イメージオルシコン排気工程での マルチプライヤー利得測定法

NHK 総合技術研究所 河 村 達 郎

分割形アセンブリーの考案と直流偏向測定法の採用によって、排気工程中の利得測定が可能となり、マルチプライヤー利得に、活性化処理、再活性化処理、セシウム蒸着の各工程の影響が大きいことか確かめられた。また、測定によって、これらの工程についての定量的な検討が容易となり、処理方法の改良など、利得向上をはかる大きな手段となった。

1. ま え が き

イメージオルシコンは、テレビジョン放送用の撮像管として最も多く使用されているが、放送技術の進展とともに、その撮像管に対する要求もきわめて強いものがあり、画質の向上、高感度化等の諸特性改善についての研究が進められてきている。これらの研究成果とあいまって、イメージオルシコンの製作技術も次第に進歩確立されてきた。

実際の製作過程では、100種類にもおよぶ部品材料と細心の注意を要する数多くの工程があるが、特に排気工程は、その工程中に陰極と2次電子面の活性化や光電面製作などの一連の作業がふくまれ、イメージオルシコンの画質、特性を大きく左右する工程として、きわめて重要視される。一方、この工程中の作業については、製作者の長年の経験に基づくところが多く、定量的に明らかにされていない部分が少なくない。

イメージオルシコンの信号出力電流に関係するマルチプライヤー利得についても、従来は、その素材であるAg-Mg合金の活性化法に関する研究が多く行われてきたが、その研究結果とマルチプライヤー利得との対応が困難であった。これは、実際のイメージオルシコンでは、構造上の問題に加えて、周囲の影響を受けやすい2

筆者紹介

かわむらたつろ

河村達郎

昭和35年、電気通信大学電波通信学科卒業。同年NHKに入り、技術現業局テレビ調整部を経て36年技術研究所電子管研究部に勤務。受像管、撮像管関係の研究に従事して現在に至る。正会員。

次電子面が数多くの工程を経るためであり、途中の工程でのマルチプライヤーの状態を、何らかの方法で定量的につかむことが必要であった。

筆者は、一つの手段として、困難とされていた測定方法に検討を加え、測定装置の試作により、排気工程中でのマルチプライヤー利得の測定を試みた。以下、排気工程について概説を行ない、測定装置の概要と測定方法、得られた測定結果について報告する。

2. 排 気 工 程

イメージオルシコンの全製作工程については、渡辺の資料¹⁾に詳しいが、図1は、このうち特にマルチプライヤーについて取り上げ、2次電子面材料からイメージオルシコンとして製作されるまでの工程を表わしたものである。測定対象としている排気工程は、イメージ部をすてに取り付けすみのガラス外管にマルチプライヤーを封し込み、排気台に取り付けてから、イメージオルシコンとして封止されるまでの工程全体を指し、その中には幾つかの工程がふくまれる。

図1 マルチプライヤーについてのイメージ
オルシコン製作工程

"Multiplier Gain Measurements of Image Orthicon during Evacuation Process" by Tatsuro Kawamura (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo), テレビ用電子管研究委員会発表 (昭39 11)

排気工程中での処理方法いかんによって、管の性能、特性は大きく左右されるが、マルチプライヤー利得について見れば、管に封じ込む前に行なわれる活性化処理と、排気工程中の再活性化処理およびセシウム蒸着の各工程の影響が大きいと考えられてきた。

2.1 活性化処理

イメージオルシコンのマルチプライヤーは、5段の2次電子面から成り、各段の2次電子放出比 δ が1より大きいものを利用して、高い総合倍率により微小信号電流の増倍を行なうものである。

周期律表第2属のBe, Mg, Ca, Ba等を数%ふくむ合金を、適当な酸化雰囲気中で熱処理すると（これを活性化処理と呼ぶ）、 δ の高い2次電子面が得られることはよく知られている。イメージオルシコンのマルチプライヤーの場合には、その2次電子面として、面の均一性を厳しく要求される第1ダイノードを別として、2段から5段まではAg-Mg合金を使用し、その選択酸化によって形成されるMgOの面の δ を利用している。

