特殊ディスプレイおよび陰極線記録装置

株式会社松下電器東京研究所 宮 崎 栄 一

1. ま え が き

本特集号は、テレビジョン映像をディスプレイする、いわゆる受像管が中心となっている。しかし、社会機構の複雑化にともない、放送用はもちろんのこと、放送以外の広い分野において、映像ディスプレイ装置または映像記録装置に対して、いままでにない特殊な要求が増してきた。また、研究開発による技術の進歩は、これらの要求を解決する手段をどしどし提供しつつある。

ここでは、これらの範囲に属する技術を特殊ディスプレイと陰極線記録装置にしばって、前号の特集号と多少内容を重複させながら解説を進めよう。内容を手段別に分類し、説明中に使用目的、原理、動作、特性を紙面の許す限りのべたい。

特殊ディスプレイとしては、目の直前で見る直視ディスプレイ、その中には小形受像管によるもの、大形受像管によるもの、固体素子によるものをあげた。また、多数の人を対象にする大面積ディスプレイは、投写形受像管によるもの、ライトバルブによるもの、フィルムによるもの、レーザーによるもの、大画素によるものなどが教育用、娯楽用、軍用、シミュレーター用、広告用として有用である。

最近、VTR、キネレコとは別に、多くの新しい記録方式が提案され、また一部には実用化しつつある。これらの記録方式のほとんどは、電子ビームを間接的にまたは直接用いており、それぞれの記録装置に適合した記録媒体と組合せて使用している。陰極線（電子ビーム）記録装置といっても、記録管として独立した構造のものと、電子ビーム発生源と記録媒体がひとつのデマウントブル真空容器に入ったものがある。ここでは陰極線記録装置を、電子ビームを光や電荷に変換して間接的に記録するものと、電子ビームのエネルギーを直接利用して、記録するものとに大別した。磁気に変換するものは割愛した。

ディスプレイと記録とは切離せられない関係にあり、これまで、記録装置はディスプレイ装置にくらべると、むしろ遅れている感が深かった。今後は時代の要求とあいまって大いに発展する分野のひとつとなるであろう。

2. 直視ディスプレイ

2.1 小形受像管による方式

通信の新しい分野としてのテレビ電話の歴史は古い。しかし、その方式は伝送帯域に左右され、これまでテレビジョン帯域を使用するもの、電話帯域を利用するもの、またそれらの中間帯域を考えるものなど、種々の提案がなされたが、決定的な方式はなかった。

テレビジョン帯域では回線コストが大であり、電話帯域では動きのある画像の伝送は無理であった。最近になりベル研究所では帯域 500 kHz、走査線 275 本（30 フレーム、60 フィールド）で、ビジコンおよび 6 形（葉書大）の受像管を使用した方式を発表した¹⁾。電電公社ではわが国のテレビ電話方式として、回線コストや交換の容易さなどの理由でベル方式を採用する気運にあり、国内各社もこの方式に準じた装置を検討中のようである²⁾⁻⁴⁾。この方式では、顔のクローズアップを近くで見るため、5 形から 9 形程度の白黒テレビ用小形受像管を使用することになりそうである（写真 1）。

写真 1 テレビ電話（日本電気）

"Special Information Displays and Electron-beam Recorders" by Eiichi Miyazaki (Matsushita Research Institute Tokyo Inc., Tokyo)

平面形テレビ用としての扁平受像管は、テレビ界の長年の夢であった。わが国でも 1963 年、NHK 技研のデマウンタブル実験管の研究があったが、最近、受像管の奥行 5 cm という超薄形平面テレビが、試作発表された。

これは 8 形の扁平受像管で、中心部で水平 300 本以上、垂直 450 本以上の解像度が得られるというものである。構造は写真 2 に示すように、電子銃が蛍光面と平行に取付けられており、電子ビームは管のネックでキーストン補正を含む電磁偏向により水平に偏向されながら蛍光面と透明垂直偏向板の中に入る。垂直偏向板には 5~8 kV の 60 Hz のこぎり波が加えられ、蛍光面には 10 kV のアノード電圧が印加されている。したがって、垂直偏向板は電子ビームに対して反射電極となり、電子ビームは蛍光体の方向に曲げられ、ラスタが完成する。この管は放送以外のディスプレイ用にも使用可能である。

