7. 特殊用受像管

東京芝浦電気株式会社 常 田 朝 秀
太 田 康 雄

テレビジョン受像機に組込まれて今日一般家庭の茶の間にまで持ち込まれている受像管も、わずか 20~30 年前までは「特殊電子管」という、性格の判然としない名称のもとに甘んじていた。本項にのべる特殊用受像管も全く同じ状態にある。この中から、どのようなものが将来頭角を現わすかと想像するだけでも興味深いものがある。

受像管と同様構造のブラウン管の用途は意外に広くその名に反して直接送像用に使用されているものもあり、フィルムの録画を介して間接的に送像用に供されているものもある。このほか、いわゆる受像管とはその動作原理が全く異なるが、走査方式の異なる地域間相互の受像を目的として開発された方式変換用受像管(信号変換管)、あるいは Slow Scanning 方式を必要とする工業用テレビジョンなどのために、とくに残光性を工夫した直視形蓄積管などがある。これらは一般に特殊用受像管とよばれ、たとえば直接送像に供されるフライング・スポット管などは 1931 年に Ardenne 等によって今日の基礎が固められていた。

本項はこれら特殊用途のものを、(1) 送像用フライングスポット管、(2) 録画用としてキネレコ管、(3) モニタ管、(4) 方式変換用受像管、(5) 残光特性を工夫した構造の直視形蓄積管に分けて概説したものである。

1. フライング・スポット管 (FSS 管)

テレビ技術開発の当初より E. G. Shoutly, V. K. Zworykin 等が種々の送像装置に工夫をこらしていたが、思うにまかせず、1931 年に至り Ardenne 等がブラ

第1図 Flying Spot Scanning System

"Picture Tubes for Special Application" by Asahide Tsuneta and Yasuo Ota

ウン管上の輝点を走査光源として光学系によりこれを写真フィルムの上に集束し、フィルムの濃淡による透過光の変化を光電管により映像信号としてとり出し送像することに成功した。第1図は本装置の原理を示すものである。その後、この装置は時とともに改善され、他の優秀な撮像管が出現した今日においても、これがもつ簡易性および光学系の配置を工夫することにより数チャンネルの出力をとり出せる機能を有することなどのため、放送用として賞用されている。したがって本管に要望される特性は、(i) 高輝度、高解像度、(ii) きわめて短い残光性、および分光分布、(iii) けい光面発光輝点の輝度むら (SN 比) などが主となり、これを満足させるために種々の考慮が払われている。

輝度むらの少ない高輝度輝点を得るためには、なるべくけい光膜を滑らかに被着し、かつ散乱および反射による輝点直径の増加を防止するためにも、けい光体粒度は一般受像管の $5\sim6\mu$ にくらべて細かい $1\sim2\mu$ くらいのものが実用されている。残光時間が長いと映像信号は尾をひき、ボケてくる (smear と称す) ので、通常受像管が約 $100\mu s$ であるのに対して、 $1\mu s$ 以下のものがえらばれている。

このほかカラーフィルムの場合には色再現を忠実にこなう必要があり、分光特性としてパングロマトミックが要求されてくる。現用されているけい光体は白黒用 P16、カラー用 P24 があり、いずれも巻末のけい光体特性表におのおの特長が記されている。

以上の現用けい光膜に対し、さらに解像度の向上および SN 比の改善をはかる試みとして本誌 8 項、最近のけい光面で詳述されている透明けい光膜の利用が検討されているが、まだ高輝度のものが得られていない。

このほか光学系による光量損の改善および簡易化をは

かるために、ファイバ・オプティクスの応用がある。FSS 管のけい光面にファイバ・オプティクス・プレートを使用すれば発光輝点の光束をこのファイバ・バンドルを通して管外に取出すことができるので、写真フィルムを密着させて使用することができる。このファイバ・オプティクス・プレートは第2図に示すように直径 10~30 μ の細いガラス繊維の束からできており、その開口度は

$$\begin{aligned} N_A &= \sin i = n_g \sin r = n_g \sin(90^\circ - \phi) \\ &= n_g \cos \phi = n_g \sqrt{1 - \sin^2 \phi} \\ &= n_g \sqrt{1 - n^2 c / n^2 g} = \sqrt{n^2 g - n^2 c} \end{aligned}$$