実際にイメージオルシコンを製作する場合、マルチプライヤーを管に封じ込み後に活性化処理を行なうには、光電面製作への影響から排気工程の最初に行なわなければならない。高周波加熱による場合は、マルチプライヤーの構造上、2次電子面の一様性が望めないこと、炉加熱による場合は、温度に制約を受けること。また、他の電極への影響もあって、選択酸化の条件を自由に選べないなどの理由から、実用上、ピンウィルの形であらかじめ充分な処理を行なっておき、マルチプライヤーに組み立て、管に封じ込み後では、簡単な方法で再活性化するという方法を採用している。

ここで、封じ込み前の処理を活性化処理（Pre-Activation）と呼び、後の処理を再活性化処理（Re-Activation）と呼ぶ。活性化処理の方法をどのようにするかは、マルチプライヤー利得に大きな関係があり、選択酸化の条件については幾つかの研究発表があるが²⁾³⁾、常に安定した状態で活性化できること、そのコントロールが容易であること、活性面の δ の値が大きいことが必要である。

図2は筆者が採用している活性化処理の一方を示す。

2.2 再活性化処理

活性化処理後、ピンウィルはマルチプライヤー組み立てのため大気中にさらされるが、主として各種のガスなどの物理的吸着、および水分との反応によるMgOからMg(OH)₂への変質などがあって、 δ の値は減衰する。このため、組み立て時の周

図2 活性化処理

囲の状態、組み立て後の保存法には充分な注意が必要であり、保存期間の短縮が望まれる。この減衰は、排気工程の最初に行なわれるガラスベキング（385°C、60分 1×10^{-5} Torr.程度）によって、ある程度まで回復するものとみられる。以下、ガラスベキング後のマルチプライヤー利得の値を初期値と呼ぶ。

初期値は、電子ビームに対するマルチプライヤーの構造上の効率や活性化処理の方法、あるいは保存法などに左右され、初期値の低いものでは最終的に高利得を望み得ない。マルチプライヤー利得についていえば、セシウム蒸着によって利得の著しい増加が見られるが、さらに利得の向上をはかる意味から、ガラスベキング直後に再活性化処理を行なう。

図3にガラスベキングと再活性化処理の過程を示す。再活性化処理については、まだ検討する余地があるが、現在はマルチプライヤー部分のみ加熱するような小さな炉をかけ（マルチ炉と呼ぶ）、過マンガン酸カリを熱して発生する酸素ガスを利用して処理する方法を取っている。

2.3 セシウム蒸着

マルチプライヤー利得は、セシウム蒸着によって急激に上昇する。この現象がどのような機構のもとで生ずる

図3 ガラスベキングと再活性化処理

のかはまだ明らかにされていない。また、利得が向上するという定性的な考え方はあったが、定量的な面は明らかでなかった。実際のセシウム蒸着の工程では、光電面製作やターゲットへの効果を主体として行なわれるので、マルチプ라이어としては、光電面やターゲットへのセシウム量のコントロールに対応して、セシウム蒸着中にはマルチ炉をかけ、炉の温度(200~250°C)によって、付着するセシウム量をコントロールする方法をとっている。

一般に、マルチ炉の温度を下げることで、マルチプ라이어へのセシウム蒸着量は増加する傾向にあり、その温度は、SN 比およびマルチプ라이어利得の向上、リーク電流の軽減などを考慮して決定される。

3. 利得測定装置の試作

3.1 測定上の問題点

マルチプ라이어利得の測定には、幾つかの問題点があり、測定値の再現性と信頼度の高いものが得られがたい。また、測定法としては、画像を最良に調整した状態で、動的に測定することが望ましいが、ここでは排気工程中に測定するという特殊な場合であること、また、工程中の状態をできるだけ明らかにするために、総合利得だけでなく、各段の δ の測定も必要であることなどを考慮しなければならない。まず、測定対象であるイメージオルシコンが排気台に取り付けられている関係から、

