CRT ディスプレイ

大 沢 通 孝*

1. は じ め に

本章ではブラウン管（CRT）を用いた直視型及び投写型ディスプレイの最近の動向、進歩について述べる。

直視型ディスプレイについては、前回の報告書に紹介された16：9のワイドアスペクト CRT は、本来はハイビジョン用に開発されたものであったが、現行放送用をワイドで見る機能を搭載し、走査線数も現行放送と同一仕様とするなどして、セット価格を大幅に低下させたことで急速に普及しつつある。それに伴い、開発当初は32型、36型のみであった CRT サイズは、普及の中心となっている28型、24型に加えて16型も製品化されている。性能的にも、マスクピッチなどの最適化を図ることで、現行4：3のアスペクト CRT に対して遜色がないほどに高輝度化・ハイコントラスト化が図られている。

一方、現行4：3のCRTは不況やワイドテレビの普及などの影響で、29型を中心とした大型の伸びが大幅に低下し、21、25型を中心とした中型や小型機種が伸びた。中・小型機種は生産を海外に求め、大幅に低価格化を図った。

一方、長年研究されてきた完全フラット CRT も、14型サイズの現行放送対応で製品化され話題を集めた。

コンピュータ端末用の高精細データディスプレイは、ワークステーションやパソコンの上位機種用など20型1Mピクセル表示から21型フラットフェースの2Mピクセル表示に移行しつつある。これらは、マイコンで制御されたマルチスキャン対応となっており、多くの種類の入力信号に対応できる。一方、数量的には14、15型が今だに多いものの、17型の伸びが急速であり、液晶ディスプレイ（LCD）の普及も考えると、近い将来、パソコン用の CRT モニターの中心は17型に置き換わるものと予想される。

投写型ディスプレイは北米市場での伸びは順調であるが、国内での伸びは不況の影響もあり、ここ数年期待できなかった。しかし、技術的に興味をひく開発がいくつかなされており、ワイドテレビの市場の伸びに伴い、投写型テレビの普及の兆しも現われ始めている。

ここでは、最近の技術を中心に、発表された文献をもとに具体的に紹介する。

2. 直視型ディスプレイ

画面アスペクト化が4：3の現行放送対応ディスプレイにおける大きな技術的トピックは、広角偏向化であろう。これはフラットフェース化同様、周辺フォーカスの劣化を招くため、電子銃、偏向ヨークの改良が精力的になされている。

フラットフェース化は、1986年以降顕著になった大型化と並行して進められた。フラット化はバルブ強度の確保はむろんのこと、シャドウマスクのドーミング（電子ビーム照射による温度上昇でマスク形状が変形すること。結果として電子ビームが決められた蛍光体を照射できず、色純度の劣化をもたらす）対策、映り込み像の自然さ、画像歪（クロスハッチ表示など顕著）など多くの課題と取り組みながら改良されてきた。最近のものは、画面周辺（ペリフェリ）の曲率が平均で4.2m程度になっており、フラット性が高められている。図1にパネル表面形状の例を示す¹⁾。

図1 パネル表面形状

広角偏向化は CRT の全長短縮を狙い、セット側での改善とともに、29型セットで家具の標準的な奥行き45cmを実現した¹⁾²⁾。フォーカス、ミスコンバーゼンス（赤、緑、青が蛍光面上で一点に集中しないことによって生ずる色ずれ）、画像歪などの表示特性、偏向回路の消費電力、および価格に影響するネック径は、29.1mm、32.5mmなどで製品化されている。37.5mmネック径の CRT は、一部データディスプレイや業務用で使われている。

大画面化、高輝度化、高コントラスト化（フェースプレート³⁾の光透過率低減）の流れでビーム電流は増加の一途をたどり、スポット径は大きくなる傾向にある。そこに、広角偏向化も加わり、周辺フォーカス特性は一層厳しい状況

