

高解像度ディスプレイ用ブラウン管の開発

Development of High Resolution Display Cathode Ray Tube

齊藤駿次* *Shunji Saitô*

阿部勝男* *Katsuo Abe*

Recently demand on high resolution display cathode ray tubes is on a steady increase, as their merits have come to the notice of the concerned. Hitherto, except for some special purposes, 20 mm dia. small neck general purpose monochrome tubes of labor saving type have been in use frequently for common display purpose, while most high resolution cathode ray display tubes on market today are of 36 mm dia. thick neck type which lacks interchangeability with general purpose CRT. A 14-type 90° deflected 20 mm dia. neck high resolution display tube, recently developed at Hitachi, is interchangeable with general purpose CRT used for display purposes. This new display tube is capable of displaying 2,000 letters, each with 7 x 9 dots. Its fluorescent screen employs P31 fluorescent material and ensures high brightness light output.

1 緒言

ブラウン管(以下、Cathode Ray Tube: CRTと略す)が、コンピュータ端末表示装置に代表されるディスプレイデバイスとして使われてから久しい。最近、ディスプレイデバイスとして各種方式が発表されているが、CRTは入力に対する応答速度が速いことから、今後とも有力なデバイスとして使われるものと考えられる。

一般にディスプレイ用CRTには、高解像、高鮮鋭度特性が要求されるが、従来は特殊用途のCRTを除き、ほとんどのディスプレイに汎用の白黒CRTを流用していた。最近、

コンピュータの普及に伴い、IBM3270の端末表示装置に代表される、高品位画質のディスプレイに対する認識と需要が高まってきた。

現在、市場に出ている高品位画質のディスプレイCRTは、36mmφ又は29mmφネック、50度又は70度偏向であり、汎用CRTとの互換性がない。我々は汎用CRTとの互換性を考え、20mmφネック90度偏向のディスプレイ用CRTの開発に着手した。20mmφの細ネックで高品位画質を達成するのは困難であるが、けい光面、偏向磁界の影響、偏向ディフォーカスなどの基礎的な特性を検討し、実用上満足できる特性(14形球で7×9ドットの文字を2,000文字表示できる)を得たので報告する。

2 ディスプレイ用CRTに必要な特性

表示情報を的確に認識するには次のような特性が必要である。

- (1) 輝度が的当でコントラストが高いこと。
- (2) 解像度(鮮明度も含む)が高いこと。
- (3) 表示面全体に一様なフォーカス特性をもつこと。
- (4) 発光色が眼疲労の少ないものであること。
- (5) 保守が容易で節電形であること。

3 設計方針

(1) 外形

現在、最も多くディスプレイ用として使われている汎用CRTは偏向電力の少ない20mmφネック90度偏向であり、これらのCRTとの互換性を考えて、20mmφネック90度偏向とした。

画面サイズは、市場動向が14形から17形のを必要とする傾向にあるため、20mmφの細ネックとのかねあいから14形を採用した。

全長については計算及び実験球による確認によれば解像度が像倍率 M (クロスオーバ、主レンズ間距離と主レンズ、けい光面間距離の比)により図1のようになるので、電子銃の長さ

