

ハイビジョンテレビ用16 cm(6.9型)高解像度静電集束投写管

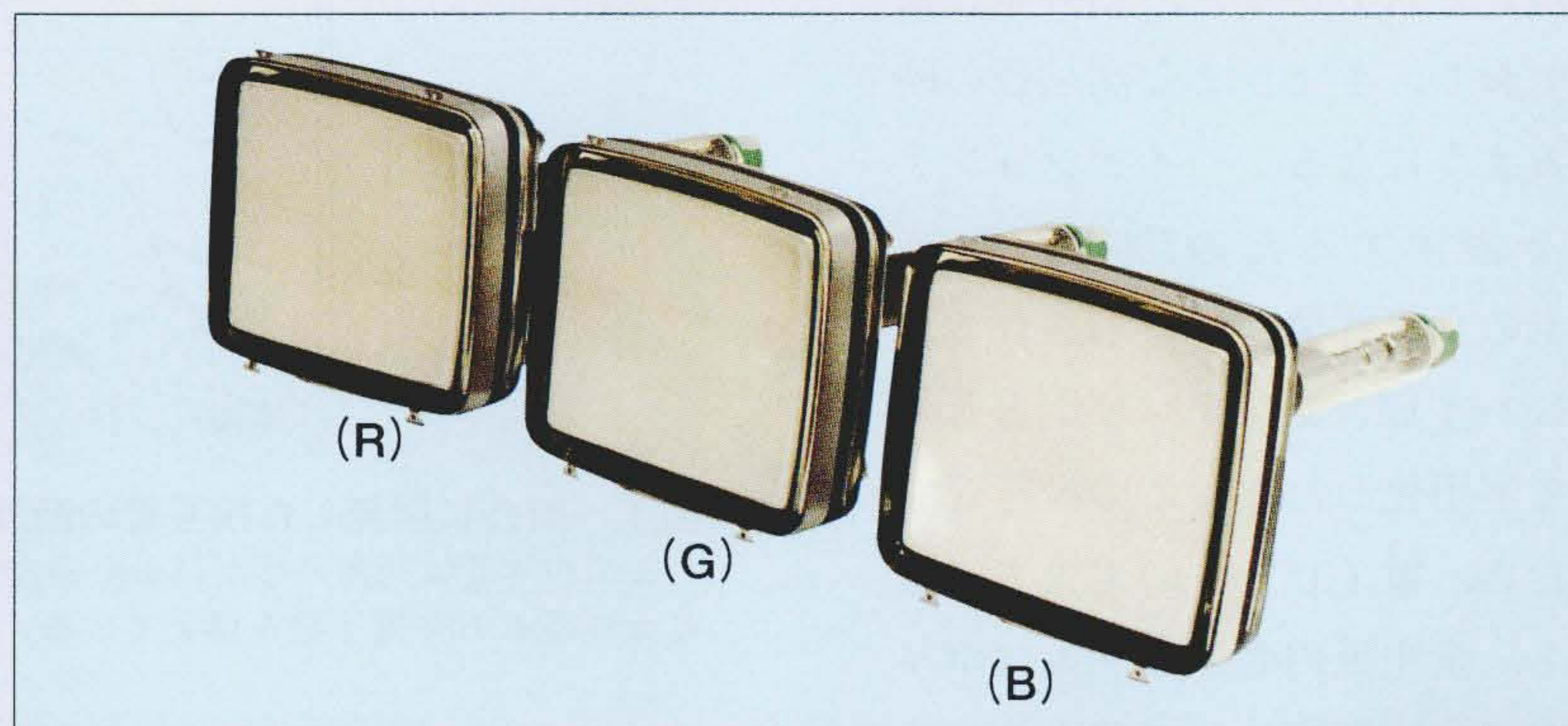
16-cm Projection CRTs for HDTV Displays

浅野哲夫*
上原保彦**

Tetsuo Asano
Yasuhiko Uehara

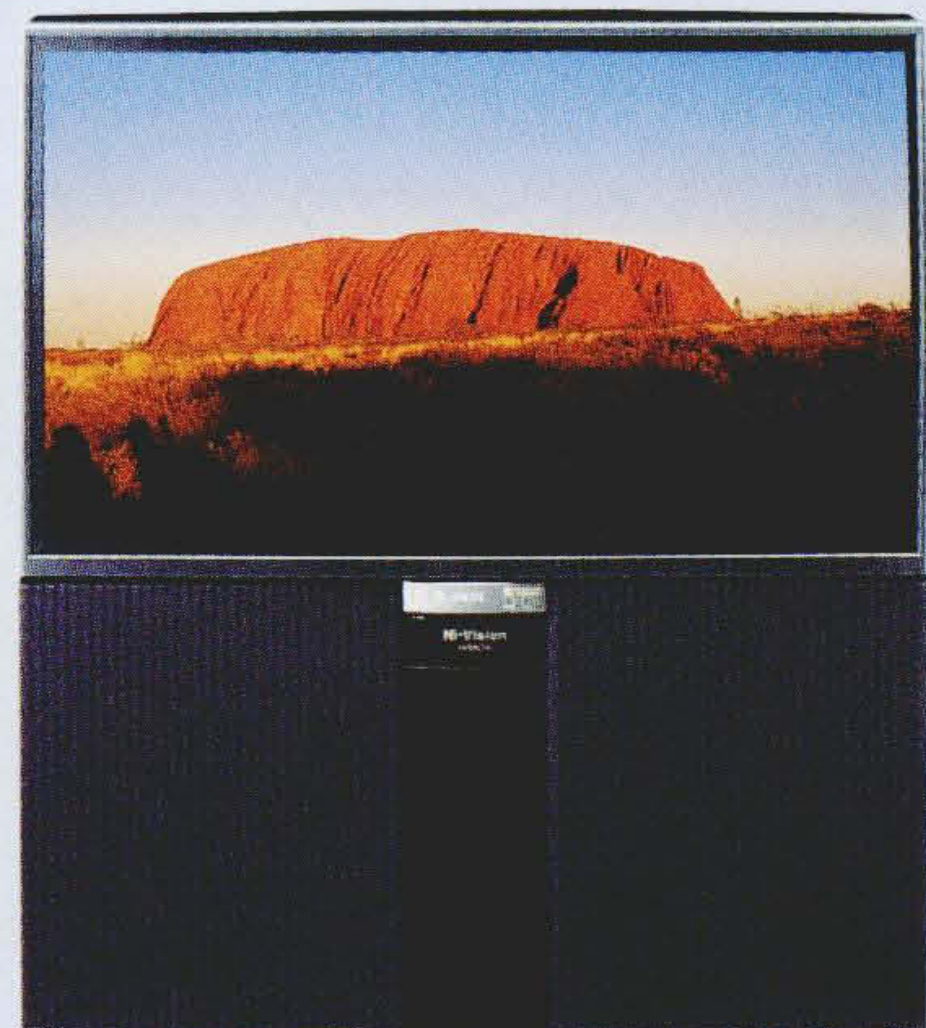
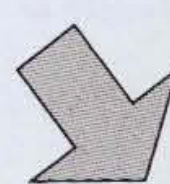
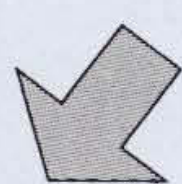
渡辺敏光***
松本健一****

Toshimitsu Watanabe
Ken'ichi Matsumoto



117 cm(46型)ハイビジョンテレビ
(画面ははめ込み合成)

高解像度静電集束投写管



98 cm(39型)ハイビジョンテレビ
(画面ははめ込み合成)

