

41 cm ミニネック CDT 用電子銃

New Electron Gun for 41 cm Color Display Tube

星野 史孝
HOSHINO Fumitaka

木宮 淳一
KIMIYA Jun-ichi

菅原 繁
SUGAWARA Shigeru

低消費電力を目的とした 41 cm ミニネック CDT (Color Display Tube) 用電子銃を開発した。

この電子銃はミニネック化に伴う問題を解消するために二つの主要技術を盛り込んでいる。一つはシングルピンでダイナミックアスティグ補償ができる DAQ (Dynamically Activated Quadrupole lens) を採用し、水平・垂直偏向磁界によるビームのひずみを補償した。もう一つは主レンズに拡張電界型レンズを採用し、ミニネック化による機械的制約を克服し主レンズの大口径化を実現した。これらの技術により従来のスモールネック用電子銃と同等以上のフォーカス特性を実現した。

We have developed a new electron gun for use in a 41 cm-90° mini-neck (22.5 mm diameter) color display tube (CDT). By utilizing this gun, the deflection power can be reduced by 30 %.

This gun has two main features. The first is an advanced dynamically activated quadrupole (DAQ) lens system, which can compensate for the astigmatism of the electron beam caused by both the horizontal and vertical deflection fields. The second feature is the adoption of an extended electric field lens. As a result, focus performance equivalent to that of a conventional small-neck (29.1 mm diameter) gun is realized.

1 まえがき

近年のディスプレイモニタ市場においては省電力化の要求が高まっている。41 cm モニタの場合、その電力消費量のうち、偏向電力が約 40 % を占めている。この偏向電力は CDT のネック径にほぼ比例するため、ネック径の縮小 (ミニネック化: 29.1 mm → 22.5 mm) により偏向電力の低減が可能となる。しかし、ミニネック化は CDT の画像特性を決定づける電子銃に、次の二つの制約をもたらす。

- (1) 外部電圧供給端子数 (ステムピン) の削減 (10 ピンから 8 ピン)
- (2) 電子レンズ口径の縮小

これらの問題を克服するため今回開発した新電子銃は、36 cm ミニネック CDT 用としてすでに開発済みのシングルピンダイナミックアスティグ補償 (DAQ による) を、水平だけでなく垂直偏向周波数にも同期し作用するよう発展させた。また、主レンズには拡張電界型レンズを採用し、これにより従来のスモールネック CDT と同等以上のフォーカス性能を達成した。

2 新電子銃の概要

図 1 に新電子銃の構造を示す。

フォーカス電極は G_{51} 、 G_{52} に 2 分割されており、この間に 4 極子レンズを配置し、これらを抵抗器 (R_1) で接続している。フォーカス電圧 (直流電圧: V_{f52} 、ダイナミック電

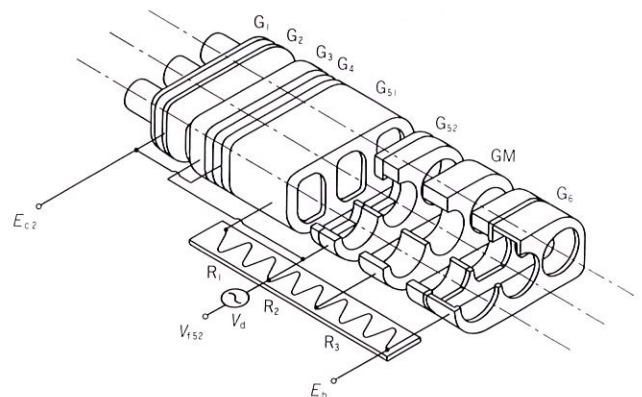


図 1. 新電子銃の構成 管内内蔵の抵抗器により、単一電圧供給によるダイナミックアスティグ補償と拡張電界型主レンズを実現した。
Structure of new electron gun

圧: V_0) は、ステムピンから G_{52} に供給される。このとき、 V_{f52} は抵抗器を介し G_{51} に供給し、 V_d は G_{51} - G_{52} 、 G_4 - G_{51} 間に形成される電極間容量 (C_1 、 C_2) を通し交流的にその一部が G_{51} に供給される。これにより G_{51} - G_{52} 間に電位差が生じ 4 極子レンズを動作させ、ダイナミックアスティグ補償を行っている。

主レンズに採用の拡張電界型レンズは G_{52} 、中間電極 (GM)、および G_6 により構成されてる。GM にはフォーカス電圧とアノード電圧 (E_b) の間の電圧が抵抗器 (R_2 、 R_3) により与えられる。

