MS 形(磁界集束・電界偏向形)撮像管の雑音

正会員 倉 重 光 宏[†]

あらまし MS 形(磁界集束・電界偏向形)撮像管には、他の集束偏向方式では見られない特徴的な雑音(周波数スペクトラムが数 MHz に偏在, “固有雑音”と略称)が存在することを見い出したので、その原因と除去の可否を明らかにすることを試みた。まず、測定実験に基づいて発生原因として戻りビームと偏向パルスの雑音の2つを推定し、次に、推定した原因による固有雑音の発生機構と性質とを理論考察およびシミュレーション実験によって明らかにした。その結果、推定した原因によって実測現象がうまく説明できた。このため防止対策として、戻りビームをデフォーカスまたは吸収する方策や雑音のない積分形の偏向パルス発生を試みた結果、両者の相対的優劣が明らかとなり、固有雑音の主原因は偏向パルスの雑音であること、また、実用上十分な SN 比の画像を得るには、偏向パルスの SN 比を 85 dB (pp 値の比) 前後確保することが不可欠であることがわかった。

1. ま え が き

MS 形(磁界集束・電界偏向形)撮像管は、従来の MM 形(磁界集束・磁界偏向形)や SM 形(電界集束・磁界偏向形)に比べて解像力の画面内一様性が良く、図形ひずみも少ない原理的な特長をもつことが、試作実験や理論解析により明らかにされつつあり^{1)~3)}、その特長を生かした単管カラーカメラ用を初めとする実用撮像管の開発が進んでいる^{4)~6)}。

我々も独自に放送用画質を目標とした MS 形撮像管の開発を行ってきたが、その開発途上で、MS 形には他の集束方式で見られない独特の雑音が存在することを見いだした⁷⁾。以下、本雑音を固有雑音*と呼ぶ。

不要な雑音の存在は MS 形の放送用としての適否に関わるので、筆者はその原因と除去の方策を明らかにすることを試みた。

本論文では、まず、我々の試作管を用いた測定実験によって、本雑音の特徴や撮像管の動作条件への依存

性を明らかにし、発生源として、管球内部の戻りビームと偏向電圧に含まれる雑音が考えられることを提起している。

次に、提起した2つの原因による雑音の発生機構、およびそれによって生じる雑音の特徴と動作条件への依存性とを理論考察、および、実験が可能な後者の要因については偏向電極に擬似雑音を加えたシミュレーション実験により明らかにしている。

しかるのち、推定した2つの要因に対する具体的な防止策を提案し、それらの防止効果を測定実験により明らかにしている。

これら実験・理論両面からの検討によって、2つの原因と実際の現象との因果関係が明らかとなり、実用 MS 形撮像管では、偏向電極が電磁コイルと違って回路的な帯域制限効果をほとんどもたないために、偏向回路の雑音がそのまま偏向電極に現れやすく、上記固有雑音の主因をなすこと、したがって、それに対する配慮が MS 形の実用化に不可欠であることを結論している。

2. 実験管における固有雑音の特徴と動作条件への依存性

我々の試作した図1に示す MS 形撮像管を後に示す図8の偏向回路で駆動すると、自己相関性の強い雑音(非ランダム雑音)がかなりの視覚的妨害を与える

[†] NHK 総合技術研究所

“Characteristic Video Noise in MS (Magnetic-focus Electrostatic-deflection) Type Camera Tubes” by Mitsuhiro Kurashige (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo)

* 固有雑音とは MS 形で初めて検知された現象に由来してつけた略称。MS 形にのみ存在することを必ずしも意味しない。

図1 実験に用いた試作1インチMS形撮像管
1" experimental magnetic-focus electrostatic-deflection (MS) tube for studying characteristic video noises.

図2 固有雑音の典型的な周波数スペクトラム
Typical frequency spectrum of video signal bearing characteristic noises.

(a) フォーカス

(b) デフォーカス

写真1 固有雑音を含む信号出力波形(動作条件: $I_{sig} = 0.4 \mu A_{pp}$, $V_{G1} = 0 V$, テストチャート: EIAJ C2, 波形の上; 白レベル)

Output signal waveform of linear gray scale demonstrating the presence of characteristic noises; (a) beam focused and (b) beam defocused, at $I_{sig} : 0.4 \mu A_{pp}$ and $V_{G1} : 0 V$.