117 cm(46型), 98 cm(39型)ハイビジョンテレビ

高解像度静電集束投写管, 短焦点ハイブリッド光学レンズを搭載し, 薄型, 高画質な家庭用大画面ハイビジョンテレビを普及価格で実現した。

高画質な映像を家庭で容易に楽しむことができるハイビジョンテレビは, 1996年のアトランタオリンピックを契機にニーズが高まりつつある。

さらに, ハイビジョンテレビの普及を図るためには, ハイビジョン放送の多チャンネル化などに加え, 高画質な家庭用テレビを低価格で実現する必要がある。そのため, 第3世代MUSE(Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding)デコーダ, 16 cm高解像度静電集束投写管を開発した。また, 6畳程度の部屋にも設置可能な薄型(39.5 cm)を実現する超短焦点ハイブリッドレンズ, 常に色ず

れの無い高画質を実現するオートセットアップ方式デジタルコンバーゼンスシステムを開発し, 使い勝手の向上を図った。

今回新たに開発した投写管は, 光散乱による蛍光膜内のビームスポット太りを軽減できる高解像度蛍光膜と大口径静電集束Hi-UPF(High Focus Voltage Uni-Potential Focusing)電子銃を備えて優れたフォーカス性能を持っており, 高画質なハイビジョン画像を得ることができる。

1. はじめに

1994年から、日本放送協会(NHK)によってMUSE (Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding)方式によるハイビジョン実用化試験放送が行われている。現在は1チャンネルで放送時間も限定されているが、1997年には本放送の開始が予定されており、さまざまな高品質の映像が家庭で容易に楽しめるようになる。ハイビジョンテレビには高品質の画像を表示するため700TV (Television)本、またはそれ以上の水平解像度が要求される。

日立製作所は、1994年にハイビジョンテレビ用として高解像度投写管を開発して実用化した^{1),2)}。この投写管では高解像度化を実現するため、電子ビームの集束方式としての複合電磁集束方式と、蛍光膜内でのビームスポット太りが低減できる高密度蛍光膜を用いた。複合電磁集束方式は電子ビームスポットを容易に小さくできるが、反面、集束マグネットやビームアラインメント作業が必要であり、使い勝手とコストの面で改善が必要であった。また、高密度蛍光膜もバッチ式の遠心塗布法を用いており、量産性の点で改善が必要であった。

今回、従来の投写管を改善してハイビジョンテレビの普及を促進するため、集束マグネットの不要な静電集束方式を採用した16 cm(6.9型)投写管を新たに開発した。また、高解像度化を実現するために、蛍光膜を高密度蛍光膜と同様に薄くし、蛍光膜内でのビームスポット太りを低減できる高解像度蛍光膜を採用した。さらに、Hi-UPF(High Focus Voltage Uni-Potential Focusing)静電集束電子銃の大口徑化を図った。

ここでは、開発した投写管の仕様、高解像度蛍光膜の特性、大口徑静電集束電子銃の特性を中心に、39型および46型ハイビジョンテレビにこの投写管を応用した結果について述べる。

2. 投写管の仕様

新投写管の断面を図1に示す。また、この仕様をまとめて表1に示す。パネルガラスおよびファンネル形状では、NTSC用の投写管と同様に、16 cm(6.9インチ)、80度偏向、φ29.1 mmネックを用いた。蛍光面形状では投写スクリーン周辺の光量を増やすために従来の非球面から曲率350 mmの球面に形状を変更し、X線の漏洩(えい)を減らすためにパネルスカートを厚くした。

電子ビームの集束方式はコスト面で有利な静電集束とした。電子銃は低電流域から高電流域にかけて良好なビ

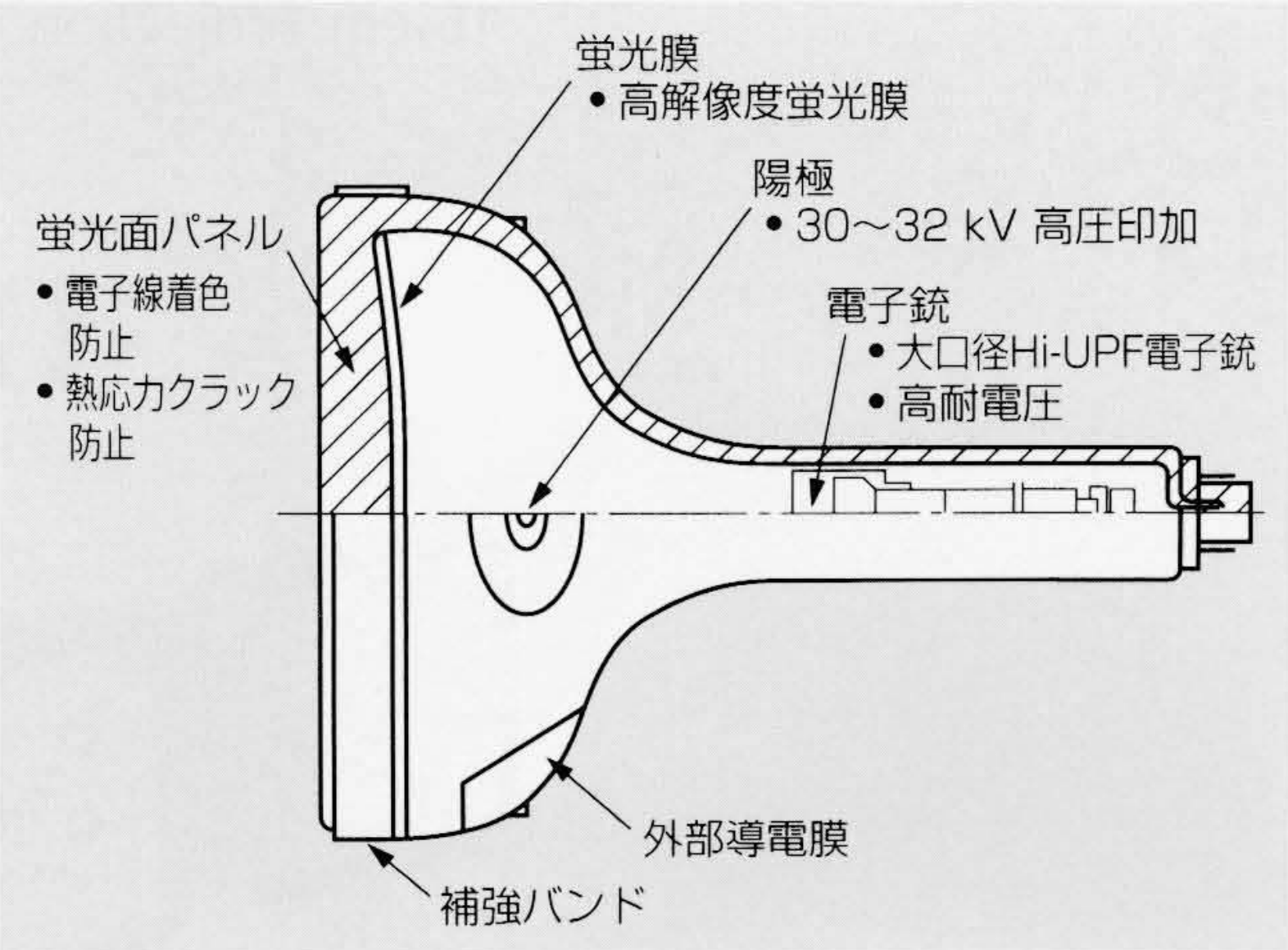


図1 新たに開発した投写管の断面
この投写管は対角外径が16 cm, 偏向角が80度で、高解像度蛍光膜と大口徑Hi-UPF電子銃を備えている。

ームスポット径が得られるHi-UPFタイプとし、かつ、より小さいビームスポットを得るために主レンズ口径を大口徑化した。

システム全体の解像度性能を左右する、視感度の高い緑色蛍光膜には、高解像度蛍光膜を適用した。また、赤と青にはそれぞれ従来と同じY₂O₃:EuとZnS:Ag, Alを用いた。緑にはScを添加したP53にP1を色補正用に添加した混合蛍光体を用いた。

