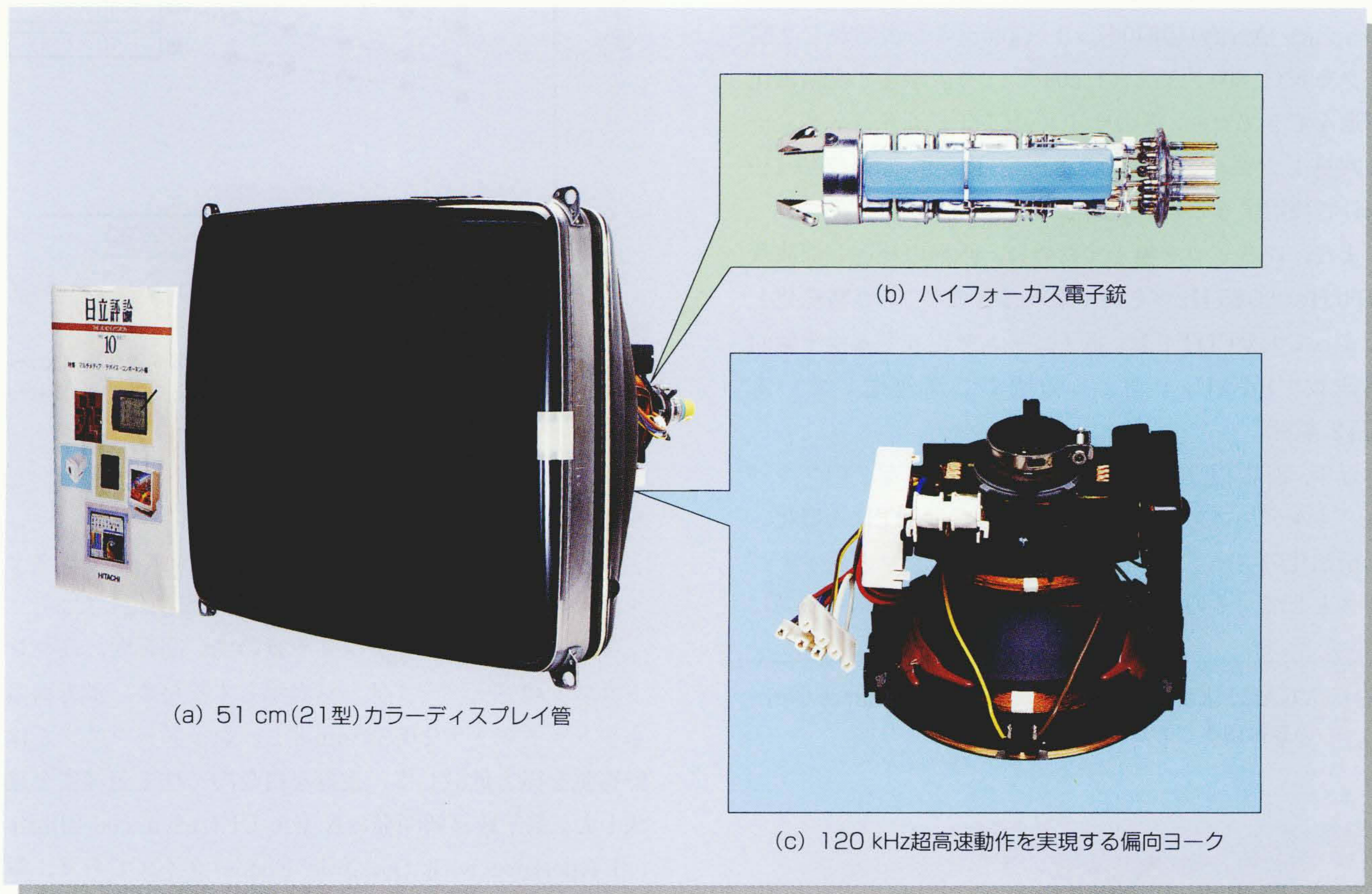


2 Mピクセル表示51 cm(21型)カラーディスプレイ管

51-cm 2 M-Pixel Color Display Tube

吉見 功* Isao Yoshimi
白井正司* Shôji Shirai
桜井宗一** Sôichi Sakurai



2 Mピクセル表示51 cmカラーディスプレイ管

新開発のハイフォーカス電子銃と超高速走査を可能にした偏向ヨークの採用、シャドーマスクでの熱膨張の低減やドット蛍光面構造の最適化により、良好な白色均一性と2 Mピクセル以上の表示性能を実現した51 cmカラーディスプレイ管を開発した。

パソコンの高性能化、低価格化に伴ってヒューマンインタフェースであるディスプレイモニタに対する大型化、高精細化のマーケットニーズが増大している。パソコンの中には汎用ワークステーションをしのぐ2 Mピクセル(1,600ドット×1,200ライン)の表示性能を持ったものまで製品化されてきている。

これに対応して、水平走査周波数30 kHzから100 kHz以上のワイドレンジにわたって、多様な表示モードと豊

かな表現力を合わせ持った、アナログ表示デバイスである大型高精細カラーディスプレイ管を製品化した。

この製品は、(1)ハイフォーカス電子銃の開発、(2)100 kHzを超える超高速走査を可能にしたS/S(Saddle-Saddle)偏向ヨークの採用、(3)シャドーマスクでの熱膨張の低減、(4)高解像度化に優れているドット蛍光面構造の最適化により、良好な白色均一性と、2 Mピクセル以上の表示性能を実現している。

1. はじめに

コンピュータ用キャラクタディスプレイ端末の表示デバイスからスタートしたCDT(Color Display Tube: カラーディスプレイ管)のニーズは、パソコンやワークステーションの普及に伴って著しく増大している。

ディスプレイの表示モードは、VGA^{※1)}(Video Graphics Array)の640ドット×480ライン表示から2Mピクセル(1,600ドット×1,200ライン)表示まで高精細化が進んできており、どのサイズのCDTでもドットピッチに対応した最大表示密度2.8~4.3ドット/mm(70~110 dpi)で使用するのが一般的である(図1参照)。

また、フリッカを無くすために、画面の繰返し周波数は60 Hzから85 Hzへと高くなってきており、高精細化と相まって大型CDTでは、電子ビームを走査する水平偏向周波数が107 kHzを超える領域まで高速化している(図2参照)。

近年、液晶TFT(Thin Film Transistor)などのフラットパネルディスプレイが台頭する中で、CDTは大型化、高精細化のニーズに対応しうる唯一のアナログ表示デバイスとして、その表現力の豊かさ、多様な表示モードに