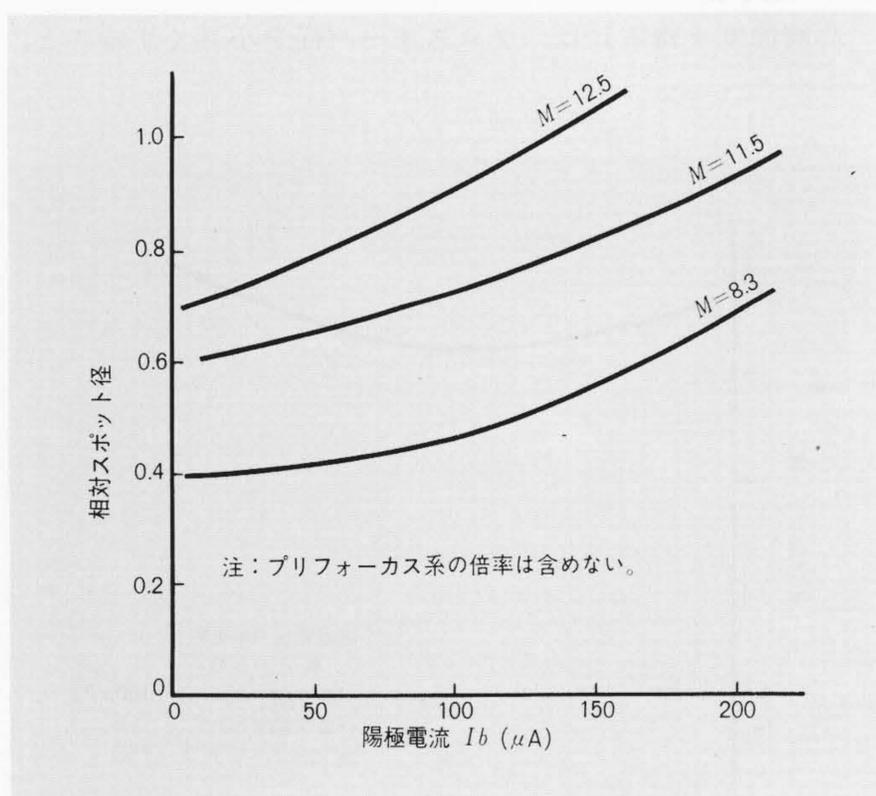


図1 像倍率と解像度特性 像倍率が解像度特性に影響を与えることを示したものである。

Fig. 1 Resolution of CRT as a Function of Image Magnification

* 日立製作所電子管事業部

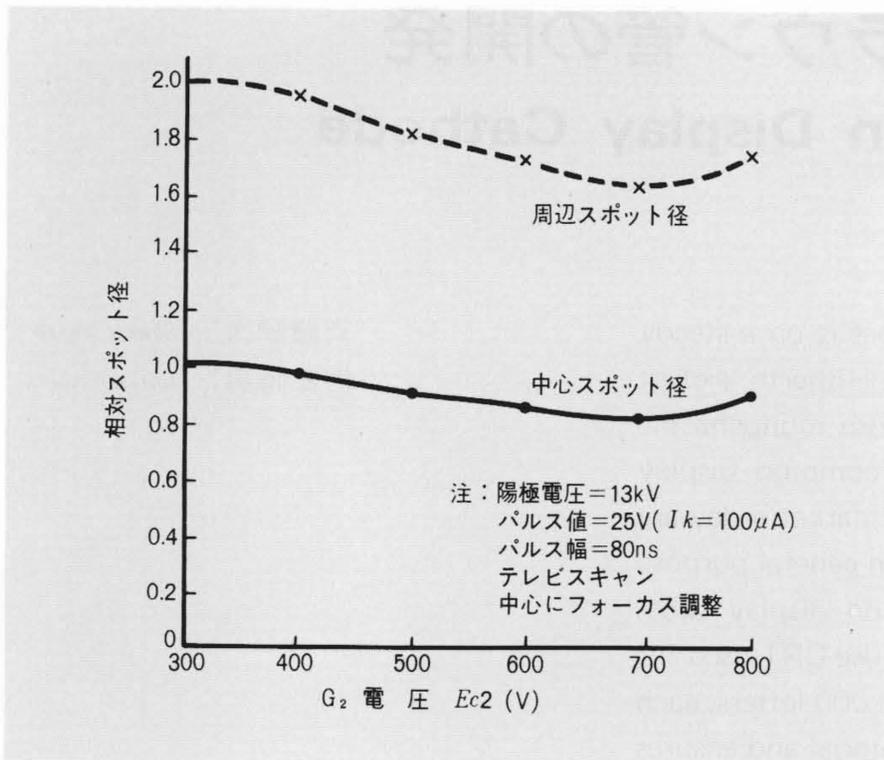


図2 G₂電圧と解像度特性 G₂電圧を変えたときの解像度特性の変化を示したもので、プリフォーカス効果の良い所を示す目安となる。

Fig. 2 Resolution of CRT as a Function of Grid No. 2 Voltage

などを考慮し、極力像倍率が小さくなるよう設定した。

(2) 電子銃構造

一般に、高解像度ディスプレイ用CRTには、バイポテンシャル形が多く採用されるが、集束電圧が高く保守、運用の面で難があり、全面フォーカス特性も悪い。

そのため構造が若干複雑になるが、全面フォーカス特性が良く、運用の簡単なユニポテンシャル形を採用した。

(3) 陽極電圧

輝度、解像度の面からは、高いほうがよいが、保守、X線漏洩などを考慮し、常用13kV、最大16kVに設定した。

(4) G₂電圧

K-G₁-G₂系では一般にビーム速度が遅く、ビーム反発力、

電極の収差及び外部磁界の影響を受けやすい。高解像度を実現するには、G₂電圧をできるだけ高く設定し、これらの影響を除く必要がある。

実際に、G₂電圧に対する解像度特性は、ビームリミッティング効果を加味してより近軸のビームのみを使用する場合には図2のようになり、G₂電圧が高いほど良くなる。極小値を示すG₂電圧は、G₃電圧との比に依存するプリフォーカス系の最良点であるが、プリフォーカス系はG₂とG₃間隔でも最良調整できるため、ソケットの耐圧特性⁽¹⁾から500Vに定めた。

(5) ヒータ定格

市場に出ているディスプレイ専用CRTのヒータ定格は、欧米、国内とも6.3V-150mAが主流である。しかしながら、ディスプレイに流用されている20mmφネックの汎用CRTは、ほとんど12V-75mAであり、これらとの互換性とトランジスタ回路に12Vの電源を採用していることを考慮し、12V-75mAに定めた。

(6) 目標性能

IBM3270端末表示装置に代表されるように、14形では2,000文字の表示能力が要求される。文字表示法の主流であるドット方式で2,000文字を表示するには、横方向80文字、縦方向24文字として、7×9ドットの文字構成で文字間スペースも含めると、720ドットを表示しなければならない。14形の画面サイズから、必要解像度はスポット径で0.33mmφとなる。

しかしながら文字を表示した場合、必ずしも理論スポット径でなくても、実用上十分な解像度特性が得られる。そのため、目標解像度は実用輝度(30~50ft-L)において0.33mmφのスポット径とし、最終的には、実用性から解像度を規定した。

全面フォーカス特性については、高品位画質のディスプレイ用CRTの特性を参考にして、周辺/中心スポット径比を1.2程度に設定した。

4 設 計

4.1 電子銃

高解像度を得るには、クロスオーバー径を小さくすること、

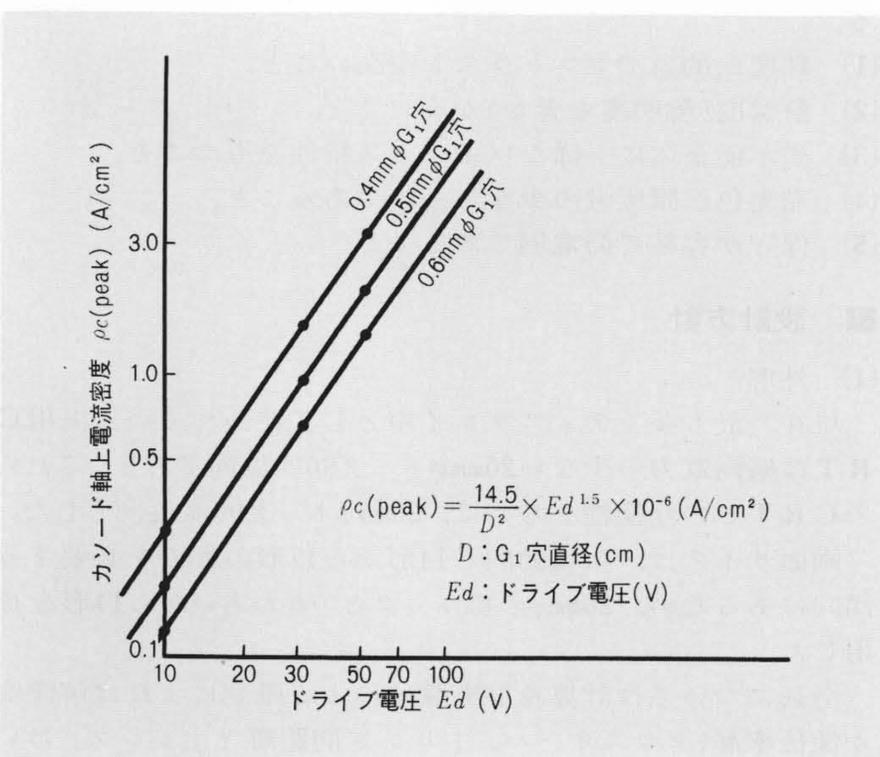


図3 G₁穴径とカソードローディング特性 G₁穴径を小さくするとカソードローディングが増加することを示した図である。

Fig. 3 Peak Emission Density at the Cathode Center as a Function of Grid No. 1 Hole Diameter

