ハイビジョン用 40 インチ CRT ディスプレイ

正会員 鈴木 有 信[†], 正会員 平 英 一^{††}
正会員 片岡 暉 雄^{†††}, 谷 口 俊 雄^{††††}

あらまし 次世代のテレビとして開発がなされている高品位テレビ“ハイビジョン”用のディスプレイとして、現時点で最も良質の画像が得られ、画面サイズも高品位テレビ用として望ましい、世界最大の CRT および、これを用いたディスプレイ装置を開発した。CRT の技術課題として、①ガラスバルブの超大型化と強度確保、②蛍光面およびシャドウマスクの設計・製作、③高解像度電子銃の設計、④高精度偏向コイル、電気回路系の問題として、⑤広帯域映像回路、⑥安定な偏向系と高圧発生、⑦独得のデジタル回路をもつ高精度のコンバーゼンス方式、などの問題解決について記した。試作したディスプレイは、当初目標を満足し、科学万博への出展や高品位テレビの実現に寄与するとともに、広く他の産業用ディスプレイへの応用が期待できる。

1. ま え が き

次世代のテレビとして、NHK が開発・提案している高品位テレビ“ハイビジョン”は、現在放送されているテレビに比べて、臨場感と迫力など観視者に対する心理的効果が大きく期待できるテレビシステムである。ディスプレイ装置は、観視者に画像を表示するシステムの最終の装置であり、画面は大型、ワイドで、かつ、きめ細かな高精細度カラー画像を表示することが必要である。著者らは 1975 年に、当時の技術で直視管として最大限度であった高品位テレビ用 30 インチ CRT およびディスプレイを、NHK と協力して開発した¹⁾²⁾。

従来より種々の原理に基づく大型ディスプレイが研究・発表されているが、近い将来において直視型 CRT の画質よりも優れた画質をもったディスプレイが出現する可能性は小さいと考えられており、大型直視型 CRT の開発要望が大変強かった。そこで、30 インチ CRT の設計・製造実績と、最近の著しく進歩した

CRT の設計・製造技術を用いて、世界最大の外径 40 インチ、アスペクト比 5:3 の高精細度カラー CRT および、この CRT を用いたディスプレイ装置の開発を行った。以下に 40 インチ CRT およびディスプレイ装置の開発における技術内容と試作結果・性能を記述する。

2. 基本仕様と開発経過

高品位テレビ用ディスプレイとしての基本的仕様は、NHK 技研によって多くの主観評価実験や信号処理・伝送上の問題を検討した結果、得られたものである。

高品位テレビ用ディスプレイとして、視覚心理上好ましい画面サイズ（垂直高）は少なくとも 0.5 m ³⁾⁴⁾（望ましくは 0.8 m ）とされているが、従来は 30 インチ管の 0.38 m が限度であった。著者らは、CRT の大型化に関して 1981 年末より具体的な検討を開始し、40 インチ（垂直画面径 0.5 m ）の可能性を得、1982 年末、科学万博関連機器の高品位直視型ディスプレイの仕様を提案し、科学万博協会に採用された。表 1 にハイビジョン用 40 インチ高品位ディスプレイの基本仕様を示す⁵⁾。具体的な設計試作の結果、1984 年 4 月に CRT を、5 月にディスプレイを完成した^{6)~8)}。

3. 40 インチ CRT の設計と性能

超大型 40 インチ CRT の開発において、技術的に大きな課題は、①ガラスバルブの大型化と強度、②シ

† 松下電子工業株式会社 電子管事業本部

†† 松下電器産業株式会社 テレビ事業部

††† 松下電器産業株式会社 中央研究所

†††† 旭硝子株式会社 管球硝子事業本部

“40 inch CRT Display for Hi-Vision” by Yushin Suzuki (Matsushita Electronics Corp., Electronic Tube Group, Osaka), Eiichi Taira (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Television Div., Osaka), Teruo Kataoka (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Central Research Laboratory, Osaka), and Toshio Taniguchi (Asahi Glass Co., Ltd., Glass Bulbs Div., Tokyo)

表 1 40 インチ高品位ディスプレイの基本仕様
Standard specification of High Definition 40 inch display.