※1) VGAは、米国International Business Machines Corp.の登録商標である。

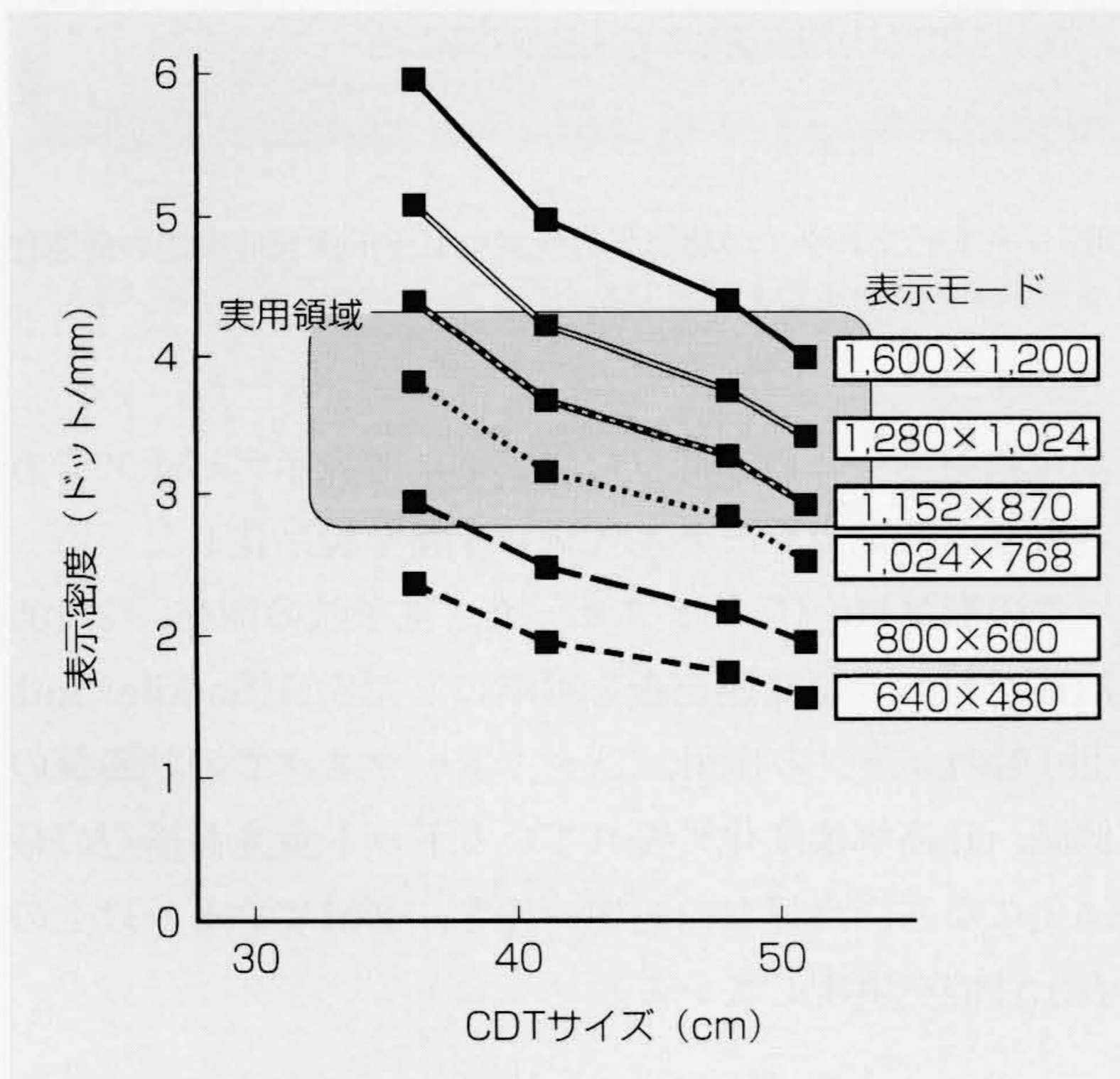


図1 サイズ別表示モードと表示密度

実用性の面から2.8~4.3ドット/mm程度の表示密度での動作が一般的である。CDTサイズの二乗に比例して表示情報量が増加している。

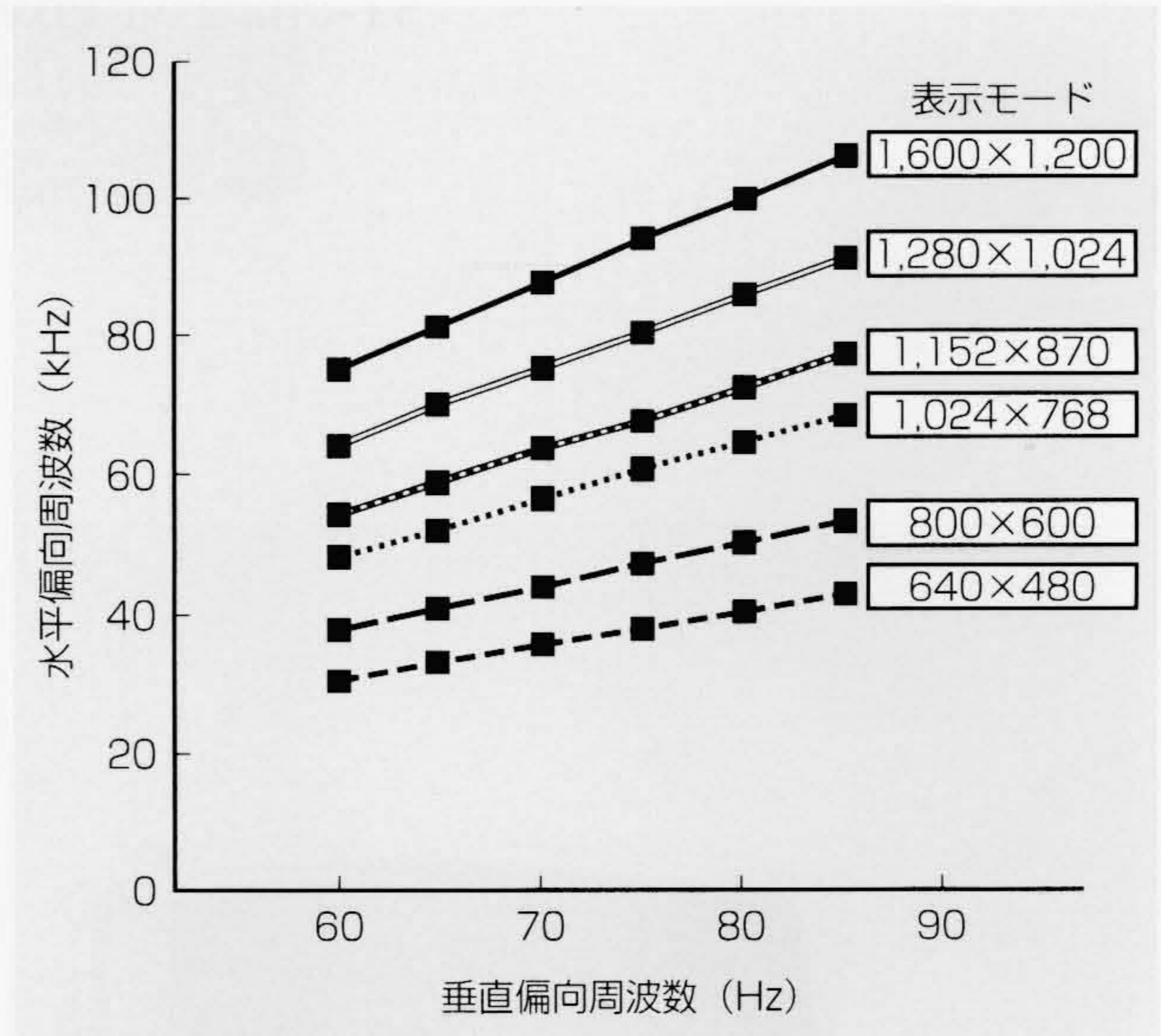


図2 表示モードと偏向周波数

高解像度化とハイリフレッシュ化により、水平偏向周波数は30 k~107 kHzに及んでいる。アナログ表示デバイスであるCDTは、これらの領域にあるすべての信号モードを表示することができる。