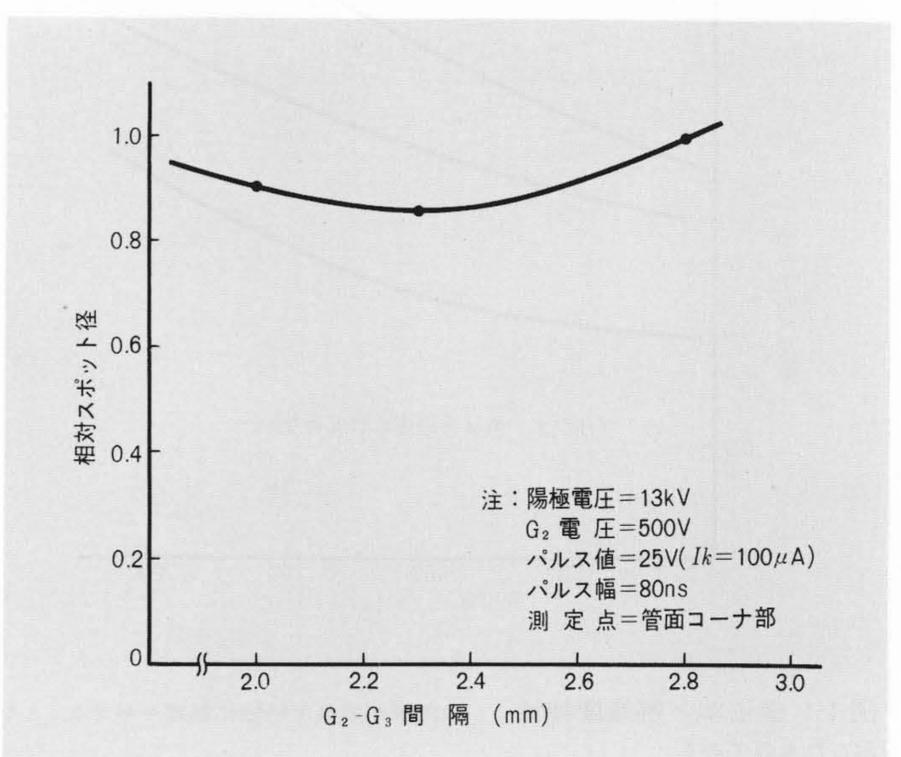


図4 G₂-G₃間隔と周辺解像度特性 G₂-G₃間隔を変えたときの解像度特性を示す。プリフォーカス効果の良さをチェックする目安となる。

Fig. 4 Corner Resolution of CRT as a Function of Grid No. 2-Grid No. 3 Distance

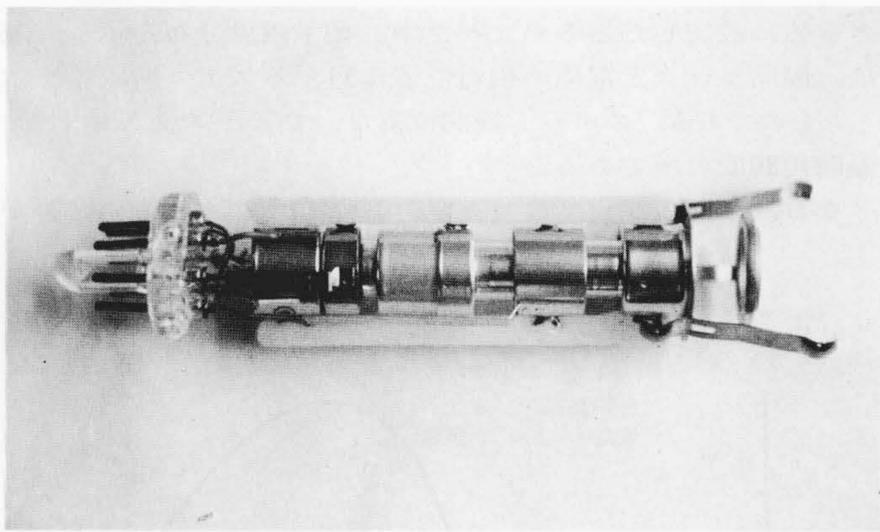


図5 高解像度CRT用電子銃 高解像度ディスプレイ ブラウン管の電子銃外観を示したものである。

Fig. 5 Electron Gun of High Resolution CRT

集束及び偏向による収差を少なくするため、ビームの発散角を小さくする必要がある。特にユニポテンシャル形の電極構成を採用する場合には、各電極部品の工作精度と電子銃の組立精度の影響が大きいので、十分な注意が必要である。以上のことを配慮しながら、基本的には汎用CRTに使われている電子銃を改良する方向で開発を進めた。

(1) K-G₁-G₂系

解像度を左右するクロスオーバー径は、ほぼG₁穴径に比例する。G₁穴径を小さくすれば解像度は良くなるが、一方カソードローディングは、G₁穴径が小さいほど大きくなり、カソードの寿命を短くする。従って、G₁穴径はカソードの能力で規定される。

現在、CRTに使われているオキサイドカソードの能力は、温度1,000°K付近で動作させる場合は最大2A/cm²程度まではあるが、G₁穴径に対するカソードローディングは図3のようになり⁽²⁾、本CRTの実用ドライブ電圧20~30V (*I*_k(peak) = 200μA)では、0.35mmφ程度が限界となる。このため、従来の経験を考慮しG₁穴径を0.4mmφに定めた。

G₂穴径は小さいほど解像度は良くなるが、部品精度、組立精度によりG₁穴との偏心が生じ、解像度が悪くなる場合もあるため、G₁穴径より大きい0.56mmφに定めた。

カソードとG₁、G₁とG₂電極の間隔は、カットオフ電圧特性と、カソードの動作時の伸び及び組立精度から定めた。

(2) G₂-G₃系

この系はプリフォーカス系と称するレンズ系を形成する。レンズ強度を適度に設定することにより、ビーム発散角を小さくしビーム透過率を良くすることができる。レンズ強度は、電極電圧が定まれば電極構造と電極間隔で定まる。レンズを強くしすぎると収差が生じ解像度に悪影響を与えるが、構造は汎用CRTで実績のあるいわゆるノーズ形を採用し、図4に示す検討により、フォーカス特性の良い電極間隔に設定した。

G₃-G₄-G₅系は、汎用CRTの電極構造をそのまま採用した。最終的な電子銃構造は図5に示すとおりである。

4.2 全面性の検討

全面フォーカス特性を悪くする偏向ディフォーカスの要因として、次の項目が考えられる。

(1) 偏向ヨークの不均一磁界によるもので、たる形磁界と糸巻形磁界の影響でそれぞれ、ビームが縦方向と横方向に伸び

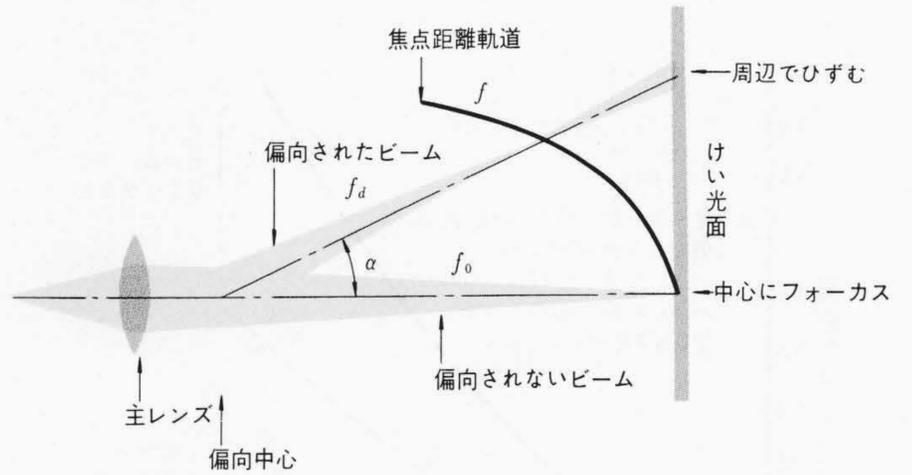


図6 偏向によるスポットのひずみ 偏向角が大きくなると、焦点距離が変わるため、スポットがひずむ。その様子を模式的に示した図である。

Fig. 6 Deflection Defocusing of CRT

るもの。

(2) 均一磁界でも、ビームが偏向部である太さをもつため、例えば水平に偏向したとき、ビーム左右端に働く力が異なる。このため偏向角が大きくなるにつれて図6のように焦点距離が短くなり、周辺でビームが水平方向に伸びる⁽³⁾。