で表われ、 $n_g = 1.75$, $n_c = 1.52$ 程度 of ガラス生地を用いければ N_A は 0.86 となり、光学レンズに換算すれば F ナンバー 0.57 程度に向上している。これは第1集束レンズとして $F=2.8$ を用いた従来の形式と比較すると輝度が実効的に $(2.8/0.57)^2 \approx 24$ 倍得られることになるわけで、著しい進歩である。現在は口径の大きいフェースプレートの製造技術になお困難があり実用の段階に至っていないが、遠からず解決されるものと考えられる。

電子銃としては高密度の鋭い電子ビームが必要になるために一般には大口径、収差の少ない電磁レンズが用いられており、パイ・ポテンシャル形静電レンズのものもある。前者においてはクロスオーバをできるかぎり小さくするため3極管構造が、後者の場合は電子ビームの発散角の縮少をはかることを主眼として4極管構造が採用されている。実用管には 5 AKP 24, 5 AUP 24, 5 CN P 16 などがある。

2. キネレコ管

テレビ映像を写真フィルムに記録するキネレコは古くから使用されている。近時ビデオテープレコーダ(VTR)の出現により、録画といえば VTR 以外のものを考えるにいかにも知れないが、キネレコは編集が容易で維持に手間がかからず、かつスローモーションが簡単にできるといふ利点もあり、解像度の点で VTR に劣るにもかかわらず

第2図 ファイバ・オプティクス・プレート

第3図 キネレコ管系統説明図

らず、よく使用されている。第3図はフィルム録画方式の一例を示すもので、キネレコ管とよばれる受像管けい光面上に受像した映像を 16 mm 撮影機で記録し、かつ再生する場合の説明略図である。キネレコ管に要求される特性は高輝度、高解像度、 SN 比、適当な残光性、分光分布、動作安定性(露出条件)などである。残光性はテレビフィールド周波数、カメラフィールド周波数、フィルム感度などによってきまることが、普通の 16 mm フィルムを使用した場合は約 50~100 μs の残光時間が適当であり、残光がこれよりも長い場合は録画像にノジミがでて解像度が著しく劣化し、また短かすぎる場合は実効輝度が減少してフィルムのコントラストがつかない。

けい光膜の分光特性はフィルムの分光感度に近いのがよいことは当然であり、一般には短波長側のよくでる P 11 けい光体を使用されている。仕上がりフィルムの解像度 N は、プラフ管の解像度 N_t 、光学系の解像度 N_o 、フィルム解像度 N_f 、とすると

$$N = 1 / \sqrt{\left(\frac{1}{N_t}\right)^2 + \left(\frac{1}{N_o}\right)^2 + \left(\frac{1}{N_f}\right)^2}$$

となるので、 N として 500 本の解像本数を得るためにはキネレコ管の解像度は 500 本をかなり上まわる本数が必要であり、通常 800 本程度のものが用いられる。現用管には 10 NP 11, 1818 P などがある。

3. モニタ管

放送画像の適否を監視し、機器の調整あるいはプログラムの管理をする受像管としてモニタ管がある。

このうちマスタモニタ、ビューファインダは主として画像の品位を監視し、フォーカス、コントラスト、直線性などの良否に応じて送像機器の調整を行なうために使用される。この種のモニタ管は一般受像管より解像度の高いものが要求され、かつ偏向の直線性をきびしく抑えるために 50 度偏向が常用されている。

