17 インチ DC 型高精細度カラープラズマディスプレイ

丹羽 彰 夫[†], 厚見 民 典[†]
稲 熊 邦 夫[†], 岡 本 太喜男[†]
野 村 浩 一[†], 正会員 奥 村 博 己[†]

A 17-in High Resolution DC Plasma Display

Akio Niwa[†], Tamisuke Atsumi[†], Kunio Inaguma[†],
Takio Okamoto[†], Koichi Nomura[†] and Hiromi Okumura[†]

Abstract: A 17-in. high-resolution color DC plasma display panel, having 480×640 ($\times 3$: trio colors) pixels with 0.54×0.18 ($\times 3$) mm² pixel size, has been experimentally manufactured and evaluated for its possible applications in large size work station terminals. Several new technologies such as the roll-coated self-aligned phosphor layer and the new He-Kr-Xe mixed gas, have been studied. This panel has a layered priming-discharge electrode construction. 4096 colors can be obtained by each of the three (R, G, B) colors at a 16 gray level. This panel can be operated by a driving system for conventional Ne-Ar mixed gas type PDP. Luminance of 33 cd/m²(white) and efficiency of 0.025 lm/watt (white) were also achieved.

1. ま え が き

ネオンオレンジ色発光 DC 型 PDP は、表示品位の良さ、視野角の広さ、応答の速さ等の理由により、高級ラップトップパソコンのディスプレイとしての地位を確保している。我々は、10~12 インチサイズのネオンオレンジ色発光 DC 型 PDP を量産しているが、近年コンピュータソフトの進歩に伴い、カラー化の要望が強まって来た。

この要望に応えるため筆者らは、構造が簡単で技術

蓄積度の高い高精細度 PDP 技術(パネル印刷、駆動回路)を基礎にして、17 インチマルチカラー PDP パネルの試作評価を行った。

今回行った検討の主な点は次の諸点である。

- (1) ロールコート法による表面板への蛍光体塗布
- (2) 厚膜印刷による高密度ピッチ隔壁の構築
- (3) カラー用 3 元素混合ガス組成の適正化
- (4) カラーパネルでの第 3 電極動作およびカラー表示

ここでは、その結果について報告する。

キーワード: DC カラー PDP, 蛍光体, 混合希ガス, 線順次走査方式, 補助放電, 16 階調表示

1989 年 10 月 16 日受付, 1989 年 12 月 25 日再受付

[†] 松下電子工業株式会社 第二事業本部ディスプレイ事業部 (〒569 高槻市幸町 1-1, TEL. 0726-82-5521)

[†] Business Group II, Display Device Division, Matsushita Electronics Corp. (1-1, Saiwai-cho, Takatsuki-shi, Osaka 569, Japan)

2. パネル 構造

パネルの基本構造は DC 型のままとし、その表面板に蛍光体を塗布したものである。蛍光体の塗布方法としては、表面板に塗布する透過型と、背面板に塗布す

表 1 17 インチマルチカラー PDP のパネル仕様
Specification of 17-in. multi-color PDP.

	V	H
表示面積	259×346	(mm ²)
画素数	480×640	(×3)
画素ピッチ	0.54×0.18	(×3) (mm)
階調	16	
表示色	4096	
ガス組成	He-Kr-Xe	
封入ガス圧	400 Torr	
蛍光体	赤 Y ₂ O ₃ : Eu 緑 Nn ₂ SiO ₄ : Mn 青 BaMg ₂ Al ₁₆ O ₂₇ : Eu ⁽¹²⁾

(a) 断面構造 (単位 mm)

(b) 表面板の構造 (単位 mm)

図 1 17 インチマルチカラーパネルの構造

Structure of 17-in. multi-color PDP.

(a) Cross section of one cell, (b) Detail of front panel.

