扁平ブラウン管

東京芝浦電気株式会社 中央研究所 山田 達也
長谷川 伸*

新しい原理の扁平ブラウン管と、これを用いた薄形テレビ受信機を試作し、テレビ画像の表示実験を行なった。蛍光面は円筒状で、水平偏向中心はその円筒面上にあり、普通ののこぎり波の偏向で正しい水平偏向が行なわれる。垂直偏向にも普通の駆動回路を用いるが、画面ひずみをさけるため、管外に簡単な磁界装置を使用する。試作管は6形、厚さ5cmで、特別な偏向回路を必要とせず、水平偏向電力の少ないことが特長となっている。

1. ま え が き

テレビ受信機の奥行きや容積は、だいたいブラウン管の長さや体積でまざる。そしてブラウン管を小形化、薄形化するため、ビーム偏向角度を増す努力が続けられ、現在 110° 偏向程度の管が一般に用いられ、したがって、テレビ受信機もかなり薄形化されている。この傾向は今後も続くかもしれないが、これによる薄形化には限度があって、管球を極端に短くすることは難しく、また偏向角度の増大とともに水平偏向電力が増すことも問題である。一方、通常のブラウン管と異なる原理の偏向方式の、いわゆる扁平ブラウン管については、W. R. Aiken¹⁾, D. Gabor²⁾, 高橋³⁾, 三戸⁴⁾らの試みがあるが、いずれも管球の構造が複雑であったり、回路の負担が大きいため、実用化する前に解決すべき問題が残っている。

筆者らは、これまでのブラウン管製造技術を用いて充分処理しようとする構造が簡単であり、しかも通常の偏向回路で正しいラスターが描かれることを目標として、扁平ブラウン管の研究開発を進めてきた。その結果、新しい方式による扁平テレビ受信機製作の可能性が見出されたので、画質などの点ではまだ必ずしも充分とはいえないが、ここにこれまでの研究結果を報告する。

2. 偏 向 の 原 理

水平偏向の原理を管球の水平断面図、図1(a)に示す。この管では蛍光面、すなわち管球のフェースプレートは軸が紙面に垂直な円筒面になっており、その延長

図1 扁平ブラウン管の原理
(a) 水平断面図、(b) 前面図
Schematic diagram of a thin cathode-ray tube.
(a) horizontal cross section, (b) front elevation.

円筒面上に水平偏向中心がくる構造となっている。したがって、図1(a)の蛍光面断面は円であり、偏向中心点における同じ大きさの角に対応する蛍光面上の弧の長さ(水平方向)は常に等しい。このため、通常の偏向コイルとのこぎり波電流(または偏向板とのこぎり波電圧)で等角速度の偏向を行なえば、輝点は蛍光面上を正しく等速度で水平走査し、特別な偏向回路を必要とせず、偏向電力も少なくてすむ。

垂直偏向の原理を図1(b)(管球の前面図)に示す。偏向コイルを用いて通常の偏向を行なうと、蛍光面上で輝点は偏向中心を中心として放射状に広がる。これを防ぐには、バルブの偏向部(コーン)と蛍光面との境界部分に別に電子レンズを設け、コイルにより θ だけ垂直偏向

"A Thin Cathode-Ray Tube" by Tatsuya Yamada and Shin Hasegawa*(Central Research Laboratories, Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd., Kawasaki). テレビ電子装置研究委員会発表(昭43.4)

* 現在、電気通信大学電子工学科 (The University of Electro-Communications, Tokyo)

を受けた電子はこの部分で $-\theta$ だけ再偏向されなければならない。このための電子レンズは、静電レンズでも電磁レンズでもよいが、われわれは管外からの操作の容易な磁界レンズを用いることにした。すなわち、図1(b)の斜線部にフェースプレートと垂直な向きの磁界を与えて再偏向を行なう磁界装置(コリメーター)を備えた。

加速電圧 V (V) の電子が磁界 B 中を進む距離 dl と、このとき受ける偏向角 $d\theta$ の間には磁界中の円運動の半径を R とすると、

$$dl = R d\theta = \sqrt{\frac{2mV}{e}} \frac{d\theta}{B} \quad (1)$$

の関係があり、したがって、磁界部分を通過する間に電子の受ける偏向角 θ は次式で与えられる。

$$\theta = \sqrt{\frac{e}{2mV}} \int_F B dl \quad (2)$$

ただし、積分は電子の進路に沿って行ない、積分範囲は磁界の存在範囲とする。図1の距離 $\overline{OP}$ は $d \tan \theta$ であるから、コリメーターは次式を満足しなければならない。

$$\tan^{-1} \frac{\overline{OP}}{d} = \sqrt{\frac{e}{2mV}} \int_F B dl \quad (3)$$