対応可能な特徴を生かして発展している。

このような状況から、A3サイズの画面に2Mピクセル以上の表示能力を持つ51 cm CDTを製品化した。

2Mピクセルの情報をフリッカの無い高輝度、高コントラストのペーパーイメージ表示とするため、蛍光面の水平ドットピッチを0.22 mmとし、シャドーマスクでは熱膨張を極力低減して、良好な白色均一性と色純度を達成した。電子銃は新開発のA-EA-DF(Advanced Elliptical Aperture with Dynamic Focus)タイプであり、偏向ヨークは水平偏向感度を従来比10%改善して100 kHzを超える動作を可能とし、良好なコンバーゼンスとひずみ特性を両立させた新S/Sタイプを採用した。

ここでは、製品化した51 cm 2Mピクセル表示カラーディスプレイ管の特徴と、このために開発した新技術について述べる。

2. 設計仕様および新技術

表示密度一定の使い方をするCDTでは、大型化に伴う技術内容がサイズに比例して指数関数的に高度なものになる。新製品と従来製品の主要仕様比較を表1に示す。

このCDTの製品化にあたっては、大型化に伴う技術課題をクリアするために以下の新技術を採用した。

2.1 蛍光面構造

蛍光面は、ストライプ構造よりも高解像度化で優位なドット構造を最適化し、2Mピクセル以上の表示を可能

表1 主要項目の新旧比較

新製品は新技術の導入により、高解像度・省電力化の面で性能が大きく向上している。

項目	新製品	従来製品	備考
品名	M51LEQ180X(U)	M51KHC170X	—
サイズ	51cm	51cm	—
偏向角	90度	90度	—
ネック径	29.1mm	29.1mm	—
全長	447.5mm	447.0mm	—
表面処理	AR-ASC	ARコート	—
蛍光面水平ピッチ	0.22mm	0.24mm	—
蛍光面垂直ピッチ	0.16mm	0.14mm	—
最大解像度	1,760ピクセル	1,610ピクセル	表示幅：400mm (レスポンス：0.1)
電子銃	A-EA-DF	EA-DF	—
フォーカス電圧	26%	24%	—
ダイナミックフォーカス電圧	650V	500V	—
ヒータ定格	6.3V/320mA	6.3V/680mA	—
シャドーマスク	Biコートアンバー	アンバー	—
偏向ヨーク	新S/S	スーパーS/S	—
水平偏向電力指数	16.2mHA ²	18.0mHA ²	陽極電圧：27.5kV

注：略語説明

AR(Anti Reflection), ASC(Anti Static Coat)

とした。すなわち、解像度面で余裕のある垂直ピッチを拡大し、最高解像度を決めている水平ピッチの量産性が確保できる限界まで縮小している。

水平・垂直それぞれのピッチを従来のCDTの0.24・0.14mmから0.22・0.16mmとし、解像度を10%向上さ

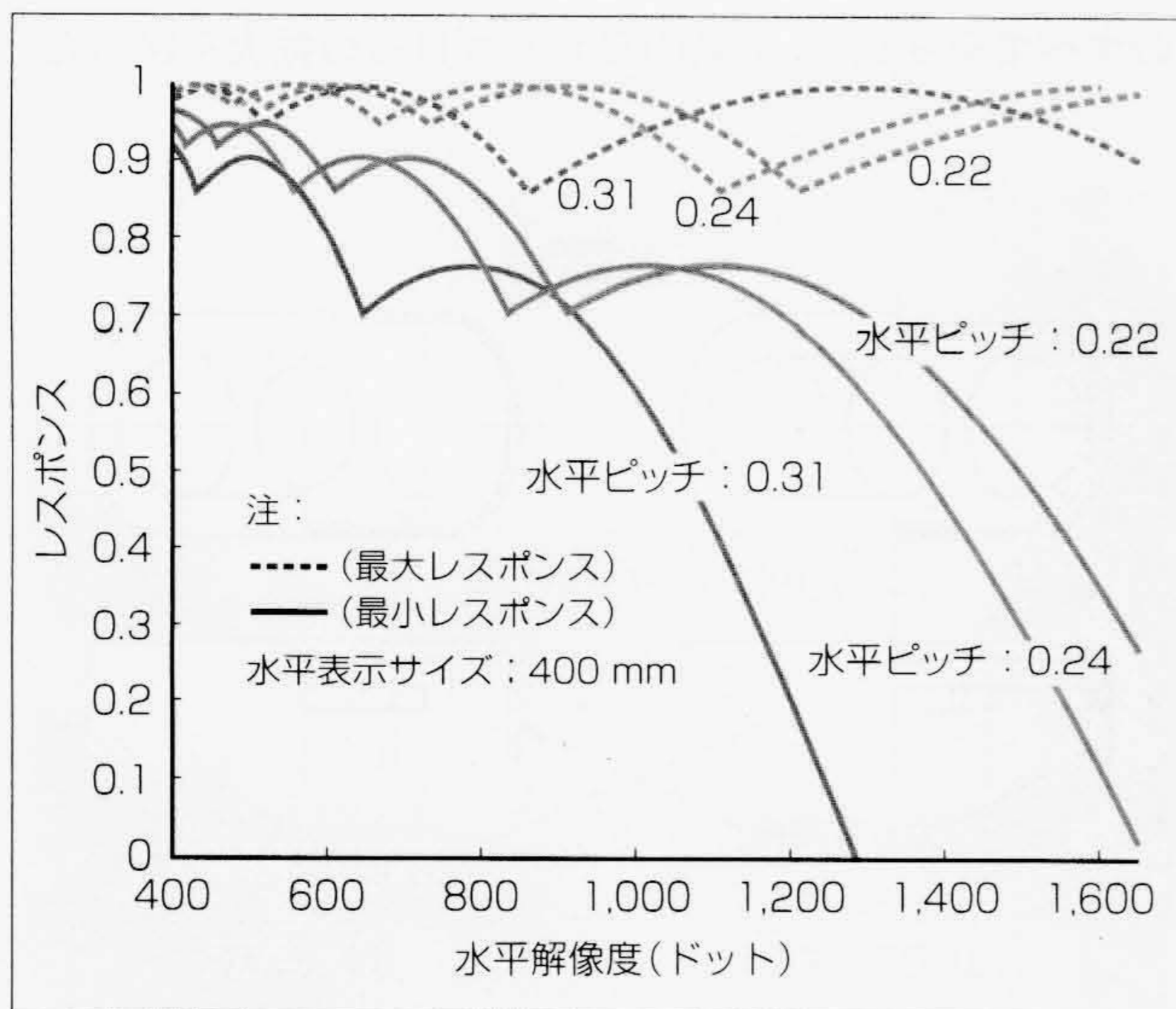


図3 ドットピッチと解像度

蛍光面ドットと表示信号の位相状態によらないで1,600ドットの解像限界(レスポンス0.1)を実現するには、0.24mm以下のピッチが必要である。

せた。

電子ビームのランディング裕度を確保するため、水平ピッチの縮小に伴って蛍光面のBM(Black Matrix)ドット水平径も縮小した。ただし、蛍光面の発光効率の低下を避けるために垂直ドット径を拡大し、蛍光面でのBM透過率を一定とした。このため、蛍光面ドットは縦長の円形状となっている。

水平表示サイズ400mmでの水平方向表示ドット数とレスポンスの関係を水平方向ピッチをパラメータとして図3に示す¹⁾。同図から、レスポンス0.1の解像限界で1,600ドットを表示するには、蛍光面水平ピッチは0.24mm以下が必要になることがわかる。

