平面型ディスプレイ用平面状電子源

正会員 青 山 満[†], 正会員 畑 中 義 式[†]

あらまし 平面型ディスプレイ用電子源として均一性の良い平面状の電子流を得る目的でカソードを含む電極構成について研究を行った。少ない本数の繊維カソードで、できるだけ均一性の良い平面状電子流の得られる電極形状について、2つの構成例について実験を行った。ひとつは繊維カソードを突起電極頂上に配し、強い発散電界中に浸したものと、他のひとつは繊維カソードを円筒メッシュ電極中に配して発散電界で引き出すようにしたものである。各電極等の最適調整の条件において、均一性の良い平面状電子流を得ることができたが、後者の方がより均一性と電流密度の大ききの点で良い値が得られた。これらの平面電子源を用いて10×10マトリックス電極を用いた表示の実験を行った結果、この平面状電子源は、大画面用の平面型ディスプレイへの適用が可能であることを示した。

1. ま え が き

多種多様の情報伝達の機器の中で、ディスプレイの役割は大きく、また改善の必要度の高いもののひとつである。大画面ディスプレイは平面化、高画素数化、高輝度化をめぐる種々の新しいものが開発されてきているが、要求される条件が厳しく、現在なお新しい発想に基づく開発が求められる。ことに動画像で高精細な画像を目的とするものでは、発光効率、画質において、蛍光体に高速電子ビームを当てて発光させるカソードルミネッセンスが優れた実績を積んできている。

しかしながらCRTは構造上、平面型には難しく、数多くの工夫を凝らしたものが開発されてきた。偏向系を工夫し扁平型のブラウン管としたもの¹⁾²⁾、ビームガイド電極によって電子銃部を折りたたんで平面型としたもの³⁾、また最近ではマルチビームによって分割画面として平面化したもの(MDS)⁴⁾、など平面化のための特別な構造が用いられているが、これらは構造の複雑さのために大画面化は極めて困難である。

一方、文字表示等で発展した蛍光表示管と同じ構成方法により、分割アノードを用いて発光画素の選択表示を行うものがある(FLVFD)⁵⁾。これは構造の簡素

化等の多くの利点を有しているが、低電圧での発光効率の良い赤・青蛍光体の開発、フルカラー化における混色の問題点等、未解決の問題がある。

高速電子のカソードルミネッセンスを利用するもので、平面状の電子源を用いてマトリックス電極により画素選択を行う平面型ディスプレイが作られたが、これは繊維カソードを多数並べたもので、18 kVの高速電子によって150 cd/m²の輝度が得られている⁶⁾。この方法は繊維カソードの数が多くなり、フィラメントの消費電力が大きい等の問題があるが、構造は単純であり大画面化等の構造においても良い方向性を与えるものと考えられる。もし、平面状の電子源で電力効率の良い良質のものが得られれば、その利点は倍加するものとなる。我々はこの観点から、できるだけ少ない本数の繊維フィラメントで平面状の電子源を得るための電極形状の構成方法について、基礎的な研究を行った⁷⁾。

この研究は、線状の電子源からの電子流をできるだけ拡散させ、面状の電子源とするための電極構成法に関するものであり、電極形状について2つの構成例の実験を行った。ひとつは、繊維カソードを突起電極頂上近傍に配し、強い発散電界中に浸したもの(タイプI)と、他のひとつは、繊維カソードを円筒メッシュ電極中に配して放射状に電子を引き出すようにしたもの(タイプII)について実行した結果を述べる。

[†] 静岡大学 電子工学研究所

“A Planer Electron Source for Application to Flat Panel Display”
by Mitsuru Aoyama and Yoshinori Hatanaka (Reserch Institute of
Electronics, Shizuoka University, Hamamatsu)

2. 突起電極を有する平面カソード(タイプ I)

