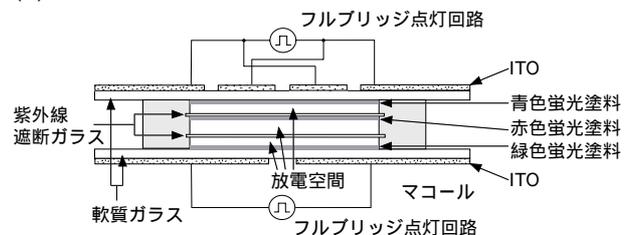
2・2 三層型平板放電管

今回試作した三層型平板放電管の構造を図2に示す。(a)は組み立て図で、(b)と(c)はそれぞれ $x-x'$ 方向と $y-y'$ 方向の断面図である。簡単にいえば、二層型の放電管を基に三層型の構造とし、側面に中間層のための電極を設けている。

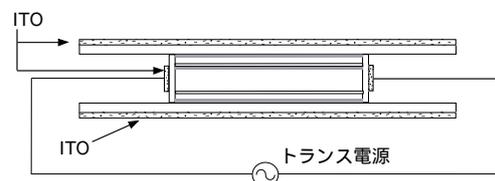
放電管の上面と下面には、 $100 \times 100 \times 3[\text{mm}]$ のITOネサガラスを、中間部分には真空壁としての $10 \times 10 \times 50[\text{mm}]$ のマコール材2片と $10 \times 65 \times 1[\text{mm}]$ のITOネサガラス2枚を用い、それらで放電空間を形成した。マコール片は図2(a)の $x-x'$ 軸上の2面にのみ配置し、 $y-y'$ 軸上の2面にはITOガラスが配置されている。このITOガラスは中間層の電極を兼ねるものである。放電空間内には、2枚の厚さ $1[\text{mm}]$ の紫外線遮断ガ



(a) 組み立て図



(b) $x-x'$ 断面図



(c) $y-y'$ 断面図

図2 三層型可変色平板放電管の構造図

スがマコール材に切った溝に配置されて、放電空間を3つに分けている。上層の電極はITOを4分割し、下層の電極はITOを2分割して誘電体バリア放電を行わせる。電極の間隔は3~4[mm]である。中間層の外部電極は幅10[mm]のITOガラスの中央6[mm]幅の部分を残し、周辺部のITOをかき取ってある(図1(a))。

予備実験では、上層のITO電極を2分割したパネルも試作したが、ここに示す放電管は上層の電極が4分割で、3つの層とも外部電極としている。

放電空間は、面積 $48[\text{mm}] \times 48[\text{mm}]$ 、厚さは上層と下層が $1[\text{mm}]$ 、中間層が $6[\text{mm}]$ である。放電ガスはXeを $2.0[\text{kPa}]$ 封入した。蛍光体は、上層から赤色(日亜化学NP360)、緑色(同NP205)、青色(同NP105)の順で塗布してある。各層の電源を制御することで発光割合を制御し、可変色を実現する。

3. 点灯実験

図2に示す平板放電管を、2組のフルブリッジ型点灯回路と1個の高周波トランス電源の、計3組の電源で点灯制御する。フルブリッジ型点灯回路は文献3)で用いたものと同じで、2組の回路の出力パルス混合比を、10:0から0:10まで時分割で変化することができる。高周波トランス電源は出力電圧 $1.6[\text{kV}]$ 、最大電

流20[mA]タイプの蛍光ランプ用(TFT, Model: 02-3000-10MA)を使用し、入力電圧をスライダックで変化して出力を変えた。

点灯実験は以下の3通りについて行った。

i) 単色点灯

試作した放電管を単層で点灯させ、発光の輝度を測定する。各層は、フルブリッジ点灯回路を用いて点灯させる。

ii) 二色間点灯

2組のフルブリッジ点灯回路を用い、三層のうちの二層を時分割で点灯する。印加する電源電圧・周波数・時分割パルス点灯の混合比を変化させ、色度・輝度の測定を行う。

3) 三色混合点灯

二色点灯に用いた2組のフルブリッジ回路に加えて、高周波トランス電源で第三層を点灯する。多くの色を発光させることを目標としたため、どの層をトランス電源で点灯するかは固定しない。また、トランス電源の電圧も変化している。

