

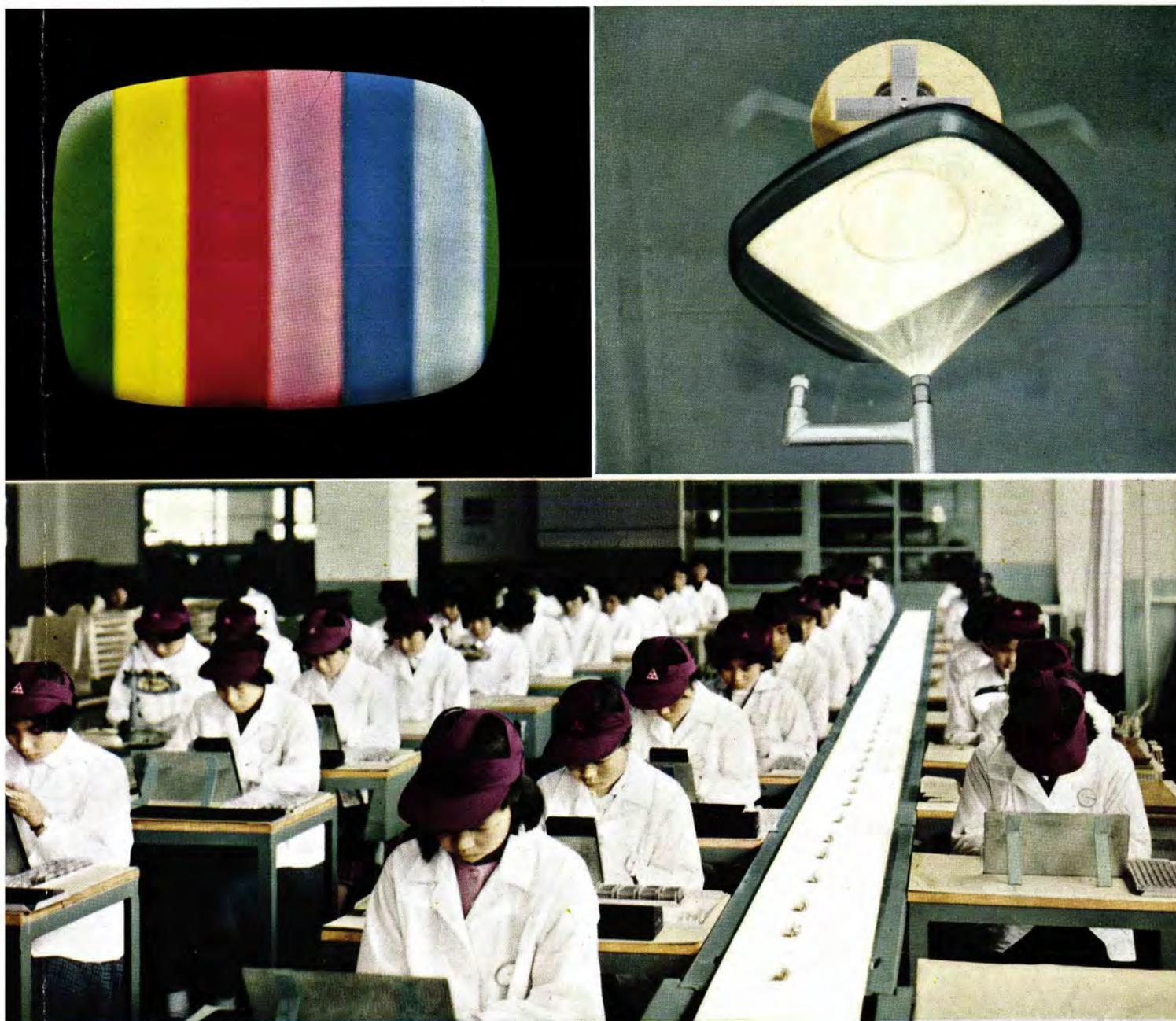
MITSUBISHI DENKI

三菱電機

管 球 特 集

カラーバー

ケイ光膜現像工程の一部



テレビ用受信管の組立作業

6

VOL 34 1960



表紙説明

テレビ用受信管の組立作業は、間仕切りされた恒温恒湿の特別換気防ジン装置を施された部屋で行なわれている。

作業衣についても細心の注意が払われている。(中央)

カラーテレビ受像管の生産態勢もととのいつつあり、右上写真はケイ光膜現像工程の一部、左上は大阪国際見本市その他で好評を博した当社製のカラーバーである。

三菱電機

昭和35年第34巻第6号(管球特集)

目 次

光電子増倍管	西岡直	2
17 角形 カラー 受像管	鷺尾信雄	10
熱陰極格子制御放電管の使用上の諸問題	岡田武夫・青木伸一	20
三菱工業用送信管	岡田武夫・松山清	26
受像管用電子銃の高 g_m 化	鷹野泰	33
水銀灯の色補正	立原芳彦・秦卓也・栗津健三	41
受信管の管壁温度	吉本正二・石川博章・山田好文	46
電力制御用放電管	竹内宏一・丹羽健・藤田雅弘	55
マグネトロン MX-502 および MX-702	戸田哲雄・河中健造・正田茂雄	67
ラピッドスタート形 ケイ光ランプ における接触抵抗と端部黒化	久保幸正・村井直道	72
特殊 カードランプ の長日性植物栽培における応用	大橋忠一・岡本佳生・大田重吉	76
高圧水銀灯の現状	小椋義正	79
管球製品一覧表		81
《技術解説》		
火力発電シリーズ: 運炭設備(2) 運炭設備		83
蒸気タービン(4) 串形タービンと並列形タービンの考え方とその概要		89
《文献抄訳》		
最適応答特性を有するトランジスタ化された標準制御装置・製鉄工場に対するデータ処理装置・傾き安全スイッチ・電動機負荷指示計		91
《ニュースフラッシュ》		
168 kV 7,500 MVA 油 シャ断器完成・三相 20,000 kVA 70 kV 分路 リアクトル 完成・北九州交流電化変電所用三相スコット結線変圧器完成・三菱「スーパーライン D」形直流機製作開始・衝撃値測定装置防衛庁へ納入・大衆乗用車用トランジスタオートラジオ発売・100 kg ホイストと 10 ton ホイストの出現・新構想の船用トウイングウインチ完成・原子炉熱ループ実験装置の計装		93
《特許と新案》		
(新) 扇風機羽根車・(新) 扇風機の壁掛装置・(特) 周波数特性直視用信号発生器・(特) ケーブルクレーンの搬器位置表示装置		40, 71, 97
《最近における当社の社外寄稿一覧》		98
《最近登録された当社の特許および実用新案》		45, 99
《表紙》		
2. 三菱水銀灯		
3. 北伊丹製作所紹介		
4. 扇風機		

光電子増倍管

研究所 西岡直*

Multiplier Phototubes

Research Laboratory Tadashi NISHIOKA

Although photoelectric tubes have been in use for a long time as a means to convert light signals to electric quantities, their low photoelectric sensitivity brings about difficulty in their direct connection to measuring instruments for the reading or recording. To overcome the drawback multiplier phototubes have been devised and appreciated of their high sensitivity, large signal to noise ratio and small rising time so as to be applied to a field where feeble light is to be dealt with. Those produced for trial by Mitsubishi are VP-931A, VP-1P22 and VP-631A, all being very satisfactory in their characteristics.

1. まえがき

光の信号を電気量に変換するために光電子放射現象を応用した光電管がふるくから一般にひろく利用されている。光電管は真空形とガス入り形に大別でき、真空形では高い陽極電圧であれば多少変動しても光束が変わらないかぎり光電流は一定で、入射光が変調をうけているときでも、よほどどの高周波で変調されていなければ光電流は忠実にそしてすみやかに追随し、減少しない。また光電流が入射光にたいして正比例する利点もある。しかし光電感度が低いので、直接に計器へ接続して測定したり記録するのは困難である。光電感度を増加させるために真空形にArガスなどの不活性ガスを封入し、電離作用をおこさせるガス入り形は感度増倍率があまり大きくなく、真空形の示す長所が失われる。したがって普通光電管を使うときには真空形を真空管增幅器と組合わせる。この方法では光電管の負荷抵抗、つまり初段真空管の入力抵抗の熱じょう乱雑音や、初段真空管そのものの内部雑音が加わり信号対雑音比がわるくなって微少な光を検知しにくい。そこでこの欠点を緩和し真空形の利点を生かした光電子増倍管が考案された^(1~6)。

光電子増倍管は光電管と二次電子増倍管をまとめて一つの管内に収めた複合管で、一種の高真空形光電管である。二次電子増倍管は入射電子の数よりも多い電子を放出する二次電子面を、多数巧妙に配置したもので、増倍率が大きく二次電子放射の性質上雑音が少ない。それで光電面から放射された光電子を二次電子増倍部へ導き入れた光電子増倍管を真空形光電管と真空管增幅器との組合せと比較したならば、いちじるしく微弱な光をも簡単な装置としてたやすく検出できるわけである。



図 1.1 外観写真
左 VP-931A, 中央 VP-1P22, 右 VP-631A
Fig. 1.1 Appearance of multiplier phototubes.
left VP-931A, center VP-1P22, right VP-631A

近年わずかな光量を取扱う分野がふえ、ますます光電子増倍管の利用価値が高まっており貴重な存在となっている。ここに9段増倍のVP-931A, VP-1P22および6段増倍のVP-631Aを試作したのでその概要と特性について報告する。図1.1はそれらの外観写真である。

2. 光電面

光電子増倍管に使う光電面の具備条件はまず暗電流や雑音を少なくするため熱電子放射があまりおこなわれないことである⁽⁷⁾。二次電子増倍部では増倍率が大きくしかもそこで発生する雑音はきわめてわずかであるから、光電面からの熱電子放射による乱射雑音が光の検出限度をきめる大きな要素となってくる。光電面を冷却し低温にすれば熱電子放射は減少するが、冷却するとガラス管壁に水蒸気が凝結し光の透過を妨げるから好ましくなく、凝結しにくい気体で管の周囲をおおったとしても装置が大きくなるので^(8, 9)、できるだけ常温で使えるように熱電子放射の小さいことが望まれるわけである。

入射光を効率よく電子に変換しなければならないことはいうまでもないが、特定の波長域においてのみ変換されるのでは利用範囲がせまくなる。しかし残念ながら光電面にはすべてその種類によってそれぞれきまった固有の波長域があり用途によって選択しなければならない。波長による感度の移り変わりは分光感度特性で表現され、RETMA の S ナンバで指定するのが普通である。

周囲温度がしばしば使用途中において変化するから熱的に安定であり、長時間使っていても特性が劣化せず、疲労の少ないのがよい。また光電面の各場所にわたってあまり感度がちがわない均一性も要求される。

光電面には金属板上に作った不透明形とガラス面上に薄く作った半透明形があり、光の入射側へ光電子を放出するのと光の透過側へ光電子を放出する点がちがっており特性も多少変わってくる。光電面の位置によって管の頭部から光を入れる頭部窓形(Head On Type)と側部から光を入れる側部窓形(Side Window Type)に分けられ、前者は半透明光電面であることが多い。

光電面にはいろいろな種類があるが代表的なものを表 2.1 に掲げた⁽¹⁰⁾。

表 2.1 各種光電面

光電面	量子効率が最大となる波長(Å)	最大量子効率(%)	限界波長(Å)	最大感度(μA/lm)	室温における平均熱電子流密度(A/cm ²)
Sb-Cs(O) (不透明)	4,000	20	7,000	120	10^{-14}
Sb-Cs(不透明)	4,500	10	6,500	25	$<10^{-14}$
Sb-Cs(O) (半透明)	4,500	20	7,000	90	10^{-14}
Ag-O-Cs	8,500	0.5	12,000	50	10^{-11}
Bi-Ag-O-Cs	4,500	10	7,500	90	10^{-13}
Bi-Cs(不透明)	3,600	2	8,000	-	-
Sb-K-Na-Cs	~4,500	~25	8,500	210	10^{-14}

P. Görlich⁽¹¹⁾によって発見された Sb-Cs はそのうちでも量子効率が大きく熱電子放射の少ないと、製作が比較的容易である点でもっともひろく使われている。分光感度特性は図 2.1 に示した S4(不透明形)と S11(半透明形)であり、いずれも紫外から青色光にかけて感度があつて赤い光にたいしてはあまりよくない。Bi-Cs は Sb-Cs よりも赤に感度が大きい S8 であるが量子効率は小さい。赤から赤外では S1 の Ag-O-Cs がよいが熱電子放射が多くて光電子増倍管には適しない。けれど Du Mont K1292, EMI 6096B などに使われている。Bi-Ag-O-Cs は S10 で Bi-Cs によく似ており汎色性なのでテレビジョン撮像管イメージ・オーレシコンに常用されている。A. H. Sommer⁽¹²⁾によって発明されたマルチ・アルカリ光電面 Sb-K-Na-Cs は Sb-Cs にくらべ熱電子放射、量子効率はすぐれ冷却しても膜抵抗が高くなないので暗電流、雑音を非常に少なくできる。そのうえひろい波長域にわたって感度がよいけれど活性化がむ

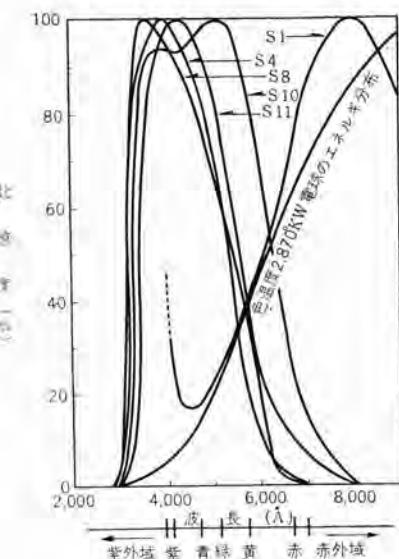


図 2.1 分光感度曲線
Fig. 2.1 Spectral response curves.

ずかしくまだ安定性も十分でない。しかし技術向上によっては大いに期待できる光電面である。光電子増倍管に適用した例として EMI 9578TA, 9558B および RCA 7265, 7326 がある⁽¹³⁾。

VP-931A, VP-631A は側部窓形不透明 Sb-Cs 光電面であり VP-1P22 は VP-931A の光電面だけを Bi-Cs に置きかえたものである。

Sb-Cs は $SbCs_3$ で表わされる金属間化合物であるが^{(14)~(17)}、光電感度が最大となったときの組成は Sb が少し多くはいった P 形半導体であると⁽¹⁸⁾、Hall 係数や熱起電力の測定によって⁽¹⁹⁾確認されている。energy gap と electron affinity との和は約 2 eV で⁽²⁰⁾光電子放射のほとんどは充満帯から励起される体積効果であるので結晶内部で光の吸収がおこり、入射する光のかたより方向によって量子効率が変わるのがきわめて少ない⁽²¹⁾。Sb-Cs の比抵抗は $2 \times 10^3 \Omega \text{ cm}$ で高く温度係数も大きいので⁽²²⁾半透明形として使うときは電子の供給が不十分となって光電面中央部で光電流を多く流すと光束との比例性が失われ⁽²³⁾、とくに熱電子放射を減少させるために冷却するとその欠点が顕著となる^{(24), (25)}。金属面上の不透明形ではその要いはない。熱電子放射の小さいのは Sb-Cs の長所でもあるが増倍率の大きい光電子増倍管とするにはまだ十分でないから冷却しなくともよいように Sb-Cs そのものの改良がすすめられている^{(26), (27)}。

Sb-Cs の表面でごく微量の O_2 を触れさせると感度がよくなるが、これは $SbCs_3$ が Sb と Cs_2O に分解され Sb が大きい比抵抗の $SbCs_3$ の conductivity をよくするとともに Cs_2O に excess の Cs が吸着して表面の仕事関数をさげるためと考えられている⁽²⁸⁾。Sb-Cs(O) はその処理をしたときの表示である。Sb-Cs に長波長光

をあてていると短波長光よりも疲労がいちじるしいが⁽²⁹⁾光電子増倍管を使うときは微弱光だから光電流は少なくほとんど問題とならない。温度が約100°C以上となるとSbCs₃は熱解離がはなはだしくなる。量子効率は低温では限界波長付近で減少するが5,000Å以下では変化せず実用上影響はない⁽²⁹⁾。

Sb-CsをBiにおきかえたBi-CsもBi-Cs₃の金属間化合物であるが、より金属的な性質を帶びており比抵抗は小さく量子効率はSb-Csの約1/10である⁽²⁸⁾。

3. 二次電子面

電子を電界により加速して物質に衝突させるとその内部から電子がたたきだされるのが二次電子放射現象で、放出された二次電子数と入射電子(一次電子)数との比、すなわち二次電子放出比 δ の大きいものを普通二次電子面とよぶ。光電子増倍管では光電子をかなり増倍しなければならないから増倍段数を少なくし全供給電圧を低くするために、できるだけ小さな一次電子エネルギー(一次電圧)で大きい δ をもち、多少電源電圧が増減しても増倍率が変動しないbroadな一次電圧- δ 特性であるのが

表 3.1 各種二次電子面

二次電子面	最大二次電子放出比 δ_{\max}	δ_{\max} が得られる一次電圧(V)
Sb-Cs	8.0	500
Ag-O-Cs	5.8-9.5	500-1,000
Ag-Mg	9.8	500
Cu-Be	3.5-5.5	500-700
Ni-Be	12.3	700

よい。二次電子面を長時間大電流密度で衝撃すると面が破壊され δ の低下が起るが、こうした重負荷のもとでも耐久性があり熱に安定で温度上昇による劣化の少ないことが望ましい。さらに光電子面の光の変化に速応する良好な周波数特性をそこなわないために二次電子面も一次電子の入射と同時に二次電子を瞬間に放出し切ってしまうこと、いいかえれば立上り時間(Rising Time)と遅れ時間(Decayed Time)の小さいことも必要である。また光電子を最初に増倍する二次電子面から熱電子が出ると残りの段数での増倍がかなりあるから雑音の原因となる。仕事関数が大きく光があたっても光電子をなるべく放射しないのがよい。

活性化が容易で再現性よく、できた面上の δ が均一なこと、増倍部の構造が一般に複雑だから形状を精密に加工できる材質で組立のとき変形しないことも望まれる。

二次電子面には表3.1に示したSb-Cs、Ag-Mgが普通よく使われておりその一次電圧- δ 特性は図3.1である。

純金属の δ は1.5以下がほとんどで実用にならないけ

れど、合金にして表面を酸化すると大きい δ となる。初期によく使われたBe-CuやAg-Mg、Cu-Mgがそうで、これら合金の高い δ は表面にできたBeO、MgO薄膜によるものでその性質は酸化のときの熱処理条件でかなり左右される。 δ 飽和特性、温度依存性が少しづらいが強い電子衝撃をうけても安定でアルカリ金属を含んでいないから扱いよい⁽³⁰⁾。

光電子面として良好なものは δ が大きい。Sb-Csも光電子面であるとともに合金形より低い一次電圧で二次電子を放出する。しかし電流密度が大きくなれば分解を起しやすく δ の減衰がはなはだしくなり出力電流は制限をうける。さらに活性化のとき導入したCsが管内に余分に残留しやすく、分解によってCsが遊離すると蒸気圧が高いうからガラス壁や電気絶縁物に付着し電極間漏洩電流の原因となり、供給電圧を高くすると電離し雑音と暗電流の増加をきたす欠点がある。けれどCsを含む光電子面と組合させて光電子増倍管とするときには両者をほぼ同一条件で同時に活性化でき便利である。

VP-931A、VP-1P22、VP-631AはいずれもSb-Cs二次電子面である。

Sb-Csの電子衝撃による δ 減衰は大きく、作成過程におけるいろいろな汚染でさらに顕著となる。減衰の機構としては⁽³¹⁾はじめexcessのCs薄膜が電子衝撃によってのぞかれ、つづいてSbCs₃が局部的加熱をうけSbとCsに解離し、Csが蒸発して欠陥ができる。Cs欠陥は層の内部までおよび膜全体にCsの不足を招くが、室温での欠陥の拡散はおそいので周囲温度が高くならないかぎり δ は単調に低下したのちほぼ一定となる。内部で遊離したCsが表面に拡散してゆくときCs欠陥にぶつかり欠陥消滅の現象もおこる。Cs薄膜がのぞかれると、Csによる堰層がのぞかれ放射しやすくなつて δ の上昇のみられることがあるが、 δ の最大となったとき活性化をやめるとCs薄膜はほとんどなくなっているので真空系から切り取り動作させるとすぐ疲労現象を示す。短時間の電子衝撃では表面近くの疲労によるから逸散していたCsがふたたびもどり欠陥を埋め回復は早いが、長時間では内部におよんでいるので回復は遅くなる。表面に

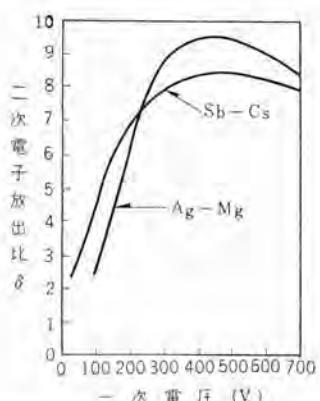


図 3.1 Sb-Cs, Ag-Mg の二次電子放出比曲線

Fig. 3.1 Secondary electron emission yield curves of Sb-Cs and Ag-Mg.

帰った Cs は短時間のあいだ薄層となって沈着するから欠陥を埋めるまではかえって δ の低下がみられる。 δ は C をふくむ汚染でわるくなる。電子が入射して二次電子をだすに必要な時間は短く、正確な値は出ていないが多く見積っても 10^{-10} 秒以下である⁽³²⁾。Sb-Cs の比抵抗は高いといふものの絶縁物ほどでもないから表面がつよく正に帯電せず、Malter 効果は表われなく放射の decay が極端に少ない。

4. 構 造

光電子面（陰極）からの光電子が二次電子面（増倍電極、ダイノード）によって増倍されるが有効にふやしてゆくには光電子や二次電子がすべてつぎのダイノードへ導びかれて陽極で集められなければならない。集束には電磁的方法と静電的方法がある。電界の方向とは直角に磁場をあたえ電子の飛行方向を曲げつぎのダイノードへたたきつける電磁的集束は磁界を使っているのでその強さを適当に調整し安定に保つのが困難で装置が大がかりとなって取扱いにくく現在では採用されていない。静電的集束は電極の形状とその配置を巧妙に工夫すれば、ただ電圧を加えるだけで電子が電界分布にしたがって流れるから簡便である。しかし集束によい電界分布を与える設計がむずかしい。

二次電子がすべて陽極にたどりつくまでの飛行時間（Transit Time）、広がり（Transit Time Spread）の小さいことがパルス信号を変換する応用の多い昨今ではつよく要望され、構造上よく考慮しなければならない。電流密度が最終段ちかくなると増加するから空間電荷が発生しやすく飽和特性、直線性がわるくなるので注意がいる。また陽極電流が変化すれば負荷抵抗での電位降下により陽極電位が変動し電界分布をみだすので感度は入射光量が変わってもいつも一定となるよう最終段ダイノードと陽極の構成を考える必要がある。

静電的集束の一般的構造には Box Type, Vane Type, Linear Type, Cage Type があり VP-931A, VP-1P22

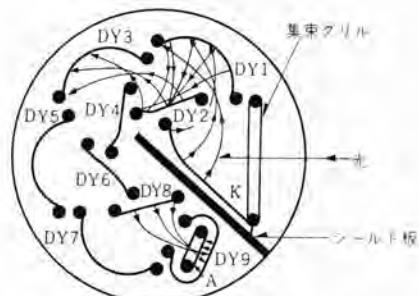


図 4.1 VP-931A, VP-1P22 の電極配置図
Fig. 4.1 Electrode arrangement of VP-931A or VP-1P22.

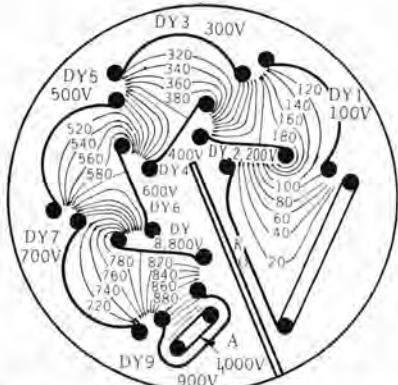


図 4.2 VP-931A, VP-1P22 の静電界分布
Fig. 4.2 Electro static field of VP-931A or VP-1P22.

は Cage Type で VP-631A は 6 段増倍とするためダイノードの数をへらした同一構造のものである。RCA より 931 の管名で開発された Cage Type⁽³³⁾ は Circular Type とも呼ばれるもので 9 段増倍の電極断面は図 4.1 のごときもので複雑であるが空間利用率がよいので小形であり Transit Time や Spread が小さい。集束グリルをくぐりぬけた光は陰極 (K) にあたり光電子を放出しそれから高電位の第 1 ダイノード (DY1) にひかれて衝突しその数より多い二次電子を発生し、これらがさらに高い電位の第 2 ダイノード (DY2) へ衝突してより多数の二次電子ができる。この過程が第 9 ダイノード (DY9) までつづき最後にグリッド状の陽極 (A) で集められる。ダイノードがすべて同じ δ をもち段数が n であれば δ^n 倍とネズミ算で増加する。たとえば $\delta=4.5$ で $n=9$ ならば増倍率 $G=10^6$ となる。集束グリルは光電子がせまい DY1 と DY2 のあいだを飛行するような電界分布をつくりあげ、光ができるだけさえぎないようにした陰極と同電位のグリッドである。シールド板は陽極付近で相当数の二次電子が運動するため残留ガスがあればイオン化したり、集束経路からはずれてガラス壁に付着していた Cs にぶつかってできた陽イオンの feed back を防ぐためのものである。陽イオンが負の高電位の陰極にひかれて光電子面に射突すれば δ が大きいので二次電子を放射し、これが光電子とおなじく増倍され暗電流、雑音が増加する。この過程がくりかえされると特性が不安定となりパルス特性、周波数特性をわるくする。optical feed back⁽³⁴⁾ とともに供給電圧を高くし、段数をふやしていくらでも増倍率をあげることのできない一因である。

それぞれの電極には K, DY1, …, DY9, A の順序で 100 V ずつ高く電圧を加えて普通使うがこのときの静電界分布は図 4.2 のようになっている。K, DY1, DY2 附近はかなりこみ入っており K の端部よりの光電子は集束経路からはずれやすい。A は DY9 で閉まれている

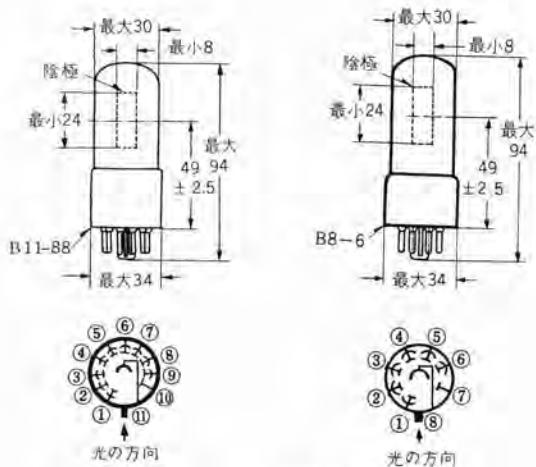


図 4.3 外形寸法および口金接続
左 VP-931A, VP-1P22, 右 PV-631A.

Fig. 4.3 Outline dimensions and base connections.
left VP-931A, VP-1P22, right PV-631A.

から電子の捕集が完全でまた多少陽極電位が変わっても DY8 付近の電界をみださない、電極はステアタイトで支えられており強い振動をうけても変形しないよう堅牢にしてある。

管内にはそのほかに空気中では取扱えない Cs を活性化のとき高真空としてから還元発生させるため Si と Cs_2CrO_4 の混合物をいたした Ni 容器がある。

VP-931A, VP-1P22 および VP-631A

の外形寸法図ならびに口金接続のそれぞれを図 4.3 に示した。前二者にはサブマグナ 11 ピン・ベース (B11-88) を後者にはオクタル 8 ピン・ベース (B8-6) を使っている。GT 管ぐらいの大きさで軽量だから便利である。

5. 製作方法

電極洗浄、Sb 真空蒸着、組立、封止、排気、活性化、試験が製作工程のあらましである。

きめられた形状に加工した Ni 板のそれぞれの電極を変形させないように有機溶剤で油脂などをよく落してから H_2 处理をする。つぎにこれらを動作にあずかる片面の上に真空蒸着によって Sb 膜を作る。Sb 蒸着膜厚は Sb-Cs としたとき光電子、二次電子の発生する深さなどよりきめる。Sb 膜構造は蒸発速度、真空度、下地温度によって異なり、光電感度や δ はその影響をうけるから十分に注意する^(35, 36)。真空蒸着は電極を円周上にならべ、中心にきめられた量の Sb 塊を入れた加熱用 W 線コイルをおき、ペルジャをかぶせて真空にしたのち電流を流して蒸発させる。こうしてできた Sb 膜は温度、湿度によって構造が変わりやすいためよく乾燥した空気をベ

ルジャーに入れ大気圧にしてすばやく Dry Box に移す。集束グリル、シールド板、陽極も溶剤で洗浄し H_2 处理する。Cs を発生させるための Si は高純度のものをえらび約 200 メッシュの粉末にして Cs_2CrO_4 と混合比 2:1 でよくまぜてから プレスで錠剤にする。これを Ni 容器にいれほかの部品とともに湿気を少なくした Dry Box の中にステムの上に取付け組立てる。

封止では管全体の温度が上昇し好ましくないので、できるだけ予備加熱、ナシのときの温度を低くし、封止に要する時間を短く、作業中は不活性ガスを流して酸化を防ぐ。封止後はただちに仮排気する。溶融のときガラスからは水蒸気などができるのでまえもって高温で焼いておくとよい。

排気台にとりつけ十分に管や真空系のガス出しをしながら排気し、真空ポンプからの油の逆流を完全に防ぐ。

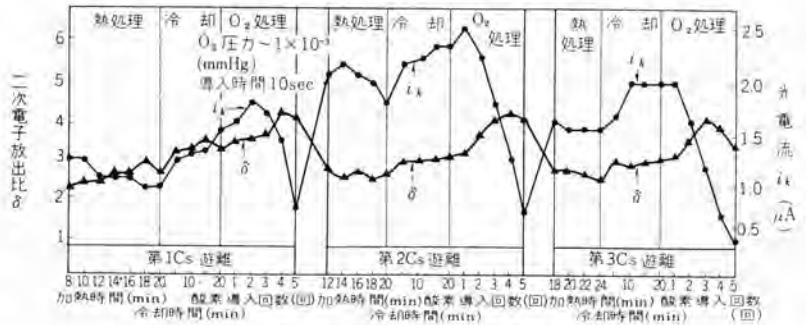


図 5.1 Sb-Cs 活性過程の一例

Fig. 5.1 Example of Sb-Cs activation process.

で、 10^{-6} mm Hg 以下の真空度になったら Ni 容器より高周波加熱によって Cs を生成噴出させる。適量の Cs を管内で作るため混合物はあらかじめ量をきめておくが反応生成量は加熱速度、ガス出しの経過などによってそれぞれ違うことが多く再現性に乏しい。

Cs を 150~170°C の温度で Sb 膜に触れさせ光電感度と δ が最大となり暗電流が小さくなつてから加熱を止める。その後 O_2 増感処理をおこなつてから排気台から取り出す。Cs との反応、 O_2 増感での光電感度、 δ の代表的な移り変わりが図 5.1 である。

光電感度が O_2 のため極大となるがそのときの O_2 を接触させる回数は δ より少なくて、早く増加してすぐ減少する。 O_2 の接触回数が多くなつて光電感度、 δ ともに小さくなつた管はさらに Cs を発生させ熱処理、 O_2 増感処理することによってふたたび回復するが、光電面はそれにふくまれる Cs_2O がある量になるまでは Cs 追加、 O_2 処理を繰り返して増加してゆき、 δ も同様な操作で再生できるが光電感度ほど Cs_2O の量で制限をうけない。光電感度が早く極大となり急に減少するのに反し δ は極大からゆっくり低下するのは二次電子放射中心が

Cs_2O で行なわれるためだと考えられる^(37, 38)。

Bi-Cs のときも光電面の Sb だけを Bi として Sb-Cs と同じように活性化する。

活性化にはきまつたスケジュールがなく光電感度や δ の活性過程中における変化などで判断して臨機応変に処置をとらなければならない。

一定の期間放置された球は試験される。国内での試験方法は今まで統一されていなかったが電子機械工業会でもなく CES 規格として制定される運びとなっている。

6. 特 性

6.1 定 格

表 6.1において定格を示す。VP-631A をのぞいては RCA931A および 1P22 相当のものである。

6.2 分光感度特性

光電面の種類によってきまっているはずであるが製作上それぞれ球によってバラツキがある。分光感度を調べるには広い波長域にわたって光を放射する光源をモノクロ・

表 6.1 定格表

形 名	分 光 感 度 特 性	増 倍 段 数	口外 金 形 寸 寸 接 続 続 法	電 气 的 特 性				最 大 定 格	静電容量 外陽他陽 イ極全 ノ・電 1最極極 F段間・ 間隔								
				陰極感度 ($\mu\text{A}/\text{lm}$)	陽極感度 ($\mu\text{A}/\mu\text{lm}$)	增 倍 率	最 暗 電 流 $\times 10^6$ (μA)										
				最小標準	最大標準	最小	最大										
VP-931A	S4	9		6	20	4.5	20	300	1	0.05	1000	0.75	0.25	75	1250	4.4	6
VP-1P22	S8	9	図 4.3 参照	0.6	3	0.115	0.6	50	0.2	0.05	1000	0.75	0.25	75	1250	4.4	6
VP-631A	S4	6		6	20	0.009	0.04	0.5	0.002	0.10	700	0.75	0.25	75	900	2.5	4

メータで分光して測定する方法と、簡単にチェックするガラス・フィルタを使う方法をとっている。入射光をエネルギーとして表わすのが普通で S4, S8 の極大値はそれぞれ 4,000 Å, 3,600 Å であり、実用上の見地から色温度 2,870 °K の W 電球からのエネルギー分布を使ったときは 5,500 Å, 6,000 Å となり、それらはいずれも $\pm 500 \text{ Å}$ の許容値内にある。

6.3 感 度

エネルギーのわかった波長の光をいれたときに流れる光電流で表わす放射感度 ($\mu\text{A}/\mu\text{W}$) と、入射光量子数に対する光電子数の量子効率 (%) が絶対感度で、実用上は可視光を使うことが多いから色温度 2,870 °K の W 電球を光源とし光束あたりの光電流で表わすルーメン感度 ($\mu\text{A}/\text{lm}$) が一般に使われる。

光電子増倍管では陰極以外のすべての電極を結んで陽極とし指定電圧、指定光束を与えたときに陰極に流れる光電流で表わすルーメン感度を陰極感度 ($\mu\text{A}/\text{lm}$) とす

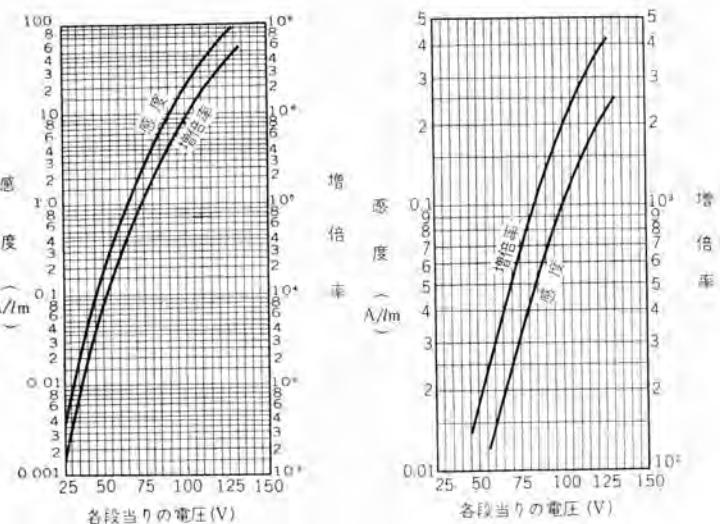


図 6.1 動作代表特性
左 VP-931A, 右 VP-631A.