2.1 電極構成と電位分布

繊維条カソードをアノードへ向かう平行電界中に配した場合には、放射電子の拡散が小さくなり、繊維条のイメージがアノードに見られる。カソードからの電子の拡散が大きくなるように図1に示すように、突起電極の頂上に繊維条カソードを配したものの特性の検討を行った。電極の寸法は後述のマトリックス電極(10×10)に見合うものとし、対称性等から3本の繊維条カソードで満足できるものとした。カソード・アノード間隔は大きいほど電子の拡散性は良くなるが、平面性に乏しくなる。本実験での寸法は暫定的なものであるが、次のようなものとした。電子流放出用の30 $\mu\text{m}\phi$ 程度の繊維条カソード(K)は、酸化物陰極材料を塗布した長さ約70 mmのタングステン線である。カソード裏面0.5 mmのところに設けた突起状電極(R_1)は、厚さ0.15 mmのステンレスの板を折り曲げたもので、高さおよび長さは2.5 mm、60 mmである。また背面電極(R_2)は、ガラスエポキシの基板上にアルミニウムを真空蒸着したものである。なお、繊維条カソードと突起状の背面電極とは平行な位置関係にあり、図1の紙面に対して垂直である。さらに、繊維条カソードは24 mmの等間隔で平行に3本設置している。カソードの上5 mmのところにはカソードから出た電子流を選択するためのマトリックス電極群を設けている。陽極は透明電極を付けたガラス面板の上に蛍光体を付けたものである。このような電極構成により、カソードから出た電子流はできるだけ広がりのある電子流としてマトリックス電極を通過し、蛍光面に当たる。

平面状の電子流をアクセスするためのマトリックス電極は、図2に示すようにカソードからの電子流が入る入口側を下側電極群(G_1)、アノード側の電極を上側電極群(G_2)により構成した。マトリックス電極の

図1 マトリックス電極を備えたタイプIの電極構成
Electrode construction of Type I provided with matrix electrode.

支持体としては5 mm ピッチで3 mm の正方形の穴が開けられた0.7 mm 厚の結晶化ガラスセラミックスの板である。マトリックス電極は、写真製版法により加工した厚さ50 μm の短冊状の銅箔を上下の電極が直交するように支持体にはり合わせたものである。なお支持体には開けられている格子状の穴と対応する銅箔の部分には、メッシュ状に0.5 mm の正方形の穴が開けられ、マトリックス電極に電圧を印加することで、カソードからの電子流を通過あるいは遮断するようになっている。

図3に集束または発散状電界の電位分布の様子を示す。1本の繊維条カソード裏面に突起部と分離した平坦な部分からなる突起状電極(R_1)、背面電極(R_2)を設け、突起電極を挟む両側の(R_2)電極に正あるいは負の電圧を印加することで、集束および発散電界の電位分布が形成される。

なお実験の都合上、電極のセットはデマウントブルのもので、真空排気装置で排気しながら動作実験を行

図2 マトリックス電極の構成
A construction of matrix electrode.

図3 背面電極による集束および発散状電界の概念図
A concept of focusing and divergent field by back electrode.

図 4 電子流の拡散特性の背面電極電圧依存性
Dependence of divergent characteristics of electron flow on the back electrode voltage.
(a) Projected crease shaped electrode voltage V_{R1} and a back electrode voltage V_{R2} are same voltage, (b) V_{R1} and V_{R2} are different.

った。

2.2 電子流の拡散特性

図 4 には螢光面上への拡散電子流の流入特性について、背面電極電圧依存性として表したものを示す。測定値は織条カソードと直交する方向への広がり幅（螢光面発光幅）を示している。この場合の実験は、マトリックス電極の位置に相当するところに 100 メッシュ/インチのステンレスの電極を設けて測定したものである。電子流の拡散は背面電極の R_2 電圧の増加とともに大きくなり、しかも R_2 電圧に依存して発光の広がり方がほぼ比例的関係を示している。ことに R_2 電極に正の電圧を印加したときは、円弧状の等電位線の頂点にカソードが位置することとなり、発散状の電位分布が形成される。 V_{R1} が正のとき、カソード近傍の電界が強くなって電子の発散が増加するものと思われる。この場合、1 本のカソードに注目して実験を行ったが、それぞれのカソードからの電子流の広がり方がほぼ同じ傾向であった。3 本同時に通電して発光させたとき、 V_{R2} が 15 V 以上において平坦化された発光分布になることが確かめられ、均一性の良い平面状の電子流が得られていることが確認された。この電子源とマトリックス電極とを組み合わせる基本的な動作実験を行ったので、その結果を以下に示す。