3. 高解像度蛍光膜

蛍光膜の断面を模式的に図2に示す。蛍光面に集束された電子ビームによって発光する光のスポット(ここで

表1 新投写管の仕様
パネルガラスとファンネル形状では、16 cm, 80度偏向, 直径29.1 mmネックを用いた。

項 目		仕 様
バ	ル	16 cm(6.9インチ), 80°偏向, φ29.1 mmネック, パッド付き, 球面蛍光スクリーン, 厚肉パネルスカート
有	効	116.5 mm×99.8 mm
対	角	144.7 mm
全	長	270 mm
電	子	大口徑Hi-UPF電子銃
集	束	静電集束
蛍	光	高解像度蛍光膜(緑)
蛍	赤	A ₂ O ₃ :Eu
	緑	0.93 Sc添加顔料付きP53(Ga)*+0.07P1**
	青	ZnS:Ag, Al

注: *P53(Ga)[Y₃(Al, Ga)₅O₁₂:Tb] **P1(Zn₂SiO₄:Mn)

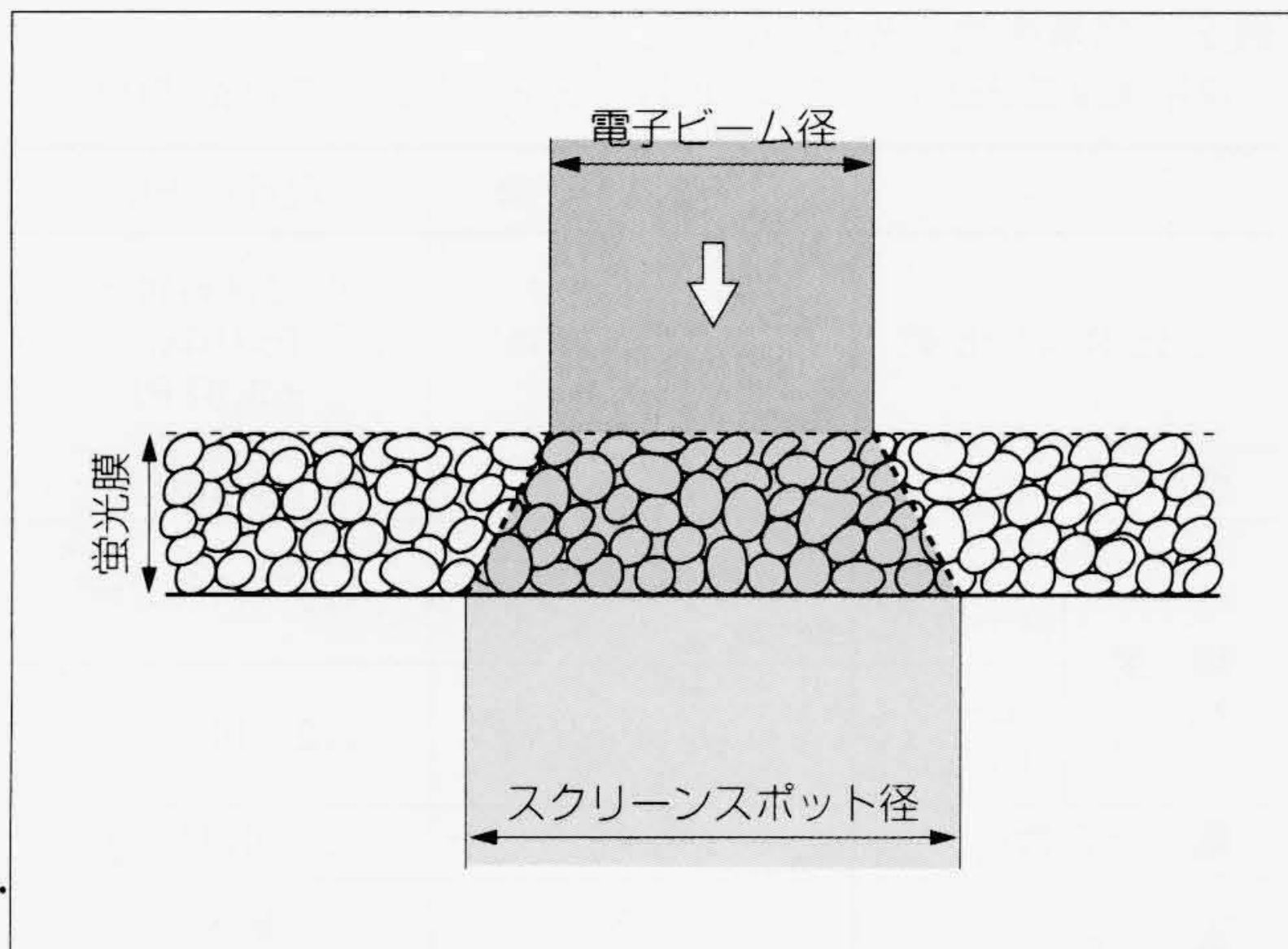


図2 蛍光膜の模式的な断面

電子ビームの照射によって生成された光スポットは蛍光膜内の散乱によって太る。

は電子ビームのスポットと区別してスクリーンスポットと呼ぶ。)は同図に示すように蛍光膜内での光散乱によって大きくなる。投写管のフォーカス性能を向上するためには電子ビームのスポットをできるだけ小さくすると同時に、この蛍光膜内の光散乱をできるだけ抑えることが必要である。電子ビームのスポット自体が小さいため、特に低電流域でより小さいスクリーンスポットを実現するためには、この光散乱を抑えることが重要になってくる。蛍光膜内の光散乱は、蛍光膜の厚さを薄くすれば小さくすることが可能である。

