

日立ビディコン 6326 について

Hitachi Vidicon 6326

日比正男* 武井幸夫* 茂原利男**
 Masao Hibi Sachio Takei Toshio Shigehara
 大西孝治** 西沢令智**
 Kōji Ōnishi Reichi Nishizawa

内 容 梗 概

光導電形テレビジョン撮像管ビディコンは工業用、白黒およびカラー・フィルム放送用に広く愛好され、今後もその傾向は大きくなることが期待されている。

日立製作所でもかねてからNHK技術研究所と協同でこの研究開発を行い、さきに6198、次いで6326の国産化に成功し、現在量産態勢を確立した。

ここではビディコンの構造、動作原理、製作の概要を略述し、次いで試験装置、試験方法および製品の性能全般にわたって日立6326の内容を紹介する。

1. 緒 言

ビディコンは光導電効果を用いた低速度走査蓄積形テレビジョン撮像管であり、1951年RCAのWeimer氏らによって開発されて以来、工業用、白黒およびカラーフィルム放送用に広く使用されてきている。ビディコンは現在イメージ・オルシコンに比較すると感度も劣り、残像現象もあるという欠点を有するが、小形軽量で取扱い簡便という著しい利点があり、上記欠点の改善も期待されるので今後その応用分野はますます拡大、発展するものと思われる。

日立製作所においても中央研究所において早くからNHK技術研究所と共同でビディコンの開発を行い、セレンを用いた75mm, 50mm形を経て、昭和31年三硫化アンチモンを用いた25mm形ビディコン6198を、続いて昭和32年に6326の試作を完成し、現在すでに茂原工場において量産態勢を確立している。

ビディコンには工業用6198、放送用6326、カラーおよび一般用7038のほか、トランジスタ・カメラ用7262、13mm形小形ビディコンがRCAより発表されているが、これら全品種の国産化もま近いと考えている。

本報告ではビディコンの構造と動作原理を簡単に説明したのち、製作の概要、試験装置、試験法および製品の性能など全般にわたって記述し、日立6326の内容を総合的に紹介する。