したがって、磁界は図1(b)の斜線をほどこした部分に主として存在し、O点では磁界0、O点の両側では磁界が逆で、O点の近傍、すなわち(2)の θ 小さい範囲では(磁界の強さ) $\times$ (幅)の積分値、すなわち $\left| \int_F B dl \right|$ が $\overline{OP}$ にほぼ比例しなければならない。

この偏向原理のブラウン管の電子ビームは、蛍光面へ斜めに入射するため、輝点が水平方向に伸び、水平解像度に関してはやや不利である。しかし、蛍光面上電子銃に近い部分と遠い部分(図1(b)の右と左)とでは、蛍光面に対するビームの入射角が異なるにもかかわらず、理論的には水平解像度が一定になる特徴がある。

管の水平断面を示す図2において、電子銃の主レンズの位置 L が偏向中心点 D にきわめて近いとし、蛍光面への衝突点 S におけるビームの径を ϕ_s とする。クロスオーバーの像を S 点に結ばせたとき、他の条件を一定とす

図2 管球の断面と、水平解像度が一定になる理由
Horizontal cross section showing constancy of the horizontal resolution.

ると、 ϕ_s は電子レンズを出てからのビームの行程に比例するから、

$$\phi_s \propto \overline{LS} \quad (4)$$

である。蛍光面上の輝点の水平方向の長さ l_s は、蛍光面とビームのなす角を β 、蛍光面の曲率半径を r とすると、

$$l_s = \phi_s / \sin \beta \quad (5)$$

であるから、(4)、(5)式と円の簡単な性質から、

$$l_s \propto \overline{LS} / \sin \beta \approx 2r \sin \beta / \sin \beta = 2r \quad (6)$$

となる。この式は水平解像度は電子銃の設計と蛍光面の曲率半径に関係し β には無関係、すなわち画面の左右で解像度が変わらないことを示す。ただし、この計算では空間電荷によるビームの広がりは考慮されておらず、画面の上端および下端部分についても考慮されていない。

垂直方向については ϕ_s がそのまま輝線の幅を与えるため、(2)式からわかるように、電子銃に近いほうが輝線幅がせまく、走査線構造が目立つことになる。しかし、垂直解像度は走査線間隔で定まるから、ビーム径が走査線間隔をこえない範囲では垂直解像度は一定である。

3. 装置の試作

以上の原理にもとづき、扁平ブラウン管、コリメーター、これらを用いたポータブルテレビ受信機を試作した。

3.1 ブラウン管

原理的には図1のとおりのパルプを作ればよいが、実際には基本原理だけでは管がうまく動作しないため、種々の試作を重ねた。最終的には対角長を150 mm(6形)とし、水平偏向 22° 、垂直偏向 100° 、厚さは最も厚い部分で50 mm、全長260 mmとした。

加速方式については、実験を重ねたうえ後段加速を採用した。その理由は、電子ビームが低速のほうがコリメーションが容易であり、一方、明るさや解像度の点から、蛍光面電圧はできるだけ高いことが望ましいからである。このため、ブラウン管のコーン部の内面導体と螢光体部分の内面導体(メタルバックおよびその背面の電極)との間に絶縁部分を設け、1段の後段加速方式とした。

このような後段加速方式にすると当然、両電極の境界部分に電子レンズを生じ、電子ビームは集束作用を受ける。この部分の電位分布を電解槽を用いて測定した結果と、これから計算して求めた電子の軌道を図3に示す。なお電位分布は、極板が紙面に垂直に端効果を見捨てるほど充分長く、各電極電圧を5 kV、10 kVとして求めたものである。図で実際の偏向中心点はDであるが、電子レンズの螢光面側では見かけ上 D' 点で偏向を受けたのと同じ状態になり、偏向中心は見かけ上 DD' だけ(この場合は約15 mm)後退する。

偏向中心の移動は後段加速によってのみ起こるもので

図3 後段加速管の電位分布と電子軌道 (数字は電位, kV)
Potential distribution and electron trajectories
in the postacceleration type cathode-ray tube.

はなく、管外にコリメーターをとりつけることによって生ずる。後述のようにコリメーターは水平方向の電氣的凹レンズを与え、その位置は上記の凸レンズと同じであるから、両者は互いに打ち消す方向にある。結果としてわれわれの設計の場合、凹レンズがわずかに強く、総合して偏向中心が螢光面側へわずかに移動するため、バルブは図1の原理図よりその分だけ長く設計されている。管球の外観を写真1に示す。

写真1 扁平ブラウン管の外観
A thin cathode-ray tube.