2.3 マトリックス電極による電子流の制御

電子流を通過あるいは遮断するマトリックス電極への電圧の印加方法において、マトリックス-入口側の電極 (G_1) に加える電圧を 0 V にしたとき電子流を遮断することができるが、出口側は螢光面アノードの高圧電界の影響を受け、負の数 10 V 程度を必要とした。これはマトリックス電極に入射する電子流の入射

図 5 陽極電流に対するマトリックス電極電圧 (V_{G1} , V_{G2}) の背面電極電圧 (V_{R2}) 相互依存特性
(a) は I_A 一定時の V_{G1} と V_{R2} の相互依存性、
(b) は V_{G2} の V_{R2} 依存性。

Mutual dependence of anode current matrix electrode voltage V_{G1} , V_{G2} and back electrode voltage V_{R2} .

(a) Mutual dependence between matrix-inside electrode voltage V_{G1} and back electrode voltage V_{R2} for constant anode current I_A , (b) Dependence of cut off voltage of anode current V_{G2} on back electrode voltage V_{R2} .

角と深い関係があり、遮断状態となる出口側電極 (G_2) 電圧と背面電極 (R_2) 電圧の関係を図 5 に示す。この図は入口側電極に一定のエミッション電流が流れ込むように R_2 電圧の変化に対してマトリックス入口側電極 (G_1) の電圧を変化させ、その両者の電圧をプロットし、さらに出口側電極 (G_2) の電子流遮断電圧を求めたものである。背面電極 (R_2) 電圧が 0 V からしだいに大きくなるに従いエミッション電流は多くなり、 G_1 電圧を低く抑えて同じ電流量となり図中 (a) となる。したがって、この条件では R_2 電圧の増加にともない電子流の横方向への拡散は強く助長されることとなる。 G_2 のカットオフ電圧は浅くなり、また比例的関係をも示している。背面電圧が高いとき、カットオフ電圧が浅いのは、電子流の横方向への広がりが大きくなり、電子がマトリックス電極を通過するのに斜め成分のものが多くなるので、電子流を遮断しやすくなるものと思われる。マトリックス電極の G_2 の駆動電圧を小さくするためには、マトリックス電極の出口側電極のメッシュの穴を微細化することにより、陽極電圧による電界の影響を低くおさえることができる。電子流がマトリックス電極によって選択され、表示が行われるとき、マトリックス電極の通過特性が問題になる。

図 6 は螢光面陽極電流のマトリックス-出口側電極

(G_2) 電圧依存性を示し、入口側電極 (G_1) 電圧と背面電極 (R_2) 電圧をパラメータにしてプロットしたものである。 R_2 と G_1 とが同電位で 20 V のものでは、 G_2 電圧の増大にともない陽極電流が増大する。これは、 G_1 電極を通過した電子がマトリックス電極間にとどまるものが多く、 G_2 電圧の増加とともに通過することのできる成分が多くなることによるものと思われる。これに対して R_2 電圧が高い場合には G_1 電極を通過した電子流は容易に G_2 電極を通過して陽極に到達するので、 G_2 電極の電圧が 30 V 以上では飽和特性になっており、平面状電子源としては良好な条件となっているものと考えられる。なお G_1 を 39 V としたものは、 G_1 通過後 2 次電子を発生させ、これが G_2 を通過することによる電流の増加に加わっているとみられる。

図 6 陽極電流 (I_A) のマトリックス-出口側電極電圧 (V_{G2}) 依存性

Anode electrode current I_A dependence of matrix-outside electrode voltage V_{G2} .

図 7 蛍光面上での発光輝度分布
Distribution of luminescence on the fluorescent screen.