新ドット構造および表示例を、テレビ用途として一般的なストライプ構造の例と比較して図4に示す。

2.2 シャドーマスク

シャドーマスク組立では、シャドーマスクの熱膨張による色純度劣化防止のために膨張率の低いアンバー材を使用するとともに、シャドーマスクの裏面にビスマスをコーティングすることによって不要電子ビームを反射して温度上昇を防いでいる。また、シャドーマスクを支持するフレーム材も低膨張の特殊鋼を採用することにより、シャドーマスク組立の熱膨張を極力低減した。

さらに、アンバー材の材料そのものを改善し、シャドーマスクの有効面全域にわたるおのおのの孔の孔径均一性を向上させた。

この結果、画質の滑らかさを向上させるとともに、補正レンズの精度向上によって理想的な蛍光体ドット位置を実現し、良好な白色均一性を得ることができた。

2.3 ハイフォーカス電子銃

CDTの解像度向上には、シャドーマスクピッチの低減に加えて、画面上のビームスポット径の縮小が必要である。そこで、従来の電子銃よりもフォーカス特性を向上させたハイフォーカスA-EA-DF電子銃を開発した。

2.3.1 従来の電子銃の構造

従来の大型CDTに採用してきたEA-DF(Elliptical Aperture with Dynamic Focus)電子銃の構造を図5に示す²⁾。EA-DF電子銃の主レンズ部は、EAレンズ構造³⁾になっている。EAレンズは、3本の電子ビームを通過させる、単一の大口徑開口部があるカップ状電極と、カップ状電極内に配置した各電子ビームそれぞれを通過させる円開孔を持つ円アパーチャ電極で構成している。EAレンズの口径は、円筒レンズに換算するとφ8mmとなり、従来の円筒レンズ口径φ5.5mmに対して45%拡大

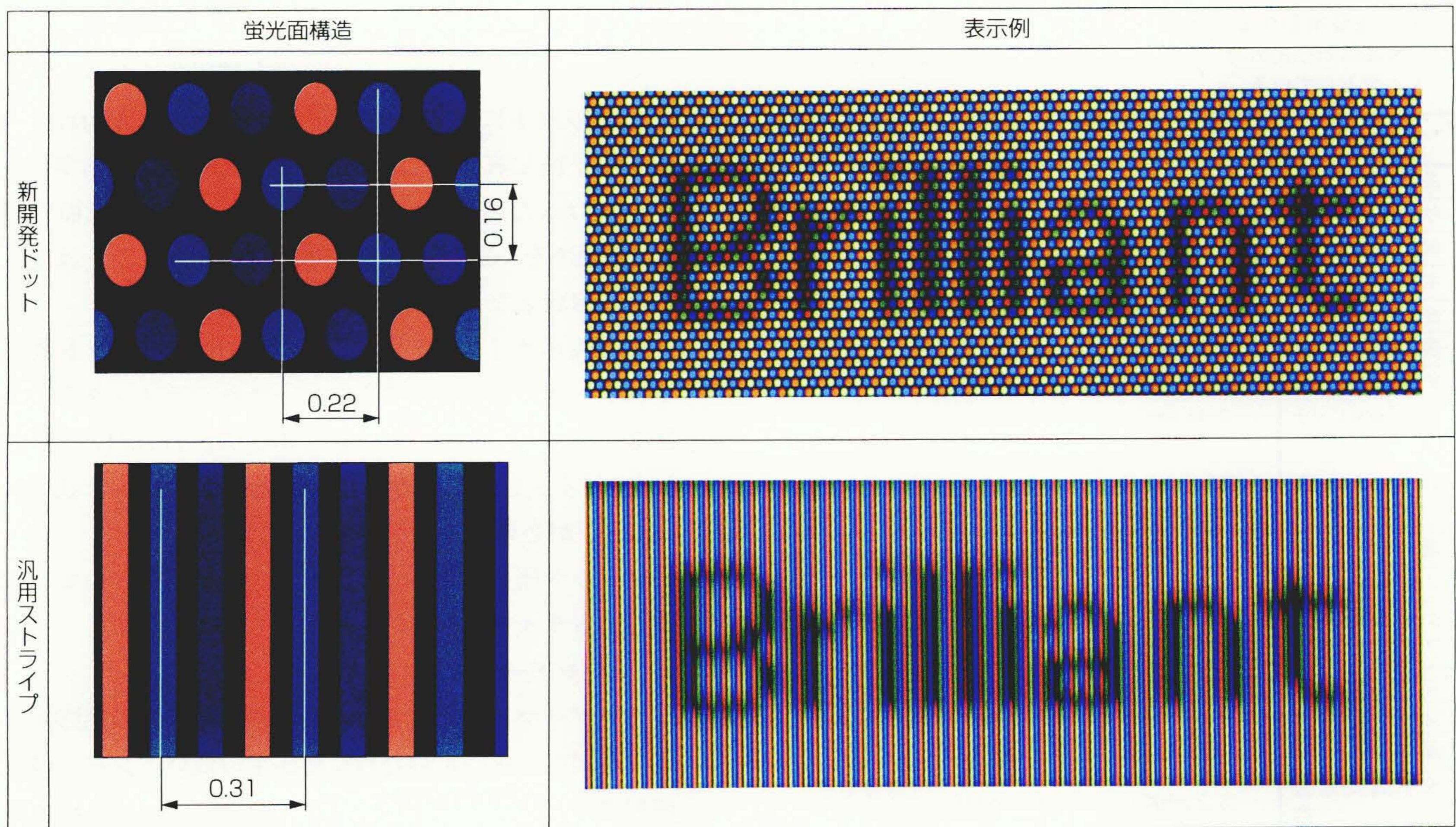


図4 蛍光面構造と表示例

新開発のドット構造では、BMホールをだ円化することにより、発光効率を低下させることなく高解像度化を実現している。

している。この結果、EAレンズの球面収差は従来の円筒レンズの30%にまで低減している。

EA-DF電子銃では、G5-1電極とG5-2電極の間に四重極レンズを形成している。ビーム偏向に同期して変化するダイナミックフォーカス電圧(dVf)をG5-2電極に印加し、四重極レンズ強度をダイナミックに変化させることによって偏向収差を補正する。この偏向収差補正により、画面周辺の解像度を大幅に向上させている。