* (株)日立製作所研究開発推進本部
紹介者：小原 章男

Michitaka Ohsawa

である。これに対し、電子銃と偏向ヨークの改良で従来以上の性能を実現している。電子銃の改良は基本的に電子レンズの口径拡大、具体的にはオーバーラップ構造の開発・展開により、等価的な大口径を実現できる構造が実現でき性能向上が図られている。図2に電子銃の1例を示す³⁾。主レンズはG5電極とG6電極の開口部で形成される。主レンズは、3本のビームに対応した3個の楕円開口と、共通に作用する横長の大口徑開口の組み合わせで構成される¹³⁾。図3でG5電極が2分割されているのは、走査に応じてビームの縦・横の比率を変え、非点収差補正を行なわせたり、レンズの焦点距離を変えたりする機能をもたせているためである。このダイナミック補正を行う電圧の低減が重要な技術課題で、いくつかの有益な提案がなされている³⁴⁾。一方、ダイナミックフォーカス電圧発生回路でも図3の示すように、帰線期間に発生する不要電圧を除圧すると同時に、回路を簡略にするなどの改良を加えた提案がなされている⁵⁾。

図2 電子銃構造

図3 簡易型ダイナミックフォーカス回路

偏向角という観点からみたワイドCRTは、ハイビジョンCRTの仕様を日本電子機械工業会（EIAJ）で決めた当時の106度となっている。大画面でより効果があるワイドCRTでは、大型化に伴う奥行きの問題は一層重要であるが、周辺フォーカスとの両立も技術的に大きな課題である。

データディスプレイ用CRTの偏向角は、表示画面全体のフォーカス品質が均一であること、すなわちスポット径の絶対値のみならず真円度、さらには画像歪特性も強く要求されるため90度偏向である。しかし、LCDなどの普及とともに奥行き問題はさらにクローズアップされ、広角偏向化の要求はますます強まるであろう。

データディスプレイでは、利用者がセットに接近して長時間使うため、漏洩磁界⁶⁴⁾や漏洩電界⁸⁹⁾の規制（例えば、スウェーデン王立計量試験評議会SWEDACの測定勧告などに準拠したもの）が非常に厳しい。これらの規格はセットから一定の距離での磁界、および電界の強さを規定したものである。人体と磁界・電界の関連性はまだ十分には解明されていないが、安全性の問題でもあり、市販されているデータディスプレイの多くはこの規格を満足している。

データディスプレイで特に重視されるのが、CRT表面の外光反射がある。視覚障害の原因となる可能性もあり、従来から「ノングレア」処理、「低反射」コートなどがなされてきた。しかし、前者は低価格ではあるが、解像度、コントラストなどを低下させ、後者は薄膜を多層化する必要があり高価格であった。これに対し、最近、価格と性能の両立が可能な2つの方式が開発された。1つは、図4¹⁰⁾に示すように、ノングレア処理に用いられるシリカコート（反射像をばかす）と、2層コート（低反射導電層）を組み合わせた3層コートで¹⁰⁾、もう1つの方法は、単粒子配列されたSiO₂超微粒子による低反射膜と、導電性を有するSnO₂超微粒子による帯電防止膜の2層膜で構成されたものである¹¹⁾。これらは、厳密な光学的特性は多層膜コートには及ばないものの、実用的には十分な特性を実現しており、低価格、シールド効果など多くのメリットを有している。現状のシリカコートによるノングレア処理のみのセットや、価格の高い多層膜コートのセットなどが、これらの技術を用いたセットに順次置き換えられていくだけでなく、一般テレビセットにも採用されていくであろう。

完全フラットのCRTは長年研究された成果が実り、1993年に14型の大きさで現行放送対応テレビ受像機として製品化され、21型プラズマディスプレイとともに話題を呼んだが広く普及するまでには至っていない。

図4 ノングレア、低反射帯電防止コートの構造

3. 投写型ディスプレイ

CRT投写型ディスプレイは、CRT、投写レンズ、スクリーンなどで構成される。家庭用としては、明るい室内でも良好な画像が保てる背面投写型が主流で、画面サイズは40型（北米では50型）前後が一般的である。CRTサイズは5型なども開発されたが、現在の主流は7型である。ここ数年における市場の動きとしては、北米市場が伸びており年間40万台以上の需要があるのに対し、国内はLCDの投写型を含めても年間7万台程度で低迷している。しかし、最