(3) 偏向ヨークの磁界が入口、出口でわん曲していることにより、例えば水平に偏向したとき、ビーム上下端に働く力が異なるため、(2)と同じように周辺でビームが上下方向に伸びる⁽³⁾。

(1)はヨークの特性に依存し、均一な磁界を形成したときには図7のような効果が認められる。(2)(3)については、偏向部でのビーム径を細くすることにより改善できる。そのためG₃電極部にビームリミッタを採用した。

ビームリミッタの穴径は、ビーム利用率とのかねあいでは0.50mmφとした。全面フォーカス特性に対するビームリミッタの効果を図8に、また、図9にこのときのビーム利用率(けい光面電流/カソード電流)を示した。

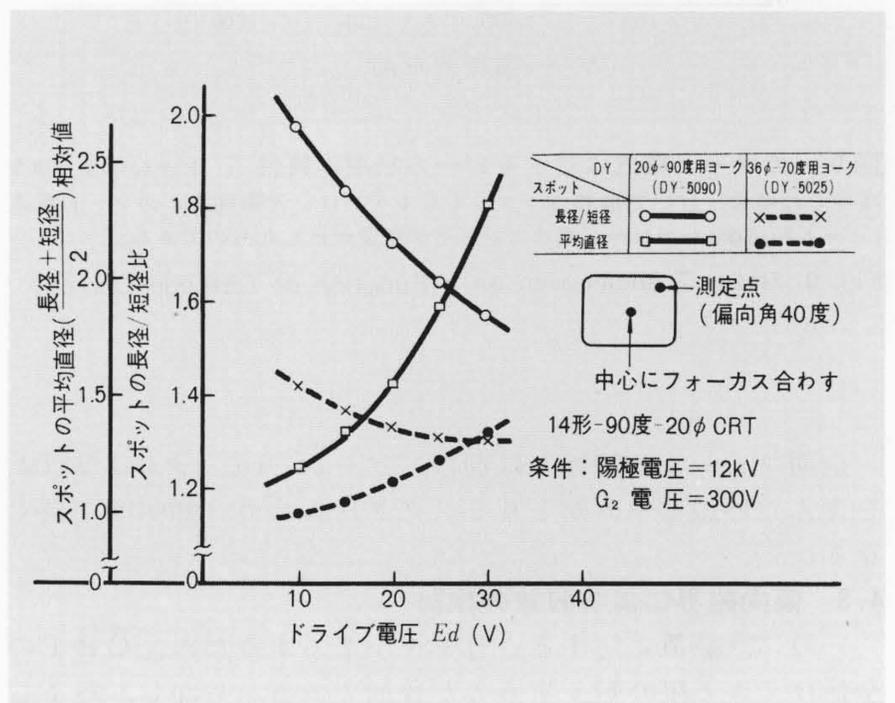


図7 偏向ヨークとスポットひずみ 偏向ヨークの特性によりスポットのひずみが変わることを示した図で、偏向ヨークの径が大きいものはスポットひずみが小さくなる。

Fig. 7 Influence of Deflection YoKe Characteristics upon the Deflection Defocusing

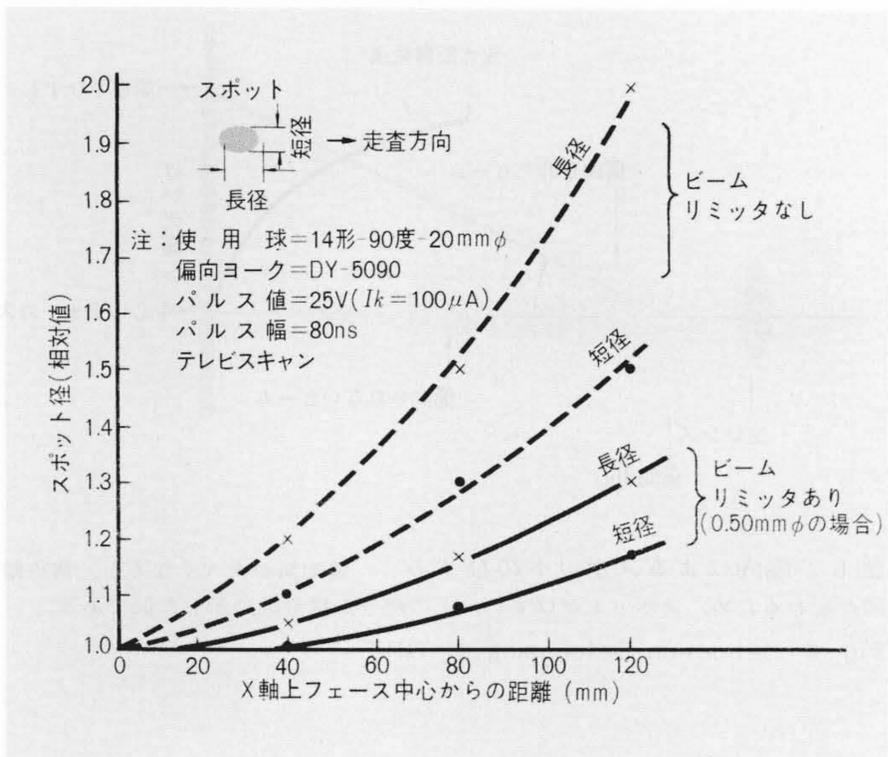


図8 全面フォーカス特性に対するビームリミッタ効果 ビーム径が太いと、偏向によるビームのひずみが大きくなる。そのためビームリミッタを採用したが、ビームリミッタをつけたときの効果を示したものである。
 Fig. 8 Effect of Beam Limiter on a Uniform Focusing of CRT