プログラムモニタ、ビルディングモニタなどはプログ

ラムの内容監視、あるいは編集用であるため、一般用受像管が採用されており、放送電波監視用のエアモニタも同様に特殊な受像管を必要としていない。

マスタモニタ用、ビューファインダ用受像管は上述のように画質の測定を目的とするので、とくに高い解像度を必要とし、周辺部解像度についても一般管以上の要請がある。これを満足させるために電子銃構造は一般受像管と異なり、電子レンズ口径の大きいパイ・ポテンシャル形静電レンズが主に使用されている。また走査の直線性を満足するために大偏向角のものはほとんど採用されず、50 度偏向程度にとまっております、10 丸形の 10 SP 4、7 丸形 7 TP 4 などのマスタモニタ管では中央解像度 900 本程度、周辺解像度 600 本程度のものが得られ、ビューファインダ用の 5 FP 4 にても中央解像度 700 本程度になっている。近時、これらモニタのトランジスタ化が活発に行なわれ、管球もこれに応じてスペース・ファクタの向上をはかるための角形、あるいはドライブ特性の向上を計画し開発しつつある。

4. 方式変換用受像管

人工衛星テルスターによるテレビジョンの国際中継が実現し、わが国にもその中継基地が設置されるという現状である。テレビジョンの国際中継は 1954 年、ユーロビジョンの発足に始まった。ヨーロッパ大陸は陸続きの国々が多く、テレビ放送番組の交換については早くから考えられたが、各国で制定したテレビ標準方式が同一ではなく、テレビ標準方式の変換が必要となった。ヨーロッパ各国のフィールド周波数は 50 サイクルで統一されているが、走査線数はイギリス 405 本、フランス、ベルギー 819 本、その他 625 本で 3 種類ある。ユーロビジョンで使われている方式変換の方法はすべて、ある標準方式で受像管上に映像を出し、これを他の標準方式で動作するテレビカメラで撮像することによって行なうものである。撮像管はイギリスの場合 $4\frac{1}{2}$ インチ・イメージオルシコン（最近 CPS エミトロンに変更した）、ドイツの場合ビジコン、フランスの場合ホチコン（イメージ・アイコノスコープ）をそれぞれ用いている。

受像管は各国で多少違うが、イギリスでは 9 形フラット・フェースで P1 けい光面、トロイダルコイルによる偏向ヨーク、電磁集束を使用し、陽極電圧 14 kV で、最大ビーム電流 100 μ A、ハイライト輝度 25 ft-L という

第 1 表 けい光体の比較

けい光体	$\frac{1}{a}$ (ms)	変換出力 光電流出力 (dB)
(a) P 4 けい光体	0.47	0
(b) P 1 けい光体	6.72	23
(c) P 3 けい光体 (珪酸ベリリウム亜鉛)	7.48	24

う。撮像管に高感度なイメージ・オルシコンを使っているため輝度はそれほど高くなくてよい。別に巻いた偏向コイルにより 10 Mc でスポット・ウオブリングを行ない、偏向ヨークの電流をフィードバックして偏向の直線性を改善している。ドイツでは方式変換用として Fernseh GmbH 社が開発した Bmp 10/6 という 10 形管を用い、高解像度でラスタひずみ少なく、ビジコンのストリーキングを防ぐために高輝度とするため、28 kV を陽極電圧としており、30,000 asb 以上を得ている。スポット・ウオブリングの周波数は 20 Mc、またその振幅はビジコンの蓄積効果がよいので、方式変換にもなって発生するラインビートもあまり目立たないから小さくてよいので、解像度がとれ、ガンマコントロールも簡単になる。一般に方式変換ではつぎの 3 点が問題である。