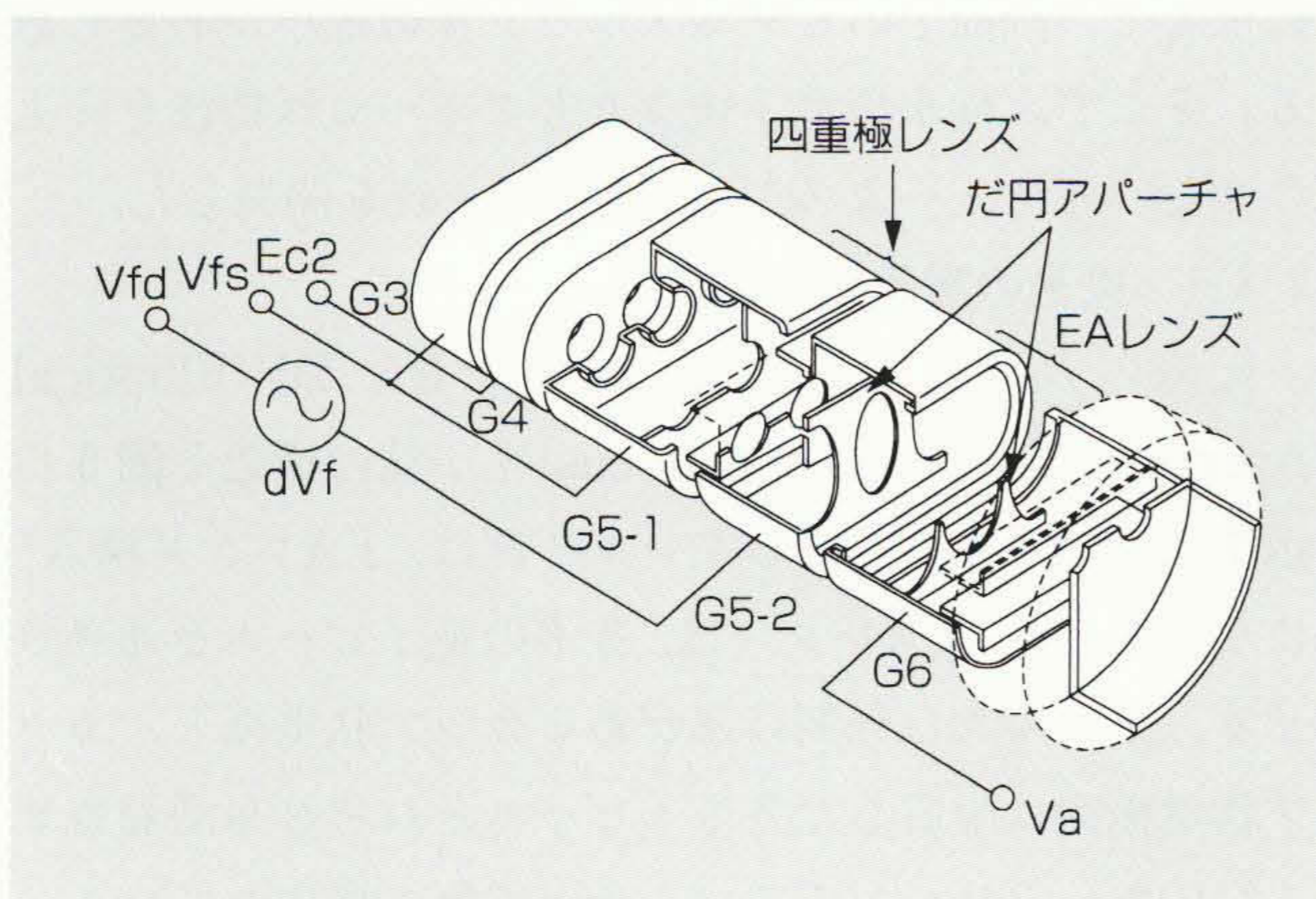


図5 EA-DFの電子銃の構造

主レンズをEAレンズ構成とし、さらに四重極レンズを内蔵して偏向収差補正を可能にすることによって解像度の向上を実現した。

新開発のA-EA-DF電子銃では主レンズと四重極レンズ構造を改善し、フォーカス性能の改善を図った。

2.3.2 主レンズの改良

EAレンズ部の電極正面図と平面図を図6に示す。A-EA-DF電子銃では、だ円アーチャー電極の位置(電極開口部からの距離D5, D6)、およびだ円開孔の半径寸法のすべてを変更し、実効的なレンズ口径の拡大を図った。

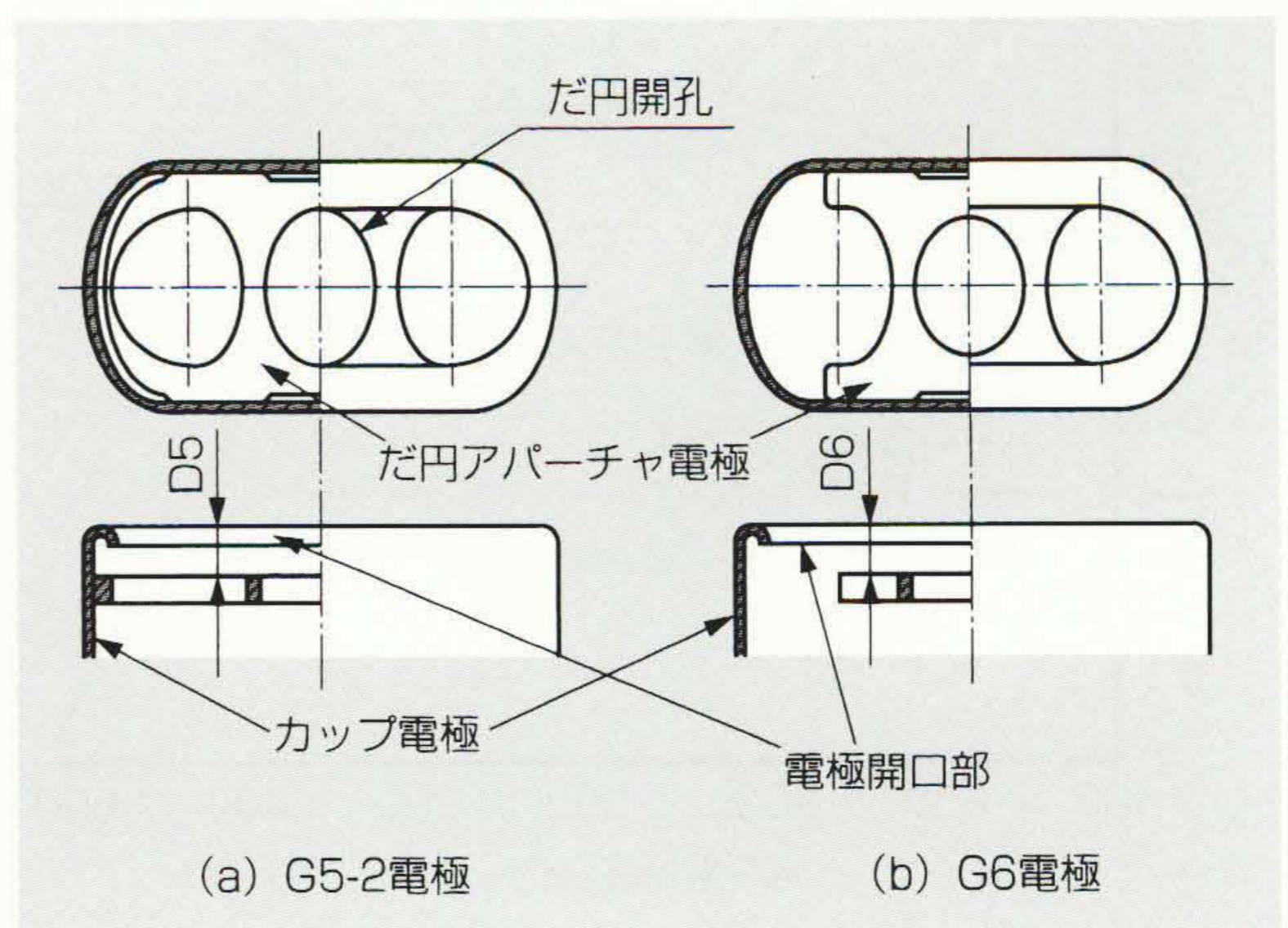


図6 EA主レンズの構造

EA主レンズの構造を示す。単一の大口徑開口部を持つカップ電極内部の、深さD5, D6の位置に、だ円開孔を持つだ円アーチャー電極を配置している。

これら設計パラメータの数は非常に多いため、設計にあたっては三次元電子ビームシミュレータを活用した。

一般に、D5、D6が大きいほど、実効的なレンズ口径は大きくなる。しかし、D5、D6が大きすぎると、センタビームと両サイドビーム間で画面上でのフォーカス条件が一致しなくなる。この結果、どちらか一方のビームは画面上で最適フォーカス条件から外れ、解像度劣化を招く結果となる。A-EA-DF電子銃では、D5、D6を可能なかぎり大きくすることにより、従来のEA-DF電子銃に比べて主レンズ口径を8.0 mmから8.5 mmに増大させ、球面収差を低減させている。