図 7 は 1 本の織条カソードに注目して背面電極に加える電圧を変化させ、蛍光面の発光輝度を輝度計にて測定し、発光輝度分布を規格化して電子流の拡散の様子を表したものである。背面電極電圧が低い場合には強い山形の分布を示すが、背面電極電圧を数 10 V と高くなるに従い、輝度分布は山形の裾野がゆるやかなものになる。またカソードの長手方向の輝度分布も均一なものになった。これらのことより、輝度分布の差は背面電極電圧の適正化と織条カソードの間隔の最適化により、改善されるものと思われる。

3. 円筒状メッシュ電極を持つ平面カソード (タイプ II)

3.1 電極構成およびエミッション電流特性

これまでカソード近傍の電極形状の工夫により、均一性の良い平面状の電子流が得られ、マトリックス電極による駆動表示が可能であることを示した。しかしながら、マトリックス電極への入射電子の傾斜成分が多く、またカソード近傍の電位が低く、エミッション電流を多く取り出すことが困難なこと、および突起電極とカソード間隔を均一に保つことの困難性がある。図 8 に示すように、円筒状のメッシュ電極を設けた構造を提案し、測定を行った。電極構成はほぼタイプ I の構成と同じであるが、カソードの下にあった突起状電極の代りに、100 メッシュ/インチのステンレスの電極をカソードを中心軸にして同筒状に配置してある。この電極に正の電圧を印加することで、カソード表面のエミッション電流の放出を高めることにした。

図 9 は円筒メッシュ電極電圧 V_M とメッシュ電極電流 I_M を、また図 10 は V_M と陽極電流 I_A の関係を求めたものである。メッシュ電極に正の電圧を印加することでカソードからのエミッション電流の放出が良

図 8 円筒状メッシュ電極(M)を含めたタイプIIの電極構成

Electrode construction of Type II with cylindrical mesh electrode M.

図 9 メッシュ電極電流 (I_M)-電圧 (V_M) 特性
Current I_M -voltage V_M characteristic of mesh electrode.

図 10 陽極電流 (I_A) のメッシュ電極電圧 (V_M) 依存性
Anode electrode current I_A dependence on mesh electrode voltage V_M .

図 11 陽極電流 (I_A) の背面電極電圧 (V_{R2}) 依存性
Anode current I_A dependence on back electrode voltage V_{R2} .

図 12 背面電極電流 (I_{R2}) 対電圧 (V_{R2}) の特性
Characteristic of back electrode current I_{R2} and voltage V_{R2} .

く、電圧の増加とともにエミッション電流は増加し、空間電荷制限電流となっていることを示している。

3.2 電子流の拡散特性

メッシュ電極電圧 V_M はエミッション電流のみならず、背面電極電圧 V_{R2} との相互の関係により、電子流の拡散特性に強い影響を与える。

図 11 はメッシュ電極電圧 V_M をパラメータにとり、 V_{R2} と陽極電流 I_A の関係を、図 12 は背面電極電流 I_{R2} と V_{R2} の関係を求めたものである。図 11 において、背面電極に加える電圧を 0 V からしだいに大きくしていくと、いずれの場合も 10 V 程度まではメッシュ電極を通過した電子流を拡散させ、より平面状の電子流となってマトリックス電極、さらには陽極にも達する傾向となっている。しかし、 V_{R2} が 13 V 以上

の領域では電子は背面電極に吸収される成分が多くなり、陽極への到達量が減少している。また、 V_M の増加により I_A が増加するのは、カソードからのエミッション電流が増えるとともに、 V_M によって電子がより加速されるので、高い V_{R2} で背面電極に引き寄せられることなく、陽極に向かうためである。これらのことは、図 12 に示すように低い V_{R2} において背面電極に流入する電子流が少ないのに対し、 V_M より V_{R2} が高くなると急激に増えることと、図 11 において I_A の減少とが対応しているものと思われる。

図 13 はマトリックス-入口側電極 (G_1)、出口側電極 (G_2) 電流の背面電極電圧 V_{R2} 依存性を示したものである。背面電極電圧が 0 V から 10 V 程度までは G_1 , G_2 電極電流は増加の傾向にあり、高い電圧になる

図 13 マトリクス電極電流 (I_{G1} , I_{G2}) の背面電極電圧 (V_{R2}) 依存性 (実線は I_{G1} , 点線は I_{G2} を示す)

Dependence of matrix electrode current I_{G1} , I_{G2} on back electrode voltage V_{R2} . (Solid lines show I_{G1} , and dotted lines, I_{G2})

図 14 発光輝度分布 (タイプII)

Distribution of luminescence on the fluorescent screen (Type II).