写真2 MS動作とMM動作における出力信号波形
Noises on linear gray scale signal for MS and MM operations of the same tube at two levels of beam current.

レベルで検知された。

そこで、一様な光を試作管に入射させ、得られた映像信号の周波数スペクトラムを調べたところ、図2に示すように、数MHz付近に偏在する特徴的な雑音が見られた。本雑音は実験管の動作条件に関し、以下の依存性を示した。

(i) 走査電子ビームをデフォーカスすると、写真1 (EIAJ, C2テストチャート: リニアグレースケールを撮像した場合の信号出力波形) に示すように消滅する。

(ii) MM形動作(磁界集束・磁界偏向形の動作。デフレクトロン電極をすべて結線し、偏向パルスを切断して、1つのウォール電極として動作させ、磁界によって偏向をかける)にすると、写真2に示すように消滅する。

(iii) 信号電流 I_{sig} が多いほど大きくなる(写真1, 写真2参照)。

(iv) 写真2に示すように、ビーム電流 I_b が大きいほど、わずかではあるが大きくなる傾向を示す。

3. 固有雑音の発生原因

固有雑音は、前章に述べた特徴をもつことから、電界偏向時のみに走査電子ビームに関係して(映像増幅回路に無関係)生じるものと考えられる。その原因として、①管内部の戻りビーム、②偏向パルス中の雑

音、の2つを推定した。

以下、推定した2つの原因による固有雑音発生機構の理論的な考察、および実験が可能な後者の原因に關するシミュレーション実験を示す。

3.1 管内の戻りビーム

図3に示すように、MS形では原理的にビームが進行方向によらず、常に同じ方向の偏向を受ける。したがって戻りビームは、弾性散乱を仮定し、外管への射突を無視すれば、元のビームの描くラスタの約3倍の大きさのラスタを描いてターゲットへ再入射する。

撮像管における電子の軸方向速度は、走査速度に比べて桁違いに早いから、管内には元のビームと、それに依存して走査線構造が決まる戻りビームの2本が同時に存在し、それぞれ異なる位置の信号電荷を同時に読出す。

戻りビームによる画像は元のラスタの3倍のラスタによって読出されるから、原画像が1/3に縮小されたものとして画面に現れる。そのレベルは信号レベルを左右する一般的な条件のほか戻りビームの量（ビーム電流以上の信号電流は読出せないため）にも依存する。

実験管における上記偽信号のレベルは、標準的な信号電流、例えば $0.2 \mu\text{App}$ では真の信号にマスクされて観測できず、暗黒状態のみターゲット近傍の電極やラスタ焼け（ターゲットの元のビームラスタによる損傷）が正規信号レベルの数%以下の微小なレベルで観測される程度であった。

このような戻りビームがターゲットへ鮮鋭に結像される条件では、元のビームによる走査と戻りビームによる走査が、以下述べるように干渉し合って雑音を発生させる。

図4は、ターゲット表面の走査線構造を拡大視したものである。元のビームの走査線1, 2, ...に対して、

図3 戻りビームによる固有雑音の発生
Generation of the characteristic noises by return beam.

図4 元のビームと戻りビームの走査線構造
Scanning line structure of original electron beam and return beam.

戻りビームは元のビームの3倍の走査線ピッチ Δl_p^* で、電極設計によって定まる傾き θ_R をもつ走査線 $1', 2', \dots$ を描く。

したがって、定常動作では元のビームは、すでに戻りビームの走査線跡（読出しによって生じた走査線ごとのターゲット表面電位の段差）がついたターゲット表面を走査することになり、反対に戻りビームは、元のビームの走査線跡のあるターゲット表面を走査することになるから、両者はターゲット表面を介して相互に干渉する。