2.3.3 G5-1電極長の延長

主レンズ口径を拡大し、さらに球面収差低減効果を引き出すため、フォーカス電圧と最終加速電圧の比 V_f/V_a を従来の24%から26%に高めている。このため、A-EA-DF電子銃ではG5-1電極長を5 mm延長して大幅なフォーカス改善を実施している。

2.3.4 四重極レンズの改良

従来のEA-DF電子銃と、新開発のA-EA-DF電子銃の四重極レンズ部分の構造比較を図7に示す。A-EA-DF電子銃では四重極レンズを水平電極とアパーチャ電極の間に、従来のEA-DF電子銃ではこのレンズを水平電極と垂直電極の間にそれぞれ形成している。いずれもネック管内壁からの電界の侵入を防ぐため、四重極レンズをシールド電極内に形成している。A-EA-DF電子銃では、垂直電極の削除によって構造を単純化することができた。

EA-DF電子銃の四重極レンズでは、サイドとセンタビーム間でレンズ強度を合わせづらいという問題があった。図7からわかるように四重極レンズでは、サイドビームに対してシールド電極の側壁と水平電極の間で生じ

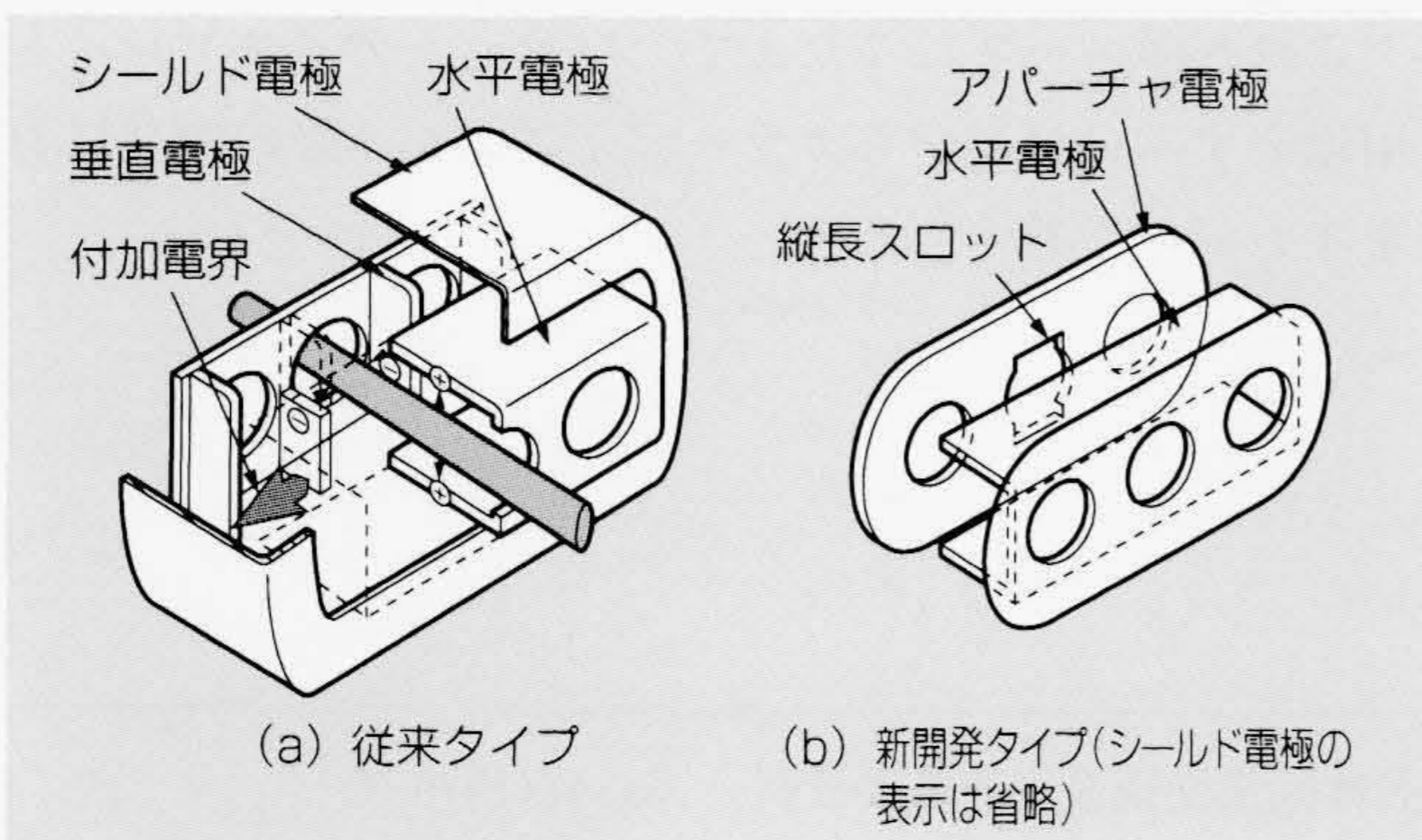


図7 四重極レンズ構造比較

新開発タイプの四重極レンズは従来タイプに比較して垂直電極を除くことによって構造を単純化し、さらに縦長スロットを設けて、センタ、サイドレンズ強度を一致させた。

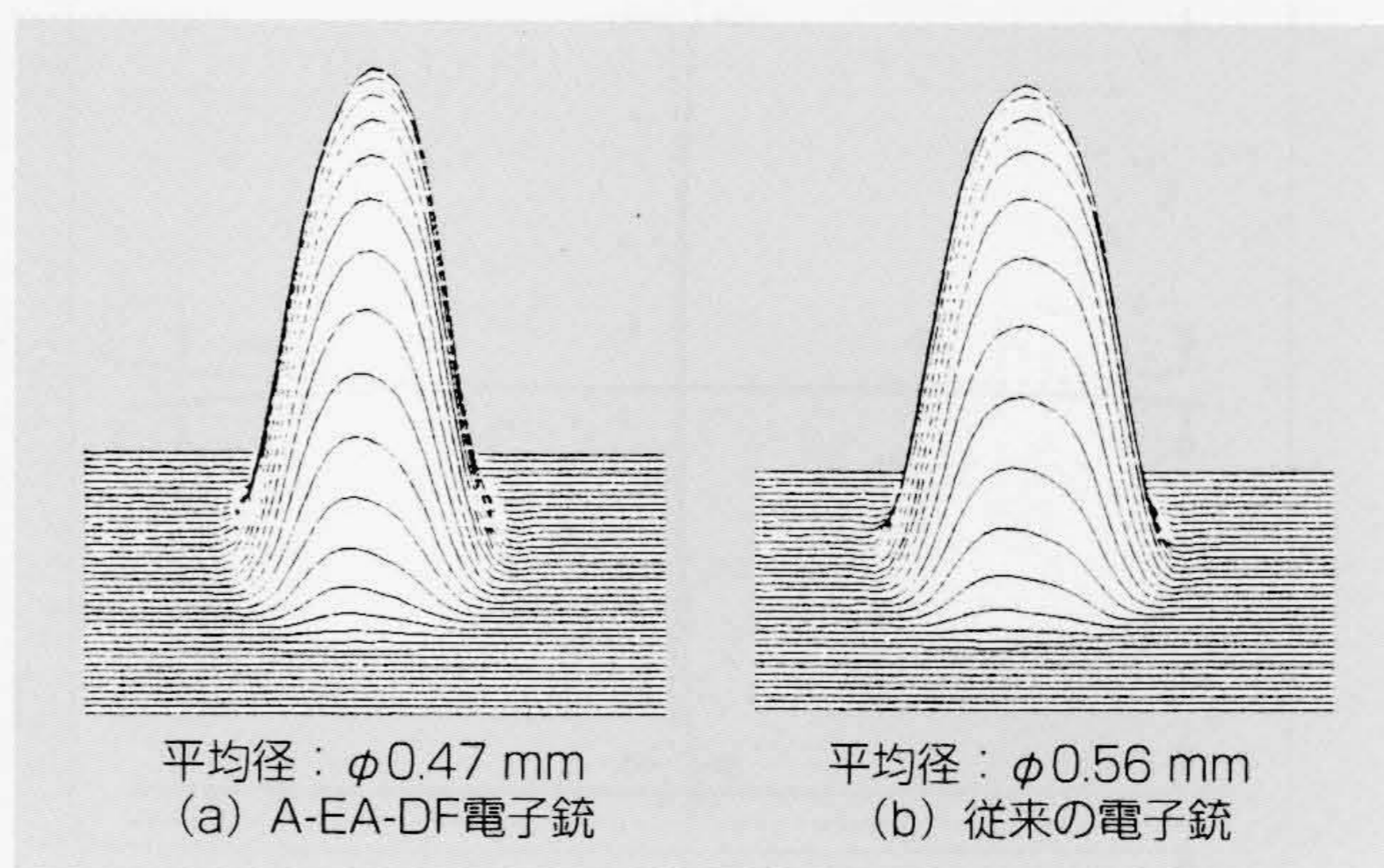


図8 フォーカス性能比較

ビームスポット径を従来比15%改善し、2 Mピクセル表示でのペーパーイメージの高画質を実現した。

る付加的な四重極電界のため、センタビームよりもレンズ強度が強くなる。これは画面周辺での解像度劣化につながる。

そこでA-EA-DF電子銃では、センタビームの四重極レンズを構成するアパーチャに縦長のスロットを設けた。このスロットは、4重極レンズ強度を強める効果を持つため、センタとサイドそれぞれの四重極レンズ強度を一致させることができた。