- (1) 排気中の管は、直径 12mm 程度のガラス管(チップ管)によって排気系に接続、支持されており、この状態でアセンブリーを装着しなければならないこと。
 - (2) 工程中に数回測定を行なうため、アセンブリーの着脱が容易であること。
- などの制約に加えて、一般的には、
- (3) 取り扱うビーム電流が 10^{-8} A 程度の微小電流であり、回路の誘導やリークが測定値に影響を与えやすい。
 - (4) マルチプ라이어入力としての1次ビームの直接測定が困難であり、その値の精度によって利得の算出値が大きく左右される。

などの問題がある。

3.2 試作測定装置

測定に際しての幾つかの問題点と制約を考慮し、装置として、やや簡単な構成にできる静的な測定法⁴⁾を採用した。この測定法は、ターゲットに向かう電子ビームに対して直流偏向をかけ、 G_4 電極に流れ込む電流値をもつ

排気工程には幾つかの工程がふくまれ、それらの処理によって陰極面が汚染されるので測定に先立って、必ず陰極活性の処理を行わねばならない。実際の測定は以下のように行なう。

(1) 排気中のイメージオルシコンに分割形アセンブリを装着し、測定装置からの配線によって規定の各電圧を与え、次にビームを流す。なお、イメージ部には図4に示すように、電池によりカソードに対して負電圧をかけ、ビームを強制的にマルチプライヤー側に追い返すようにしてある。

(2) 直流偏向により、ビームを G_4 電極側に偏向させ流れ込む電流をもって、マルチプライヤーへの入力ビーム電流値とする。この値は、実際に撮像管として動作させる状態に近づけるため $0.05 \mu A$ 程度に調整する。

(3) 偏向を止め、ビームをターゲットから追い返し増倍させて出力電流を読み取る。このとき、出力電流が最大となるよう G_3 電圧を調整する。この電流値を先に求めた1次ビーム電流値で除すると、マルチプライヤーの総合利得 Δ_5 が得られる。すなわち、直流偏向時の G_4 電流を I_4' 、出力電流を I_0' とし、無偏向時の値をそれぞれ I_4 、 I_0 とすると、

$$\Delta_5 = \frac{I_0 - I_0'}{I_4' - I_4}$$

である。

ここで I_0' と I_4 は、リーク電流の補正の意味もつが、フィールドメッシュ入りの管の場合には、メッシュの透過率とサプレッサーグリッドの影響があって、 I_0 、 I_4' にそれぞれ近い値にまで大きくなり、無視できない。 Δ_5 は、5段までの総合利得を示すが、4段までの利得 Δ_4 が求めたいときは、ロータリースイッチの切り換えにより、アノード電圧も第5ダイノード電圧と同じ1200Vとし、流れる電流を出力電流とすれば、上式を利用して Δ_4 が得られる。同様に、各段までの利得がそれぞれ求められ、 Δ_5/Δ_4 によって第5ダイノードの δ が (δ_5 とする)、

表 1 測 定 結 果 (1)

