2. CRT ディスプレイ

CRT Display

2-1 CRT の 将来 展 開

Future Development of Cathode-Ray Tubes

A. M. Morrell

山 崎 映 一(訳)

1. ま え が き

CRT の将来は、他の製品の将来と同様に、その過去の歴史に大きく影響されるものである。前世紀におけるウィリアム・クルックス卿によるごく初期の発見から、現代の極めて高度化された製品が何百万本も生産されるに至った歴史は、技術開発の歴史としても極めて興味深いものである。現在の CRT は極めて完成度の高いものであるにもかかわらず、この歴史は現在でも書き換えられつつある。新しい開発や改良は、過去 20 年間で同等もしくはそれ以上の速さで、現在でも行われている。

新開発の速度は、競争、技術進歩、CRT の新用途、CRT にとって代るすぐれたデバイスがまだないことなどにより、ますます早められている。

2. 歴 史

CRT (陰極線管) という言葉は、カメラ用撮像管、オシロスコープ用ブラウン管からテレビ用の受像管に至るまでの広い範囲の製品にわたって用いられている。しかしここでは、主としてテレビ用の受像管、なかでもカラー受像管について述べることにしたい。

カラー受像管の歴史は、白黒受像管の技術を背景にして 1950 年から始まった。

カラー受像管の最初の 10 年間は極めて困難な時期であったが、一方、最も興味深い時期でもあった。カラー像再生に関して、いくつもの興味ある考えや方式

が提案され、試作され、また評価された。これらのすべての方式は CRT を使用していたが、その形式は様々であった。色選別の方法として提案されたものは、機械的な方法によるものから、極めて複雑な電気的方法によるものまでにわたった。

その一方の端にあったのは、白黒 CRT の前に緑、赤、青のセグメントを持つカラー円板を回転させ、これを垂直偏向周波数に同期させる構造のものである。現在の我々から見るとこの方式は非実用的であるように見えるが、当時は米国の放送標準方式として数年間にわたり採用されたものである。しかしこの方式は、白黒テレビとの互換性がなかったこと、また技術的にも重大な欠点があったことから、商業的には不成功に終わった。

全電子式ディスプレイ装置を用いた互換性のあるカラー方式に関する研究が 1950 年代の初期に進められ、現存する白黒テレビ方式と互換性のある放送方式が米国内の業界グループにより開発された。1953 年末、NTSC (National Television System Committee) 方式がカラー放送の標準として採用された。

この期間に開発されたディスプレイ装置の基本になったのが、シャドウマスク 3 電子銃カラー受像管であった。

1950 年にこの受像管のデモンストレーションが行われ、1953 年には RCA から商用サンプルが発売された。このシャドウマスク管は、写真 1 に示すように、全体の管体容器の中に張力をかけたシャドウマスクと、別個のガラス板蛍光面と納めたものであった。この直後に、フェースプレート内面に直接蛍光面を形成

A. M. Morrell (RCA, USA)
Eiichi Yamazaki (Mobara Works, Hitachi Ltd., Mobara,
株式会社日立製作所 茂原工場)

写真 1 15 GP 22 の写真 (1953 年に発売された最初の商用カラー像管)

する方法が開発された。

シャドウマスクはフェースプレートの曲面にほぼ沿う形に成形され、フェースプレートから適当な距離を保った位置に金属フレームで支持される構造のものであった。この受像管の機械的構造の改良は急速に行われた。マスク支持法の問題は、フェースパネル側壁にテーパ状の金属スタッドを埋込むことによって解決された。マスク周辺に設けられた板状バネをテーパスタッドに係合させることにより、マスクの支持を行った。

30 年前に開発された金属スタッドと板バネによるシャドウマスクの支持方法が、現在作られているほとんどのカラー受像管に今なお広く用いられているということは注目に値することである。

1950 年代に行われたもうひとつの大きな進歩は、ツーピース構造の全ガラスバルブと、また、これを互いに封着するための結晶化フリットガラスの開発である。これは、それ以前に使用されていた金属容器とガラス部品とを金属フランジにより接合していたものにくらべ、大きな発達である。このガラスバルブの開発は、すべてのカラー受像管用バルブ設計の基礎となったものである。多くの改良がなされたとはいうものの、結晶化フリットガラスで封着されたツーピース構造のガラスバルブは、現在に至るもいまだに使用されている。1950 年代はまた 21 形管に至る大形管の開発が行われ、管の設計・性能全般について実質的な多くの改良を見た年代でもあった。

1950 年代には、カラー受像管のシャドウマスクの考え方について多くの挑戦が行われた。シャドウマスクの基本的な問題は、これは現在に至るも解決されていない問題であるが、スクリーン構造の効率が悪いことである。わずか 20% 程度の電子ビームのみが、シャドウマスクを通過して実効的出力に寄与している。この 80% のエネルギー損失を免がれる方法は広