と背面電極に吸収される電子流が多くなるために下がることになるが、 G_2 電極電流は背面電極電圧の影響を受けることは少なくなっている。このことは2つの現象が重なっていると思われる。すなわち、 V_{R2} を13 V以上に増すとマトリクス電極側への電流が減少するけれども、広い範囲にわたって電子流が拡散され、 G_1 電極のみならずマトリクス電極間にも散乱され、散乱電子の割合が増加する結果、変化が少なくなっているものと思われる。 I_A は G_1 電流の変化と割合よく対応し、最適電圧は V_{R2} が V_M よりわずかに高い値となった点である。このとき最良な表示の特性を示す V_{R2} は13~15 Vで、 G_1 電流最大の V_{R2} より

(a)

(b)

(c)

(d)

写真 1 発光表示例 (タイプII)
Example of display demonstrated (Type II).

幾分高い電圧の所であった。

図14はタイプIと同じようにして求めたタイプIIの発光輝度分布を示す。測定は V_M が20Vにおいて V_{R2} の変化に対する分布を求めた。 V_M と同じ程度からより高い V_{R2} 電圧では、電子流の拡散は大きく均一性は良くなるが輝度は低くなる。タイプIIの電極構成は、適当な間隔でカソードを配置することから、得られる電子流を合成することで、均一性の良い大画面の発光輝度分布が期待できる。

以上、平面状の電子流を得るための電子源の電極系および表示デバイスの応用について実験と考察を行ってきたが、写真1は、タイプIIにおけるマトリックス電極による駆動で得られた表示例を示す。なお、おのおのの電極への電圧配分は実験中に得られた最良の値とした。写真1(a)では R_2 電極に12V、 V_{G1} に20V、 V_{G2} に40V、陽極に1.5kVの電圧を印加したときの表示例を示す。また写真1(b)、(c)、(d)はマトリックス電極への電圧のかけ方を変えて表示したものである。画面はデマウントブルのガラス容器の外部より写したものであり、容器による像の歪が加わっている。

4. む す び

均一性の良い平面状の電子流を得るために、数本の織条カソードから効率良く平面状の電子流を取り出す基礎実験を行い、平面型ディスプレイへの適用を試み、電極相互の関連性について調べた。

数少ない織条カソードでもカソードまわりの電極形状および配置の工夫と印加電圧の配分等により、発散状の電界を形成し、1本のカソードあたり7cm幅程度の面積を均一にカバーできる電子流が得られることが確認された。また基礎的ではあるが、この電子源と陽極との間にマトリックス電極を設けることで、平面

型ディスプレイへの適用を試みたところ、電子流の制御が容易に行えることが明らかになった。

最後に、当初より本実験研究上の便宜を与えられ、さらに御討論を頂いた本研究所の安藤隆男教授に心より感謝の意を表します。また、実験装置の製作にご協力頂いたガラス加工室の百瀬与志美技官に、マトリックス電極の製作にあたりご協力頂いた微細加工室の上野博真技官に合わせて感謝の意を表します。

(昭和63年3月1日受付、昭和63年6月20日最終受付)