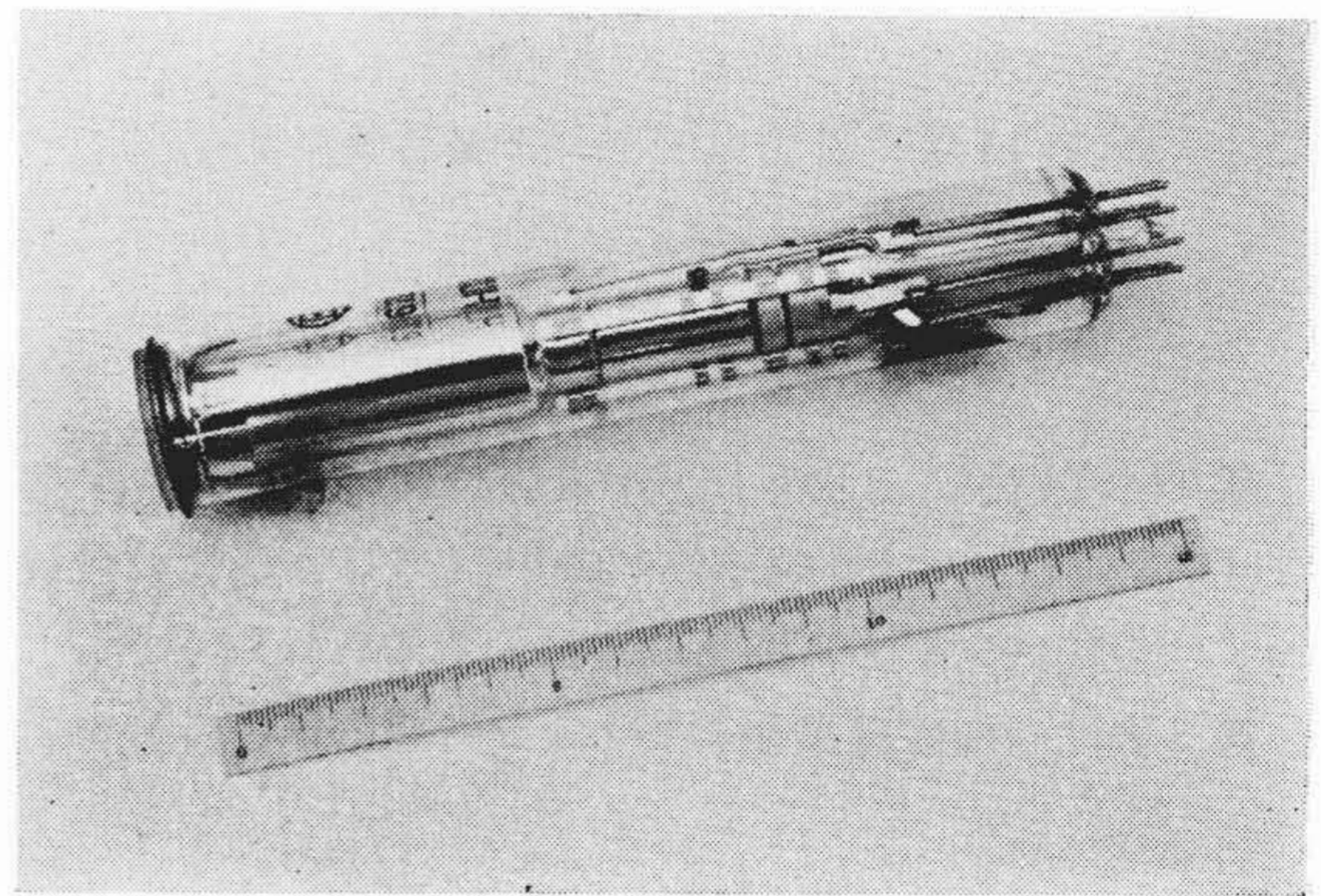
2. 構造と動作原理

2.1 ビディコンの構造

日立ビディコン6326はその外観を第1図に示すが、外形寸法はRCA製品と同じで、そのまま交換可能である。

* 日立製作所中央研究所

** 日立製作所茂原工場



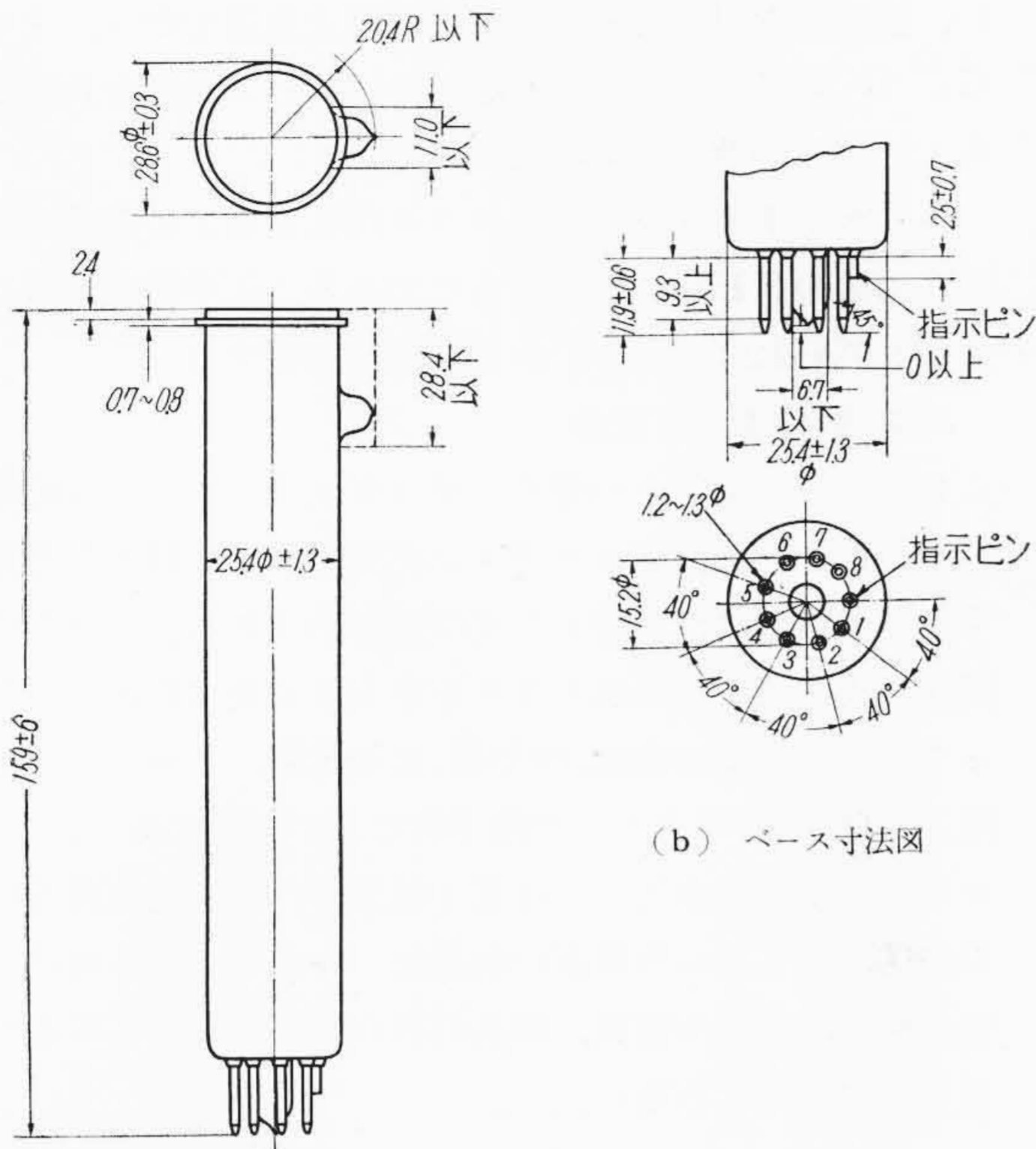
第1図 日立6326の外観

その幾何学的寸法およびソケット接続図を第2, 3図に示し、電極構造を第4図に示す。

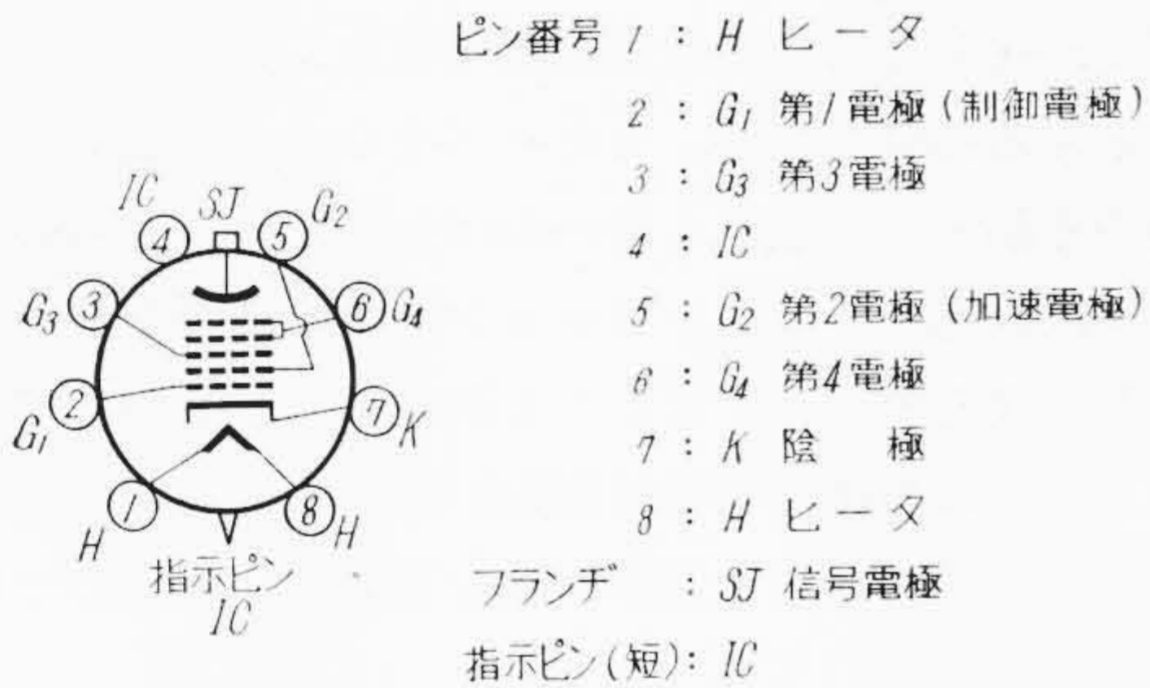
周知のことではあるが簡単に構造を説明すると、まずガラス面板の内面には酸化錫を主体とする透明導電膜が付けられて信号板となり、この上に光導電物質の薄膜が蒸着されてターゲットを形成している。信号板は面板と外管の間にはさまれて溶封されたコパール環状電極に接続されており、動作時には陰極に対して正の数十ボルトの電圧が供給されている。なおここから取り出されるビディコンの信号出力電流は50kΩ程度の負荷抵抗を通して信号電圧を発生し、増幅器により増幅されることになる。次に電子銃の特色として、加速電極G₂には50ミクロン程度のビーム制限孔が中央にあけられており、また集束電極G₄の頂部には透過率約60%の金属メッシュ(500あるいは750本/25.4mm)が設けられている。メッシュはターゲット表面の電界を一様ならしめるためのものである。