る反射型の 2 つの方法が可能である。透過型は塗布した蛍光体で発光が吸収される。これに対し、発光をそのまま見る反射型の方が当然発光効率が高い。

しかし、背面板への蛍光体塗布は、蛍光体塗布面積、カソード占有面積、視野角、凸凹面への蛍光体塗布の技術的困難さ等の問題が多いので、今回は塗布が比較的容易な透過型とした。

表示サイズは、主に発光強度と厚膜印刷精度の面から決定された。

10 インチサイズマルチカラーパネル¹⁾の白色換算発光強度がほぼ 30 cd/m²であり、これが実用最低限度の明るさと考えた。

また、ドットサイズについては、10 インチパネル、17 インチパネルともほぼ同一サイズ(面積)にすることを前提として設計した。

17 インチパネルでは R, G, B トリオの 1 画像を正方形とするため、ドット形状を縦長の構造にする必要がある。このため横方向のドットピッチが狭くなり、隔壁幅が 10 インチパネルと同じなら相対的に 17 インチパネルは放電空間および蛍光体塗布面積が縮小する。この対策として、隔壁幅を狭くすることで、放電空間および蛍光体塗布面積の縮小をおさえ、発光強度が低下することを防いだ。

基本構造を図 1(a), (b) に、諸元を表 1 に示す。

3. 表 面 板

表面板は、表面マスク付き陽極板に R, G, B 3 色の蛍光体を塗り分け、パターン形成したものである。蛍光体は既存の紫外線励起のものを使用している。

蛍光体の塗布方法には、ロールコート法²⁾、ブレードコート法³⁾、厚膜印刷法⁴⁾などがある。前記 2 方法が、蛍光体の全面塗布、パターンニング(露光、現像)、

図 2 スラリー液中の蛍光体重量比と発光強度の関係
(蛍光体: Zn₂SiO₄: Mn)

Relation between luminance and weight ratio of phosphor in slurry. (Phosphor: Zn₂SiO₄: Mn)

焼成工程を必要とするのに対し、厚膜印刷法は印刷・焼成工程のみで蛍光体膜を形成することができ、合理的な方法と考えられるが精度の点で問題が多く、現有技術では採用困難と考え、ロールコート法を採用した。

感光性蛍光体スラリー液は、取扱いの容易な水溶液とし、これに光硬化樹脂、消泡剤、感光剤を加えたものである。

蛍光体塗布膜では、発光強度は塗布厚に依存し、塗布厚はローラ溝の形状とスラリー中の蛍光体量により規制される。発光強度と蛍光体量の関係を図2に示す。発光強度の測定は実際に蛍光体を塗布したパネルを作成し、放電点灯させて行い、表示面9点の平均値をとった。

スラリーに加える光硬化樹脂は、塗布面に気泡を作り易いので塗布性改善のために消泡剤を添加して発泡を抑えている。しかし消泡剤は発光特性を損なうので添加量は必要最小限とした。

同様に感光剤についても、発光強度低下の原因となるので添加量は、現像の作業性を考えて決定した。

表示面のコントラストを向上させるには、蛍光体ドットの周辺を黒化すると効果的である。またこの方法は、ドット成形時の露光光線の散乱によるドット外形のボケを防止し、所定寸度のドットを精度良く加工するためにも役立つ。当初、格子状黒化マスク(セルフアライメントマスク)を使用¹⁵⁾していたが、工程中で陽極ITOラインの断線が発生したため中止した。断線の原因が陽極ITOラインとセルフアライメントマスクの膨張係数の差によるものと考えられたので、マスク形状を格子状からストライプ状に改め、陽極ITOラインがマスクの上を横切らない設計とし、この問題を解決した。このため加工条件を以前より厳密にコントロールする必要が生じた。

4. 背 面 板

背面板は、背面ガラス上に、第3電極、誘電体層、Ni陰極、隔壁を形成したものである。

まえに述べたように、今までと同じ幅の隔壁を形成すると、放電空間が狭くなり輝度が落ちる。これを防ぐには、隔壁の幅の縮小が必要であり、印刷ペースト、スクリーンマスク、印刷条件等の改善を行い、既存品の60%にまで縮小した。

印刷ペーストは、印刷後隔壁の型崩れ防止のため印刷時は粘度を低くし、印刷直後に粘度を上げるように動粘性を調整した。

印刷解像度の向上に対しては、印刷スクリーンの高

メッシュ化で対応し、結果として起こるオープニングの減少に対しては、メッシュの線径を細くして対応した。

またスキージ速度を低下させて、印刷面の乱れを防ぐことにより印刷精度の向上を図った。

5. 封 入 ガ ス

カラーPDP用ガスとしては、He-Xe(Xe微量)混合ガスがよく知られている¹⁷⁾。このガスをそのまま試作パネルに試みたが、動作電圧が高く、駆動用ICの耐圧に問題があり、利用困難との結論に至った。このため試作パネルに対しては、別の適当なガスを見つけないが必要になり、検討を行った。実験には、試作および評価が容易な10インチマルチカラーパネル(画素数400×(213×3)、画素ピッチ0.36mm×(0.30mm×3))を使用した。