開発した投写管を用いて蛍光膜の厚さを変えてスクリーンスポット径を測定した結果を図3に示す。スクリー

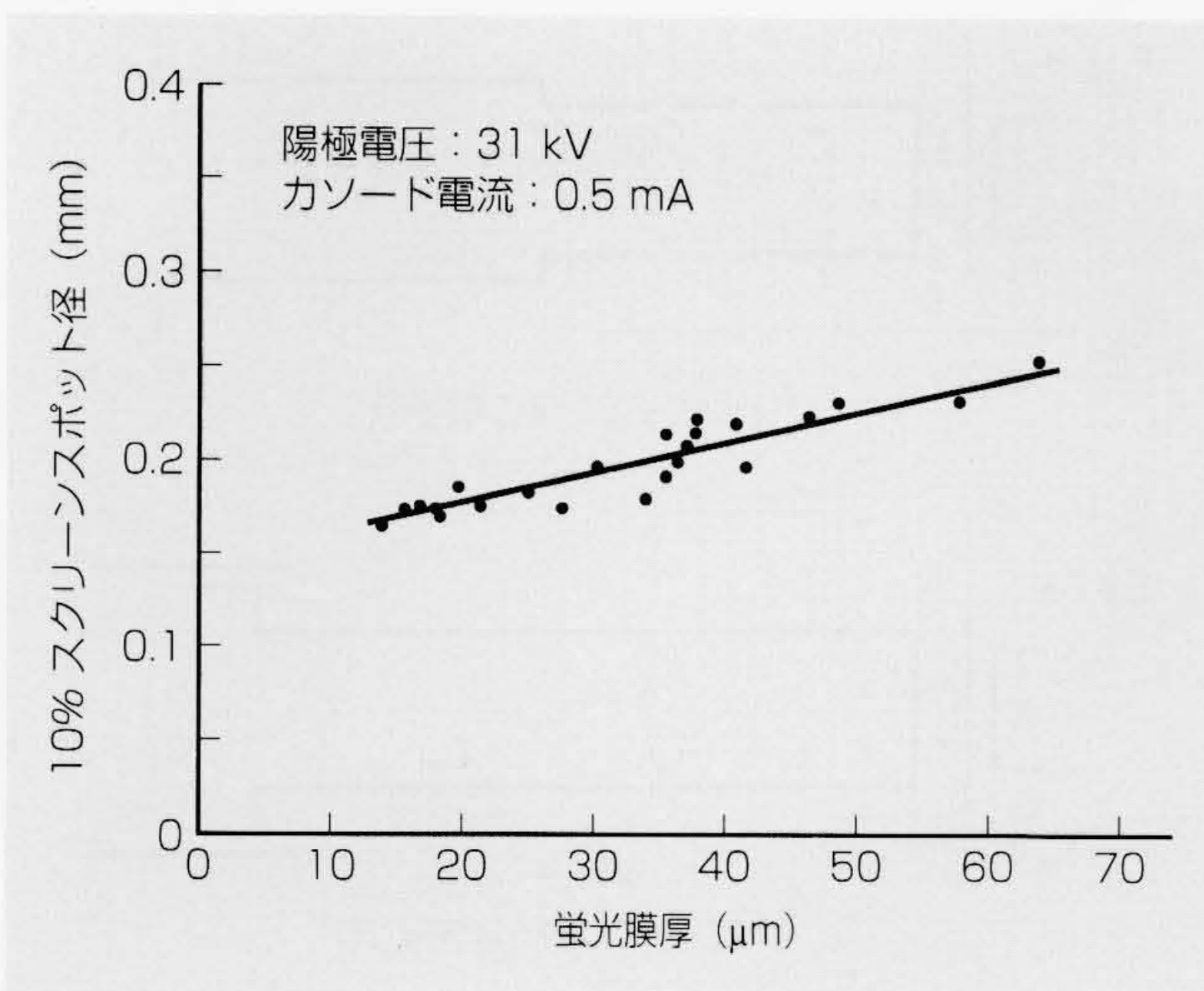


図3 10%スクリーンスポット径と蛍光膜厚の関係

カソード電流0.5 mAの場合、10%スクリーンスポット径は蛍光膜厚が10 μm薄くなるにしたがって20 μmの割合でその径が小さくなる。

ンスポット径はスリット法で測定した10%輝線幅を示すもので、同図ではカソード電流が0.5 mAの場合について示した。この図から、スクリーンスポット径が蛍光膜厚10 μm薄くなるにしたがって20 μmの割合で小さくなることがわかる。

一方、投写管の輝度や輝度劣化特性は蛍光膜の厚さに依存し、蛍光膜をむやみに薄くすると輝度低下が起こり、また輝度劣化が速くなってしまふ。したがって、実際の蛍光膜の厚さの設定では、スクリーンスポット径以外にこれらの特性を考慮する必要がある。

これらの点を考慮し、通常の沈降塗布法を用いることを前提に、蛍光体粒径の見直しを行った。また、Sc元素の添加により、蛍光体自体の輝度劣化特性の改善を図った。これらにより、輝度と輝度劣化特性を損なうことなく蛍光膜を薄くすることができた^{3), 4)}。

蛍光膜厚と相対輝度および輝度維持率(初期輝度と2 khランニング後の輝度比と定義する。)の関係を現行蛍光体と新蛍光体とを比べて図4に示す。相対輝度は、現行蛍光体を用いて現行膜厚で蛍光膜を形成した場合に得られる輝度を100とした。同図に示すように、新蛍光体では現行蛍光膜に比べて35%薄い膜厚(26 μm)で、輝度および輝度維持率を現行蛍光体とほぼ同等にすることができ、高解像度蛍光膜の断面を現行蛍光膜と比べて図5に示す。