元のビームによる、戻りビームの走査線跡の走査に起因する雑音の周波数 f_R は、有効水平走査期間を t_H 、水平走査サイズを l_H とすると、次式で求められる。

$$f_R = \frac{l_H}{t_H} \left/ \left(\frac{3\Delta l_p}{\cos \theta_R} \right) \right. \quad (1)$$

有効走査線本数を N_s 、ラスタのアスペクト比（横対縦）を $a:b$ とすると、

$$l_H = \frac{a}{b} N_s \Delta l_p \quad (2)$$

の関係があるから、

$$f_R = \frac{4 \cos \theta_R \cdot N_s}{9 t_H} \quad (3)$$

を得る。現行テレビ方式における値、 $a:b = 4:3$ 、 $t_H = 0.85 \times 63.5 \mu\text{s}$ 、 $N_s \approx 500$ と θ_R の実測値 50° を(3)式に代入すると $f_R \approx 2.7 \text{ MHz}$ を得る。

戻りビームの折り返し（外管表面による弾性反射）を考慮すると、ターゲット面に達する戻りビームの走査線の数が増えるから、 f_R はその分増える。

戻りビームによる元のビームの走査線跡の走査に起因する雑音の周波数 f_R' は、戻りビームの走査線が元のラスタを横切る長さが

$$\theta_R < \tan^{-1}(b/a) = 53^\circ$$

の条件では $l_V / \cos \theta_R$ (l_V : 垂直走査サイズ) となること、その間の元のビームによる走査線跡の数は N_s であること、一方、戻りビームの走査時間は l_H あたり $t_H/3$ であることから、

$$f_R' = N_s / \left\{ \frac{t_H}{3} \cdot \frac{b}{a} \cdot \frac{1}{\cos \theta_R} \right\} \quad (4)$$

となり、現行テレビ方式では約 25 MHz となる。

f_R' は実用映像信号帯域外の高周波となるから、戻りビームによる雑音は前者の要因が主因をなす。

本雑音レベルは、以下の理由により実測が不可能に近いので、それを定量的に把握するのは困難である。

(i) 戻りビームを元のビームと弁別することが困難。

(ii) 本雑音は真の信号に寄生してしか存在し得ないために、信号との分離実測ができない。

しかし、前述した縮小像の存在から、少なくともその存在は否定できないものと考えられる。

MM 形の場合は偏向方向が原理的にビームの進行方向に依存して反対となること、したがって、弾性散乱、および以下の条件を仮定すると、戻りビームは元のビームの入射点に再入射し、ビーム電流の増分として作用するだけなので、上述の雑音は生じない。

(i) 軸対称な集束用電磁場による電子銃物点（クロスオーバーなど）とターゲット間の完全な集束。

(ii) 戻りビームの反射点が電子銃物点もしくはそのま近に存在すること。

実用 MM 形映像管は、ほぼこの条件を満たしている場合が多い。以上の検討から、戻りビームによる雑音は以下の性質をもつことが結論される。

(i) MM 形では発生しにくい。

(ii) 周波数スペクトラムは数 MHz 付近に偏在する。

(iii) 信号電流が大きいほどターゲット表面電位が高くなり、ビームアクセプタンス*が良い条件が生じるので、大きくなる。

実際、これらの特徴は 2 章に述べた実測現象と一致する。

3.2 偏向パルス中の雑音

図 5 水平偏向のゆれによる固有雑音の発生
Generation of the characteristic noises by beam wobbling in the horizontal direction.

一様な電位空間で、一様な集束境界、一様な偏向電界によって得られる偏向距離 D は偏向電極間電圧 e_d に比例する。

$$D \propto \beta e_d$$

β は偏向定数(図 1 の実験管の β は $138 \mu\text{m}/\text{V}$)
(5)

e_d が雑音 e_n を含むと偏向 D は、 $\Delta D = \beta e_n$ の変動を受ける。この場合、走査電子ビームは図 5 に示すように微小な前進と後退を繰り返す。

ビームが後退すると、そこはすでに表面電位 V_T がより平衡値に近づいているので信号電流は減る。反対に、前進すると増える。したがって、偏向のゆれに伴い信号電流に変動が生じて、雑音が発生する。