2.2 動作原理

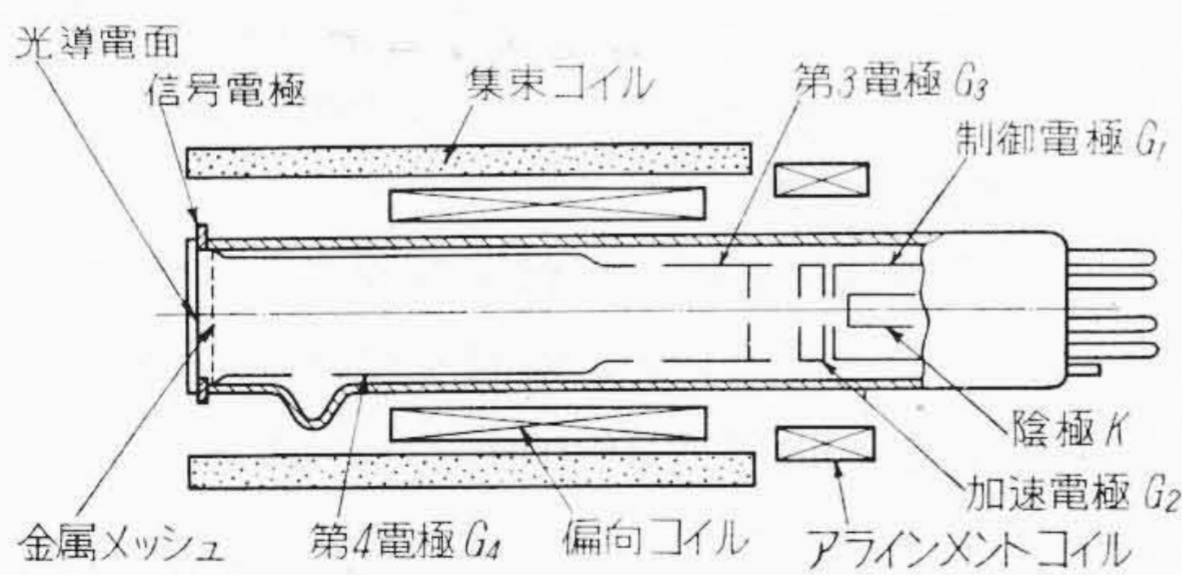
ビディコンのターゲットは暗時は絶縁体と考えられ、



(a) 全体寸法図
第2図 構造寸法

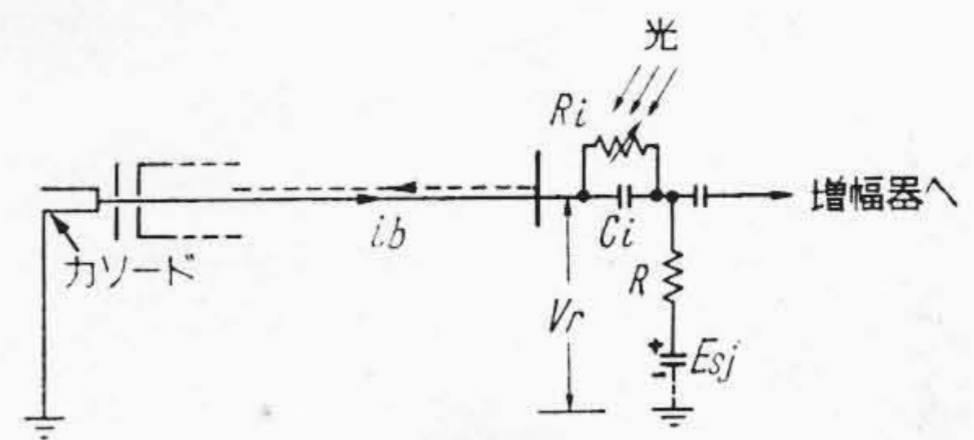


第3図 ベース接続図

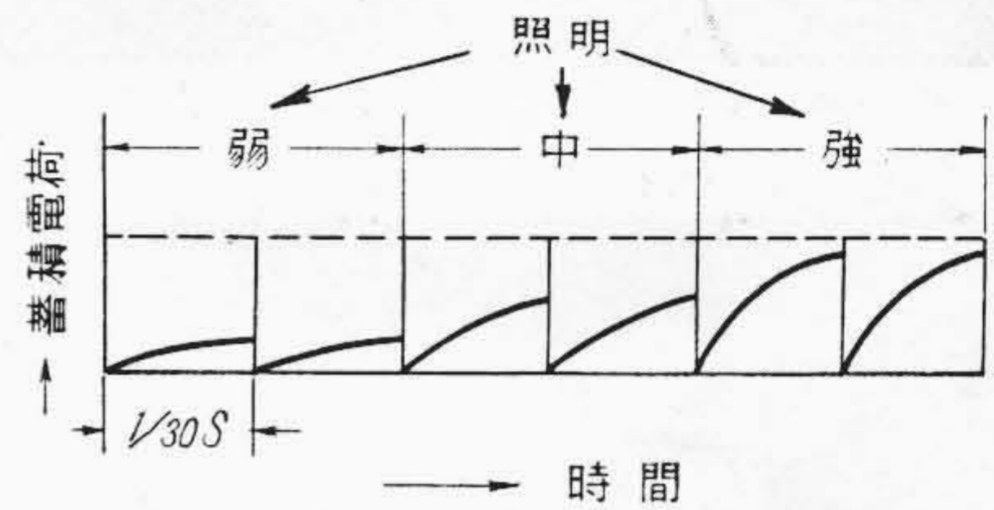


第4図 ビデオコンの電極構造

低速度電子ビームの射突を受けると二次電子放射比 $\delta < 1$ のためターゲット表面はほぼ陰極電位まで引き下げられる。信号板には正電位が印加されているから、光導電薄膜中にはかなり強い電場を生ずる。入射光を与えるとその強弱に応じて導電性を変え、信号板の正電荷は膜を通して表面に表われる。この過程によりターゲットに投影



Ri: 光導電膜の抵抗 Esj: 信号電極電圧
Ci: その容量 Vr: 表面電位
ib: 走査電子流
第5図 ビデオコンの等価回路



第6図 電荷蓄積の状態

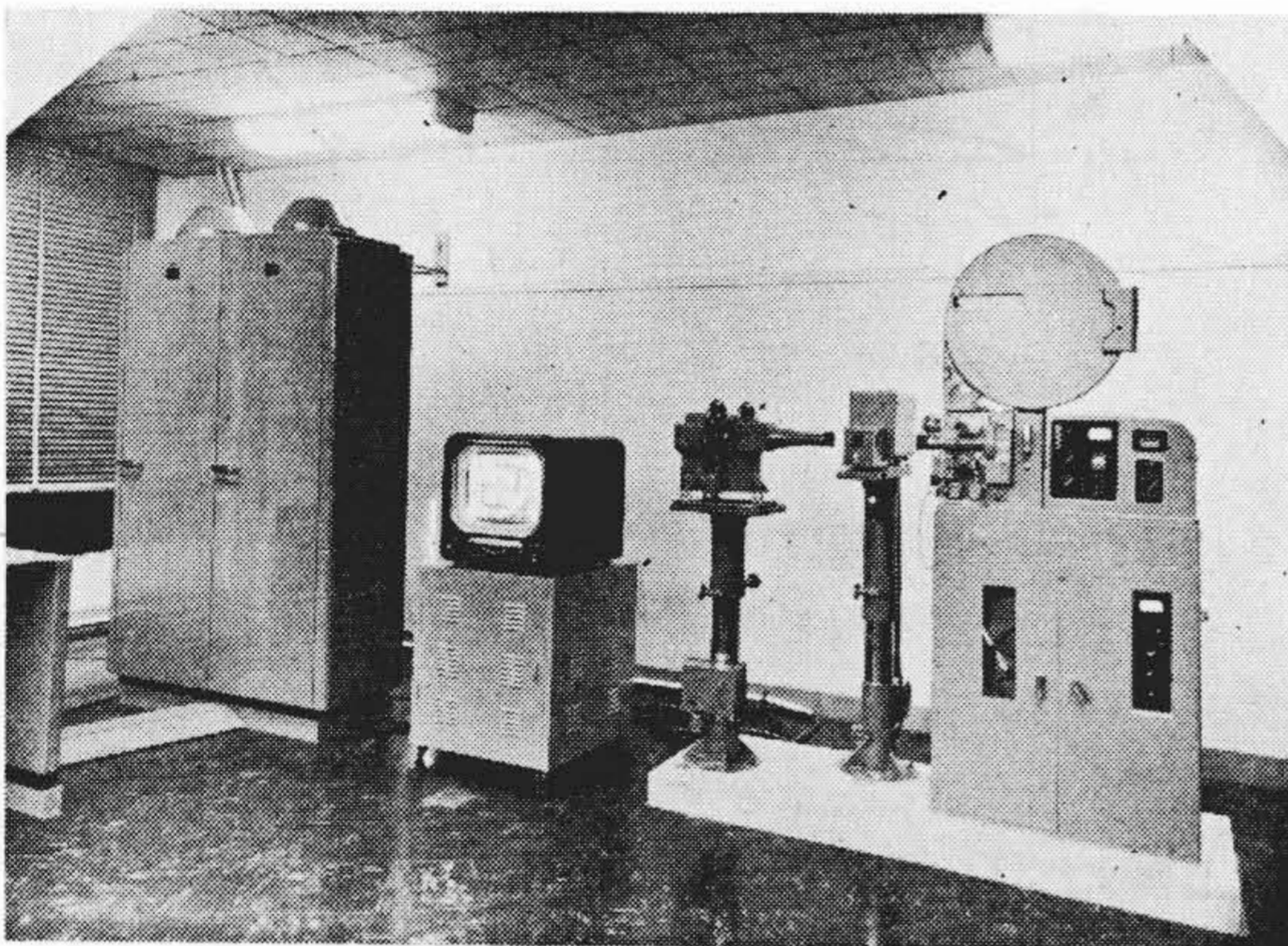
された外界の光学像はターゲット表面の電荷像に変換される。そして信号板とターゲット表面は光導電体を誘電体とするコンデンサを形成するからこの電荷は走査期間中蓄積されている。十分な電子ビームでこの蓄積電荷像を走査すれば面電位はふたたび陰極電位に引き下げられ、このとき、光導電膜に蓄積された電荷に対応する放電電流が流れ、信号となる。ビデオコンのターゲットは近似的に第5図のような等価回路で表わすことができ、電荷蓄積の様子は第6図のごときものと考えられる。なお電子銃を出た電子ビームは外部の集束、偏向コイルにより発生する磁界によって集束、偏向される。

ビデオコンは光導電物質をターゲットに用いているが、感度の高い光導電材料がすべて利用できるというものではない。まず蓄積形ターゲットとしての機能、すなわちフレーム期間内に電荷を保存できるだけの高抵抗を持つことが必要であり、暗抵抗 $10^{12} \Omega\text{cm}$ 程度以上でなければならない。また残像の点から光に対する応答がすみやかであることが望ましい。製作される膜面についていえば、横方向の電荷のにじみ出しを抑えるために膜厚はビーム・スポットの大きさより十分小さく、10マイクロン以下である必要がある一方、あまり薄すぎると蓄積容量が大きくなり、ビーム電流が小さい場合一回の走査で完全に電荷を放電しきれないことにもなる。

電子銃についても解像度と残像の点から、十分な電流密度を持つ尖鋭なビームを生ずるような設計がなされねばならない。ビデオコンにはかかる本質的条件以外にも特性改善のために多くの要求があるが、後述することにした。



(a) 測定カメラ系装置および監視卓



(b) 観測カメラ, 投射機器および同期盤

第7図 ビデオコン試験装置

3. 製作の概要

3.1 光導電物質の蒸着

ビデオコンの光導電膜は三硫化アンチモンの蒸着膜である。真空蒸着の場合は赤色透明なガラス状の緻密な膜をうるが、暗電流が大きく、また残像現象が著しい。不活性ガス中での蒸着膜は多孔質で、暗電流は少なく、残像も軽減できる。蒸着にあたっては、ガスの種類に応じて圧力には適当な値が存在すること、蒸着ヒラメントの形状や蒸着部温度によってメッシュのつまりや厚みむらなどを生ずることなどに留意する必要がある。

次に光導電物質自体の製法であるが、三硫化アンチモン Sb_2S_3 は輝安鉱としてかなり純度の高いものも天然に得られるが、適当な条件のもとで純粋なアンチモンと硫黄を用いて合成することもできる。