2.2 大形受像管による方式

広い意味での電子計算機の発達にともない、その出力情報を大形受像管の任意の位置に数字、文字、図形などで表示するグラフィックディスプレイが開発されつつある⁵⁾⁶⁾。この装置は人間がライトペン(一種の光点検出器)やコンソール上のキーボードの操作により、表示された文章や図形を訂正、追加できるものである。計算機の出力は受像管上にくりかえし再現できるよう、一度バッファメモリーに記憶され、受像管上に 30 フレーム/sec の割合であらわれる。これに用いられる受像管は人間がその直前で使用することと、なるべく多くの格子点をも

写真 3 計算機用ディスプレイ

ちたいという要求から 19 形 90 度偏向で、P31 (緑) 蛍光体を用いた大形受像管や 21 形のカラー受像管などが使用されている。この種のディスプレイ装置は計算機の発達とともに教育用、軍用、シミュレーター用に大いに使用されるであろう。写真 3 に計算機用グラフィックディスプレイ装置の一例を示す。シミュレーター用ビジュアルディスプレイについては、すでに本誌にくわしく解説されているので省略する⁷⁾。

2.3 固体素子による方式

真空管が固体素子に置換されたように、ディスプレイ装置も固体素子に置換しようとする研究が盛んである。現在、固体素子によるディスプレイの本質的な問題は、光の放射と光の制御とに分けられる。前者としては、エレクトロルミネッセンス(EL)と発光ダイオード(注入形またはレーザー形)があり、後者は光の変調と走査が対象となる。

Kazan と Nicol が EL 層と PC (光導電) 層を組合せた光増幅器を発表して注目をあびたのは 1955 年のことである。しかし、溝形構造のため解像度が悪く、PC 材料の残像、EL の絶対輝度の不足などの理由により、その後大きな発展はなかった。1959 年、小橋は PC 層中に制御グリッドをうめこんだ図 1 に示すような一種の固体平面 3 極板、フォルシコンを考案した⁸⁾⁹⁾。

図 1 フォルシコンの造構

ガラス板を除いた主要部の厚さは約 0.2 mm、薄い平面 PC 層の横方向の光導電性を利用し、入射像により変化する一種のグリッド効果により、電気的に EL 層の発光を制御する。動作は図のように 2 つの交流電圧を加えその振幅と位相を調節するだけで、入射像を明るいポジ像からネガ像に反転することができ、解像度も 10 本/mm 程度が得られている。目下各種の改良研究が進められている^{10)~12)}。

また、注入形発光ダイオードを数個ずつ縦横にならべて数字を表示する研究も活発になってきた¹³⁾。このダイオードは、順方向にバイアスされたときに、低電圧で高出力の長波長側によった発光を生ずる。発光能率も通常の EL にくらべて高い。この種のダイオードでコヒーレントな発光を示すものが、いわゆるレーザーダイオードであるが、常温ではレーザー発光しにくい欠点がある。

固体映像板の走査という問題も、これまで種々の方法

が研究され提案されたが、まだ決定的な方法はないようである。たとえば、フェロエレクトリックス (FE)-EL 方式とか、ディレイラインによる EL 板走査方式がそれである¹⁴⁾¹⁵⁾。紙面の部分で原理は省略するが、最近話題になっている固体撮像板とともに、今後大いに発展する分野と思われる。

3. 大面積ディスプレイ

3.1 投写形受像管による方式

投写形受像管の画像をシュミットレンズで拡大投写する装置が 6 年ほど前まで全盛であったが、明るさ、解像度、コントラストに難点があった。その後、次にのべるライトバルブによる方式がオランダのフィリップス社、米国の GE 社で発表されるにおよび、影をひそめた感があった。

しかし、投写形受像管は取扱いが比較的に簡単のため、小人数の教育用、シミュレーター用として捨てがたい魅力があるとみえ、最近、図 2 に示すような形をした投写形受像管があらわれた¹⁶⁾。発光効率を上げるため、その螢光面を循環する液体で強制冷却するようになっている。

図 2 新しい投写形受像管

3.2 ライトバルブによる方式

ライトバルブによる方式の代表例は、フィリップス社で商品化しているアイトホールと、GE 社のタラリヤがあげられる。昭和 39 年のオリンピックのカラー放送では三色同時式カラーアイトホール(写真 4)¹⁷⁾と緑色とマゼンタ色の二色(マゼンタは青と赤を直交同時変調している)ので、光学系は 2 系統だが、三色同時式である)カラータラリヤ(写真 5)¹⁸⁾が各所で共演した。これらの動作原理は前回の特集号と文献 19)を参照されたい。

