

高 感 度 ビ ジ コ ン の 特 性

Characteristics of Ultrahigh Sensitive Vidicons with
a Photoconductor of Antimony Trisulfide

吉 川 光 弘*
Mitsuhiro Yoshikawa

渡 辺 六 郎*
Rokurō Watanabe

山 本 菊 男*
Kikuo Yamamoto

菊 地 将 共*
Masatomo Kikuchi

要 旨

ビジコンの光導電膜の材料である三硫化アンチモンの蒸着方法を改良することにより、同一材料を使用したビジコン 7735 A の約 1.7 倍の光電感度をもつ高感度ビジコンを開発した。主としてその特性について報告する。

1. 緒 言

わが国におけるテレビ放送は、白黒放送からカラー放送へと転換が急激に進められている。また従来 ITV と称していた閉回路テレビジョンも、監視用、医療用、教育用と使用分野が拡大され、撮像管の需要が急激に増大している。これにともなって、撮像管に要求される特性は多彩になり、用途に応じた品種が次々と開発され、多様化の傾向にある。

撮像管の中でもビジコンは、操作が容易で、価格が一般的に安い。ため放送用、一般用と広い範囲にわたって、最も数多く使用されている。

ビジコンの歴史を振り返ってみると、高感度、低残像、高解像度、小形、小電力と数多くの改良が加えられている。ビジコンと言えば、光導電膜に主として三硫化アンチモンを使用しているが、当初面照度 10 lx のときの信号電流は $0.08 \mu\text{A}$ であった。これが $0.10 \mu\text{A}$ になり、7735 A という品種になって、 $0.20 \mu\text{A}$ に改良された。次にフィリップス社より酸化鉛を光導電膜に使用したプランビコン※が⁽¹⁾発表され、感度はさらに向上した。構造的にも、従来の正孔注入形のターゲットに代わって、p-i-n のブロック形と、新しい方法が取り入れられた。プランビコンの光電感度は、 $300 \mu\text{A}/\text{lm}$ が標準であり、これをビジコン流に換算すれば $0.36 \mu\text{A}$ となる。また最近ではさらに高感度である Si の p-n ジャンクション・アレイ形のビジコンが開発されつつある。

可視感度だけで $580 \mu\text{A}/\text{lm}$ というデータが RCA より発表⁽²⁾されている。このように光電感度の改良が次々に行なわれているが、プランビコンおよび Si ターゲット・ビジコンは、現在のところ非常に高価である。一方、三硫化アンチモンのビジコンは量産方法が確立され、比較的安いこと、また面照度の変化に応じてターゲット電圧を変えると、ビジコンの出力信号が常に一定になるような簡単な E・E 機構をつけることができるなどすぐれた点がある。

筆者らは、後者のビジコンにおいて、光導電膜の蒸着方法の改良により、信号出力が $0.35 \mu\text{A}$ で、光電感度に換算して $290 \mu\text{A}/\text{lm}$ とプランビコンの感度に匹敵するビジコンを開発したので、その特性について述べる。

2. 高感度ビジコンの構造と種類

高感度ビジコンの代表品種である 8758 A の構造を図 1 に示す。カソード、 G_1 、 G_2 、 G_3 およびメッシュ電極で構成されている電子銃は従来の 8758 と全く同様な構造で互換性がある。異なっている点は厚さ $1 \sim 2 \mu$ の多重真空蒸着膜で作られた光導電膜だけである。