Fig. 6.1 Average characteristics.
left VP-931A, right VP-631A.

る。

放射感度はふつう分光感度特性で感度最大となる波長の光で測定する。

陰極感度は 5 × 20 mm の矩形開孔より 10^{-2} lm の光束を陰極のほぼ中央にあて、陰極と陽極間に 100 V 与える。

全供給電圧をリーダ抵抗で等分に分割し各電極に与え、指定光束を照射したときのルーメン感度を陽極感度 ($\mu\text{A}/\mu\text{lm}$) といい、管の総合感度を表わす。

陽極感度は陰極感度測定のときと同じ開孔より VP-931A, VP-1P22 では $10 \mu\text{lm}$ を VP-

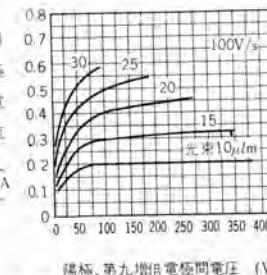
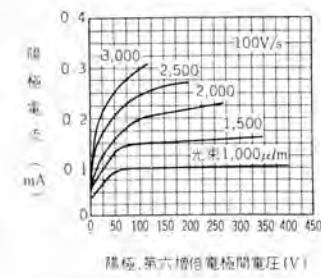


図 6.2 陽極代表特性
上 VP-631A, 下 VP-931A
Fig. 6.2 Average anode characteristics.
upper VP-631A,
lower VP-931A.

631A では $1,000 \mu\text{lm}$ を放射し、 $500 \text{ k}\Omega$ のリーダ抵抗を前二管種は 10 個使って 1,000 V を、後者は 7 個で 700 V をそれぞれ 100 V ずつに分圧して各電極に与えている。負荷抵抗は $10 \text{ k}\Omega$ としている。

6.4 増 倍 率

陽極感度を陰極感度で割った値で、それぞれのダイオードの δ は図 3.2 のように電圧によって変わるから、ほぼそれらの積に等しい増倍率は供給電圧の変

動で大幅に変化する。したがって陰極感度は低い電圧ですぐ飽和するから陽極感度も変動しやすく9段増倍では電圧の約7乗に6段増倍では約4乗に比例する。実用上は増倍率はあまり意味がなく、管の動作状態を示す目安にすぎない。

6.5 暗電流

光が入射しなくとも電極間漏洩、熱電子放射、残留Csやガスのイオン化などによりわずかに陽極電流が流れる。これが暗電流で陽極感度の測定条件で光をいれないときに流れる陽極暗電流(μ A)で表わす。RCAなどでは20 μ A/lmの陽極感度となるように供給電圧を調整したときの陽極暗電流を陽極感度で割った等価入射光束(lm)を検出限度を知るのに都合がよいから使っている。

暗電流は冷却のほかに管壁の電位の調節など減少させる方法がある⁽³⁹⁾。

6.6 最終段ダイノード、陽極間電圧対陽極電流特性

指定の負荷抵抗を陽極に接続し、入射光束をパラメータとして最終段ダイノード、陽極間電圧だけを変化させたときの陽極電流の特性でVP-931A、VP-1P22ではすぐ飽和するがVP-631Aではやや立ち上りがある。使用にあ

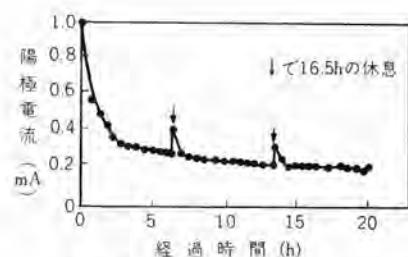


図 6.3 VP-931A 疲労特性 (I)

Fig. 6.3 Fatigue characteristic (I) of VP-931A.

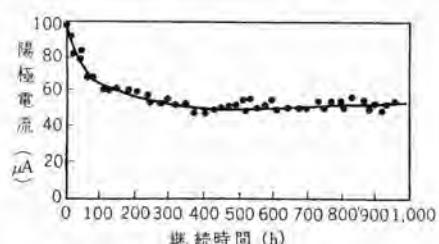


図 6.4 VP-931A 疲労特性 (II)

Fig. 6.4 Fatigue characteristic (II) of VP-931A.

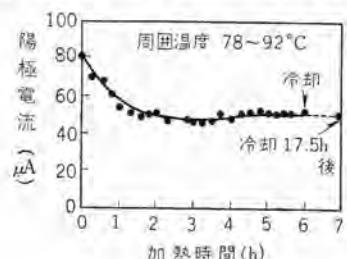


図 6.5 VP-931A の高温での疲労特性

Fig. 6.5 Fatigue characteristic of VP-931A under high temperature condition.

たってはできるだけ高いほうが良い。

6.7 周囲温度

周囲温度が高くなると光電面、二次電子面とも劣化していくうえに、バルブ・ガラスからのガス放出、管内のCs遊離などにより諸特性が悪化し、冷却して休息をとることで回復しなくなる。いずれの管種とも常温付近で使うことが望ましい。

6.8 疲労特性

陽極電流を流しすぎるとダイノード、とくにDY9が疲労して δ が減少し陽極感度がわるくなつて回復しなくなるばかりか寿命をいちじるしく縮める。したがって安定な動作を望むときにはふつう最大定格値の1/10以下とし使うまえにあつては、エージングをするとよい。

6.9 陽極電流対光束特性

最大定格値以下の陽極電流を流すまでは完全に光束に比例し直線となる。多くなるとダイノード前の空間電荷、

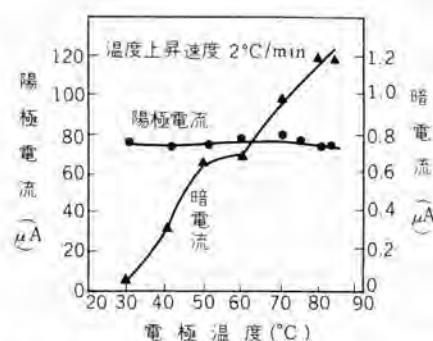


図 6.6 陽極電流および暗電流と電極温度との関係 (VP-931A)

Fig. 6.6 Relations between anode dark current and electrode temp. (VP-931A).

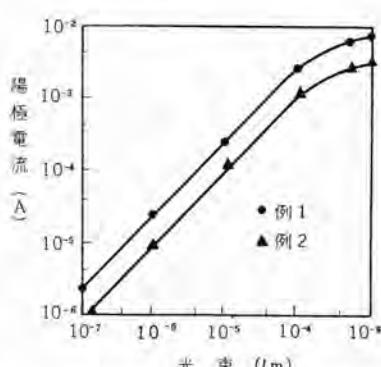


図 6.7 陽極電流と光束との関係 (VP-931A)

Fig. 6.7 Relations between anode current and light flux (VP-931A).

疲労のため直線からはずれる。電圧分割回路に流れる電流が光により変わりダイノードにかかる電圧が変化しdefocusingやskippingの起ることもあるから電源の許すかぎりブリーダ抵抗を小さくして分割回路の電流を多くするのがよい。⁽⁴⁰⁾

7. む す び

以上光電子増倍管 VP-931A, VP-1P22 および VP-631A の概要と特性について述べた。試作の結果 RCA 931A, 1P22 相当の性能が得られた。しかしながらこの種の管球にありがちな バラツキ があり使用にあたっては十分注意しなければならない。特性の均一化、性能向上のためには十分よく管理された条件とふんい気のもとに製作を行なう必要がある。

(35-4-6 受付)

参 考 文 献

- (1) V. K. Zworykin and E. G. Ramberg: Photo-electricity and its applications, New York, John Wiley (1949).
- (2) A. H. Sommer: Photoelectric tubes, London, Methuen (1951).
- (3) H. Bruining: Physics and Applications of Secondary Electron Emission, London, Pergamon (1954).
- (4) 中山: 光電装置, 工業物理講座電子工学編 4, 日刊工業新聞社.
- (5) D. A. Wright: Semiconductors, London, Methuen (1950).
- (6) S. Rodda: Photoelectric Multipliers, London, Macdonald (1953).
- (7) R. W. Engstrom, R. G. Stoudemeyer, H. L. Palmer and D. A. Bly: I.R.E. Trans. on Nuclear Science, NS-5, No. 3, 120 (1958).
- (8) E. F. Coleman: Electronics 19, 220 (1946).
- (9) R. W. Engstrom: R.S.I. 18, 587 (1947).
- (10) A. H. Sommer and W. E. Spicer: RCA Information RB-81 (1956).
- (11) P. Görlich: Z. Physik 101, 335 (1936).
- (12) A. H. Sommer: R.S.I. 26, 725 (1955).
- (13) J. Sharpe: Nucleonics 17, 82 (1959).
- (14) R. Suhrmann und G. Kressin: Z. Elektrochemie 54, 349 (1950).
- (15) R. Suhrmann und C.L. Kangro: Naturwissenschaften 40, 137 (1953).
- (16) W. Klemm: Angew. Chem. 66, 148 (1954).
- (17) K. H. Jack and M. M. Wachtel: Proc. Roy. Soc. (London) A239, 46 (1957).
- (18) A. H. Sommer: J. Applied Phys. 29, 1568 (1958).
- (19) T. Sakata: J. Phys. Soc. Japan 8, 125 (1953); ibid 9, 1030 (1954); ibid 9, 1031 (1954).
- (20) W. E. Spicer: Phys. Rev. 112, 114 (1958).
- (21) J. A. Burton: Phys. Rev. 72, 531 (1947).
- (22) K. Miyake: J. Applied Phys. 31, 76 (1960).
- (23) J. S. Allen: U.S.A.E.C. LA-1613 (1953).
- (24) W. Widmaier and R. W. Engstrom: RCA Rev. 16, 109 (1955).
- (25) W. J. Harper and W. J. Choyke: J. Applied Phys. 27, 1358 (1956).
- (26) N. Schaetti: Z. angew. Math. Phys. 4, 450 (1953).
- (27) 萩野・高橋・和田: 応用物理 28, 711 (1960).
- (28) A. H. Sommer: Proc. Phys. Soc. (London) 55, 145 (1943).
- (29) K. Miyake: J. Phys. Soc. Japan 10, 913 (1955).
- (30) 竹谷・小川・山戸: NHK 技術研究 6, 30 (昭 29).
- (31) F. H. Marshall, J. W. Coltman and L. P. Hunter: R.S.I. 18, 504 (1947).
- (32) M. H. Greenblatt: RCA Rev. 16, 52 (1955).
- (33) J. A. Rajchman and R. L. Snyder: Electronics, 21 (Dec. 1940).
- (34) R. Gerharz: J. Electronics 2, 409 (1957).
- (35) R. B. Jones and A. M. Glover: U.S. Patent 2,401,735, June (1946).
- (36) M. Rome: J. Applied Phys. 26, 166 (1955).
- (37) L. R. G. Treloar: Wireless Engineer 15, 535 (1938).
- (38) 納賀: マツダ研究時報 19, 16 (1944).
- (39) Z. Náray and P. Varga: British J. Applied Phys. 8, 377 (1957).
- (40) R. W. Engstrom and E. Fishen: R.S.I. 28, 525 (1957).

17 角形カラーセンターフィルム

研究所 鶯 尾 信 雄*

17 Rectangular Color Kinescopes

Research Laboratory Nobuo WASHIO

Age of color TV is round the corner. To prepare for the forthcoming need all the manufacturers of TV sets are making serious efforts in the production of color kinescopes. Those most extensively under development are of shadow mask type, which comprises a 21 round type (21CYP22) and a 17 rectangular type (430AB22). In the production of the former, as reported in a previous issue, several kinds of imported parts are required for the time being, whereas the latter is in a state of being produced of almost home made parts but for a few minor parts. This then is expected to come to play a main role as a color kinescope. The writer explains the present status of study and trial manufacture and trend of future development of this type together with their materials, components and design.

1. まえがき

カラー TV についてはすでに衆知のようにその本放送認可も時間の問題となってきた。カラー TV は白黒 TV にくらべてさらに一段と高度の総合電子技術を必要とすることはいうまでもないが、種々問題点を有するなかでこれ用の受像管の国産化ということは一つの大きな問題点である。カラー TV 用受像管の考案としてアッブル管をはじめとしてクロマトロン管、偏平形カラー受像管、シャドウマスク形三色受像管など種々あることはさきに発表したとおりであるが、現在までに開発されたうちでは比較的多量生産に適するものとしてシャドウマスク形のものを各ラウン管製造会社がとりあげ、目下鋭意その国産化ならびに生産態勢の整備に日々はげしい競争が行なわれている。シャドウマスク形のもので現在試作がすすめられているのは21丸形(21CYP22)と17角形(430AB22)の2種類であるが、21丸形ではどうしても輸入に依存しなければならない部品(たとえばガラスパネル、ガラスファンネル、

シャドウマスクなど)があるのにくらべて17角形では一応全部品の国産化の研究がすすめられ、一部をのぞきほとんど完了しているので、カラー TV というものの商品的性格を考えるとき将来わが国では17角形がカラー TV の主流となるよう予想せられている。すなわちわが国一般家庭では21丸形では大きすぎるくらいがあり、価格もまた相当高価であるが、17角形ではセットの大きさでは前面部は現在の17形白黒セットとほとんど同一であり奥行がやや長くなる程度である上、前述のように全国産部品を使用するので、需要が大幅にのびた場合でも部品生産能力もこれにただちに追随する態勢がとりやすく、したがって将来多量生産に移った場合には大幅な価格低減も可能であるなど21丸形には見られない幾多の特長を有している。これらの観点にたち、研究所ではかねて21丸形と平行して17角形の開発につとめて来、その成果の一部はすでに発表したとおりであるが、ここに新たに17角形管につきさらに詳細な説明を加え、将来の発展方向などにつき言及したいとおもう。

2. シャドウマスク式三色受像管の構成の大要

この種のカラー受像管がアメリカで開発された当初は金属性のファンネル(白黒受像管でいえばコーンの部分)を採用し21AXP22形として生産販売されたがその後ガラス関係技術の進歩にともない比較的低温度(440°C程度)で溶融し一度とけた後冷却すると磁器質に変わる封止用ハングガラスの発明にともない金属ファンネルはガラスファンネルにおきかえられ、外観は全ガラス製となった。したがって今では外観は一見白黒受像管とほとんど同一の形をしているが、それを構成する部品にはカラー受像管特有のものが数多くある。すなわちガラスパネルは製作工程

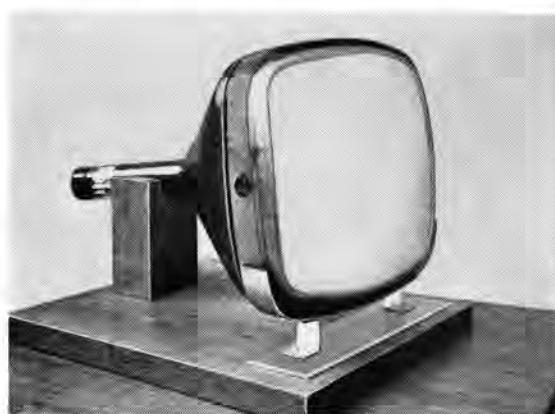


図 1.1 17 角形カラー受像管

Fig. 1.1 17 Rectangular color kinescope.

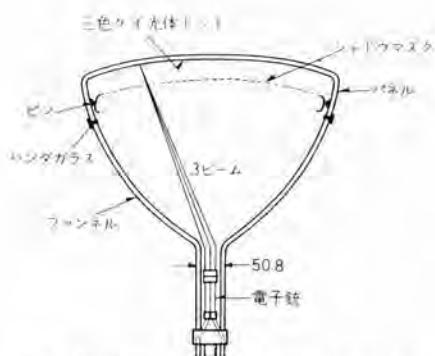


図 2.1 シャドウマスク形 カラー受像管の構造
Fig. 2.1 Construction of shadow-mask type color kinescope.

の都合上 パネル部分(前面板ガラス)とファンネル(コーン部分)とにわかれており、それを上述のハンダガラス(通常フリットガラスという)で溶着して球の形に仕上げられる。このパネルの内側には約10 mmはなれてシャドウマスクとよばれる金属性の有穴薄板が、パネルにとりつけられた3または4個のピンにより非常に寸法精度高くとりつけられている。このマスクには直径0.3 mm程度の穴が規則正しくあけられており、この穴の位置とパネル内面に塗着せられる三色ケイ光体ドットとは1/100 mm以上の精度で対応させなければ、所期の色純度が得られない。さらに名前の示すとおり同一特性を有する電子銃3組をこれまた寸法精度高く組立封入し、おののおの1本を赤色、青色、緑色の色信号で変調することになっている。したがって3本の電子銃が120度の間隔でほぼ平行に封入されるので、ネック管の直径が白黒の通常の36.5 mmより太く50.8 mmとなっており各電子銃の構成もバイポテンシャル形として直径をなるべく小さくするよう配慮されている。球の各部にとりつけられるコイルおよびマグネット類も白黒受像管と趣を異にしている。白黒受像管では偏向用コイル、センタリングマグネットおよびイオントラップ用磁石のみであるが、カラーの場合はさらに複雑である。図2.2はこれらのアセンブリを示すものであるが偏向コイルは白黒のものと類似の形をしているがさらに大形でありこれは三電子銃から出た三つの電子流を同時に上下左右に偏向する。

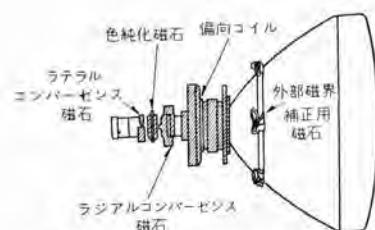


図 2.2 シャドウマスク形 カラー受像管のコイルマグネット類

Fig. 2.2 Coil and magnet assemblies for shadow-mask type color kinescope.

右に偏向する。コンバーゼンスコイルは3つの電子流をシャドウマスクの3つの穴に正しく集中させるための3つの独立した電磁石よりなり、まずこれら3つのコイルに一定の直流を流して画面の中央で3つのビームを集中させた後(これを静的集中 スタチックコンバーゼンスという)、さらに偏向電流に同期した鞍状の電流を重畠して画面のあらゆる部分でも集中させる(これを動的集中 ダイナミックコンバーゼンスという)よう位置および電流を正しく調整しなければならない。つぎにあるのは色純化マグネットおよびラテラルマグネットであって、両者とも永久磁石でできている。前者は3つの電子流が偏向コイルの偏向中心を通過する際その通過する位置を3本の電子流を一つの束として変位させるものであり(このマグネットは白黒受像管のセンタリングマグネットと類似の形をしており動作も似ている)、後者は青色に相当するビームと赤および緑色のビームをおののおの反対方向に管軸に対してラテラルの方向に移動させるためのものである。この両者の位置と偏向コイルの位置とを正しく調整すれば、青色電子流より出た電子ビームは正しく青色のケイ光体ドットをたたき、赤、緑よりの電子もおののおの対応するケイ光体ドットを正しくたたくようになる訳で、色純化マグネットの名もそこから出ている。さきにのべたコンバーゼンスコイルは3つの電子流の管軸に対する(集中)角度を調整して正しくシャドウマスクの穴に集中させるためのものであるから、くわしくはラジアルコンバーゼンスコイルとよぶ。このほかにカラー受像管では地磁気によるミスランディング(たとえば青色電子ビームが地磁気のために偏向されて青色ケイ光体ドットをたたかれない場合など)を補正するためにヘリシング形の小さい永久磁石を数個使用する場合もある。以上のようにカラー受像管の付属コイルマグネット類は多種多様であって、その調整はかなりめんどうなものである上、一度調整してもセットの向きを変えることによる地磁気の影響の変化、また長期使用しているとシャドウマスク等が帶磁して来るためのミスランディングなど使用にあたっては相当の注意が必要である。もっともこれらに対しては色ずれを起しにくいマスク材料の研究やセット内各部品の配置検討など着

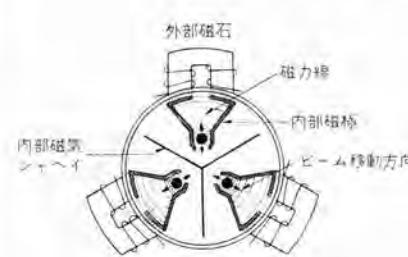


図 2.3 ラジアルコンバーゼンス機構
Fig. 2.3 Mechanism of radial convergence.

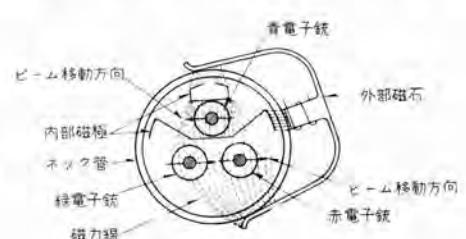


図 2.4 ラテラルコンバーゼンス機構
Fig. 2.4 Mechanism of lateral convergence.

着改良につとめているのである。

また白黒受像管の偏向角度は最初は 70 度であったが今では 90 度偏向が標準品となり、さらに近い将来 110 度偏向にまで進もうとしている状況であるが、カラー受像管では目下のところ 70 度偏向が標準となっている、もちろん製作技術の進歩により 90 度偏向になることもありうるが、目下の組立精度では 70 度より広角にすることは色純度の点で思わしくないようである。したがって同じ 17 角形であっても白黒の 17 形よりは管の全長が大であり、それだけセットの奥行を大きくしているが今のところやむを得ない。

3. 17 角形管研究の経過

わが国におけるカラー受像管研究の歴史はまだ比較的新しいものである。アメリカでは第 2 次大戦前よりすでに各種のカラー TV 方式について活発に研究されていたが、戦争のために一時中断のやむなきに至った。しかし戦後ただちにとりあげられてその成果は NTSC 方式の発明となって見事に開花した。わが国でカラー TV がうんぬんされ出したのは昭和 32 年春ごろであって、その年の秋、カラー調査会が発足した。それとほとんど同時に電波技術協会の主催でカラー受像管試作委員会が結成され、カラー受像管に関する調査研究を行なうことになり、NHK 技術研究所をはじめとしておもな受像管製造会社および関係部品製造会社が委員として参画した。委員会の目的はカラー受像管の国産技術の開発にあったことはいうまでもないが、最初とりあげたのが当時唯一の生産管種であった RCA の 21AXP22 であった(間もなく RCA で 21CYP22 を開発したのでただちにこれに変更した)。そこで 33 年度中の委員会活動の主目標は 21CYP22 の組立技術の修得におかれ、これはほぼ達成されている。これと平行して NHK 技研では白黒 17 角形管をカラー化することを計画され、一部の製造会社と協力銳意完成につとめ、昨年の NHK 技研の公開に展示発表して万人の注目をあつめたことはまだ記憶に新たなところである。21CYP22 の研究が終了に近づくにつれて試作委員会では部品国产化ということが次の目標として大きくクローズアップして来、21 形ではガラスバルブの国产化が今の経済事情ではどうしてもむつかしいなどのことからわが国情にさらに適した 17 角形がとりあげられるに至った。

さきにもべたように 17 角形カラー管の開発は NHK 技研で一步早く着手されていたが、試作委員会の研究項目にとりあげられたのは昭和 34 年度からであって、各委員協力の下に非常に活発にすすめられてきている。当初はガラスバルブを 17 角形 70 度偏向に変更しただけ

で、三電子銃はとりあえず 21CYP22 の設計そのままを採用し、シャドウマスクもやはり 21CYP22 と同一設計のものを使ったりして基礎実験が進められていたが、三電子銃にしても、シャドウマスクにしても 21CYP22 の設計そのままでは解像度その他の点で十分な性態の発揮が困難なことがわかり、現在では 17 角形として設計されたものが開発使用されるようになってきた。その詳細については次項でさらにくわしく説明することとする。

かくしてカラー受像管試作委員会では華々しく 17 角形のスタートをきったわけではあるが、詳細に検討すると標準管種として採用するにあたり全然問題がないわけではない。アメリカで現在多量生産に移されているのは RCA の 21CYP22(A) だけであるが数年前にウェスチングハウス社で 22EP22 形として 55.9 cm の角形管が製作販売されたことがあった(これもやはりシャドウマスク式三電子銃管)。しかし明確な理由はわからないがこれは現在製造中止となっている。このことより丸形を角形に変更するために決定的な欠陥が生ずるのではないかとの疑が当然生じて来る。理論的には熱的膨張収縮に際して角形より丸形のほうが、ヒズミ力のかかり方が対称的でその前後の寸度的変化、ストレス、熱変形などは小さくなると考えられ、ひいてはこれが原因となって角形管では調整がとりにくいという事態になる可能性が大きく、これが良品率の低下を来たして、1~2 の実験室的試作には成功しても、多量生産態勢をとったとき十分採算がとれるかどうかは現在のところ不明といわざるを得ないが各部品製造会社の努力と相まって明るい見通しである。また 17 形か 14 形かということも研究当初問題になったこともあるが、これについては家庭用テレビセットが白黒の場合では徐々に大形化していく傾向にあり、とくにカラーの場合 17 形を 14 形に小さくしてもコスト的にはあまり改善されずかえってシャドウマスクの設計などが非常に苦しくなるなどの点から一応 17 形に落ちついたわけである。先述したように 17 形であれば白黒 17 形セットをひとまわり大きくする程度で、一般家庭に十分はいりうる大きさであることも一つの大きな要因となっている。

さて 17 角形の開発研究にあたり問題としてとりあげられた主要事項は次のとおりであった。

1. ガラスバルブの軟化温度を高くする
2. シャドウマスクの新設計(材質ならびに穴寸法)
3. シャドウマスクのスプリング材料
4. 三電子銃の新設計
5. 露光の際使用する補正レンズの新設計
6. コイルマグネット類の新設計

これらを解決するため試作委員会内に

1. 三電子銃小委員会
2. 補正レンズ小委員会
3. コイルアセンブリ小委員会
4. マスクパネル小委員会

の4小委員会が設けられ、目下活発な試作研究活動を行なっている。次項にそれらの主要点につきのべることとする。

4. 17 角形カラー受像管の主要部品

4.1 ガラスバルブ

17角形カラー管のガラスバルブは17形70度偏向の白黒受像管のそれとほとんど同一形状をしている。ただパネル部分とファンネル部分とを分離した形で入手し、管生産工程中でハンダガラスで封着することは前述したとおりである。ガラスバルブについて現在問題となっていることは次のとおりである。

(1) 軟化温度の問題

カラー管用のガラス生地は目下のところ白黒用の受像管のガラス生地とまったく同じものを使用している。したがって製造工程中加熱炉中で高温にさらされる場合は軟化して変形を起すことが考えられる。とくに排気工程中は外圧のためにこの作用がいちじるしく、パネル面の曲率に変化を生ずるのである。白黒受像管の場合でももちろん同一の現象はおきているのであるが、この場合は電子銃の焦点面よりパネル内面までの距離が少しくらい変動してもそれがホーカスの劣化として観察されることはまずおこり得ない。ところがカラー受像管の場合ではシャドウマスクとパネル面とは1/100mm以上の精度で対応していかなければならず、この対応がくずれると色純度の劣化として決定的欠点となってしまう。このことは17形管開発の当初からいわれており種々実験も行なわれてきたが、目下の経済事情ではカラー管用として新生地を採用することは困難であるので、バルブガラス製造会社の旭特殊硝子K.K.では白黒用のバルブ生地とともに徐々に軟化温度を高くするよう試みておられる。いまの見通しでは35年7月には21CYP22用ガラスとほぼ同程度のところにまで達しうる見込みである。このゆえに現在(35-4)作製中の球はパネルの曲率の変化がおきないように排気中のバルブ加熱はかなり低温度にとどめており、各部品の吸藏ガスの排気は白黒の場合ほど完全とはいがたいので、寿命の点で一抹の不安を有している。

(2) リペアの問題

各種の管球製造工程では不良品の発生は避け得るものではないので、生産を考える場合は不良品より部品を回収するということについてあらかじめ考慮する必要

がある。カラー受像管の場合は取扱う部品のうちガラスバルブとシャドウマスクが比較的価格が高いので回収の対象として考えなければならない。ところが現在のカラー用ガラスバルブは一度軟化点近くまで加熱すると(とくに排気中に)、二度目に温度を上げる際非常にクラックを発生しやすい。クラックの発生状況は一定しているわけではないのでその原因については目下のところ正しく推定はできないが、シャドウマスクをとめるためのピンが3~4個封入されている上、パネルとファンネルとが接する部分はグラウンドエッジになるよう仕上げが考慮されてはいるが、この部分よりのクラック発生ということも考えられ、白黒の場合に比して条件はかなり苛酷である。したがって実験室的には組立可能であっても、採算よく製造しうるにはこのバルブのリペアが少なくとも2~3回は可能になることが必要と思われる。

(3) 尺寸精度の問題

いままでしばしば述べて来たようにガラスバルブに要求される寸法精度は白黒の場合よりはるかに高い。カラー受像管試作委員会案としてまとまりつつあるバルブの仕様を表4.1、4.2に示す。このなかでとくに重要なのはシャドウマスクをとめるためのピン位置寸法、パネル内面曲率(表ではHの数値で示される)およびシールエッジの幅とおもわれる。ピン位置寸法精度が低いとパネルおよびシャドウマスクの互換性がないばかりでなく、三色ケイ光体ドットを作成する場合にパネルとマスクとの間隔が一様でなくなり、三色ドットが適正の位置に塗着されずグルーピングまたはデグルーピングを生ずる原因となる。シールエッジの幅はフリット封止をする場合に重要なもので、すり合わせ仕上げのエッジが5mm以上の幅がないと満足な封止は困難のようであり、ファンネル側の幅がパネル側より広いほうが不良発生が少ないようにおもわれる。シールエッジの部分のわずかな「カケ」または「すり残り」なども封止の際のクラックおよびリーフの原因となるので厳重に管理される必要があることはいいうまでもない。

寸法精度の点でいま一つ重要なのはリファレンス部分の形状である。カラー受像管の場合は三つの電子銃があり、管軸から離れた位置で各120度の間隔をなしている。したがってこれらを1個の偏向コイルで偏向させる場合には非常にネックシャドウが出やすくなつて来る。さらに製作上の寸法誤差がさけられないで三色ケイ光体ドットを作製したときの露光光源の位置を偏向コイルの偏向中心に一致させるためにどうしてもある程度(通常16mmくらいは必要であるとされている)コイルを前後に動かして調整する必要があるので、その時でもネックシャドウが出ないよう整一な形であることが望まれる。白黒バル

表 4.1 17 角形 カラー 受像管用 ガラスパルプ 仕様案

項目	委員会暫定仕様	項目	委員会暫定仕様
1. 外面曲率半径	686R	1. ネック外径	50.8±1.5
2. モールドマッチ外径	391.0×312.0±3	2. ネック内径	45.7 以上
3. 研磨されたシールエッジ面の外径	383.0×304.5±0.25	3. ネック肉厚	2.03 以上
4. 研磨されたシールエッジの幅	5.0 以上 (ファンネルとのくいちがい 1.0 以下)	4. ネックフレア部長さ (フレア端からリングゲージがつかえる所まで)	25 以下
5. 研磨されたシールエッジ面の断面の傾斜	0.10 以下	5. ネックフレア部外径	66 以下
6. 研磨されたシールエッジ面の平面からの偏差	0.20 以下	6. 研磨されたシールエッジ面の平面からの偏差	0.20 以下
7. 研磨されたシールエッジ面からフェイス中心の高さ (全高)	81.0±1.5	7. 研磨されたシールエッジの幅 (肉厚)	5.0 以上 (バネルとのくいちがい 1.0 以下)
8. ハネル中心部肉厚	8.5 以上	8. 研磨されたシールエッジ外径	383×304.5
9. ピン平面からハネル内面高さの指定値からの偏差	±0.4 ただし中央より 200φ まで ±0.6, 300φ まで ±0.8 それぞれ一点を許容する。	9. 研磨されたシールエッジ面とリファレンス線との距離	±0.25
10. ピン平面と研磨されたシールエッジ面の平行からの偏差	1.0 以下	10. 研磨されたシールエッジ面とネック軸との傾き	0.5 以下
11. ピン平面セントと研磨されたシールエッジ面セントとのずれ	1.3 以下	11. リファレンス線の決定	リファレンス線ゲージ (CY 用と同一)
12. ピン位置寸法	180.4±0.13 140.9±0.13 ただしピン平面セントから長径および短径方向のピンの 5.6φ までの距離をはかる。測定にはダミーマスクを用いる。	12. リファレンス線におけるネック内径のクリアランス	70度のコーンゲージを 36 以上挿入可能
13. ピン位置回転偏差	30 分以下	13. フィジネルの厚さ	3.9 以上
14. ピン端から 5.6φ 位置までの挿入深さ	1.50±0.2	14. 全体の高さ (研磨されたシールエッジとネック後端)	467±3
15. ピンセーバの長さ (ピン軸に平行にはかる)	3.2	16. ハネルのガラス厚み	99±3
17. ハネルと金属との距離		18. ノードボタン部のガラス厚み	3.9 以上

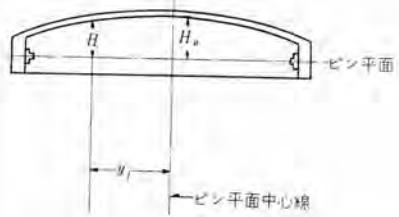
では ファンネルの作成には ネック管と コーン部を リファレンス部で ガス溶着するのが普通であるが、この方法では リファレンス部の肉厚と形とが整一になりにくいので、カラー管では コーン部に短い ネック管はじめ モールド内でつけておき、ネック管の上部で ガス溶接するという方法で リファレンス部の形の整一化を考えているようである。

この寸法精度が高いという問題は パルプ 製造の良品率が低くなるため、製造原価の高値を招来する。いまの段階では白黒用に作られた中から精度の高いものを カラー用として選別するので直接価格にひびく度合も小さいが 将来 カラー管の要求が増大した場合あるいは白黒とまったく設計の異なる パルプ を採用せざるを得なくなつたときは、重要な課題に発展するものと考えられる。

4.2 シャドウマスク

21CYP22 が RCA で開発されたときでも各部品の中でもっとも重要でありかつ困難であったのは シャドウマスクであったものと思われる。17 角形の開発にあたっても シャドウマスクの国産化は非常にむつかしい技術であった。

表 4.2 17 角形 カラー 受像管用 ガラスパネル 内面曲率



	y_f (mm)	H (mm)
X	0	52.00
X	±50	49.99
Y	±100	44.08
Y	±50	49.99
P	±100	44.08
P	±150	33.99
Q	±100	44.08
Q	±150	33.99

開発当初は 21CY 用の マスクの一部をきりとり、これに フレームと バネ材を溶接して使用したりしたことでもあったが、画面の面積が異なるので 21CY と同一設計の マスクでは解像度や三色 ドット 塗着の点で十分ではないことがわかつてきた。そこで試作委員会では最適 マスク寸法の設計にかかるとともに、その試作を大日本印刷 KK に依頼、現在ではほぼ満足するものの作製に成功している。

(1) 材質
21CYP22 では初期のころは 0.2t の 9% Ni 鋼合金板が使用されたが、最近では全部 0.16t の鋼板におきかえられるに至った。鋼合金板が鋼板におきかえられた点については種々理由が考えられるが、17 角形用のシャドウマスクの開発についてはまず鋼合金板で試みられた。それは材料の均質なものが得られやすく、また穴あけ加工も鋼板にくらべて容易である上、平板より彎曲板を得るためにの プレス 工作も歩留りよいと推定されたからである。現在では鋼合金板による シャドウマスクの完成品は量的にも安定して得られるようになり、鋼板を使用したものも試作に成功し、近日中に生産態勢に移しうる段階にきているということである。