3 ダイナミック アスティグ補償方式

図2にDAQ方式の4極子部分の等価回路を示す。

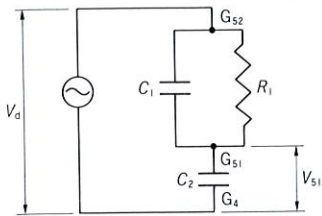


図2. 等価回路 4極子部分の電気的な等価回路を示す。
Equivalent circuit of DAQ

V_d を印加したとき G_{52} , G_{51} 電極の電圧はそれぞれ以下のとおりに表せる。

$$V_d = V_m \cdot \exp(j\omega t)$$

$$V_{s1} = |\alpha| \cdot V_m \cdot \exp\{j(\omega t + \phi)\}$$

$|\alpha|$: 重量率

ϕ : 位相 (deg)

j : 虚数単位

ω : 角周波数 ($= 2\pi f$)

t : 時間

f : 偏向周波数 (Hz)

DAQの動作は α , ϕ により決定付けられ, これらは等価回路から以下のとおりに表せる。

$$|\alpha| = \sqrt{\frac{1 + (\omega C_1 R_1)^2}{1 + \omega^2 (C_1 + C_2)^2 R_1^2}}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{-\omega C_2 R_1}{1 + \omega^2 C_1 (C_1 + C_2) R_1^2}$$

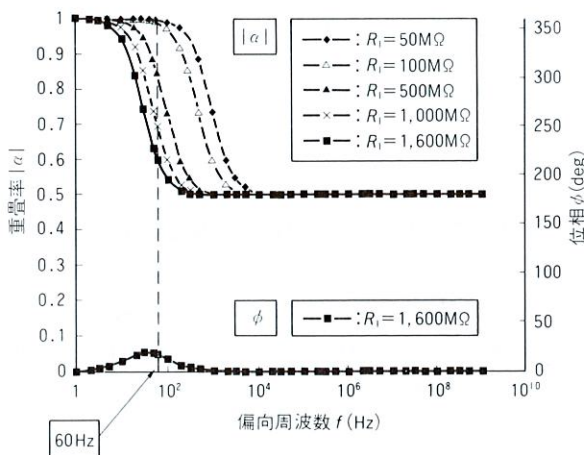


図3. 周波数特性 各抵抗値における偏向周波数に対する重量率 ($|\alpha|$), および位相 (ϕ) の変化を示す。

Frequency characteristics of superimposed ratio $|\alpha|$ and phase difference ϕ

前式から α および ϕ は, 周波数, 電極間容量および抵抗値によって表すことができる。ここで, 電極間容量は電極対向面積・間隔により決まり, これらは電極間耐電圧特性に大きく影響を及ぼす。したがって, DAQ動作を低周波数である垂直偏向周波数に同期させて作用させるために, 抵抗値を大きくすることとした。

図3に抵抗値を可変した場合の f と α , および ϕ の関係を示す。なお, この計算は $C_1, C_2 = 2 \text{ pF}$ とした。このグラフから抵抗値を大きくすることにより α を表す曲線は低周波数方向にシフトしていき, 垂直偏向周波数である 60 Hz でも $\alpha < 1$ となり, DAQが作用することがわかる。

新電子銃はこの抵抗値をミニネック用抵抗器として実用設計上最大値である 1,600 M Ω とした。このときの垂直偏向周波数 60 Hz における α および ϕ は, それぞれ 0.6, 17 deg となる。