図 3 に示すように、特殊なピンチューブを使って、真空中で油の層に電荷を与える投写方式が、最近、Stromberg Carson 社により開発された²⁰⁾。

図 4 には電界をかけた KD_2P 結晶の偏光面の回転を利用した方式を示す²¹⁾。電子ビームが KD_2P 結晶に当た

ると二次電子を放出し、結晶表面は信号に応じたある電位に平衡する。この電界により、結晶の偏光角が回転し光を変調しようとするものである。

写真 4
カラーアイト
ホール

写真 5
カラータラリヤ

図 3 ピンマトリックス管ライトバルブ方式

図4 KD₂P 管ライトバルブ方式

3.3 フィルムによる方式

キネレコ用のブラウン管から銀塩フィルムに記録する、いわゆるキネスコプレコーディングは、最近、記録、現像、再生が次々と自動的に行なわれ、所要時間10sec以下でディスプレイが可能となっている。

高エネルギーの紫外線を放射するファイバー光学記録管（この管については後述する）とカルバーフィルムを組合せた記録・再生システムが米国 Litton 社で開発された²²⁾(図5)。カルバーフィルムは、紫外線を吸収すると窒化物の窒素が遊離し、これを熱現像すると微小な気泡となり、光を拡散し、したがって、ネガ像が記録されるものである。

図5 カルバーフィルムと紫外光を出すファイバー光学記録管を組合せたディスプレイ方式

紫外線を放射するファイバー光学記録管とフォトクロミックフィルムの組合せも考えられる²³⁾。フォトクロミックフィルムというのは、紫外線を照射すると可視部の吸収が変わる物質からなり、照射後の像の保持時間は外部の熱や光で調節ができ、消去再使用も可能なものである。きわめて高解像度であるが、一般に感度が低く、高速記録には適当でないといわれている。

図6にダイクロイックコーティングしたファイバー光学管にフォトクロミックフィルムを密着したのを使った面白い試みを示す。このフィルムに記録管の紫外光で記録し、外部にある別な色の強力光でフィルム面を照射し、その反射光をスクリーンに投写して見ようとするものである。

また、一種のスライド投写機であるが、たとえば、地

図6 フォトクロミックフィルムを用いたディスプレイ

図7 スクライブ投写ディスプレイ

図上に線や図形を重畳させるスクライブ投写ディスプレイがある²⁴⁾。図7に示すように、不透明なスライドにX、Y方向に動く針で傷つけ、その部分を光が通過し地図上に投写される。

3.4 レーザーによる方式

安定で連続発光が可能なガスレーザーの出現は、その高輝度と、可干渉性のため、ディスプレイの分野に積極的に応用されようとしている。

図8は、50mWのヘリウムネオンガスレーザーを使った装置の例である²⁵⁾。直径2mm、6328Åの光ビームは、コリメーターレンズを通してKDPの光変調器に導かれ、信号に応じた振幅変調を受ける。この光変調器を通過したレーザービームは、15750Hzの円形走査の反射鏡に入り、その反射光がファイバー光学円直線変換器を通して、水平走査となり、60Hzで振動しているガルバノメーターで垂直走査が行なわれ、投写レンズを通してスクリーンに映写される。三色の組合せにより、もちろん多色のディスプレイも可能である。

図8 単色レーザーディスプレイ

図 9 超音波を用いたレーザーテレビディスプレイ

図 10 スキャナトロンを投写管として使用した例

図 9 は映像の変調と水平偏向を、超音波による回折作用を応用して行なう例である²⁶⁾。

図 10 は半導体素子を電子ビームで走査し、レーザー発光を起こさせる“スキャナトロン”の提案である²⁷⁾。

また、三原色のレーザー光をホログラフィー技術により伝送し、立体カラーテレビとして再生するのも将来の夢であろう²⁸⁾。

3.5 大画素による方式

都会の夜空を色どる点滅広告塔や電光掲示板は、大画素による大面積ディスプレイの代表例である。これらの大部分は、時間とともに変化する抽象的な模様か簡単な文字を表わしているにすぎない。最近になり、映画やテレビなどの動く映像を大面積ディスプレイとして表現しようという動きが現われた。

図 11 電球スクリーン走査方式テレビ

図 11 は光电変換装置として通常のテレビカメラが使用でき、そのテレビ信号で SCR を高速電子スイッチとして走査し、電球を発光させ、中間調も出すことが可能な電球スクリーン走査方式テレビである²⁹⁾。

