ブラウン管の静電的偏向拡大方法の検討

株式会社 日立製作所 宮 田 嘉 彦
茂 原 工 場

静電的電子凹レンズを偏向部とけい光面の途中におくことにより偏向拡大をすることを検討した。メッシュレンズを使うことにより偏向拡大が行なわれることが認められた。しかし同時にスポット径の拡大も行なわれ、解像度がはなはだしく低下するほか、メッシュによる明るさの低下、メッシュからの二次電子によるコントラストの低下などの欠点も多く現状のものではテレビ用ブラウン管への実用の見込みが少ない。

テレビジョン用受像機においてブラウン管の偏向電力は大きな割合をしめている。特に受像機をトランジスタ化する場合大きな問題となり、偏向電力の少なくすむブラウン管が必要となる。この偏向電力減少のための一方法として少しの角度だけ偏向し、これを拡大してけい光面に投影することが考えられる。この偏向拡大方法として静磁界を使う方法¹⁾も発表されているが、付属装置も大きくなるので静電的方法について検討した。この場合、偏向中心とけい光面の途中に静電的電子凸レンズを設置しラスタを反転投影する方法と、凹レンズを設置し電子流の偏向角を拡大する方法が考えられる。前者は電極が電子流進路の妨害となり偏向域を大きくとれないとか、また偏向中心と凸レンズの距離を大きくしないと偏向感度が悪いなどの欠点がある。ゆえに後者の場合について凹レンズの使用法、凹レンズによる偏向拡大度、および凹レンズを入れたことによる解像度の低下などにつき検討したので報告する。

静電的電子凹レンズ

従来一般に使われている電子レンズ（円筒やアパーチャの組合わせの場合）はかならず凸レンズである。しか

第1図 平板と円筒を組合わせた電極系

し第1図のように円筒 A（電位 V_b ）と平板 M（電位 V_m ）との組合わせやまたは第2図のように二つの円筒 A および B（電位 V_b ）と平板 M（電位 V_m ）の組合わせの場合は $V_m < V_b$ とすると凹レンズとなる。但し平板 M としては電子の通過で

きる金属箔とかメッシュを使用しなければならない。

以下第1図の場合を Bi-potential 形、第2図の場合を Uni-potential 形凹レンズとよぶことにする。これらの場合

第2図 平板と二つの円筒を組合わせた電極系

Gans の多角形近似法により概算したレンズ定数については付録を参照されたい。

なお平板 M をメッシュにした場合電極系全体は凹レンズであるがメッシュの孔のそれぞれについてはアパーチャレンズとして考える必要があると思われる。すなわちこの電極系は大きな凹レンズと無数の微小凸レンズを組合わせたようなものと考えられる。

実験球の構造および実験結果

実験球の概略構造を第3図に示す。ガラスバルブおよび電子銃は標準形のブラウン管 14 WP 4 のものを使用した。G₅ の端に、図に示すようにメッシュ電極 M をおく。M を G₅ に接続し電圧 V_m を印加したときは Bi-potential 形となり、G₅ を陽極に接続し M に電圧 V_m を印加したときは Uni-potential 形となるようにした。M に使用したメッシュは銅の 750 メッシュである。

第4図、第5図に拡大度および解像度を示す。なお拡

筆者紹介
宮 田 嘉 彦
ひこ

昭和32年静岡大学工学部電子工学科卒業、同年日立製作所に入社し、茂原工場にてブラウン管の設計を担当している。

"Electrostatic Scan Magnification in CRT" by Yoshihiko Miyata.

大度とは偏向電力を一定としておきけい光面上での走査線の振幅の比を示す。また偏向域をしらべてみると第6図のようになる。

偏向拡大度，解像度および明るさの検討

1. 拡大度の検討

凹レンズとブラウン管の位置関係を第7図のように定める。

レンズの結像条件より

$$f_1 \cdot f_2 = (-d_3 - f_1)(d_1 - f_2) \quad (1)$$

レンズ系の倍率より

$$S_2/S_3 = M = -f_1/(-d_3 - f_1) \quad (2)$$

第7図より

$$S_3/S_1 = (d_2 + d_3)/l \quad (3)$$

Bi-potential 形のときの凹レンズによる拡大 $g = S_2/S_1$ は (1), (2), (3) 式および Bi-potential 形では $f_2/f_1 = \sqrt{V_b/V_m}$ であることより

$$g = \frac{d_1 d_2}{-f_1 l} \sqrt{\frac{V_m}{V_b}} + \frac{d_1}{l} \sqrt{\frac{V_m}{V_b}} + \frac{d_2}{l} \quad (4)$$

(4) 式は凹レンズそのものによる拡大であり感度として考える場合は偏向部の電位が V_m になっているので電磁偏向では $\sqrt{V_b/V_m}$ だけ感度がよくなる。ゆえに全体の拡大度 G_B は

$$G_B = \frac{d_1 d_2}{-f_1 l} + \frac{d_1}{l} + \frac{d_2}{l} \sqrt{\frac{V_b}{V_m}} \quad (5)$$