管番号		排 気 工 程					備 考
		初 期 値	再活性化 処 理	光 電 面 製 作 (1) (Ag-Bi蒸 着・酸化)	電 子 銃 ガ ス 挟 き	光 電 面 製 作 (2) (セシウム 蒸 着)	
No.1	δ_1	1.00	—	1.05	0.66	1.90	1) 5820形実験管 (ガラスターゲット) 2) 活性化処理 O_2 1×10^{-3} Torr. 550°C 10分 700°C 3分
	δ_2	3.64	—	3.45	4.34	4.11	
	δ_3	2.44	—	2.37	1.81	3.43	
	δ_4	2.36	—	2.42	2.22	3.08	
	δ_5	2.96	—	3.45	4.32	4.47	
	Δ_5 信号電流 (μA)	70	—	72	75	379	
No.2	δ_1	0.73	1.14	—	0.91	2.54	1) 5820形実験管 (ガラスターゲット) 2) 活性化処理 O_2 2.5×10^{-1} Torr. 600°C 10分 3) 再活性化処理 O_2 1×10^{-3} Torr. 550°C 5分 (高周波加熱による)
	δ_2	2.93	3.38	—	4.66	4.56	
	δ_3	1.87	2.36	—	2.36	2.76	
	δ_4	1.84	1.76	—	2.39	2.92	
	δ_5	3.25	3.80	—	3.47	4.40	
	Δ_5 信号電流 (μA)	24	61	—	83	411	
No.3	δ_1	1.01	—	1.03	1.09	1.50	1) 5820形実験管 (ガラスターゲット) 2) 活性化処理 O_2 2.5×10^{-1} Torr. 550°C 10分
	δ_2	4.00	—	3.50	3.81	5.00	
	δ_3	2.25	—	2.65	2.84	3.58	
	δ_4	3.55	—	2.76	2.82	3.91	
	δ_5	3.28	—	3.31	3.41	4.81	
	Δ_5 信号電流 (μA)	106	—	87	114	505	
No.4	δ_1	1.11	—	—	1.43	2.12	1) フィールドメッシュ入り (MgO ターゲット) 2) 活性化処理 O_2 2.5×10^{-1} Torr. 550°C 10分 3) セシウム蒸着時マルチが使用 4) ターゲット破損のため信号電流測定不能
	δ_2	3.46	—	—	2.50	3.77	
	δ_3	2.12	—	—	2.30	3.89	
	δ_4	2.33	—	—	2.74	2.57	
	δ_5	3.93	—	—	3.81	7.30	
	Δ_5 信号電流 (μA)	75	—	—	86	583	

以下、 $\delta_4 \sim \delta_1$ が算出される。

一般に、マルチプライヤー利得を測定すると、その値にはかなり広いばらつきが見られる。これはもちろん、測定装置の安定度にもよるが、

(1) 2次電子面の処理条件を、全工程を通じて常に一定に保つことが非常にむずかしいこと。

(2) 総合利得が各段の δ の相乗積としてきいてくるところから、わずかな処理条件の違いによって生ずる各段 δ の小さな差が大きく影響すること。

などからくる。

4. 測 定 結 果

表1、表2に測定結果を示す。備考欄に活性化処理、再活性化処理について特に記していないものは、それぞれ図2、図3の方法によっている。表中には、各段の δ と総合利得 Δ_5 について、初期値および各工程での値が示されている。また図5に工程中の利得推移を示した。ここで、信号出力電流は、管封止後の試験測定により測定されるが、マルチプライヤー利得の値によってのみきまるものではなく、ターゲットとターゲットメッシュのスペース間隔による蓄積容量、あるいは、フィールドメッ

表 2 測定結果(2)

管番号		排 気 工 程			備 考
		初 期 値	再活性化処理	光電面製作(2) (セシウム蒸着)	
No.5	δ_1	1.08	1.28	2.08	1) フィールドメッシュ入り (MgO ターゲット) 2) セシウム蒸着時マルチ炉使用
	δ_2	4.75	5.54	7.81	
	δ_3	3.33	3.31	5.42	
	δ_4	2.84	3.24	5.01	
	δ_5	4.82	4.64	5.63	
	Δ_s 信号電流 (μA)	232	352	2480	
No.6	δ_1	1.14	1.43	2.05	1) フィールドメッシュ入り (MgO ターゲット) 2) セシウム蒸着時マルチ炉使用
	δ_2	5.67	4.66	8.98	
	δ_3	3.00	3.74	4.82	
	δ_4	3.04	2.89	4.81	
	δ_5	4.01	4.01	4.52	
	Δ_s 信号電流 (μA)	236	288	1925	
No.7	δ_1	1.17		1.95	1) フィールドメッシュ入り (MgO ターゲット) 2) セシウム蒸着時マルチ炉使用 3) ガラスベークング、 再活性化処理を続けて行う。
	δ_2	5.39		8.00	
	δ_3	3.25		4.79	
	δ_4	3.72		4.99	
	δ_5	4.82		5.58	
	Δ_s 信号電流 (μA)	369		2060