近はテレビのワイド化にともない、大画面化とコンパクト化の両立が直視方式に比べ有利な投写型が見直され始めている。そのため、最近の傾向としてはセットサイズのコンパクト化、特に奥行き短縮が大きな流れとなっている。奥行き短縮には、図5の光学系ブロック図¹³⁾から明らかなように、スクリーンのカラーシフトの低減などが、電気系では、CRT および投写レンズの集中角の増加による歪、コンバーゼンス補正能力の増強が必須となる。

図5 投写光学系

光学系における技術動向としては、投写レンズのハイブリッド化（球面ガラスと非球面プラスチックレンズ）が急速に進んだ。これは、投写距離が短くなるにつれてレンズの収差補正が大きくなり、球面のガラスレンズでは実用上対応できないためである。環境変化（温度や湿度）に弱いプラスチックレンズが、ハイビジョン用のレンズとして使われ始めた背景には、設計・製造と補償技術が確立されたためである¹⁴⁾¹⁵⁾。図6にレンズ構造・仕様の1例を示す¹⁵⁾。

投写レンズ同様、スクリーンも改良されている。図5のように、集中角が大きくなるにつれ、投写光の色による経路の違いが大きくなる。これは見る位置により、色のバランスが崩れるカラーシフトを発生させる。これを改善するために、レンヂキュラレンズ（円筒レンズ）の形状を楕円から非球面化している¹⁶⁾。一方、フォーカス、コントラストなどの画質向上に関する改造も、スクリーンでなされている。具体的には図7¹⁷⁾に示すように、スクリーンシートの薄板化、拡散材の射出側表面配置（従来はスクリーン内部に分散）であり、シートの着色、さらに入射面、出射面への反射防止コーティングなどである。

投写距離の短縮を中心に上記の技術を開発・導入し、39型の画面サイズで14型相当の奥行き（39cm）で実現したセットも製品化された¹⁶⁾。

投写管における技術開発では、蛍光膜の薄膜化と電子銃の改良などが大きい。

蛍光膜の薄膜化は、蛍光膜内部での光の散乱を低減しスポット径の拡大を抑える効果がある。この技術の実用化により、従来、低カソード電流領域で電流の減少とともにスポット径が減少しない、という飽和傾向が大幅に改善され、

電子銃の性能がより直接的にみられるようになった。この様子を図8¹⁸⁾に示す。反面、単に膜厚を薄くするとピンホールの発生や輝度の低下が生じる。これに対しては、蛍光体を高密度に充填することで解決している。

図6 投写レンズ

図7 スクリーン構造

	高密度蛍光膜		現行蛍光膜	
	赤	緑	赤	緑
膜厚	18 μm	18 μm	36 μm	40 μm
膜密度	2.0 g/cm ²	2.2 g/cm ²	1.6 g/cm ²	2.0 g/cm ²

図8 蛍光体膜厚とスポット径

投写管の電子銃には、静電レンズによる静電集束方式と電磁レンズによる電磁集束とがある。現在量産されている方式は、静電集束方式および、電磁レンズを主レンズとし静電レンズを補助レンズとした複合集束方式の2つである。最近では、価格が安く取扱が簡単でコンパクトにできる静電集束方式が主流となりつつある。単ビームである投写管においても、等価的なレンズ口径の大型化を図ることで集束能力を改善している。投写管のネック径は29.1mmが一般的であるが、ハイビジョン用や業務用などは、さらに物理的なレンズ口径の拡大も図るために、36.5mmを採用するものもある。