走査線数	1125 本
インタレース	2 : 1
アスペクト比	5 : 3
ビデオ帯域	30 MHz
水平偏向周波数	33.716 KHz
垂直偏向周波数	59.940 Hz
解像度 (水平)	1000 TV 本
(垂直)	750 本
コンバーゼンス	デジタル方式
入力信号 (映像)	R, G, B または Y, Cw, C _N
(周期)	HD, VD または B.B
画面有効径 (MIN)	幅 830×高さ 490 mm
外形寸法	幅 1030×奥行 850×高さ 800 mm
重量	約 170 kg
消費電力	500 VA 以下

ャドウマスクおよび蛍光面の設計・製作, ③蛍光面と電子ビーム総合解像度確保などに加えて, ④実際に試作する設備, 条件等の検討が必要であった。

3.1 CRT 外径とガラスバルブ

高品位テレビ用ディスプレイとしての基本条件である垂直径 0.5 m, アスペクト比 5 : 3 から, ガラスバルブの対角外径を概算すると約 40 インチになる。

大型で, かつ, 横長の形状をもつガラスバルブは, バルブ外表面, 特に長辺の周辺部における静的真空ひずみの引張り応力が極めて大きくなり, CRT 加工工程中や完成後における部分的な温度変化で破損の危険性がある。ガラスバルブの形状と真空ひずみなどについて, 有限要素法によるコンピュータシミュレーションにより設計検討を進め, 真空ひずみの最大張力が, 現在のテレビ用 CRT なみの目標値 70 kg/cm^2 を達成した。図 1 に, 垂直 (Y), 水平 (X) 各軸におけるガラス表面における管軸方向の真空ひずみの計算値を示す。ファンネル部は, ガラス製造設備の都合で, 偏向ヨーク前端部近くで 2 分割して, フリット溶着する構造にした。この部分のガラスひずみは小さく安全であることが図 1 からわかる。この設計に基づき, ガラスバルブを試作し, 耐気圧テストも, 目標の 3.0 気圧・1 分間保持に耐えることを確認した。ガラス加工上, プレス成型のためのガラス量は, 20 インチカラー管の 5~6 倍を要し, ガラス加工部門, CRT 加工部門ともに, 諸設備はほとんど新作する必要があった。

また, 高精度のコンバーゼンスと白色均一性が充分得られるように偏向角を 90° とし, 電子ビーム解像度および輝度を得るために, 大口径電子銃の組み込みがで

図 1 40 インチ CRT の真空ひずみ応力特性 (計算値)

Surface stress distribution of 40 inch CRT (Calculated value).

きるようネック径を $36.5 \text{ mm } \phi$ とした。

3.2 蛍光面とシャドウマスク

球面状のフェースガラス内面に, 蛍光体ドットを三角形に配列する蛍光面構造により, 高解像度で, かつ, 画像が自然な感じで見えるようにした。また, 松下電子工業(株)が独自に開発した直接露光法によるブラックマトリックス蛍光面⁹⁾を採用することにより, ①明るさとコントラストを向上させ, ②シャドウマスクの強度を十分な値に設計でき, CRT 組立中や運搬中のマスク変形に起因する色むらなどを防ぐことができた。

蛍光体ドットのピッチ決定においては, 目標の解像度が得られ, しかも CRT の製作と安定動作が充分可能である値を検討しなければならない。特性値として, 解像度, モアレ効果およびシャドウマスクの強度があげられ, 以下に具体的検討の内容を記述する。

解像度 (空間周波数レスポンス: MTF) は, 蛍光体ドットトリオピッチ, ドットの大きさによるアパーチャ効果, 電子ビームスポットの大きさおよび視覚上の特性 (各々の MTF) の積として考えることができるが, ここでは視覚上の特性を除いて考える。

蛍光体ドットトリオ (または, シャドウマスクの孔) 解像度は, 配列ピッチによって決まり, MTF として定量的に表現できる。この資料では, ディスプレイとして実際の, 有効画面上の蛍光体ドットトリオピッチを用いる (以後トリオピッチと略記する)。

トリオピッチによる水平方向のMTFは、最大値、 $Y_{p\max}$ 、最小値 $Y_{p\min}$ および平均値 $Y_{p\text{mean}}$ がドット配列と入力信号との位相関係によって次式のように表せる¹⁰⁾¹¹⁾。

$$Y_{p\max} = \cos\{(\theta/2)\pi l(R/2V)\} \quad (1)$$

$$Y_{p\min} = Y_{p\max} \cos\{(\pi/2)(2-|\theta|)l(R/2V)\} \quad (2)$$

$$Y_{p\text{mean}} = \{\sin(\pi l R/2V)\} / \{\pi l R/2V\} \quad (3)$$

ここで、 l : 蛍光体ドット列の水平方向ピッチ

$$l = \sqrt{3}/2 \cdot a', \quad a': \text{トリオピッチ}$$

$$\theta: 2\{(V/l \cdot R) - [(V/l \cdot R) + 0.5]\}$$

[] はガウス記号

V : 画面の垂直有効径

R : 水平解像本数 (TV 本, 垂直径換算)