* 日立製作所茂原工場

※ プランビコンはフィリップス社の商品名である。

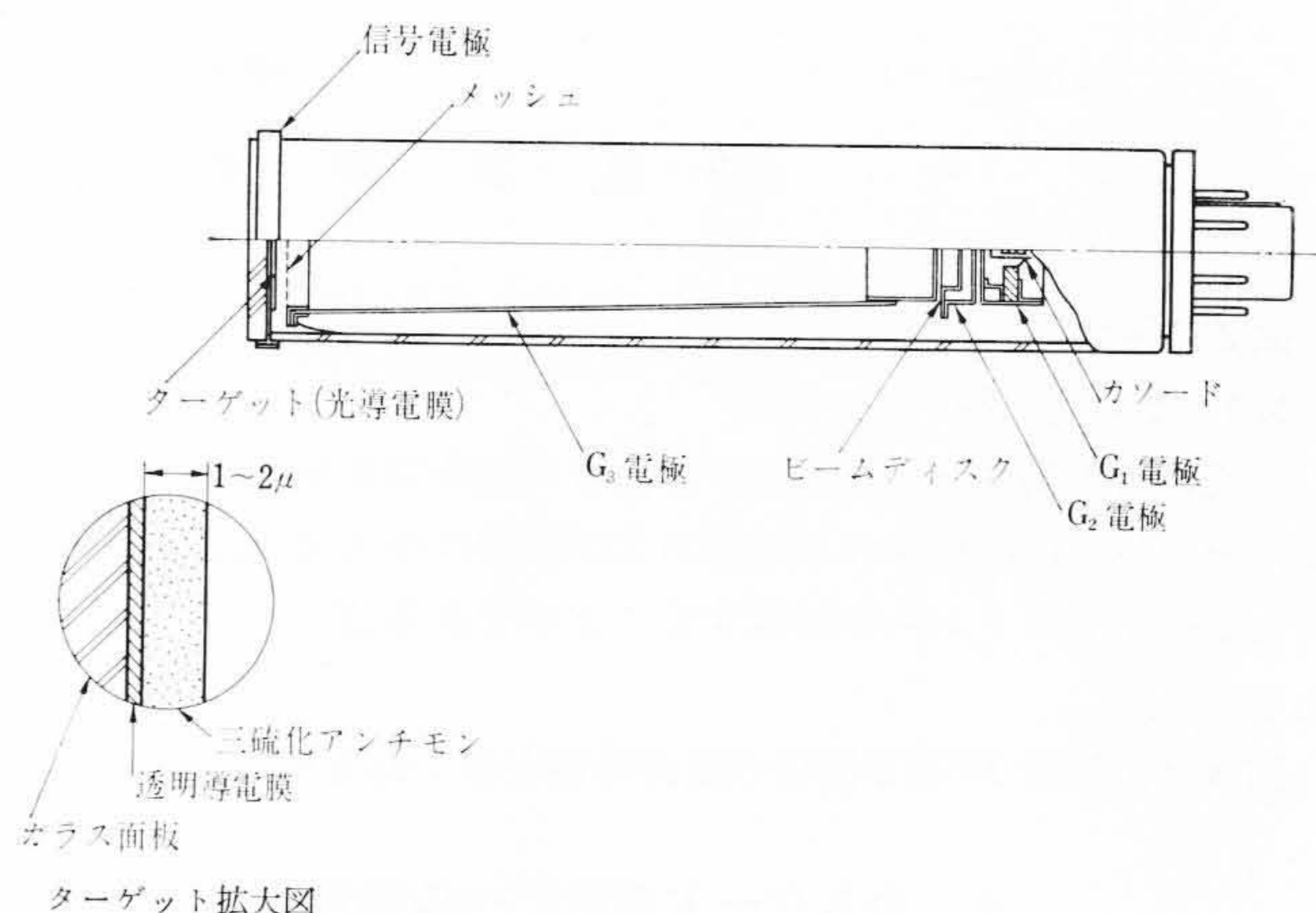


図 1 8758 A の 構 造

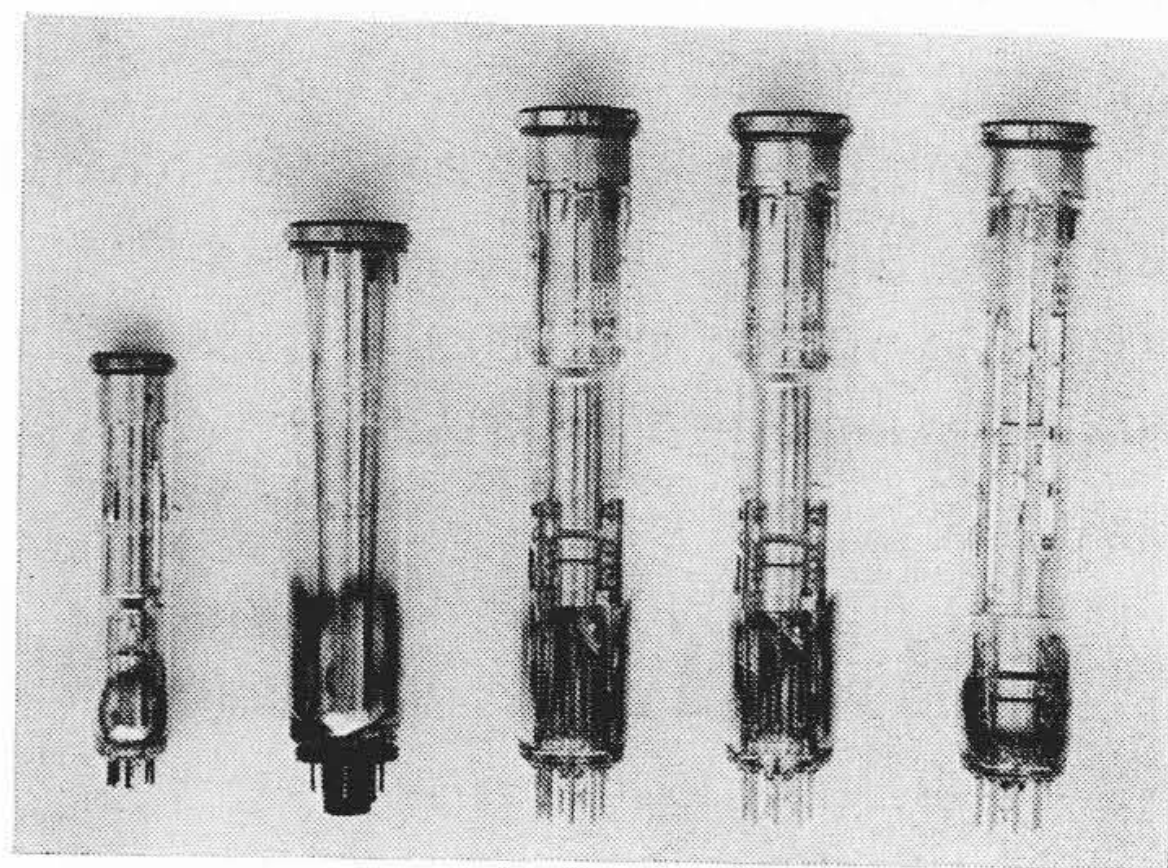


図 2 高 感 度 ビ ジ コ ン

表 1 高 感 度 ビ ジ コ ン の 品 種

品 名	外 径	集 中・偏 向	ヒ ー タ	メッシュ電極
8823	2/3 吋	M・M	6.3 V×95 mA	S
8758A	1 吋	M・M	6.3 V×95 mA	I
8507B	1 吋	M・M	6.3 V×600 mA	S
8541B	1 吋	M・M	6.3 V×95 mA	S
8134A	1 吋	S・M	6.3 V×95 mA	S

M・M：電磁集束、電磁偏向、S・M：静電集束電磁偏向
S：セパレートメッシュ、I：インテグレートメッシュ

光導電膜も、三硫化アンチモンの主成分はそのまま蒸着方法を改良しただけである。なお、この光導電膜は 8758 A だけでなく表 1 に示すように外形 2/3 インチの小形ビジコン、あるいは 1 インチのセパレートメッシュ形ビジコン、静電静束ビジコンと今後の需要を考えて、多くの品種に適用されている。図 2 はこれらビジコンの外観を示したものである。