図 5 排気工程中のマルチプライヤー利得推移

シュの使用いかんによって、その透過率にも関係してくるものである。

一般に、スペース間隔が狭ければ、蓄積容量の増加によって、信号出力電流が増し、同時に SN 比も向上するが、製作技術上の問題から制約されている。また、フィールドメッシュは、出力電流から考えれば、目の粗く、透過率の大きいものが望まれるが、ターゲットメッシュ

間とのビートパターン発生の問題もあり、それらを考慮して決定される。

たとえば、5820形のイメージオルシコンでは、ターゲットスペースは普通 50μ 、蓄積容量は約 $100pF$ である。使用した実験管では、No.1~3は5820形で 50μ であり、No.4~6は 70μ 、No.8は 80μ となっており、No.4~7はいずれもフィールドメッシュとして $750本/in$ のメッシュを使用し、その透過率は約 56% である。

一般に、マルチプライヤー利得としては、以上述べたスペース間隔や、フィールドメッシュの有無などを考慮しなければならないが、充分な出力電流を得るためには、5820形の管で $1000\sim 1500$ 倍、フィールドメッシュ入りの管では $1500\sim 2000$ 倍が要求される。

5. 検 討

管の製作において工程中の状態を把握することは、工程管理の上からいっても、また特性の改善をはかる資料を得るためにも非常に重要である。ここで取り上げた排気工程中の利得測定も、その必要性にかかわらず、測定の困難さのゆえに試みられたことがなかったが、測定装置の試作により、工程中の利得推移を定量的につかむとともに、測定値の検討によって、幾つかの事象を見出すことができた。

(1) 排気工程中において、マルチプライヤー利得に大きな関係をもつものは、

- (a) ガラスベークング後の初期値
- (b) 再活性化処理
- (c) セシウム蒸着

であることが確認されたが、これは従来の経験を裏づけている。一方、銀-ビスマス蒸着・酸化、電子銃ガス抜き、銀蒸着等の工程では、あまり影響がないものと見てよい。特に、電子銃ガス抜きの工程は、高周波加熱によるその高温によって、マルチプライヤーの再活性化作用が行なわれるという考え方があったが、測定によれば、多少の増加があるときも見られるが、逆に減少する場合もあり、平均して見ると、その再活性化作用を認めがたい。

(2) マルチプライヤーの各ダイノードの δ の値を見ると δ_1 が最も低く、 δ_3, δ_4 が δ_2, δ_5 に対してやや低い。ここで、第1ダイノードは、 δ の減衰が小さいことや、面の均一性が良いことが厳しく要求され、 δ の値をある程度犠牲にして、その材質をきめている。現在は Ag に Cr を蒸着したクロムダイノードが使用され、 δ_1 として $1.5\sim 2.5$ 程度しか得られないが、マルチプライヤー利得だけでなく SN 比向上のためにも、 δ の高い第1ダイノードについての検討が必要と思われる。

δ_3, δ_4 が δ_2, δ_5 にくらべて低いのは、マルチプライヤーの構造的な問題と考えられる。 δ_5 は最終段でピンウィル形状でないため効率的に有利であり、 δ_2 は他の段より電圧が高く、一般に最も高い δ 値を示す。