また、上記の式は孔列を無限小幅のスリットとして解析したものであり、実際には蛍光体ドット (ブラックマトリックスの孔径) の大きさによる広がりを考慮すべきである。蛍光体ドットが円形の場合には、アーチャレスポンス Y_a として、

$$Y_a = 2J_1(\pi d \cdot R/2V) / (\pi d \cdot R/2V) \quad (4)$$

ここで、 J_1 : 第1次のベッセル関数

d : 蛍光体ドット (発光部) の直径

したがって、前記のごとく蛍光面ドット配列によるレスポンス (MTF) は、 $Y_p \times Y_a$ として表せる。

一方、蛍光体ドット配列パターンと走査線との干渉によりモアレパターンが発生するが、画像への妨害が目立つのは、垂直方向のトリオピッチに関するパターンである。モアレを目立ちにくくするためには、①モアレ波長 λ を短くする、②変調度 M を小さくする、のいずれか一方、または両方の条件を満たす必要がある。これらの λ , M は定量的に次式で表すことができる¹¹⁾¹²⁾。

$$\lambda = \frac{1}{\left| \frac{2}{a'} - \frac{n}{2S} \right|} \quad (5)$$

$$M = \frac{2J_1(2\sqrt{2\sqrt{3}\pi\eta})}{\sqrt{2\sqrt{3}\pi\eta}} \exp\left(-\frac{\pi^2 D^2 n^2}{48S^2}\right) \quad (6)$$

$$\eta = \frac{2\pi r_0^2}{\sqrt{3} a'^2} \quad (7)$$

S : 走査線間隔

n : 正の整数で、走査線の空間周波に対する高調波の次数を表す。

偶数は、走査線のインタレースおよびペーリング時

奇数は、ペーリング時

r_0 : 蛍光体ドット (発光部) の半径

D : 電子ビームスポット径 (ガウス分布の5%値)

J_1 : 第1次ベッセル関数

上記の(5)、(6)式に40インチCRT寸法と高品位テレビの走査条件を入れると、図2にモアレ波長、図3にモアレ変調度を得る。

モアレ波長の短いトリオピッチ a' を図2から求めると、 $a' = 0.36 \text{ mm}$, 0.46 mm , 0.57 mm 付近の値が得られる。これら3種の a' について、他の条件を含めて考える。

$a' = 0.36 \text{ mm}$ の場合は、シャドウマスク孔加工中および完成CRT内でのシャドウマスク強度が充分得られない。また、 $a' = 0.57 \text{ mm}$ では、MTFの最小値が(2)式より800TV本(-6dB)となり、解像度不足となる。 $a' = 0.46 \text{ mm}$ の場合、1000TV本におけるMTFは、最小値-6dB、平均値-0.5dBが得られ

図2 モアレ波長特性
Moiré wavelength.

図3 モアレの変調度
Moiré modulation depth.

図 4 40 インチ CRT の蛍光面ドットのレスポンス
MTF of 40 inch CRT's phosphor dot trios.

る。このときモアレ変調度 M は図 3 に示すとおり、最も波長の長い (約 2 mm) A 点および 2 番目に長い波長 (0.7 mm) B 点に対して、ビームスポット径が 1.0 mm 以上であればモアレは目立たない。このスポット径の条件がビームの解像度条件を満たすことは次節に示す。

以上により $a' = 0.46$ mm とし、図 4 にトリオピッチおよびアパーチャ効果の MTF 特性を示す。

トリオピッチ a' が決まると、シャドウマスクの孔ピッチ a は、構造上の定数 λ を用いて $a = a'/\lambda$ とし算出され、 $a = 0.45$ mm となる。蛍光体ドットの総数は約 720 万個で、通常テレビ管の約 5 倍の画素をもつことになる。また、シャドウマスクの孔径は約 220 μm 、蛍光体ドット (マトリックス孔) の大きさは約 180 μm である。