範囲にわたって試みられた。

種々の方法によってビームを個々の蛍光体ドットの上に集束させることにより、マスク透過率を向上させる数限りない各種の研究や計画が実施された。最初のものは、マスクと蛍光面間で静電的に集束を行わせるものであった。二重マスク構造にしたり、ワイヤグリル構造やストライプ蛍光面を用いたものもあった。大がかりな研究開発計画が数社によって進められたが、この方式を用いて実質上商用に供されたものはまだ現れていない。フォーカスマスク管についての研究は長年にわたって続けられ多くの改良がなされているものの、フォーカスマスク管の商品化は今後達成されるべきターゲットとしてまだ残ることになる。

広く研究が行われたもうひとつのカラー受像管の方式は、一般にビームインデックス管として知られているものである。この方式では単電子銃とストライプ蛍光面が使用されている。走査中のビームの位置は、通常蛍光面裏面に設けられた UV 蛍光体と、光センサーから成るフィードバックシステムで規定される。センサーから得られた信号は、ビームの位置によってカラー回路を制御する。この方式についても多くの設計研究が行われたが、そのごく一部のものが極めて小規模に商品化されているだけである。

ビームインデックス管の基本的な考え方、およびシャドウマスクを取除くことによりその効率の悪さを回避するという考えは、多くの技術者の興味深いターゲットであった。ビームインデックス管のコスト面の問題のいくつかは、現在の回路技術の進歩により解決されたとはいえ、他の基本的問題がいまだに残っている。したがって、その商品化は極めて限られたものとなっている。

さらに、かなりの注目を集めたもうひとつの方式として、ペネトレーション形蛍光面を持ったものがある。この方式では、色選別は電子ビームの速度すなわち蛍光膜への電子の浸透の程度によって行われる。蛍光面電圧を変えることにより、できるだけ広い色度範囲にわたって変化するような蛍光膜構造について、かなりの開発研究が行われた。2 つの基本的な問題のひとつは色度変化の範囲であり、他はカラーサンプリングを行わせるために電子ビーム速度の変化を行わせることの困難性であった。この問題に関する解決法のひとつは、それぞれ異なる電圧で動作する 3 電子銃を用いることであった。この方法の場合には、蛍光面上で 3 つのラスターを一致させることの困難さが大きな制約条件となった。一般的に見て、ペネトレーション管はテレビ市場には実質上ほとんど足跡を残すことはな

かったが、特殊の工業用用途として用いられた。

1960年代になると角形ガラスバルブが一般に作られるようになり、これがその後、現在あるいはそれ以降まで標準となっている角形シリーズの基礎となったのである。管のサイズは25 V 形まで拡大された。シャドウマスクにおいて、その熱膨張を補正する方法として、熱補正バイメタルを導入することによって改良が行われた。蛍光面の改善によって光出力向上も行われた。最初は全硫化物蛍光体によって、そして後には希土類蛍光体の導入によって行われた。

60年代の終り頃になると、ネガティブブラックマトリックス技法の開発により大きな改善がなされた。この方式は、蛍光体の実際に発光する部分の隙間に黒色物質を埋めこむことにより、従来のグレイガラスを用いたときのように光出力を失うことなく、コントラストの改善を可能にしたものである。この基本技術は、現在の大部分の受像管に採用されている。

1970年代には2つの新しい傾向が始まった。すなわち、①110°に至るまでの広角偏向の出現と、②インライン電子銃とストライプ蛍光面の導入である。それ以前のドット蛍光面とデルタ電子銃の組合せからのこの変更は、カラー受像管の開発の歴史の中でも際立ったもので、1970年代に実質上全部の受像管の生産が、デルタ電子銃ドット蛍光面からインライン形へ切替えられた。

インライン電子銃の主たる特長は、セルフコンバーゼンス方式偏向ヨークの使用を可能としたことである。これは、従来のデルタ方式がダイナミックコンバーゼンス用として、別にコンバーゼンスヨークを要し、これを働かせるための高価な回路を必要とするのみならず、多数の調整箇所を合わせる必要があったことにくらべると大きな進歩である。90°偏向用に開発されたこのインラインセルフコンバーゼンス方式は、100°偏向、110°偏向に拡大され、すべてのサイズに用いられるようになって、現在の殆どどのカラー受像管の標準方式となっている。

1970年代中期のもうひとつの進歩は、コントラストをさらに改良するための着色蛍光体の採用である。この改良により蛍光面の反射率を低減し、コントラストをさらに改良することができた。