4.1 変換出力に変換されない入力成分が現れる現象

これは撮像管にモザイク板を用いた管、たとえばイメージ・アイコノスコープや CPS エミトロンを使うとき、とくに問題になるもので、出力映像に入力側の走査線のほかに明るい水平輝線が何本も現われる。この原因は受像管のけい光面上の変調された輝点の像が撮像管の光電面に結んで、これから光電流が流れ、これがモザイク板のマイカを通して変位電流の変化の形で出力に現われることによるもので、受像管に短残光のけい光面を用いたものほど現われやすい。これを防ぐためには、残光時間の長いけい光面を用いればよいが、長すぎると輝度変調度がおちてくるし動体の映像にぼけを生じやすくなる。それで 7 ms 程度の残光時間をもつ P1、および P3 がえらばれた。

第 1 表は P4 と P1 および P3 との比較で、一般にけい光の時間特性を Be^{-at} で表わせば、1 フレーム期間中に発光する総合エネルギーを一定（これは変換出力一定ということに相当する）としたときは、 B は a に比例することになるが、一方いま問題にしている光電流効果による出力が B に比例するので、残光時間 $1/a$ の比較により光電流出力に対する変換出力の比が評価できる。同表によれば P4 に対し P1、P3 を使用することにより、この比はそれぞれ 23、24 dB に改善できることになる。この程度改善されれば前述のクロストークは目立たず、残光による動体のぼけもそれほど目につかず（撮像カメラの早いパンニングでわかる程度）、またけい光体の分光特性も撮像管の分光感度特性に適合している。

4.2 ラインビートの発生

両方式の走査線数の相異から、ビートパターンが発生する。これを防ぐために受像管の映像面上で垂直方向にスポット・ウオブリングを行なう必要がある。偏向ヨークの外に補助偏向コイルを設け、小電力の発振器と組合

わせ、10~20 Mc を供給し、走査線間すのきまをうずめることによりビートパターンを消去する。

4.3. 両フィールド周波数の異なる場合にフリッカがやすい

ユーロビジョンでは50サイクルのフィールド周波数に統一がとれているため、変換のさい、ずれはあっても一定位相に保たれていれば問題はなく、ときどき数サイクル程度の狂いが生ずるくらいでは、フリッカは目立たない。また入力側の周波数に出力をロックさせる方法をとれば完全である。しかしヨーロッパとアメリカ、または日本との間の中継となると 50 $\leftrightarrow$ 60 サイクルの間の変換となり、対策を行なわないと耐えられぬフリッカが発生する。これにはフリッカ補正信号を加えて打ち消すようにする。RCA で商品化した方式変換装置 451/1 形にはフリッカ補正ユニットも付属し、撮像管にはオルシコン類似の独特な蓄積形、受像管には高画質、フラット・フェースでラスタの糸巻ひずみを補正し、スポット・ウオブリングができるものを使っている。

方式変換用電子線管としてはまだ実験段階にあるものであるが、信号変換形蓄積管または直視形蓄積管があり、前者には Graphechon (RCA), QK 464 (Raytheon) などがある。これらは電光変換を行なうことなく、一度メッシュ・ターゲット上にある標準方式によって電荷の蓄積像を作り、これを他の標準方式により走査されるビームで取りだすものである。いずれも 600~1200 本の解像度、階調 4~8 段階、SN 比 30~40 dB 以上、記録速度 50 km/sec、読取り時間数分の 1 秒~数 10 分くらいのものでできている。また直視形蓄積管はけい光像の形で蓄積効果をもつため、各フレームごとに映像を蓄積することにより、残光の短いけい光体の使用も可能となる。この管の詳細は後述する。

5. 直視形蓄積管

直視形蓄積管は蓄積時間がかなりの範囲にわたって任意に制御でき、かつ光出力が非常に大きいところから、レーダ表示管、低速度走査受像管、投射形表示管などに利用されている。とくに光出力は大きく、2000~3000 f-L 程度のものが得られている。

従来、長残光性ブラウン管として P7 けい光体、あるいはダークトレース管として P10 スクリーンが開発されていたが、前節の信号変換形蓄積管が提案されるにおよび、これと受像管を組合わせたものとして誕生した。したがって信号蓄積の原理は信号変換形蓄積管と同一で