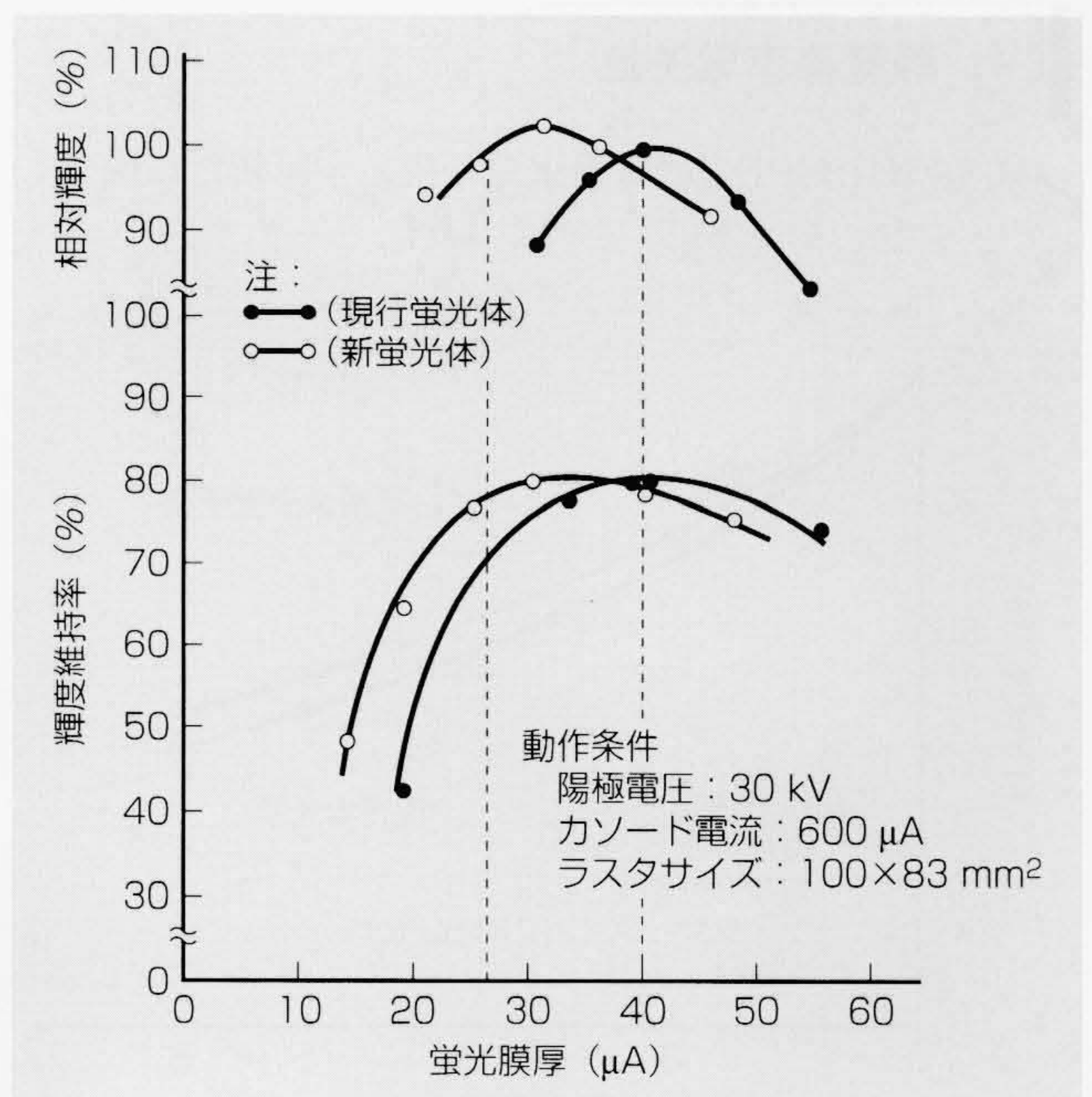


図4 蛍光膜厚と相対輝度および輝度維持率の関係

新蛍光体は蛍光膜が薄くても現行蛍光体とほぼ同レベルの相対輝度および輝度維持率である。

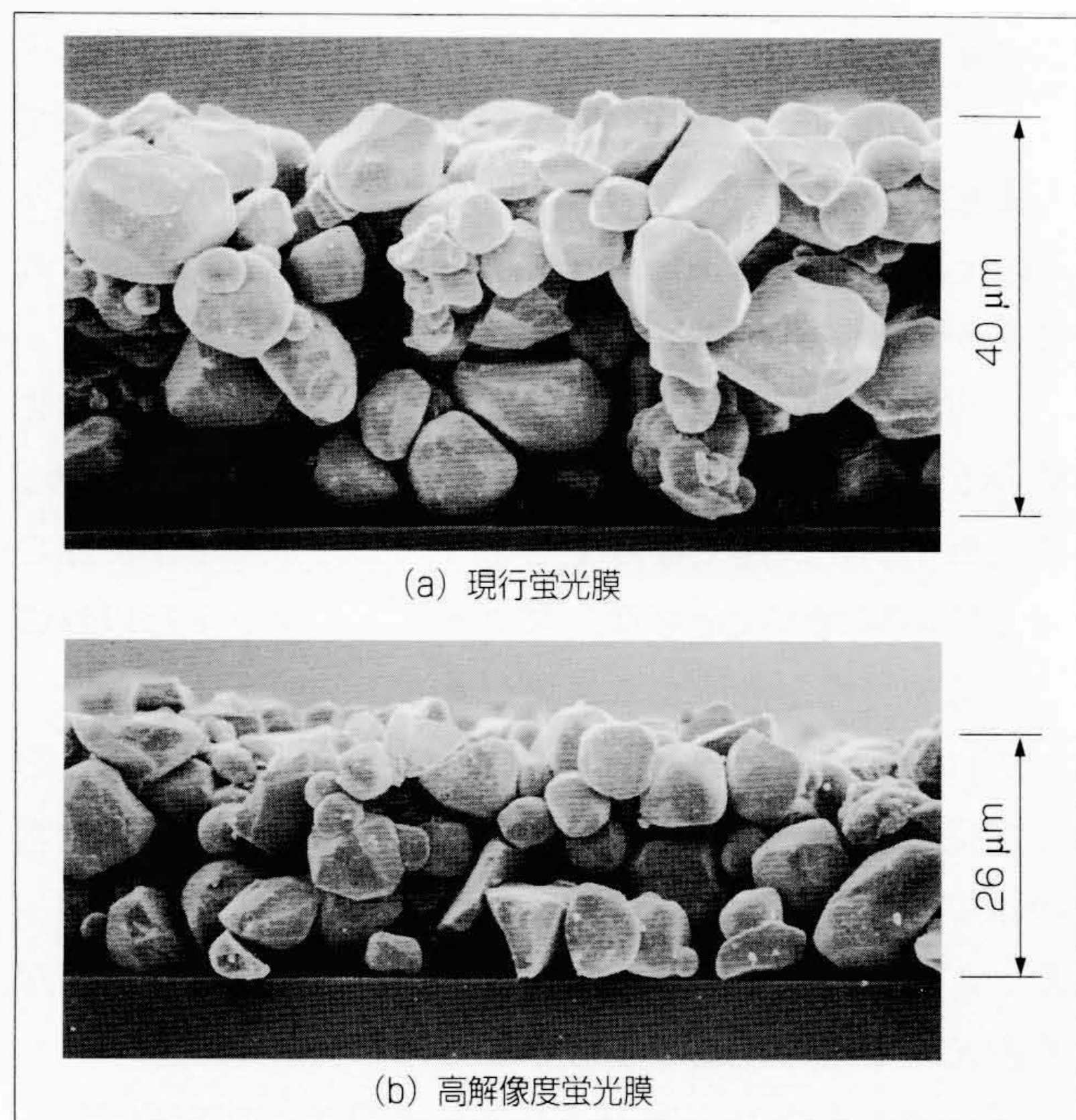


図5 現行蛍光膜(a)と高解像度蛍光膜(b)の断面
高解像度蛍光膜は現行蛍光膜に比べて厚さが35%薄い。

高解像度蛍光膜の長時間輝度劣化特性を図6に示す。同図では、比較のために現行蛍光膜の特性も示す。この図でわかるように、高解像度蛍光膜は長時間ランニングでも現行蛍光膜と同等の輝度劣化特性を示す。高解像度蛍光膜の蛍光体組成、厚さ、輝度、色調などについて現行蛍光膜と比べて表2にまとめて示す。