一方、価格、取扱、CRT 全長などの点で不利な複合集束方式も、カソード電流の全領域でシャープなフォーカス特性が実現できるため、業務用のみならず一般民生用でも多く使われている。複合集束方式における改善点は、補助レンズである静電レンズの改良¹⁸⁾と主レンズ自身の改良とシステム全体の改良がある。主レンズ自身の改良は、集束磁界の均一化と集束磁石の低損失化などがある。低損失化は、水平偏向周波数が高いデータ表示用の投写形ディスプレイ用においては重要な課題である。これを解決するため、磁石を金属からプラスチック化する試みなどもなされている¹⁹⁾。これにより、水平ダイナミックフォーカスの磁界損失が大幅に軽減される。サマリウムコバルトなどの粉末を、バインダーで成型したプラスチック磁石は、導電率・透磁率が小さく高周波における損失が小さく、形状設計が自由などの利点を有する。この性質を利用して、コンバーゼンスヨーク (CY) などを含めたトータルシステムで、フォーカス改善の試みもなされている²⁰⁾。集束磁石のヨークの一部を CY としても使い本来の CY を除去し、集束磁石を蛍光面に近づけることでレンズ倍率の低減を図り、集束能力を高めたものである。CRT の構造を図 9²⁰⁾に示す。また、CY 機能を備えた集束磁石の構造を図10²⁰⁾に示す。この方式によるレンズ倍率の低減で蛍光面中央のビーム径は20%改善²⁰⁾されている。また、周辺部は低倍率化により一般にはスポット形状は歪を受けやすくなるが、偏向磁界(DY, CYとも)の均一化により解決している。

投写管に用いられる蛍光体は、入射電力が非常に大きな領域で使われているために、高電流領域で輝度の飽和が生ずる。これは、青蛍光体が最も顕著で、関係者の努力にもかかわらず適当な材料がなかなか見つからないのが現状である。しかしながら、偏向周波数の増加にともない電流飽和の傾向は緩和され、光出力は図11¹⁵⁾²¹⁾に示す様に増加するため、ハイビジョンやデータディスプレイ用では有利に作用する。赤、緑、青の蛍光体の発光特性の違いを回路で補正し、色温度の管理をより厳密に行う努力も一部ではなされている¹³⁾。

投写型ディスプレイと直視型ディスプレイにおいて、回路構成上最も大きな違いはコンバーゼンス補正回路である。直視型ではごく一部の業務用を除いて、コンバーゼンス補正は偏向ヨーク (DY) と CRT で行っている (もっと

も、最近では簡単な回路が DY に搭載されはじめたが、回路規模、補正能力がまったく異なる)。コンバーゼンス補正回路は、方式によりアナログとデジタル、およびそれらを組み合わせたハイブリッド方式がある。民生用はアナログ方式が主流であるが、すべてデジタルで処理する方式も開発²²⁾され、最近では、マルチモード用に対応できるシステム²³⁾に発展している。経時変化、設置場所による色ずれなども自動的に補正するシステムも開発が活発化²⁴⁾し、それらの一部は民生用として実用化²⁵⁾されている。

図9 投写管の構造

図10 CY 一体集束磁石

図11 青蛍光体の光出力特性

4. その他のCRT ディスプレイ

CRT をランプ代わりに用いる大画面ディスプレイ用 CRT も、輝度、発光効率、寿命特性の向上および低価格化を図るべく、蛍光体の塗布、CRT 構造などを中心に開発が進んでいる。フェースプレートの蛍光体塗布面を平坦化することにより印刷法を適用し、蛍光面を平坦かつ高密度充填することにより、輝度、寿命などを大幅に改善した報告²⁵⁾がなされている。

5. ま と め

LCD, PDP など CRT を追いあげるデバイスの性能向上が進み, CRT も守りにはいらざるをえない. しかし, CRT は画質, 精細度, 価格などバランスがとれており, しばらくはディスプレイデバイスの主役と思われるが, 重量, 奥行きなど本質的な問題もあり, それぞれのデバイスの特徴を活かしてお互いにさらに発展していくものと思われる.