(2) 寸法精度

シャドウマスクの所要寸法精度は ガラスパルプに要求されるものと同程度、あるいはそれ以上の値を要求されるものである。マスクには写真印刷法によって規則正しい位置に一定の形状の穴を薬品腐食であけられており、その ピッチ、穴形状は 17 角形で最良の画質を得られるように設計されている。その寸法および許容誤差は試作委員会標

準仕様案では表4.3のとおりである。シャドウマスクの場合にはとくにそうであるが、プレス加工の際対角線上の四隅で材料の伸びのため、穴ピッチに変動を生じるのが、今のところもっとも困難な点であるようである。プレス加工後の面上各部の曲率、それに溶接されるフレーム(ワク)の寸法の均一度および底面の平面度などすべて高度に管理されなければ、球を組みあげたときのビームのミスランディングを起し色純度劣化の原因となる。これらの数値の大要も同じく表4.3に示した。シャドウマスクはまた加熱によって変形をうけても、冷却されれば1100mm以上の

表4.3 17角形カラー受像管用シャドウマスク仕様案

項 目		委員会暫定仕様
有孔曲板寸法	1. 曲率半径	609R
	2. 有孔曲板外径	352×273
	3. 有孔面外径	336×258以上
	4. 有孔曲板側面高さ	12以下
	5. 線辺部幅	1以上
	6. 板厚	0.2±0.02
	7. 穴の間隔	A. ゾーン 0.65±0.01 B. ゾーン 0.65±0.02 C. ゾーン 0.65±0.04
	8. ビーム入射側穴径	0.25±0.01
	9. ケイ光面側孔径	0.36以上
ワク寸法	1. ワク外径	351.7×272.7±0.4
	2. ワク底面幅	14±2
	3. ワク底面平面度	0.45以下
	4. ワク側面直角度	0.45以下
	5. ワク板厚	1.6
バネ	1. バネ寸法	図4.3
	1. シャドウマスク全高	55.0±1.0
	2. ワクと有孔曲板間隔	2.0
	3. バネ穴平面から有孔曲板内面までの高さの仕様値からの偏差	保留 シャドウマスクの中心におけるフェース内面とマスク内面の間隔が決定するまで暫定的に付表のAを基準値とする 保留
	4. シャドウマスクの中心軸とバネ中心軸の偏差	
有孔曲板立・ワク寸・バネ法		

表4.4 シャドウマスクの曲率表

y _{m'} = マスク中心からの距離 A = マスクの全高と各y _{m'} の位置での高さとの差					
y _{m'}	0	20	40	50	60
A	0	0.33	1.31	2.06	2.96
y _{m'}	100	120	140	150	160
A	8.27	11.94	16.31	18.76	21.40

CPT2-30(通114)より

精度で原形に復するものでなければならない。もちろんガラスバルブのように外圧に対して剛性の大である必要はないが、高温(最高490°C、1時間)にさらされても弾性を失わないものであることが必要である。また球に封じこまれた後、その球を動作させると陰極から出た電子ビームの大部分(約85%)はこのマスクに衝突するのでその衝突エネルギーにより温度上昇をおこしひいてはこれが熱変形の原因となるので、熱放散がよいように黒化処理をほどこすとともに、熱変形の少ないよう材質、設計を考慮してある。事実初期のころの21AXP22のシャドウマスクでは衝突電子のための熱変形が大きくスイッチイン

と同時に最良の画質に調整しても、30分ほどたつと見苦しいほどにビームランディングの状態が悪くなり再調整の必要があったが、最近の21CYP22では一度調整すれば長時間安定に動作するよう改良されている。

(3) スプリング材料

シャドウマスクをガラスパネル内側に正しく保持するには、パネルにとりつけられたピン(17角形では4ピンを標準としているが、3個のピンでも研究されている)にマスクのフレームに溶接されている同数のスプリングを正しく、はめこむ方法によっている。ところが後述するようにカラー管の製作工程中にはシャドウマスクの着脱を最低3回は行なわなければならず、さらにフリット封止および排気の際は400~500°Cの高温にさらされることになる。したがって数回の着脱にもそのかん合位置に変化がなく高温にさらされてもそのスプリング作用に変化がないことが要求されるので、スプリング材料の選択には注意が必要である。21CYP22に用いられているスプリング材は通常のステンレス(組成は表4.5)のようであるが、17角形用としては上記のことを考慮して当社世田谷製作所製のメルコロイX 0.5~0.6tを使用し好結果を得ている。厚みをいかなる値にとるかについてはスプリングの形状とも関連があり一概に決定することは困難であるが、NHK技研において種々の厚みのものと、幅2種類について実験検討した結果、0.5~0.6tが最適であるとの結論に達している。しかしこのメルコロイXは高温にたえるバネ材としてはきわめて優秀な特性をもっているが、価格が比較的

表4.5 21CYP22用バネ材料

Ni	Cr	Mn	Si	Mo	Ti	Cu	Cb	W	Al	Fe
8.21	17.79	1.62	0.45	0.15	—	<0.005	—	—	<0.01	bal

21CYP22用バネ材料の分析値(%)

状態	入手のまま	300°C 2H	400°C 2H	500°C 2H	600°C 2H	700°C 2H	950°C 2H
		HF(10kg)	376	406	406	355	252

21CYP22用バネ材料の硬度(3点の平均値)

高い点とバネ性を出すための予備処理の管理が簡単でないので、スプリング材としてステンレス系の17-7PHを同製作所で開発中である。これを使用した場合の実績はまだ出ていないが、材料の有する特性(表4.6に示す)より見て十分満足して使用できるのではないかと考えております。

表4.6 メルコロイXと17-7PH

成 分	Cr	Ni	Al	Fe
%	17	7	1	bal

17-7PHの標準化成分(%)

彈性率	2.0×10 ⁴ kg/mm ²	2.2×10 ⁴ kg/mm ²
引張り強さ(0.2%オフセット)	135 "	170 "

降伏強さ	120 "	160 "
伸び	7%	2%

17-7PHとメルコロイXの機械的特性

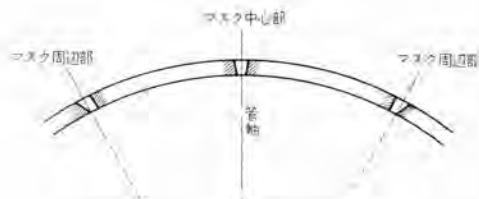


図 4.1 シャドウマスク 穴の形状

Fig. 4.1 Shapes of shadow-mask holes.

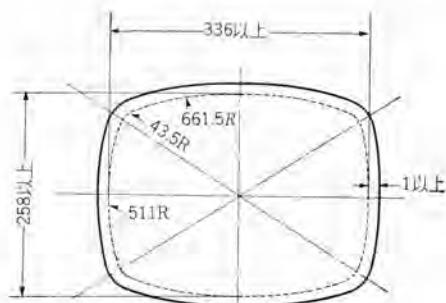
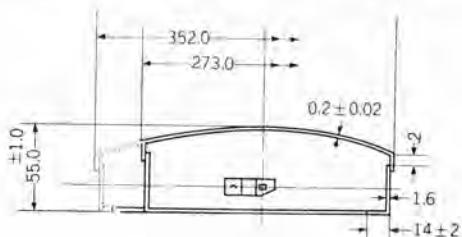


図 4.2 シャドウマスク 各部の寸法

Fig. 4.2 Dimension of shadow-mask for 17 rectangular color kinescope.

り、これであれば比較的安価に作りうる利点がある。

シャドウマスク 全般にわたって現在は試作段階を終り、昨今ようやく量産態勢に移ろうとしているところである。21CYP22 のマスクでは穴の形状が全面一様でなく、画面の中央と隅のほうでは図 4.1 のように異なっている。これはマスクにビームが入射するとき中央では垂直にはいるが、周辺では当然なめに入射することを考慮して、ビームが穴の壁になるべくあたらないように配慮されているのであるが、17 角形ではまだそこまでの考慮はされていないようである。シャドウマスクについては上述のように未解決の問題がのこっており、とくに鋼板製の国産マスクではまだ使用実績もないでのこれから解明を要する点が多く生ずることと思われる。またマスクの設計についても、三色ケイ光体ドットの塗着技術およびマスクの穴あけ技術との関連において一応可能な最適穴ビッチおよび穴径となっているが、技術の進歩につれてこれらをより理想に近い設計にするよう努力がはらわれている現状である。

4.3 三電子銃

17 角形 カラー 管でも最初は 21CYP22 とまったく同

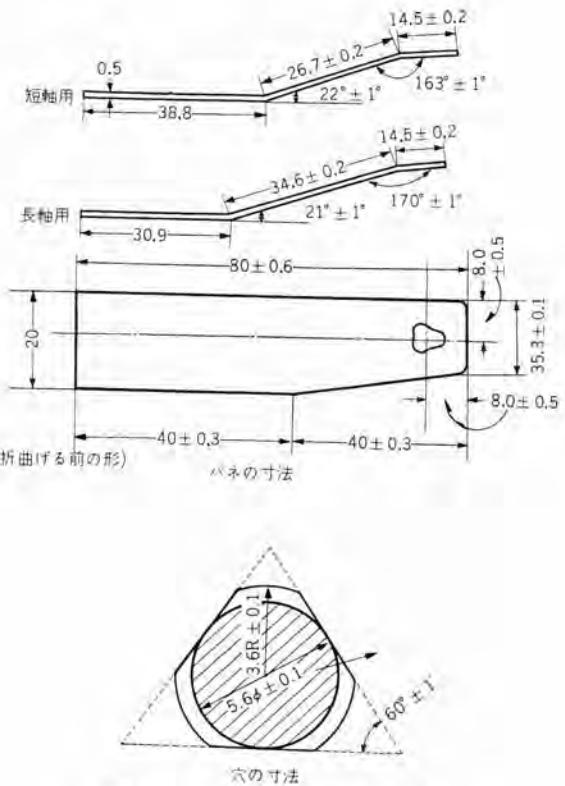


図 4.3 シャドウマスク 用 パネ の寸法

Fig. 4.3 Dimension of spring for shadow-mask.

一設計の三電子銃が用いられていた。これはすでにのべたように静電集束、バイポテンシャル形である。もちろん白黒受像管ことなり通常の加速、集束用電極のほかに各色ビームの通路を補正するために、ラテラルポールピース、ラジアルコンバーゼンス用ポールピース、および各ビーム間の磁気シャヘイのためのシールド板を有している。バイポテンシャル形が採用されているのは、印加高電圧が 2 種類となって電源装置は複雑になるけれども、電極直径が小さくなり、三つの電子銃を組みあわせても比較的細いネック管に収めうる利点があるからである。図 4.4 は 21CYP22 と同一設計の 17 角形管用の三電子銃の写真であり、図 4.5 はこれらの各部品の写真である。ところがシャドウマスクの場合と同様に 17 角形用の電子銃として 21CY と同一のものを組入れることは必ずしも解像度の点などで最良のものでないことがわかつて来、マスクの設計変更について電子銃でも新設計の必要が生じて来た。

(1) ナローガン 17 角形管の試作

17 角形 カラー 管のパルプの外形寸法は 17 形 70 度偏光の白黒管と同一であるけれども、ネック管の直径だけ 50.8 mm と太くなっていることはすでにのべたとおりである。この管の開発の当初から、この太いネック管を白黒なみに細くできないものかということが検討されてきた。それにはまず三電子銃の組み上がり直径を小さくすることが必要であった。試作委員会の三電子銃小委員会

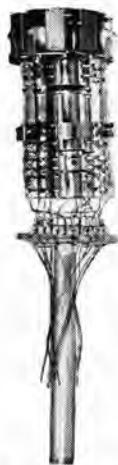


図 4.4 三電子銃

Fig. 4.4 Three electron gun.

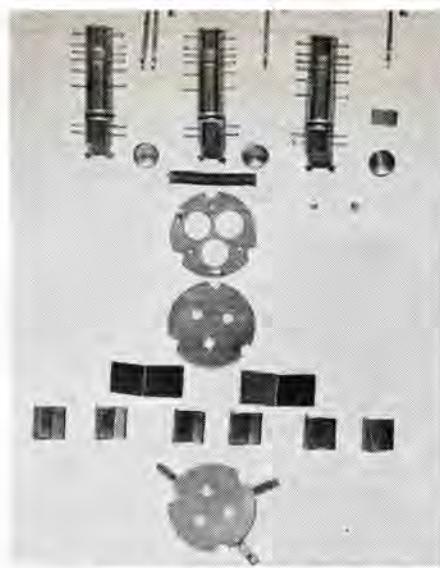


図 4.5 三電子銃電極部品

Fig. 4.5 Parts for three electron gun.

ではこの点につき シャドウマスクの新設計との関連を考慮しつつ直径の小さい単電子 3 個を組みあわせた三電子銃の試作を完成した。この電子銃は陰極は通常の白黒受像管用のそれと同一設計のアッセンブルを使用しており、ヒータも同一である。 G_1 以下の各電極の直径は 110 度偏向用の電子銃の直径と同一にとってある。したがって G_1 のアーチャは 0.65ϕ となっており、今までの 0.92ϕ よりは小さいのでより細いビームが得られ、解像度が上がるよう考慮されている。しかし一方カソード負荷は同一画面電流に対して大きくなるので楽観はゆるされないが 110 度偏向程度以下であるから十分寿命に耐えうるものとおもう。ナローガンの試作データの最新のものは表 4.7 のとおりであってほぼ所期のとおりであるが、コンバーゼンス補正に対してラテラルポールビースによるビームシフトの方向および量が不十分であることがわかり、現在ではさらに 1 個のポールビースを付加したものにつき実験が進んでおりほぼ 21CYP22 なみの特性が得られるようになった。

(2) ナローネック 17 角形管

(1) 項にものべたとおりナローガン 17 角形の開発の目的はネック管を細くすることにより偏向電力とくに水平偏向のための電力を減少しようとするにあつた。偏向電力が減少するということは、偏向用真空管が一段あるいは二段小形の球ですむことになり、スペースの減少と相まって価格低減に大きく寄与するのである。ところがネック管を細くする試みは次の 2 点で実現困難となり目下のところ行きづまり状態にある。

a. ベースpin の耐圧がもたない

さきにものべたようにこの電子銃はバイポテンシャル形をとっているので、陽極電圧として 17~18 kV を必要とするほか、集束電圧として 4~5 kV が必要である。陽極電圧はファンネルにとりつけられたキャビティにより印加するので問題はないが、集束電圧はボタンシステムのリード

表 4.7 ナローガン 使用試作 17 角形 カラー 管の実測値

試験条件 $E_f=6.3 \text{ V}$ $E_b=16 \text{ kVdc}$
 $E_{cs}=200 \text{ Vdc}$ ラスター $353 \times 272 \text{ mm}^2$

項目	単位	測定値	
G_1 穴径 リミッティングアーチャ径	mm	0.65	
G_1, G_2 穴偏心	mm	2.4~2.8 ϕ	
G_2, G_3 穴偏心	mm	0.01~0.015	
	mm	0.01~0.02	
ヒータ電流 (I_H) 全カソード電流 (85 lm/m^2 白ラスター)	Aac	1.75~1.80	
第 3 格子電流 (M_{Cs})	μA	620~630	
最大陽極電流 ($M_{Ik}-M_{Ic^2}$)	μA	100~520	
カットオフ電圧 (スポット E_{Cs})	Vdc	1500~2160 -79~100	
集束電圧 および モノスコープ解像 本数	水平集束調整 E_{Cs} R_H R_V	Vdc 本 本	3800~4100 450 以上 300 以上
	垂直集束調整 E_{Cs} R_H R_V	Vdc 本 本	3750~4000 300 以上 500 以上
スタチックコンバー ーゼンス必要量	ラジアル*	mm	0~5.4
	ラテラル†	mm	-2~4
ピュリティ調整必要量	mm	5~6	
ヨーク位置 (G_1 端よりヨーク端)	最前部 最良調整 ネックシャドウ	mm mm mm	131 122~131 以上 107~117
スポット位置	最良調整 アセンブリなし	mm mm	-2~+8 -10~0
耐圧 ($E_b=22 \text{ kV}$) ($E_{Cs}=6.6 \text{ kV}$)			OK
ピュリティ		良	

* コンバーゼンスアンダルを増す方向の調整必要量を正とする

† 右方へビームスポットをシフトする方向の

(測定はすべて CY 用の偏角ヨークで行なう)

表 4.8 ラテラルポールビース追加 ナローガン 使用
試作 17 角形 カラー 管の実測値

測定条件 $E_f=6.3 \text{ V}$, $E_b=16 \text{ kVdc}$
 $E_{Cs}=200 \text{ Vdc}$

項目	単位	測定値	
G_1 穴径 リミッティングアーチャ	mm	0.65	
G_1, G_2 穴偏心	mm	なし	
G_2, G_3 穴偏心	mm	0.010~0.015	
ポールビース材料	mm	0.010	
ラテラルポールビース追加	mm	バーマロイ 78%, 0.27 t	
ピュリティ		非常に良い	
ヨーク位置	最良調整 ネックシャドウの出る位置	mm mm	5 (ヨークを前方に押しつけた位置より後方へとった距離) 19~27
	ラジアルコンバーゼンス感度	mm/mA	平均 2 (ラテラルポールビース 1 個のものでは平均 1.5)
ラテラル調整感度	mm/mA	0.03~0.10 (CY 用と同程度)	
集束電圧およ び解像度	バターン E_{Cs}	Vdc	3650~3900
	ラスター E_{Cs}	Vdc	3750~3800
	バターン解像度	本	450~500

を通じて印加しなければならない。このボタンシステムは 14 本のリード線を必要とし、各リード線の間隔は 4.2 mm くらいとなっているが、室温 22.5°C、湿度 90% での耐圧試験の結果では 5~6 kV でスパークオーバーするものが多かった。またこれに接着するベースおよびソケットはまだ試作品がないので正確なデータはないが、ひとまわり大きいイメージオルシン用のものでも 7 kV くらいから危険であるので、4~5 kV でだいじょうぶというわけにはいかない。もちろんこの耐圧特性は合成樹脂の成分、加工工程により大きく相違するが、集束電圧ぎりぎりの耐圧では異常電圧発生時にはたちまち絶縁破壊をおこすので安定にこの電圧を印加することはできない。

b. ネックシャドウ が出やすい

三電子銃を用いる カラー 管では三つの電子 ビーム が管軸から離れたところを軸とある角をなして通過するため、白黒管に比して ネックシャドウ が出やすいということは先に述べた。それゆえ ナローガン にして三つの電子流を管軸に近づけても ネック 管がそれだけ細くなれば、ネックシャドウ の出やすさはかえって悪化され、色純度調整のための偏向 コイル の前後動をほとんど不可能とする。さらに計算によれば ナローネック になっても偏向 コイル 電力はあまり低減されないことがわかつて来た。

これらのため最初の目的とは異なったけれども、偏向電力が小さくてすみ、解像度よく色純度調整も比較的容易にできる上記 ナローガン を、21CYP22 と同一の ネック 径 50.8 mm に封入したものを次期の標準管として試作をすすめている。なお 17 角形 バルブ に 21CYP22 と同一設計の電子銃を封入したものは 430AB22 としてすでに CES 規格に登録されており、各社で製作しつつあるが、ナローガン を用いたものはまだ形式名称は決定していない。

また電子銃部品を組みあげるには古くは磁器性の絶縁棒などが用いられたこともあったが、最近では白黒受像管では無色透明な パイレックスガラス 棒を利用する ビード 法が全面的に採用されている。この ビードガラス は普通のガラスなどにくらべればはるかに絶縁耐力は高いが、カラー受像管では白黒以上の高圧に耐える必要があるのでこれ用の新ガラスの開発が望まれていた。最近旭特殊硝子 K.K. で完成した ビード 用焼結ガラス ASF101 は白色不透明で絶縁耐力も大きいようである。ただ ビード 作業を パイレックスガラス のときと同様にすると往々発泡したりするので注意しなければならない。17 角形 カラー 管用の三電子銃としては 21CYP22 と同一設計のものはいつでも量産に移りうるし、また ナローガン も設計が決まり次第いつでも量産に対応しうる状態である。

4.4 その他の部品

(1) 補正用 レンズ

これは カラー 受像管そのものの部品ではないけれども受像管の ケイ 光面 ドット を作成するときに必要な光学用レンズ である。すでに述べたように ケイ 光面 ドット を作成するには、パネル 内面に ケイ 光体スラリ (感光剤を含有する) を一様に塗布した上その パネル に組み合わせる予定の シャドウマスク をはめて、露光台上に静置する。パネルに対して電子 ビーム の予想偏向点に点光源 (実際は 4° 程度の水銀灯光源) をおき シャドウマスク の穴を通してスラリに光を与え、露光した部分を難水溶性として ドット を作るのである。ところが直進性においては電子と光の通路

は同一であるが、偏向 コイル により電子を偏向するときは偏向角が大きくなると偏向面が ケイ 光面に近づく性質がある。この誤差をあらかじめ露光する際に補正してやるのが補正 レンズ であって、ドット作成には重要なものである。補正 レンズ 小委員会では 430AB22 用のものを設計試作中 (設計は 21CYP22 用としても共用しうるはずである。すなわち同一偏向 コイル であれば同一 レンズ となる) であるが、新設計の ナローガン 用のものも設計試作にうつされることとおもう。

(2) コイル、マグネットアセンブリ

430AB22 用の コイルマグネット 類は三電子銃が 21CYP22 と同一設計であり、偏向角もやはり 70 度であるので 21CY 用と同一設計でよい。コイルアセンブリ 小委員会では 430AB22 用の偏向 コイル の国産化をすすめておりほぼ完成している。また ナローガン 用の コイル 類についても設計試作が進められている。カラー 管用の偏向 コイル は三つの電子 ビーム が管軸を通らずかつ軸に対してある傾きをもつてるので、画面のはしのほうでも ホーカス およびコンバーザンス を良好に維持するために、コイル の窓面積を広くとり、水平 コイル は整一磁界に垂直磁界は ピンクション になるように設計すると都合がよいようである。中間試作品の実験結果は表 4.9 に示すとおりである。

表 4.9 各種偏向 コイル の特性

偏向 コイル 種別		RCACY 用	電音 CY 用	試作 17 形 用	備 考
水 平	L	(mH)	11.7	11.8	バランス用コシデンサ除去
	R	(Ω)	6.3	6.8	
	L/R	(mH/Ω)	1.9	1.7	
平 垂 直	I_{pp}	(A)	1.17	1.14	1.06
	LI_{pp}^2	(mH·A ²) (%)	16.0 100	15.4 98	13.1 82
	RI_{pp}^2	(Ω·A ²) (%)	—	—	—
垂 直	L	(mH)	45.6	49.0	50.7
	R	(Ω)	20.0	22.2	25.7
	L/R	(mH/Ω)	2.3	2.2	2.0
	I_{pp}	(A)	0.49	0.48	0.44
	LI_{pp}^2	(mH·A ²) (%)	10.8 100	11.4 106	9.8 91
	RI_{pp}^2	(Ω·A ²) (%)	4.72 100	5.17 110	4.96 100

受像管 430AB22 $E_b=15$ kV

マスター…有効ケイ光面一杯

5. 製造工程

17 角形の製造工程は一部をのぞき 21CYP22 と同一である。それゆえここにはその工程表を図 5.1 として示すにとどめくわしい説明は省略することとした。

たださきに述べたように、ガラスパネル の温度特性が 21CY 用と異なるので、各種の炉作業の管理は多少になっている。とくに排気中では ガラス の軟化のためにパネル 面が吸いこまれ内面曲率の変化を生ずる恐れがある

ので目下のところ最高温度を 300~350°C と低くとっている。この点に関しては パルブメーカーたる旭特殊硝子でも改良に力を至され、徐々に軟化温度を高くしておられるのでこの管理温度も近い将来もっと高くとりうるものと期待している。

また製造工程そのものが異なるわけではないが、21CYと17角形で管寸法が異なるので、露光台で水銀灯光源の光でスラリ膜を露光する際、パネル面から水銀灯までの距離および点光源の偏心度は21CYとはことなり、また補正レンズおよび光量調整用のフィルタの挿入位置も相違するので、両管種を同一機で流すことは不能である。その他の工程、たとえばスラリ塗布、現像、フィルミング、アルミバックなどは簡単なアダプタを利用することにより同一機で両者を流すことも可能であるが、共用機とするよりも17角はそれ専用機としておくほうが工程管理も楽であり能率よく作業できることは当然のことである。

また現在われわれが試作をすすめていてもっとも困難と感ずるのはケイ光面の汚染の問題である。白黒受像管でもこの作業はもっとも不良の出やすい工程といわれて

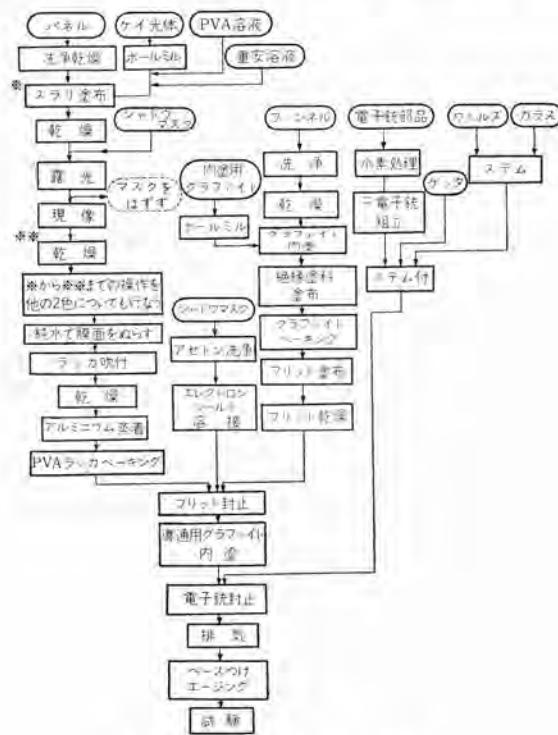


図 5.1 カラー受像管の製造工程

Fig. 5.1 Manufacturing process for color kinescope.

いるが、カラー管の場合はパネル面を単独で取扱う作業が多いいため、ケイ光面が外気により汚染される機会がきわめて多いと考えられる。とくに青色ケイ光体はわずかな銅イオンの接触によっても発光が黄色に変わるので、通常塗着室では銅イオン発生の恐れあるもの、たとえば黄銅性の機械器具および金具などの使用は絶対にさけなければならず、やむを得ないときはニッケルメッキを施すなどの注意が必要である。電源用ライフスイッチのスパークも汚染の原因になるといわれているので、カバー付のもの、できれば銅接触片でないものの採用が望ましい。さらに重要な点は室内温湿度の制御である。温度および湿度により敏感に特性の変動を受けるケイ光体スラリを取扱う関係上、室内はつねに25°C, 60%に保持する必要があり、またわずかなゴミによっても塗着面にぬりムラを生じたり、変色の原因となるから完全無ジン室とすることが望ましい。また作業者より発生する異物たとえば毛類の繊維なども不良発生の原因となるから、室内ではナイロン製などの上衣、下衣を着用することが必要である。

6. む す び

カラー TV 発展に大きな要因をしめるといわれている
カラー 受像管のうち, 最近にわかつ注目されるようになつ
てきた 17 角形 カラー 受像管につき研究試作の現況と將
來の發展方向などについてのべた. カラー 受像管につい
ての調査研究が開始されてからまだ日も浅いにもかかわ
らず今日では世界的に見てもその成果は誠に目ざましい
ものがある. これは カラー 受像管試作委員会関係各位の
不斷の努力によるところであつて, とくに本文では同委
員会第一, 第三分科会に提出された資料を数多く拝借さ
せていただいた. ここに深甚の謝意を表する次第である.

(35-4-9 受付)

参 考 文 献

- (1) 山下彰ほか: テレビ用電子管, 221 (昭 32)
 - (2) 高柳健次郎ほか: カラーテレビジョン技術, 91 (昭 34)
 - (3) カラー受像管試作委員会技術関係資料
CPT2-3 (通 17), CPT2-9 (通 49), CPT1-56 (通 95),
CPT2-25 (通 100), CPT2-28 (通 112), CPT2-30 (通 114),
CPT1-65 (通 116), その他
 - (4) 鷲尾信雄: カラーテレビジョン用受像管, 「三菱電機」 No. 8
(臨時), 33, 106 (昭 34)

熱陰極格子制御放電管の使用上の諸問題

研究所 岡田武夫*・青木伸一*

Problems on Applications of Hot Cathode Grid Control Discharge Tubes

Research Laboratory Takeo OKADA・Shin-ichi AOKI

As the industrial equipment has been gradually turning to the automatic control, demand for hot cathode grid control discharge tubes has increased at a bound. In their field of application, new circuit systems have come into use one after another. But lack of thorough understanding to the discharge tubes sometimes brings about troubles on account of their peculiar phenomena. With this drawback in mind, the writers, based on their design and test on various discharge tubes, expound various characteristics such as inverse voltage, tube voltage drop, grid control characteristic and control ability recovery time, and also mis-fire, grid emission and gas clean-up, which all affect the circuit operation.

1. まえがき

熱陰極放電管は古くからイグナイトロン点弧回路や、溶接器制御回路などに広く使用されてきたが、最近の工業装置の自動制御化の傾向に伴って、急速に用途が増大しつつある。その応用面は実に多様になり、新しい回路方式がつぎつぎと採用されている。当社はこの種の放電管に対しては長い実績を有しているが、今後の拡張される需要に対しても十分対応しうるように、管球の性質向上に努力している。

一方実用の回路についてみると、必ずしも放電管の特性が十分理解されているとはいがたい面もある。放電管の試験は、電子機械工業会規格の CES ET-21 を基礎として行なわれており、十分満足する特性を有しているにもかかわらず、回路からみれば使用に耐えないというたぐいの問題が起る場合がしばしば生じる。そこで本文では放電管における現象を、回路と関連させてながら行なった種々の試験結果についてのべる。

2. 耐逆電圧と管内電圧降下

熱陰極放電管の管内電圧降下は普通ガスの電離電圧程度で、その電圧値自身が回路上の問題になることはあまりないが、放電管の寿命を予知する上にもっとも大切な目安になる。また次の実験から耐逆電圧の変化とも関連性のあることがわかる。

いま水銀入りサイラトロン 7G14A を例にとって管内電圧降下 e_{ta} および耐逆電圧 e_{px} が陽極電流、管壁温度、陰極劣化の程度により変化する様子を説明しよう。図 2.1

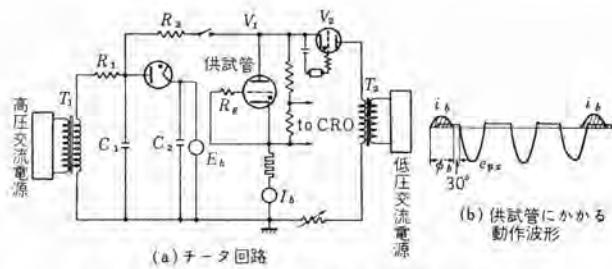


図 2.1 耐逆電圧および管内電圧降下測定回路

Fig. 2.1 Peak inverse voltage and tube drop voltage test circuit.

に示す耐逆電圧試験回路はいわゆる チータ回路で、供試管 V_1 には補助管 V_2 により平均電流を一定に保ちながら規定の尖頭電流を供給し、変圧器 T_1 により逆電圧を印加する。その動作波形は同図 (b) に示す。 V_2 の陽極には尖頭電流 i_b 流通後ただちに高い正電圧 (供試管に対する逆電圧) が加わることになるので、高圧側位相は電源に対して約 30 度 ($f=60$ c/s) 遅らせてある。逆弧の確認は V_1 の両端電圧を抵抗分圧して ブラウン管 オシロに写る波形によって行ない、ある一定条件において 1 分間逆弧が発生しない最高の e_{px} を直流電圧計 E_p により測定する。

一方管内電圧降下 e_{ta} は同一条件において電圧電源を切り、 V_1 の両端電圧を直接測定する。この場合供試管には並列抵抗 $10\text{ k}\Omega$ を接続し逆電圧が現われるのを防いた。

陽極耐逆電圧および管内電圧降下が管壁温度 (ラジエータ部分の温度)、陽極尖頭電流、あるいは陰極劣化状態によって変化する様子をそれぞれ図 2.2~図 2.4 に示す。まず図 2.2において耐逆電圧についてみると、高温にな

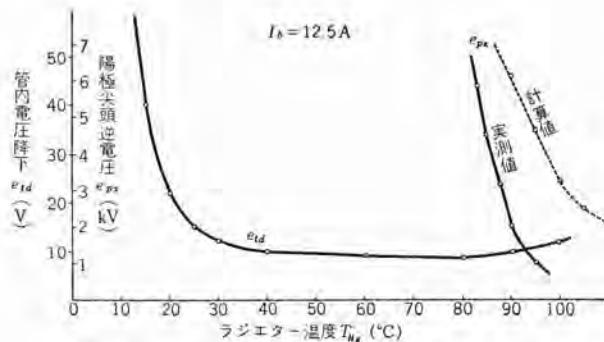


図 2.2 耐逆電圧および管内電圧降下の温度特性

Fig. 2.2 Temperature characteristic of inverse voltage and tube drop voltage.

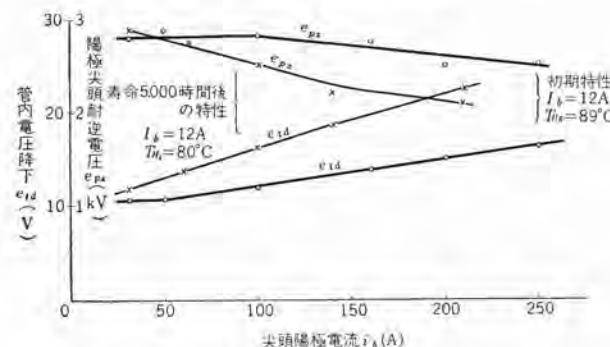


図 2.3 耐逆電圧および管内電圧降下の陽極電流特性

Fig. 2.3 Anode current characteristics of inverse voltage and tube drop voltage.

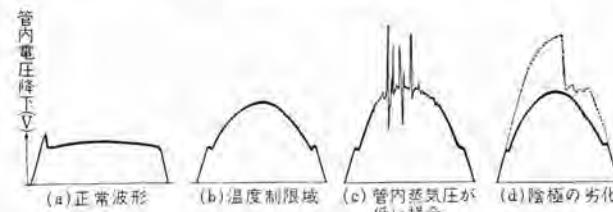


図 2.4 管内電圧降下波形

Fig. 2.4 Waveform of tube drop voltage.