シャドウマスクは、できる限り厚くして (0.2 mm) 完成 CRT 内での強度を十分に保ち、また、電子ビームによる熱を放散させるための表面処理を施して、大画面であるにもかかわらず CRT 動作時のシャドウマスク熱膨張による孔位置の変位を小さくして、マスク孔通過後の電子ビーム位置ずれによって起こる色むら現象を最小限にした。シャドウマスクの支持構造に関して、40 インチ横長のため、特に CRT の熱加工中に画面の 4 隅部分がねじれ変形を起こし易いので、特殊な 6 ピン支持構造を考案して問題の解決をはかった¹³⁾。CRT 管内に磁気シールドを組込み、例えば地磁気のような外部磁界によって起こる電子ビームのずれ量を少なくする手段を講じている。

3.3 電子銃

CRT の解像度を決めるもうひとつの要因として電子ビームスポットがある。ビームスポットの解像度としては小さい方が良いが、前節で記したとおり、モア

図 5 40 インチ CRT のビームレスポンス
MTF of 40 inch CRT's beam spot.

レパターンを目立ちにくくするため一定のビームサイズ以下にすることもできず、最適値にしなければならない。一方、40 インチ CRT の大型サイズでも、ディスプレイとしての輝度は、少なくとも 30 インチ CRT と同等にする必要がある。このため、蛍光面への電子ビーム必要電力は、30 インチ CRT の場合の約 2 倍必要になり、動作高圧の上昇と電子ビーム電流を約 2 倍にして対応した。

電子ビームスポットに関して、CRT の大型化に伴う電子レンズの投写倍率の増加、電流増加によるブルーミングと電子走行中の電子相互の反発効果などによるビームスポットの増大の問題を解決するために、次のような新電子銃を開発した。40 インチ CRT 用として、36.5 mm ϕ ネックで、一般に使用している酸化物カソードに対し 3 倍以上の高負荷の電流密度動作に耐える含浸型カソードを組込んだ、デルタ型 HI-BPF 電子銃の構造をもち、図 5 に示すようなビームレスポンス特性を得た。平均白色動作目標輝度の 1.5 倍である 75 cd/m^2 相当のときに、1000 TV 本 (-10 dB) が得られ、高品位テレビディスプレイとして充分応用できるレベルである。なお、このときのビームスポット径は約 1.1 mm であり、スポットの微視的輝度分布をガウス分布と仮定し、スポット輝度が 5% になる径をスポット径として計算したレスポンスとよく一致する。モアレの目立たない変調度を得る図 3 の条件 (スポット径 1.0 mm 以上) を満足し、試作管による実用画でも目立たない。完成電子銃の外観を写真 1 に示す。

3.4 偏向コイルと CRT 外部アクセサリ

偏向コイルは、ビームスポットのひずみが少く、コンバーゼンス補正が容易で、かつ電子ビームランディング特性の良い 2 分割巻 SS 型コイル¹⁴⁾の改善をはか

写真 1 新開発 HI-BPF 電子銃
Newly developed HI-BPF electron gun.

表 2 高品位ディスプレイ用 40 インチ CRT の仕様
Specification of 40 inch CRT for High Definition display.

1. 外形	
ガラスバルブ 対角	1,013 mm (40 インチ)
水平	908 mm
垂直	583 mm
全 長	775 mm
ネック 外径	36.5 mmφ
偏向 角	90°
重 量	約 90 kg
2. 蛍光面	
有効面最小値 対角	940 mm
水平	830 mm
垂直	490 mm
面 積	約 3,950 cm ²
アスペクト比	5 : 3
ドット配列	三角形
構造	ブラックマトリックス
蛍光体	P 22 希土類(赤) 硫化物(緑・青)
隣接ドットトリオピッチ	0.46 mm
ドットトリオ組数	約 240 万組
3. 定格	
ヒータ	6.3 V 0.57 A
陽極電圧(標準)	32 kV
全陽極電流(長時間平均値)	600μA
4. 性能	
解像度 (平均電流時)	1200 TV 本
輝度 白色平均	50 cd/m ²
白色ピーク	150 cd/m ²

った。このコイルは設計上、磁界分布の高次ひずみによる S 字ひずみを改善し、高精度の巻線分布をもち、組立保持用の樹脂枠の精度も向上させて、総合的に高

図 6 40 インチ CRT の外形寸法
Tube dimensions of 40 inch CRT.

写真 2 40 インチ CRT の外観 (右は 20 インチ CRT)
40 inch CRT (with 20 inch CRT at right).

精度偏向コイルを構成させた。

ネックコンポーネントについても、磁界分布ひずみの少ないものを新作し、特にラジアルコンバーゼンス補正部分には、僅かな磁界分布非対称によって発生するビームスポット形状の非対称性を補正するための永久磁石による調整機構を新たに開発、付加した。

3.5 40 インチ CRT の仕様

開発した、40 インチ CRT の仕様を表 2 に、外径寸法を図 6 に、40 インチ CRT を 20 インチ CRT と正

図 7 40 インチディスプレイの電気回路系統図
Block diagram of electric circuit for 40 inch CRT display.