4. 静電集束電子銃

従来のHi-UPFの静電集束電子銃と今回新たに開発し

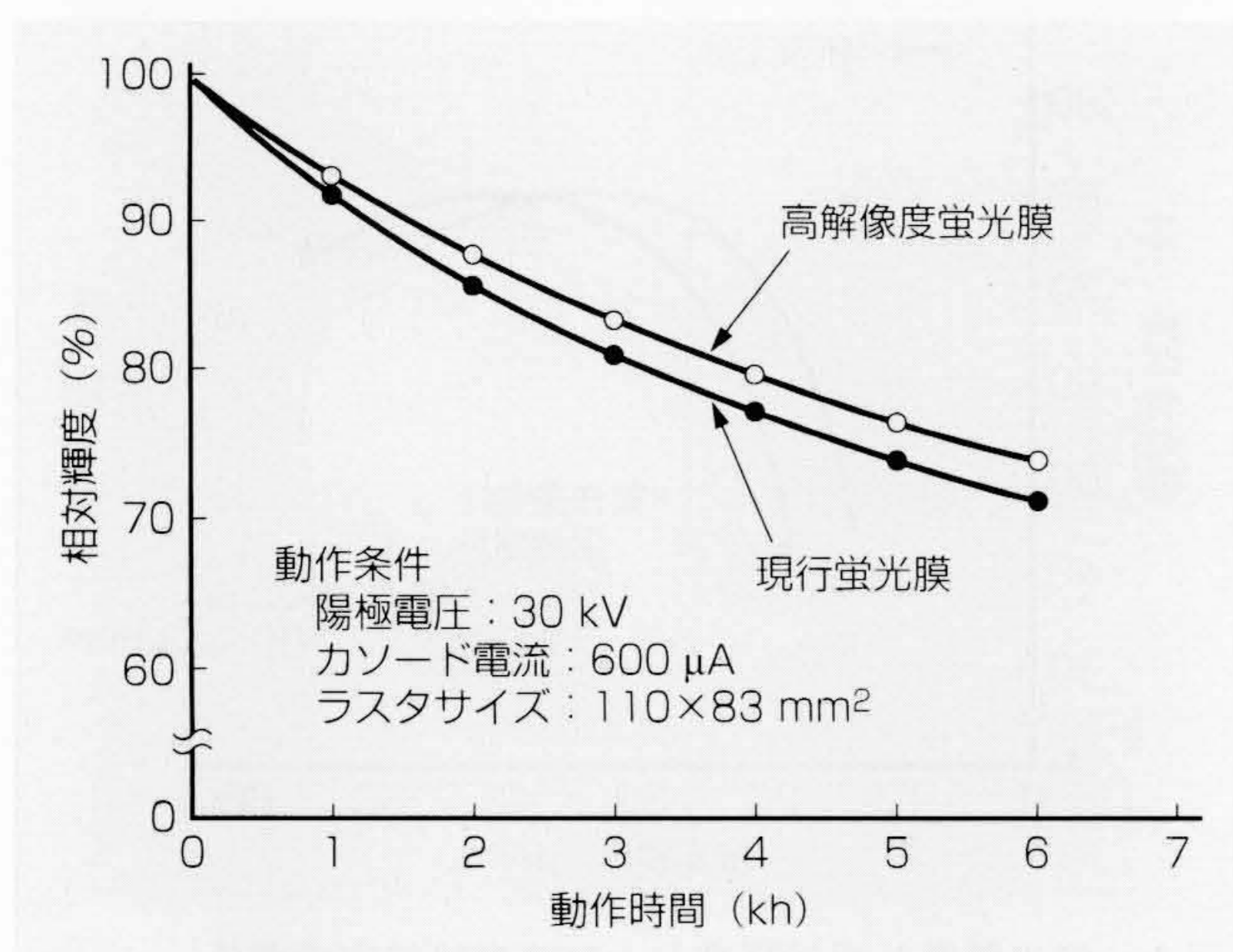


図6 輝度寿命特性
高解像度蛍光膜は現行蛍光膜と同等の輝度寿命特性を持っている。

表2 高解像度蛍光膜の仕様と特性

高解像度蛍光膜の厚さは、現行の蛍光膜と比べて14 μm薄い。

		高解像度蛍光膜	現行蛍光膜
蛍光体の比較		0.93 Sc添加 顔料付きP53(Ga)* +0.07 PI	0.93顔料付き P53(Ga) +0.07 PI
膜厚		26 μm	40 μm
輝度	平均 (Ik=0.5 mA)	1.8×10^4 cd/m ²	1.8×10^4 cd/m ²
	ピーク (Ik=5 mA)	1.3×10^5 cd/m ²	1.2×10^5 cd/m ²
電流係数(γ ^{**})		0.86	0.84
色度	X	0.330	0.330
	Y	0.580	0.580

注：略語説明ほか

Lo(輝度), Ik(カソード電流), a, b(コントラスト)

測定条件(陽極電圧30 kV, ラスタサイズ102×76 mm²)

*P53(Ga) [Y₃(Al, Ga)₅O₁₂: Tb, PI; Zn₂SiO₄: Mn]

**γ, Lo=a·Ik^γ+b

た大口径Hi-UPF静電集束電子銃の構造を図7に示す。新電子銃の主レンズは大口径G₅電極の内部にG₄電極と同じ大口径化された先端部を挿入した二重円筒構造になっており、この構造でレンズの大口径化を図ることができる。

従来構造(円筒突合せ)と二重円筒構造のレンズについて、電極径を変えて計算機シミュレーションを用いて球面収差を求めた結果を図8に示す。新電子銃のD₄, D₃先端部の電極径は耐電圧特性を許すかぎり大きくし、それ

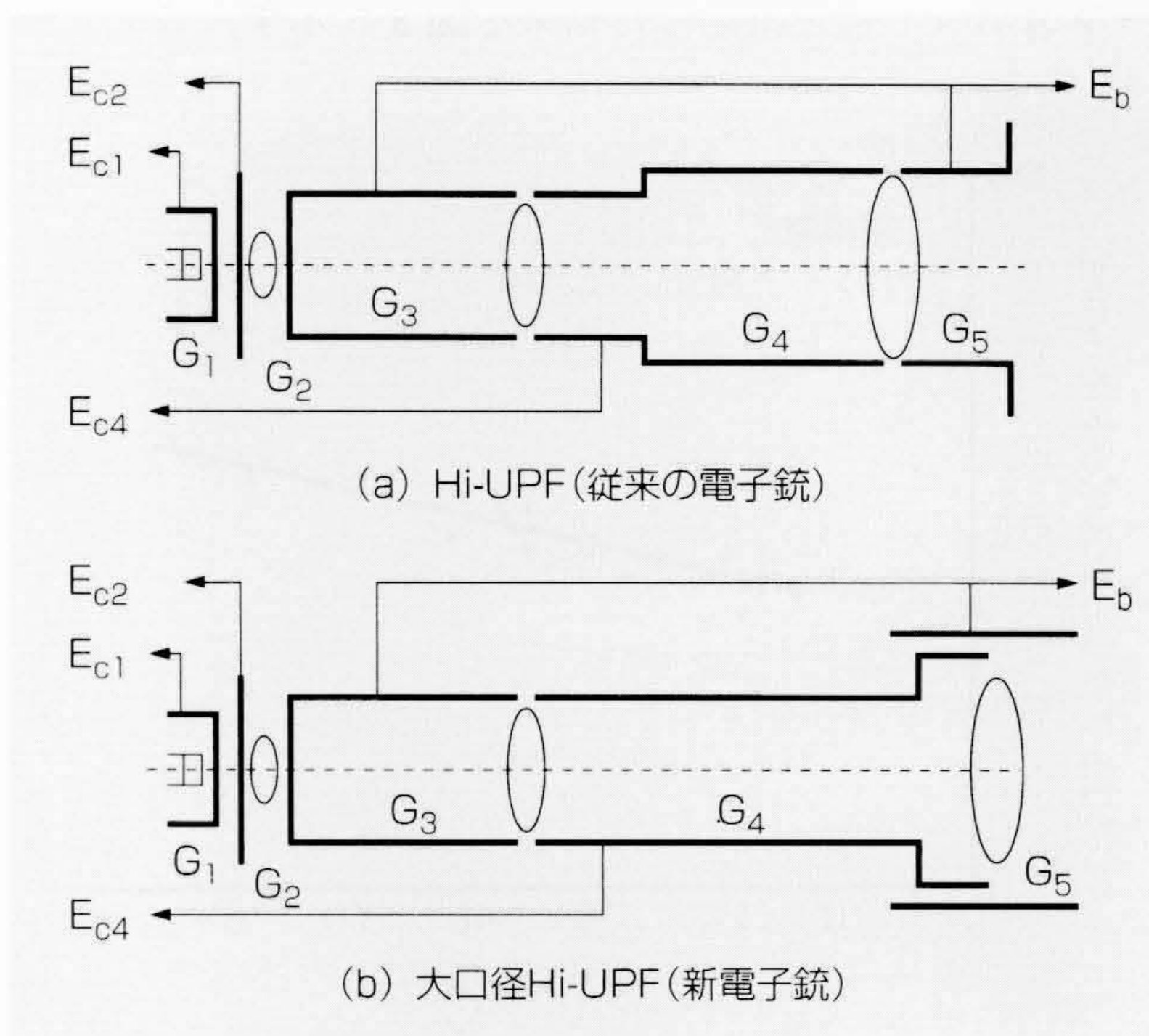


図7 Hi-UPF電子銃の構造

従来のHi-UPF電子銃は円筒突合わせ構造で主レンズを構成している。大口径Hi-UPF電子銃はG₄, G₅電極で二重円筒構造を構成し、主レンズの大口径化を図っている。