るほど低下し、85°C の時は 5 kV で 1°C 上昇することに 0.5 kV の減少を示す。また図 2.3 から正常な管では管内電圧降下一定の範囲では陽極電流による影響はあまりなく、管内電圧降下の上昇する範囲で耐逆電圧が低下することがわかる。陰極の劣化したものでは、陽極尖頭電流の増加とともに低下し、とくに逆弧は陽極通電直後の半サイクル中に生じやすい傾向がある。なお 7G14A では通電開始直後の 5~20 分間で耐逆電圧が低下する傾向があり、長期間横倒し放置されたものでは、1 kV 程度になる場合もある。

つぎに図 2.2 に示すように管内電圧降下 e_{td} の温度による影響は低温部で顕著で、 $T_{Hg}=30^{\circ}\text{C}$ 以下になると急増し始める。さらに低温になるとその波形は図 2.4(c) のようになり、 e_{td} の高いところで生ずるこの高周波パルス振動は振幅約 100 V、周波数 10 kc 程度であり、管内の強い振動音を伴う。温度の低下とともに振動はますます

激しくなり、陽極は加熱されてくる。これらの異常現象が生ずる臨界温度は、 i_b が大なるほどより高温側へ移る。また e_{td} は陽極電流 i_b に対してほぼ直線的に増加する。とくに寿命試験 (60 c/s, 200 V_{ac}, 電源において $i_b=40 \text{ A}$, $I_b=12.5 \text{ A}$ を 5,000 時間) を経過したものでは i_b に対する増加率が大きく、このような管球は試験開始直後数秒もすると e_{td} が 30 V から 25 V にも減少し、約 1 分後に安定するという現象を示す。このとき e_{td} の波形は図 2.4 (d) のようになり、これは陰極破壊が起っていることを示す。

逆弧現象は偶発的な要素に支配されることが多いが、管壁温度の上昇とともに水銀蒸気圧が急激に上昇するので、電極間の放電開始電圧は低下する。図 2.2 には参考として電極間距離 2.3 cm の場合の放電開始電圧を Paschen 曲線から求めて示してあるが耐逆電圧はそれより約 10°C 低いところにあり大体平行している。

熱陰極放電管の場合、普通陰極のエミッションは十分であり、イオンは単に陰極前面の負の空間電荷を打消せば足りるのであるから、イオンは電荷の運動にはほとんど寄与しない。しかし陽極電流が過大となって管内電圧降下が増加する範囲、すなわち陰極の温度制限領域にはいると逆弧頻度が増加するのは、この領域で不足の飽和電流を補うため管内のイオン密度が増加するためであり、外部的にはグローが管全体に広がる様子が観察される。また陽極あるいは高温の管壁部に水銀粒とか絶縁物被膜が付着している場合は、耐圧が管の最低部温度で一義的に定まらず、陽極付近の局部的蒸気圧増加の影響や陰極点発生の原因を作るために逆弧を起しやすくなる。このため水銀入り管では保管、輸送、運転のいかなる場合も垂直（陰極下方）位置で取り扱い、また初めて使用する場合は適当なエージングが必要である。

管壁温度が低下するとともに水銀イオン密度が希薄になるので管内電圧降下の増加は急激になる。波形に現われる振動電圧はイオンが極度に不足するため、いわゆる starvation を起して放電が断続する現象である。また寿命試験後の試料で放電初期に e_{td} が減少するのは、イオン衝撃による陰極加熱が起り陰極が活性化されるからであろう。

3. グリッド始動特性

通常カタログに記載されている陽極電圧 E_{pp} とグリッド電圧 E_{cc} との関係をグリッド始動特性と称する。カタログにはある範囲をもって示されているが、特定の試料について外部条件を一定にすれば、これは 1 本の曲線で表わされることになる。図 3.1 (a) はクセノンガス封入サイラトロン

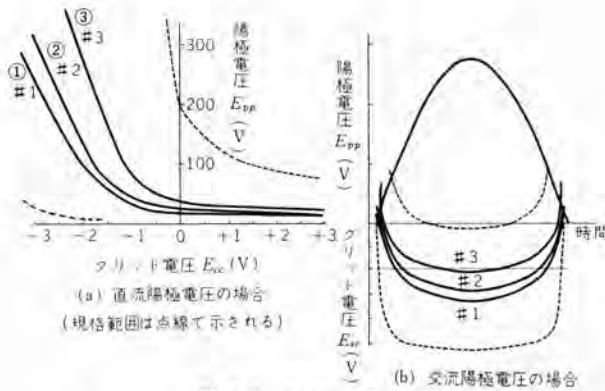


図 3.1 4G14 始動特性

Fig. 3.1 4G14 critical grid voltage foreconduction.

4G14 の始動特性範囲で、陽極電圧の低い部分を拡大して描いたもので、陽極交流電圧 200 V の場合の グリッド放電開始曲線をプロットすると、同図 (b) のようになる。すなわち グリッド電圧が -2 V においてはあるものは位相角 30 度で点弧し、また点弧角が 90 度になるものもある。

そこで 4G14 の規格試験に合格するもののうちから製作、動作経歴の異なる試料 #1, 2, 3, を選びこれらが図 3.2 の回路でどのような動作をするか実験してみよう。ここで各試料はそれぞれ図 3.1 の曲線 ① ② ③ の特性をもち #3 は寿命試験 1,000 時間を経過したものである。

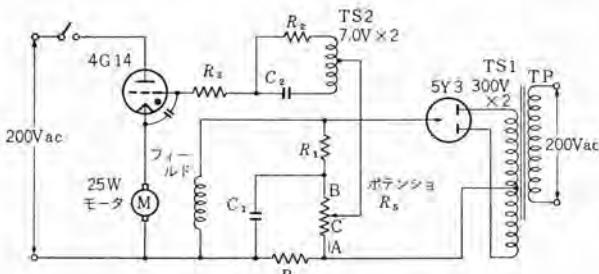


図 3.2 モータ速度制御回路

Fig. 3.2 Motor speed control circuit.

図 3.2 は事務用複写機のモータ制御用 サイラトロン回路を示す。ポテンショ 抵抗 R_s の位置により速度比を 1:40 の範囲に変化させうる。A および B 点における回路の動作波形は図 3.3 に示すように、A 位置では グリッド 電圧は放電開始曲線と a 点で交差し、陽極の点弧角は約 130 度遅れることになる。B 位置の場合は R_s の AC 間の正直流 バイアス が加わるので、4G14 は約 90 度遅れて点弧することになる。今この回路に前記の試料を使用した場合、高速度範囲では各試料ともまったく同じ動作をするが、低速度域での動作は 3 本とも異なる。最低速度の点において、#1 は標準の回転数がえられるが、#2 は放電が間けつであるため約 2/3 の回転数になり、#3 ではまったく点弧しない。結局 #3 は正 バイアス を増加して

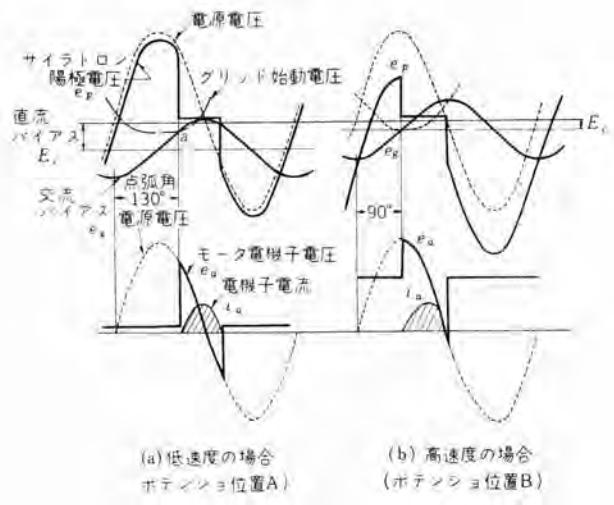


図 3.3 モータ制御回路の電圧電流波形

Fig. 3.3 Waveform of voltage and current in the motor control circuit.

行けば点弧角 110 度において初めて起動し、最低制御速度は標準の場合の約 1.5 倍になる。これらの相違は始動特性の差から生じるもので、この回路に使用する場合は規格範囲の負側の特性のそろったものを選ぶ必要がある。また回路側については、管球が長時間使用するにつれて特性が変化することを見込んだ設計とすべきである。その具体方法について検討すると

(1) 失弧球の特性 上述の #2 と #3 における点弧角の相違は カタログ に示す グリッド 特性曲線の差だけでは説明できない。そこで図 3.2において抵抗負荷とし、陽極が初めて点弧するときの グリッド 電圧波形を調べた。その結果は #1, #2 は交流 バイアス 電圧の ピーク が臨界 グリッド 電圧に接したとき放電開始するが、#3 は ピーク 値より約 10 度遅れた位相で点弧している。すなわち #3 においては グリッド 電圧が臨界値をこえてから、陽極回路に放電が開始されるまでに若干の遅れがあるため点弧が不安定となり、かつこの遅れ位相が変動すると間けつ放電になりがちである。一般に サイラトロン の イオン 化時間は グリッド 過電圧に対して図 3.4 のように、 グリッド 過電圧、陽極電圧、管内 ガス 壓が大なるほど短くなり、また正特性の管球や陰極の劣化した管球では長くなるのが普通である。#3 の試料は使用中に管内 ガス 壓が相当低下しており陰極の劣化も考えられ、この回路状態で使用する限りにおいては寿命が尽きたことになる。

(2) 回路の改良 以上のような サイラトロン の特性変化を考慮して安定な動作を期待するためには、図 3.2 の交流 バイアス をもっと高くすべきである。たとえば 10 V_{ac} としその遅れ位相は 90~120 度の範囲で調整すると、交流 グリッド 電圧が変化率の大きい零電圧付近で臨界曲線を切ることになるので、上記の回路で寿命の尽きた管球

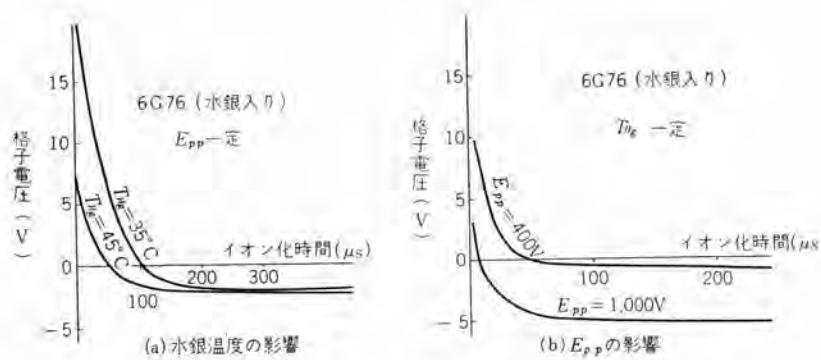


図 3.4 イオン化時間
Fig. 3.4 Ionization time.

でも点弧が確実になる。グリッド電圧の遅れ位相 90 度の場合の特長は陽極点弧位相をほぼ 180 度にわたって制御できることであるが、それほど広い範囲に点弧位相を調整する必要のない場合は、動作が安定になるもっと遅れた位相を採用したほうがよい。かくすれば上記 #3 の試料も安定に動作しうる。

4. グリッドエミッション試験

グリッド電流は多くの要素から構成されるが、高温で動作するグリッドに、陰極からの活性物質が付着して熱電子を放出することによって生ずる、いわゆるグリッドエミッション電流は注意すべき成分である。グリッド電流が流れるとグリッド回路抵抗に電圧降下を生じ、これが信号電圧と同程度であれば信号の有無にかかわらず動作してしまい、制御が不安定になる。これに対する試験として陽極電流シャットダウン試験が CES ET-21 に規定されている。いま 6G85 (米国相当品 5685) に例をとると、図 4.1 (a) に示す回路を用いて陽極尖頭順電圧 E_{py} = 1,000 V において毎サイクル点弧するようにグリッド電圧を調整して、陽

極電流平均値 I_b = 6.4 A 尖頭電流 i_b = 77 A を規定時間 t = 5 分間流した後、バイアスを次第に負のほうへ深くしていくと、陽極はもはや次のサイクルで点弧しなくなり電流はシャットダウンされる。このときのグリッド電圧 E_{ce} をグリッド抵抗 R_g = 10 kΩ と 1 MΩ について測定すればグリッド電流 I_c は

$$I_c = (E_{ce(1)} - E_{ce(2)}) \times 10^{-6} \text{ (A)}$$

から求まる。この試験回路の特長

は電流がシャットダウンされる直前のサイクルまで最大定格電流を流す点にあり、一般的のサイラトロンなどと比べてかなり厳格になっている。以上の測定を各陽極電圧について行ない、グリッド制御曲線に描くと、グリッド電流の大小によって図 4.2 のような相違が生ずる。極端な場合はグリッドはまったく制御機能を失って陽極電圧に無関係な直線になってしまい、この特性曲線は電極の温度によって変化することから、これはグリッドエミッションの影響であることが確認される。水銀入り管で管壁温度が上昇した場合も制御特性が深くなるが、この場合との区別は始動特性からの平行

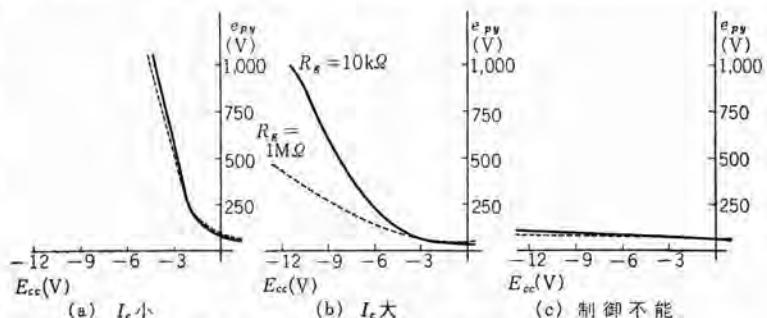


図 4.2 グリッド電流による制御特性の変化
Fig. 4.2 Variation of control characteristic by grid current.

移動分が大体グリッドエミッションの影響と考えてよい。

寿命試験中におけるグリッドエミッションの増加は、(1) 陰極温度が適正でない場合、(2) 陽極尖頭電流が過大である場合、(3) 陰極が劣化して管内電圧降下が増大する場合、(4) 陽極電流を流さずに長時間フィラメントのみ加熱した場合、などに激しくなる。これを防ぐ方法として管球工作上の問題としては、(1) 陰極エミッションを低下させることなく、活性物質の蒸発を極力抑えること、(2) イオン衝撃に強い陰極をうること、(3) グリッドは仕事関数の高い材質であると同時に、付着した

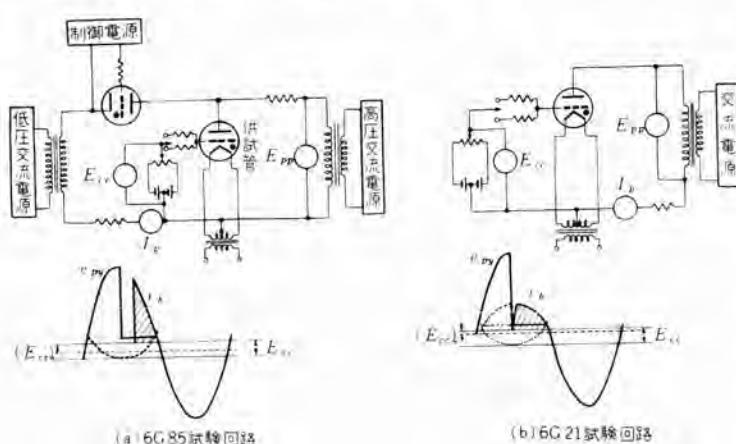


図 4.1 グリッドエミッション試験回路
Fig. 4.1 Grid emission test circuit.

活性物質を酸化させたり、再蒸発させる能力をもちその温度を低く保つこと。(4) 陰極グリッド間に適当なバッフルを設けてグリッドへの付着を防ぐ方法、などに注意が払われている。回路の設計に当たってはこのようなグリッド電流変化の影響をさけるため、グリッド回路の抵抗はできるだけ低くすることが望ましい。通常グリッド抵抗は $10\sim100\text{ k}\Omega$ の値が適当で、ソケットの端子へ直接に接続する。また陽極電流を流さずにフィラメントのみ加熱することは好ましくないので、陽極電流を流さないときはなるべくフィラメント電圧を下げるかまたは切っておくほうがよい。

5. 制御能回復時間

サイラトロンの陽極電流が零になった後、グリッドが再び制御能を回復するまでの時間を制御能回復時間、あるいは消イオン時間と呼んでいる。実用上は管壁水銀温度(ガス入りの場合は封入ガス圧)陽極電流、陽極逆電圧、グリッドバイアス電圧、グリッド抵抗をパラメータとした場合の再点弧電圧と再点弧時間の関係を求めることが、もっとも正確に制御能回復特性を与えることになる。ここではインバータ用放電管 7G14A の実験例について述べる。

図 5.1 に示す試験回路で、供試管に毎サイクル一定の陽極電流を流し、次の半サイクル中に印加する正の陽極パルス電圧 e_{pp} の位相を次第に進めて行くと、遂に陽極がこのパルス電圧により再点弧するに至る。 e_{pp} の移相範囲は電流消滅後の 0 度から 160 度(60 c/s)である。この間供試管のグリッド電圧を一定に保つ。また陽極・陰極間に並列抵抗 $2.5\text{ M}\Omega$ を繋いで陽極電位の浮動を防いである。

図 5.2 は T_{Hg} をパラメータとした再点弧特性の代表例で、パラメータとして陽極平均電流、尖頭電流、グリッド電

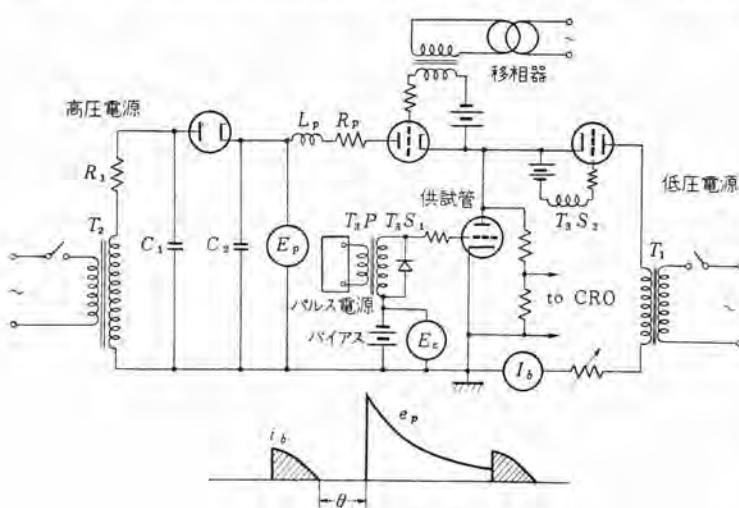


図 5.1 回復時間試験回路

Fig. 5.1 Recovery time test circuit.

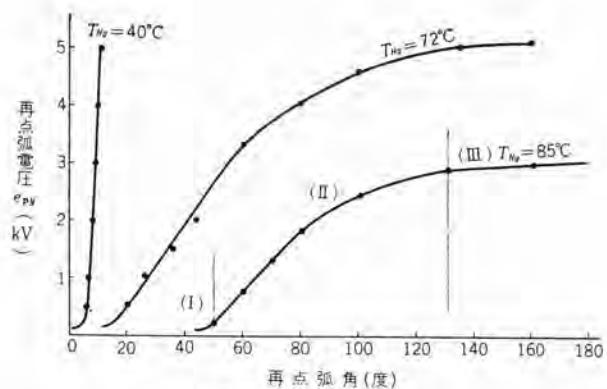


図 5.2 再点弧曲線

Fig. 5.2 Recovery voltage-recovery time curve.

圧、グリッド抵抗をとった場合も同様な結果が得られる。再点弧電圧が時間とともに急速に回復する期間はグリッド回路に流れるイオン電流が急減する期間と対応しており、残留イオンは(I)、(II)の領域ではほとんど消滅するものと考えられる。その後再点弧電圧がゆるやかに上昇する。(III)領域では、残留イオンの直接の影響は少なく、通電により管内蒸気圧が上昇し、電極間の耐電圧が低下しているので陽極に高電圧が印加されると再点弧するに至り、これは陽極の耐順電圧を示すのであろう。

6. ガスクリーンアップと転換率

ガス封入管は周囲温度によって特性変化を生じない特長をもっているが、使用中に管内ガス分子が次第に少なくなつて、イオンが不足し放電開始電圧や管内電圧降下を上昇させる結果、水銀入り管より寿命は短いのが普通である。この問題について多くの研究がなされており、また管球の製作上、使用上の立場からも種々の工夫が試みられている。現在ではガスクリーンアップは放電中に生じた陽イオンが負電圧の電極を衝撃することによって、一部は電極内部に吸着され、また衝撃により電極物質ガスパッタを起してガス分子を捕捉し管壁に付着する現象であると考えられている。

つきにこれに関連した簡単な実験結果を示

そう。図 6.1(a) のようにクセノンガス封入二極管の放電空間に負電位電極を設けた実験管を同図(b)の回路で過負荷動作させ、寿命中におけるガスの減圧特性を調べた。試料 #1 は第3電極にニッケル、#2 はチタン板を用い、#3 は第3電極をもたないものである。図 6.2 はガス圧の変化を冷却時における電極間放電開始電圧で示した。この実験から、(1) 負電極を有するものはガス圧の減少が大きい、(2) ガス圧が減少するほどクリーンアップは促進される、(3) ガス圧変化は管壁のスパッタとも

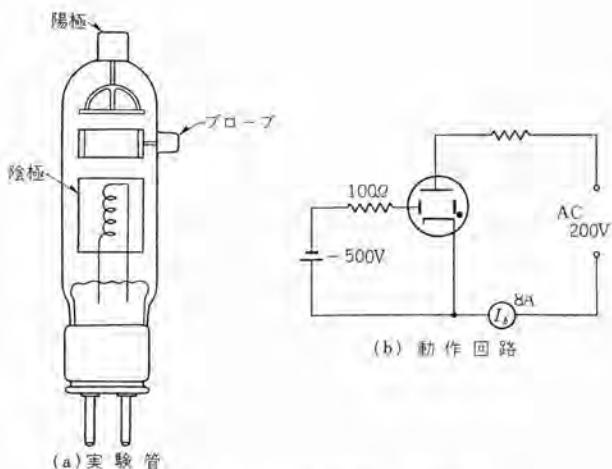


図 6.1 クリーンアップ実験管と動作回路

Fig. 6.1 Gas clean-up test tube and operating circuit.

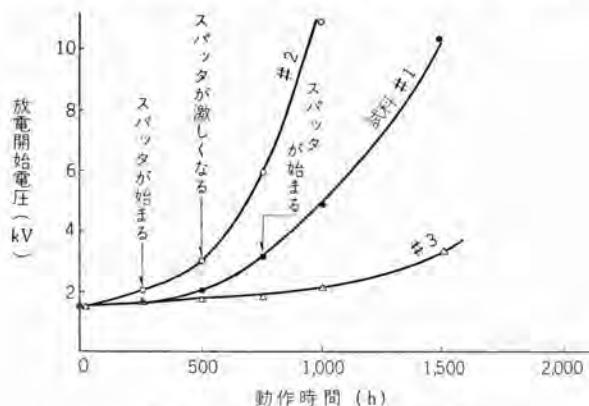


図 6.2 寿命中のガス圧の減少曲線

Fig. 6.2 Gas clean-up curve in life test.

関連があることがわかる。チタン電極は陰極から蒸着したバリウムを再蒸発させる性質があり、#2ではスパッタがひどくなる。ガス圧が少ないほどクリーンアップ率が大きくなるのは、負電極前面のイオンシース内でのイオン衝突確率が減少し電極へ与える衝撃エネルギーが増加するからであろう。

ガスクリーンアップ率はガスの種類によっても異なり、一般に原子量の小さいものほど激しく、また水素ガスのように化学混合物を作るものではとくに大きくなる。高圧大電流パルス用水素サイラトロン4G48Pにおいては、陰極物質の温度変化により多量の可逆吸脱特性を示し、クリーンアップも急速に進むのでジルコニウム、ハイドライドを用いて水素圧の補給調整を行なっている。

ガスのクリーンアップを防ぐためには、陽イオンが存在する間に急激な逆電圧を加えないことが必要で、陽極電流の減少率と逆電圧の増加率との積である転換率(Commutation Factor)という係数を与えて、個々の製品について規定されている。陽極電流や電圧の波形の変化が激しい回路で使用する場合には、陽極回路にRCからなる緩衝回路を設ける必要がある。また陽極逆電圧の期間中に流すグリッド電流は極力少なくすることが望ましい。

7. むすび

以上述べたように熱陰極格子制御放電管の動作は複雑であり、簡単な定格表のみでは十分にその性質の全貌を示すことは困難である。管球メーカーとしては簡単にその管球の性能が使用者に理解されるように定格表の充実に努力しているが、使用者においてもある特殊な制御回路を設計する場合には、必ず管球メーカーに相談を持ちかけることが望ましい。

管球メーカーとしては、その管球が十分に所期の回路で動作しうるか否かを各種の角度から試験すると同時にその管球を使用するにもっとも適当な回路常数も示すよう努めている。

このように両者の協力があって、初めて装置も管球も十分にその性能を発揮しうるものである。

(35-4-9 受付)

三菱工業用送信管

研究所 岡田武夫*・松山清*

Mitsubishi Industrial Transmitting Tubes

Research Laboratory Takeo OKADA・Kiyoshi MATSUYAMA

Industrial transmitting tubes are finding increasing use in various fields of late with the progress of high frequency heating devices as well as of precision electronic industry. This trend is also expedited by the development of ultrasonic wave industry. The discharge machining now attracting attention in the circles needs the superposition of high frequency, which also backs up the increasing demand of the transmitting tubes on the part of Mitsubishi. Under the circumstances, the company started the manufacture of these tubes and the production is in full swing. The writers make report on the present status together with various matter to be attended in the design and production. They also explain the method of operation analysis on class C power amplifiers based on constant current characteristic. Their description also covers frequency limitation relative to ultra-short wave transmitting tubes under development.

1. まえがき

最近精密電子工業の進歩とともに、誘電加熱や誘導加熱などの高周波加熱装置はますます普及する傾向にあり、一方洗浄方法や精密加工方法にも超音波を利用する部門が開発され、放電加工においても高周波を重畳することの有利さが認められるなど、発振器を必要とする分野が工業応用方面においても拡大しつつある。この現状に応じて、三菱電機としてはとくに工業用を目的として機械的に堅牢で負荷変動に強い送信管の生産に着手した。

ここではその現状を紹介するとともに、設計上および工作上にとくに注意している個所について概述し、工業用発振器における代表的な使用例であるC級増幅の動作解析を定電流特性曲線を用いて行なう方法を説明した。

2. 当社の現状

現在製作している管種は、WE-895, 8T10, 8T89, 7T36, 5T30, WF403, 3T12 の7管種である。その定格

は表2.1に示す。まだ不十分な点は多々あるが、一応工業用装置として使用する上において各容量範囲を満足しているといふ。

このうち幾つかの送信管の特長をあげると、WE-895は陽極は40 kWまでの損失に耐えて、最高出力は100 kWまでとりうる大電力送信管であり、出力50 kWから100 kWまでの高周波加熱器に使用されている。

8T89 (WF-889) は陽極損失最大5 kWの三極管で、内部電極や導入線の構造はインダクタンスを最小にするように設計されているので、最大定格で50 Mcまで、50%定格では150 Mcの周波数まで使用しうる。出力5 kWから10 kWまでの高周波加熱装置に多数使用されている。

7T36R (WE-5736) は強制風冷方式で2.5 kWまでの陽極損失に耐えられる、ラジエータは背圧が低くても十分冷却しうるよう設計されていて、かつ陽極に一体として取付けられているので、使用上はなはだ便利である。出力2 kWから5 kW程度までの高周波加熱装置に使

表2.1 三菱送信管定格表

形名	定格								グリップ		動作		最大外形寸法		冷却			外國相当 または 類似管	形名
	種類	電圧 E_f (V)	電流 I_f (A)	最大陽極電圧 E_b (kV)	最大容量 P_p (kW)	相互伝導度 G_m	増幅率 μ	最大周波数 f_m max (Mc)	下陽極間隔電容 C_{pg} (pF)	陽極電圧 E_b (kV)	陽極電流 I_b (A)	陽極出力 P_{out} (kW)	全長 (mm)	最大部 直径 (mm)	冷却流量 (l/min)	風量 (min)	風圧 (mm/ mm ² / 水柱)		
3T12	FT	10	4.25	2.25	0.09	3.0	20	75	2.8	2.0	0.15	0.22	190	67	—	—	—	3T12	
WF-403	FT	11	6	2.5	0.3	3.0	25	80	4.4	2.5	0.30	0.7	110	60	—	4	20	—	WF-403
5T30	FT	7.5	12	6.0	0.45	3.5	18	40	4.5	5.0	0.35	1.35	310	130	—	—	—	450TL	5T30
7T36R	FT	6	60	5.0	2.5	—	22	60	16.0	5.0	1.2	4.1	188	89	—	4	70	WL-5736	7T36R
8T89	FW	11	119	8.5	5.0	—	21	50	17.5	7.5	2.0	10.0	265	92	15	0.4	—	WL-889	8T89
8T10	FW	22	60	12.0	10.0	6.5	25	40	18.0	11.0	1.8	14.5	385	105	20	0.4	—	—	8T10
WE-895	FW	19*	139**	17.0	40.0	—	37	6	40.0	17.0	7.5	100.0	594	171	100	0.15	—	WL-895	WE-895

FW タングステン フィラメント

* 3 相加熱で中性点までの電圧値

FT トリエイティッド タングステン フィラメント

** 1 相当たりの電流値



図 2.1 WF-895



図 2.2 8T89



図 2.3 7T36R



図 2.4 WF-403

用される。

WF 403 は強制風冷の小形三極管で リング 封止形であり、多少能率を低下させれば 300 Mc まで使用しうる。放電加工器その他の分野での用途が考えられている。

3. 送信管の各要素

ここでは、送信管を形成する陰極、格子、陽極、外管器の各要素についての説明を行なう。

3.1 陰極

陰極材料として要求されるおもな条件は、仕事関数の低いこと、蒸気圧が低くて溶融点の高いこと、機械的に強いこと、加工が容易であることなどである。純金属でもっともよくこの条件を満足するものとして タングステンが昔から使用してきた。

タングステンの溶融温度は $3,410^{\circ}\text{C}$ であるからきわめて高い温度で使用できるのであるが、蒸発気化現象の点から制限を受け、最適温度は $2,500^{\circ}\text{K}$ とされている。一般に動作温度が上昇すると、蒸発が活発になり、もし フィラメントの断面積に不均一があると、細い部分は他の部分より温度が上がり、ますます細くなる。このようにフィラメントの寿命は温度の上昇によりいちじるしく減少するので、できるだけ低い温度で多くの電子放射をうるために表面積を大きくすることが考えられるが、これはまた加熱電力の増加を意味するので、経済的に制限を受ける。一般に タングステンフィラメントの電圧を 90% に下げて使用すると、電子放射は 45% に減少するが寿命は約 4 倍に増加する。ある太さの単位長さの タングステンフィラメントから取り出しうる エミッション 電流と寿命の関係を図 3.1 に示す。エミッション 電流を多くとるために、フィラメント 温度を上昇させる必要があるので、そのために寿命が短くなるのである。結局動作に必要な電子放射をうること

Fig. 2.1 WF-895 transmitting tube.
Fig. 2.2 8T89 transmitting tube.
Fig. 2.3 7T36R transmitting tube.

Fig. 2.4 WF-403 transmitting tube.

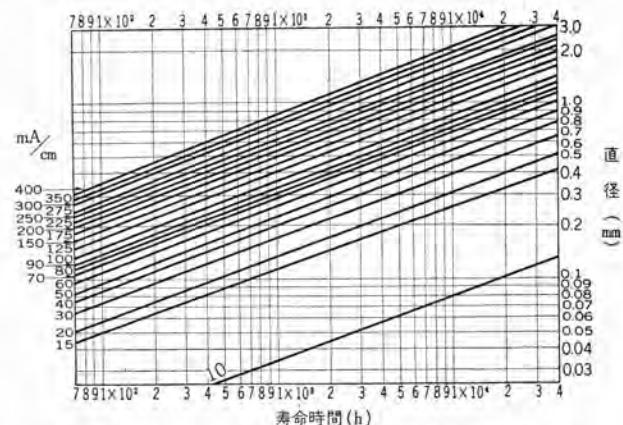


図 3.1 タングステンフィラメントにおいて単位長さ当たりのエミッション 電流を パラメタ とした場合の フィラメント 直径と寿命との関係

Fig. 3.1 Relation between the filament diameter and its life when emission per unit length is taken as a parameter.

のできる最低温度で使用するのが望ましい。フィラメントに電圧を加える場合に、いきなり定格電圧を加えることは避けなければならない。それは タングステンフィラメントの冷抵抗は使用温度における抵抗の約 $1/15$ であるから、大きな初期電流が流れるからである。また フィラメントを休める場合にも、電圧を零にするよりは定格電流の 80% くらい流しておくほうが良い。

最近の送信管には、トリウムタングステンフィラメントを多く使用している。10 数年前までは陽極電圧 5,000 V 以上の使用は無理だと思われていた、1~2 kW 程度のごく小さな電力の送信管にだけ用いられていた。しかし近年の真空技術と材料のいちじるしい発達により高電圧における イオン 衝撃がほとんど問題にならなくなり、かなり大形の電力管にも使用されるようになった。

トリウムタングステン というのは、タングステンに 1~2% の ThO_2 を含ませたもので、高温では ThO_2 が還元して

できた Th が表面に拡散してトリウム 単原子層を形成する。この単原子層は、純 タングステン に比して、仕事関数が小さく、したがってより低い温度でより多くの電子放射をうることができる。しかし、このまま陰極として使用することは、Th の蒸発量から考えて不可能であり、実際には着炭という操作を行なってから使用している。これによって Th の蒸発量は 1% に減少し、また炭素の還元性のために陰極の動作温度 (2,000°K) においてもかなりの速度で ThO_2 を還元し、Th を表面に拡散させる。したがってイオン 衝撃により失われる Th の量と、内部から拡散してくる Th の量を平衡な状態に保てるので、いつでも安定な電子放射を得ることができる。

トリウムタンクステンは機械的に弱く、使用中に変形して特性に変化を生じたり、ときには電極間短絡を起すことさえ考えられるが、この点は、フィラメントの直径を太くして動作温度を下げたり、スプリングを使用して張力を与えたり、適当なスペーサを使用したりしてその変形を防止している。

送信管の設計者はこの点をとくに注意して、設計を行なう必要がある。

3.2 格子

電力管の格子は、かなり多くの電力を消費する能力があり、高温においても熱電子放射が少なく、機械的な強度が大きいことが必要である。

タンクステンフィラメントを使用している送信管では、格子の温度が相当高くなるので、機械的に強く溶融点の高いモリブデン、タンクステン、またはタンタルなどの金属を使用している。

トリウムタンゲステンフィラメントを使用しているものでは、蒸発した Th が格子に付着し、高温では熱電子放射を生じまた陰極から飛び出した電子の衝突によって二次電子放射が起る。一般に二次電子放射は全然存在しないよりはむしろ一定量保存しているほうが良い。格子の一次電子放射を防止するためには、モリブデン、またはタンゲステンの心線に直径の 10% 程度の白金を被覆したものを用いる。その他 タンタル、モリブデン、タンゲステンなどの心線に TaC, TiC, ZrC など炭化物を被覆したり、その他の特殊な材料を格子に用いることなどが試みられている。

通信用の送信管は、安定な負荷回路に使用するけれども、工業応用の装置に使用する場合は、動作能率をたかめるためにC級で発振させる場合が多く、また被加熱物のインピーダンスが温度とともに変化するので、負荷が変動し、したがって格子電流も大きく変化して、グリッドを破損することも考えられる。そこでこのような目的に使用する送信管では、許されるグリッドの最大損失と、必

必要な出力を出すときの ラッシュ 損失との比をできるだけ大きくするように設計する。ことに自然空冷の小形管では、格子の温度上昇は、格子入力よりも陽極からの輻射や フィラメント からの間接加熱により影響される要素のほうがはるかに大きいのであるから、この点を考慮した十分余裕のある格子構造にすることが必要である。

3.3 陽 極

陰極から放射された熱電子を加速してこれを捕える陽極は、陽極電流と陽極電圧との積で示される電気的入力が加えられることになり、相当高い温度に到達するので、その材料には次の条件が要求される。(A) 高温におけるガス放出量の少ないと。(B) 高温での機械的強度が大きいこと。(C) 溶融点が高いこと。

陽極の温度上昇を最小限におさえるために電極表面の熱輻射能を上げたり、陽極にラジエータをつけて強制空冷を行なったり、水冷筒を設けて通水冷却を行なうなどしている。

自然空冷式はごく小形の送信管にだけ採用されている方式で、陽極より放散される熱はすべて外開器を通して空間に放射されるので、外開器の温度上昇によって制限される、材料としてモリブデン、タンタル、黒鉛、などあるがモリブデンがよく使われる、通常サンドブラストにより表面を粗くし輻射面積を増やしたり、ジルコニウムを塗布、焼付けして、黒くし、輻射率を良くすると同時にゲッタ作用を行なわせたりしている。

図3.2は種々の陽極材料の熱放散特性を示したものである。

最近、熱容量を大きくするため、厚いグラファイトを用いそれにジルコニウムを塗布、焼付けしているものも使用されている。

一般に陽極損失が 1 kW 以上の場合には陽極を外匣器の

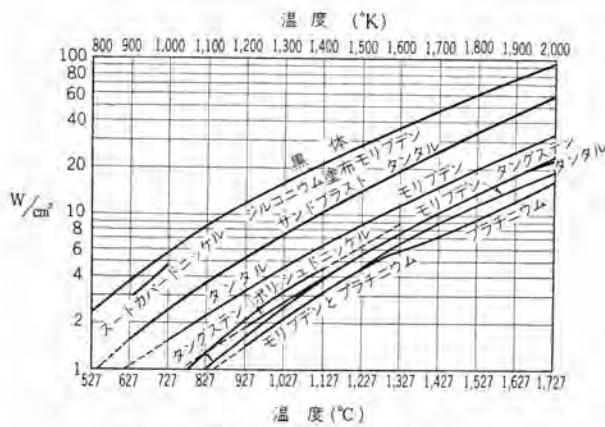


図 3.2 種々な陽極材料における温度と
輻射電力との関係

Fig. 3.2 Relation of the temperature with the radiating power in various anode materials.