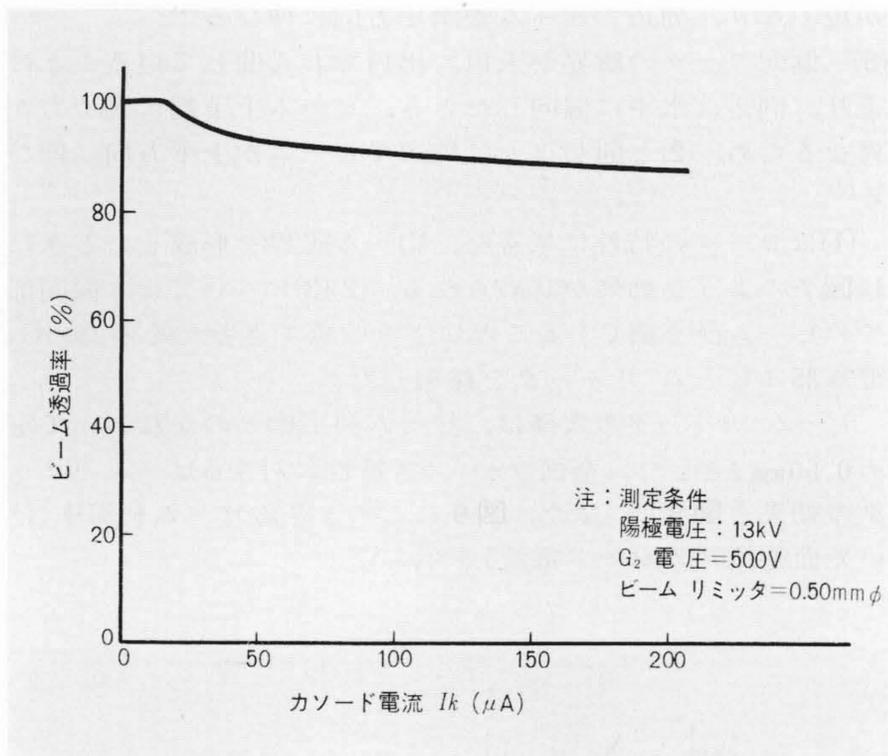


図9 カソード電流に対するビーム利用率特性 ビームリミッタを採用した場合、けい光面電流が少なくなるが、けい光面電流/カソード電流(ビーム利用率)がカソード電流に対しどの程度現われるかを示したものである。
 Fig. 9 Beam Transmission as a Function of Cathode Current

全面フォーカス特性とは別に、ビームリミッタにより収差を含んだ外殻ビームがトリミングされるため、鮮明度が良くなる。

4.3 偏向磁界による収差の検討

一般に、装置に対する占有率を小さくするため、CRTの全長はできる限り短くするのが普通である。しかし、短くしすぎると偏向ヨークと電極間の距離が小さくなり、電極内でビームが偏向され収差を生ずる。

図10は、電極内への侵透磁界による収差の発生状況を示すものである。

図中(a)の曲線は、水平偏向電流を有効域いっぱい偏向で

きる値に設定したときのヨーク中心軸上磁界分布を示し、(b)は、偏向ヨークと電極の相対位置に対するスポット収差を示したものである。スポット観測位置は、フェース面X軸上で、偏向角30度の所である。