図1に興味深い比較を示す。最初に商品化されたシャドウマスク管（1953年に発表された15 GP 22）と、

図1 最初の15形商用シャドウマスク形カラー受像管から現代の15 V 形インライン形カラー受像管に至るまでの20年間の発達

最近の15 V 形管15 VAETC01をくらべたものである。主要な比較点は図中に説明した。

3. 1980年代初期の傾向

1980年代は、表1に示すような多くの開発によって始まった。

1982年に導入されたフェースパネルの基本的な変更は、ほぼ1970年以来の初めての形状変更である。以前の蛍光面形状がガラスバルブ外形形状にほぼならったものであるのに対し、この変更によって蛍光面は直線状の辺とコーナー部を直角状に角ばらせた形状にすることより、従来のものとの違いを際立ったものとしている。この新しい形状は、受像管設計者に対して新たな挑戦をいどませるものである。

新しい軌道解析設計と電子銃部品加工技術の進歩に基づく電子銃の解像度向上は、画期的なものである。このような向上は、データディスプレイ用やビデオテックス、テレテキスト用の要求に基づいてなされたものである。

主としてデータディスプレイ用に用いられる高解像度蛍光面は、トリオ間隔を縮小し、また色の分散効果が得られるという利点から、再びドット構造のもの

表1 最近のカラー受像管の展開

基本的フェースパネル形状	スケアーコーナーと、より平坦化した外形
改良された電子銃解像度	主レンズ改良集束方式と、さらに改良されたビーム形成域の開発
高解像度ドット蛍光面	ディスプレイ管用小間隔トリオ
改良された偏向ヨーク	コンバーゼンスとラスタースhift補正の改良

が用いられている。目標とするところは、近距離から見た場合でも個々の色をもった画素が我々の目に見えない程度に細かくすることである。ドット構造蛍光面が用いられているにもかかわらず、大多数のデータディスプレイ管がセルフコンバーゼンス方式インライン電子銃を採用しているのは興味深いことである。

偏向ヨークの改良は、データディスプレイ管のより良いコンバーゼンス性能の要求と関係している。いくつかの新しい考えが導入された。ラスター補正の改良は、新しいパネル形状によって必要とされるものである。

直視管に加えて、投写形カラーテレビにおいても、以前より明るく、かつ視角も広がって、かなりの改良がなされている。

4. 将来の開発動向

1980年代の残された期間において、一体どのような進歩がなされるものかが問題として残る。この期間の間に、表示素子としてCRTがますます広く用いられるであろうことは明白である。ケーブルや衛星直接放送による放送番組の実質的増加は、テレビセットの需要を拡大し、かつその使用頻度も高めることになる。さらに加えて、ビデオディスクやVCRからの新しい番組情報が放送番組に補足される形で加わってくることになる。またさらに加えて、ビデオテックス、テレテキストが世界の各地ですでに実用になっているが、これも家庭で利用可能な情報として加わることであり、テレビセットやモニターの利用をますます増加させることになる。

コンピューター分野でのCRT特に、カラーCRTの利用は急速な勢いで増加しつつあり、また今後も伸び続けることは間違いないところである。デジタルテレビは、高解像度放送用に走査線数を増加してCRTの能力をフルに引出すことを可能にする。また高解像度用としてのアスペクト比の異なった方式の可能性は、表示素子としても従来とは別のシリーズを必要とする。

今後2〜3年間の数量増加や、高性能化という強力な駆動力をもつ情勢の中で、問題はCRTに競合できるような何物かがあるかどうかということである。仮りにCRTに競合可能な魅力的な表示素子が技術的に可能で今日完成されたとしても、市場に強力な影響力をもたらすまでには何年もの歳月を要することは疑いのないことである。このような競合製品は、ごく限られた分野を除いて現在明確に存在するものはまだ現れていない。

現在の高度に発展したCRTを振り返ってみて、一体将来に何が起こるであろうか。以下に述べるような一般的設計傾向が将来必要とされるものとみられる。

4.1 より細かい蛍光面構造

非常にピッチの細かい蛍光面は、すでにデータディスプレイ管に用いられている。これらの微細ピッチ蛍光面を有するブラウン管は、一般にテレビ用と同様の技術により製作されており、ただ異なるのは細心の注意をもって微細構造を取扱い、面欠陥の問題に注意を払い、明るさに関する寸法的な制約や誤差について細かく考慮している点だけである。コンピューター表示素子としての用途に対しては、コスト上昇があってもさして重要な問題とはならない。しかし微細蛍光面に対する同様の要求が、今後一般テレビ用途に対しても必要とされるようになるものとみられる。

現在の製品においては、蛍光面構造はラスターの走査線構造にほぼ見合ったものとなっている。デジタル回路が導入されれば、525本あるいは625本のインターレース走査にもはや制約される必要がないことは明らかである。一般的にいうと、走査線数は恐らく倍増されるものとみられる。この場合には現状球では蛍光面構造が目立つようになり、したがって不適合と見なされよう。つまり、もっと細かいピッチの蛍光面構造とすることを余儀なくされる。このより細かいピッチの蛍光面を、経済的に効率良く取扱うことのできる新技術を開発することが必要とみられる。こうすることによって、将来微細ピッチ蛍光面が一般テレビ用としても広く用いられるようにすることが可能となる。