【参 考 文 献】

- 1) 佐藤, 晶中: “CRT (小形偏平ブラウン管)”, 電子技術, **24**, 10, pp. 26-29 (1982)
- 2) 船造, 杉下, 岸本: “ビームインデックス方式3型フラットカラーテレビ”, テレビ誌, **40**, 10, pp. 1018-1023 (Oct., 1986)
- 3) T. L. Credelle, et al.: “Color Guided-Beam Flat Panel Display”, Japan Display'83, p. 26 (1983)
- 4) 野々村, 渡辺, 山本, 渋谷, 西田: “MDS (Matrix Drive Deflection System)方式によるカラーフラットパネル”, テレビ誌, **40**, 10, pp. 1024-1030 (Oct., 1986)
- 5) 森本, 渡辺, 鶴岡, 福田: “高密度グラフィック FLVFD”, テレビ学技報, IPD 82-3, **7**, 34, pp. 11-16 (Dec., 1983)
- 6) W. C. Holton, et al.: “Design, Fabrication, and Performance of a Flat Tube Display” IEDM, Tech. Dig. pp. 78-80 (Dec. 5, 1977)
- 7) 青山, 畑中: “平面状電子源の検討(II)” テレビ全大, pp. 105-106 (1987)

あおやま みつる
青山 満 昭和52年、静岡大学工業短期学部機械工学科卒業。同年、静岡大学電子工学研究所文部技官となり、現在に至る。撮像管の製作およびその電子ビーム系の電子工学的研究に従事。正会員。

はたなか よしのり
畑中 義式 昭和49年、東北大学博士課程修了。49年、静岡大学電子工学研究所助手、61年、同研究所教授となり、現在に至る。赤外線撮像デバイス、撮像管電子銃の研究、薄膜光導電面の研究に従事。工学博士。正会員。

Active-Matrix Addressed VFD Kanji Character Display

by Sashiro Uemura, Motoo Iwade, Kentaro Kiyozumi and Tadashi Nakamura

A Kanji character display was investigated with 5mm square character size.

The display's active substrate is designed by C-MOS technology to introduce the inverter structure as the driver. This structure requires a resistive-sea to prevent surface charging, however, it achieved normal phosphor lighting and relieved the transistor from severe off-current.

The pull-down voltage value was determined by deliberating the turn-off characteristic of active-matrix addressed VFD, which in turn suggested that no exclusive power supply is required.

The device is accessed only with 43-pins by incorporating S-RAM and direct-access-driving.

The C-MOS structure consumes less power and performs about 3000 cd/m² with a 25V drive. The variation degree of its brightness versus ambient temperature is half that of conventional VFDs.

A hybrid display representing Kanji character and fixed pattern was realized by die-bonding the silicon chip, in addition to fixing the phosphor pattern.

J. Inst. TV. Engrs. of Japan, Vol. 42, No. 10 (1988) 1064~1070

Ultrahigh Resolution Graphic VFD Module

by Hiroshi Watanabe and Yoshihisa Tsuruoka

The 640×400 graphic VFD module achieved ultrahigh resolution with a pixel pitch of 0.1875×0.225 mm by adopting electrostatic deflection of the single matrix system with wiregrid. The new driving system permits increased vertical resolution, a reduced number of grid driver ICs, and increased luminous characteristic dependency on the driving voltage. Elaborate drive circuit design makes possible image display in halftones by field sequential control. Multicolor display is also available with the combined liquid crystal color shutter (LCCS). Full-color capability with LCCS, and attainment of higher luminance will also receive further study because of the improvements brought by the electrostatic deflection type graphic VFD module.

J. Inst. TV. Engrs. of Japan, Vol. 42, No. 10 (1988) 1071~1076

A planer Electron Source for Application to Flat Panel Display

by Mitsuru Aoyama and Yoshinori Hatanaka

A planer electron source has been studied for application to flat panel displays. For the electron source, oxide cathode filaments were used and two types of electrodes besides the filament were investigated for diverging electron flow. One was a projected crease-shaped electrode above which the filament is placed leaving a narrow space and the other was a cylindrical mesh electrode in which the filament was centered.

Uniform planer electron flows in the two types of electrodes were shown under optimum driving conditions. A flat panel display with a fluorescent screen addressed by 10×10 matrix elements was constructed. Using this display, it was shown that these cathodes can adequately be applied to flat panel displays.

J. Inst. TV. Engrs. of Japan, Vol. 42, No. 10 (1988) 1077~1083