4. 電子ビームによる間接記録装置

4.1 光を利用する方式

RCA の R. G. Olden が 1957 年に表発した薄窓管はそのフェースプレートが約 $75\mu\text{m}$ のマイカ細窓からなり、線走査により螢光体から発した光を、ほとんど拡散することなしに、外面に密着した電子写真紙に伝え、文字や画像を記録するものである。螢光面の発光利用率は非常に良いが、解像度は約 4 本/mm 程度といわれた³⁰⁾。その後、この管を用いた装置の発表が続いたが、最近の報道によると、RCA ではホームファックスとして、この方法によるテレビ信号の記録に成功したとのことである。

薄窓管のフェースプレートは機械的強度に問題があり充分な解像度が得られるまで薄くできない。最近、ファイバー光学の発展にともない³¹⁾、フェースプレートをファイバープレートに置きかえた、いわゆるファイバー光学記録管が米国およびわが国で開発され、その応用装置、記録特性が多数発表されている（写真 6）^{32)~34)}。

線走査用ファイバー光学記録管は、水平は電子走査により、垂直は密着した感光紙の直角方向の移動により記録を行なうものである。ファイバー光学記録管 (CES 250 JB 11) は、直径 $25\mu\text{m}$ 、長さ 5 mm の多数のファイバーからなり、ビーム電流 $100\mu\text{A}$ におけるスポット径は $200\mu\text{m}$ 以下で 10 本/mm の解像度を有する。また、一般ブラウン管の螢光面像を $F0.95$ のレンズを使用して、1:1 に結像した場合と比較すると、約 20 倍明るいという実測結果が示されている³⁵⁾。また、このファイバー光学記録管を使って、銀塩印画紙や電子写真紙にテレビ

写真 6 国産ファイバー光学記録管

画像を記録する試みも発表されている^{36),37)}。

従来とは違った感光性記録媒体として、フォトプラスチック物質がある³⁸⁾。サーモプラスチック物質は、真空中で電子ビームにより直接記録するのであるが、この物質はサーモプラスチックフィルムに光導電性を付与し、空气中で光学的に電荷像をつくり記録する。まず、このフィルムに帯電を与え、ブラウン管からの光信号を照射し、光に応じて帯電の状態を変える。ついで熱可塑性な状態にし、電荷に対応したパターンを冷却してつくる。これをシュリーレン光学系で投写再生するものである。

4.2 電荷を利用する方式

いわゆる静電記録管（ピンチューブ）がこの代表例であり、米国のスタンフォード・リサーチ・インスティテュートで、最初に実用化開発に成功したもので、ビデオグラフ管と称した³⁹⁾。最近、わが国でも試作に成功している⁴⁰⁾。

ピンヘッドにはマトリックスピンと一列ピンとがあるが、NHK 技研で開発したものは幅 $35\mu\text{m}$ 、厚さ約 $10\mu\text{m}$ 、長さ 1mm の Ni 片からなるピンが $70\mu\text{m}$ ピッチでフリット中に一列にならんでいる構造で、ピンが管の内外を結ぶ電極となっているものである。ファイバー光学記録管の場合と同様、水平は電子走査で、垂直は機械的に記録紙を移動させて記録を行なう。ピンは信号に応じた量の電子ビームで走査され、その電荷が管外に導き出され、ピンに密着した静電記録紙（誘電体が塗布してある紙）上に静電荷像を形成する。この記録紙上の静電像をトナー現像により可視像とする。

静電記録管は記録に感光紙を使用しないため、明るい場所で使用でき、しかも記録紙が安価であるという特長があり、計算機出力の記録、宛名印刷機、ファクシミリなど高速度の印刷を行なうのに適している。写真 7 に国産静電記録管の一例を示す。また、この管を使用したテレビ画像の記録報告もなされている⁴¹⁾。

写真 7 国産静電記録管

5. 電子ビームによる直接記録装置

5.1 真空中で記録する方式

これまでの方式は、電子ビームによる間接記録であったが、ここでは電子ビームのエネルギーを直接利用する真空中での記録法を二、三紹介しよう。サーモプラスチック記録は、その代表例で、すでに多くの文献に紹介されているので、最近の進歩についてのみ触れよう⁴²⁾。

毎秒 9in (225mm/sec) で走行する 16mm サーモプラスチックフィルムレコーダーは、水平方向に $2,000$ 本以上の解像度を有しており、 $1,029$ 本のラスターを記録することができる。また、動作状態にするまでに、わずか 1min の排気で充分である。毎秒 4.5in で走行する 8mm の連続ループレコーダーがつくられ、像の記録投写、消去、再使用を連続のループ中で行なうものもある。