3.2 電子銃

ビデオコン6326の電極は信号引出電極を除いてすべて非磁性体で G_1 , G_2 電極はステンレス, G_3 , G_4 電極はニクロムを材料とする。ビーム制限孔 (G_2 アパーチャ) は50ミクロン程度ゆえ、きわめて精度の高い治具を用

い、顕微鏡を用いてせん孔および組立作業を行う。また G_1 , G_2 の各ビーム孔の中心合せはビーム整列を良好ならしめるためぜひとも必要である。

ターゲット・メッシュはガラス母板をもとに作成するが、欠陥のきわめて少ないものであることや強度の点に考慮を払わねばならず、かなり熟練を要する。

3.3 製作上の注意点

ビデオコン製作上の難点はターゲット、メッシュのキズおよび面むら、シェーディングであり、これから発生する疑似信号は撮像管としては致命的である。これらの問題は現在でも製品歩どまりを左右する最大の因子となっている。これは面板、信号板、光導電膜、メッシュの欠陥、蒸着粒子の不ぞろいや落下物などが原因であり、これを最小限度におさえるには電子銃製作、光導電面蒸着時の注意はもちろん作業室の無塵化、作業各工程における部品検査、洗浄の徹底、器具材料の管理保管などにも留意しなければならない。

4. 試験装置

ビデオコンの試験にあたっては電子銃特性など電子管に共通な各種試験のほか、撮像管に特有な光電感度、分光感度、残像などの光電変換諸特性を、定量的かつ精密に測定する必要がある。またキズそのほか画質に関するいわゆる品位の検査をも行わねばならない。この撮像管の品位は放送されるテレビジョン画像の良否を左右する実際上の決定的因子となることが多い。したがって試験装置としては高精度の特性測定が行えると同時に少なくとも放送局におけると同等の像を発生しうるものであることが望ましい。

日立製作所におけるビデオコン試験装置を第7図(a), (b)に示す。本試験装置は観測カメラ系、測定カメラ系、同期信号盤、そのほかの付属機器より構成されている。以下日立製作所の試験装置について説明する。

4.1 観測カメラ系

これは実際の放送と同じ撮像条件を与えうるようにして、キズ、シェーディング、焼付そのほかの品位を判定するものである。間欠式16mmフィルム・プロジェクタ、デュアル・スライド・プロジェクタ、テロップ(ロール式兼用)などの各種投射機器を備えている。

4.2 測定カメラ系

ビデオコンの定量的特性の測定を精度高く、容易にかつ能率よく行うためのカメラ装置で、測定計器盤、光源装置、カメラおよびカメラ架台などに特別の考慮を払って設計してある。光源装置は照度校正が容易にでき、残像測定用回転セクタ、ターレット式の光電感度測定用灰色フィルタ、分光感度測定用干渉フィルタ機構が内蔵されている。

第1表 ビデオコン試験項目および現行規格

試験項目	規格		
	Min.	Max.	
1	ターゲット電極容量 (pF)	3	6
2	フィラメント電流 I_f (mA)	540	660
3	最大 G_2 電流 MI_{C2} (μA)	1,000	—
4	ターゲット電圧 E_{SJ} (V)	10	100
5	水平アラインメント (mA)	-40	+40
6	垂直アラインメント (mA)	-40	+40
7	解像力 (中央部)	550	—
8	解像力 (端部)	350	—
9	カット・オフ E_{C1C0} (V)	-45	-100
10	光電感度 I_{SJ} (μA)	0.05	—
11	残像 (%)	—	30
12	光導電面状態 ターゲット・キズ メッシュ・キズ 信号均一度(シエーディング) 焼付 その他		

注：残像は光遮断後 50ms の時の値である。

4.3 その他

同期盤は同期信号発生器，パルス分配器，縞信号発生器などを含み，観測，測定両カメラ系に共通に使用している。

5. ビデオコン試験法

われわれはビデオコンの試験，検査を前章に述べたような試験装置を用いて行っているが，前述のように試験項目は広範である。またビデオコンでは光導電とビーム走査の機構が関連しているため光電感度，分光感度，残像などの特性測定にあたってはその定義ないしは表現をどのようにしたら妥当であるかということや，さらに映像による品位判定に関しては撮像管全般の問題でもあるが，その定量的表現自体が一つの研究課題となるくらいである。ここでは現在われわれが行っている試験方法の概略を紹介し，問題点を明らかにしたいと考える。

5.1 静特性試験法 (電子銃特性試験法)

現在日立製作所で使用している規格を第1表に示すが，検査は12項目すべてについての全数試験を行っている。電子銃関係特性としてはエミッション，ビーム・バイアス，集束状態などが試験機によって測定される。

なお測定は規定の動作条件のもとで行うが，この際常にアラインメントを正しくとることが必要である。アラインメントの良否は垂直，水平アラインメント・コイル電流から判定される。解像力は RTMA テスト・チャートを用いて行っている。

5.2 光電感度測定法

われわれは暗電流 $0.02 \mu A$ 一定のターゲット電圧のもとで光電変換特性を求め，曲線上の面照度10ルクスの点の信号電流値を一応ビデオコンの光電感度として表わしている。光電変換特性を逐一測定するのはハイライトに

第2表 干渉フィルタの特性

番号	フィルタ 主波長 ($m\mu$)	最大透過率 τ (%)	透過
			エネルギー比
1	427	48	2.0
2	458	37	1.5
3	500	30	1.6
4	536	33	2.7
5	563	32	3.3
6	571	30	2.8
7	612	29	3.8
8	655	55	21.4

注：透過エネルギー比は最大透過率に半波長幅を乗じ，さらに $2,800^\circ K$ の黒体放射エネルギー値を乗じた任意単位の係数である。

おける飽和の程度，ビーム量のいかに調べるために必要と考えるからである。測定にあたっては漏洩，誘導雑音の除去を計るとともに，面照度の較正を正確に行い，走査面積を常に一定に保つ必要がある。面照度は光度標準電球 ($2848^\circ K$) を用いて較正し，走査面積はパターンおよびレンズを指定して距離を決めておくのが最も簡単である。

測定時特に問題になるのはバイアス値の設定であり，ビーム量によって信号出力はもちろん暗電流までも変化することに留意せねばならない。

5.3 分光感度測定法

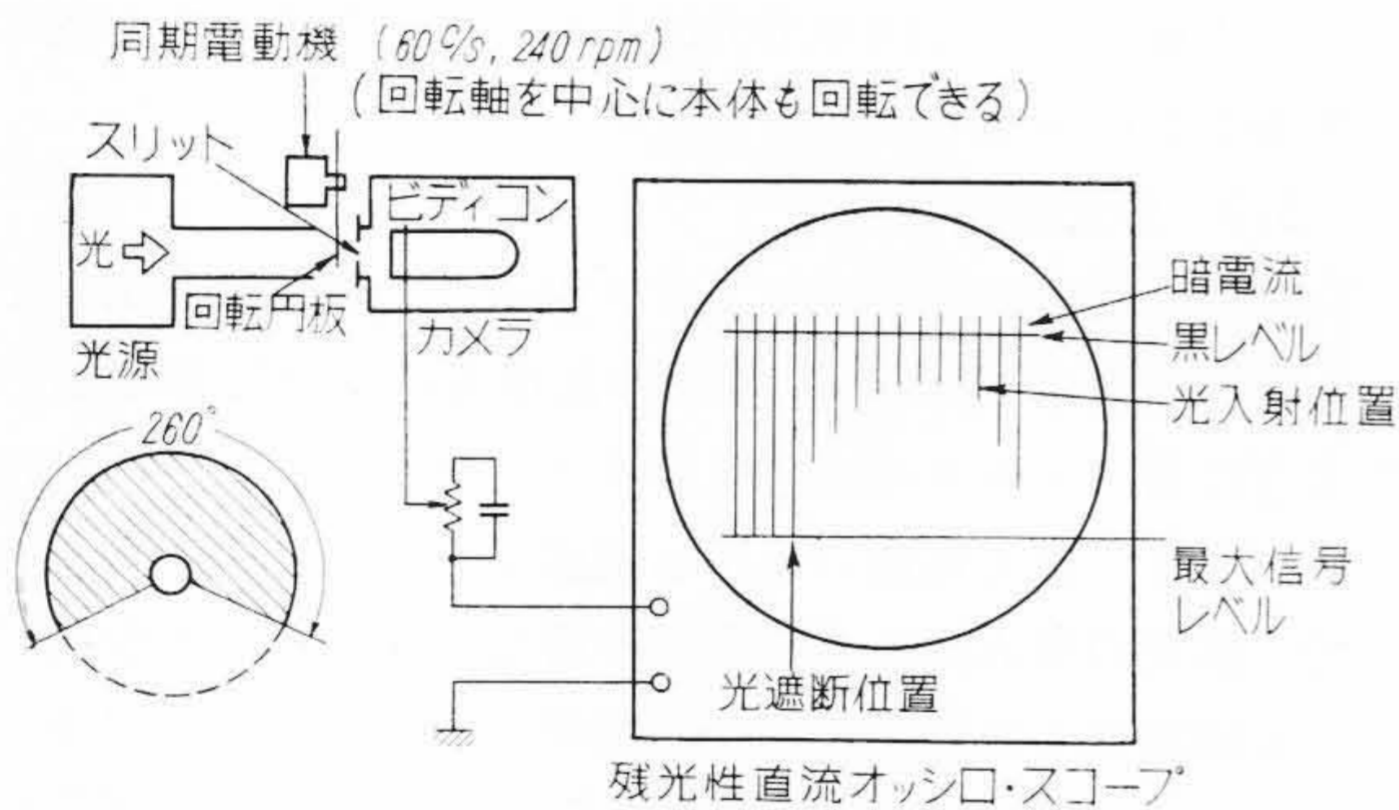
分光感度特性は干渉フィルタを用いた簡易測定法によっている。まず $2,800^\circ K$ 相当の基準電球に対し第2表のように各フィルタの透過エネルギー比をあらかじめ規定しておき，出力電流の値から比感度特性を算出するもので，誤差の混入はある程度避け得ないが，熱電堆を用いた実験結果もほとんど同一の結果を示している。干渉フィルタ法，特にこの簡易法はきわめて容易にデータを求める点に特長があると考えられる。測定結果は次章に述べる。この簡易法による分光感度曲線をモノクロメータを用いたそれと比較してみたが実用上の差はなく十分であることがわかった。