面から比較して写真 2 に示す。

4. ディスプレイ回路

ディスプレイ回路は、高品位テレビ信号を処理し、また CRT を駆動して、高品位の画像を表示する動作をする。ディスプレイ回路の概略動作の系統を図 7 に示す。入力信号は、R、G、B 入力および Y、C_w、C_n 入力の 2 種の信号を SW 切換えにより選択できる。

4.1 ビデオ回路

ビデオプロセス回路は、コントラスト、輝度調整に加えて、アパーチャ補償回路を付加して伝送系および CRT の周波数特性の補償調整をする。今回開発のディスプレイでは、種々の実験をするため、25 MHz を中心に最大 20 dB の補償を可能にしているが、信号ノイズとの兼ね合せて、最適補正量の設定を信号に応じて行っている。

ビデオ出力回路は、CRT カソードの G、B、R を各々駆動する。30 MHz (±0.5 dB) の平坦な周波数特性をもち、終段にカスケード接続増幅回路を用いて 80 V_{p-p} の映像出力を得ている。

4.2 偏向および高圧発生回路

水平偏向回路では、偏向周波数が 33.716 kHz と従来テレビの 2 倍以上なので、回路電力が増大する。回路電力の分散と表示画像の安定化をはかるため、水平偏向回路と高圧発生回路を各々独立させたセパレート方式を採用した。

ラストの左右部糸巻ひずみは、水平偏向回路の駆動

電源電圧を垂直偏向周波数に同期したパラボラ波形で変調し、水平偏向鋸歯状波電流の振幅変調を行うことにより補正している。また、ラストの上下部糸巻ひずみの補正には、従来テレビと同様に、垂直偏向コイルに直列接続したリアクタトランスを、水平偏向回路からの信号で駆動するリアクタトランス方式を採用した。

高圧発生回路は、水平偏向周波数と同じ 33.716 kHz で動作させ、フィードバック回路により 32 kV の安定した出力電圧を得ている。電流 2 mA までの変動は 100 V 以内で、従来テレビの高圧発生回路の約 1/10 に抑制して、ラスト振幅、コンバーゼンス、フォーカスの安定化をはかっている。

4.3 コンバーゼンス回路と外部磁界の補正

CRT が大型であるためコンバーゼンス回路には、精度と安定度の良い特性が必要であり、アナログ式とデジタル式を組合せた回路を新しく開発した。表 3 と図 8 に仕様概略とブロック図を各々示す。

まずアナログ式では、各色のコンバーゼンスコイル

表 3 デジタルコンバーゼンス方式の仕様
Specification of digital convergence.

調整点	水平 11×垂直 9
電子化	8ビット
補間法	水平：平滑 垂直：直線内挿
補正動き	R/G アンプ、R/G 差動 B ラジアル、B ラテラル

図 8 コンバーゼンス回路系統図
Block diagram of convergence circuit.

写真 3 高品位テレビ(ハイビジョン)用 40 インチディスプレイ
40 inch display unit for High-Definition TV "Hi-Vision".

にパラボラ電流を給電して 1 次の (平均的) 補正をする。

つぎに、CRT 画面各位置に対応した補正量をデジタル化し、メモリーに記憶させて任意の波形を得て、前記のパラボラ波に重ね合わせる。アナログ回路での補正電流は最大 2 Ap-p まで可能であり、デジタル回路でさらに 1 Ap-p まで付加補正することができる。2 方式の組合せにより、ビット当りの補正量と調整点間の内挿処理による誤差を小さくでき、総合精度を走査線間隔の約 1/2 まで向上させることができた。

また、コンバーゼンス補正ヨークのラジアル補正部分に前記 3.4 節の磁石補正機構を開発、付加している。

なお、ディスプレイユニット内の CRT フェースパネル外周部には、CRT の管軸方向の外部磁界により、電子ビームが回転して起こる色むらを微調整するた

め、管軸方向に磁界を発生させる簡易な磁界補正コイルを取付けている。前面の調整ツマミにより定電流電流を調節して、色純度の微調ができる。

4.4 ガラスチューブの安全性について

40 インチ CRT のガラスバルブの静的強度は、前記のとおり通常テレビ用管と同等であるが、急激な熱ショックや外部からの機械的な破壊力に対しては、さらに安全をはかるべきと考える。CRT 自体を、リム補強とボンド補強の組合せ構造にし、外部からの破壊力に対し充分安全であることを実験的に確認した。さらに、ディスプレイ装置の前面には、外力に対し突き抜けやガラス片の飛散しない合わせガラスを特別に開発して取り付け、二重の安全対策をほどこした。開発したディスプレイの外観を写真 3 に示す。