このような現象は、水平・垂直いずれの走査方向でも生じる。しかし、垂直走査方向では一般に偏向の周期が水平走査に比べて数桁小さいので、偏向パルス中の雑音を小さくすることが容易なため、偏向のゆれは実用的には問題とならない。したがって、以下、水平走査方向の偏向のゆれのみを取り扱う。

ターゲットの中心を原点とする直交座標 x, y を定め、画素の位置を (x, y) 、その大きさを $\Delta x, \Delta y$ 、ビームの中心位置を (ξ, η) とすると (x, y) の画素から得られる信号電流 ΔI_{sig} は次式で求められる⁹⁾。

$$\Delta I_{sig} = I_p(x - \xi, y - \eta) \cdot f(V_T(x, y, \xi, \eta)) \Delta x \Delta y \quad (6)$$

ここに、 I_p : ビームの電流密度分布、 $f(V_T)$: ターゲット電流のピーク値で正規化したビームアクセプタンス。

したがって、ビームが (ξ, η) に位置するとき、全画素から取り出される全信号電流 I_{sig} は、

* ターゲットの表面電位 V_T とそこに流入する電流 i_T との関係はビームアクセプタンス特性という。一般に、 $i_T = \exp(eV_T/kT_b)$ ($V_T \leq 0$, e : 単位電荷, k : ボルツマン定数, T_b : ビームの等価温度) で近似され、 V_T が正に近づくほど i_T が大となる。

$$I_{sig} = \iint_{\text{ターゲット}} \Delta I_{sig} \\ = \iint_{\text{ターゲット}} I_p(x-\xi, y-\eta) f(V_T(x, y, \xi, \eta)) dx dy \quad (7)$$

積分記号下の“ターゲット”はターゲット全体の積分を表す。

一方、1つの画素の信号電荷読出しによる面電位変化 $\Delta V_T(x, y, \xi, \eta)$ は次式により決まる。

$$\Delta V_T(x, y, \xi, \eta) C_{Tp} \Delta x \Delta y = \Delta I_{sig} \Delta t \quad (8)$$

ここに、 C_{Tp} ：ターゲットの単位面積当りの蓄積容量、 Δt ：ビームの1画素当りの滞留時間。

前述の偏向のゆれ ΔD は ξ の変動 $\Delta \xi$ と同義である。 $\Delta \xi$ による信号電流の変化を ΔI_{sig}^n と書くと、

$$\Delta I_{sig}^n = \Delta \xi \iint_{\text{ターゲット}} \frac{\partial}{\partial \xi} \{ I_p(x, y, \xi, \eta) \cdot f(V_T(x, y, \xi, \eta)) \} dx dy \quad (9)$$

e_n を鋸歯状波電圧に付加された偏向電極間の雑音電圧とすると、 e_n による ξ の変動 $\Delta \xi$ は(5)式により、

$$\Delta \xi = \beta \frac{de_n(t)}{dt} \Delta t \quad (10)$$

$e_n(t)$ として、 $V_n e^{j\omega_n t}$ なる正弦波を仮定すると、

$$\Delta \xi = \beta j \omega_n V_n e^{j\omega_n t} \Delta t \quad (11)$$

となり、 $\Delta \xi$ は雑音電圧 V_n とその角周波数 ω_n に比例する。 $\Delta \xi$ は(9)式に示したように ΔI_{sig}^n の比例係数として作用する。

これらの解析を実用管に適用するには I_p 、 $f(V_T)$ 、 C_{Tp} 、 $e_n(t)$ を与えて数値解析を行う必要がある。

本稿は、固有雑音の原因と原理的な解消策を見い出すことを主眼としているので、ここではその検討に必要な定性的な結論を示すにとどめる。定量的な検討は次節のシミュレーション実験で述べる。

(1) 周波数スペクトラム

ΔI_{sig}^n は(9)、(11)式により、 $\partial I_p f(V_T) / \partial \xi$ が一定の条件*では ω_n に比例する。しかし、 ω_n が大きくなり、その周期 $T_n(2\pi/\omega_n)$ が Δt に比べて充分小さくなると、 ω_n に比例して $\Delta \xi$ が大きくなる一方で、 ξ がたとえ ω_n が小さい場合と同じ量の $\Delta \xi$ だけ変動し