まずペニング効果と紫外線放出の効率の点から、He-Xe, He-Kr, Ne-Ar, Ar-Xe, Kr-Xeの各2元系ガスで、各系列ごとにガス組成、ガス圧を変化させたパネルを試作し、放電特性、発光特性の評価を行った。

その結果、 $\text{He}_{100-x}\text{Xe}_x$ 系の $x=0.5\sim 3.0$ 、および $\text{He}_{100-y}\text{Kr}_y$ 系の $y=3\sim 15$ が、ガス圧300~500 Torrにおいて優れた特性を示すことが明らかになった。

つづいて上記He-Xe系、He-Kr系を混合させたHe-Kr-Xe 3元ガス系の実験の結果、2元系のそれぞれよりも良好な特性を示すことがわかった。さらに、 $\text{He}_{100-x-y}\text{Kr}_y\text{Xe}_x$ 3元混合ガス系で $x=2, y=5$ の組成が最適であることが判明した。

図3(a), (b), (c)に $\text{He}_{98}\text{Xe}_2$ および $\text{He}_{95}\text{Kr}_5$ 2元系混合ガスと $\text{He}_{93}\text{Kr}_5\text{Xe}_2$ 3元混合ガスの放電電流と放電維持電圧、発光強度(スポット輝度)および発光効率の関係を示す。また、各ガスの放電開始電圧は $\text{He}_{98}\text{Xe}_2$, $\text{He}_{95}\text{Kr}_5$, $\text{He}_{93}\text{Kr}_5\text{Xe}_2$ で、それぞれ201V, 206V, 200Vであった。いずれも $\text{He}_{93}\text{Kr}_5\text{Xe}_2$ 混合ガスが優れていることを示している。なお、ここに示した結果は緑色の蛍光体 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$ で得られたものであるが、赤色の $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 、青色の $\text{BaMg}_2\text{Al}_6\text{O}_{27}:\text{Eu}$ においても、ほぼ同様の傾向が得られている。3元混合ガスが2元混合ガスよりも優れているという実験事実についての理論的な説明はまだできていないが、次のように推定している。

2元系ガスの場合、Heガスは単独では放電特性が

* 本報では、混合ガスの下付添字は各ガスの混合組成比を示す。例えば、 $\text{He}_{98}\text{Xe}_2$ はHe-Xe混合ガスの2%Xeのものをいう。

優れており、これを母体ガスとして、励起しやすい Kr, Xe ガスを微量加えることで、紫外線放電特性に優れた He-Kr, He-Xe 2 元混合ガスとなった。

一方、3 元ガスの場合、He-Ke 混合ガスを母体ガ

スにして Xe ガスが励起ガスとして働き、同時に He-Xe 混合ガスを母体ガスとして Kr ガスが励起ガスとして働くと考えられる。このように He-Kr-Xe 3 元ガスではそれぞれの 2 元ガスの効果が相乗して働いていると考えられ、単独の 2 元ガスよりも優れた特性を示すのであろう。

したがって、He-Kr-Xe 3 元混合ガス以外にも、さらに放電特性の優れた混合ガスの存在の可能性は残るといえる⁸⁾⁹⁾。今後さらにガスの探索を続ける必要があり、理論的解明も必要である。

6. 特 性

試作した 17 インチマルチカラー PDP の代表特性を表 2 に示す。また、図 4 には CIE 色座標を示す。

(a) 放電維持電圧特性

(b) 発光強度特性

(c) 発光効率特性

図 3 各種封入ガスの放電特性(実験は 10 インチマルチカラーパネルで実施)

Discharge characteristics of various filled gas. (10 in. green mono-color panels have been used for experiments)

(a) Discharge maintaining voltage, (b) Luminance, (c) Efficiency.

表 2 マルチカラー PDP の特性
Characteristics of multi-color PDP.