単色点灯時には比較的安定した放電が得られるが、混色していくと、放電面の場所によっては幾分の色ムラが生じるという問題はまだ残されている。このため、測定は放電が安定している中央部(30×20[mm])で行った。色度・輝度の測定には色彩輝度計(Topcon BM7)を用いた。

4. 点灯結果

2組のフルブリッジ回路のパルス混合比を1:3とし、上層(赤色)と中間層(緑色)を点灯した時の、放電電圧と電流波形の例を図3に示す。上層側、中間層側共、電源電圧は0.8[kV]で、点灯パルスのクロック周波数は10[kHz]である。ch1とch2は上層と中間層の放電電圧(共に2[kV/div])で、ch3とch4はそれぞれの放電電流(共に10[mA/div])、横軸は200[μs/div]である。

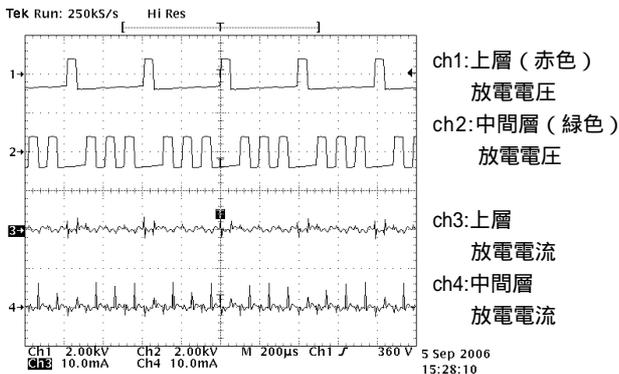


図3 電圧電流波形(フルブリッジ回路による点灯)

フルブリッジ回路による点灯は安定している。また、バリア放電であるので、電流は電圧の立ち上がり立ち下がり流れ、このときに管壁容量の充放電が行われている。三色混合点灯で使用する高周波トランス電源では、出力が変調されているため、波形をうまく観測することができなかった。

3つの層をそれぞれ単独に点灯した結果、および2つの層間で変色を行わせた結果を、図4に示す。

単色点灯では、電源電圧0.8[kV]、周波数20[kHz]で点灯したとき、赤色(CIE(x,y)=(0.635, 0.359))、青色

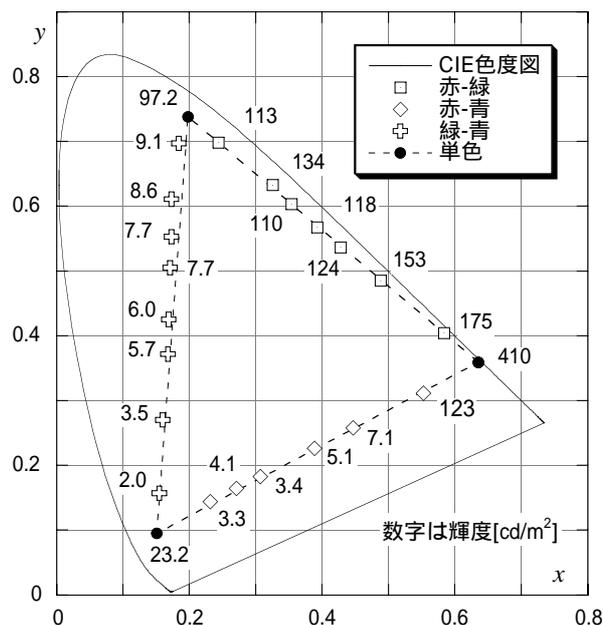


図4 CIE色度図(単色、および二色点灯)