* 水平走査速度 $d\xi/dt$ が変化すると、走査ビームによってターゲットから読出される全信号電流〔(7)式〕は図5に示したように、ビームが前進すれば増え、後退すれば減ることから、 ξ の変化に対して単調増加となる。その変化は、ビームのゆれがビームの太さに比べて小さい場合は直接的と考えられるから、 $\partial I_p f(V_T) / \partial \xi$ はほぼ一定と見なせる。

(a) $f_n = 1/Dt$

(b) $f_n = 1/(2Dt)$

(c) $f_n = 1/(8Dt)$

図6 偏向パルスに付加された擬雑音(周波数 f_n の正弦波)による偏向のゆれ

Beam wobbling due to superimposed dummy noise (sinusoidal wave with frequency f_n) to deflection pulse.

たととしても、 V_T は(8)式により短い期間 T_n ではほとんど変化しなくなるので、 $\iint_{\text{ターゲット}} I_p f(V_T) dx dy$ の ξ

に対する変化が小さくなり、 $\partial I_p f(V_T) / \partial \xi$ がゼロに近づく。したがって、 ΔI_{sig}^n はゼロに近づく。

以上の考察を模式的に説明したものを図6に示す。同図は付加雑音電圧 e_n として $V_n e^{j\omega_n t}$ なる正弦波をとり、その振幅 V_n を、(5)式によって定まる偏向距離 D が1画素の長さ l_{He} となる条件で、偏向電極に加わる電圧 $E(t)$ と(偏向電圧 e_d と e_n の和)、それによって決まる水平走査方向のビームの中心位置 $\xi(t)$ の変化とを e_n の周波数 $f_n(\omega_n/2\pi)$ を変えて求めたものである。

同図には半値幅 HW で表したビームの太さを $HW = l_{He}$ の条件で図示した。

f_n の値は $1/\Delta t$, $1/2\Delta t$, $1/8\Delta t$, すなわち現行テレビ方式換算で約 13.1, 6.6, 1.6 MHz に選び、以下に示す f_n の影響を調べた。

$f_n = 1/\Delta t$ では [図 6 (a) 参照] ビームが 1 画素走行する間に e_n が 1 Hz 分変化するので、ビームの減速と加速とが等しく生じる。したがって、走査速度の変動は 1 画素ごとに実効的に相殺される。このため、ビームは実効的に楕円と見なし得る。

反対に、 f_n が小さく、その周期 T_n が Δt に比べて充分大きくなると [図 6 (c) 参照], 単位時間に e_n によって受ける $E(t)$ の変動が小さくなり、走査は一定速度の滑らかなものに近づく。

f_n がこれらの中間値、例えば $1/2\Delta t$ では [図 6 (b) 参照] e_n による減速と加速とが交互に生じて走査は段階的な跳躍を示し、その動きに応じた信号の読出しが行われる。

以上の検討から、 f_n には映像信号に雑音を生じさせやすい値が存在することが結論できる。

V_n を大きくした場合は上述の傾向が強調される。したがって、均一な周波数スペクトラムをもつ e_n (白色雑音) に対し、固有雑音は図 7 の曲線 B に示すように、ある周波数 $f_{max'}$ (数 MHz) で最大となる。実用偏向回路の雑音は同図曲線 C に示すように帯域制限されているから、固有雑音は同図曲線 A に示すように $f_{max'}$ より低い周波数 f_{max} で最大となる。 f_{max} , $f_{max'}$ は図 6 より数 MHz と推定される。

(2) I_{sig} , I_b への依存性

(9) 式により、 ΔI_{sig}^n は $f(V_T)$ に比例する。一方、 $f(V_T)$ は、一般に I_{sig} , I_b が大きいほど大きくなる。したがって、 ΔI_{sig}^n は I_{sig} , I_b にほぼ比例して増える。

以上の議論は偏向のゆれに起因する現象を扱ったも

図 7 偏向パルスの雑音に起因する固有雑音の周波数スペクトラム

The frequency spectrum of the characteristic noises due to noises in deflection pulse.