3.2 コリメーター

コリメーターは、前述の(3)式を満足するような磁界を生ずると同時に、小形軽量である必要があり、多くの試作を重ねた。試作当初は棒磁石を用いて図4(a)のような磁気四重極系や、同図(b)のような漏洩磁界を利用したもので実験を行なった。これらの装置は、ビームの加速電圧が低い場合にはどうにか所期の磁界分布のものを作ることができたが、容積、重量が大きく調整が容易でないなどの欠点があった。電磁石を用いたものは調整は容易であったが、電源を要する欠点があり、いずれにしても小形で高加速電圧に適するような磁界が得られなかった。そこで、最終的には図5のような形式のものをを用いた。

このコリメーターは、厚さの方向に着磁した三角板状のゴム磁石4枚を2枚の鉄板につけたもので、これを図1のハッチの部分に管外から接着した。磁力線の曲がらないとすれば、断面の磁力線は図5(b)の点線になるはずで、磁石板はほぼ三角形でよいことになる。しかし、実際には斜線の部分に磁力線を極在させることができず、広い範囲に磁界が存在し、磁界の極大部分は

図4 永久磁石を用いたコリメーター試作品
Experimental beam alignment magnetic device.

図5 三角磁石板を用いたコリメーター
(a) 外観, (b) 断面
A pair of beam alignment magnetic devices.
(a) perspective view, (b) cross section.

磁石板の重心付近に来る。このため、磁石板が単なる三角板の場合は、コリメーターの長さをブラウン管の高さ(垂直方向)の2倍程度に大きくとらないと正しい偏向が行なわれない。

そこで、ビームがコーン部にあるときから徐々にコリメーションを受けるように、カットアンドトライにより磁石板の形状を適当に定め、バルブの高さと同じ長さのコリメーターで正しく再偏向が行なわれるようにした。コリメーターの厚さは3mmである。図6はこのようなコリメーターの中央面上の磁界分布の測定結果、および、このようなコリメーターに加速電圧6kVの電子線が入射したときの電子軌道を作図した結果を示す(片側は省略)。

コリメーターに付随する問題として、コリメーターをつけると、水平方向の走査の直線性のくずれる現象がある。これは水平偏向の偏向中心が移動するためと考えら

図 6 改良形コリメーターの磁極形状、磁界分布と加速電圧 6 kV の電子軌道

The magnetic pole configuration and magnetic field distribution in the improved beam alignment magnetic device, and the trajectories of electrons accelerated at 6 kV.

図 7 管球の水平断面 (コリメーターにより凹レンズが付加される)

Horizontal cross section of the tube.
(A concave electron lens is formed by beam alignment magnet.)

れる。コリメーターの断面の磁力線は図 5 (b) に示すように、両端に近いほど多くなるため、図の太矢線に示すような磁界成分を生ずる。この成分は図 7 の管断面図に示すように、水平偏向に関してビームを広げる作用、すなわち凹レンズ作用をする。これにより偏向中心が見かけ上 DD'' だけ移動する。そこで、この移動距離を測定し、このような考えが正しいか否かを検討してみた。

コリメーターをはずし、また単一加速 (螢光面部とコーンを短絡) の状態にしたブラウン管に縦縞パターンを入力信号を与える。縞は螢光面全面にわたり、等間隔に表示される。したがって、画面の左右の特定の縞の幅 (間隔) の比は、ブラウン管が設計に従って正しく製作されていれば 1 になる。偏向中心が設計点 (螢光面円筒の延長と電子銃軸の交点) をはずれると、この比は変化するが、その値は偏向中心の移動距離の関数として求めることができる。

特定の縞として画面中央 (電子銃軸と螢光面の交点) から左右各 45 mm ずつ離れた位置の縞をえらび、縞幅の比 (電子銃に近い側/近い側) を幾何学的に求めた結果を図 8 の実線に示す。次に、実際のブラウン管で (コリメーターはつげずに)、偏向中心位置 (偏向コイル) を既知量だけずらせ、上記の縞幅の比を測定した結果を図 8

図 8 ネックに沿って偏向コイルをずらせたときの画面の水平偏向直線性

(縞幅比は画面に縦縞パターンを入れたとき、画面の左右それぞれ中心から 45 mm の位置の幅の比)

Variation of the linearity of the horizontal deflection with position of the deflection center.

の。印に示す。両者がほぼ一致することから、供試管はほぼ設計どおりに製作されていると考えられる。次に、管にコリメーターをつけて同じ実験を行ない、図 8 の × 印を得た。

実線と × 印をくらべると、コリメーターを使用した場合、コイルを設計位置においたとき見かけの偏向中心点は、コイル位置より 18 mm 内側 (螢光面側) へ、コイルを 10 mm ずらせたときは 22 mm 内側へ、コイルを 20 mm ずらせたときは 27 mm 内側へ移動したと考えられる。そこで、コリメーター位置からコイルまでの長さを物点距離 a 、コリメーターから見かけの偏向中心点までの長さを物点距離 $-b$ (コイルを設計位置においたときはそれぞれ図 7 の $\overline{LD}$, $\overline{LD''}$) とおき、レンズの式、