2.3.5 電子ビームスポットサイズ

従来のEA-DF電子銃と新開発のA-EA-DF電子銃のフォーカス性能を比較したものを図8に示す。A-EA-DF電子銃では、大電流領域でのビームスポット径を従来のEA-DF電子銃に比較して約15%低減することができた。

2.4 偏向ヨーク

新開発の偏向ヨークは、最高水平偏向周波数120 kHzの超高速動作を可能とするため、水平偏向の高感度化を実施している。表示画面全域にわたって高品位な画面性能を達成するため、偏向磁界磁路長を確保する中で偏向感度の低下を最小限にとどめた最適設計としている。この結果、コイルの巻線分布を最適化し、画面ひずみとコンバーゼンス特性を高レベルで両立させることができた。さらに、水平偏向周波数が30 kHzから120 kHzとワイドレンジとなるため、コンバーゼンス特性の周波数依存性を低減した設計としている。

従来のS/Sタイプの偏向ヨークでは、ネック側に装着した8極リング状コアで水平偏向磁界のネック側への噴き出しをシールドし、水平・垂直偏向中心差を大きくすることによってトリレンマ^{※2)}を最小にした設計としていた。新開発の偏向ヨーク⁴⁾では、シールド磁界を水平偏向に有効に寄与させ、トリレンマを垂直偏向に同期して

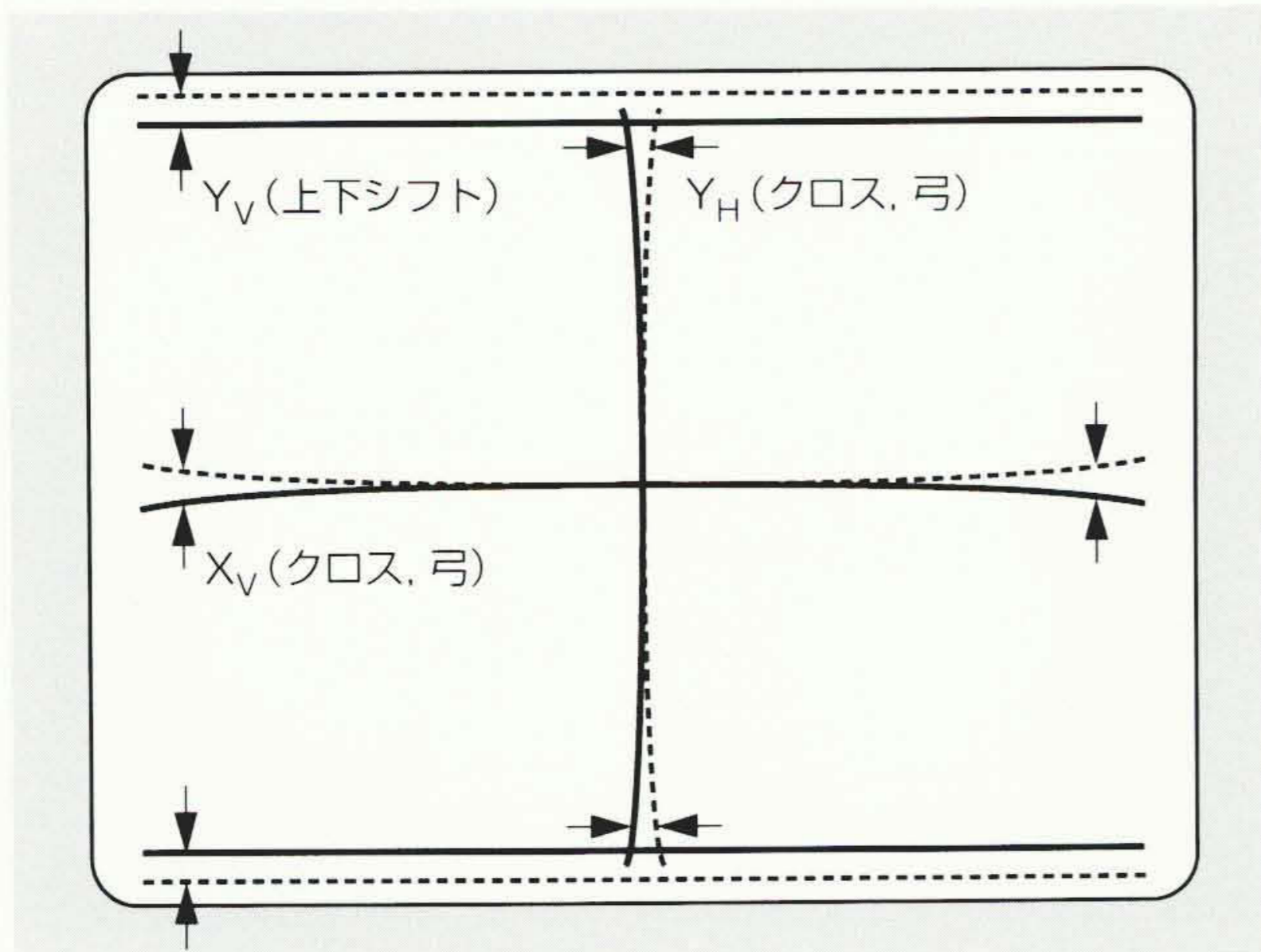


図9 コンバーゼンス補正機能

コンバーゼンス補正回路を搭載することによって軸上基本成分の補正が可能となっている。モニタなどの外部要因でのばらつきを最小に調整することができる。

ダイナミックに最適補正することにより、偏向感度を従来比で10%改善した。さらに、偏向ヨーク構成部品の耐熱グレードを高めることにより、偏向ヨーク水平コイル部の最大許容温度を向上させた。これにより、120 kHz超高速動作を実現することができた。