図 8 偏向パルスの雑音による固有雑音発生シミュレーション実験

Simulation of the characteristic noises by applying dummy noise signal across deflectors.

のであるから、MM 形や SM 形にも適用できる。しかし、本原因による固有雑音は 4.2 節で後述するように、実用上、磁界偏向では現れにくい。したがって、本原因による固有雑音を文字通り MS 形 (広義な解釈では電界偏向) に固有なものと考えても良い。

3.3 偏向パルス中の雑音による固有雑音のシミュレーション実験

3.2 節に対する実験的な裏付けを目的として、図 1 に示した実験管の偏向電極のひとつに擬似雑音としての正弦波を加えて、図 8 に示すシステムのシミュレーション実験を行った。

実験に用いた偏向回路は、小振幅の鋸歯状波電圧発

図 9 擬似雑音に対する固有雑音レベルの変化
Output noise signal level vs injected dummy noise signal level.

生部と高出力の線形増幅部とからなり、出力偏向パルス中には線形増幅部から生じる 50 mVpp 前後の雑音が存在した。

このため、偏向回路自身の雑音に起因する固有雑音が増加結果に混入するのを避けるため、擬似雑音による固有雑音を帯域制限フィルターを介して取り出し、かつ、擬似雑音の電圧を偏向パルス中の雑音より充分大きく選ぶようにした。

さらに、擬似雑音が走査電子ビームを介さないで直接、映像出力信号へリークするのを極力減らすよう配慮したが、若干のリークは避けられなかった。以下、実験結果を示す。

(1) 擬似雑音電圧 V_n と固有雑音 ΔI_{sig}^n との関係
 I_{sig} が $0.2 \mu\text{App}$ の条件で擬似雑音の周波数 f_n を 5 MHz 一定とし、振幅 V_n を変えて ΔI_{sig}^n を求めた結果を図 9 に示す。 ΔI_{sig}^n は V_n にほぼ比例する。

(2) 擬似雑音の周波数 f_n と ΔI_{sig}^n との関係
 I_{sig} を $0.2 \mu\text{App}$, V_n を 0.2 Vpp 一定とし、 f_n を変えて ΔI_{sig}^n を求めた結果を図 10 に示す。 ΔI_{sig}^n は 5 MHz 付近で最大となった。

(3) 信号電流 I_{sig} と ΔI_{sig}^n との関係

図 10 擬似雑音の周波数に対する固有雑音レベルの変化

Frequency characteristics of the output noise signal level.

図 11 信号電流 I_{sig} に対する固有雑音出力レベルの変化

Dependence of the output noise signal level on video signal current level.

(a) ビームをフォーカスさせた場合

(b) ビームオフ(回路系のリーク)

(c) ビームをデフォーカスした場合

写真 3 走査電子ビームのフォーカス、デフォーカスによる固有雑音の変化(動作条件: $I_{sig}=0.2 \mu\text{A}$, $V_n=0.2 \text{ Vpp}$, $V_{G1}=0 \text{ V}$, $f_n=5 \text{ MHz}$)

Dependence of the output signal frequency spectrum on scanning electron beam focusing. Operational condition: $I_{sig}=0.2 \mu\text{A}$, $V_n=0.2 \text{ Vpp}$, $V_{G1}=0 \text{ V}$, $f_n=5 \text{ MHz}$.

供試管の入射光量を変え、 V_n , f_n をそれぞれ 0.2 Vpp , 5 MHz 一定として、 ΔI_{sig}^n を求めた結果を図 11 に示す。 ΔI_{sig}^n は I_{sig} にほぼ比例する。

(4) 走査電子ビームのフォーカス

走査電子ビームをデフォーカスすると写真 3 に示すように固有雑音は生じない。

(5) ビーム量依存性

ビーム電流 I_b への依存性はわずかで小さかった。

以上のシミュレーション実験結果は、2 章で述べた実測や 3.2 節で述べた理論ともよく一致するが、固有雑音のスペクトルに関しては図 2 に示した実測との間に差が見られた。これは、図 7 に示したように、実験管の駆動に用いた偏向パルスの雑音スペクトルが高域で低下していたためと考えられる。

4. 固有雑音の防止対策

前章までに示した 2 つの原因と固有雑音との因果関

図 12 戻りビームに対する対策
Elimination of the characteristic noises by defocusing return beam.