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

を用いてレンズの焦点距離 f を求めると、いずれの場合も $f \approx -210$ mm となり、ほぼ一致する (このときの供試管では $\overline{LD}$ の設計値は 70 mm, 加速電圧 7 kV, 非後段加速)。このことから、コリメーターにより生ずる水平偏向の直線性劣化は、付加的に発生するレンズに起因するものであると考えられる。

また、このようにして水平方向の直線性の劣化した管には、図 7 の L の位置に紙面に向う向きの磁界を加え、見かけの偏向中心を D''' まで移動させると、直線性が回復する。

3.3 電子銃

このブラウン管では電子銃は横にあり、ビームが斜め後方から螢光面に衝突するため、普通の電子銃を用いるとスポットは水平方向に長くなり、長径と短径の比は

写真2 試作ポータブルテレビ受信機
Experimental television receiver incorporating
a thin cathode-ray tube.

2:1~3.5:1程度である。したがって、電子銃は小形であると同時に、特に水平解像度特性のすぐれたものでなければならない。このため、電子銃は通常のトランジスタテレビ用の小形の電子銃をもとに、電子ビームの断面があらかじめ垂直走査方向に細長くなるように工夫した。それには、電子銃の部品のいずれかの断面を非軸対称にする静電的方法と、電子銃部分に管軸に垂直な磁界を加える電磁的方法とがある。両者は効果には大差なく、輝点を円形に近い形にうる。試作ではどちらも使用した。

3.4 テレビ受信機

次に、この管を使用してポータブルテレビ受信機を試作した。回路部品などは市販のポータブルテレビのものをそのまま用いたが、水平偏向回路（波形はそのまま出力を10%程度に減少）、加速電圧電源（6kV、10kVの後段加速に変更）のみ改造した。外観を写真2に示す。

使用した部品類は薄形化の点では必ずしも満足できない。一方、ブラウン管としても、テレビ受信機をあまり薄くすると図1からわかるように、受信機前面に対し螢光面がやや斜方を向くため、外観上の制約があり、このセットは厚さを80mmとした。なお、図2で検討した水平方向解像度が一定に保たれるためには、ダイナミックフォーカスを行わなければならないが、試作テレビ受信機ではその回路を省いた。

4. 結 果

試作テレビ受信機の画面を写真3に示す。水平解像度はだいたい300本で若干甘く、電子銃に近いほうがわずかにすぐれている。図2に説明したような画面の左右で水平解像度が等しくなる性質は、実は画面の中央を通る水平線上でのみ正しく、画面の上下では厳密には成立しないこと、およびダイナミックフォーカスを省略したことにより、解像度が画面上で不均一になることが予想さ

写真3 扁平ブラウン管による受信画面
Television pictures displayed on the
thin cathode-ray tube.

れた。しかし実際には、電子銃の焦点深度が深いため、解像度の不均一はさほど目につかなかった。

本形式のブラウン管では、螢光像を見る方向は図1(a)の上下いずれ側からでもよい（もちろん水平偏向の向きは合わせる）。試作当初はコリメーターの性能が不十分で加速電圧を充分上げ得ず、螢光面はメタルバックのないものを用い、像を電子衝撃側から見るようにしていた。現在は加速電圧が高く、メタルバックを採用し、通常のブラウン管と同様の方向から観察するように変え、これによりコントラストが大幅に改善されている。

5. む す び

以上により、新しい偏向方式による扁平ブラウン管を用いて薄形テレビ受信機を製作する可能性が確認された。本方式の特長とするところは、

- (1) 管球、回路とも従来知られている方式より簡単
- (2) 管の厚さは6形管で50mmくらい
- (3) 水平偏向電力が僅少

などである。一方、改善すべき主要点は水平解像度で、それには電子銃自体の改善と加速電圧上昇、コリメーター改善などがからみ合って問題となる。また、螢光面の横に、コーン、電子銃部分がつき出すこと、バルブの加工精度など、形状についても若干の問題がある。

この研究に当たり種々ご指導いただいた東芝岡部部長、相浦部長、中山元部長、嶋崎部長はじめ多くの方々、特に管球の試作、テレビ受信機の試作にご協力いただいた一、根石英忠、岩沢孝男、橋本順一の諸氏に厚くお礼申井上正上げる次第である。

(昭和43年9月10日受付)

【参 考 文 献】

- 1) W. R. Aiken: A Thin Cathode-Ray Tube: Proc. IRE, 45, 12 (1957) 1599
- 2) D. Gabor: A New Flat Picture Tube, Jour. TV Soc., 8, 4 (1958) 142
- 3) 高橋正彦: 単一偏向板型偏向系, テレビ誌, 15, 9 (1961) 514
- 4) 三戸, 上野: 扁平形テレビ用ブラウン管, テレビ学会テレビ電子装置研究委員会資料, No. 15 (1967)