コンバーゼンスの高精度化を図るために、水平偏向コイルは精密スリット巻を採用し、多機能コンバーゼンス補正回路を搭載している。このコンバーゼンス補正回路では、ワイドレンジマルチスキャンを前提に温度特性を十分に考慮したものにしている。これらの補正機能は、それぞれのモニタで回路、地磁気などからの影響差でコンバーゼンスの軸上基本成分が変化しても高精度に補正することができ、最終モニタでのダイナミックコンバーゼンス性能を良好に保つことが可能である。コンバーゼンス補正機能を図9に示す。

一方、画面ひずみでは、モニタ内蔵回路で補正が困難な画面上下での横線ひずみの品位を確保するため、偏向ヨークの開口側フリンジコイルの一部をネック側に逆巻

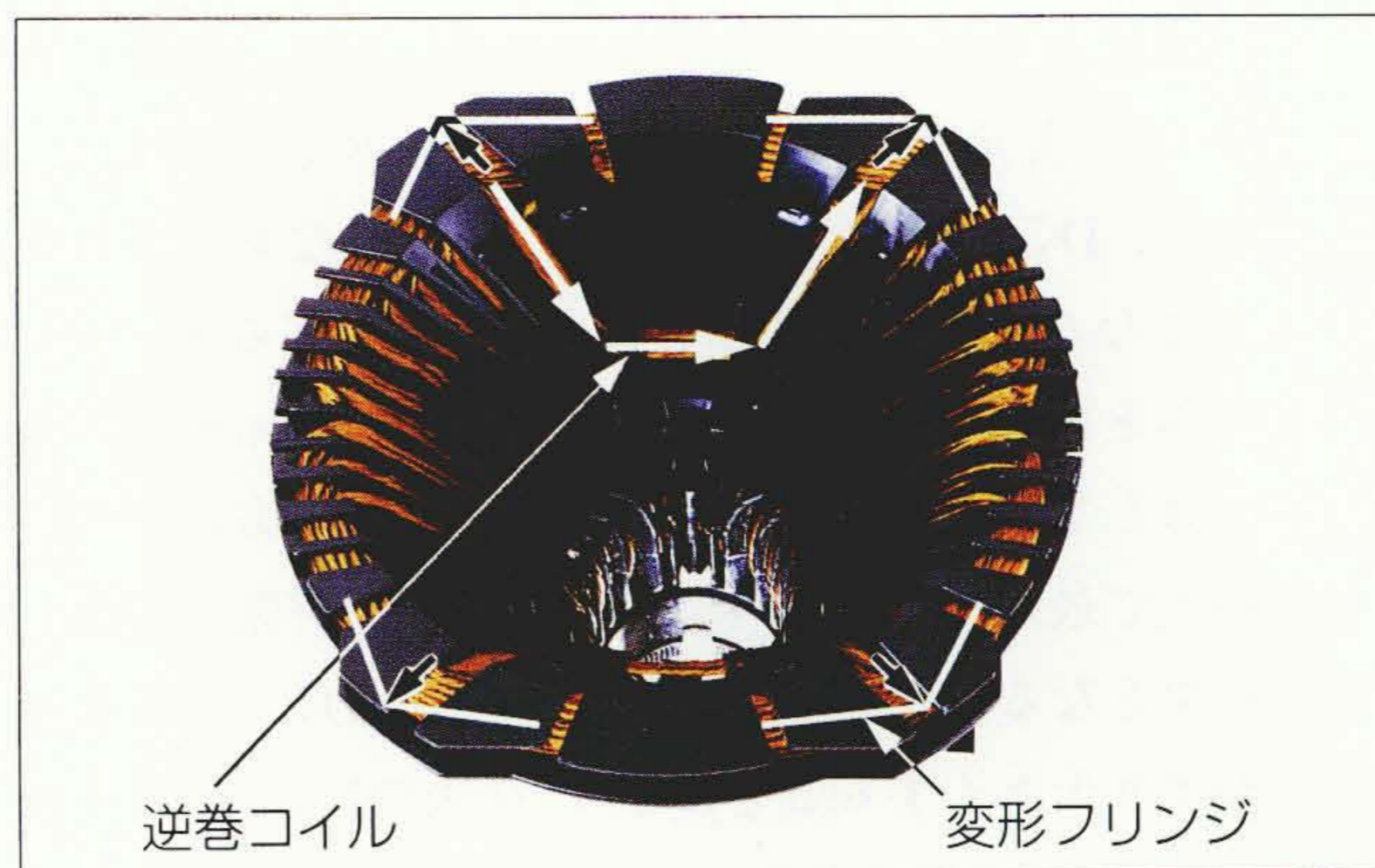


図10 偏向ヨーク開口部構造

水平コイル開口側の磁界分布を最適化し、良好なコンバーゼンスとひずみ特性の両立を実現した。

する「逆巻コイル」と、水平偏向コイル開口側の変形フリンジを組み合わせ、偏向ヨーク開口部の磁界分布を最適化した(図10参照)。この結果、画面コーナ部に発生する局部的な横線ひずみ(ガルウイングひずみ)を低減し、良好なコンバーゼンス特性との両立を実現した。

また、水平偏向コイルの上部コイルと下部コイル間のパルス電圧差を低減した巻線方式を採用することにより、ワイドレンジの水平偏向周波数(30 k~120 kHz)でもリングングの発生を抑制し、高品質な画面を実現している。

3. おわりに

ここでは、30 kHzから120 kHzの周波数範囲であらゆる信号タイミングで動作可能な、最高表示ドット数2 Mピクセル以上の性能を持つ51 cmカラーディスプレイ管について述べた。

今後は、ディスプレイの表現力をさらに高めるために高解像度化が進むとともに、マルチメディア対応のために画面の高輝度・高コントラスト化が要求されると考える。

これらのニーズにこたえて、フラットディスプレイと用途をすみ分けながらカラーディスプレイ管の開発に力を注いでいく考えである。

※2) トリレンマ：軸上縦線のミスコンバーゼンスをゼロにしたときの、コーナ部に残留する横線のミスコンバーゼンス

参考文献

- 1) 大石：モザイク形画像装置の空間周波数特性，テレビジョン学会固体画像交換装置研究委資料，No.47(1970-2)
- 2) S. Shirai, et al. : A Rotationally Asymmetric Electron Lens with Elliptical Apertures in Color Picture Tubes, Proceedings of SID, Vol.25, pp.171~175(1984)
- 3) M. Miyazaki, et al. : Development of EA-DF Electron Gun, ITEJ Tech. Report, Vol.EID88-64, pp.17~24(1989)
- 4) 福間，外：51 cm超高精細カラーディスプレイ用高機能偏向ヨーク，'94テレビジョン学会年次大会，No.1-4, 7~8(1994)