係のさらなる実験的な裏付け、および、両者の相対的な影響の大小を明確にするために、2つの原因それぞれに対する対策を案出し、図1に示した実験管を用いて固有雑音を除去することを試みた。

以下、実験管に講じた対策とその効果について述べる。

4.1 戻りビームに対する対策

2章および3.1節で述べた理由から、戻りビームだけをうまくデフォーカスすれば固有雑音を除去できることが期待される。

戻りビームだけをデフォーカスするには、戻りビームの反射点を電子銃物点（ビーム制限孔近傍）とできるだけずらせる方が考えられる。このため、筆者は図12に示すように、ビーム制限孔からターゲット側へ適度に（数十mm）離れたところに、元のビームを通過させるための必要最小限の孔を開けた円板電極をビーム制限孔に付加して、戻りビームの大半をデフォーカスすることを試みた。しかし、本対策では、固有雑音はわずかしこ減らなかった。

同種の発想に基づく対策として、戻りビームが射突する電極表面に、金、白金などの薄膜を被覆し、そこで射突電子をできるだけ吸収させることも試みた。そ

図 13 積分法により発生させた偏向パルスの効果
Effect of the integrating deflection circuitry on the video signal waveform.

の結果、前者と同様の傾向が見られた。

戻りビームに対する対策は必ずしも明確な効果を示さなかったが、3.1節で述べたラスタ焼けなどの縮小像の解消にはかなりの効果を示した。

これは、戻りビームがターゲットには必ずしも鮮鋭には再結像されないこと、戻りビームの軌道や量が電極設計やその表面処理に微妙に依存することなどによるものと考えられる。

4.2 偏向パルス中の雑音に対する対策

筆者は、積分回路によって雑音をほとんど含まない大振幅の偏向パルスをつくり、それによって直接実験管のデフレクトロンを駆動することを試みた。その結果、図13に示すように固有雑音をほぼ完全に消去することができた。したがって、固有雑音発生の主原因は偏向回路の雑音と結論される。

偏向パルス中の雑音の影響はMS形に限定されず、磁界偏向にも存在するが、MS形の実験管で顕著に見られたのは、偏向電極が電磁コイルに比べて回路的な帯域制限効果をわずかしこもたないために、回路の雑音がそのまま偏向電極に現れやすいことが主因と考えられる。

4.3 偏向回路の雑音に対する対策目標

測定実験における偏向パルスのSN比はpp値の比で65dB前後であった。本偏向パルスによる実験管の駆動では、写真2に示したように、 I_{sig} が $0.2\mu A_{pp}$ の条件で、36dBの映像信号のSN比(pp/rms, e_n に対するpp値からrms値への換算は-16dBとした場合)が得られた。

ΔI_{sig}^n は図9に示したように e_n に比例するから、出力信号のSN比を放送用として標準的なレベル、たとえば56dB前後を確保するには偏向パルスのSN比として85dB前後(pp値の比)が必要となる。

しかし、 V_n の ΔI_{sig}^n への影響は、撮像管の電極設計や動作条件、および f_n に依存するから、詳細な対策目標は個々に検討する必要がある。

5. む す び

我々の試作したMS形撮像管では自己相関性の強い特徴的な雑音が存在するのを見出した。

まず測定実験によって、その性質と動作条件への依存性を明らかにし、発生源として管球内部の戻りビームと偏向パルスに含まれる雑音が考えられることを指摘した。

次に、上記2点の原因による雑音の発生機構およびそれによって生じる雑音の特徴や動作条件への依存性を理論考察およびシミュレーション実験によって明ら

かにし、指摘した原因によって実測現象がうまく説明できることを示した。

さらに、上記の2つの原因それぞれに対する固有雑音の防止対策を試みた結果、偏向パルスの雑音を除去すれば固有雑音はほぼ消滅することを確認した。その結果、固有雑音の主原因は偏向パルス中の雑音であることがわかった。