		17 インチ マルチカラー-PDP
V_m (V)		243
i_D (mA)		0.49
輝度 (cd/m^2)	R	17
	G	73
	B	9
	(W)	(33)
発光効率 (白色) (lm/W)		0.025
パネル消費電力 (W)		111
コントラスト比		>350 : 1

図 4 マルチカラー PDP 発光色の CIE 色座標
CIE color coordinate of multi-color PDP.

表中で V_m は放電維持電圧であり、 i_d は各ドットのピーク放電電流を示している。放電維持電圧は 10 インチマルチカラー PDP¹⁾ の 220 V に比べ約 20 V 上昇しており、放電電流 i_d も 0.32 mA から 0.49 mA に増加しているが、駆動用 IC は同じ設計のものを使って問題なく動作している。

輝度は R、G、B それぞれを単独で点灯させて測定している。輝度、コントラスト比については 10 インチパネルと比べて大きな差は認められない。パネル消費電力は、放電維持電圧と R、G、B 全ドットを実際に点灯して測定した電流値から得ている。

発光効率は次式から計算で求めた。

$$\eta = \pi L S / \{ V_m i_d (1/D_u) \}$$

ただし、

$L = 33 \text{ cd/m}^2$: 輝度

$S = 0.12 \times 0.46 \text{ mm}^2$: 発光部面積

$1/D_u = 1/525$: 点灯デューティ

色再現性については、CIE 色座標に示したように、NTSC カラー CRT と比べて遜色ないレベルにあるといえる。

グロー放電を直接見るネオンオレンジ発光 PDP と異なり、紫外線放射によって蛍光体を発光させるカラー PDP では紫外線放射が広い範囲に及ぶ。そのため、紫外線を遮る工夫をしない限り、色のクロストークや表示のシャープさに欠けるという特有の問題が残

図 5 1 ドットを放電発光させたときの発光強度分布 (縦方向)

Luminance distribution from one discharged cell. (column direction)

る。図 5 は試作パネルの 1 ドットのみを放電点灯させたときの蛍光面上での発光強度分布である。縦方向に隣接するドットの 15~20% が余分に点灯していることを示している。試作パネルでは R、G、B 3 原色をストライプ状に構成し、各 3 原色の間に隔壁があるため、横方向の混色はない。

7. 駆 動 法

高精細度で高コントラスト表示を実現するために、第 3 電極を利用した補助放電方式¹⁰⁾¹¹⁾を採用した。図 6 のタイミングチャートに補助放電の手順を示す。以下にその概略を述べる。

1 フレーム期間 (525 H : 1 H は 1 水平期間) 中のブランキング期間 (45 H) 内を利用して陽極 (A) と第 3 電極 (T) の間に約 400 V_{P-P} のトリガパルスが印加される。このトリガパルスにより、誘電体層 (D) の表面には正の壁電荷が、パルス全面で誘起される。(第 1 段階)

次いで陰極 $K_1 \sim K_{480}$ には順次陰極パルスが印加されるが、このとき誘電体面上の壁電荷と陰極間では非常に微弱な放電が線順次に走査され、これが補助放電となる。(第 2 段階)

パネルの浮遊容量を利用する従来の種火放電方式に比べて、第 3 電極を利用した補助放電方式では、350 : 1 という高いコントラスト比が得られるだけでなく、パネル構造の面からも特別な補助放電セルを必要としないために、簡単な構造であり、既存のパネル印刷技術がそのまま利用できる。

図 7 に駆動回路のブロック図を示す。原理的には、カラー PDP についても、従来のネオンオレンジ色発光高精細度 PDP と同様のリフレッシュ走査方式を採

図 6 第 3 電極による補助放電のタイミングチャート
Timing chart for priming discharge.

図 7 17 インチマルチカラー PDP 動作回路ブロック図
Block diagram of 17-in. multi-color PDP.

図 8 16 階調特性
Gray level characteristics.

写真 1 17 インチマルチカラー PDP 表示例
Graphic image of 17-in. multi-color PDP.