5. む す び

高品位テレビ用として、世界最大のサイズで、また現時点で最も良質の画像を表示できるハイビジョン用 40 インチ直視型 CRT およびディスプレイ装置の開発ができた。

さらに、40 インチをこえる超大型 CRT については、計算上は可能性が原理的に存在するとしても、実際に試作するためには、ガラスバルブの強度、加工や CRT 部品の大寸法化など、組立加工上の困難な問題が多い。一般のディスプレイ用 CRT としては、今回開発の 40 インチが今後も大きさの限度と考えられる。

これらの技術成果は、科学万博での高品位テレビ展示をはじめとして^{15)~17)}、ハイビジョン実用化に寄与するだけでなく、表示品質の良いことから、データ表示など特殊用途を含めた産業ディスプレイとして広い応用が期待される。

おわりに、開発企画時から、ご指導とご協力をいただいた NHK 放送技術研究所の藤尾所長はじめ関係の諸氏、また、開発の機会を与えられ多くの助言をいただいた松下電子工業(株) 細越副社長、松下電器産業(株) 西馬取締役、末光中央研究所長、旭硝子(株) 寺門取締役はじめ関係の諸氏に感謝いたします。

(昭和 60 年 5 月 30 日受付, 昭和 60 年 7 月 24 日再受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 竹田, 鈴木, 平: “ディスプレイ装置”, テレビ誌, **36**, 10, pp. 926-935 (Oct., 1982)
- 2) 細越, 市村: “高精細度カラーブラウン管の研究開発”, 放送文化基金報告書, 昭 49・50, (I), pp. 134-137 (1975)
- 3) 林: “高精細度テレビジョン”, テレビ誌, **28**, 9, pp. 686-691 (Sep., 1974)
- 4) 藤尾: “高品位テレビ研究開発の現状と将来”, NHK 技研創立記念講演会予稿, 昭 57.6 (1982)
- 5) (財)NHK エンジニアリングサービス: “直視形大形 CRT ディスプレイ装置”, 国際科学技術博覧会協会計画書, 昭 58.3.31 (1983)
- 6) 鈴木: “40 吋 CRT ディスプレイ”, NHK-ES セミナー, pp. 6/1-6/12, 昭 59.10.16 (1984)
- 7) 鈴木, 平, 藤沢, 谷口: “40 吋 CRT ディスプレイ”, テレビ学技報, 電子装置委員会資料, ED 832, pp. 43-48 (Dec., 1984)
- 8) S. Asizaki, Y. Suzuki: “40” CRT Display”, Denshi Tokyo, 23, pp. 108-112 (1984)
- 9) 細越, 吉田: “高精細度カラーブラウン管”, テレビ学技報, 電子装置委員会資料, 150 (Feb., 1974)
- 10) 大石: “モザイク形画像装置の空間周波数特性”, テレビ学技報, 固体画像研究会, 47 (Feb., 1970)
- 11) 平林, 中本: “高精細度受像管”, テレビ誌, **30**, 5, pp. 369-376 (May, 1976)
- 12) P. G. J. Barten: “Theorie des Moiré bei Schatten-Masken Earbbildrohren”, Valvo Berichte, **XV**, pp. 79-92 (Nov., 1969)
- 13) 鈴木, 柏原: “カラー受像管”, 公開特許公報, 昭 60-109144 (1985)
- 14) 倉本, 岩崎, 鴻巣: “高精細度カラー管用偏向ヨーク”, テレビ学(他)技報, 無線技術研究会, RE 77-17, pp. 25-30 (Feb., 1977)
- 15) 杉本, 岩崎: “40 形高品位カラーディスプレイ装置”, テレビ学技報, 電子装置委員会資料, ED 821, pp. 43-48 (Nov., 1984)
- 16) T. Fujio: “High-Definition Television Systems”, Proc. IEEE, **73**, 4, pp. 646-655 (Apr., 1985)
- 17) 福田, 藤原: “40 形高品位テレビ用カラー受像管”, 東芝レビュー, **40**, 5, pp. 437-440 (1985)