(3) 初期値向上のために種々の活性化処理を行なった結果、図2の方法を採用した。また、ピンウィルの角度の補正、有効面種の増加をはかって、ピンウィル打ち抜き加工用の新しい型を設計製作した。表1の実験管(No. 1~4)と表2の実験管(No. 5~6)で、初期値に大きな差が見られるのは、この打ち抜き用型の違いが現われたものであり、マルチプライヤーの構造上の影響が大きいことがわかる。

(4) 再活性化処理の一方法として、実験管 No. 2 に行なったように、高周波加熱によるものがある。短時間で行なえることや、利得のかなりの増加が望めるなどの利点があるが、他の電極も酸化して外観を損ね、カソードへの影響などを考慮すると好ましくない。一方、マルチ炉による再活性化処理は、やや時間が長く、初期値からの利得増加もそれほど大きくないが、セシウム蒸着前の利得を少しでも上げておくことは大きな意味があり、この工程を省略することはできない。

(5) セシウム蒸着時にマルチ炉を使用しない場合には、蒸着前にくらべて4.5~5倍の利得増加が見られる。マルチ炉の使用により、セシウム量のコントロールをはかると6~7倍となり、炉の効果が認められる。また、SN比も向上することが確かめられている。

(6) 工程中の利得推移からみて、初期値として200~250倍、再活性化処理後で300~400倍となれば、セシウム蒸着後の最終的な利得として2000倍前後が期待でき、フィールドメッシュ入りの管でも充分な信号電流を

得ることができる。

6. む す び

排気工程中の各段階での利得変化を、種々の条件のもとで測定してきたが、利得の向上のためには、まず、初期値を上げておくこと、次に、セシウム蒸着前の利得をできるだけ高めておくことが必要ことが明らかにされた。これとともに、活性化処理、再活性化処理、セシウム蒸着などについて、定量的な検討のための糸口をつかむことが容易となり、マルチプライヤー利得向上のための大きな手段となった。

今後の課題として、現在、第1ダイノードについての検討がまだ不充分であり、利得増加、SN比向上をはかる一つの方法として、重要な問題であると考えられる。また、利得増加の機構については、まったく検討が行なわれておらず、たとえば、セシウム蒸着の際の現象の解明など大きな問題が残されている。

終わりに、激励を賜った吉永電子管部長、二宮副部長、終始助言と協力をいただいた電子管試作研究室渡辺技師、立谷、畠山職員に深く感謝する。また、実験管の製作をしていただいた電子管試作研究室の方々、試験測定をされた撮像管研究室小林職員に謝意を表する。

(昭和40年2月5日受付)

【参 考 文 献】

- 1) 渡辺：イメージオルシコンの製作，テレビ誌，17(1963) 235~242
- 2) P. Rappaport: Methods of Processing Silver-Magnesium Secondary Emitters for Electron Tubes, J. Appl. Phys., 25 (1954) 288~292
- 3) M. Hirashima: Selective Oxidation of Silver-Magnesium Alloys in Water Vapor, J. Phy. Soc. of Japan, 10 (1955) 1055~1064
- 4) 高橋，小川：イメージオルシコンの電子増倍部総合利得の測定，昭和30年電気学3学会連合大会，702

今月の表紙

ビクター放送用小型 VTR 装置 KV-300 F 型

- KV-300 F 型は完全に小型化された本格的放送用 VTR 装置です。
- 性能は FCC 放送規格を充分満足するもので、特に強耐振、小型、軽量、可搬であることから車載用 VTR として最適です。
- 放送用 VTR「KV-300」と放送用付加装置「F-300」とから構成され、WAVE FORMER「WFM-300」も用意されています。

仕 様
映像信号方式 標準テレビジョン

方式	1 インチ
使用テープ	15 cm/sec
テープ速度	7 号リール
録画時間	で約 63 分
水平解像度	330本以上
映像 SN比	40 dB 以上
ジッター	FCC規格内
消費電力	KV-300 550 VA

—提供 日本ビクター
株式会社—