第4図 7448 の構造説明図

あるが、出力側に高電位のけい光面を、また読取り電子銃にはターゲット全面に様に低加速度電子流を降りかける形式のフラッド銃が用いられている。RCA 7448 を代表にとり、その動作原理を説明する。

第4図に本管の構造を示す。メタルバックした P20 けい光膜、金メッキした 100 本/cm のニッケル・メッシュに、 MgF_2 を 1~2 μ の厚さに真空蒸着した蓄積ターゲット、90 本/cm のステンレス・メッシュコレクタ、円筒形第4グリッド、およびバルブ内面に塗布された第3グリッドで構成されたコリメータレンズ系よりなり、コレクタメッシュは同時にイオン・リペラとしても動作する。記録電子銃は静電偏向、静電集束形を採用し、読取り電子銃は電子流を様に放出するよう工夫してある。

本管の動作機構を順を追ってのべる。まず記録準備として低加速電圧の読取り電子銃を動作させ、電子流を蓄積ターゲットに向けて様に照射させてやる。かくした状態で蓄積ターゲット電圧を 2 V $\rightarrow$ 8 V に上げると、 MgF_2 絶縁層はこのターゲットメッシュと容量結合しているので、その表面電位が 6 V に上昇するが、先に流入しつつある低加速電圧の読取り電子ビームがすぐチャージアップするので電位は下がり、結局 0 V に落着く。そこで再び蓄積ターゲット電圧を 2 V に戻すと、容量結合により絶縁層表面電位は -6 V に下がり、記録準備動作が完了する。

記録にさいしてはビデオ信号などで変調された記録電子ビームで蓄積ターゲットを走査する。この電子ビームは加速電圧が高いので、蓄積ターゲット絶縁層より二次電子が放出され、電子ビームがあたった点では絶縁層の電位が上昇する。記録電子ビームの入射によりさらに電位の上昇が進行し、絶縁層電位が 0 V 以上になると、引き続き照射されていた低加速電圧の読取り電子ビームのチャージアップが始まり、電位の上昇は抑えられて結局 0 V 付近に落着く。すなわち記録電子ビームが十分にあ

たった点では絶縁層電位は 0 V に近く、記録電子ビームがほとんど入射しなかった点では電位の上昇がなく、-6 V に近い状態で記録電子ビームの入射量に応じた電位パターンの濃淡が得られる。これがハーフトーン範囲である。したがって記録電子ビームをしゃ断すると、読取り電子銃より一様に放出されていた低加速電圧のフラッドビームが蓄積ターゲットのメッシュ間隙を通り抜ける量は、この絶縁層電位の高低に応じて変化し、けい光面に達して電位パターンに応じた画像を形成する。また、これを消去するには、始めのように蓄積ターゲット電圧を 8 V にあげればよい。

直視形蓄積管は一般に構造が複雑であり価格も高いので、きわめてすぐれた記録保存特性を有するにもかかわらずそれほど普及していない。さらに解像度の向上、構造の簡易化をはかることにより残光時間を任意に制御できる受像管として、たんにテレビ用だけでなくレーダ、オシログラフなど広い分野での応用が期待される。

6. む す び

画像をなんらかの形式で表示できるという意味で一括されたのが、本項でのべた特殊用受像管である。したがってテレビジョン発達の歴史とともに歩んだ FSS 管から、最近の課題である直視形蓄積管に至るまで、その内