5.4 残像測定法

残像測定には機械的シャッタを用いる方法も試みたが，現在は回転セクタ法を用い，適当なスリットを設けてライン・セクタの原理を応用して測定を容易ならしめている。測定方法を第8図に説明する。残像測定にあたり注意すべきは光遮断とビーム走査を適切な位相に同期させて，蓄積効果に基づく信号を残像と区別せねばならない点である。第9図の写真(a)，(b)は同一管を同一条件で測定するときの観測結果であり，(b)図には明らかに蓄積効果の影響が表われている。われわれは光遮断とビーム走査の同期を行うよう装置を作製してこの種見かけ上の誤差のはいらないようにし，再現性のきわめて良いデータを得ている。

第3表 日立ビディコン6326の規格

<p>一般定格</p> <p>ヒータ電圧 6.3V±10%</p> <p>ヒータ電流 0.6A</p> <p>(直流または交流)</p> <p>信号電極静電容量 3~6 p.F.</p> <p>有効光導電面 9×12 mm²</p> <p>ホーカス方式 電磁方式</p> <p>偏向方式 電磁方式</p> <p>全長 159±6 mm</p> <p>最大直径(チップ除く) 28.6±0.3 mm</p> <p>構造寸法 第4図</p> <p>取付位置 任意</p> <p>最大定格</p> <p>信号電極電圧 125V最大</p> <p>G₂電圧 350V "</p> <p>G₃電圧 350V "</p> <p>G₄電圧 350V "</p> <p>G₁電圧 125V "</p> <p>負バイアス 0V "</p> <p>正バイアス 125V "</p> <p>尖頭ヒータ、陰極間電圧 10V "</p> <p>ヒータ負の場合 10V "</p> <p>ヒータ正の場合 60°C 以下</p>	<p>光電面照度 10,000 lx 最大</p> <p>動作例</p> <p>面照度</p> <p>フィルム送像の場合 500~3,000 lx</p> <p>普通撮像の場合 200 lx</p> <p>信号電極電圧</p> <p>フィルム送像の場合 20~40V</p> <p>普通撮像の場合 40~70V</p> <p>G₃, G₄電圧 250~300V</p> <p>G₂電圧 300V</p> <p>G₁電圧 -45~-100V</p> <p>ハイライト信号電極電流 0.3~0.4 μA</p> <p>平均信号電流(暗電流を除く) 0.1~0.2 μA</p> <p>ピーク信号電流 0.3~0.4 μA</p> <p>最大暗電流</p> <p>フィルム送像の場合 0.004 μA</p> <p>普通撮像の場合 0.02 μA</p> <p>ガンマ(信号電流 0.02~0.2 μA の範囲の平均値) 0.65</p> <p>等価信号対雑音比 約 300:1</p> <p>所要帰線消去信号尖頭値</p> <p>G₁に印加する場合 40V</p> <p>陰極に印加する場合 10V</p> <p>アラインメント磁場の強さ 0~4 ガウス</p> <p>ホーカス磁場の強さ 40 ガウス</p>
--	--



第8図 残像測定法

5.5 品位判定

高性能の観測装置で映像、信号波形を観察しながら判定を行う。判定項目は光電面およびメッシュ上のキズ、シェーディング、むら、焼付、ビートパターン、メッシュ像などである。

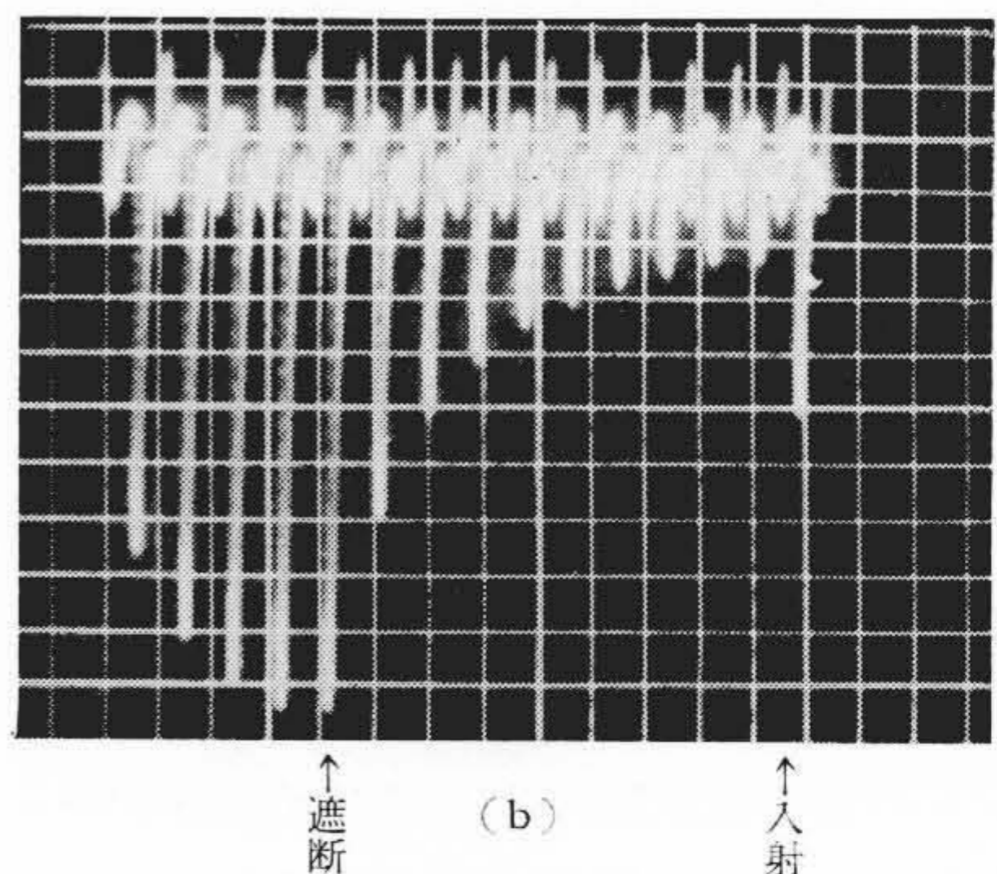
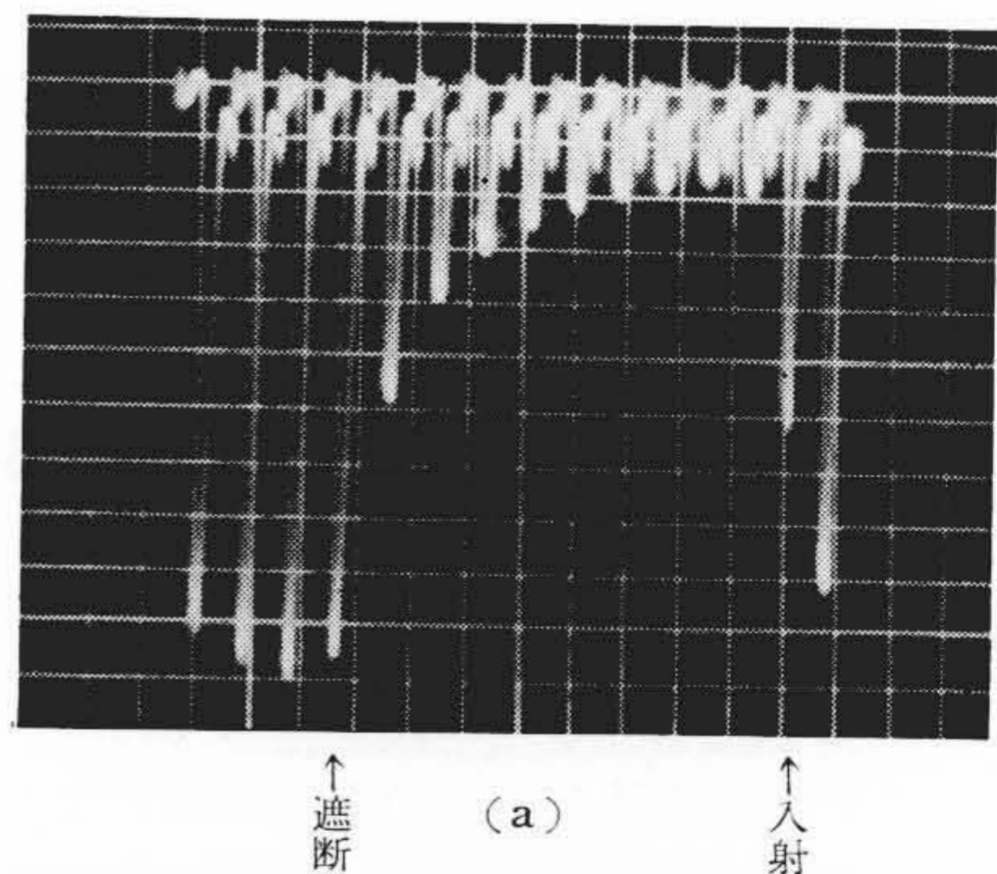
6. 製品の性能