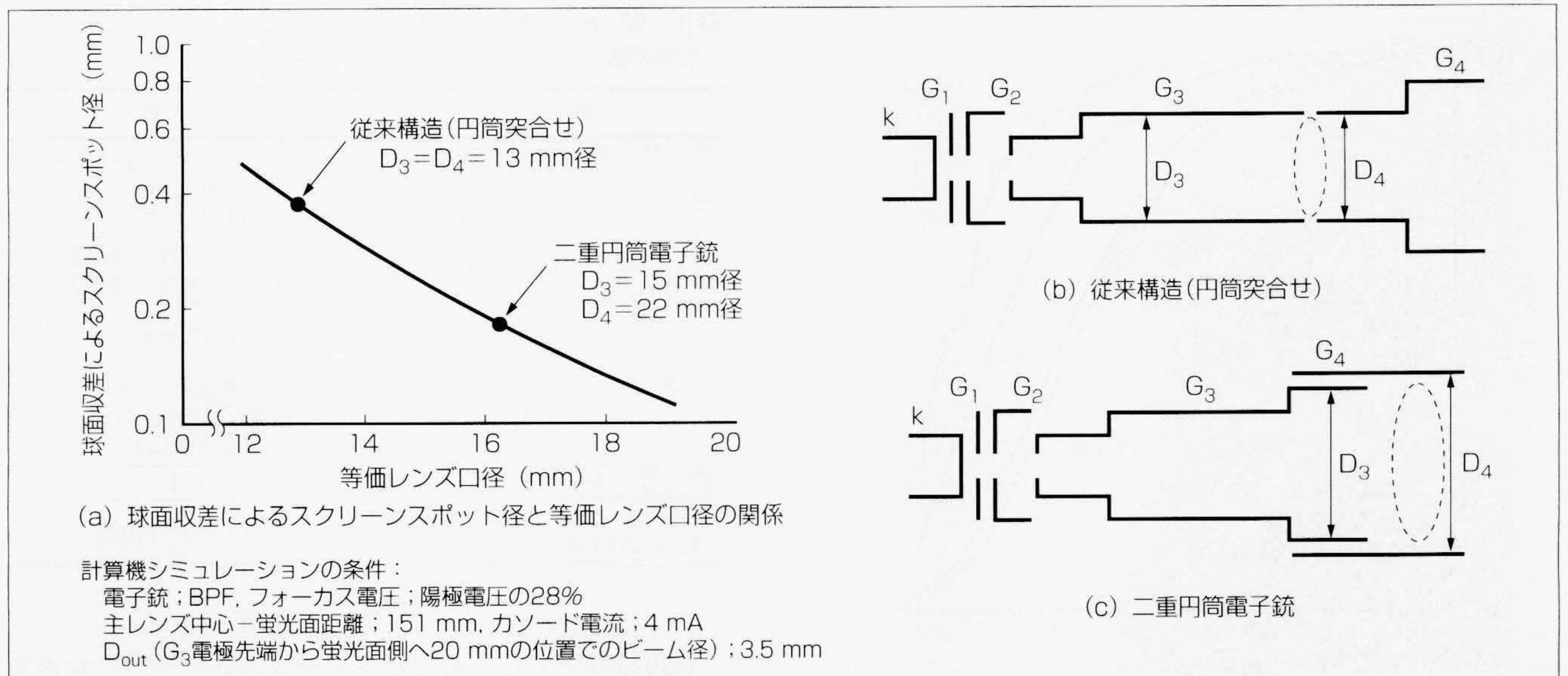


図8 二重円筒レンズの等価レンズ口径

二重円筒レンズではレンズの大口径化を図ることができ、等価レンズ口径を従来の13 mmから約16 mmにすることができる。

ぞれ $\phi 21$ mm、 $\phi 15$ mmに設定した。二重円筒レンズの等価レンズ口径を球面収差が等しくなる円筒突合せレンズの電極径と定義し、この寸法での二重円筒レンズの等価口径を求めると、同図から $\phi 16$ mmに相当することがわかる。

新投写管で得られたスクリーンスポット径とカソード電流の関係を図9に示す。同図には、比較のために現行投写管のスポット径も示した。新投写管はカソード電流0.5 mAで0.19 mm、5 mAで0.26 mmが得られ、低電流

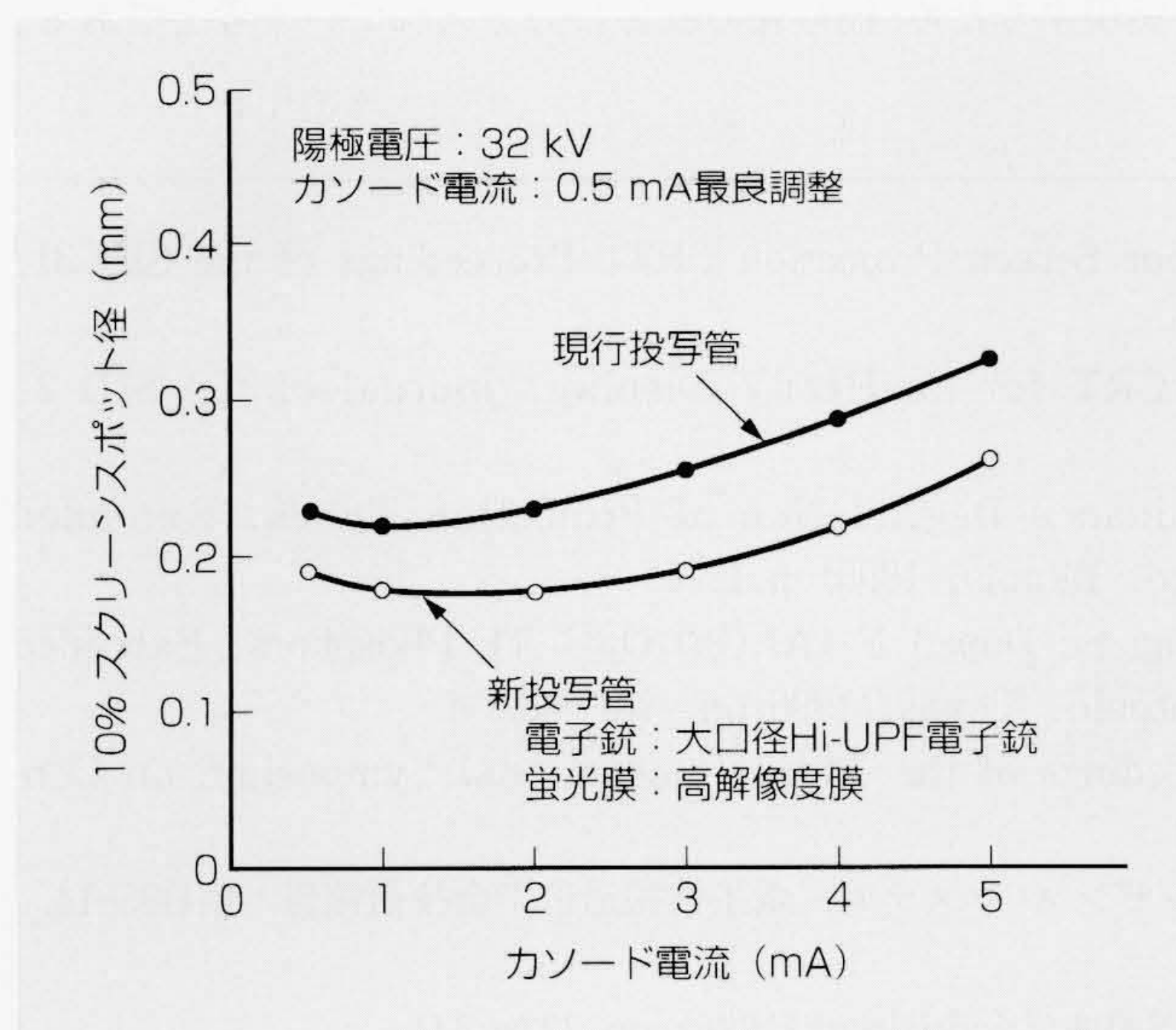


図9 10%スクリーンスポット径とカソード電流の関係

新投写管ではカソード電流0.5 mA、5 mAでそれぞれ0.19 mm、0.26 mmの10%スクリーンスポット径を得ることができる。

域から高電流域にわたって良好なスポット径を得ることができた。

5. 実機セットへの応用

今回開発した投写管および投写管を適用した39型プロジェクションテレビの解像度性能を図10に示す。投写管などのデバイスでは、管面上ビームスポットの大きさが解像度性能を示す尺度として用いられるが、投写レンズではMTF(Modulation Transfer Function：変調伝達関数)と呼ばれる尺度が用いられる。この解像度を決定する要因としては、投写管、投写レンズ以外には光学部品であるスクリーン、信号処理回路の周波数特性などがあるが、これらの特性は、MTFに変換することにより、共通の尺度として評価を行うことができる。

スクリーンのMTFは、水平のレンチキュラレンズのピッチによって映像が空間的にサンプリングされるために、サンプリングの周期に対応して減衰する特性となる。また、投写レンズは、コンパクトなセットを実現するために投写距離がきわめて短い設計であるが、プラスチックレンズによる色収差補正技術を活用してコスト低減を図るとともに、高解像度を実現している⁵⁾。