偏向パルスの雑音の影響は原理的には磁界偏向でも存在するが、電界偏向では偏向電極が電磁コイルと違って回路的な帯域制限効果をほとんどもたないために目立ちやすいこと、また実用上、十分なSN比の映像信号を得るには偏向パルスのSN比を85dB(pp値の比)前後確保することが不可欠であることがわかった。

最後に、本研究の機会を与えていただいた当所 大石次長、後藤主任研究員、平島部長、河村部次長、また助言助力を賜った小楠主任研究員、熊田研究員をはじめとする皆様に謝意を表する。

(昭和58年2月7日受付、昭和58年8月22日最終受付)

[参 考 文 献]

- 1) K. Schlesinger: "A mixed-field type of vidicon", IEEE Trans., **ED-14**, 3, pp. 163-170 (Mar., 1967)
- 2) 蛸崎, 窪田: "電磁集束・静電偏向型撮像管", テレビ学会電子装置研資, **ED 587** (July, 1981)
- 3) 倉重, 磯崎, 小楠, 朝比奈: "ダイオードガン付MS型撮像管の試作実験", テレビ大全, 3-9 (1980)
- 4) 蛸崎, 花房, 荒木, 岩崎: "ハイバンドSMFトリニコン", テレビ学会電子装置研資, **ED 657** (Sep., 1982)
- 5) 志野, 門田, 塚田, 片山, 堀井: "1/2吋MS方式単管カラー撮像管の開発", テレビ学会電子装置研資, **ED 588** (July, 1981)
- 6) 倉重, 岡崎, 長島, 池田, 奥出: "2/3インチ短縮型高性能MS型撮像管", テレビ大全, 3-16 (1982)
- 7) 倉重: "MS型撮像管の固有雑音とその対策", テレビ学会電子装置研資, **ED-586** (July, 1981)
- 8) 倉重, 安藤: "撮像管走査電子ビームの楕円化とその効用", テレビ学会電子装置研資, **ED-602** (Nov., 1981)
- 9) M. Kurashige: "Effect of self-sharpening in low-velocity electron-beam scanning", IEEE Trans., **ED-29**, 10, pp. 1570-1579 (Oct., 1982)

Characteristic Video Noise in MS (Magnetic-Focus Electrostatic-Deflection) Type Camera Tubes

by Mitsuhiro Kurashige

MS (magnetic-focus electrostatic-deflection) type camera tubes are susceptible to video noise with a specific frequency spectrum concentrated around several MHz. The multi-reflection of the return beam and the noise in the deflection pulse are found to generate the video noise. The generation mechanism and the properties of the video noise are investigated through theoretical analysis and experimental simulation. The noise is reduced only to a small extent by defocusing or absorbing return beams, whereas the application of a noise-free deflection pulse generated on an integration principle almost completely reduces the video noise. The major factor the SN ratio of the deflection pulse, is required to maintain a greater than 85 dB (peak to peak) range for suppressing the video noise to an acceptable practical level.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 37, No. 12 (1983) 1021~1029

Noise Reducer for Television Signals Using Hadamard Transform

by Norio Ebihara, Kaichi Tatsuzawa, Tadao Fujita, Tsutomu Takamori

In noise reduction systems utilizing only the interframe correlation of video signals, it is well known that a form of time lag phenomena is often seen on the trace of the moving portion in the picture.

The described method in this paper utilizes a two-dimensional correlation and the interframe correlation of the video signal simultaneously. In the realized system, the 8th order Hadamard transform is applied to the frame difference signal, obtaining a high-performance noise extraction circuit.

The noise reduction system employing this method proves itself to be an efficient system causing much smaller image degradations including the time lag phenomena. It additionally selectively extracts and reduces rather distinctive noises generated in video equipment.

Results of the computer simulation prove the 8th order Hadamard transform usage to be sufficient for practical applications. Additionally, this idea is realized with a moderate amount of hardware.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 37, No. 12 (1983) 1030~1036