なお、今回の測定では、センタリングマグネットの影響が

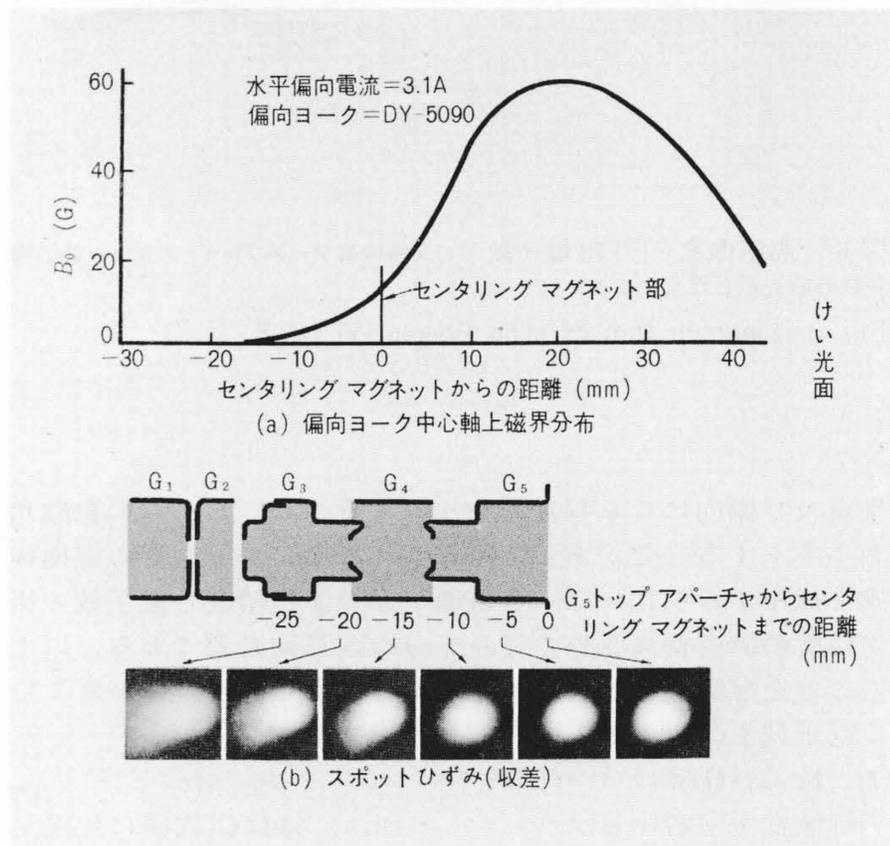


図10 偏向磁界によるスポット収差 偏向磁界が電子銃部に入り込むと収差を生ずるが、偏向磁界の影響がビームの収差にどの程度現われるかを示したものである。

Fig. 10 Influence of Leakage Flux on Defocusing of CRT

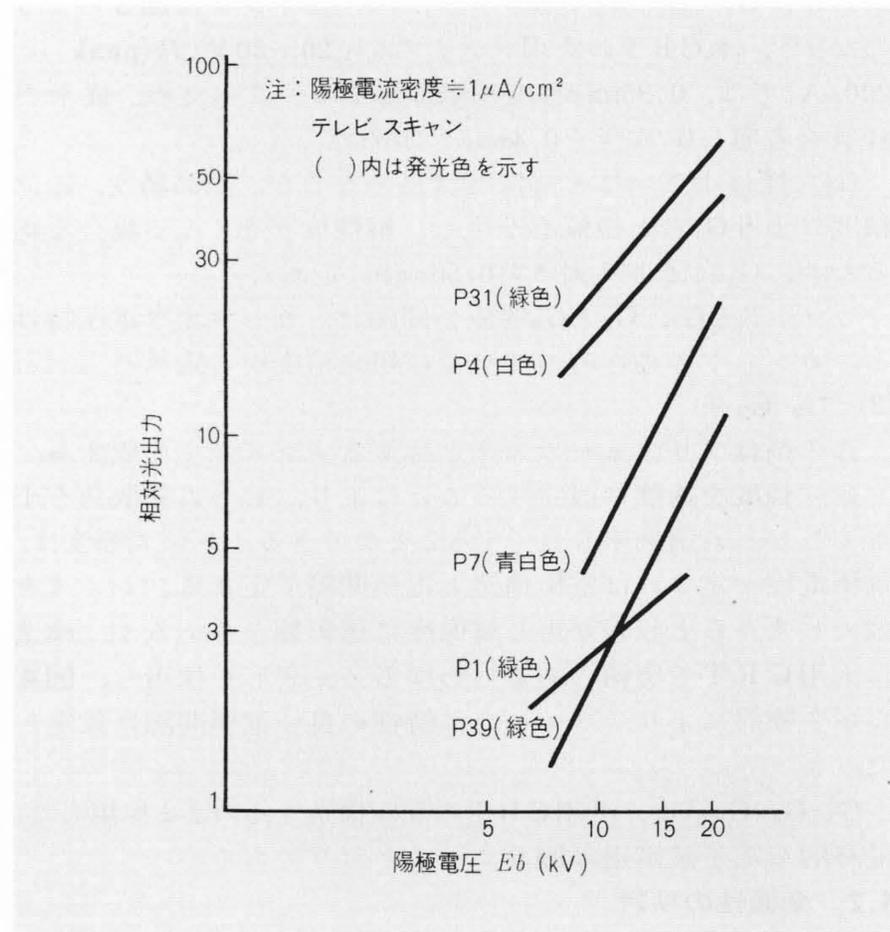


図11 各種けい光体の相対光出力特性 各種けい光体のけい光面電圧に対するI特性(発光能率)を示したものである。これにより発光特性の良否が分かる。
 Fig. 11 Light Output Characteristics of Various Phosphors as a Function of Anode Voltage

全く入らない状態にしてあるが、実際には使われることが多いため、センタリング マグネットの磁界も考慮し、偏向ヨーク中心と電極先端の距離を40mmに設定した。

4.4 けい光面

(1) けい光体

ディスプレイ用CRTは表示情報が文字、グラフなどであり、印刷物に見られるように表示色は、白黒テレビジョンのように、白色発光でなければ不自然さを感じるということがない。そのため、特に目に疲労を与える発光色でなければ、発光効率の高いけい光体を選んだほうが、高解像度化には有利である。

図11は現在CRTに使われている各種けい光体の発光特性を示すものである。この中ではP31けい光体が最も発光効率が高く、緑色発光で目に疲労を与えることも少ない。

用途により残光性も考慮する必要があるが、特殊用途のものを除き、ほとんどがテレビスキャン方式を採用しているため、フリッカの心配はない。このためP31けい光体を採用した。

(2) フェースプレート

ディスプレイCRTでは、中間調表示がなく、表示情報的確に認識する必要上、特に高いコントラストが要求される。

コントラスト低下の原因は、発光点の光によるけい光面のハレーション及び外光のけい光面における反射である。これらは、フェースプレートの光透過率を低くすることによって、例えば図12のように改善することができる⁽⁴⁾。

フェースプレートの光透過率は、材料とプレート厚により定まるが、プレート厚はバルブの機械的な強度を満たす範囲でできる限り薄く設計してあるため、現在CRT用ガラスとして一般に使用されている最も光透過率の低いダークティントガラスを採用した。