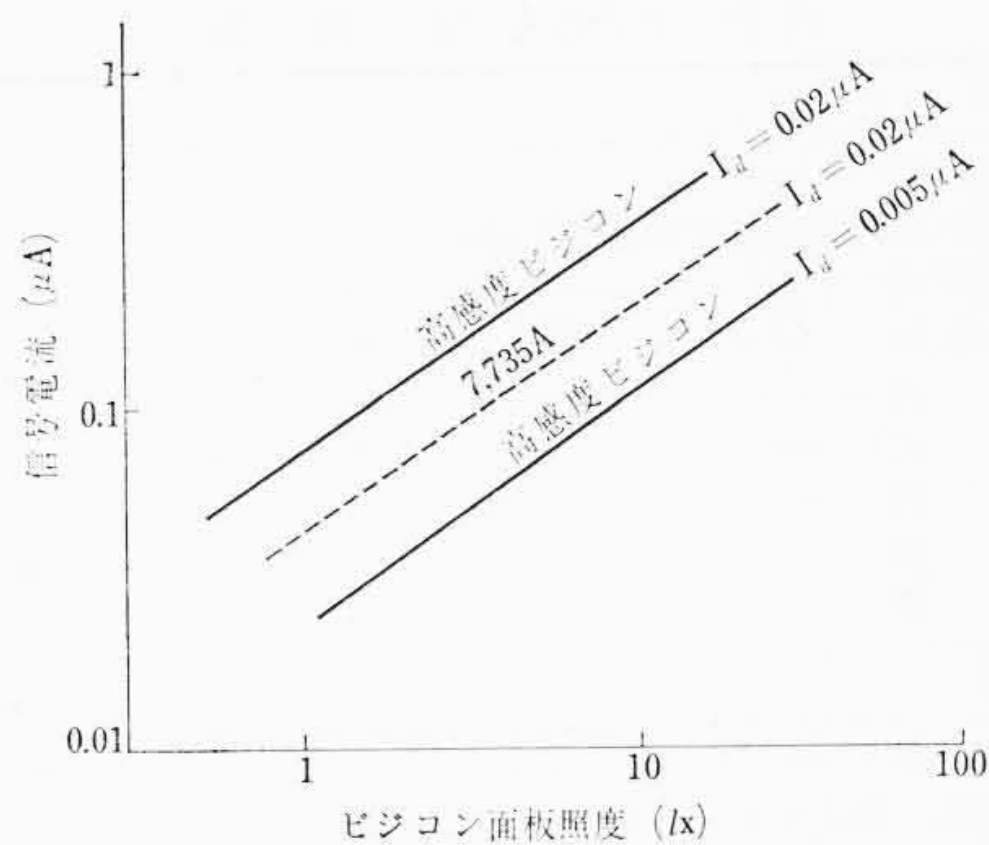


図3 光電変換特性

さて、厚さ1~2 μ の多重真空蒸着膜で構成されている光導電膜には透明導電膜側に数十ボルトのターゲット電圧が印加され、光導電膜に光が当たると光の強さに応じて発生した電子-正孔対の正孔が、電子銃側に移動し、蓄積電荷を形成する。これを電子銃からの電子ビームで走査すると、透明導電膜を通じて信号電流が得られる。