容はあまりにも膨大で、それぞれの動向を適確に解説しえなかった感があり、浅学を深く反省する次第である。

【参 考 文 献】

- 1) H. G. Cooper : Design of a High-Resolution Electrostatic Cathode-Ray Tube for the Flying Spot Store, BSTJ., May, (1961), 723~759.
- 2) G. V. Novotny : Fiber Optics for Electronics Engineers, Electronics, June, (1962).
- 3) 樋渡, 大戸 : フィルム録画および再生用ブラウン管 10 NP 16, 東芝レビュー, 14, 5, (1959).
- 4) M. Sadowsky : Cathode-Ray Tube and Photographic-Film Characteristics Related to Film Recording for Television, J. SMPTE, Feb, (1961), 81~85.
- 5) 五島 : ローマオリンピックの TV 放送, テレビ誌, 14, 12, (1960), 553~562.
- 6) M. Knoll, B. Kazan : Storage Tubes & Their Basic principles, John Wiley & Sons Inc., NY, (1952).
- 7) R. C. Hergenrother, A. S. Luftman, C. E. Sawyer : Improved storage Tube Design, Tele-Tech. & Electronic Industries, 15, 3, March, (1956), 82.
- 8) M. Knoll, H. O. Hook, R. P. Stone : Characteristics of a Transmission Control Viewing storage Tube with Halftone Display, P. IRE., Oct., (1954).
- 9) W. T. Dyall, G. R. Fandner M. D. Harsh : Development of an improved graphechon Storage Tube, R. C. A. Rev., Dec, (1952).
- 10) T. Worswick : The B. B. C. Television Standards Converter J. SMPTE, 68, March (1959), 130~135.
- 11) H. Bodeker : The Development of German Standards Conversion Technique, Reprinted from E. B. U. Review -Part A-Technical No. 51, Oct. (1958).
- 12) TV Standards Converter, RCA Catalog
- 3) I. Hangos et al : Influence of Binder Upon the Surface Brightness of Cathode-Ray Tubes Screens. Acta Technica Tom 29 (1960), 47~55.
- 4) U. S. Pat. : 3,067,055 (1962).
- 5) 豊永, 赤木 : 前露光法によるけい光体の塗布法, テレビ誌, 17 (1963), 155~164.
- 6) M. Sadowsky : Photodeposition of Luminescent Screens, Electrochem. Soc., 105, 2 (1961), 105~107.
- 7) D. W. Epstein et al : Improvement in Color Kinescopes Thorough Optical Analogy, RCA Rev., 16 (1955), 491.
- 8) R. R. Bathelt and G. A. W. Vermeulen : An Experimental Fluorescent Screen in Direct-Viewing Tubes for Colour Television, Philips Techn. Rev., 23 (1961/2), 133~160.
- 9) 赤木, 高橋, 上田 : けい光面電子線印刷の基礎研究, テレビ用電子管研究委員会資料 No. 183 (1962).
- 10) H. W. Leverenz : An Introduction to Luminescence of Solids, John Wiley & Sons, Inc., New York (1950), 455.
- 11) C. Feldman and M. Ohara : Formation of Luminescent Film by Evaporation, J. Opt. Soc. Amer. 47 (1957), 300.
- 12) 坂本 : 蒸着けい光体, けい光体同業講演予稿, No. 81 (1959).
- 13) 小島 : 薄膜けい光面ブラウン管, けい光体同業講演予稿, No. 81 (1959).
- 14) 特許公報 : 昭 36-155, 透明発光スクリーンの調整方法.
- 15) M. Cooperman : Ferroelectric Scanning of EL Display, RCA Rev., 12 (1961), 195.
- 16) S. Yando : A Solid-State Display Device, Proc. IRE, Dec. (1962), 2445~2451.
- 17) たとえば E. E. Loebner : Solid-State Optoelectronics, RCA Rev., Dec. (1959), 715~743.
- 18) 小坂, 荻原, 市瀬 : カラー TV 受像管用けい光体, 東芝レビュー, 16 (1961), 1535.

【参 考 文 献】

- 1) 宮川, 吉川, 内藤 : 電子管用けい光体の研究, 大日本塗料社報 "日塗", No. 14 (1961), 22~26.
- 2) I. Hangos and G. Y. Pozogay : The Effect of the Composition of Settling Liquids on the Adhesion of Cathode-Ray tubes. Acta Technica., Tom 28 (1960), 155~166.