一つとして、これを強制空冷したりあるいは水冷したりする。この場合は陽極温度があまり上がらないので、蒸気圧は高く融点は低いけれども他金属との気密の付けおよびガラスとの封着が容易にできる銅が用いられる。普通の銅では、ガス放出量が多く、真空度を低下させる原因となるので、きわめて高純度の無酸素銅を使う。

強制空冷においてもっとも能率の良い方法は、空気流に騒乱を与えることであり、そのためにはラジエータ羽根にひだを作り凹凸を作る。こうすれば、空気量を少なくできるので、騒音が小さくまた装置を安価にできることは明らかである。

強制空冷管での陽極損失は $0.5 \sim 1 \text{ W/cm}^2$ 程度であり、水冷管では $30 \sim 100 \text{ W/cm}^2$ 程度である。

3.4 外 围 器

送信管で電極系を接続する真空容器としては、従来はほとんど硬質ガラスが使用されていたが、最近は磁器と金属との間の真空気密接着が可能になり、今後はほとんどこれに代わる傾向にある。ガラスを磁器に代える場合には磁器は高温に耐えるから、全体が小形になり、真空度も一段と上昇させられる点、機械的に丈夫である点、誘電体損が少ないので高周波出力を増大させうる点、寸



Fig. 3.3 WF-403A transmitting tube.

4. 定電流特性による動作 解析⁽¹⁾

真空管の動作の解析には、普通は相互特性曲線 {格子電圧 (E_c) - 陽極電流 (I_b) 曲線} と陽極特性 {陽極電圧 (E_b) - 陽極電流 (I_b) 曲線} とが用いられるが、送信管のような大形の真空管においては、格子電流の流れる正格子電圧の部分まで使用することが多く、そのために格子面からの二次電子放射や、格子の温度上昇による熱電子放射が過大になる場合も生じるので、ことに工業用の発振装置においては、格子特性を調べることが真空管の動作解析にきわめて必要になってくる。

いわゆる C 級增幅としては電流流通角の間だけ間欠的に陽極および格子電流が流れるので、その流通角や波

形をも取扱わなければならぬ。この場合は陽極特性を用いるよりも、定電流特性曲線を使用するほうが、真空管の動作計算を容易にするばかりでなく、各種の増幅器や発振器の動作を理解するに非常に便利である。

定電流曲線では cosine scale を使用することにより、きわめて簡単な計算で動作状態を見出すことができる。ある。

さらに矢部氏⁽²⁾は定電流曲線から全然計算を行なわず、陽極や格子に与えられる電気的常数をパラメタとする各種の図表をつくってそれから算出しても cosine scale とほとんど差異のないことを発表している。

これらは動作状態の相互関係を調べる場合や動作状態と最大定格との対比を行なう場合、または送信管の選択を行なう場合に十分活用しうるものである。

図 4.1 に三極管 8T89 の定電流特性曲線図を示したが、この特性曲線は縦軸に格子電圧 (E_c)、横軸に陽極電圧 (E_b) を目盛り、その上に陽極電流 (I_b) を パラメタとする曲線 (実線) と格子電流 (I_c) を パラメタとする曲線 (点線) とを描いたもので、真空管のある瞬間の E_b 、 E_c が与えられると、その点の示す坐標軸の位置により I_b 、 I_c の値を知ることができる。いま高周波増幅器において、その陽極回路が取扱う周波数に同調している場合、格子に正弦波が加えられると、その陽極電圧波形にも正弦波が現われる。定電流曲線においては上記のように、縦軸が E_c 、横軸が E_b であるから、図 4.2 に示すように E_b 、 E_c に対応する図形は PQ なる直線となる。すな

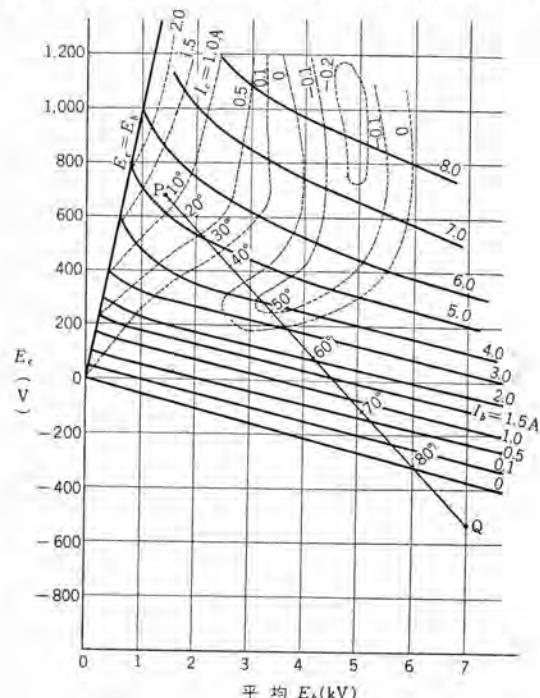


図 4.1 8T89 の平均定電流特性曲線
Fig. 4.1 Average constant current characteristics of 8T89.

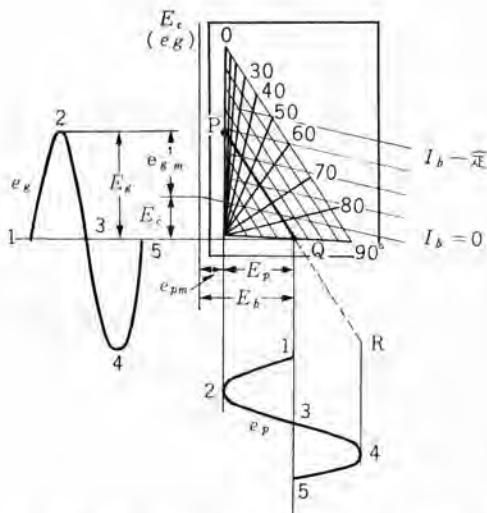


図 4.2 Cosine scale の使い方の説明図

Fig. 4.2 Diagram showing how to use a Cosine scale.

わち格子電圧が図上で 1, 2, 3, 4, 5 と変わることに従って陽極電圧も 1, 2, 3, 4, 5 と変化し、定電流曲線上の点は P から Q に達し再び Q を通り R へ向かい、再び Q に帰って来ることになる。普通高周波増幅器の場合は 2 と 3 との間に相当する部分のみ、すなわち PQ の部分のみを利用する。これを図 4.1 で見ると直線 PQ に相当する。動作角が 2 から 3、すなわち 0 度から 90 度まで進むに従い、動作点は直線 PQ の上を P から Q に移動し、その点の位置は P からの距離が $PQ \cos \theta$ (θ は動作角) に比例する。PQ 上の各動作角に相当する点さえわかれば、その点の I_b , I_e がわかるので、これを用いて種々の計算を行なうことができる。

このようにして求められた I_b , I_e は実際の特性曲線によって与えられるものであるから、波形や動作状態をそのまま知ることができる。

動作線として求められた PQ の長さを動作角に応じて $\cos \theta$ の比に分つことが cosine scale である。cosine scale とは図 4.3 に示すように左上から右下に走る平行線群と左下の原点 0 から放射状に広がる直線群よりなり、平行線群は種々の長さの動作線に対応して、放射線群はそれを $\cos \theta$ の比に分つ目盛に対応する。すなわち $bj = aj \cos 10$ 度, $cj = aj \cos 20$ 度……となるように 0a, 0b, …… 0j はひかれていている。

いま図 4.1 において動作線 PQ が得られた場合、直線 PQ が cosine scale の平行直線群に平行で P および Q 点が scale 上の 0a, 0j 線上にあるように置くと scale 上の放射線群 0a, 0b, …… 0j と動作線 PQ との交点 a, b, …… j が動作角 0 度, 10 度, 20 度, …… 90 度に相当する動作点を与える。

この各動作角を図 4.1 の PQ 直線上に与えるとこの場合陽極電流の流通角 θ_p は $I_b=0$ と PQ との交点の示

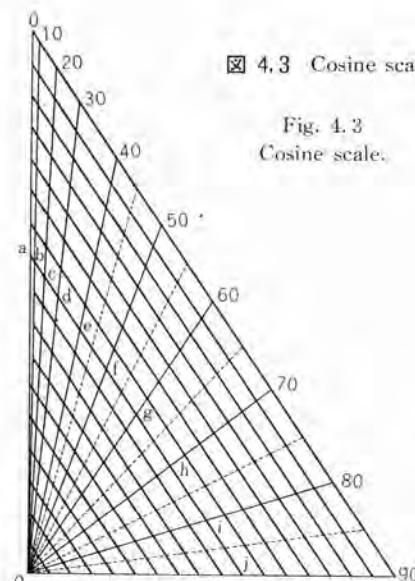


図 4.3 Cosine scale

Fig. 4.3 Cosine scale.

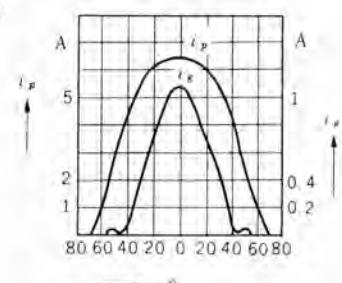


図 4.4 陽極および格子電流波形

Fig. 4.4 Wave form of plate current and grid current.

す scale 上の目盛からであることと、格子電流の流通角は $E_c=0$ の横軸と PQ との交点から 80 度であることを知る。陽極電流および格子電流の波形は動作角に対し、各点の I_b , I_e をプロットすれば図 4.4 のように描くことができる。

高周波増幅器においては正格子の半サイクルを検討すればよいかから、動作線 PQ が与えられると次のようにして動作状態が求まる。

- i. 陽極電圧 (E_b): 点 Q の横軸座標
- ii. 格子バイアス電圧 (E_c): 点 Q の縦軸座標
- iii. 陽極最小電圧 (e_{pm}): 格子最大電圧 (e_{om}): 点 P の座標
- iv. 陽極電流尖頭値 (i_{pm}): 格子電流尖頭値 (i_{om}): 点 P の曲線で示される。
- v. 陽極直流電流値 (I_b): PQ 上の 0 度, 10 度, 20 度, …… の点を a, b, c, …… とすると
 $I_b = 1/18 (0.5a + b + c + d + \dots)$

vi. 陽極高周波基本波電流 (I_p)
 $I_p = 1/9 (0.5a + 0.986b + \dots)$

I_b , I_p の各式はおののの波形を Simpson の法則により解析して得られた式である。

- vii. 陽極出力 (P_o): $P_o = 1/2 E_p \cdot I_p$ (E_p : 陽極高周波電圧振幅)
- viii. 陽極入力 (P_i): $P_i = E_b \cdot I_b$
- ix. 陽極損失 (P_p): $P_p = P_i - P_o$
- x. 陽極能率 (η): $\eta = P_o / P_i$
- xi. 格子直流電流 (I_e): $I_e = 1/18 (a + b + c + \dots)$
- xii. 格子高周波基本波電流 (I_g)
 $I_g = 1/9 (0.5a + 0.986b + \dots)$

I_e, I_g の式はおののの波形を Simpson の法則により解析して得られる式である。

xiii. 励振電力 (P_a): $P_a = 1/2 E_g I_g \approx 0.9 E_c I_e$
(E_g : 格子高周波電圧振幅)

xiv. 格子損失 (P_g): $P_g \approx 1/2 E_g I_g - E_c I_e$
また陽極負荷抵抗 R_L は $R_L = E_p / I_p$ より計算できるが、定電流曲線では R_L 一定の軌跡は直線にならないから簡単に load line を引くことはできない。

このように動作線 PQ が与えられるときわめて簡単に動作状態が計算できるが、動作線は $E_b, E_c, E_p, E_g, i_{pm}, i_{gm}, e_{pm}, e_{gm}, \alpha = e_{pm}/e_{gm}, \theta_p$ など 10 個の値のうち四つがわかつていればただちに幾何学的に描くことができる。しかしながら始めからこのうち四つが得られる場合は少なく、たとえば陽極電圧、出力等の条件だけで設計する場合は η, θ_p 等の仮定を設けて、従来のような簡単な数式計算を行ない、上記 10 個の数値のうち 4 個の値がわかれれば、動作線をひいて、その結果が所要条件を満たすかどうかを確かめればよい。

設計例として三極管 8T89 を例にとり $E_b = 7,000$ V, $P_o = 7,000$ W の C 級増幅器の設計を試みることにする。

a. 電圧利用率を 0.80 と仮定すると

$$E_p = 0.80 \cdot E_b = 0.80 \times 7,000 = 5,600 \text{ V}$$

b. $\theta_p = 80$ 度と仮定すると cosine scale 上の表から $I_p/I_b = 1.65$ であるから、電流利用率は $1/2 I_p/I_b = 0.825$

c. 陽極能率は $\eta = (\text{電圧利用率}) \times (\text{電流利用率}) = 0.80 \times 0.825 = 0.66$

d. 入力は $P_i = P_o / \eta = 7,000 / 0.66 = 10,600 \text{ W}$

e. 陽極直流電流 $I_b = P_i / E_b = 10,600 / 7,000 = 1.51 \text{ A}$

f. cosine scale 上の表から $i_{bm}/I_b = 3.50$ ($\theta_p = 80$ 度) であるから陽極尖頭電流値 $i_{bm} = 3.50 \times I_b = 3.50 \times 1.51 = 5.3 \text{ A}$

これで $E_b, E_p, \theta_p, i_{bm}$ の 4 個の値が一応仮定できたので図上に動作線 PQ を定める。

a. 陽極電圧最低値は $e_{pm} = E_b - E_p = 7,000 - 5,600 = 1,400 \text{ V}$ であるから 1,400 V を通る縦軸上に $i_{bm} = 5.3 \text{ A}$ の点を求めて P 点が定まる。

b. $E_b = 7,000 \text{ V}$ であるから Q 点は 7,000 V を通る縦軸上にあるはずであるから、 E_c が与えられればただちに Q 点が定まるのであるが、この場合 $\theta_p = 80$ 度が与えられているから、動作線と $I_b = 0$ の交点が $100\theta_p$ であることを考えつつ cosine scale を用いて Q 点を求めなければならない。すなわち scale 上の一つの guide line が、その左端が P 点にあり右端が 7,000 V の縦軸上にあり、しかも I_b

= 0 との交点が 80 度に相当するような (scale Oh の線上にある) 位置を選べば、その guide line が動作線を示すことになり、その右端 $E_b = 7,000 \text{ V}$ の縦軸上の Q 点となる。

かくして動作線 PQ が仮定できたので PQ 上の 0 度、10 度、20 度、…… に相当する I_b, I_e を読んで前記の順序に従い動作計算を行なう。

陽極側

0.5 × a = 0.5 × 5.3 = 2.65	0.5a = 2.65
b = 5.29	0.95b = 5.02
c = 5.20	0.94c = 4.99
d = 5.03	0.866d = 4.36
e = 4.67	0.766e = 3.58
f = 3.67	0.643f = 2.36
g = 2.14	0.500g = 1.07
h = 0.72	0.342h = 0.25
18) 29.37	9) 24.28

$$I_b = 1.63 \text{ A} \quad I_p = 2.70 \text{ A}$$

格子側

0.5 × a = 0.5 × 1.18 = 0.59	0.5a = 0.59
b = 1.07	0.985b = 1.05
c = 0.80	0.94c = 0.75
d = 0.43	0.866d = 0.37
e = 0.06	0.766e = 0.05
18) 2.95	9) 2.81

$$I_e = 0.16 \quad I_g = 0.31$$

$$P_g = 1/2 E_p I_p = 1/2 \times 5,600 \times 2.70 = 7,550 \text{ W}$$

$$P_i = E_p I_b = 7,000 \times 1.63 = 11,400 \text{ W}$$

$$\eta = P_o / P_i = 7,550 / 11,400 = 0.663$$

$$P_o = P_i - P_g = 11,400 - 7,550 = 3,880 \text{ W}$$

$$R_o = E_p / I_p = 5,600 / 2.70 = 2,080 \Omega$$

$$P_d = 1/2 E_g I_g = 1/2 \times 1,000 \times 0.31 = 155 \text{ W}$$

$$E_g = e_{gm} + |E_c| = 680 + 320 = 1,000 \text{ V}$$

$$P_g = P_d - E_o I_o = 155 - 320 \times 0.16 = 104 \text{ W}$$

以上をまとめると次の表のような数値が得られ動作状態の検討ができたわけである。

陽極電圧	7,000 V	格子バイアス電圧	-320 V
陽極入力	11,400 W	格子電流	0.16 A
陽極出力	7,550 W	格子励振電圧	1,000 V
陽極損失	3,880 W	格子損失	104 W
陽極電流	1.63 A	格子励振電力	155 W
陽極能率	66.3 %	陽極負荷抵抗	2,080 Ω

5. 超短波送信管

一般に送信管を発振器または増幅器として動作する場

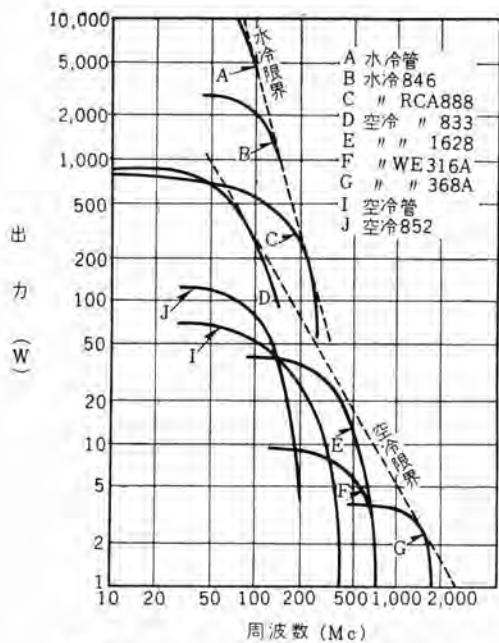


図 5.1 送信管出力と周波数との関係

Fig. 5.1 Relation of the output power with the frequency of the transmitting tubes.

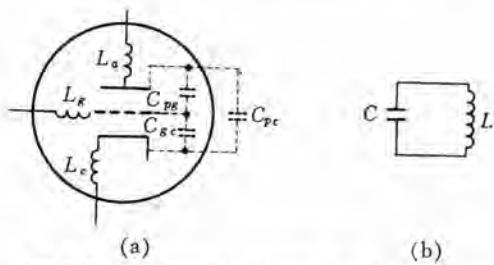


図 5.2 電極間容量および導入線インダクタンスによる等価共振回路

Fig. 5.2 Equivalent resonant circuit based on inter-electrode capacitances and lead wire inductances.

合、周波数の増加に伴なって出力は低下する。図 5.1 は各種の送信管の出力と周波数の関係を示すが、どの曲線も低周波における出力はすべて一定値を示し、周波数が高くなると、はじめのうちは出力は徐々に低下し、最終的には急激に低下してしまう。

三極送信管の発振周波数の限界は大体二つの要素によって支配される。一つは各電極の支持棒または導入線のインダクタンスと、各電極間静電容量により定められる限界周波数であり、いま一つは電子の電極間走行時間により定められるものである。

いま前者について考察すると図 5.2 (a) に示す各電極

配置で同図 (b) に示すような共振回路を形成する。

$$C = C_{pe} + \frac{C_{pe} \cdot C_{ge}}{C_{pe} + C_{ge}}$$

$$L = L_a + L_g$$

である。普通の回路ではこの送信管は原則的には $f_m = 1/2\pi\sqrt{LC}$ で定められる最高周波数まで動作するといふ。

つぎに電子走行時間について考えると、おもに電子が陰極から格子面まで動くに要する時間が問題になる。この時間は次の式で示される。

$$t = \frac{5 \times 10^{-8}}{\left(E_g + \frac{E_b}{\mu} \right)^{1/2}} \cdot d_{cg}$$

ここで d_{cg} (cm) は陰極格子間の距離であり、 E_g , E_b はそれぞれ格子、陽極電圧である。走行時間を考慮した計算によると出力が 90% にまで低下する周波数 f_{q0} は

$$f_{q0} = 1.5 \times 10^6 \sqrt{E_b / (3d_{cg} + d_{gp})}$$

発振不能になる周波数 f_0 は

$$f_0 = 6 \times 10^7 k \sqrt{\frac{E_b}{\mu}} / \left(3d_{cg} + \frac{2d_{gp}}{\sqrt{\mu} + 1} \right)$$

で示される。

ここで d_{gp} (cm) は格子-陽極間の距離であり、 k は真空管の形状により定まる定数で導入線形では 0.5, 板封止形では 0.75 である。

また各電極系ごとに フィラメントの長さは波長の $1/16$ より短いことが必要である。

図 3.3 に示した セラミック 送信管 403A は以上のこと考慮して最高出力 500 W, $f_{q0} = 200$ Mc, $f_0 = 1,000$ Mc に設計されたもので、現在周波数特性についての試験を行なっている。

6. む す び

以上で三菱電機において現在生産している工業用送信管についての概略の説明を行なった。

当社は送信管製造 メーカとしての実績はまだ浅いので、不十分な点は多々認められるが、今後は現在生産している管種に対しては、さらに品質の向上に心がけるとともに、特長のある送信管を開発してゆく予定である。

(35-4-8 受付)

参 考 文 献

- (1) 坪井: 電子工業 5, 64 (昭和 31 年 10 月).
- (2) 矢部: 東芝 レビュー 13, 1,236 (昭和 33 年 12 月).

受像管用電子銃の高 g_m 化

研究所 鷹野泰*

Turning Electron Guns to be of High Transconductance

Research Laboratory Yutaka TAKANO

An attempt to improve the driving characteristic of electron guns for TV picture tubes is being made actively with the latest trend of transistriation of TV sets. The writer accounts for in this report various methods of turning the picture tubes to high transconductance made public in the past. After comparing and studying their characteristics through the clarification of their advantages and disadvantages, he has concluded that an electron gun having holes of other than circle at its electrode and also an electron gun improving the driving characteristic equivalently by self containing an amplifying section in a picture tube have possibility of being put to practical use in future.

1. まえがき

受像管用電子銃の駆動特性を改善しようとの試みは、近時 TV セットのトランジスタ化に伴いきわめて盛んになってきたが、現在のところ決定的な方式は案出されていない。

現在広く使用されている真空管では数 mV ないし十数 mV の相互コンタクタンスは常識的になっているのに反し、受像管においては $20 \sim 30 \mu V$ に甘んじている状態である。よってケイ光面上の輝度を十分に上げるために、電子銃のビームカットオフ電圧が深くなり入力信号振幅が $60 V$ 以上必要になっている、ビデオ増幅器をトランジスタ化した場合にこれだけの出力を得ることは困難であり、低カットオフでしかも最大ビームは現用のものと大差のない電子銃が要求されるわけである。しかもトランジスタ化された TV セット用を対象に考える以上つぎの諸点も同時に要求されていることは言をまたない。

1. 解像度が悪化しないこと。
2. 電力損失が少ないこと。
3. 変調特性がよいこと。
4. 外部附加回路が簡単なこと。
5. 構造が簡単で生産に適していること。

以下高 g_m 化に際して考えうる方式を原理的に分類し、それらで問題になる諸点を明らかにし、さらに現在までに発表されている種々の方式およびその他の可能性につき考察を加える。

2. 高 g_m 化の方法の分類

受像管における高 g_m 化とは、一般の真空管とやや意味を異にしており、ケイ光面上の輝度を 0 よりある規定値まで変化させるのに要する信号振幅を解像度を犠牲にせ

ずにできるだけ小さくすることである。

よって高 g_m 化の手段としてはケイ光面の発光能率を改善することと、ケイ光面に到達する電子ビームエネルギーの変調度を改善することとの 2 方向が考えられる。前者については現用のケイ光体の発光能率は理論的限界近くまで達しており、ケイ光面の構造上の問題だけであるが、メタルバック管が出現して以来画期的な進歩は少なく、大きな改善を期待することは技術的に困難である。よって、高 g_m 化を考える場合後者の方法によるしかないであろう。

1 回の掃引でケイ光面に到達する単位面積当たりの電子ビームエネルギーは加速電圧、ビーム掃引速度、電子ビーム密度および電子の電荷で表わされる。よって電子ビームエネルギーを時間的に変調する方法として上記の電子電荷を除く 3 因子をそれぞれ変調する方法およびそれらの組合せが考えられるが、第 1 第 2 の変調方法は回路的にむつかしく現在のところ実用化できない。しかし第 3 の電子ビームの密度を信号で変調することはもっともたやすく、もっぱらこの方法が実用化されている。

一般的に受像管において密度変調を行なう手段としては、現用のもののように制御電極または陰極の電位を変えて空間電荷制限電流を変調する方法と、一度形成されたビームの通路中に捕捉電極をおきビーム電流を分割制御する方法とが考えられる。前者を直接制御方式、後者を分割比制御方式と呼ぶことにする。

以上は電子ビームを直接に制御して高 g_m 化をもくろむものであるが、電子銃部に信号の増幅部を付加し、実効的に高 g_m 化を行なうこともできる。これを間接制御方式と呼ぶこととする。

以下各制御方式について具体的に考察をすすめるが、それぞれの駆動特性を比較する場合いわゆる g_m 値では

特性の非直線性のため比較しにくい。使用上は最大ビーム電流とカットオフ電圧とが問題になるので、最大ビーム電流とカットオフ電圧の $3/2$ 乗との比を駆動率と呼び、これで特性の比較をしてゆくことにする。ただし $\mu\text{A}/\text{V}^{3/2}$ を単位とする。

3. 直接制御方式

3.1 現用の電子銃に対する検討

図3.1は現用の電子銃の三極部を示している。このような構造で各部の寸法、すなわち陰極-G₁間隔 d_k 、G₁の厚さ t 、G₁孔径 R_{g1} 、G₂孔径 R_{g2} 、G₁-G₂間隔 d_g 等を変化しても駆動特性にはあまり影響せず、最大ビーム電流 I_{b0} はカットオフ電圧のほぼ $3/2$ 乗に比例し、その比例係数も一定値に近いとされていた⁽¹⁾。H. Moss は実験的に次のような関係式を導いている⁽²⁾。

$$V_{co} = k \frac{R_1^3}{td_k d_g} \quad (3.1)$$

$$I_{b0} = P_{GD} V_{co}^{3/2} \quad (3.2)$$

ここで V_{co} はカットオフ電圧、 k 、 P_{GD} は寸法に関係しない定数で P_{GD} は前述の駆動率である。

式(3.2)は G_1 に信号を入れた場合の関係式であるが、カソード入力で使う場合は G_2 -カソード間の電圧も同時に信号で変調され、駆動特性が改善される。一般的にカソード入力の駆動率 P_{KD} と G_1 入力の駆動率 P_{GD} との比は次式のごとくなる。

$$\frac{P_{KD}}{P_{GD}} = \left(1 + \frac{1}{\mu}\right)^{\frac{3}{2}} \quad (3.3)$$

ここで $1/\mu$ は G_2 のカソードに対する支配率である。上式でわかるように $1/\mu$ が大きいほど P_{KD} と P_{GD} との差が顕著になるが、一般に $1/\mu$ を大きくするとカットオフ電圧が深くなる。これを防ぐには G_2 電圧を低くして使えるようにすればよい。

現用の電子銃では P_{GD} が 2.3~2.5、 P_{KD} で約 2.8~3.3 であるが Niklas⁽³⁾⁽⁴⁾ はこのような考え方の下に $1/\mu$ を増大させて P_{KD} を約 5.3 までに改善している。図3.2に Niklas の電子銃を使用した 21CXP4 のカソード入力の場合の駆動特性を現用の受像管の特性と比較して示した。

各部寸法を従来の実験結果の場合より広範囲にわたって変えた場合 P_{GD} 、 P_{KD} にいかなる影響を与えるかも近

年になり検討さ

れるようになっ

た⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾。とく

に Schwartz⁽⁷⁾ は抵抗擬似回路

網によりこれら

の関係を求め、

カソード-G₁間隔、

および G₁-G₂間

隔を近づけ、G₁

電極の厚さを薄

くするほど P_{KD}

は顕著に増大し、

現在の約 2 倍くら

いまで改善され

ることを示して

いる。また P_{GD}

については G₁ 電極が薄く

カソード-G₁間隔が

狭い場合に大きくなるが、G₁-G₂間隔を狭くすると減少

する。一方これらの間隔や厚さを小さくすることには技

術的な限界があり、また Niklas も指摘しているよ

うに⁽⁴⁾⁽⁸⁾ G₃ 電極の

カソードに対する支配率が影響して

て P_{KD} を低下させる傾向が生ずる。よって従来からの

電子銃の構造のままで駆動率の改善に期待できるのは、

P_{KD} で約 2 倍が限界と思われる。

3.2 メッシュを利用したもの

前述のように、G₁に円孔をあけた従来の構造では駆動

特性の改善に限界がある

ので G₁ の制御能率を上

げるべく G₁ 孔にメッシュ

を張ったものが考えられ

た。

図3.3 Nicoll の電子銃の構造

Fig. 3.3 Triode section of Nicoll's gun.

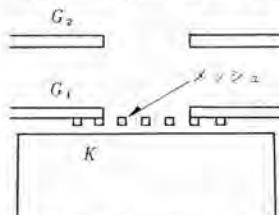


図3.3 Nicoll が発

表した三極部で⁽⁹⁾、0.89

mm ϕ の穴のあいた G₁ の

内面に透過率 60~75%

の 200 メッシュ Ni スクリ

ンを張ったものである。

また各部寸法は下記のよ

うになっている。

$$d_k = 0.025 \sim 0.037 \text{ mm}$$

$$t = 0.013 \text{ mm}$$

$$d_g = 0.50 \text{ mm}$$

図3.4 Nicoll の電子銃の駆動特性

Fig. 3.4 Drive characteristic of Nicoll's gun.

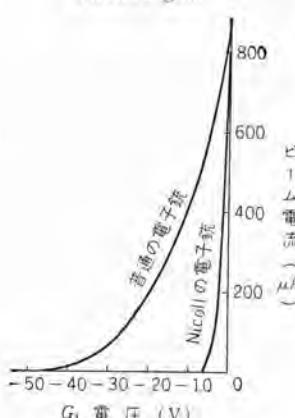


図3.4 にこの電子銃の駆

動特性を示してあるが、

P_{GD} が約 55 で非常に大

きな値を示している。し

かし メッシュによりビームが分割されたので集束がむつかしい点、および G_1 -カソード間隔を極端に狭くしなければならない点は大きな欠点である。

3.3 並列制御法

駆動率を大きくする一つの手段として並列制御法が考えられる。すなわちある値の駆動率を有する極部を N 個並列に働かせるとカットオフ電圧は変わらずにビーム電流が N 倍になり N 倍の駆動率が得られる。上述のメッシュを使った場合もメッシュ孔の個々について考えると並列制御方式の一種ともいえる。

並列に並べる個々の三極部は従来の構造そのままで、 G_1 孔径だけを変えてカットオフ電圧を浅くしたもの N 個並列にし最大ビーム電流は従来の値になるようにした場合を考えると、新旧の G_1 孔径の比は Moss の結論を基した場合次式のようになる。

$$r/R_{g1} = N^{-\frac{2}{9}} \dots \dots \dots (3.4)$$

ここで r : 新構造の三極部の個々の G_1 孔径

R_{g1} : 従来のものの G_1 孔径

また G_1 孔の総面積比を求める

$$\frac{N\pi r^2}{\pi R_{g1}^2} = N^{\frac{5}{9}} \dots \dots \dots (3.5)$$

となり、 N を増加すると、すなわち駆動率を大きくしようとすると G_1 孔の総面積が増大し、したがってビームの断面積が増加して集束が困難になることがわかる。これを防ぐためには式(3.1)および式(3.2)からわかるように G_1 電極の厚さ G_1-k 間隔、および G_1-G_2 間隔を小さくしなければならない。ここでも組立技術上の問題が生じてくる。

この考え方による電子銃はすでにニコラス、グリヒツ(10)により発表されている。これは図3.5のように G_1 孔を3等分し三つのビームにして G_2 以後の電極系で一つのものに集束している。駆動率として12.4~9.5のものが得られたと報告している。一つのビームについては3.2~4.1の駆動率でこれだけでも従来の電子銃より大きいが G_1 孔が非円形のためと考えられる。

またシャドウマスク形の三電子銃カラー受像管も駆動特性上からは並列制御方式である。電子銃を一つ使うことで色選択ができたとしても、シャドウマスクのビーム透過率が悪いため大きな最大ビーム電流が必要になりこのためカットオフ電圧が深くなり大きな信号振幅を要求されることになる。三つの電子銃を使うことの長所はこのようなどころにも存在している。

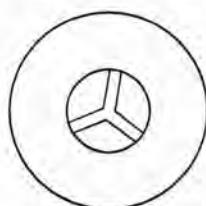


図 3.5 3 ビーム
グラウンド G_1 孔

Fig. 3.5 G_1 aperture of 3-beam kinescope.

受像管用電子銃の高 g_m 化・鷹野

3.4 非円形孔による方法

並列制御方式と同一の考え方で、ただ独立な個々のものを並列制御せずに単位長さであるカットオフ電圧とある最大ビーム電流値を示すものを、カットオフには無関係な方向に延長すると、最大ビーム電流のみその方向の長さに比例して大きくなり駆動率を増大させることができる。たとえば細長い矩形スリットを G_1 電極にあけた場合にはカットオフ電圧はそのスリットの幅で決まり最大ビームはスリットの長さに比例すると考えられる。スリットの幅を狭くし長さを長くすることで原理的には大きな駆動率が得られる可能性がある。しかしこの場合ビームは非円形断面をもちケイ光面上に非円形スポットを生じる。よって集束系を軸非対称にしてこれを補正する必要がある。この補正用レンズの設計は簡単ではないであろうがもし比較的簡単な集束系ができれば他の直接制御方式と異なり、 G_1 - K 間隔などにきびしい要求が生じないので生産に適した方法といえる。

P.H. Gleichauf が発表している直交円筒レンズを使用した高 g_m 電子銃(11)は上記の考え方によるもので、幅 0.28~0.30 mm 長さ 3.0 mm の矩形スリットを G_1 電極にあけそれと直角方向の円筒レンズにより円形スポットとし、駆動率として約 20 のものを得ている。図3.6に駆動特性を、図3.7に補正用電子レンズの例を示す。このように G_1 に矩形スリットをあけた場合、補正が十分でないと非球面収差のため、modulation defocusing または defocusing に

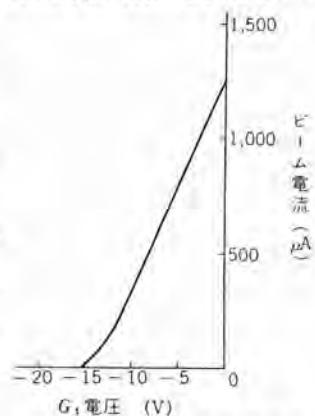


図 3.6 Gleichauf の矩形孔を有する電子銃の駆動特性
Fig. 3.6 Drive characteristic of Gleichauf's gun with rectangular aperture.