次に簡単にビジョンの光電感度を定める因子を考え、われわれが改良に着目した点について述べる。

光導電膜において、電子と正孔が電気伝導に寄与しているとき、暗電流 i_d は次の式で表わされる。⁽³⁾

$$i_d = \sigma E = (ne\mu_n + pe\mu_p)E \quad (1)$$

ここに E は電界の強さ、 σ は易動度 μ_n の n 個の電子と、易動度 μ_p の p 個の正孔による電気伝導度である。そこへ光が照射され、光の吸収によって電流密度が Δi だけ増加し、この増加が、電子と正孔の数が Δi だけ増加したために起こされたとすれば、次の式が得られる。

$$\Delta i = (\Delta ne\mu_n + \Delta pe\mu_p)E \quad (2)$$

一方ビジョンの光導電膜は、ストイキオメトリな三硫化アンチモン (Sb_2S_3) にアンチモン (Sb) を過剰に加えた p 形であるから (2) 式は次のように書き替えられる。

$$\Delta i = \Delta pe\mu_p E \quad (3)$$

ところで、ビジョンの光電感度は、 Δi が光導電膜の表面に蓄積され、電子ビームがその蓄積電荷を放電することによって決まる。したがって光電感度は Δi に比例すると考えてよい。

そこで、光電感度を向上させるために、 Δp 、 μ_p 、 E のそれぞれの因子と、材料および蒸着方法について種々検討を加えた結果、 Δp 、 μ_p は物質固有のものであるので、蒸着方法の改良により、最も多く光を吸収し、最も多く電子-正孔対を発生するところに E の効果をじゅうぶん発揮させるくふうを試みた⁽⁴⁾。それが、ここに述べる高感度ビジョンである。

3. 高感度ビジョンの特性

3.1 光 電 感 度

図3は高感度ビジョンの光電変換特性を示したものである。従来の高感度ビジョン 7735A と比較して示したが、暗電流が $0.02 \mu\text{A}$ 、面板照度が 10 lx の条件のときの信号電流は、7735A が $0.20 \mu\text{A}$ に対して高感度ビジョンは $0.35 \mu\text{A}$ であるから約1.7倍の高感度である。

実際に放送用を使用する場合、特にカラーカメラに使用する場合 R・G・B の色合わせを問題にするので、 γ 特性が重要視される。したがって、 γ 特性を合わせるために R・G・B に使用する3本のビジョンは暗電流をできるだけ同じ値に調整される。また、暗電流を小さくして、残像の少ない条件で使用される。暗電流を小さくすると当然ビジョンの面照度を上げねばならない。その点比較的じゅうぶん