微細構造はマスク製造法においても改良を必要とし、特に低膨張マスク材を真陰に考慮する必要がある。蛍光膜形成工程もこの微細構造にマッチしたものとし、蛍光体素子の位置決めと解像度に関し、より高い精度をもつものとしなければならない。これに伴って、ガラスバルブやマスクの公差およびその管理方法も、現在一般に用いられているものより、はるかにきびしくなければならない。

4.2 高解像度電子銃

蛍光面構造の微細化に伴って、電子銃の解像力も比較的高性能な現在のブラウン管をはるかにしのぐものとしなければならない。この高解像度化は単にビーム径の改善だけでなく、ビームのコンバーゼンス性能も改善するものでなければならない。電子銃におけるこれらの改善は、電子銃部品や電子銃組立方法において新技術を要すると同時に、電子光学設計においてもさらに洗練されたものとしなければならない。

解像度の向上に関連したもうひとつの重要な要素が

あるが、それは偏向ヨークである。電子銃と偏向ヨークの相互関係が極めて重要なものであることは、業界内でもよく知られていることである。一般論として、セルフコンバーゼンス方式の場合に、偏向ヨークは解像度に関して極めて強い悪作用をもっている。これはもちろん画面周辺部で特に強く現れるものである。

偏向ヨークによるビームのデフォーカシングの多くは、偏向ヨークのセルフコンバーゼンス特性に関連した強い磁界強度傾斜によるものであり、またラスター補正のための磁界強度傾斜によるものである。受像機へのデジタル回路の完全導入により、ラスターひずみ補正は偏向ヨークから切離され、回路のみによって補正されるものとみられる。

全く同じことが現在の回路についてもいうことができるが、ラスター補正はかなりのコスト上昇を伴ない、したがって、一般傾向としてラスター補正は偏向ヨーク内で行い、これがフォーカスを劣化させる結果となっている。デジタル回路は、この回路補正を極めてわずかの付加コストで行うことができるものとみられている。

セルフコンバーゼンス方式偏向ヨークの導入により、受像機全体のコストを以前のデルタ電子銃方式の場合にくらべて低減することができたが、デジタル回路に受像管のコンバーゼンス補正のある部分を受持たせるようにできることが予想できる。もしそうなれば、偏向ヨークの磁界強度傾斜は低減することが可能になり、フォーカスの劣化も最小に押えることが可能となる。

このような傾向は、将来セット設計における高解像度化を達成するために、受像管用偏向ヨークの設計において実現されるのは当然のことのように思われる。

4.3 スタイルの改善

受像機の外観を良くするために、バルブ形状のスタイルを変更することはすでに始まっている。一般的にいうと、これらの変更はフェースプレートをより平らにし、蛍光面端部をもっと直角状に角ばらせようとするものである。このような傾向は今後も続くものとみられるが、導入にあたってはガラスや製造工程でのコ

スト上昇や性能面を実質上犠牲にするようなものでないようしなければならない。

一般論として、現在までにスタイル改善のためになされた変更は、これらのマイナス面を持つ傾向にある。ガラスバルブや製造工程、性能面でこのようなマイナス面のないスタイル改善を行うことは、将来におけるひとつの挑戦である。

4.4 バルブの改良

スタイル変更のために必要とされるバルブ改良に加えて、高品位テレビのためのアスペクト比の変更等を含めた他の変更も間違いなく起こるものとみられる。投写形受像機分野の一部をおきかえるような大形管も作られるであろう。このような大形化を、実質上重量やコストを上昇することなく達成できるような新しいガラス技術を開発することが強く望まれる。新材料、新技術の追及はこの基本改良を実現するため本業界にとっての挑戦である。

4.5 特殊ブラウン管

大画面映像のためフラットパネルディスプレイを実現すべく、変形CRTについてかなりの研究がなされてきた。これら開発の将来は、装置のコストや投写形セット、従来方式大形直視管との競合により決まることは疑う余地のないところである。

将来、間違いなく増大するであろうCRTの第2のカテゴリーは、パーソナルテレビ用のものである。ポータブルパーソナルセット用としてのフラット形のCRTは、すでに用い始められている。この分野での将来展開は、恐らくこの製品が実際の市場でどの程度受入れられるかにかかっているであろう。

5. む す び

将来傾向について、以上列記した事項は概略だけを述べたもので、多くの他の技術と互いに関連し合っているものである。しかしながら、順調に拡大する市場を後ろに控え、この業界で次の10年間になされる改良や新技術は、恐らく過去10年間になされたものを追い越すような進展を見るものと信じられる。

(昭和58年11月28日受付)