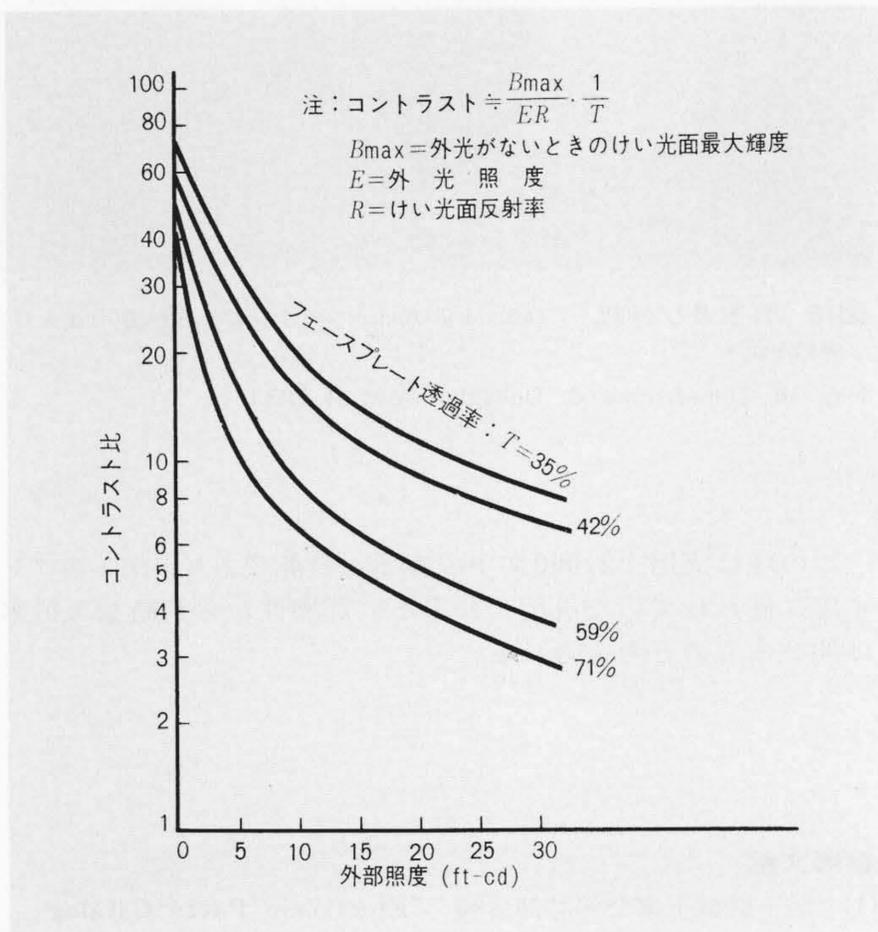


図12 フェースプレート透過率とコントラスト比の関係 フェースプレートの透過率を低くするとコントラストが高くなるが、その様子を示したものである。

Fig. 12 Contrast Ratio of Various Light Transmission Face Plate

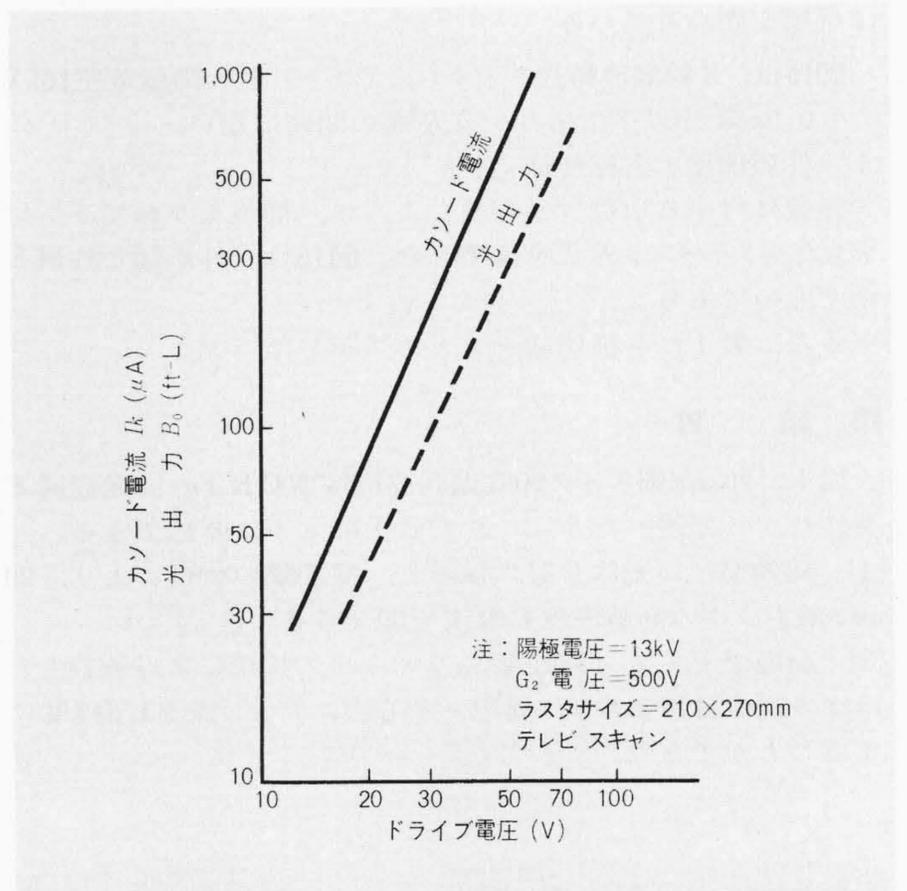


図13 変調特性 ドライブ電圧に対するカソード電流と光出力特性を変調特性と称するが、この特性を示したものである。

Fig. 13 Modulation Characteristics of Light Output & Cathode Current

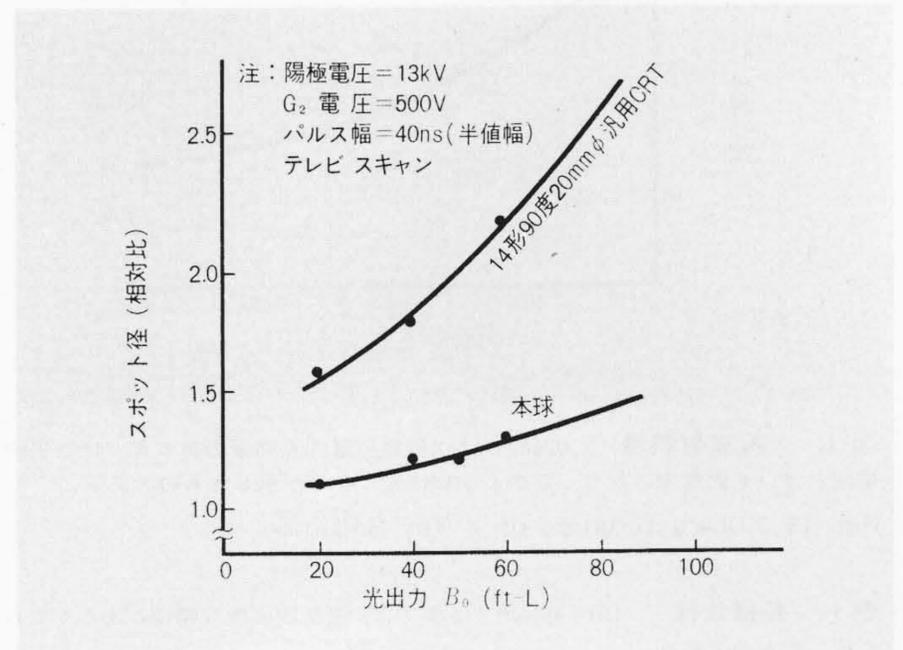


図14 解像度特性 光出力に対する解像度を汎用CRTと比較し示したもので、本球が高解像度球であることが分かる。

Fig. 14 Resolution Characteristic as a Function of Light Output

5 総合特性

(1) 変調特性

図13は変調特性の一例を示すものである。実用輝度を30～60ft-Lと考えると、ドライブ電圧は20～30Vとなる。またこのときのカソード電流は100～200 μ Aとなり、0.4mm ϕ G₁穴径でも十分な寿命特性を保証できる。

(2) 解像度特性

図14は、光出力に対する解像度特性を汎用CRTと比較して示すものである。設計目標には及ばなかったが、汎用のCRTに比べ約30%の改良効果が認められ、実用的には2,000文字の表示が可能となった。また、全面フォーカス特性は図8に示すように周辺/中心のスポット径比は1.3程度となり、ほ

ほぼ目標を満たしている。

図15は、X線漏洩特性を示すものである。最大陽極電圧16kVでも0.5mR/h以下であり、安全面の問題はない。

(4) 外観構造と各種仕様

装置に対する取付けが容易なように、補強をかねてラグ付テンションバンド方式を採用した。図16は、外形図と外観を示すものである。

また、表1に各種仕様をまとめて示した。

6 結 言

以上、20mmφ細ネック90度偏向高解像度CRTの開発経過と特性について述べたが、これらは次のように要約できる。

- (1) 高効率けい光体P31の採用と、電子銃の改良により、20mmφ細ネックの高解像度CRTを開発できた。
- (2) 全面フォーカス特性はG₃リミッタの採用により改良し、ほぼ当初の目標どおり、周辺/中心のスポット径を1.3程度にすることができた。