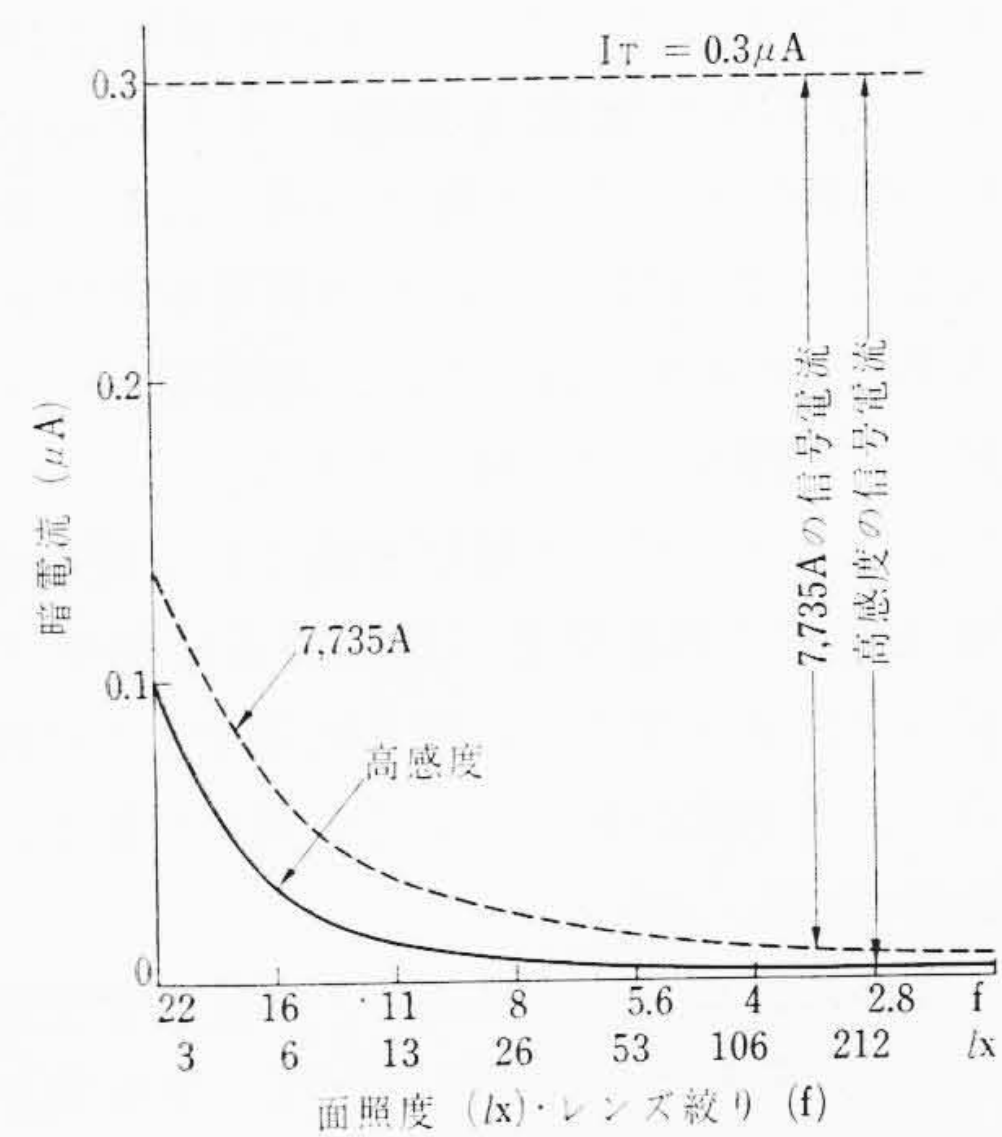


図4 面照度と暗電流

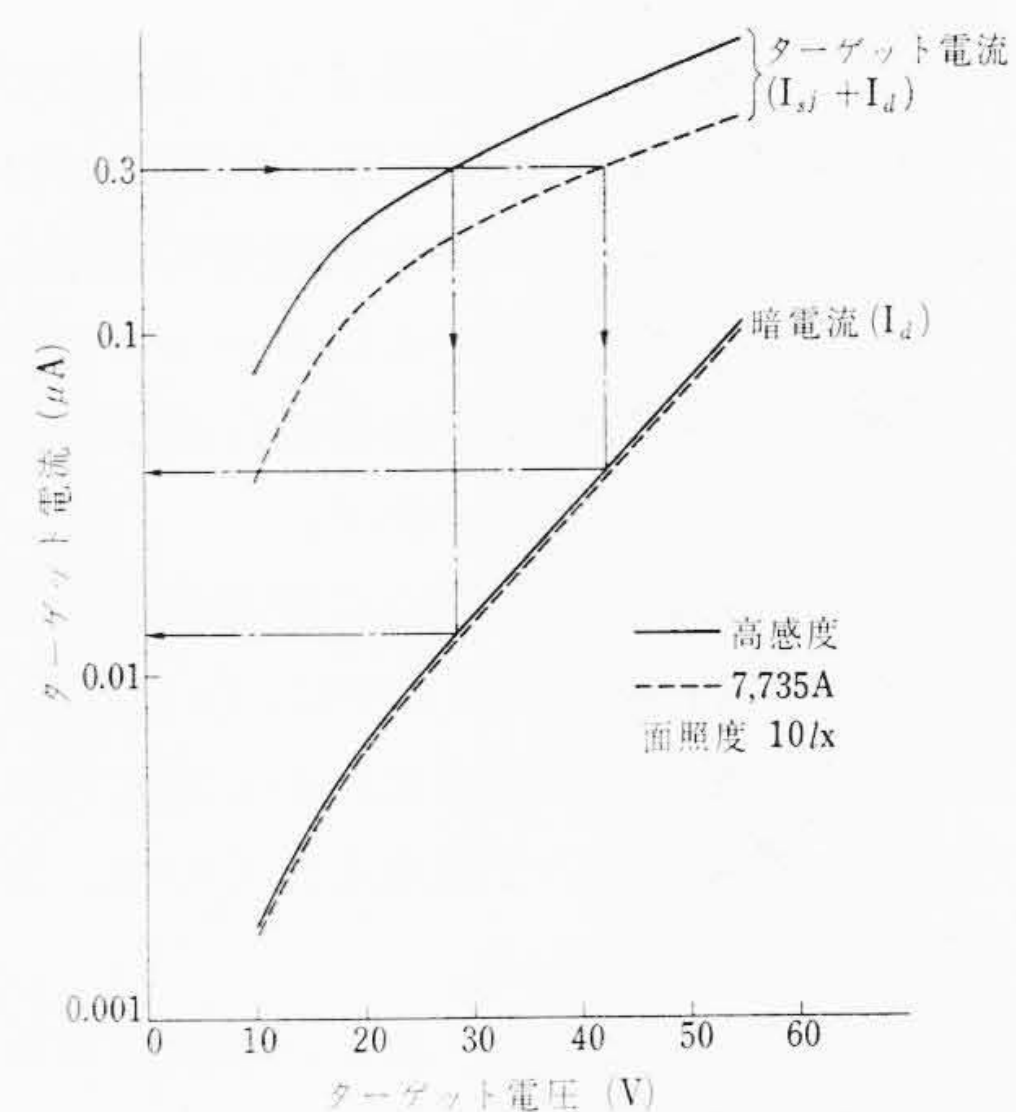


図5 ターゲット電圧とターゲット電流

照明ができるフィルムカメラでは問題ないが、カラーテロップカメラでは複写体の変形などのためじゅうぶん照明がとれなくて、やむなく暗電流を高くして、使用する場合が生ずる。このような用途には高感度ビジョンを使用すると暗電流を小さくすることができるので好適である。

一方閉回路テレビジョンに使用する場合、ターゲット電圧の変化による $E \cdot E$ 機構を一般に採用しているので、図4に示すような暗電流・信号電流、およびターゲット電流の関係が成立つ。この場合画質は暗電流の大ききで決まるので、高感度ビジョンと 7735A を比較する場合も同一暗電流になる点で比較すればよい。このような比較を図4で行なえば、7735A より、高感度ビジョンの方がレンズ絞りで1段以上深く絞って同一画質とすることができる。これはまた従来のビジョンよりさらに暗いところまでも撮像できることになる。

すなわち暗い場面から明るい場面まで、自動調整で撮像することを要求される閉回路テレビカメラでは、高感度ビジョンを使用することにより、使用範囲を拡大することができる。

3.2 残 像

一般に三硫化アンチモン系ビジョンにおいては、光電感度と残像は相反関係にあるが、蒸着方法を改良した高感度ビジョンは、この点、7735A とほぼ同レベルであり、同一照明条件、同一信号電流という使用方法をすれば当然のことながら、むしろ残像の値が小さくなる傾向にある。

3.3 ターゲット電圧とターゲット電流

図5はターゲット電圧と、ターゲット電流および暗電流の関係の

一例を示したものである。ただしビジコン面照度は10 lxである。高感度ビジコンと7735Aの比較を簡単にするために、暗電流が $0.02\mu\text{A}$ のときの両者のターゲット電圧が同一のものを選んだ。

図5から言えることは、ビジコンの出力信号を常に $0.3\mu\text{A}$ と一定にして使用するE・Eカメラにおいては、高感度ビジコンは7735Aより常にターゲット電圧を下げて使用できる。