6.1 定格

日立ビディコン6326の定格は RCA 製品とまったく同等であり、大要を第3表に示しておく。

6.2 光電感度

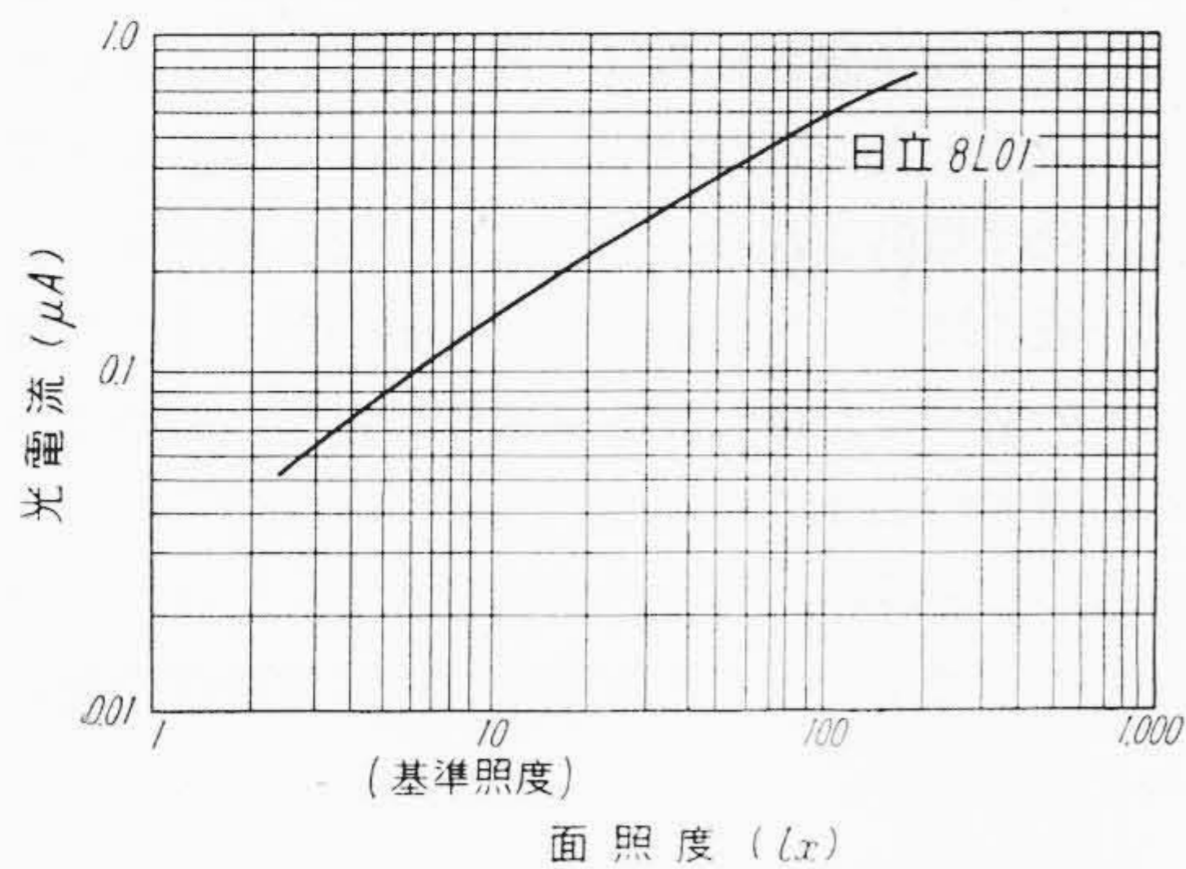
ビディコンの光電感度は暗電流一定 (0.02 μA) の条件で規定するのが普通であり、日立 6326 は10ルクスの面照度で 0.06 μA 以上のものである。第10図は光電変換特性の一例を示した。なおビディコンの感度は一般にターゲ



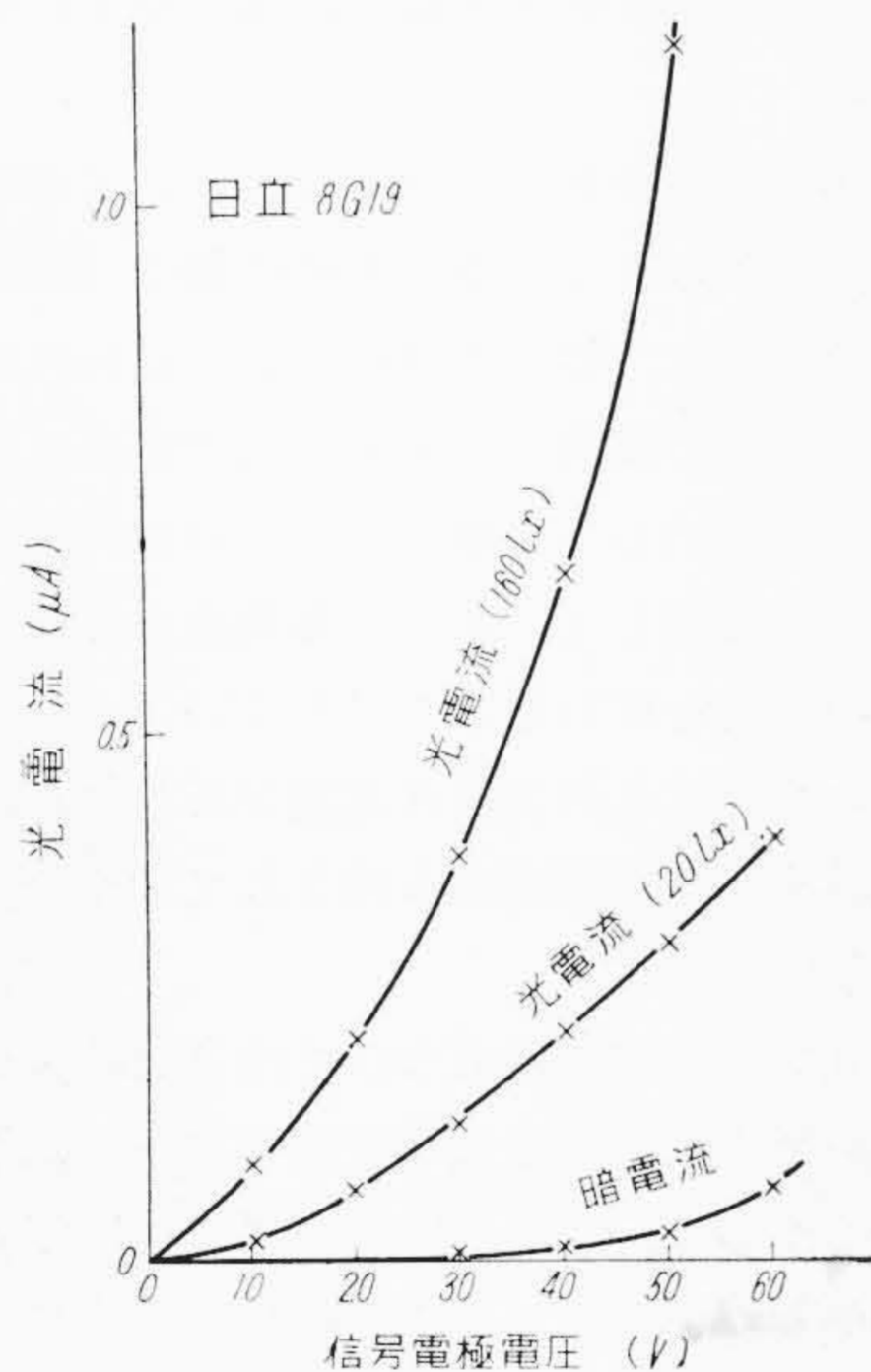
(a) 光遮断とビーム走査を正しく同期させた場合。
(b) 光遮断とビーム走査の同期位相が不適切なため、蓄積効果の影響が現われている場合。