Uni-potential 形では偏向部を V_b 電位におけば，電位による感度の変化はない。ゆえに (1), (2), (3) 式および $f_1 = f_2$ ，また二つの主面がほぼ一致 $d_1 + d_2 = l$ になることより全体の拡大度 G_u は

$$G_u = \frac{d_1 d_2}{-f_1 l} + 1 \quad (6)$$

(5), (6) 式より計算した値を第4図，第5図に点線で示す。Bi-potential 形の場合は実験値と上式による計算値とほぼ一致偏向拡大が行なわれることがわかる。しかし Uni-potential 形の場合は (6) 式より求めた値と実験値とズレがある。これは第3図より偏向部にメ

第3図 実験管の概略構造

第4図 Bi-potential 形凹レンズによる偏向拡大球の特性

第5図 Uni-potential 形凹レンズによる偏向拡大球の特性

第6図 実験管の偏向域

第7図 凹レンズの位置関係

シュ付近の低電位部があるためと思われる。感度が電位の平方根に反比例するものとして補正した値を第5図に鎖線で示す。

つぎにこの拡大度を大きくする方法について式の上でしらべてみる。凹レンズの二つの主面はほぼ一致するから(5), (6)式において $d_1 \doteq l - d_2$ として取扱う。以上の関係より

1) 凹レンズの集点距離を一定とした場合

$d_2 \doteq l/2$ において拡大度が最大になる。

2) 電圧比は一定としシャドウが出ないようにレンズ電極半径 R を定めた場合。

集点距離 f は R に比例するから R を小さくすると f が短くなり拡大度は大きくなる。しかし電極が電子通路の妨害となりシャドウを生ずる。シャドウが出ないためにはレンズにより g なる拡大が行なわれるから次式を満足する必要がある。

$$2R \geq d_2' S_e / g \cdot l \quad (7)$$

但し d_2' : 偏向中心とレンズ中心(電子の妨害となる部分)との距離

S_e : ブラウン管有効径

$d_2' \doteq d_2$, $f = kR$ (k は電圧比によってきまる定数) であるから d_2 を小さくすると拡大度は大きくなる。

2. 解像度の検討

解像度はスポット径に反比例するものとして凹レンズを入れたことによるスポット倍率を計算してみる。

凹レンズがない場合クロスオーバのけい光面への倍率 m_1 は

$$m_1 = (l + d_4) / d_5 \quad (8)$$

凹レンズを入れた場合のクロスオーバの倍率 m_2 は S_3 の像が S_2 に結像するから主レンズはクロスオーバを S_3 の位置に結像し、これが凹レンズによりけい光面に写像されるから、

$$m_2 = \frac{d_2 + d_3 + d_4}{d_5} \cdot \frac{f_1}{d_3 + f_1} \quad (9)$$

ゆえに Bi-potential 形凹レンズを入れたことによるスポット倍率 M_B は (8), (9) 式および (1), (5) 式より

$$M_B = \frac{m_2}{m_1} = \frac{G_B l (d_2 + d_4) - d_1 d_4}{(l + d_4) d_2} \sqrt{\frac{V_m}{V_b}} \quad (10)$$

また Uni-potential 形の場合は同様にして

$$M_u = \frac{G_u l (d_2 + d_4) - d_1 d_4}{(l + d_4) d_2} \quad (11)$$

が得られる。

なおメッシュレンズを使った場合はこの他にメッシュ孔によるスポット径の増大がある。簡単に平行電子線がメッシュ孔の凸レンズ作用により集束され、それぞれが集点を通りすぎてけい光面に広がると考えると、スポッ

ト径の増加 ΔD_s は次式で示される。

$$\Delta D_s \doteq (d_1 - f_a) d_a / f_a \quad (12)$$

但し d_a : メッシュ孔径

ここで f_a はメッシュ孔による凸レンズの集点距離である(附録2)。

全体のスポット径は (10) 式あるいは (11) 式で示されるスポット拡大分と (12) 式で示されるメッシュ孔によるボケの和になるものと思われる。

これらの式より計算した解像度を第4図, 第5図に示す。解像度の低下は Bi-potential 形の方が少ないことがわかる。

また解像度の低下(スポット径の増加)を少なくするためには (10) ~ (12) 式より d_2 を大きく d_4 を小さくすることがよい。さらにメッシュ孔径を小さくすると解像度の低下は少なくなる。しかしこの実験球ではメッシュ孔径によるスポット径の増加よりも偏向拡大による分の方が大きいのでメッシュ孔を極端に小さくしても効果が少ない。なお最良条件としてメッシュ孔径を 0, および $d_2 = l$ または $d_4 = 0$ としても解像度は拡大度に反比例することがわかる。

3. 明るさの検討

メッシュレンズを使って偏向拡大を行なう場合はメッシュの透過率により明るさが低下する。いまこの明るさ低下分に相当するだけ普通のブラウン管の陽極電圧を低くすると、どれだけ偏向感度がよくなるか検討してみる。