記録された像は $1/2\text{sec}$ から 45sec で再生でき、数千回の使用に耐えられるという。標準 16mm リールレコーダーは同時式カラーテレビ信号を記録し、色彩像として投写できる。この方式ではテレビ像のラスターを回折格子として記録する。緑は垂直方向の、赤と青は水平方向の回折像とし、赤は 18MHz 、青は 18MHz 以下のキャリアーを基準として記録するものである。

テレビフィルム録画を電子ビームで直接銀塩フィルムに録画する方式が発表された^{43),44)}。図 12 にその一例を示す。電子銃は単純な三極系で約 -18kV が加えられる。フィラメントはタングステン線のヘヤピンで、電磁集束、電磁偏向を用い、ビーム直径は約 $14.8\mu\text{m}$ である。真空系はフィルム室と電子銃部とに分かれていて、前者は 1mmHg 、後者は 10^{-5}mmHg に保たれ、フィルムのガス放出の影響を除いている。新しい試みとしてブランキング期間のビームをファラデーケージにとり、これを用いて露出量（黒レベル、ピークレベルのビーム量）をサーボ制御している。

最近の報道によると、米国の CBS 研究所で新しい電子録画機（EVR）を開発したとのことである⁴⁵⁾。EVR は、走査電子ビームで特殊フィルム（銀塩やサーモプラスチックではない）を真空中において照射し、後処理を

図 12 電子ビームテレビジョンレコーダー

する。記録は 8.75 mm フィルムに 2 列のフレームとなっていてあらわれる。白黒記録の場合は、各列に異なったプログラムが入れられ、カラー記録の場合は一方の列には色度情報を、他の列には輝度情報を入れる。その蓄積容量は磁気テープの 15 倍といわれている。

再生はフライングスポット走査機の前をフィルムを通して、振幅変調された光とし、これを光電子増倍管で取る。信号はテレビ搬送波で変調された映像波形となり、受像機のアンテナ端子に直接つなぎ、像を再生するものである。CBS 研究所では、この方式により記録したフィルムを市販する意図のようである。

5.2 空气中で記録する方式

図 13 に示すように、螢光面の代りに数 μm のマイカ箔をつけた陰極線管を用い、空气中で電子ビームにより直接記録しようとする試みがある⁴⁶⁾。クローム鉄のフェースプレートに、マイカの薄箔を大気圧と平衡を保つに都合のよい円筒状の溝をほり、その中央に細い穴をあけ、この曲面に沿ってマイカ箔を溶着ガラスにより溶着する。マイカ箔の内面は接地陽極電位を与えることとカソードの光をさえぎるため、 $1,000\sim 2,000 \text{ \AA}$ のメタルバックがなされている。

図 13 薄窓透過電子ビーム記録管

薄窓用の材料として、マイカを選んでいる理由は、少なくとも 2 気圧に耐える強さをもつこと、フェースプレートに溶着して真空を保持し、電子透過率の良い条件を満たしているからである。マイカ箔の電子透過率は $2.8 \mu\text{m}$ 厚ならば 3 kV で約 76% 透過する。マイカ窓の厚 μm の管で線幅 $60 \mu\text{m}$ 、加速電圧 30 kV、走査速度 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$ の走査ビームで、約 10^{-9} A のとき十分なフィルム濃度を得ている。ビーム電流は $1 \mu\text{A}$ の程度まで流すことができ、ビーム走査速度は $0.1 \mu\text{s}/\text{cm}$ まで上げられるとのことである。

6. む す び

人間の歴史をふりかえると、ディスプレイと記録はもちつもたれつの関係で発展してきている。現代は、高度に科学技術が進歩し、それぞれ専門の分野では特殊な装置も使われだしている。しかし、ディスプレイにしろ、記録装置にしろ、潜在需要を満たすには、まだまだ幼稚な段階にあるのではなからうか。この解説が、この方面