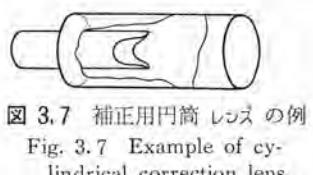


図 3.7 補正用円筒レンズの例
Fig. 3.7 Example of cylindrical correction lens.

よりスポットが縦長から横長に変化しやすい。これを軽減する一方法として2個の矩形を十字形に配列したものが考えられる。かくすると同一の駆動率を得るための矩形の縦横比が1個の場合より小さくてすむ上、defocusingによるスポット形状の変化も少なくなる。

4. 分割比制御方式

この方式はカソードからはねに比較的大きな電流を

放射させておき、ビーム通路中でなんらかの方法によりその一部またはすべての電子を捕捉してケイ光面に達するビーム密度を変調する方式である。すなわちビーム電流の分割比を信号で制御する方式と考えることができる。

分割する方法として数多くのものが考えられるが、いずれにせよ高 g_m 化を目標にしている以上制御能率のよいものでなくては意味がない。

現在考えられている方法を分類すると下記のようになる。

- (1) 空間電荷グリッド法
- (2) リペラーグリッド法
- (3) 偏向法

空間電荷グリッド法とは一般的の真空管における空間電荷グリッド四極管と同一の考え方によるもので、カソードと制御グリッドとの間に空間電荷グリッドを置き仮想陰極を形成させてそれを越す電子を制御する方法であり、リペラーグリッド法は空間電荷グリッド法とに考え方であるが、一度集束したビーム通路中に負電位のリペラーグリッドを置きビームの一部またはすべてを反発する方法である。また最後の偏向法とはビームを静電または電磁偏向してケイ光面に到達するビームを捕捉する方法をさす。

これらの方法によると駆動率としてはきわめて大きな値を得られる可能性があるが、いずれにしても、分割比制御方式においてはカソードの利用率が原理的に悪く、またビームを捕捉する電極の電位が高い場合には、電力損失も大きく時にはその電極からの二次電子放射、ガス放出等をも考慮しなければならない。よってこの方式による場合にはカソードの利用率を必要以上に悪化しないようまたビーム捕捉電極はなるべく低い電位になるよう設計することが望ましい。

4.1 空間電荷グリッド法

今までにすでに数種の試作結果が発表されている。この方法によるとカソードの利用率はあまりよくないが、電子を捕捉する電極がカソードの近くにあり比較的低電位にできるので、空間電荷グリッドの電流は大きくとも、電力損失としてはさほど大きくならない利点をもっている。

(1) Gleichauf の空間電荷グリッド電子銃

これは Gleichauf が前述の直交した円筒レンズを使った電子銃を発表する少し以前に発表しているもので⁽¹²⁾、図4.1に示したように、カソードと制御グリッドとの間に空間電荷グリッド用としてメッシュを張りこれに正の電位を加えたものである。このときの駆動特性を図4.2に示した。駆動率としては約 10 になっているが、ビーム電流が 100 μ A 以上のところで Blooming が著しく実用に耐え

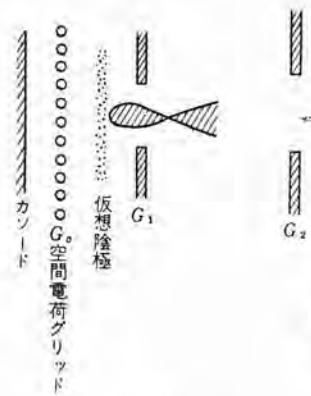


図 4.1 Gleichauf の空間電荷グリッド高 g_m 電子銃の構造
Fig. 4.1 Structure of Gleichauf's high g_m gun with space charge grid.

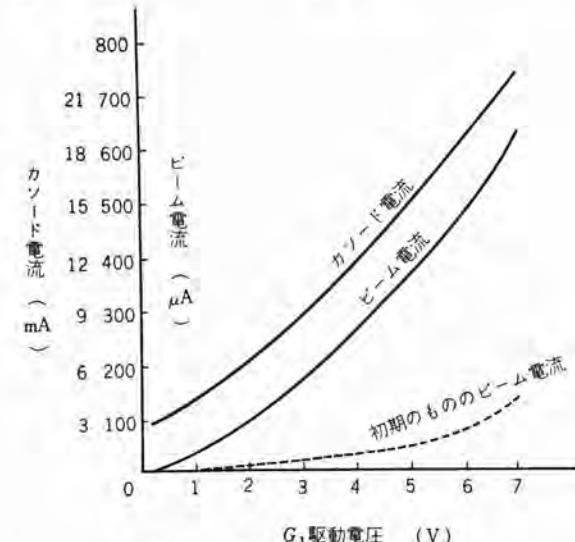


図 4.2 Gleichauf の電子銃の駆動特性
Fig. 4.2 Drive characteristic of Gleichauf's gun.

ないことを指摘している。この Blooming を改善しさらに駆動特性を改良するために制御グリッド G_1 と空間電荷グリッド G_2 の電位を同時に信号で変調することにより同図に示してあるような駆動率約 34 の非常に改善された特性を得ている。しかし図からもわかるようにカソード電流とビーム電流との差が大きく、その比はもっとも小さいところでも 30 倍以上になっている。カソードの効率が非常に悪いことを示している。

(2) J.W. Schwartz の空間電荷グリッド電子銃

Schwartz は Gleichauf とほぼ時を同じくして図4.3のようなメッシュを 2 個使用した空間電荷グリッド電子銃を発表している⁽¹³⁾。図中 G_2 が空間電荷グリッドで、カソードより + 電位になっており、制御グリッド G_3 でビームを制御するわけであるが、ともに電極孔にメッシュを張ってある。Gleichauf の電子銃とさらに異なる点は、カソードの上に集束グリッド G_1 がありここでビームをやや集束してビームの利用率を改善していることである。駆動特性の代表的な例は図4.4 のようであり、駆動率としては約 80 の非常に大きな値になっている。また集束グリッド G_1 のためにカソード電流は比較的小さくなっている。しかし、Schwartz

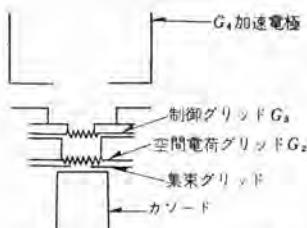


図 4.3 Schwartz の空間電荷グリッド高 g_m 電子銃の構造
Fig. 4.3 Cross section of Schwartz's high g_m gun with space charge grid.

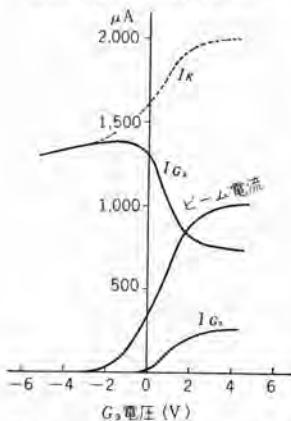


図 4.4 Schwartz の電子銃の駆動特性
Fig. 4.4 Drive characteristic of Schwartz's gun.

ムの電子密度を制御するものである。

この方法による電子銃は Beam Deflection 形カラー受像管に応用されている⁽¹⁴⁾。これは一種のシャドウマスク形のカラー受像管であるが電子銃を 1 本だけ使用しているため前述のように大きなビーム電流が要求され、特殊な構造の電子銃を使用している。構造は図 4.5 に示してあるが、 $3.2 \text{ mm}\phi$ の球面カソードから放射された電子をビーム形成電極と第 1 アノードで集束しビーム状となし、 $0.71 \text{ mm}\phi$ の孔を通して、ユニポテンシャルレンズに導く。この中心電極の電位を変えて通過ビーム密度を制御している。駆動特性は図 4.6 のごとくで、駆動率は 8~10 を示している。しかし、このような構造では反発された電子は前述の空間電荷グリッド方式に比べ、比較的高い電位の電極にはいるので電力損失が大きくなる。すなわち、

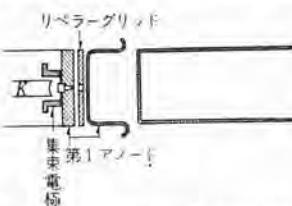


図 4.5 リペラーグリッドを有する高 g_m 電子銃
Fig. 4.5 Cross-section of Repeller grid high g_m gun.

自身も指摘しているように、 G_1 孔、 G_1-G_2 間隔、 G_2 のメッシュ、 G_3 のメッシュ、各電極の厚さなど構造上決めるべき因子が多く、さらに各電極の相対位置によってもビームの分割比が変わることになる。したがって最適設計および調整を行なうにはきわめて困難が予想される。

4.2 リペラーグリッド法

空間電荷グリッド法とやや考え方を異にしており仮想陰極を形成させることを目的とせずに、一度形成された電子ビームの通路中に電気的な絞りを入れて、ビーム周辺部の電子を反発し、通過ビームの電子密度を制御するものである。

この場合では第 1 アノードが 250 V になっているのでビームカットオフの状態では少なくとも ($250 \times$ ビーム電流最大値) の電力損失は避けられないことになる。また図からもわかるように特性の彎曲が

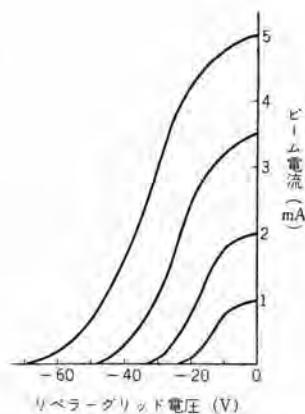


図 4.6 リペラーグリッドを有する高 g_m 電子銃の駆動特性
Fig. 4.6 Drive characteristic of Repeller grid high g_m gun.

大きく、とくにビーム電流の大きいところで飽和する傾向が強い。これはビーム中の電子密度がガウス形になっているために生じるもので本質的な傾向であると Schlesinger も述べている⁽¹⁵⁾。

4.3 偏向法

偏向には静電的なものと電磁的なものとが考えられるが、いずれにせよ偏向率を上げるためにビーム速度の低いところに偏向部を入れる必要がある。同時に偏向フィールドを強くしビーム通路方向に長くすることが望ましいが、一方静電容量またはコイルのインダクタンスが増加し信号の無効電力の増加が要求される。さらにビーム捕捉用の電極が離れているほど偏向は小さくすむが、集束系との関連上捕捉電極の電位を上げる必要が生じ電力損失など好ましくない影響が増加する。つぎにこの方法で問題になることは捕捉電極通過後のビームの形状である。すなわちビーム中の電子密度の分布は一般にガウス形になっているが、その中の一部を取り出し通過させることになるので、捕捉電極通過後のビーム密度の分布は軸に対し非対称になり、その後の集束系の収差により画面の分解能を低下させる原因となる。

Schlesinger は Crossed field modulation 電子銃の名称で図 4.7 のような偏向法による高 g_m 電子銃を発表している⁽¹⁵⁾。図からもわかるようにピヤース式にカソードとそれよりやや+電位のグリッドで平行ビームを作り、偏向制御部に送り込む。この部分は同電位の A_1, M_1 電極とその間に置かれた (a)(b)(c) の 3 電極から成り立っている。 (a) および (c) は A_1, M_1 の 70% の電位 (b) は 7% の電位にしてあるので、これらの電極をビームが通過する間に集束される。また (a), (b), (c) の 3 電極はそれぞれ二つに分割されており、この間に信号電圧を加えビームを偏向し、 M_2 電極孔でビームを分割するようになっている。 M_2 より M_1 がやや高電位にしてあり、 M_2 孔付近で生じる二次電子や散乱電子は M_1 に捕えられる。

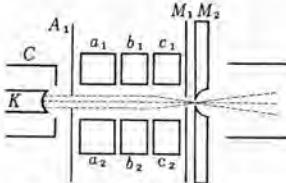


図 4.7 Schlesinger の偏向法による高 g_m 電子銃
Fig. 4.7 Cross section of Schlesinger's deflection type high g_m gun.

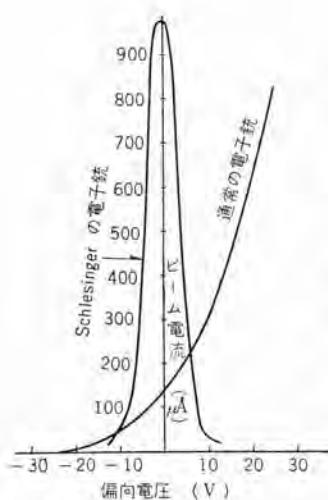


図 4.8 Schlesinger の電子銃の駆動特性

Fig. 4.8 Drive characteristic of Schlesinger's gun.

電子銃を発表している⁽¹⁶⁾。これは電子放射面積を増大させるためにカソードを環状構造とし半径方向に放射された電子を軸方向ビームに変換すると同時に空間電荷による抑制作用を巧みに利用して高い制御能率をもったものを得ている。すなわち図中で環状カソードを取り囲む二つの G_1 は連結されて同じ負電位でビームを変調する。二つの第1アノードのうち G_{2B} は G_{2A} よりやや正電位になっており、カソードと同電位またはややそれより低電位のプローブとの両者でビームは軸方向に曲げられ、カソード電流は G_3 孔を通過するビーム電流と、 G_3 、 G_{2A} 、 G_{2B} に捕

捉される電流とに分割される。この分割比は電子の空間分布によってきまり、空間電荷がある程度以上増大すると軸中心まで電子は到達し得なくなりビーム電流が 0 になる。

図 4.10 に特性曲線の一例を示す。駆動率を求め

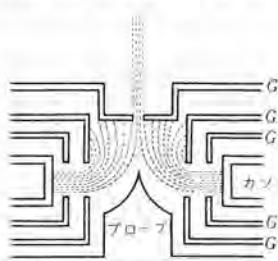


図 4.9 環状カソード電子銃の構造

Fig. 4.9 Cross-section of an annular cathode electron gun.

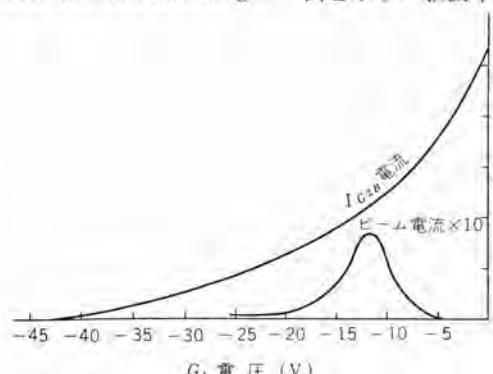


図 4.10 環状カソード電子銃の特性の一例

Fig. 4.10 One example of drive characteristic of annular cathode gun.

駆動特性は図 4.8 のようで、駆動率は 17 である。実際に画面を出した場合に縦横の解像度が異なっている点を Schlesinger は指摘している。またリペラ法よりも偏向法のほうが駆動特性は原理的に直線性がよくなる。

4.4 Schwartz の環状電子銃

1958 年に Schwartz

は図 4.9 に示したような構造をもつ新しい電子銃を発表している⁽¹⁷⁾。これは電子放射面積を増大させるためにカソードを環状構造とし半径方向に放射された電子を軸方向ビームに変換すると同時に空間電荷による抑制作用を巧みに利用して高い制御能率をもったものを得ている。すなわち図中で環状カソードを取り囲む二つの G_1 は連結されて同じ負電位でビームを変調する。二つの第1アノードのうち G_{2B} は G_{2A} よりやや正電位になっており、カソードと同電位またはややそれより低電位のプローブとの両者でビームは軸方向に曲げられ、カソード電流は G_3 孔を通過するビーム電流と、 G_3 、 G_{2A} 、 G_{2B} に捕

ると約 9 位であり、カソードの利用率もきわめてわるいが、 G_3 孔を小さくすることで解像度が上げられ、また G_{2B} を利用して内部増幅作用も行なえるなど今後改良応用される面もあると思う。

5. 間接制御方式

電子銃自体の駆動率は低くともこれに加わる信号振幅をなんらかの方法で増幅して加えるようにすると等価的には大きな駆動率を得ることができる。このようにすると電子銃部には無理な改造を加える必要がないので解像度の問題を避けることができる。しかしこの場合受像管外に増幅管を付加した場合に比べなんらかの利点がなければ内蔵させた意味がなくなることはいうまでもない。

Atti は図 5.1 に原理を示したような電子銃を発表している⁽¹⁷⁾。すなわちヒータおよびカソードストリーブが電子銃部と共に通じ、ストリーブの両面に酸化物が塗布されておりそれぞれ独立に電子を放射できるようになっている。 G_d 電極と G_g 電極で一つの三極管を形成し、 G_d に加えられた信号が増幅されて G_g に生じ、これでビーム電流を制御するとともに、増幅された信号電圧の一部が結合回路を通して G_1 電極に加わり同時にビーム電流を制御できる

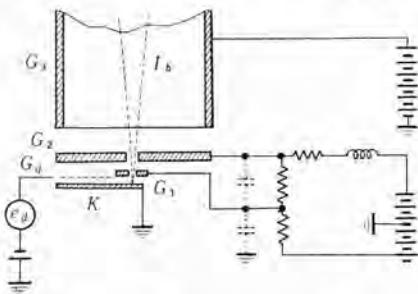


図 5.1 Atti 式間接制御方式の原理
Fig. 5.1 Operation principle of Atti's high g_m gun.

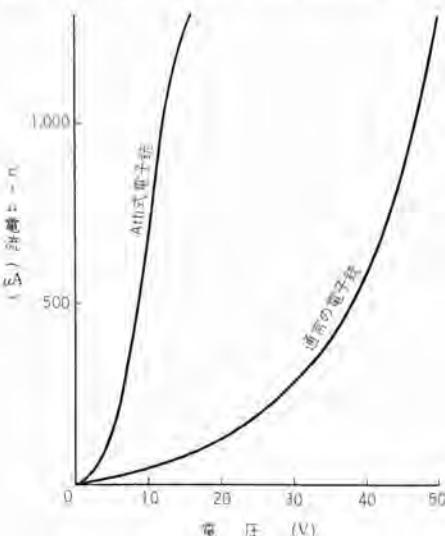


図 5.2 間接制御方式による電子銃の特性

Fig. 5.2 Drive characteristic of Atti's gun.

ようになっている。よって三極管を受像管外に付加した場合にくらべヒータ電力が節約でき、また増幅部の浮遊容量も小さくなり同時にセットの構造の小形化にも適している。しかし前述の直接制御方式と比較した場合 G_2 電流がまったく損失となり、電力損失が大きくなることは本質的な欠点である。これを改善する手段として電子銃部の G_1 に対する G_2 グリッドの増幅率 μ の値を小さくする方法が考えられる。

以下、等価的駆動率および電力損失と μ との関係について考察を加えてみよう。 G_1-G_2 間の結合を完全にし、 G_2 に生じる交流分がそのまま G_1 に掛かり、 G_1 の電圧をちょうど 0 からカットオフまで振らしている場合を考えると、その振幅 \bar{e}_2 は次式から求まる。

$$\bar{e}_2 = \frac{E_{2b}}{1+\mu} \quad \dots \dots \dots (5.1)$$

ここで E_{2b} は G_2 電極の直流電源電圧。

G_1 が 0 になる瞬間には G_2 には E_{2b} がそのまま掛かり、その時ビーム電流は最大値 I_{b0} になっている。よって電子銃だけの駆動率を P_{GD} とすると E_{2b} は次式のように表わされる。

$$E_{2b} = \mu (I_{b0}/P_{GD})^{\frac{2}{3}} \quad \dots \dots \dots (5.2)$$

$$\text{ゆえに } \bar{e}_2 = \frac{\mu}{1+\mu} (I_{b0}/P_{GD})^{\frac{2}{3}} \quad \dots \dots \dots (5.3)$$

また三極部の増幅度を A で表わすと上式の左辺は入力信号振幅 \bar{e}_d の A 倍に等しい。よって等価的駆動率 $P_{GD'}$ は I_{b0} と \bar{e}_d の $3/2$ 乗の比で表わしうるゆえに

$$P_{GD'} = \frac{I_{b0}}{\bar{e}_d^{3/2}} = P_{GD} \left(A \cdot \frac{1+\mu}{\mu} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots \dots \dots (5.4)$$

となり、駆動特性は三極増幅部の増幅度 A が大きいほど、また μ が小さいほど顕著に改善されることがわかる。

一方三極部増幅回路の負荷抵抗を R_L とすると、 G_2 回路での最大電力損失 W_m は次のようになる。

$$W_m = \frac{\bar{e}_2}{R_L} \cdot E_{2b} \quad \dots \dots \dots (5.5)$$

よって前式の \bar{e}_2 および E_{2b} を代入すると

$$W_m = \left(\frac{I_{b0}}{P_{GD}} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot \frac{1}{R_L} \cdot \frac{\mu^2}{1+\mu} \quad \dots \dots \dots (5.6)$$

となる。上式の第 1 項は増幅部のない場合のカットオフ電圧の 2 乗に等しく最大ビーム電流により決まる値である。よって最大損失は負荷抵抗 R_L に反比例し、また μ が小さいほど小さくなる。 R_L は増幅部の周波数帯域幅できまるが、三極部を内蔵しているため浮遊容量が小さく、一般に R_L は比較的大きくとれる。 μ は前述のように、駆動率の改善の点からもできるだけ小さくするほうが有利である。 $R_L=10 \text{ k}\Omega$ 、 $\mu=2$ で 50 V カットオフと同等の最大ビーム電流を流す場合には $W_m=0.3 \text{ W}$ となりかなり大きな値になるがこれは信号の最黒部における瞬時

値であり、使用状態では平均電力損失はより小さい値になる。

図 5.2 に駆動特性の一例を示した。駆動率としては約 20 になっている。特性がやや S 字形になっているのは三極増幅部のカットオフ付近の非直線に起因している。

6. 各方式の比較

各種の高 g_m 化方式について述べてきたが、トランジスタ化した TV セット用を対象に考えた場合の長短所をまとめると表 6.1 のようになる。表中○は長所を、△は短所をまた○はややその点に欠点のあることを示している。これからわかるように、 G_1 に非円形孔をあけたものと最後の間接制御方式がもっとも有望の方式と思える。

表 6.1 各制御方式の比較

	駆動率	集束	電力損失	直線性	寿命	生産性
直接制御方式	現構造の改良	△	○	○	○	△
	Nicoll 形	○	△	○	○	△
	非円形孔法	○	△	○	○	○
方分割制御方式	空間電荷グリッド法	○	○	○	△	△
	リベラグリッド法	○	○	△	○	△
	偏向法	○	○	△	○	○
間接制御方式	○	○	△	○	○	○

非円形孔の方式は集束方法に短所はあるが、他の方式が有しているその他の欠点を持たずすぐれた方式といえる。集束方法にしても解決不可能の問題ではなく、適切なまた簡単な電子レジスを設計すれば今後実用化しうる方式である。

一方間接制御方式は前に述べたように、本質的に電力損失が大きくなる欠点を有しているが、他の方式にくらべ集束系に無関係に比較的大きな駆動率のものまで可能である。また電力損失の点も平均電力損失としては 100 mW 以下にまで下げられるので実用上として問題になるほどでもない。

Schlesinger の偏向法による高 g_m 電子銃の場合には、カットオフ状態で全ビーム電流が捕捉電極 (175 V) に取られるので約 0.25 W の電力損失を生じることになる。間接制御方式と同程度かややこれより低い値であるが、構造が複雑でありまたビーム断面の形状が円形にならない本質的な欠点などのため間接制御方式のほうがすぐれていると思える。

一方空間電荷グリッドを利用したものは、駆動率としては大きな改善も期待できる。とくに Schwartz の発表しているものは前述のように駆動率約 80 というきわめて大きな値を示している。さらに他電極に捕捉される電流は比較的低電位の電極に捕えられるので電力損失とし

ては非常に小さい値で問題になるほどではない。しかし、集束のよいスポットを形成させるためにはカソードの面積を大きくできず、さらに常時数mAの電流をここから流出していなければならぬので、カソード負荷が大きくなり寿命に大きな不安がある。この点は偏向法についても同様で最大ビーム電流に等しい電流がつねにカソードを流れしており、カソードの寿命を考えたとき大きな欠点の一つといえる。さらに空間電荷グリッドを使ったものは組立精度にもきわめて厳しい要求が生じてくるので一般商品用としては適していないだろう。

7. む す び

トランジスタ化されたTVセット用受像管を対象に考え、その電子銃の駆動特性だけに注目して、今までに発表されている種々の方式について概略を述べ考察を加えた。いずれの方式もまだ種々の欠点を有しており決定的なものは出現していない状況であるが、非円形孔をG₁電極にあけた直接制御方式のもの、および增幅部を内蔵させた間接制御方式の2方式が今後実用化の可能性が考えられる方式との結論に達した。なおこの種の受像管に対しては駆動特性以外にも、ヒータ電力の低減、偏向電力の低減、および加速電圧の低下等を同時に要求されている。これらの点については、ここではまったくふれなかったが今後各方面でひろく研究改良される問題と思う。

(35-4-9受付)

参考文献

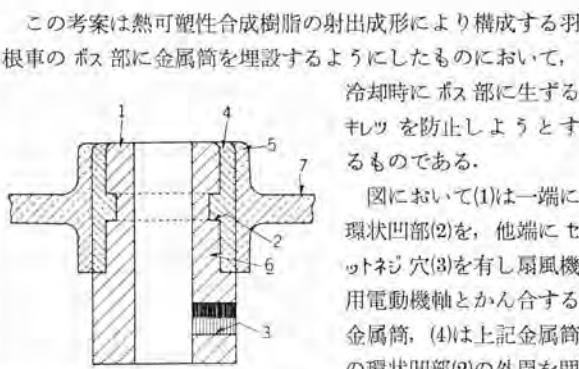
(1) たとえば 山下: テレビ用電子管

- (2) H. Moss: The Electron Gun of the Cathode Ray Tube. Part II. J. Brit. I.R.E. 6 p. 99 May-June (1946).
- (3) Von W. Niklas et al: Fernsehbildröhre für Kathodensteuerung mit erhöhter effektiver Perveanz A.E.U. 12 1. p. 54 (1958).
- (4) Von. W. Niklas et al: J. TV. S. 8.
- (5) K. Shlesinger: Transfer Characteristics and mu-factor of Picture Tubes I.R.E. 41 4 Apr. p. 528. (1953).
- (6) 鷺尾・鷹野: TV用受像管三極部の電圧電流特性に関する一考察 電学会連合大会 (昭34)。
- (7) J.W. Schwartz et al: Drive Factor and Gamma of Conventional Kinescope Guns. R.C.A. Rev. Dec. p. 564. (1958).
- (8) Von W. Niklas: The influence of anode voltage Penetration on the Performance of the Cathode ray Tube Gun. J. TV.S. 8 5. p. 186. (1957).
- (9) F. H. Nicoll: Experimental High-Transconductance Gun For Kinescopes R.C.A. Rev. Dec. p. 612. (1955).
- (10) 3ビームテレビブラウン管: 信学誌 42, 973. (昭34.10).
- (11) P. H. Gleichauf: Crossed Cylindrical Lens High Transconductance Gun. I.R.E. 47 1. p. 95. Jan. (1959).
- (12) P. H. Gleichauf: Space-Charge Grid High Transconductance Gun. I.R.E. 46 8 p. 1542. Aug. (1958).
- (13) J. W. Schwartz: A New High-Transconductance Electron Gun for Kinescopes. R.C.A. Rev. XIX2 June p. 232. (1958).
- (14) J. M. Lafferty: Beam Deflection Color Television Picture Tubes. I.R.E. 42 10, Oct. p. 1491. (1954).
- (15) K. Schlesinger: A New Electron Gun for Picture Display with Low Drive Signals. J. TV. S. 9 1. p. 15. (1959).
- (16) J. W. Schwartz: The Annular Geometry Electron Gun. I.R.E. Conv. Rec. Part 3. p. 13. (1958).
- (17) E. Atti: High Transconductance Wideband Television Gun. I.R.E. Conv. Rec. Part 3. p. 3. (1958).

特許と新案

扇風機羽根車

考案者 拓植 恵



この考案は熱可塑性合成樹脂の射出成形により構成する羽根車のボス部に金属筒を埋設するようにしたものにおいて、冷却時にボス部に生ずるキレツを防止しようとするものである。図において(1)は一端に環状凹部(2)を、他端にセットネジ穴(3)を有し扇風機用電動機軸とかん合する金属筒、(4)は上記金属筒の環状凹部(2)の外周を回続して定着する筒状の合成樹脂層で、とくに低収縮率、高伸

度の合成樹脂、たとえばポリエチレン系合成樹脂、メラミン系合成樹脂などの射出成形により形成されている。(5)は上記樹脂層(4)の外周を回続し、これと一緒に形成された硬質合成樹脂層で、たとえばアクリル系合成樹脂が用いられ、またこの樹脂層(5)の外周にはこの樹脂層と一緒に射出成形された羽根車(7)を有している。

この考案は上記のような構造を有しているので羽根車の成形冷却時に樹脂層(5)に収縮により生ずる内応力を樹脂層(4)が吸収するから、従来のもののようにボス部にキレツが発生するのを防止し得て、製品不良率を減少しうる効果がある。

(実用新案登録第496297号) (小林記)

水銀灯の色補正

研究所 立原芳彦*・秦 卓也**・栗津健三***

Color Correction of Mercury Arc Lamps

Research Laboratory Yoshihiko TACHIHARA・Takuya HATA・Kenzō AWATSU

It is feasible with high pressure mercury arc lamps to improve the light of color by applying phosphor to emit red color with ultra-violet ray. However, green and yellow line spectrums of the mercury are so strong that the visible color in this light is by no means natural. If the intensity of the mercury line spectrums are adjusted by some means, good color rendition, it is expected, is available. The writers have devised a filter to absorb green by metal ions and used it together with phosphors, thus accomplishing mercury arc lamps of high color rendition that is of high satisfaction compared with various characteristics of the conventional mercury arc lamps. Their brightness is about 80% of the old model.

1. まえがき

水銀灯は紫外および可視部に 10 数本の強い水銀共鳴線を発する。照明用として使用されるときは可視部の 406, 435, 536, 578 m μ にある 4 本の線スペクトル中、とくに 536, 578 m μ の緑、黄スペクトル線が有效地働く。これらにより合成された光色はよく知られているように緑がかった青白色を呈している。したがって水銀灯による照明はあまり色調を問題にしない場所、たとえば工場、発電所、道路などに限られている。

この光色を改善する方法として白熱電球と組合わせて使用したり、あるいはその外管に紫外線により赤色に発光するケイ光体を塗布する、いわゆるケイ光水銀灯があるが、いずれもその目的を完全に達しているとはいえない。前者は相当個数を同じ被照面に用いる必要があり、かつ効率の低下が避けられない。また後者は水銀灯に欠けている赤色部を補う点では十分であるが、緑、黄スペクトルの強度があまりにも強く、のぞましい色調の光がえられない。

最近米国においてフィルタを用いて水銀線スペクトルの強度比を調整し色補正を行なったケイ光水銀灯が発表された。筆者らも数年前からこの目的で研究をつづけ、すぐれた演色性を有するケイ光水銀灯を完成した。これは高演色性ケイ光水銀灯 (SD 形) と名づけられてすでに発売、各方面で好評を得ている。ここにケイ光物質あるいはフィルタを用いた水銀灯の色補正の方法および、これら水銀灯の特性について報告する。

2. ケイ光体による色補正

水銀灯の内管から出る紫外線は主として 254, 313, 365

m μ の線スペクトルで、これらのエネルギーは非常に強い。ケイ光水銀灯は外管内壁にこれらの紫外線によって赤色に発光するケイ光体を塗布し、水銀灯に欠けている赤色の光を補い、あるいは効率を改善したものである。この目的にはマグネシウム・フロロ・ジーマネイト・マンガン、磷酸ストロンチウム・錫、あるいは砒酸マグネシウム・リチウム・マンガンケイ光体が使用される。これらの励起帯および発揮帶を図 2.1 に示す。マグネシウム・フロロ・ジーマネイトケイ光体は幅広い励起帯をもち、深赤色のケイ光を発し、その効率は約 24 lm/W である。ケイ光体の膜厚を増すにしたがい、明るさはやや増し、のちほど直線的に低下する。また全光束に対する 600 m μ 以上の光束の比は急速に増し、その後大体飽和する。このケイ光体は 4 倍の Mn により活性化され、特有の黄色がかった赤色をもっている。これは 500 m μ 付近にまで励起帯がおよんでいるためである。したがって 406, 435 m μ の水銀線スペクトルはそのエネルギーが大部分吸収される。このため膜が厚すぎると、

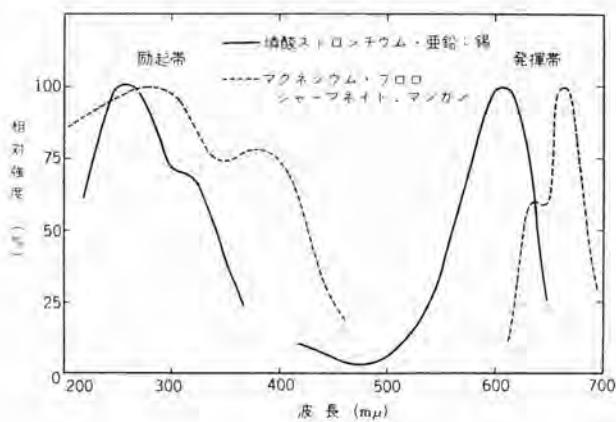


図 2.1 水銀灯用ケイ光物質の励起帯と発揮帶 (20°C)

Fig. 2.1 Excitation band and emission band of phosphor for mercury arc lamps.

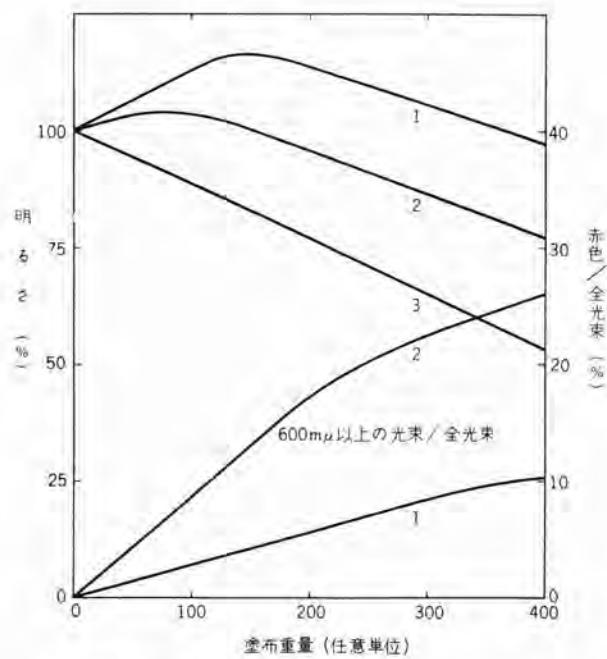


図 2.2 水銀灯における物質塗布量と明るさの関係 (400 W 形)

Fig. 2.2 Relation between quantity of coated phosphor and brightness of mercury arc lamps.