一般にビジコンは、ターゲット電圧を高くして使用すると、サザ波(Water fall)と称する偽似信号が画面周辺に発生する傾向がある。高感度ビジコンを使用すると、図5に示すように使用ターゲット電圧が低いので、サザ波が発生しにくい利点がある。

3.4 その他の特性

上記の特性のほかに、ビジコンでは、 γ 特性、分光感度特性が問題にされるが、 γ が従来のビジコンに比べて、多少大きい傾向にある以外、その他の特性ではほとんど差が認められない。

4. 結 言

三硫化アンチモンの蒸着方法の改良により、従来のビジコンの代表品種である7735Aに比べ光電感度を約1.7倍向上したビジコンを開発することができた。本ビジコンを放送用に使用した場合、特に照明をじゅうぶんとすることがむずかしいテロップカメラでは効果が大きい。またITVカメラに使用した場合、従来の1/2の照度のものまで撮像することができる利点がある。

今後、撮像管の感度に関しては、さらに改良が加えられると予想される。それは、現在の蒸着膜タイプよりは、むしろSiターゲットにみられるように構造が変わるのではないかと考えられる。ただし現在のビジコンには高解像度という利点もあるので、さらに改良を図りたいと考えている。

終わりに、高感度ビジコンを開発、あるいは実装テストにご協力いただいた関係者に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) Philips: プランビジコン55875カタログ
- (2) R.C.A: Vidicon C23136, Proposed Technical Objective
- (3) 三宅清司: 光電素子とその応用(朝倉書店)
- (4) 西田亮三: “光導電面”テレビジョン, Vol. 20, No. 3 (1966)

付表 8758A 定 格 表

一 般 定 格	
ヒータ電圧	$6.3\pm 10\% \text{ V}$
ヒータ電流(交流または直流)	0.095 A
信号電極静電容量	4.6 pF
分光感度特性	C-2
集束方式	電磁方式
偏向方式	電磁方式
全長	$133\pm 3 \text{ mm}$
最大直径	$28.6\phi\pm 0.3 \text{ mm}$
取付位置	任意
最 大 定 格	
走査面積	$9.5\times 12.7 \text{ mm}^2$
第4グリッド電圧, 第3グリッド電圧	750 V max.
第2グリッド電圧	750 V max.
第1グリッド電圧	
負バイアス	300 V max.
正バイアス	0 V max.
ヒータ陰極間せん頭電圧	
ヒータ負	125 V max.
ヒータ正	10 V max.
信号電極電圧	100 V max.
暗電流	$0.25 \mu\text{A max.}$
せん頭信号電流	$0.55 \mu\text{A max.}$
面板照度	$10,000 \text{ lx max.}$
面板温度	71°C max.
使 用 例	
走査面積	$9.5\times 12.7 \text{ mm}^2$
面板温度	$30\sim 35^\circ\text{C}$
第4グリッド電圧, 第3グリッド電圧	$250\sim 300 \text{ V}$
第2グリッド電圧	300 V
映像カットオフ第1グリッド電圧	$-45\sim -100 \text{ V}$
ガンマ	0.65
等価信号対雑音比	$300:1$
帰線消去信号せん頭電圧	
第1グリッドに印加した場合	75 V
陰極に印加した場合	20 V
集束磁界	40 ガウス
整列磁界	$0\sim 4 \text{ ガウス}$
中心解像度	$600\sim 900^* \text{ 本}$
▲光電感度を普通にした場合	
面板照度	10 lx
信号電極電圧	$20\sim 40 \text{ V}$
暗電流	$0.02 \mu\text{A}$
信号電流	$0.3 \mu\text{A}$
▲残像を最小にした場合	
面板照度	50 lx
信号電極電圧	$10\sim 20 \text{ V}$
暗電流	$0.005 \mu\text{A}$
信号電流	$0.3 \mu\text{A}$

* 集束磁界を70 ガウスに上げた高解像度使用の場合