第9図 同一動作条件下における残像特性の測定記録の差

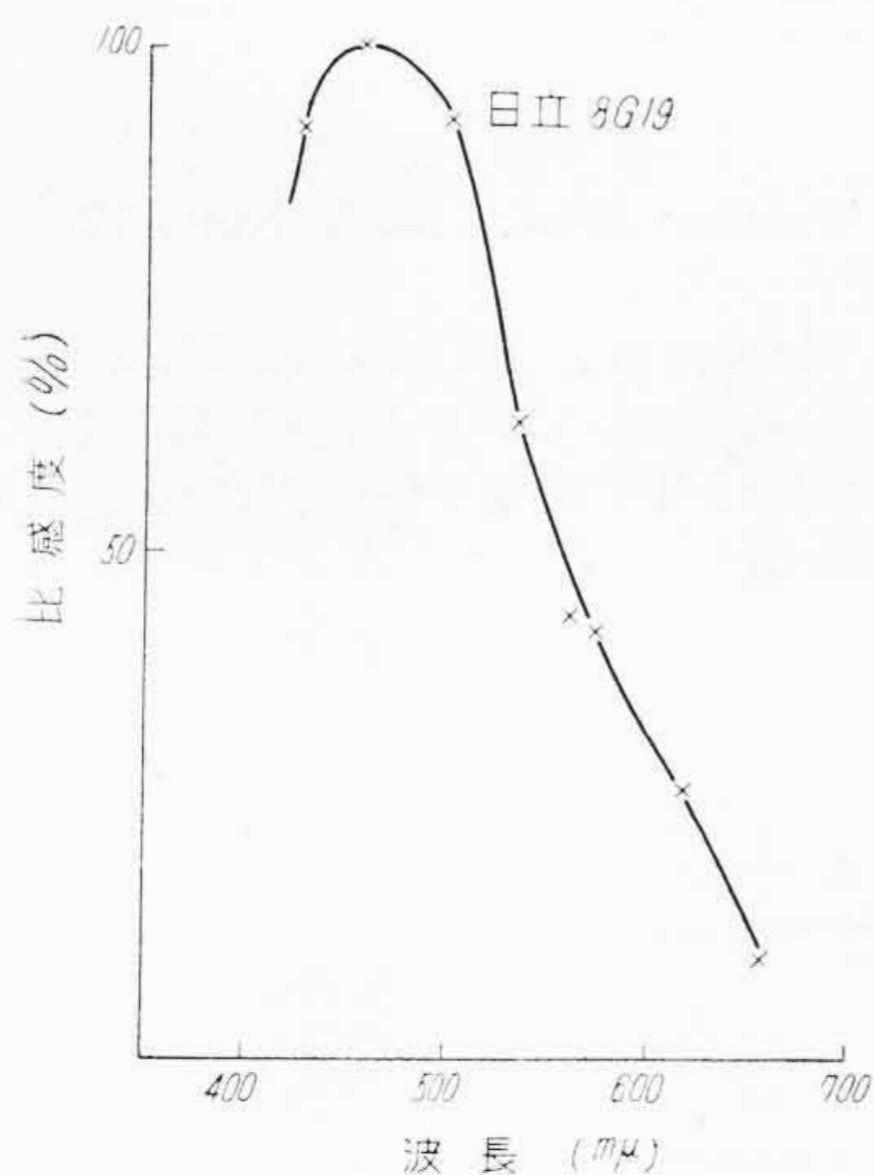
ット電圧(信号電極電圧)を増すとともに増加するが、暗電流もこれに伴って急増し、あるレベル以上では周辺フ