用している。陽極側には、4 ビットデータ信号が加えられ、パルス幅変調方式により、各ドットごとに 16 階調表示が可能である。したがって、R, G, B 3 原色で $16^3=4096$ 色の表示が可能である。図 8 に緑色発光についての階調表示特性を示す。赤色、青色についても同様の特性が得られている。

インタフェース基板の構成は、カラーデータ処理用に 3 個のデータ処理 IC が使われ、さらに第 3 電極駆動用のドライバが追加されるなど、集積化が図られている。そのため 17 インチマルチカラー PDP の表示ユニットは、陽極および陰極駆動回路、インタフェース基板を含めても厚さ 23 mm であり、非常に薄型コンパクトな構成になっている。写真 1 に 17 インチマルチカラー PDP の表示例を示す。

8. む す び

大型ワークステーション端末ディスプレイを目指し、DC 型 17 インチ高精細度マルチカラー PDP を試作評価した。その結果、

- (1) ロールコート、フォトリソグラフィによる、蛍光体ドット形成プロセスを確立した。
- (2) 厚膜印刷により、放電特性を損なうことなく、高密度ピッチ (5.6 本/mm) の、隔壁構築技術を確立した。
- (3) 3 元系のガスの検討の結果、2 元系ガスより動作特性、発光特性共に良好なガスを得た。

(4) 第3電極駆動により高コントラスト化が可能となり、4096色の表示が可能となった。

上記の結果から、大型ワークステーション用表示デバイスとしての可能性があると考えられる。

しかし実用化のためには、輝度、効率、寿命等、多くの問題の解決が必要であり、今後さらに検討を進める予定である。

最後に、当研究に当りパネル作製、回路システムの検討のため、社内外で協力いただいた各位に感謝する。

〔参 考 文 献〕

- 1) R. Kohara, K. Inaguma, Y. Fujieda, B. Uchida: "High-Resolution DC Color Plasma Display Panels", SID '89 Digest, pp. 355-357 (1989)
- 2) 横沢, 関, 栗山, 加藤, 中川, 瀬賀, 金子: "8型平面構成パルスメモリカラーパネルの試作と大型化への問題点", テレビ学技報, ED992, IPD113-7, pp. 37-42 (Nov. 1986)
- 3) 加藤, 高島, 村上, 三宅, 工藤, 島田, 有原: "20型放電表示パネルへの蛍光体塗布技術の開発", テレビ学技報, ED 87-67, ID 87-91, pp. 49-54 (Nov. 1987)
- 4) 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, ED 415, IPD 37-18, pp. 45-50 (Nov. 1978)
- 5) 小原, 藤枝, 稲熊, 内田: "高精細度DC型プラズマディスプレイのカラー化", 信学技報, 88, 429, EID 88-75, pp. 7-10 (Feb. 1989)
- 6) 岸本, 仁科, 日野谷: "壁電荷シミュレーションとカラー化の検討", 放電研究, No. 50, pp. 26-35 (1972)
- 7) 坂井, 小池, 小島: "気体放電表示装置に用いる気体と蛍光体の組合せ実験", テレビ全大予, pp. 317-318 (1973)
- 8) R. Cola: "Color Techniques Utilized in Gas Discharge Display Panels", Digest of 1973 IEDM, pp. 201-203 (1973)
- 9) 政時, 小沢, 塩野谷, 有沢, 高田: "カラー放電型フラットディスプレイパネルの特性改善", 昭和52年電学東京支部大予, pp. 17-20 (1977)
- 10) 厚見, 岡本, 稲熊, 坪: "気体放電型表示装置", 特許公報(B2), 昭62-12623, pp. 121-127 (1987)
〔出願 1979年5月8日, 公開 1980年11月18日, 特開昭55-148348〕
- 11) Y. Amano, K. Yoshida, T. Shionoya: "A High Resolution DC Plasma Display Panel", SID '82 Digest, pp. 160-161 (1982)
- 12) J. M. P. J. Verstegen: "A Survey of a Group of Phosphors, Based on Hexagonal Aluminate and Gallate Host Lattices", J. Electrochem. Soc.: Solid-State Science and Technology, 121, pp. 1623-1627 (Dec., 1974)

に お あ き お
丹羽 彰夫 昭和63年, 広島大学大学院工学研究科材料工学専攻博士過程前期修了。同年, 松下電器産業(株)に入社。現在, 松下電子工業(株)にて, DCプラズマディスプレイの回路開発に従事。