光色は黄緑がかった白色となる。適当な光色をうるための赤色対全光束比は 12% 前後である。(たとえば 4,500 °K 黒体輻射の 600 mμ 以上の光束比は 12.9% である。) このときの明るさはケイ光体を塗布しないばあいとほぼ同じである。

オルソ 煅酸ストロンチウム: 錫ケイ光体は紫外線によりほとんど可視全域にわたる橙白色のケイ光を発し、その効率は 48 lm/W におよぶ。体色は白く前者におけるような可視部の吸収を示さない。適当な厚みに塗布したとき水銀灯の効率は 10% 以上改善される。その光色は銀白色であるがやはり緑色に対する強調性があり、かつ 600 mμ 以上の赤色成分が 5% にしかすぎない。これらケイ光体の塗布量と明るさ、赤色成分の関係を図 2.2 に示す。

3. フィルタ膜による色補正

今までのべたようにケイ光体によってある程度色補正は行なうことができるが、いずれも緑、黄スペクトルの強い影響をうけ、十分な演色性をもたらすことがむづかしい。これを解決するためには、なんらかの方法で水銀線スペクトルの強度比を調整することが必要である。

この方法の一つとしてフィルタによる色補正が考えられた。ウエスチングハウス社から発表された“De Luxe”ケイ光水銀灯⁽¹⁾は、緑色に対してのみ吸収を示し、他の波長域の光には高い透過性を有するフィルタ層をもうけたも

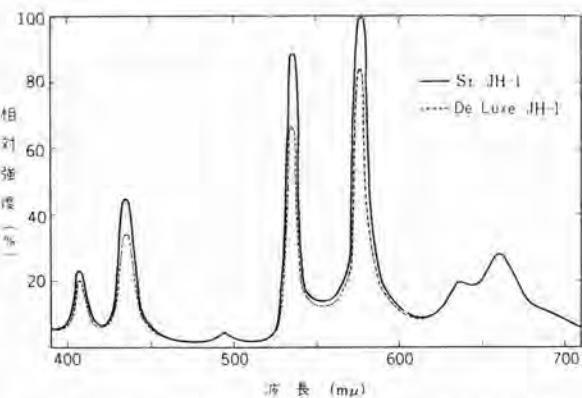


図 3.1 米国の De Luxe ケイ光水銀灯の分光分布曲線 (600 mμ 以上の強度を一定としてある)

Fig. 3.1 Spectrum distribution curves of American De Luxe mercury arc lamp.

のである。すなわち水銀灯外管の外側に金属コロイドによって赤紫色に着色された釉薬 (purple luster) を焼付け、内側にはマグネシウム・フロロ・ジヤーマネイトケイ光体を塗布してある。図 3.1 に標準形ケイ光水銀灯と分光分布を比較して示す。600 mμ 以上のエネルギーと同じとしたとき、緑、黄のスペクトル強度は相対的に低下し、のぞましい方向へ補正されていることがわかる。この“De Luxe”形ケイ光水銀灯は同じ入力をもつ高圧水銀灯の明るさの 75~80% をもつといわれている。

筆者らはこれと別個に金属イオウによる、緑色の吸収に着目し、この金属イオン層とケイ光体層を外管内側にもうけることにより、色調、明るさともにすぐれたケイ光水銀灯を完成し、その一部はすでに発表した。^{(2) (3)}

厚みの異なるフィルタ層、ケイ光体層、およびフィルタとケイ光体を組合せたときなどの分光透過率曲線を図 3.2 に示す。水銀灯は点灯時その外管温度が 200°C 以上に上昇する。したがってこれらの膜の性質は使用時の温度で測定する必要がある。これらはガラス板に塗布して

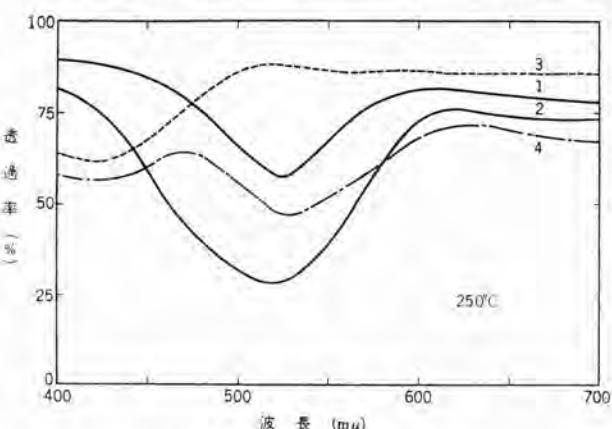


図 3.2 フィルタおよびケイ光膜の分光透過率曲線

Fig. 3.2 Spectrum transmittance curves of filter and fluorescent film.

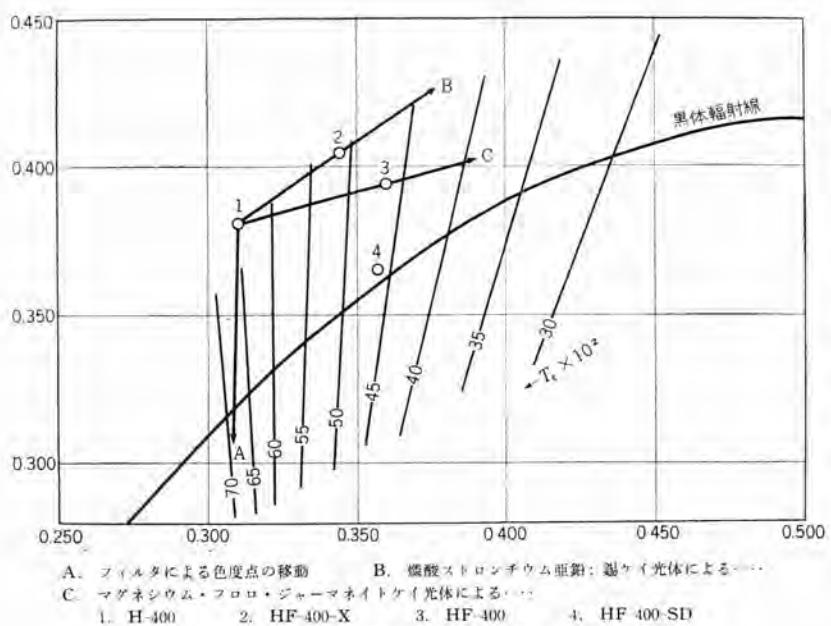


図 3.3 各種水銀灯の色度点

Fig. 3.3 Chromaticity points of various mercury arc lamps.

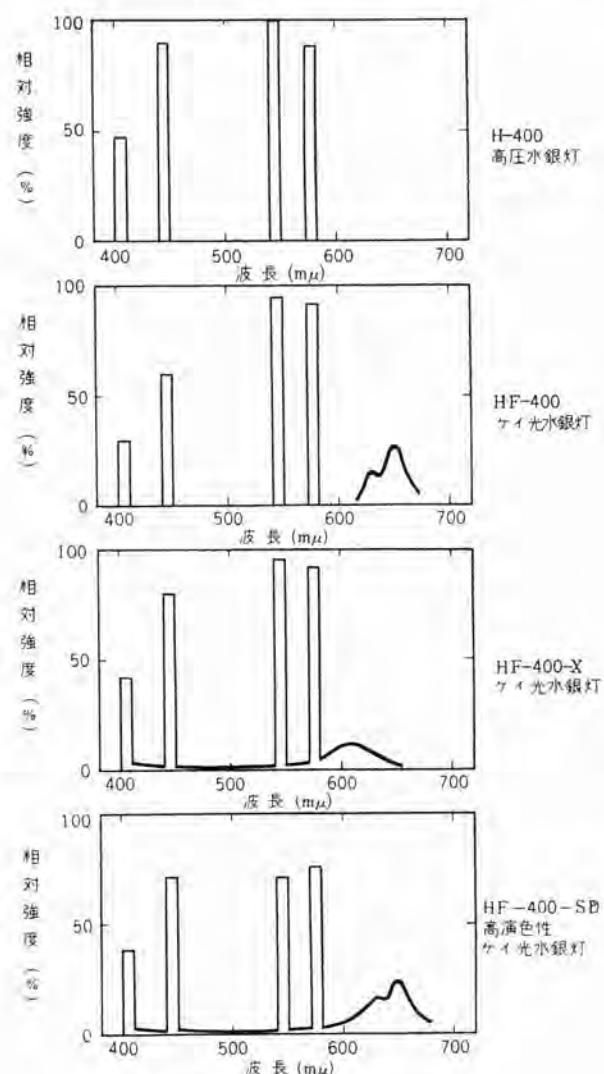


図 3.4 各種水銀灯のスペクトル分布

Fig. 3.4 Spectrum distribution of various mercury arc lamps.

250°C に保ち、A 光源と分光光度計を用いて測定したものである。フィルタ膜は 500~550 mμ において顕著な吸収を示し、他の波長域では良好な透過性をもっている。そして体色はうすいピンク色を呈している。

この フィルタにより色補正した水銀灯の光色は、フィルタ層を厚くするにしたがい y 値が少なくなり、黒体輻射線と色温度 7,000°K 付近で交わる。当然光束は低くなり、この交点ではもとの明るさの約 65% となる。ただしケイ光膜による色度点の移動も期待できるから実験的に確かめた色補正に必要な厚みでは約 85% の明るさを保つ。

ケイ光体だけ、フィルタだけ、およびフィルタとケイ光体を組合せたときの光

色の移動を色度図上にあらわすと図 3.3 のようである。これらの数値は、酸化マグネシウムの白色拡散板に照射して出る反射光を光電色彩計により測定したものである。

フィルタ膜の光学的特性は金属イオン濃度、粒子径、あるいは塗布密度により変化する、たとえばイオン濃度の大なるときは層をうすく、逆のばあいは厚くする必要がある。そして前者では被覆率が少なく緑の透過性がよくなり、後者では散乱率が増して全体に透過率が低くなる傾向がある。

全光束に対して 600 mμ 以上の赤光束はすでに述べたように 10% 前後で十分と考えられる。このために必要なマグネシウム・フロロ・ジャーマネイトケイ光体はごくわずかでよい。そして効率が高く発揮帶の広い磷酸塩系ケイ光体を併用することにより、さらに光束、演色性とも好結果が得られた。

各種水銀灯 (400 W 形) の発光スペクトル分布を図 3.4 に示す。これにより水銀線スペクトルの強度比がいちじるしく改善されていることがわかる。SD 形ケイ光水銀灯の光束は同じ入力の高圧水銀灯に対し約 80% を有する。(表 3.1) 色度点は図 3.3 に示すように約 4,500°K, +5 LPD となる。また点灯中における光度減衰は図 3.5 にあるように 6,000 時間経過後も初期の明るさの 80%

表 3.1 各種水銀灯 (400 W 形) の諸特性

ランプ形式	ランプ入力 (W)	全光束 (lm)	効率 (lm/W)	赤光束比 (%) 600 mμ 以上	備考
H-400	400	21,000	52.5	2	高圧水銀灯
HF-400	"	21,000	52.5	12.5	ケイ光水銀灯
HF-400-X	"	23,000	57.5	5.2	同上(銀白色)
HF-400-SD	"	16,000	40.0	13.8	同上(高演色性)

安定時 管電圧 130 V, 管電流 3.3 A

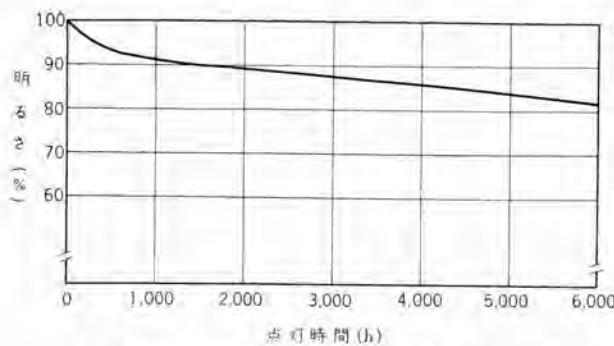


図 3.5 高演色性 ケイ光水銀灯の光度減衰曲線
HF-400-SD・連続点灯

Fig. 3.5 Luminous intensity attenuation curve of mercury arc lamp of high color rendition.

以上を保ち、普通のケイ光水銀灯と変わらない、そして色度点の移動はほとんどみられなかった。

4. 水銀灯の演色性

4.1 光束分割法による演色性の評価

光源の演色性を問題にするとき、視覚の色順応性を考慮に入れる必要がある。これは光源が変わって物体の色度が大きく変化しても、それほど感じない。たとえば白熱電球でも太陽光でも白いものは白として感じることである。しかし色彩間の対比には鋭敏な感覚を示すことがよく知られている。このことから光源の分光エネルギー分布を、いくつかの波長域に分割し、このエネルギー比から演色性を評価する Harrison⁽⁴⁾ の方法がよくとられている。水銀灯のように鋭い線スペクトルをもつ光源に対しては必ずしも適切であるとはいえないが、その結果には色の見え方の傾向がよくあらわされていると思う。

分割波長域は次のとおりである。

番号	波長	色	符号
No. 1	400~460 m μ	紫、青	V, B
2	460~510	青、緑	B, G
3	510~560	緑	G
4	560~610	黄	Y
5	610~660	赤	R
6	660~700	深赤	DR

この波長域における各光源の光束値を算出し、さらにYの値に対する比をもとめる。(表4.1) そして等エネルギー光における値を100とするV·B/Y…, R·DR/Yの比、すなわち色彩対比係数をもとめた。

評価しようとする光源と色温度のよく似た標準光、(H-400のときは6,500°K 黒体輻射、他は4,500°K)との色彩対比係数の平均偏差を100から差引いた値が評価点数である。(表4.2)

水銀灯におけるG部の強調性と、BG, R, DR部の

表 4.1 各種水銀灯と標準光源の5分割光束比

波長域	等エネルギー光	6,500°K 黒体	高演色性 水銀灯 H-400	4,500°K 黒体	ケイ光 水銀灯 HF-400	ケイ光水銀灯 HF-400-X	高演色性 ケイ光水銀灯 HF-400-SD
V, B	0.99	1.12	0.83	0.75	0.40	0.67	0.62
BG	9.46	10.65	0.36	8.75	0.38	2.46	2.17
G	40.1	41.8	60.8	39.2	50.3	50.5	43.1
Y	37.1	35.8	37.8	38.4	35.2	39.2	42.81
R, DR	12.12	10.58	0.1	12.89	13.72	6.5	14.2

表 4.2 各種水銀灯と標準光源の色彩対比係数と評価点数

	等エネルギー光	6,500°K H-400	4,500°K HF-400	HF-400-X	HF-400-SD
V, B/Y	100	115	81	72	46
BG/Y	100	116	3.7	89	4.2
G/Y	100	108	167	94	133
R, DR/Y	100	90	0.8	103	120
評価点		100	26	100	58
				62	78

欠除は フィルタにより G 部が、ケイ光体により R, DR が補正されていることがわかる。SD 形ケイ光水銀灯の評価点数は、標準冷白色ケイ光ランプのそれ⁽⁵⁾⁽⁶⁾に匹敵する。

4.2 色票およびペイントの視感による演色性比較

適当な色票およびペイント 10 数個について、標準光と各種水銀灯照射下における色相、彩度の変化をもとめた。標準光は A 光源に フィルタを組合せたもので、その色度点を光電色彩計により測定すると色温度 6,500°K でほぼ黒体輻射線上にある。試料面の照度は 400 lx 一定とし、光源を変えたときの色の見え方の差を数人の試験者により判定した。

この結果を マンセル 図表⁽⁷⁾に示すと図 4.1, 4.2 のようである。水銀灯では全般にわたって色相の変化がいちじるしく GY, G および R ではとくに彩度の変化も大き

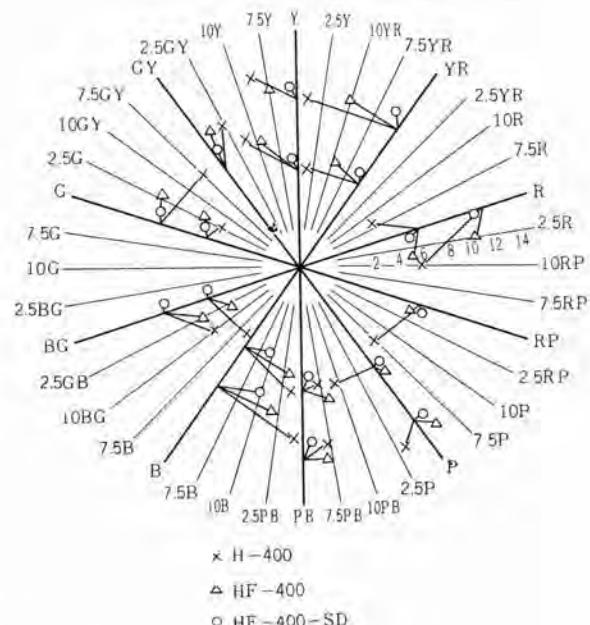


図 4.1 視感による色票の色相、彩度の変化

Fig. 4.1 Changes of hue and chroma of the color chart by visibility.

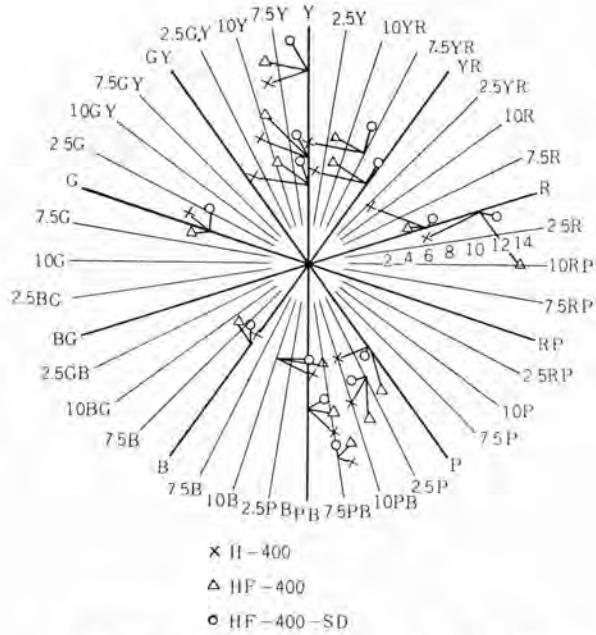


図 4.2 視感によるペイントの色相、彩度の変化

Fig. 4.2 Changes of hue and chroma of paints by visibility.
い、ケイ光水銀灯では、これらの点が大分改善され、SD形になると大体満足すべき結果が得られている。B, BP, Rにおける変化はスペクトル分布、あるいは色彩対比係数から推察される結果とよく一致する。

5. む す び

以上水銀灯の色補正の方法および、それらの特性を比較し、フィルタとケイ光体を組合せたケイ光水銀灯が、ほぼ満足できる演色性をもつことをのべた。実際に多色刷りの画、花束などを照明したとき、従来の水銀灯では到達できなかった色の表現が観察される。またこのような鮮かな色彩ばかりでなく、普通の室内に点灯しても、さほど不自然さは感じられない。このような光源の出現によって、今後一般照明分野における水銀灯の新しい進出が期待できる。

筆をおくに際し種々ご指導を賜わった、関係各位に厚く御礼申上げる次第である。 (35-4-6 受付)

参 考 文 献

- (1) W. S. Till: Ill. Eng. 52, Sep. 453, (昭 32).
- (2) 立原・秦・栗津: 「三菱電機」32, No. 9, 21, (昭 33).
- (3) ニュースフラッシュ: 「三菱電機」33, No. 7, (昭 34).
- (4) Harrison: Light of Lighting, 44-4 148, (1951).
- (5) 河合・井手: 「三菱電機」27, No. 2, 26, (昭 28).
- (6) 井手・伊吹: 照明学会雑誌 40, No. 9, 380, (昭 31).
- (7) Munsell Book of Color (1929).

===== 最近登録された当社の特許および実用新案 =====

区別	名 称	特許または登録日	特許または登録番号	発明考案者	所属場所
新案	接地継電器	34-12-5	503458	平野琢磨	福岡
〃	防水形電気機器の導体引出部の構造	〃	503459	東昇	大船
〃	扇風機用タイムスイッチ	〃	503460	加藤義明	福山
〃	電気洗たく機のスイッチ装置	〃	503461	加藤義明・神本明輝	〃
〃	屋外用電気機器の外箱	34-12-9	503771	宇部敏郎	長崎
〃	ケイ光灯灯具	35-1-7	504791	高島秀二・山下源一郎 (今泉令彌)	大船
〃	電気あんかの木箱	〃	504792	増谷良久	菱機
〃	界磁調整器	〃	504793	町野康男	名古屋
〃	積算量遠隔指示装置	35-1-26	505352	加藤義明・林正之	福山
〃	電流制限器	〃	505353	吉岡末男・吉村四郎	〃
〃	回転電機 ブラシ揚装置	〃	505354	藤山辰之	長崎
〃	内燃機関起動用電動	〃	505355	宮崎秀夫	姫路
〃	電気車電気制動装置	〃	505356	北川和人	本社
〃	接点支持台取付装置	〃	505357	加藤義明・神本明輝	福山
〃	二重なべ電気煮炊器	〃	505358	武井久夫・祖父江常雄 (加藤悟)	菱機
特許	圧縮空気操作装置	34-12-17	257967	富永正太郎	伊丹
〃	磁気選鉱機の磁石装置	〃	257968	(河合登・高島秀二 (柳下儀兵衛)	大船

受信管の管壁温度

無線機製作所 吉本正二*・石川博章**・山田好文**

Receiving Tube Envelope Temperature

Electronics Works Shōji YOSHIMOTO・Hiroaki ISHIKAWA・Yoshifumi YAMADA

Quality control of high grade is indispensable even in the production of general receiving tubes to meet the requirement of high reliability nowadays. Of study on various conditions of operation to go with the above purpose envelope temperature is no less important to fulfill needed processes. The writers have taken up this problem particularly and made thorough investigation. They explain in the report principal factors to constitute the envelope temperature based on experimental data. Empirical formula to show outline of this temperature from heater power, plate dissipation and grid dissipation are given herein. A cooling technique to secure reliability is also introduced by them.

1. まえがき

最近は一般受信管においても高度の信頼性を要求される傾向にある。電子管の信頼性を確保するためには、材料および製造工程において高度の管理を必要とするとともに電子管の使用時における動作条件を十分に検討しなければならない。動作条件の規定は許容温度、電極相互間の電位差および電流などの物理的限界として規格表に規定されている。ここではとくに動作条件の中の管壁温度をとりあげて受信管の場合について検討する。

管壁温度の上昇は内部電極の温度上昇と密接な関係をもっている。管壁温度が上昇すれば当然、陽極、格子、陰極、雲母板など内部電極材料に温度上昇がある。温度が上昇すればバルブガラスおよび内部構造物からのガス放出が増大する。この放出ガスには種々のものがあるが、一般に酸化物陰極の受信管では、陰極のエミッションが減少し、いちじるしく寿命が短縮される。また、グリッド線の温度上昇はグリッドエミッションを起し電極材料の熱膨張は特性に変化をもたらす。その他管壁の温度上昇とともになう悪影響は電極間の絶縁の低下、および抵抗、コンデンサなどの回路部品にまでおよぶ。

管壁温度は多数の要因が複雑に作用して構成されている。ここでは管壁温度に関するおもな要因を実験データをもとに説明するとともに、管壁温度をヒータ電力、陽極損失、格子損失などから概略を知るための実験式を報告する。また受信管の使用上問題となる寿命を検討し、信頼性をもたせるための冷却方法の2、3について紹介する。

2. 管壁温度と内部電極温度の関係

内部電極の温度上昇の過程および温度分布は非常に複

雑であって、理論計算によって完全な解を求ることは困難であろう。電極の温度分布および温度は、その寸法・構造・形状、だけでなく材料の熱伝導度、表面の輻射能、吸収能などによって同一管種で同一損失の場合でも異なったものとなる⁽¹⁾⁽²⁾。以下では実際の管種について測定したデータを基礎として検討する。

管壁温度が熱的に定常状態にある場合だけについて考えれば、電子管内部に発生する熱量は、ヒータ加熱電力、陽極損失、格子損失からなっている。一方熱の放散は輻射と熱伝導からなっている。電極より輻射により放散される輻射エネルギーの一部が管壁に吸収される。他のエネルギーはガラスバルブを透過する。熱伝導によるエネルギーの放散は主として導入線を通じて行なわれる。

管壁温度が定常状態にある場合は、この熱的な入力と放散の出力とが平衡状態にある。輻射により放散される熱は各電極の温度によって決まる波長に対する分布で輻射する。この輻射の過程は反射、吸収を繰り返して非常に複雑であるが最終的にはほとんど大部分のエネルギー

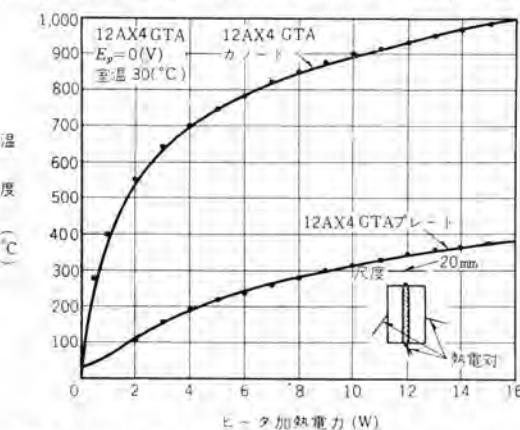


図 2.1 12AX4-GTA のヒータ加熱電力に対するカソード温度とプレート温度

Fig. 2.1 12AX4-GTA cathode and plate temperature vs. heater power.

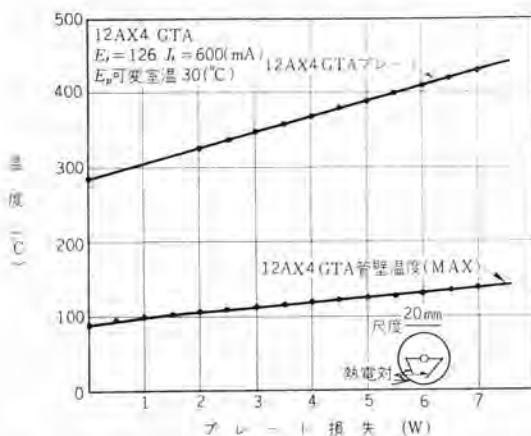


図 2.2 プレート損失に対するプレート温度と管壁温度

Fig. 2.2 Plate and envelope temperature vs. plate dissipation.

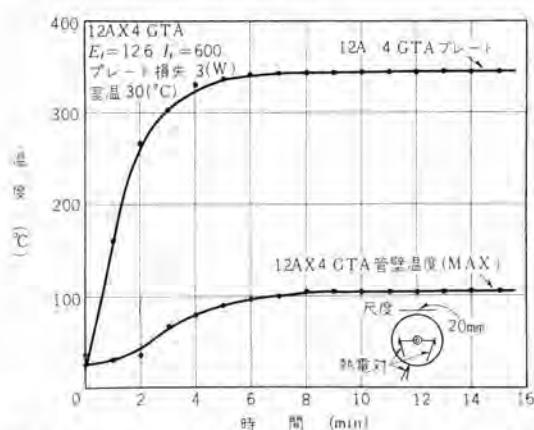


図 2.3 12AX4-GTA のプレート温度と管壁温度の定数

Fig. 2.3 12AX4-GTA time constant of plate and envelope temperature.

がプレートの輻射として放散していると仮定してよい。

これらの事情を具体的に知るために、各電極の損失を変化した場合の内部電極の温度と管壁温度を測定した。

図 2.1 は構造の簡単な 12AX4-GTA について陽極損失なしの状態でヒータ電力を変化した場合のカソード温度と陽極温度の変化を示す。図 2.2 にはヒータ電圧 12.6 V、ヒータ電流 0.6 A の状態に置き、陽極損失を変化した場合の陽極温度と管壁温度を示す。図 2.3 にはヒータ電圧 12.6 V、電流 0.6 A、陽極損失 3.0 W の標準動作条件にしておき電源を投入した場合の時間に対する陽極温度と管壁温度の関係を示す。図 2.2 では、陽極温度 300°C において、25°C の温度上昇に対する陽極損失の増加は約 1.2 W である。また図 2.1 では、陽極温度 300°C において、25°C の陽極温度上昇をみるとヒータ加熱電力の増加は約 1.5 W である。このことから陽極温度 300°C 近傍においてはヒータ加熱電力の約 80% は複雑な反射、吸収の過程を経て、最終的に陽極に吸収されている。また陽極温度 350°C 近傍においては約 78% が陽極に吸収されている。他のヒータ電力は陽極開口部

よりガラスバルブに輻射する。ヒータ電力が増加すれば陽極に吸収されるエネルギーの比率が減少することは、陽極開口部より輻射するエネルギー分布が波長の短いほうに移行するためバルブより透過するエネルギーの増大と、ヒータ、カソードの比輻射能の低下などが考えられる。図 2.3 の陽極温度の時定数と管壁温度の時定数を比較すると非常に密接な関係のあることを示している。このことは管壁温度の上昇に対して陽極温度が大部分を占めていると考えてよからう。管壁温度を知りうとすれば、陽極温度を知る必要があるが、陽極温度は温度上昇が激しい場合、温度分布は不均一なものとなる。一般受信管の場合は構造が多種多様であって、実用の管種について温度分布を完全に解析することは困難であろう。

つぎにさらに形状の複雑な四極ビーム管、12BQ6について管内の温度および管壁温度を測定したものを図 2.4 と図 2.5 に示す。

図 2.4 は陽極電圧 = 0、第二格子電圧 = 0、第一格子電

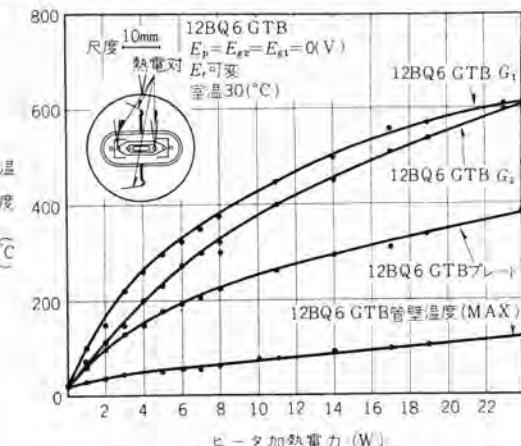


図 2.4 12BQ6-GTB のヒータ加熱電力に対する各電極温度と管壁温度

Fig. 2.4 12BQ6-GTB electrodes and envelope temperature.

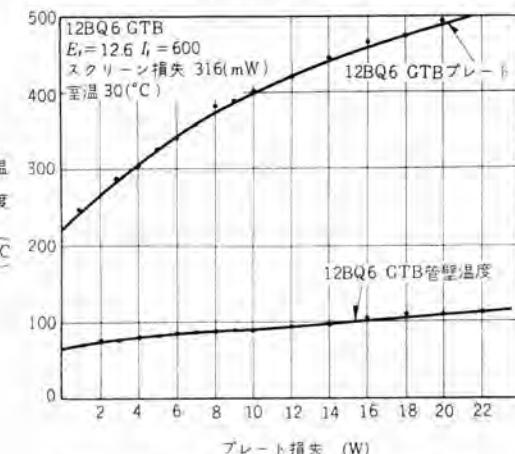


図 2.5 12BQ6-GTB のプレート損失に対するプレート温度と管壁温度

Fig. 2.5 12BQ6-GTB plate dissipation vs. plate and envelope temperature.

$E_i=0$ の条件でヒータ 加熱電力を変化した場合の陽極、第二格子、第一格子の温度の変化を測定したものである。図 2.5 にはヒータ 加熱電力を 7.56 W 一定とし、第二格子損失も 0.32 W 一定で第一格子電圧を調整して、陽極損失を変化させたときの陽極温度と管壁温度の関係を示す。図 2.4 と図 2.5 を比較して、陽極温度 300°C ではヒータ 加熱電力のうち約 70% が陽極に吸収されているものと考えられる。ほかの約 30% は陽極開口部よりパルプに放出されるか、または導入線より失われている。この場合わずかではあるが、第一格子および第二格子に吸収されて、これより輻射している。12BQ6 は 12AX4 に比較してヒータ 電力が陽極に吸収される割合が少ないのは 12BQ6 のほうが陽極開口率が大きいことに大部分原因している。陽極温度が 400°C 以上では、陽極に吸収されるヒータ 電力は 50% 前後に低下している。このことは 12AX4 について述べたことが陽極の開口率が大きいため顕著に表われているものと思われる。つぎにヒータ 電圧=12.6 V、電流=0.6 A、陽極損失 16.25 W 一定として第一格子電圧を変化して第二格子損失を変化させた場合の第二格子温度と管壁温度の関係を図 2.6 に示してある。

第二格子損失が零から 2 W 近くまで変動しても管壁温度はほとんど変動していない。この程度であれば陽極損失に対して無視することができる。このことは第二格子損失の熱容量が非常に小さいため温度が上昇し、導入線の熱伝導量が比較的大きいためであろう。

以上の実測によって、管壁温度は陽極温度の輻射に大部分依存し、また陽極温度は管種、すなわち形状、材料に深い関係のあることがわかる。

さらにこれらのこととを詳しく知るために、ヒータ 電力一定で、陽極損失を変化したときの陽極温度を 6005、

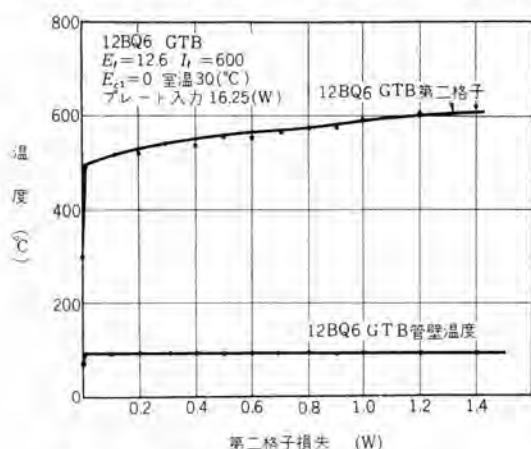


図 2.6 12BQ6-GTB の第二格子損失に対する第二格子温度と管壁温度

Fig. 2.6 12BQ6-GTB screengrid dissipation vs. screengrid and envelope temperature.

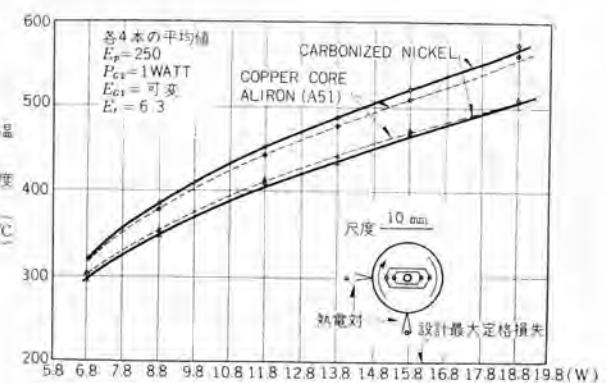


図 2.7 6005 のプレート損失に対するプレート温度

Fig. 2.7 6005 plate temperature vs. plate dissipation.

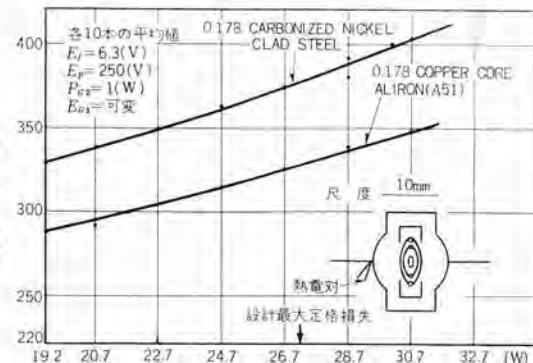


図 2.8 6L6 のプレート損失に対するプレート温度

Fig. 2.8 6L6 plate temperature vs. plate dissipation.