投写管では、図9に示すスポットサイズをフーリエ変換することによってMTFを求める。また、信号処理回路の周波数特性は十分に広帯域かつ平坦であるため、ほぼ、セット全体のMTFはこれらのすべての部品のMTFの乗算によって表すことができる。ディスプレイで限界解像

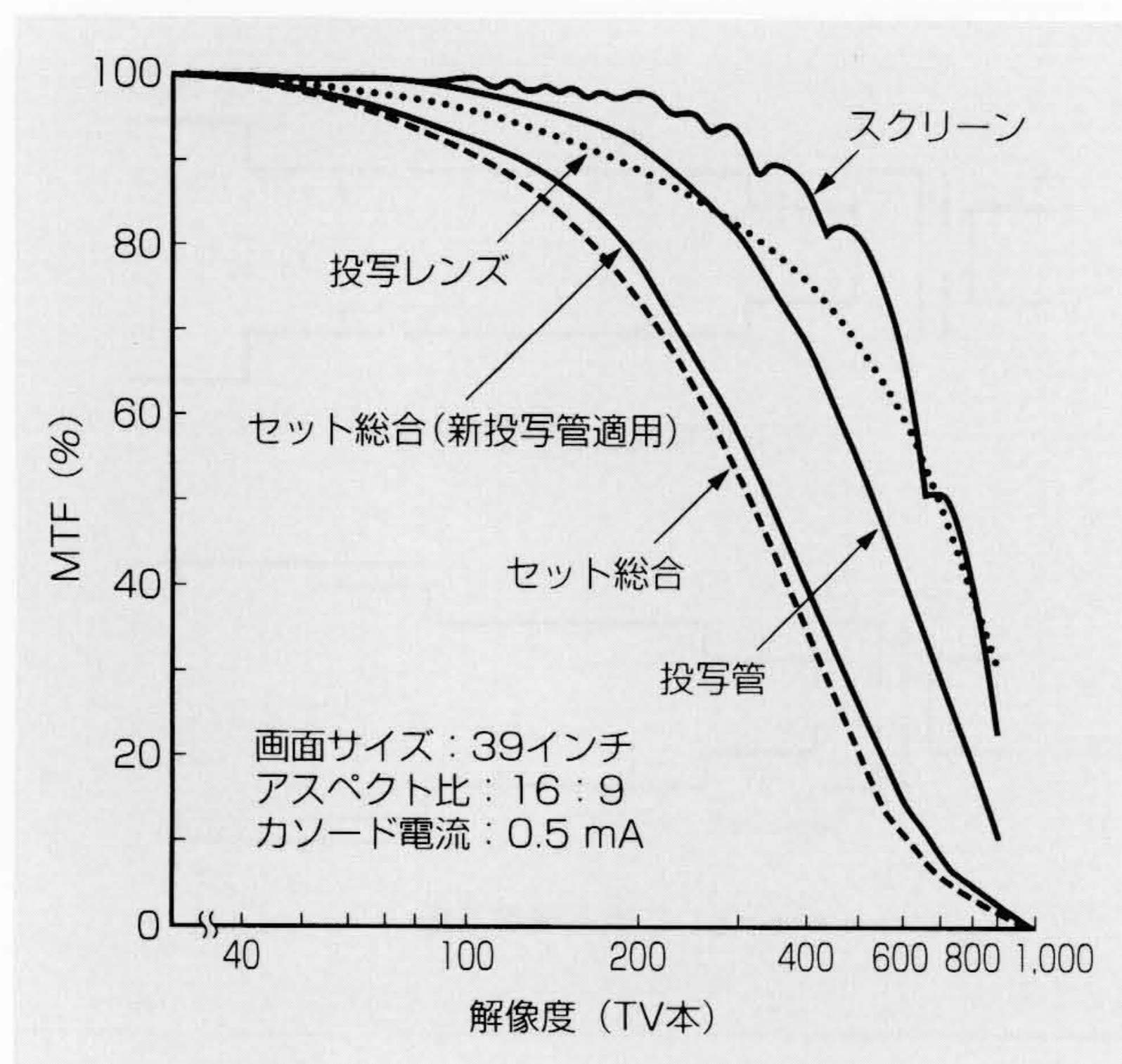


図10 MTF特性

試作セットでは700TV本で8%，850TV本で解像度限界3%のMTF特性を示した。

度と呼ばれる性能は、MTF 3%で評価することが多く、同図で約850TV本である。また、家庭用ハイビジョン受信機としては、700TV本以上の解像度が必要であるが、MTF 8%以上が得られており、十分な解像度性能を実現している。開発した投写管を適用した39型ハイビジョンテレビの試作セットの特性を表3に示す。

6. おわりに

ここでは、ハイビジョンテレビ用に開発した16 cm 静電集束投写管について述べた。

表3 98 cm(39型)試作セットの性能

有効画面サイズ98 cmで850 cd/m²の輝度を持つ。

項 目		仕 様
有 効 画 面 サ イ ズ		98 cm(アスペクト比16：9)
輝 度		850 cd/m ² (白ピーク)
水 平 解 像 度		700 TV本(MTF：8%) 850 TV本(MTF：3%)
ス ク リ ー ン	レンチキュラ レンズ ピッチ	0.72 mm
	視 野 角	水平視野角 ±36° 垂直視野角 ±11.5° ($\frac{1}{2}$ 輝度半値角)
投 写 レ ン ズ F値		1.2
セ ッ ト サ イ ズ 〔幅×奥行き×高さ(mm)〕		905×395×1,025

この投写管では、必要なフォーカス性能を得るため新たに開発した高解像度蛍光膜と大口径Hi-UPF電子銃を採用した。これらにより、カソード電流0.5 mAで0.19 mm、5.0 mAで0.26 mmの10%ビームスポット径を得ることができた。また、実機セットに応用した結果、短焦点ハイブリッド投写レンズ、大幅な低コストを実現する第3世代MUSEデコーダ、デジタル コア ユニット、長期的な色ずれを瞬時に補正するオートセットアップ方式デジタルコンバーゼンスなどの新技術^{6),7)}との組合せで、高いコストパフォーマンスが得られる製品⁸⁾をリリースすることができた。

投写管を用いた投写型テレビは比較的容易に大画面を実現でき、今後も市場が拡大していくものと思われる。これからもより普及価格でより高画質な大画面テレビを実現するため、投写管の改善に力を入れていく考えである。

参考文献

- 1) T.Asano, et al.: The High-Performance Aspherical Phosphor Screen Projection CRT, Proceedings of the SID 31, No.3(1990) pp.233~237
- 2) T.Asano, et al.: A 6.9-in. High-Resolution Projection CRT for an HDTV Display, Journal of the SID 2, No.3(1994) pp. 113~118
- 3) Y. Uehara, et al.: Analysis and Improvement of Luminance Degradation of Projection Tubes, Extended Abstracts of 188th Electrochemical Society Meeting (Chicago, Illinois, 1995) p.1228
- 4) Y.Uehara, et al.: Degradation of Projection CRT's Utilizing Sc Doped Y₃(Al,Ga)₅O₁₂: Tb Phosphors, Extended Abstract of 190th Electrochemical Society Meeting (San Antonio, Texas, 1996)pp. 937~938
- 5) 吉田, 外: 39" Wide-aspect TV with Depth of 39 cm, Proceedings of the Third International Symposium on Consumer Electronics 14-16 Nov.(1994, Hong Kong) pp.33~38
- 6) 野口, 外: 投写型TV用オートセットアップ デジタル コンバーゼンス システム, 電子情報通信学会技術報告, EID95-14, pp. 25~30(1995-6)
- 7) 渡辺: Current and Future of CRT Projection Display, 第29回照明学会全国大会(1996) pp.323~324
- 8) 海崎: ハイビジョン・ワイドクリアビジョン受信機, 放送技術, Vol. 49, No.2(1996) pp.85~88