陽極電圧を V_{b1} としたとき普通のブラウン管の明るさを B_1 , メッシュを使った偏向拡大管の明るさを B_2 とすると、

$$B_2 = \alpha B_1 \quad (13)$$

但し α : メッシュの透過度

また普通のブラウン管で明るさが B_2 になるような陽極電圧を V_{b2} とすると

$$B_2 / B_1 = (V_{b2} / V_{b1})^n \quad (14)$$

但し n : 定数(一般には $n \doteq 2$)

第8図 正規化された軸上電位分布

(31), (14) 式より V_{b2} として次式が得られる.

$$V_{b2} = \alpha^{1/n} V_{b1}$$

偏向感度は陽極電圧の平方根に反比例するから, 普通のブラウン管の陽極電圧を V_{b1} から V_{b2} に低下したことによる拡大度 G_A は

$$G_A = \alpha^{-1/2n} \quad (15)$$

となる. すなわち普通のブラウン管においても明るさが α 倍に低下してもよいならば $\alpha^{-1/2n}$ の偏向拡大ができる. ゆえにメッシュレンズを使う場合は $\alpha^{-1/2n}$ 以上の拡大をしなければ, メッシュレンズを使った利益はない

む す び

メッシュを使うことにより電子凹レンズができ, 偏向拡大が行なわれることがわかった. しかし偏向拡大を行なえば同時にスポット径の拡大も行なわれ解像度が低下する. この解像度の低下は Bi-potential 形よりも Uni-potential 形レンズを使った方が大である. しかし Bi-potential 形では偏向域がとりにくいの, テレビジョン用としては Uni-potential 形にした方がよいと思われる. 実際には解像度の低下だけではなくメッシュ透過率

第9図 Bi-potential 形凹レンズの焦点および焦点距離

第10図 Uni-potential 形凹レンズの焦点距離

第11図 二つの円筒直径比と焦点距離

による明るさの低下や, メッシュからの二次電子によるコントラストの低下などの欠点もある.

最後にメッシュレンズについて御検討賜った日立製作所中央研究所森戸博士に感謝の意を表する.

〔付録 1〕

第1図の場合 Laplace の方程式を近似的に解くことにより軸上電位分布 ϕ_0 として次式が導かれる²⁾).

$$\phi_0 = V_m \{1 + (h-1) \tanh \omega Z\} \quad (16)$$

但し $Z \geq 0, h = V_b/V_m, \omega = 1.32/R$

(16) 式より

$$\phi_0' = \frac{d\phi_0}{dZ} = V_m (h-1) \omega \operatorname{sech}^2 \omega Z \quad (17)$$

$$\phi_0'' = \frac{d^2\phi_0}{dZ^2} = -2 V_m (h-1) \omega^2 \operatorname{sech}^2 \omega Z \tanh \omega Z \quad (18)$$

が導かれる. また近軸の場合一般に $\partial\phi/\partial\gamma = -(\gamma/2) \phi_0''$ が成立するから (18) 式より $h > 1$ の場合 $Z \geq 0$ において $\partial\phi/\partial\gamma \geq 0$ となる. すなわち $Z = 0$ より出た電子は常に軸から離れる向きの力を受けることになり, この電極系は凹レンズとなる. また第2図の場合 $Z \geq 0$ の範囲については上記と同じであり, $Z \leq 0$ の範囲では軸上電位分布は

$$\phi_0 = V_m \{1 - (h-1) \tanh \omega Z\} \quad (19)$$

ゆえに $h > 1$ の場合は第1図と同様にして凹レンズ作用があることになる. 軸上電位分布を第8図に示す. これより Gans の多角形近似法により求めたレンズ定数を第9図, 第10図, 第11図に示す.

〔付録 2〕

アパーチャレンズの焦点距離は近似的に次式で示される.

$$f_a \approx 4 V_m / (\phi_{0+}' - \phi_{0-}') \quad (20)$$

但し V_m : アパーチャの電位

ϕ_{0+}', ϕ_{0-}' : アパーチャの左右の電界強度

ここで ϕ_{0+}', ϕ_{0-}' は (17) 式, (18) 式より $Z = 0$ のときの値をとる. ゆえに第11図の電極構造の場合, 物点側(カソード側)の円筒電極半径を R_1 , 像点側(けい光面側)の円筒電極半径を R_2 とすると, Bi-potential 形では物点側円筒とメッシュを同電位とするから ϕ_{0-}' は 0 となり,

$$f_e \approx \frac{3 R_2}{V_b/V_m - 1} \quad (21)$$

また Uni-potential 形では

$$f_a \approx \frac{3}{V_b/V_m - 1} \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (22)$$

となる.

(昭和36年7月29日受付)

〔参考文献〕

- 1) Bryan R. Overton: Scan Magnification, J. Telev. Soc., 8, (1958), 458-462
- 2) Alexander A. Rusterholz: Electronenoptik I, Verlag Birkhäuser Basel, Switzerland, (1950), 55~56
- 3) S. Bertram: Determination of the Axial Potential Distribution in Axially Symmetric Electrostatic Fields, Proc. IRE., 28, (1940), 420