参 考 文 献

- (1) 細谷他: 大型短全長カラーブラウン管の開発, テレビ学技報 IDY'93-164, Vol.17, No.71, pp.13-18 (Nov.1993)
- (2) 山中他: 奥行き短縮大か型カラーブラウン管の開発, テレビ学技報 IDY'93-164, Vol.17, No.71, pp.25-30 (Nov.1993)
- (3) 白井他: EA-DF 電子銃のダイナミック電圧低減, IDY'91-151, Vol.15, No.72, pp.27-32 (Nov.1991)
- (4) 富永他: HDTV カラー CRT 用高性能電子重, テレビ学技報 IDY'93-11, Vol.17, No.1, pp.61-66 (Jan.1993)
- (5) 塚原他: EA-DF 電子銃用簡易型ダイナミックフォーカス回路, テレビ学技報 IDY'93-165, Vol.17, No.71, pp.19-24 (Nov.1993)
- (6) 田上他: 14 “カラーディスプレイ CRT 用低漏洩磁界 SS 偏向ヨーク, テレビ学技報, EDI'91-100, Vol.91, No.407, pp.31-35 (Jan.1992)
- (7) 奥山他: 48cm カラーディスプレイ用高機能偏向ヨーク, テレビ学技報, IDY 92-116, Vol.16, No.48, pp.39-43 (July 1992)
- (8) R. D. Capples: 9.1 “Cancellation of ELF/ VLF Electric Fields from CRT Displays”, SID '92 Technical Report, SESSION 9: DISPLAY SYSTEMS (1992)
- (9) 木藤, 大沢: 低電界不要輻射水平偏向回路の検討, テレビ全大'93, ITEC'93, 1-3, pp.5-6 (1993)
- (10) 有元他: CRT 用ノングレア, 低反射, 帯電防止 (AGRAS) コート, テレビ学技報, IDY92-78, pp.11-16 (1992-12)
- (11) 遠藤他: 超微粒子による低反射帯電防止膜, テレビ学技報, IDY94-3, Vol.18, No.2, pp.13-16 (Jan.1994)
- (12) K. Yamamoto, M. Yokomakura, S. Inohara, K. Nonomura: A 14-in. Color Flat-Panel Display Using Filament Cathodes, 25.1, pp.381-384, SID 94 DIGEST
- (13) 大沢他: 2. 投写型テレビの色再現, テレビ誌, Vol.7, No.8, pp.1100-1102 (1993)
- (14) 平田他: 投写型 HD ディスプレイ用ハイブリッド投写レンズの設計, 応物分科会日本光学会第16回光学シンポジウム資料 (June, 1991)
- (15) 大沢, 大木, 窪田, 武永: 7-4 HD ディスプレイ, テレビ誌, Vol.45, No.11, pp.1403-1407 (1991)
- (16) 吉田他: CRT 投写型ディスプレイ用超短投写光学系の開発, テレビ学技報 IDY 94-82, Vol.18, No.34, pp.61-66 (1994-6)
- (17) 大沢他: 3-1 CRT 投写型ディスプレイ, テレビ誌, Vol.47, No.7, pp.936-940 (1993)
- (18) 広田他: HDTV 用16cm高解像度投写形ブラウン管, テレビ学技報 IDY 93-12, Vol.17, No.1, pp.67-72 (Jan.1993)
- (19) 大高他: 電磁集束方式投写形ブラウン管の集束マグネットへのプラスチックマグネットの適用, テレビ学技報, IDY 92-115, Vol.16, No.98, pp.33-38 (1992 7月)
- (20) 大高他: 投写形ブラウン管の CY 一体型電磁集束システム, テレビ全大, 6-10, pp.103-104, ITEC'93 (1993)
- (21) M. Ohsawa et. al: 46-in. High-Resolution Rear-Projection Display, J. of SID, Vol.1, No.1, 1993
- (22) M. Ohsawa et. al.: A High-Resolution Rear Projection TV for Home-Use, IEEE Trans. Consum. Electron., Vol.35, No.3, pp.325-333 (Aug. 1989)
- (23) 野口他: 2 モード対応デジタルコンバーゼンスシステムの開発, テレビ全大 6-11, pp.105-106, ITEC'93 (1993)
- (24) 田中英夫: リアプロジェクトにおける静コンバーゼンス補正システム, テレビ全大 5-6, pp.111-112, ITEC'92 (1992)
- (25) ㈱日立製作所カタログ, 電波新聞 (1994.4.26および5.2)
- (26) 上村他: 大型屋外表示用 CRT 光源管, テレビ学技法, IDY'93-167, Vol.17, No.71, pp.31-36, (Nov. 1993)

(受付日 1994年9月20日)

おおさわ みちたか
大沢 通孝

昭和50年、山形大学工学部電子工学科修士課程終了、㈱日立製作所に入社、映像メディア研究所に勤務し、CRT を用いた超高精細直視、投写型ディスプレイ、CRT 周辺システムの研究開発に従事。平成6年8月より現職。