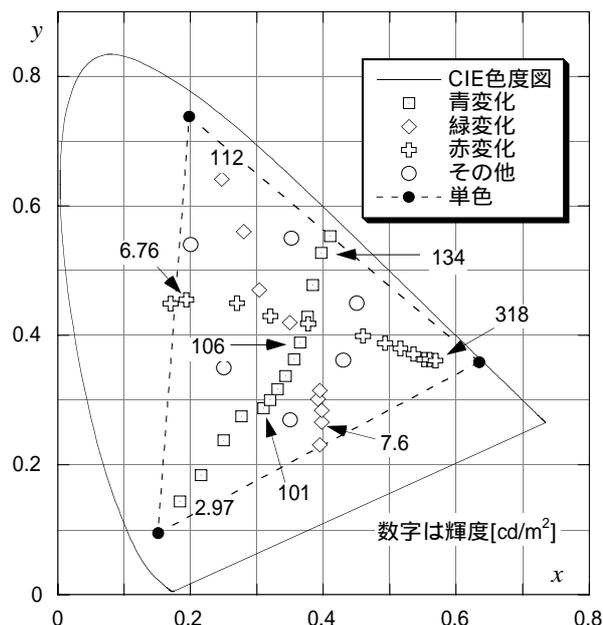


図5 CIE色度図(三色混合点灯)

(0.151, 0.095)、緑色(0.198, 0.738)の発光色度を得ている(図4の印)。これらの値は、三種類の蛍光体の発光色度にほぼ等しい。Xeのスペクトルには可視光も含まれているが、紫外線放射に比べると強度は小さく、光色はほとんど蛍光体の発光によるものであるといえる。今回の実験において、単独点灯時の発光輝度は、それぞれ410、23.2、97.2[cd/m²]の値を得た。

二色間の点灯では、それぞれの層を駆動するパルスの電源電圧、周波数、パルス混合比を変化させて光色制御した。その結果を、同図に白抜きのプロットで示す。変色は赤 - 緑(図の印)、緑 - 青(印)、赤 - 青(印)とも、広い範囲で実現できている。青色発光の輝度が低いいため、青色を含んだ変色では、発光輝度が低くなった。

図5に、三層を同時に点灯させ、それぞれの層の電圧、周波数、パルス混合比を変化させて光色制御した結果を示す。各層に加える電圧、周波数、パルス混合比などを変化させることで、R-G-Bの三角形のほぼ全域の色を発光することが可能になった。三色混合の目安となる白色(CIE(x,y)=(0.3, 0.3))付近も発光できる。幾分の色ムラは残っているが、上層側のITO電極を4分割することによって、改善することができた。しかし、この場合も、青色と混色すると輝度が低い。

5. まとめ

今回試作した平板放電管では、中間層を外部電極と

することにより、三色点灯において、広い範囲の色を発光することが可能になった。白色の発光も実現することができた。

青色発光の輝度が低いのは、青色が最下層に位置していることと、使用した青色蛍光体NP105が本来Hg紫外線用であることによると思われる。蛍光体の配置の見直しや、Xe用の蛍光体を使用することで、改善できると判断している。

混色時に色ムラが生じるという問題点も、若干残っている。この問題については、上下層のITO電極の形状を変えることで軽減できると考えている。

実用化されている単色平板光源では、放電空間内にITO電極を配置し、表面をMgOで誘電体コーティングすることにより、バリア放電を行わせている。我々の実験設備では直ちに導入することはできないが、この方式についても、今後考慮していく必要がある。

参考文献

- 1) 竜子 他：“可変色放電のネオンサインへの応用”、テレビジョン学会技術報告、**10**(47), pp. 33-38(1987).
- 2) 藤野 他：“可変色平板光源の試作”、電気学会研究会資料、ED-96-146 (1996).
- 3) 藤野・橋本・末谷：“面発光型可変色平板光源の試作”、明石高専研究紀要、第46号、25-28項(2003).