の現業研究にたづさわっているかたがたに何らかの参考になれば幸いである。

〔参 考 文 献〕

- 1) Electronics Review, Electronics, 37 (1964) 29
- 2) 熊谷: 通信サービス総合網とテレビジョン電話, 第 2 回テレビ学会全大, 特別講演
- 3) 片沼, 他: 映像電話における走査線数と周波数帯域幅に関する検討, 第 3 回テレビ学会全大, 13-4
- 4) 岡本, 他: テレビ電話の試作について, 昭 42 年信学全大, 1056
- 5) The Computer's Display, EDN, 11, Apr. (1966) 124
- 6) 三田, 他: 試作グラフィック CRT ディスプレイ装置, 昭 42 年信学全大, 990
- 7) 百名, 他: シミュレーター用ビジュアルディスプレイ, テレビ誌, 21, 3 (1967) 15
- 8) 小橋: 映像反転器の動作特性に関する一考察, 昭 34 年信学全大, 101
- 9) T. Kohashi and K. Miyaji: EL-PC image intensifier uses control grid, Electronics, Sept. 20 (1963)
- 10) 宮地, 小橋, 他: 動映像フォリシンのフィルム技術への応用, 第 1 回テレビ学会全大, 4-4
- 11) T. Kohashi: A New Solid-state X-ray Image Converter, Proc. IEEE, 51, 12 (1963)
- 12) 小橋: 紫外線映像変換増幅器, 昭 39 年電気四学会連大, 1352
- 13) 川路, 他: GaAs 発光ダイオードによる表示板の試作, 第 2 回テレビ学会全大, 12-3
- 14) B. Binggeli, et al: Optoelectronic Device and Circuit, McGraw Hill (1964) 170
- 15) R.W. Windebock: Optoelectronic Device and Circuit, McGraw Hill (1964) 179
- 16) Cathode-ray Tubes, EDN, 11, Jan. (1966) 150
- 17) 日本ビクター, 松山喜八郎氏の好意による。
- 18) 丸紅飯田, 佐藤和夫氏の好意による。
- 19) テレビ学会編: カラーテレビジョン技術, テレビ学会 (1966) 235
- 20) Light Valves, EDN, 11, Apr. (1966) 141
- 21) ibid.
- 22) Litton Industries, カタログ
- 23) W.A. Stein: The Application of Photochromics to Color Display, 8th National Symposium on Information Display (1967) 33
- 24) Scribe Projection Display, EDN, 11 (1966) 134
- 25) Texas Instruments, Bulletin, Jan. (1966)
- 26) A. Korpel, et al: A Television Display Using Acoustic Deflection and Modulation of Coherent Light, App. Optics, Oct. (1966) 1667
- 27) B. Lax: Progress in Semiconductor Lasers, IEEE Spec., July (1965) 62
- 28) E.N. Leith and J. Upatniks: Photography by Laser, Sci. Amer., 212, 6 (1965) 24
- 29) 橋本: 電球スクリーン走査方式テレビ, テレビ誌, 19, 6 (1965) 53
- 30) R.G. Olden: A Thin-window CRT for High-speed Printing with Electrofax, RCA Rev., 22, 3 (1957) 343
- 31) N.S. Kapany: Fiber Optics, Academic Press (1966)
- 32) 大石, 他: 記録管, テレビ学会電子管研資 (昭 42.2)
- 33) W. Barney: Oscillograph Prints out 1-Mhz Signal, Electronics, Nov. 14 (1966) 217
- 34) 大石: 記録管, テレビ誌, 21, 8 (1967) 9
- 35) 宮崎, 他: ファイバーオプティックス管の諸特性, 昭 42 年電気四学会連大, 1589
- 36) 宮崎, 他: ファイバー光学記録管による TV 信号の記録, 第 3 回テレビ学会全大, 5-7
- 37) 水口: 電子写真紙によるテレビ画像の記録, 第 3 回テレビ学会全大, 5-8
- 38) N.E. Wolff: A Photoconductive Thermoplastic Recording System, RCA Rev., 25, 2, June (1964) 200
- 39) R.W. Crews and P. Rice: The Videograph Tube—A New Component for High-Speed Printing, IRE Trans. ED, Sep. (1961) 406
- 40) 佐藤, 他: 静電印刷管の試作, 昭 38 年電気四学会連大, 1414
- 41) 村崎, 他: 静電記録管を用いた高速画像記録, 昭 42 年信学全大, 233
- 42) W. E. Glenn: Thermoplastic Recording—A Progress Report, J. SMPTE, 74, 8 (1965) 663
- 43) R.F. Dubbe: Television Film Recording Using Electron Exposure, J. SMPTE, 75, 3 (1966) 191
- 44) E. W. Reed, Jr.: An Electron-Beam Television Recorder, J. SMPTE, 75, 3 (1966) 195
- 45) Electronics Newsletter, Electronics, Sept. 4 (1967)
- 46) B.E. Wheeler, et al: Some Measurements on the Direct Recording of Electron Images Using Thin Windows, Adv. in Electronics and Electron Phys., XXIIA (1966) 51