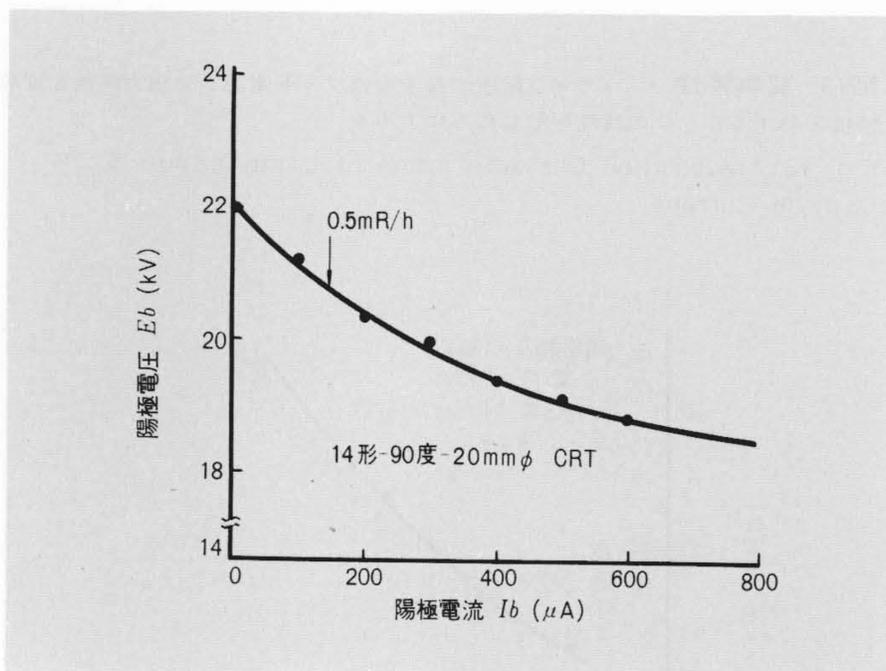


図15 X線放射特性 0.5mR/hがX線放射量の規格値であるが、けい光面電圧とけい光面電流に対し、どのような特性になるか示したものである。

Fig. 15 Characteristics of X Ray Radiation

表1 各種仕様 CRTを利用する側では、最低限必要な特性があるがこれを示したものである。

Table I Various Characteristics

項 目	仕 様	
方 式	静電集束, 電磁偏向	
け い 光 面	P31(緑色発光)メタルバック	
標 準 定 格	陽 極 電 圧	13,000V
	G ₂ 電 圧	500V
	ヒータ定格	12V-75mA
	集束電圧	0~400V(Ik=50μA)
輝点消去電圧	-50~-90V	
静 電 容 量	G ₁ と他電極	6 pF
	Kと他電極	5 pH
	Pと外部導電膜	600~1,200pF
	解 像 度*	2,000文字表示(80字×24行)(7×9ドット/文字)

注：*輝度=30ft-Lmin

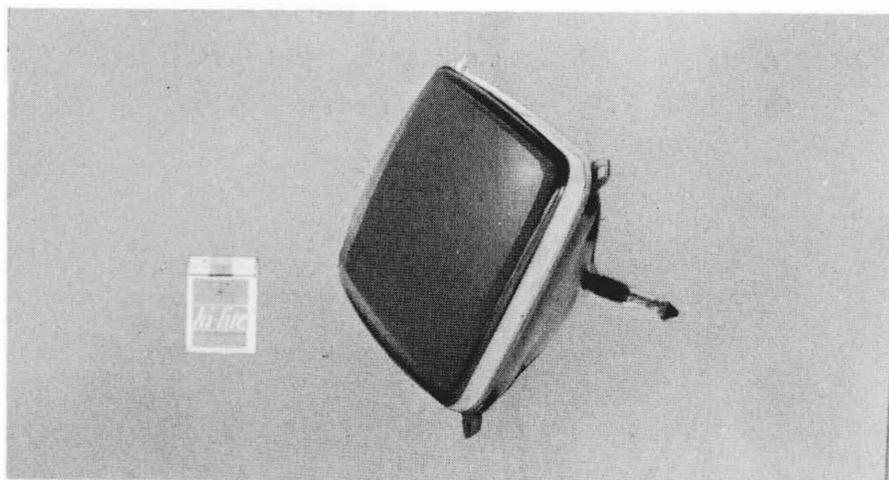
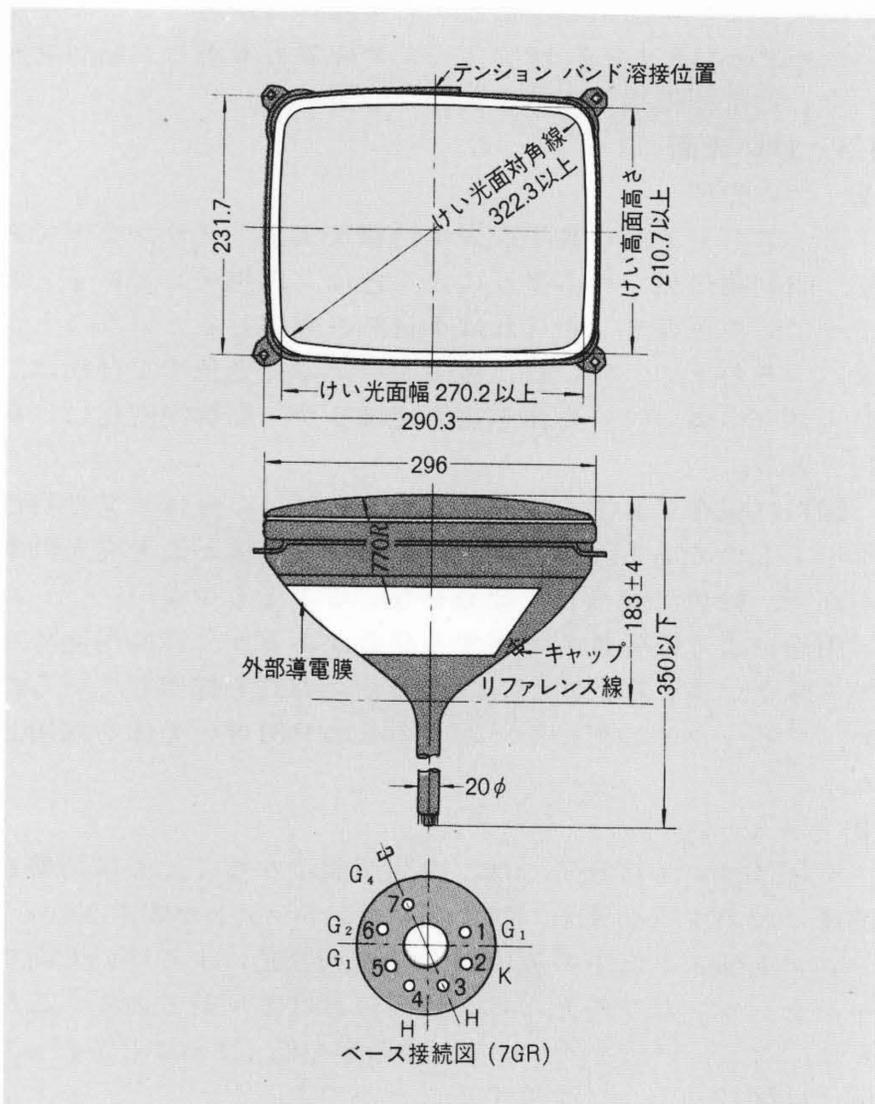


図16 外形及び外観 14形-90度-20mmφブラウン管の外形図(寸法入り)と外観を示す。

Fig. 16 Dimensions & Outside View of CRT

この球は実用上2,000文字の表示が可能であり、ディスプレイ用に使われていた汎用CRTとの互換性から判断して将来は伸びるものと考えられる。

参考文献

- (1) 電子機械工業会部品部会編：“Electronic Parts Catalog '73”
- (2) HILARY MOSS：“Narrow Angle Electron Guns and Cathode Ray Tubes” 43(1968, ACADEMIC PRESS)
- (3) テレビジョン学会編：“テレビジョン工学ハンドブック” 12-93 (昭44)
- (4) 山下彰：“テレビ用電子管” 53, オーム社 (昭32)