4 主レンズ設計

4.1 GM電極長の最適化

一般に画面上のスポットサイズ (DT) は以下のとおりに表すことができる。

$$DT = \{(DX + DSA)^2 + DSC\}^{1/2}$$

$$DX = M \cdot d_x, \quad DSA = \frac{1}{2} M \cdot C_{s0} \cdot \alpha_0^3$$

DX : 倍率成分

DSA : 球面収差成分

DSC : 電子ビーム相互反発成分

M : レンズ倍率

C_{s0} : 球面収差係数

d_x : 仮想物点径

α_0 : 発散角

この式中, M および C_{s0} は主レンズにより決定されるパラメータである。したがって, この二つのパラメータに着目し GM電極長の最適化を進めた。

図4に GM電極長に対する M, C_{s0} の計算結果を示す。

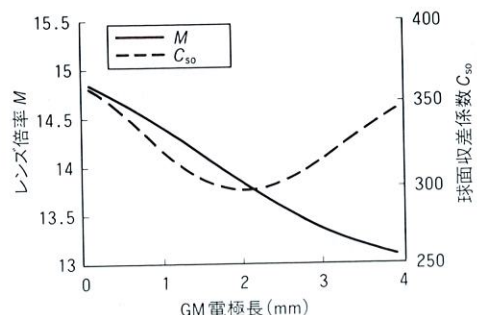


図4. M, C_{s0} 対 GM電極長 GM電極長を拡大することにより M は低下し C_{s0} は最小値をとることがわかる。

M and C_{s0} vs. GM electrode length

なお、この計算は各電極の孔径を 4.92 mm、電極電圧は $G_{52}=30\% E_b$ 、 $G_M=65\% E_b$ としている。

このグラフから、GM 電極長を可変させていくことにより C_{s0} が最小値をとることがわかる。よって、 C_{s0} が最小となる GM 電極長である 2 mm を新電子銃の電極長に決定した。なお、このときの実効レンズ口径は約 6 mm となる。

4.2 サイドガン設計

一般に、サイドビームを画面中央でセンタビームとコンバーゼンス (集中) させるために、主レンズを構成する電極のサイドビーム通過孔はオフセットされている。新開発の電子銃は、このオフセット量を画面上のビーム形状が非対称となるコマ収差の低減を考慮し、シミュレーションにより最適設計を行った。シミュレーションでは図 5 に示すとおりに各電極の電圧、オフセット量を定義し G_{52} -GM 間と GM- G_6 間のサイドビームの偏向量を同一とした。また、シミュレーション上のコマ収差は図 6 に示す ΔX_{ca} で定義した。

図 7 にシミュレーション結果を示す。

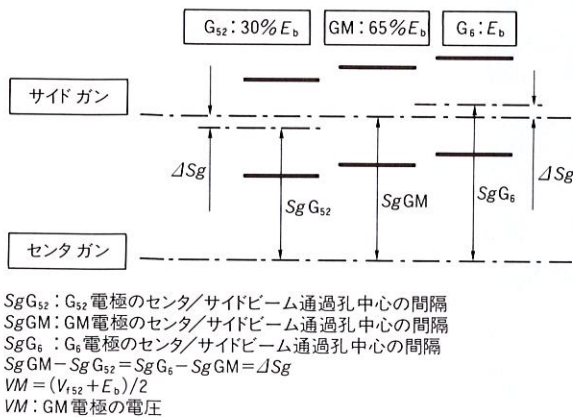


図 5. 主レンズ部モデル 主レンズ部モデルと各電極電位、オフセットの関係を示す。

Model of main lens

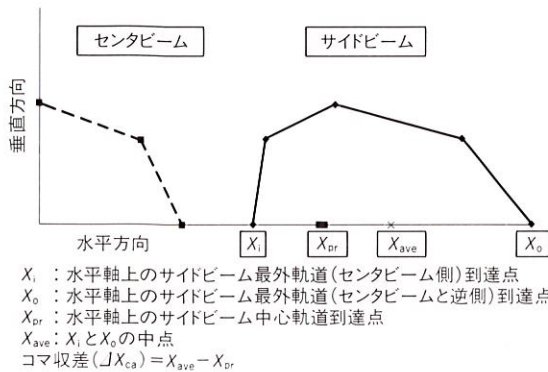


図 6. コマ収差の定義 シミュレーションにおけるコマ収差の定義を示す。

Definition of coma aberration

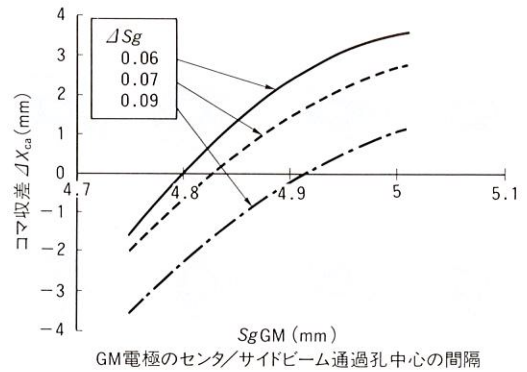


図 7. コマ収差 対 $SgGM$ ΔSg , $SgGM$ に対するコマ収差の計算結果を示す。

Coma aberration vs. $SgGM$

このグラフから、各 ΔSg においてコマ収差 (ΔX_{ca}) が "0" となる $SgGM$ が存在することがわかる。また、各 ΔSg において $\Delta X_{ca}=0$ となるときの画面上のサイドビーム間隔 (HS) は計算上 $\Delta Sg=0.06, 0.07, 0.09$ mm でそれぞれ約 1.0, 0.2, -0.2 mm となる。実用上妥当な HS の範囲 (1.0~2.0 mm) を考慮し、新開発の電子銃は $\Delta Sg=0.06$ mm, $SgGM=4.80$ mm に決定した。