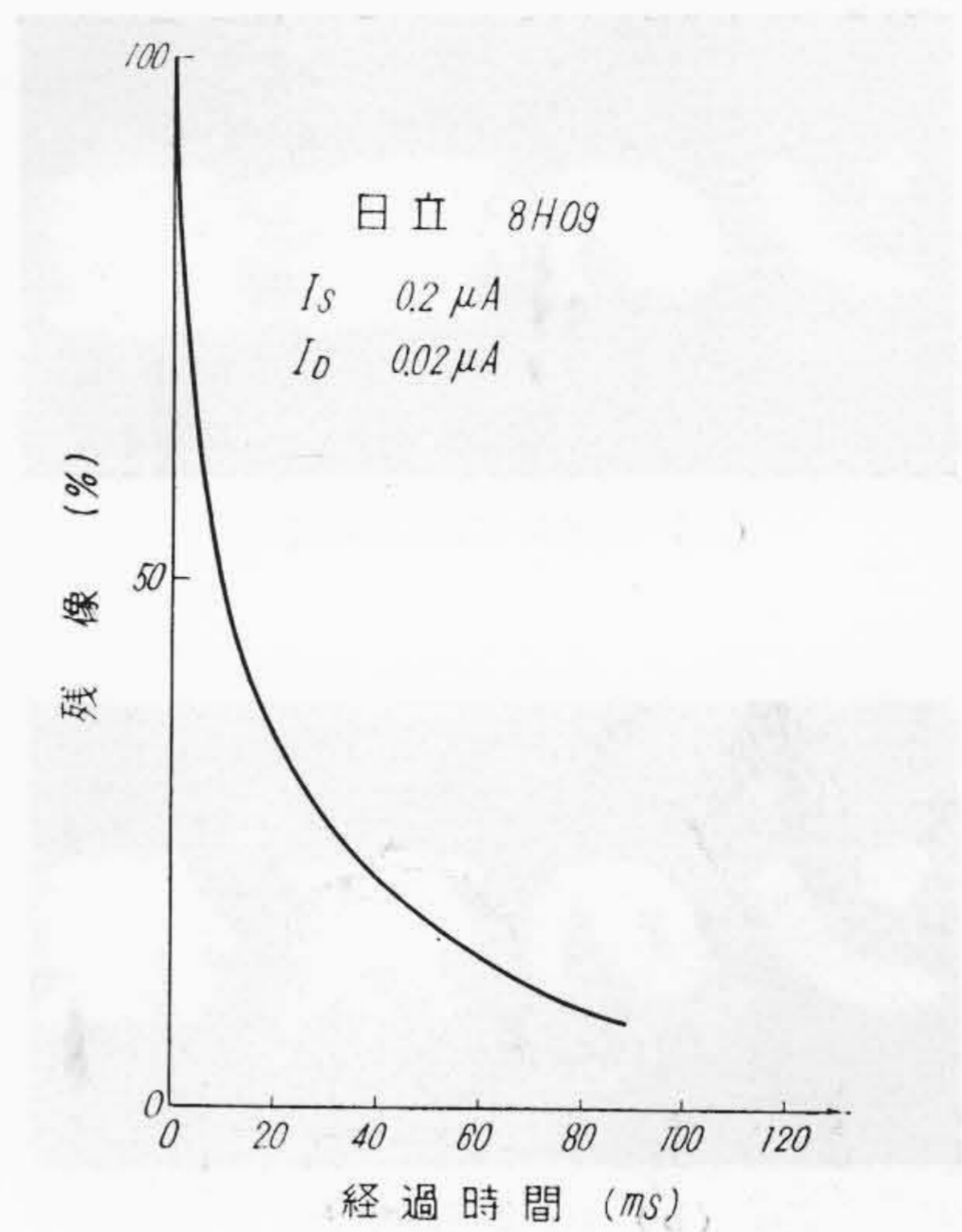
第10図 光電変換特性の一例



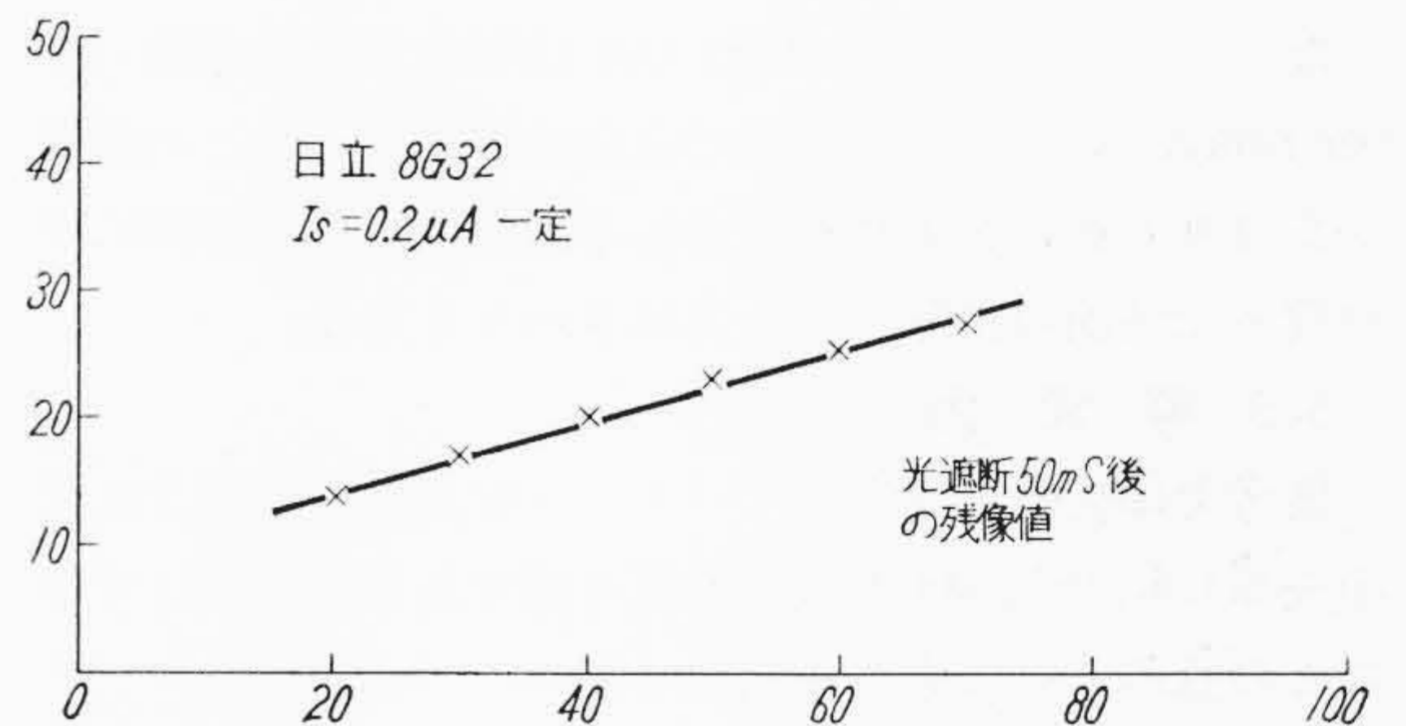
第11図 信号電極電圧—電流特性



第12図 分光感度特性



第13図 残像曲線



第14図 信号電極電圧対残像特性

レアが著しくなって画質は劣化する。放送時の使用にあたっては暗電流 $0.02 \mu A$ 程度以下で使うことが望ましい。第11図にターゲット電圧 (E_{sj}) 対ターゲット電流 (I_{sj}) (光電流, 暗電流) の関係の一例を示す。

6.3 分光感度

干渉フィルタを用いて測定した分光感度曲線は、最高感度がほぼ $460 m\mu$ 付近にある。

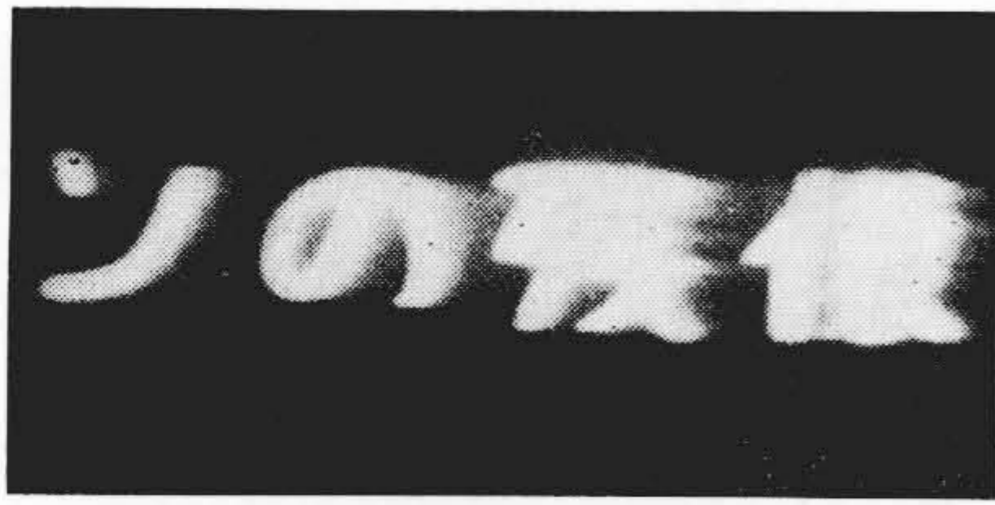
実測例を第12図に示す。

6.4 残像

回転セクタによる残像曲線の測定結果を第13図に示す。残像値は光遮断後 $50 ms$ 後の残像 (%) で表わす。

また第14図に信号電流を一定にしたときのターゲット電圧対残像量の関係を示しておく。放送時の使用で問題になるのは特にロールテロップにかけた場合で、第15図は使用時における普通品と不良品の残像の観測結果である。

なお焼付 (burning) については多くの実験結果から光導電面自体の製法と処理によってほとんど問題にならな



(a) 残像多き不良品の場合



(b) 残像普通の場合

注：字膜移動速度=光電面で 6 mm/s

第 15 図 ロールテロップによる残像

くなった。焼付と残像 (lag) の中間現象である留像 (after image) も 15 秒程度以内で完全に消滅する。この留像があまり大きいとテロップである画面から次の画面に切り変わった時前の画像が残って目ざわりとなる。

6.5 解 像 力

解像力は装置、光学系、パターンを正確に調整すれば中央 600 本、周辺 400 本以上解像可能である。周辺ひずみなどの点についても現在問題はない。

6.6 品位とその他

ビデオンの商品価値はこれによって決定されることが多い。製作態勢を確立した現在ではこの品位を決定する不良の諸原因はほとんど究明され、これらの対策も十分とられており製品については満足すべき結果が得られている。ビートパターンは走査方向とメッシュ方向との関係により生ずるもので指示ピンまたはチップを指定方向 (時計に向かって 9 時の方向) に装着するかぎり発生しない。

6.7 寿 命

連続寿命試験によれば 3,000 時間以上を経過しても感度そのほかに著しい劣化は認められない。寿命を決定する因子は光導電面の変化よりはむしろ電子銃のエミッ

ジョンであると考えられる。キズの発生も倒立させた振動試験の結果では予想されるほど著しくなかった。しかし規定以上の強い光を入れたりした場合はもちろん光電面は劣化または損傷される。いずれにしてもビデオンの寿命は一般にはかなり長いと考えてよいが、すべての管についての完全な寿命保証には各種材料から始めるさらに多くの研究が必要であろう。

そのほか放射線に関する性能変化については、かなり強い放射線下でも少なくとも動作自体には変化のないことがわかっている。

7. 結 言

本報告は日立製作所が量産化にはいったビデオンについて特に製品の性能と試験法に重点をおいて紹介したものである。

日立 6326 は国産最初のビデオンとして各地の放送局において実用せられている。その性能は RCA 製品と同等以上の域に達し、特にキズについてはわれわれ関係者が全力を傾中して改善につとめた点である。試験、検査も測定精度を高めるべく検討し、このためかなり大規模な試験装置を設備して、あらゆる角度から製品の欠陥を見出しその改良を計れるようにしている。

ビデオンにはなお多くの問題が理論面だけでなく製作面、試験法など実際面にも残されており今後研究すべきことは多い。

ビデオンの研究進展については NHK 技術研究所山下、松山両博士ほか同所電子管部の方々の御指導御激励にまつことが多く、またこのほか製品の性能検査に関して種々御便宜をいただいた NHK ほか民間放送各局担当者の方々の御厚意に対し心より感謝の意を表わすものである。最後に日立製作所本社電子管部、茂原工場、中央研究所の各関係者の方々に御礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) P.K. Weimer ほか：RCA. Rev., 12, 306 (Sept. 1951)
- (2) B.H. Vine ほか：RCA. Rev., 13, 3 (Mar. 1952)
- (3) 武井ほか：テレビジョン, 12, 121 (昭 33-3)
- (4) 日比ほか：TV 用電子管研究委員会 資料 No. 2 (昭 33-3)