あ つ み た み す け
厚見 民典 昭和41年, 神戸高校卒業。49年, 松下電子工業(株)に入社。電子研究所で, カラーPDPの基礎研究, 試作を行う。56年から, ディスプレイデバイス(事業部)で, 高精細度PDPのパネル開発, 製品化を担当。

い な が ま く に お
稲熊 邦夫 昭和45年, 名古屋大学大学院工学研究科応用物理学専攻修士課程修了。同年, 松下電器産業(株)に入社。松下電子工業(株)配属。半導体素子プロセス開発, 表面分析技術開発, センサ開発, ガス放電表示素子開発に従事。

お か も と た き お
岡本太喜男 昭和42年, 大津高等学校普通科卒業。43年, 松下電子工業(株)に入社。49年より, PDPの研究開発に従事し, 現在に至る。

の む ら こう い ち
野村 浩一 昭和31年, 高知工業高等学校化学科卒業。同年, 松下電器産業(株)に入社。松下電子工業に出向。光導電材料, 光導電膜の開発に従事。現在, プラズマディスプレイの開発を担当。

お く む ら ひ ろ ふ み
奥村 博己 昭和35年, 京都市立洛陽高校電気科卒業。同年, 松下電器産業(株)に入社。松下電子工業出向。カラーテレビ, 単管式ビデオカメラのシステム開発, CCD撮像素子駆動回路の開発に従事。現在, プラズマディスプレイのシステム開発, 製品開発を担当。正会員。

大画面フラット CRT の提案とその基礎実験

坂本康正, 高橋 淳, 伊関幸輝, 宮崎栄一

線状熱カソードを用いた, 新しい構造の平面 CRT を提案する. この方式により, 対角 30~50 インチの, 大画面薄型フルカラー CRT を実現することが可能となるであろう.

本研究の一つの目標は, 画面サイズが対角 34 インチの大きさで, 奥行きが 30 [mm]~60 [mm], 画素数が 700×500 で, 重量は 10 [kg] 程度のものである. この方式は構造が簡単であり, 軽量で, 製造コストも低くすることができる.

大画面化の前段階として, 小型の実験装置を用い, デマウントブル真空装置内でモノクロ画像表示実験を行った. 表示画像の画面サイズは 20 [mm]×20 [mm], 画素数は 110×26, 輝度は 46 [ft-L] であった.

テレビジョン学会誌 Vol. 44, No. 5, pp. 558~562

40 インチ高精細フラット CRT の検討

野々村欽造, 橋口淳平, 山崎文男, 濱田 潔, 中谷俊文
辻原 進, 片岡暉雄, 富井 薫, 河内義和

高品位テレビへの応用を目的として, 大型フラット CRT の開発を行っている. その要素技術として, ① パネル容器を軽量化する針状支柱構造, ② 偏向感度を向上させ, ビーム歪みのない多段型水平偏向電極, ③ 電子源のエミッション特性を均一化するビーム電流フィードバック法, ④ ビームランディングと変調信号の位相ずれをなくするランディング制御法, ⑤ セクション間の色の差を低減する走査法を検討し, 40"パネルの約 1/8 のスクリーンサイズを持つ実験パネルを試作し, 容器軽量化と画質均一性の実現の可能性を示した.

テレビジョン学会誌 Vol. 44, No. 5, pp. 563~570

17 インチ DC 型高精細度カラープラズマディスプレイ

丹羽彰夫, 厚見民典, 稲熊邦夫, 岡本太喜男, 野村浩一, 奥村博己

大型ワークステーション端末ディスプレイとしてのプラズマディスプレイパネル (以下 PDP と略す) の可能性を検討するため, DC 型 17 インチ高精細度マルチカラー PDP [画素数 480×(640×3), 画素ピッチ 0.54 mm×(0.18 mm×3)] を試作評価した.

試作に先立ち, ロールコート法による蛍光体塗布工程の確立とカラー PDP 用封入ガスの検討を行った. 駆動面では, 補助放電に第 3 電極を採用しコントラスト比の向上を図るとともに R, G, B 各色を 16 階調表示することにより 4096 の発光色を得た.

試作したパネルは, 現用のネオンアルゴンパネルの駆動系がそのまま使用可能であり, 輝度, 効率 はそれぞれ 33 cd/m²(白), 0.0251 m/w(白)である.

テレビジョン学会誌 Vol. 44, No. 5, pp. 571~577