5 到達性能

表 1 に、新開発の 41 cm ミニネック CDT 用電子銃と、従来の 41 cm スモールネック CDT 用電子銃の電流値 350 μA 時の画面各ポジションのスポットサイズを示す。表のとおり、従来電子銃に対し同等以上の特性を示していることがわかる。

また、このときのビーム形状は図 8 に示すとおりであり、特に(b)図に示すとおりサイドビームの形状は略円形であり従来同様コマ収差のない良好な特性となっている。

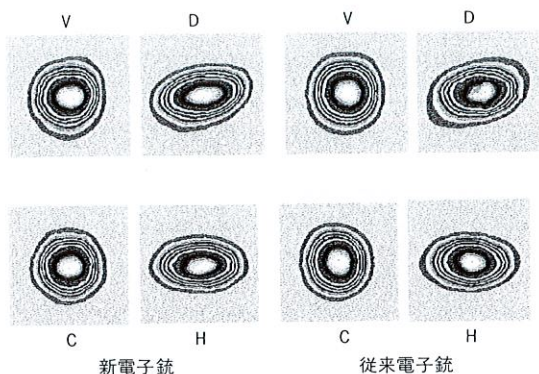
以上のとおり、新電子銃の開発により従来のフォーカス特性を損なうことなく 41 cm CDT のミニネック化が実現できた。この結果、表 2 に示すとおり偏向電力を従来のスモールネック CDT に比べ約 30% 低減させることができた。

表 1. 電子銃の特性比較

Spot size characteristics

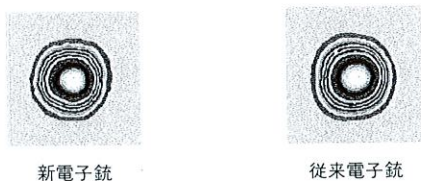
項目	新電子銃	従来電子銃
ネック径 (mm)	22.5	29.1
スポットサイズ (5%幅) (%)	画面中央	100
	画面垂直端	99
	画面水平端	97
	画面対角端	98

新電子銃のスポットサイズは、従来電子銃のスポットサイズを基準(100%)としたときの百分率比較で表している。



V: 画面垂直端 D: 画面对角端
C: 画面中央 H: 画面水平端

(a) センタビームスポット形状



(b) 画面中央におけるサイドビームスポット形状

図8. ビーム形状の比較 新電子銃は、従来電子銃とほぼ同等のコマ収差のない良好なビーム形状であることを示している。

Beam spot shapes of new gun and conventional gun

表2. 偏向電力の比較 ($E_0 = 25 \text{ kV}$ 時)

Comparison of deflection power parameters

項目	新電子銃	従来電子銃
ネック径 (mm)	22.5	29.1
水平方向の偏向電力 (mHA ²)	10.6(71%)	15.0(100%)
垂直方向の偏向電力 (ΩA ²)	14.0(70%)	20.0(100%)

6 あとがき

新開発の41 cm ミニネック CDT 用電子銃は、DAQ 方式を水平だけでなく垂直偏向周波数にも同期し作用するよう発展させ、加えて主レンズに拡張電界型レンズを採用した。これにより従来のスモールネック用電子銃と同等以上のフォーカス性能を達成することができ、この結果41 cm CDT のミニネック化を実現し、偏向電力を低減させて省電力化を可能とした。

今後はこのDAQ方式を主体とした技術を大型CDTを含めた他のブラウン管用電子銃に展開して行く予定である。

文献

- (1) Kimiya, J., et al. A 22.5-mm-Neck Color CRT Electron Gun with Simplified Dynamically Activated Quadrupole Lens. SID96 Digest. 1996, p.795-798.
- (2) 下間武敏, 他. 拡張電界レンズをもつCPT用電子銃. 電子情報通信学会技術研究報告. EID 1987, p.86-26.



星野 史孝 HOSHINO Fumitaka

映像管事業部 映像管技術部主務。
カラーブラウン管用電子銃の開発設計に従事。
Cathode Ray Tube Div.



木宮 淳一 KIMIYA Jun-ichi

映像管事業部 映像管技術部。
カラーブラウン管用電子銃の開発設計に従事。
Cathode Ray Tube Div.



菅原 繁 SUGAWARA Shigeru

映像管事業部 映像管技術部グループ長。
カラーブラウン管用電子銃の開発設計に従事。電子情報通信学会会員。
Cathode Ray Tube Div.