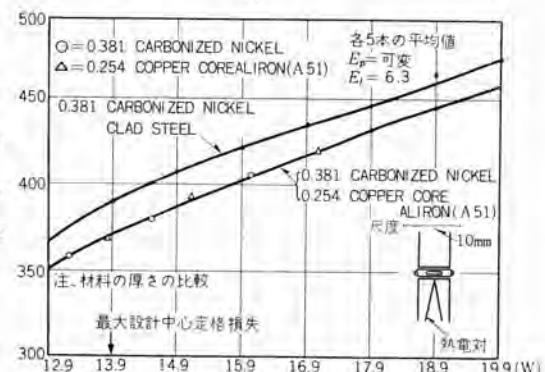


図 2.9 Z-2300 のプレート損失に対するプレート温度

Fig. 2.9 Z-2300 plate temperature vs. plate dissipation.

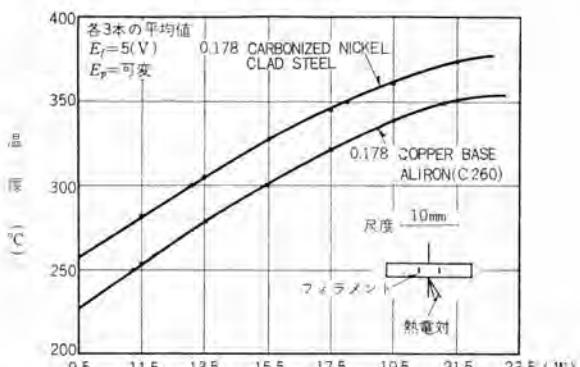


図 2.10 5U4GB のプレート損失に対するプレート温度

Fig. 2.10 5U4GB plate temperature vs. plate dissipation.

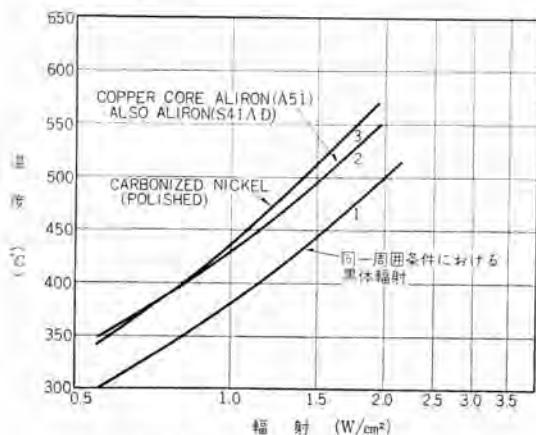


図 2.11 材料の輻射伝熱量

Fig. 2.11 Emissive power of materials.

Z-2300, 6L6, 5U4GB の各管種について測定したものと一例として、図 2.7 より図 2.10 に示しておく⁽³⁾。同一管種についても材料により相当、陽極温度が異なり熱伝導率の大きい材料ほど温度は低くなる。

熱伝導が大きくなれば、陽極の温度分布は一様になり全表面より均一に輻射するためである。

導入線による伝導伝熱の熱放散について考える。電極に接続されている導入線の本数、材料によって異なるけれども、一般の受信管では 1W 以下であると考えてよい。したがって全熱入力に対して、無視しても管壁温度には大きな変化はない。以上の考察から管内に発生した熱量の中では大部分が陽極を通じて輻射により放散していると考えてよからう。陽極温度の概略を知るために、輻射と温度の関係を図 2.11 に示しておく。カーボナイズニッケルでは輻射能は約 72% 一定である。

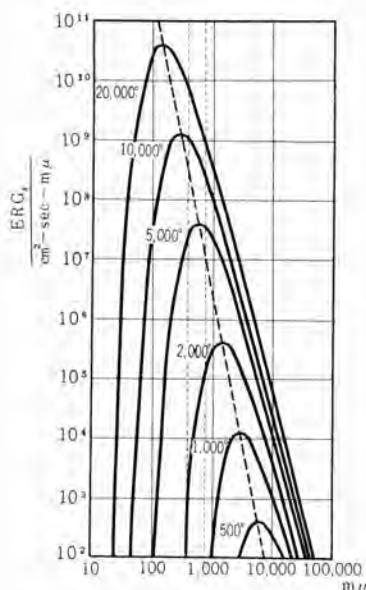


図 3.1 絶対温度に対する黒体輻射
Fig. 3.1 Black-body radiation curves for various absolute temperature.

3. 入力電力による管壁温度の推定

前項では管内の熱放散がほとんど陽極を通じて行なわれていると考えてよいことがわかった。ここでは、この輻射エネルギーがどの程度ガラスバルブに吸収され、管壁が温度上昇するかを検討する。一般の受信管では陽極は、黒化ニッケルまたはアルミニウム複合板を使用しているので、温度上昇した陽極は完全黒体輻射に近い波長に対するエネルギー分布で輻射するものとする。

輻射の波長に対して、エネルギーの大きいものは大体 0.7 ないし 10μ の範囲に分布している。絶対温度に対する黒体輻射の波長に対するエネルギー分布は図 3.1 に示すとおりである。

各電極より輻射されたエネルギーは、ガラスバルブに一部は吸収され、他のエネルギーは直接透過するかまたは表面反射と電極表面の吸収の過程を経て透過すると考える。この波長に対する透過率を、ソーダガラスについて調べたものを図 3.2 に示す⁽⁴⁾。

ソーダガラスでは波長が 2.8μ で急激にカットオフになる特性を示す。また厚さが厚くなれば当然、透過率は減少する。図 3.1 と図 3.2 を参照すれば、陽極温度が 300°C 付近ではバルブを透過するエネルギーは、1~2% である。700°C 近くでは、約 25% が透過すると考えられる。このほかのエネルギーが管壁温度を上昇させる原因となる。

管壁に吸収される熱量を適当に見込むことができれば固体と空気が接している場合の境膜伝熱係数を考慮してバルブ温度をヒータ加熱電力、および各電極損失から理論的に大体の管壁温度を推定することができる。

管壁表面の温度分布が一様であると仮定して、以下に管壁温度の推定について述べる。

対流伝熱により伝達される熱量は、次式により示される。

$$q = h \cdot A \cdot \Delta t \quad \dots \dots \dots (3.1)$$

q: 伝達熱量 (kcal/h)

A: 接触面積 (m²)

Δt: 管壁温度と周囲温度の差 (°C)

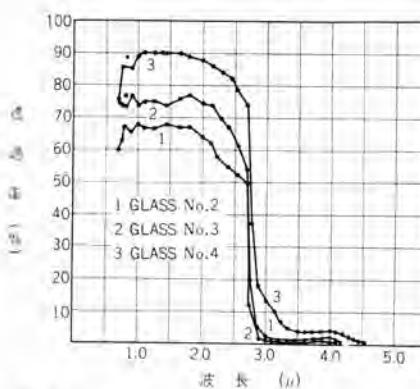


図 3.2 ソーダガラスに対する赤外線の透過
Fig. 3.2 Transmittance of infra-red energy through sodium silicate glasses.

$$h = 1.42(\Delta t/d)^{1/4} \dots \quad (3.2)$$

水平取付位置では垂直の場合に比較して小さな値をとる。式(3.1), (3.2)より

$$\Delta t = (d^{1/4} \cdot q / 1.42 \cdot A)^{4/5} = (K \cdot q)^{4/5} \quad \dots \dots \dots (3.3)$$

d: バルブ の外径 (m)

式 (3.3) の K は バルズの寸法により決まる定数である。この場合 A は形状により実効面積をとらなければならない。 q は前述の各電極の熱放散過程を考慮して、輻射 エネルギの波長に対する分布を決め、ヒータ 加熱電力と各電極損失より求める。

式 (3.3) は次のように書ける.

$$\Delta t = \{K(1-\gamma)(P_f' + P_g' + P_p')\}^{4/5}, \dots \quad (3.4)$$

$$K = (d^{1/4} \times 60^2 \times 2.39 \times 10^{-4}) / 1.42 \cdot A$$

γ : 辐射 エネルギ の透過係数

P_f' : 熱伝導による熱放散を除いたヒータ加熱電力 (W)

P_p' : 熱伝導による熱放散を除いた陽極損失 (W)

P_q' : 熱伝導による熱放散を除いた格子損失 (W)

式(3.4)を適用する場合、陽極表面の温度分布および管壁温度分布が一様であるという仮定が必要である。したがって温度分布が相当に不均一となる場合は適当で

ない。

γ は輻射体の温度により決まる定数であるが、この場合陽極温度を正確に推定することは困難であろう。普通の受信管では、陽極温度は大体 300°C ないし 600°C の範囲である。管の寸法、構造に従って図 2.1 から図 2.10 を参照すれば、概略は決定することができる。また陽極面積がわかっていれば図 2.11 より実効輻射面積を考慮して推定することは可能である。このようにして温度が決まれば エネルギー 分布は Planck の輻射の法則により決まるから、 γ は次式により表現することができる。

$$\gamma' = \frac{c_1 \int_0^{2800} \lambda^{-5} (e^{c_2/\lambda T} - 1) d\lambda}{c_1 \int_0^{\infty} \lambda^{-5} (e^{c_2/\lambda T} - 1) d\lambda} \quad \dots \dots \dots (3.5)$$

λ ：波長 (m μ)

T : 温度 (°K)

$$c_1 : 3.703 \times 10^{23}$$

$$c_2: 1.433 \times 10^7$$

e : 2.71828

式(3.5)を計算したものを図3.3に示す。

以上の結果をもとにして理論曲線と実測曲線の比較をした 2, 3 の実例を示す.

(1) 12AX4 の場合

動作条件として、 $P_f = 7.0$ (W) 一定で陽極損失を変化させた場合の管壁温度について比較した結果を図 3.4 に示す。この例では $K = 35$ に選び、 γ は図 2.1 を参照して 5 (W) では、 $\gamma = 6\%$ 、10 (W) では、 $\gamma = 10\%$ 、15 (W) では $\gamma = 15\%$ と仮定した。

導入線よりの損失は、1(W)を見込んだ。図3.4の結果をみると曲線の傾向はよく一致しているけれども理論値は実測値より20°Cの開きがある。この実測曲線は最

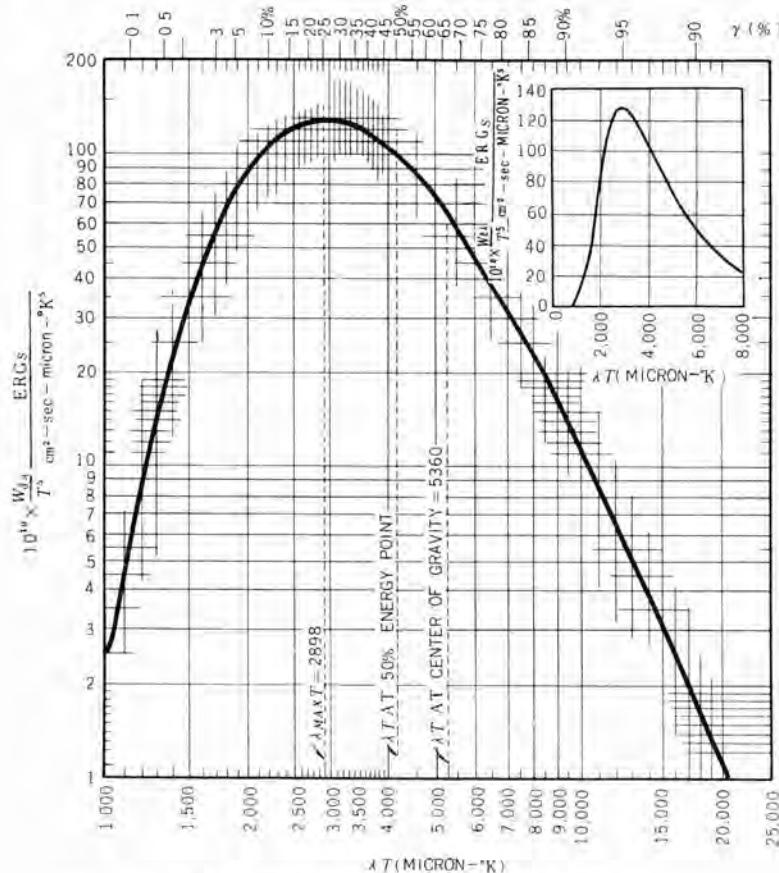


図 3.3 完全黒体の波長に対するエネルギー分布

Fig. 3.3 Distribution of energy in the spectrum of a black body.

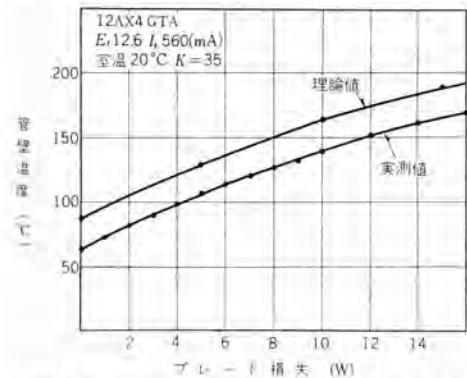


図 3.4 12AX4-GTA の管壁温度の理論曲線と実測曲線の比較

Fig. 3.4 12AX4-GTA theoretical envelope temperature curve in comparison with a measured curve.

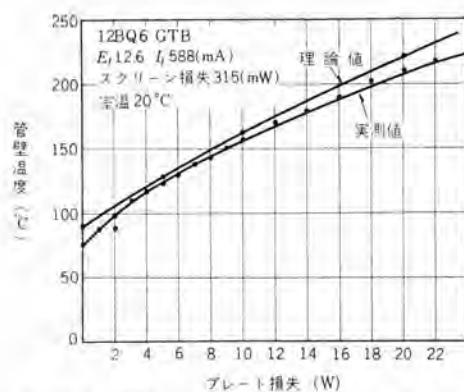


図 3.5 12BQ6-GTB の管壁温度の理論曲線と実測曲線の比較

Fig. 3.5 12BQ6-GTB theoretical envelope temperature curve in comparison with a measured curve.

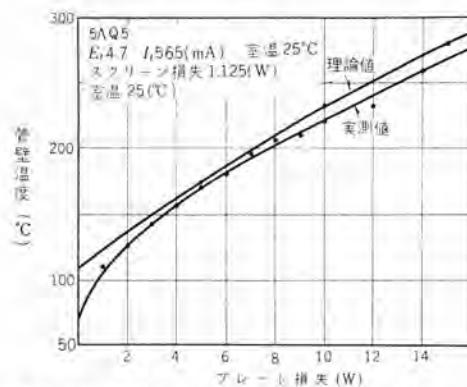


図 3.6 5AQ5 の管壁温度の理論曲線と実測曲線の比較

Fig. 3.6 5AQ5 theoretical envelope temperature curve in comparison with measured curve.

表 3.1 各種 バルブに対する K の値

バルブ外形	T18-1	T18-2	T18-3	T21-2	T21-3	T21-4	T29-2C	T29-11A
K	110	93	70	73	58	44	35	32

高温度を示しているので、平均の温度に対しては約30°Cの開きをもっている。この原因は、それぞれの仮定に問題があるが、とくにこの管種では陽極が陰極に接近しているため陽極の温度分布が不均一であるため、 γ が実際に小さくなっているためであろう。

(2) 12BQ6 の場合

この例では K を 32 と取った。 γ は陽極損失、5 (W), 10 (W), 20 (W) の場合、それぞれ 5%, 7%, 10% と仮定し、熱伝導による放散を 1 (W) とした。計算値と実測値の比較を図 3.5 に示す。この例では計算値は最高温度の実測値とよく一致している。

(3) 5AQ5 の場合

この例では $K=70$ となる。 γ は陽極損失 5 (W) で 4%, 10 (W) では 10%, 15 (W) では 15% と仮定した。この計算値と実測値の比較を図 3.6 に示す。この例でも 12BQ6 の場合と同様の傾向を示している。

式 (3.4) を用いてヒータ電力、各電極損から管壁温度受信管の管壁温度・吉本・石川・山田

を推定すると、ほぼ管壁の最大温度に近い値が得られることがわかった。また平均温度と計算値を一致させるためには、温度分布を考慮して適当に補正しなければならない。表 3.1 に各種のバルブ外形に対する K の値を計算したものを示す。

4. 管壁温度の測定と管壁の温度分布

管壁温度の測定は、MIL に準拠した測定方法を採用し、実験を行なった⁽⁶⁾⁽⁷⁾。この詳細を図 4.1 に示す。これは厚さ 0.50, 幅 2.54 のリング状の青銅板をリング状に曲げ、このスプリングによって管壁に密着させ、このリング青銅板にアルメルクロメル、0.10φ の熱電対を互に反対側に溶接したものを、電圧計に接続し測定する。この場合アルメルクロメルなどの熱電対は、0.12φ 以上のものを使用しないのがよい。正確に温度を測定するためには熱電対による熱伝導を小さくするよう考慮しなければならない。この方法では、管壁温度は円周上の温度分布の平均温度として読みとられる。各点の温度分布を測定するには、サーミスタ 温度計が便利である。

通常 バルブ 温度は管壁の最高温度部分で測定することになっている。前節では管壁温度は一様に分布していると仮定したけれども、実際には高さ、および陽極に対する

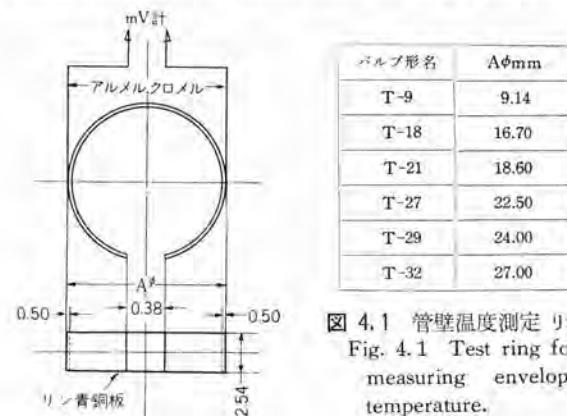


図 4.1 管壁温度測定 リング
Fig. 4.1 Test ring for measuring envelope temperature.

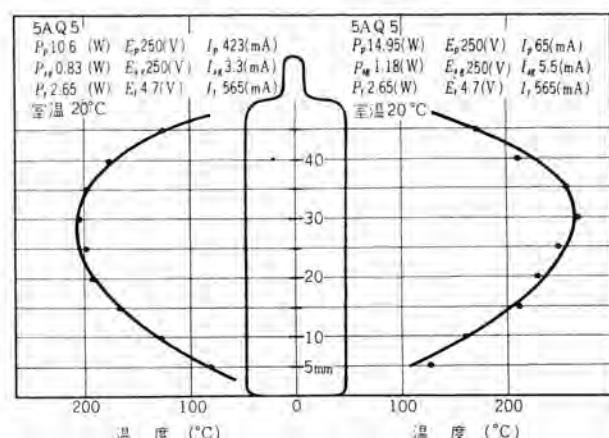


図 4.2 5AQ5 管壁の温度分布
Fig. 4.2 5AQ5 distribution of envelope temperature.

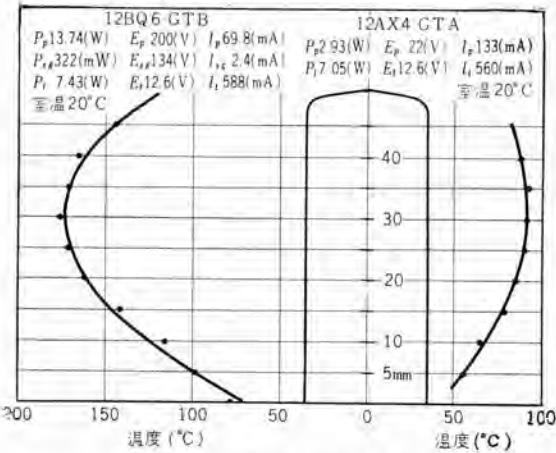


図 4.3 管壁の温度分布

Fig. 4.3 Distribution of envelope temperature.

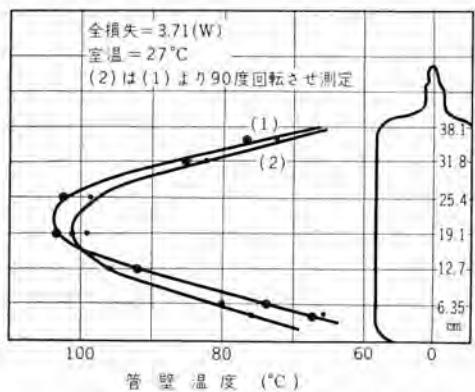


図 4.4 5751 管壁の温度分布

Fig. 4.4 5751 distribution of envelope temperature.

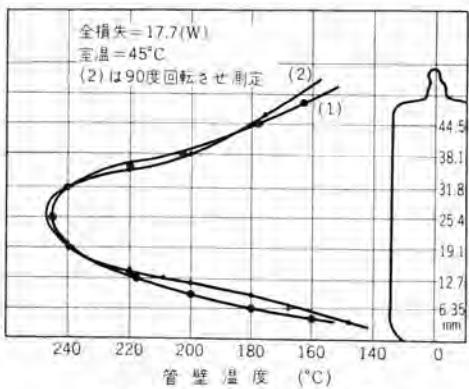


図 4.5 6005 管壁の温度分布

Fig. 4.5 6005 distribution of envelope temperature.

る方向によって異なった温度を示す。この様子を実用の管種について測定したものを図4.2から図4.5に示す。5AQ5の管壁温度の例では、左側は標準動作条件での温度分布を示し、右側はこれより大きい全損失での温度分布である。この両者を比較すれば、陽極損失が増加すると温度分布曲線は急峻になる。これはガラスは熱伝導が悪いため陽極の局部的加熱がそのまま管壁表面に表われるためである。最高温度位置は管種によって異なるけれども、垂直取付の場合、大体陽極の下から2/3くらいの所にできる。この温度分布がわかれば、陽極の1カ所を

測定するだけで陽極面上の温度分布の概略を推定することも可能である。

普通の受信管では、管壁から放出される損失は、単位面積あたり0.6W以下であると考えてよからう。

5. 周囲温度と管壁温度

電子管を使用した機器では、外装をしてあるために室温よりも温度は相当上昇する。この場合、温度上昇が大きくなると、前述の境膜伝熱係数は小さな値をとる。ここでは周囲温度が変化したときの管壁温度と、管壁温度を許容最大温度以下に保つための陽極損失の低下率を知るための2,3の実例を紹介する。任意の周囲温度を与えるために必要な装置を図5.1に示す。この装置は温度を可変にするために加熱電源と油循環機構をもっている。周囲の反射の条件を変えるために、輝面のバッフル

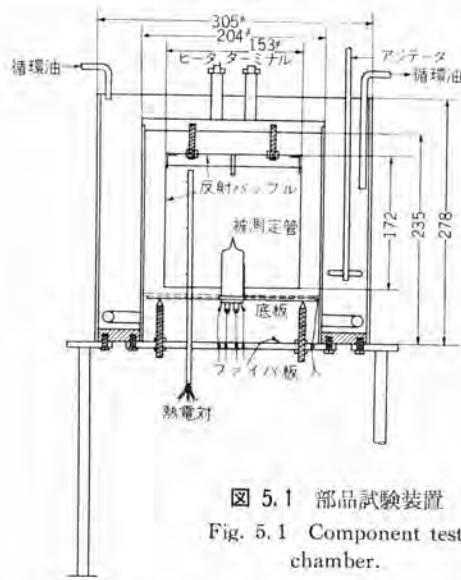


図 5.1 部品試験装置

Fig. 5.1 Component test chamber.

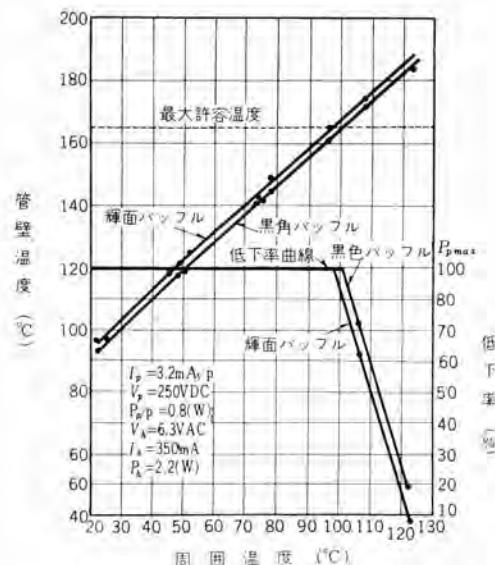


図 5.2 管壁の温度曲線

Fig. 5.2 Envelope temperature curves.

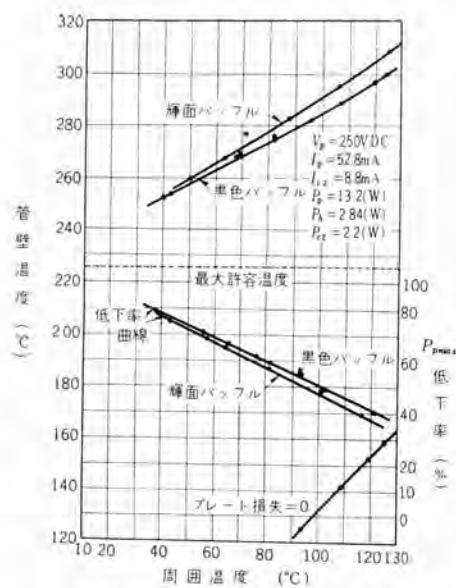


図 5.3 6005 管壁の温度曲線

Fig. 5.3 6005 Envelope temperature curves.

と黒色のパッフルを取付けて実験を行なえるようになってる。5751 と 6005 について、周囲温度に対する管壁温度と定格の低下率 (derate) を測定したものを、図 5.2 および図 5.3 に示してある。5751 は陽極損失、1 ユニットあたり 0.8 (W)、全陽極損失 1.6 (W) が定格である。周囲温度 107.1°C で、最大許容温度以下に管壁を保つには、陽極損失を 1.140 (W) まで下げなければならぬ。この場合、陽極損失の低下率は次のように計算する。

$$1.140/1.6 \times 100 = 71.25\%$$

このように周囲温度が上昇する場合、回路設計にあたっては、陽極損失の低下率を考慮しなければならない。

また黒色パッフルを使用した場合と、輝面パッフルを使用した場合では低下率で 6% 程度の差がある。したがつ

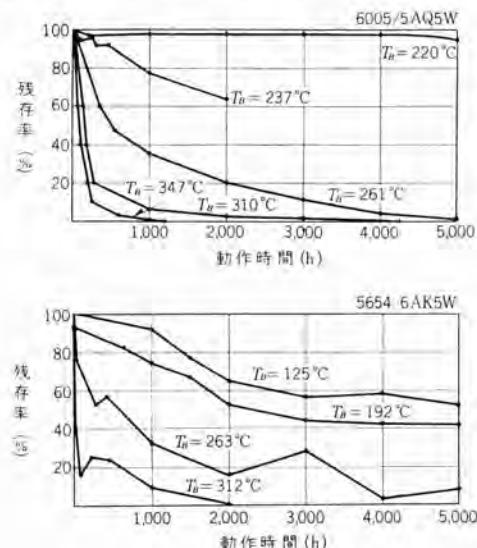


図 6.1 電子管の平均寿命と管壁温度の関係

Fig. 6.1 Relation between envelope temperature and average life of electron tubes.

て機器の外装の内面は熱吸収のよい黒色にすれば、管壁温度を低く保つことができる。

6. 管壁温度と寿命

管壁温度は寿命に関係するもっとも重要な要素の一つである。管壁温度が上昇すれば、バルブ自身のガス放出が増大するとともに、管壁温度と内部電極との温度の関係は、式 (3.4) で推定できるように、当然温度上昇している。

各電極が高温度になれば、電極材料の化学的組成の変化を促進し、雲母板などの脱水を生ずる。さらには電極材料の溶解および熱膨張を生ずる。このような種々の悪影響は、加速的に寿命を短縮することになる。

6005 と 5654 について、管壁温度を種々の条件とした場合の寿命試験の結果を一例として、図 6.1 に示してある。一般に管壁温度が最大許容温度をこえると、急激に

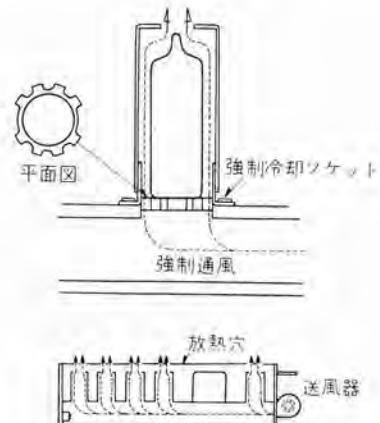


図 7.1 送風冷却の例

Fig. 7.1 Example of air blast cooling.

残存率は減少する。したがって使用にあたっては、管壁温度が最大許容温度をこえないように注意しなければならない。

7. 管壁の冷却方法

受信管の長寿命化を図り、信頼性を確保するためには、バルブの温度を最大許容温度以下で使用しなければならないが、実際には、しばしば許容温度をこえる場合がある。この

ようなときは、冷却を必要とする。冷却には、自然空冷による場合と、強制通風による方法がある。強制通風による冷却方法の一例を、図7.1に示しておく。この方法は、シャーシの底部を通風タクトとして利用し、真空管ソケットの底部よりシールド・ケースとバルブの間隙を通して、空気を吸入または放出させる⁽⁸⁾。この方法によれば、送風器で横から送風する冷却方法に比較して、非常に効果的である。

つぎに自然空冷の方法でも、シールド・ケースを改良することにより管壁温度を下げることができる。この一例を紹介する。

周囲温度を変化させ、陽極損失一定という条件のもとで、JAN シールド、JAN シールド 改良形、TYPE-B シールドをそれぞれ使用して 6005 について、管壁温度を測定した結果を図7.2 に示す⁽⁹⁾。

TYPE-B シールドは、JAN シールドの側面を、二方向で一部分取のぞくとともに、シールド下部からの通風を良くするために、チャップを設けてある。JAN シールド 改良形は、シールド・ケースの挿入部に凹凸をつくり、底部より空気の流通をよくしてある⁽⁹⁾。JAN シールドは、放熱効果が裸の場合に比較して非常に悪いけれども、JAN 改

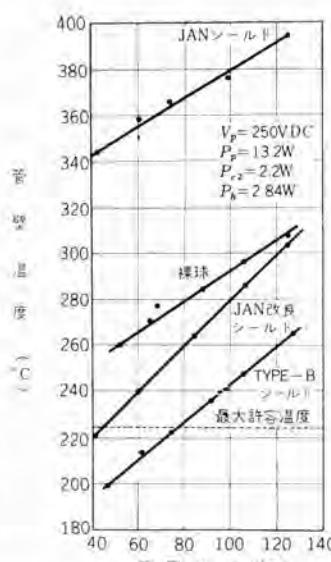


図 7.2 6005 シールド 比較曲線
Fig. 7.2 6005 shield comparison curves.

良形、および TYPE-B シールドでは、裸の場合に比較してむしろ、放熱効果のよいことがわかる。シールドの構造を考慮すれば、体流の伝熱係数、および熱放散面積を大きくとることができる。

このように冷却に対して、適切な考慮をすれば、管壁温度を下げることができ、電子管の寿命を延すことが可能である。

8. む す び

ここでは管内電極温度と管壁温度の関係を実測によって明らかにし、これに従って、ヒータ加熱電力および管内損失より管壁温度を推定する式を導いたが、比較的、実測値とよく一致し、傾向はよく表わしている。しかし、境膜伝熱係数、熱伝達面の実効面積、内部電極の熱放散過程および温度分布などの点については、さらに検討を要する。

また管壁温度に關係する、測定・寿命・冷却などの問題についても概要を説明したが、とくに冷却については、電圧・電流などの動作条件と同様に、settの設計者は十分に配慮して、管壁温度を最大許容温度以下に保つよう注意しなければならない。

参 考 文 献

- (1) 西尾秀彦：送信三極管設計法 修教社
- (2) 中原：送信管 グリッドの温度上昇 日立評論 73～79 (昭32年10月)。
- (3) E. A. Miller & W. T. Millis: The production of copper-base Aliron and copper-cored Aliron and their application advantages in receiving tubes, Tube Technique, 147～156, Sept. (1958).
- (4) Walter. H. Kohl: Materials Technology for Electron tubes, Reinhold publishing Co.
- (5) William H. Meadams: Heat Transmission; McGraw-Hill.
- (6) I. R. E. Standard on electron tubes, Methode of testing, part A, 62, July, 11 (1957).
- (7) MIL-E-1239, Specification sheet.
- (8) Joseph, J. Naresky: Numerical approach to reliability, I. R. E. 946～956, May (1959).
- (9) NEL Reliability Design Handbook; U. S. Navy electronics Laboratory (1954).

電力制御用放電管

無線機製作所 竹内宏一*・丹羽 健*・藤田雅弘*

Discharge Tubes for Power Control

Electronics Works Kōichi TAKEUCHI・Ken NIWA・Masahiro FUJITA

Development of manufacturing industry toward the goal of mass production and automation has boosted the demand of discharge tubes for power control. Ignitrons, thyratrons and hot cathode rectifying discharge tubes are the representative tubes of the kind now in use for the purpose. The ignitron is superior to any other tubes in the point of controlling heavy current. The thyratron is produced in various types. For high voltage use a mercury vapour thyratron is the most fitting. As far as ease in handling is concerned a xenon filled thyratron is recommendable, whereas a hydrogen thyratron is unrivalled with its use for high frequency impulse current. The writers make description about these points.

1. まえがき

イグナイトロン、サイラトロン、および熱陰極整流放電管などの電力制御用放電管は、最近各種の工業分野で広く使用され、その需要も急速に伸びつつあり、今後も生産工業の発展とともに、また量産化・自動化の進展に従い、ますます多く活用されることと思われる。これらの工業応用に使用される電力制御用放電管について、現在製作中のものの現状・特長などを概説する。

2. イグナイトロン

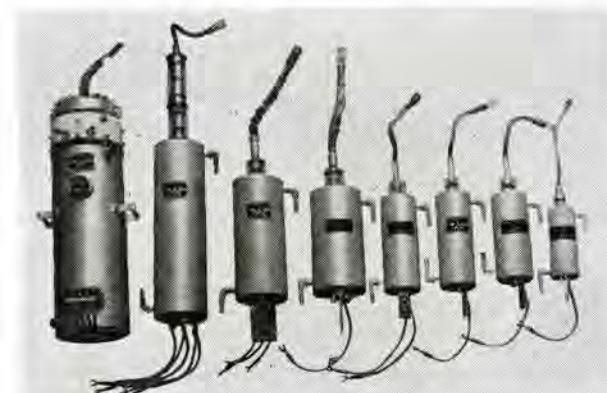
イグナイトロンは図2.2のように、1 真空槽内に一対の陽極と水銀留陰極、および當時先端を水銀中に浸漬された点弧子と呼ぶ起動極の三つの基本電極を持ち、点弧子に陽極電流の通電周期ごとに先頭電流を流すことによって、水銀陰極面上に新陰極輝点を発生して陽極の点弧を行ない、陽極電流休止期間中は、真空槽内に電子の発生源を全然なくしたことを特長とする単陽極水銀整流器の一種類である。

このような基本的構造を持ったイグナイトロンは、溶接機用イグナイトロンとして、おもに抵抗溶接機や磁化器の大電流間欠負荷の制御用としてすぐれた機能を持ち、現在 200~600 V 交流制御用として 100~15,000 A, 20~2,400 kVA 程度のものが製作されている。

さらにより高い電圧回路で使用する場合には、図2.5のように上記基本電極のほかに、バッフルを取付けて逆弧耐力と消イオン効果を増大した、整流器用イグナイトロンが使用される。この種の形式のものは 200~1,000 V, 数 10~500 kW 程度の各種変換器用として適している。

さらに高電圧大容量器では、消イオン格子、制御格子、電位分割格子など、一ないし数段の格子を取付け、制御機能がますます高度化されて、交流直流間の電力変換、電動機制御、周波数変換などに用いられる。格子付整流器用イグナイトロンではすでに電圧 20 kV、容量数千 kW 程度のものまで製作された。

このように各種のイグナイトロンが完成され、製作数量もすでに数千本の実績を収めたイグナイトロンはすでに電鉄用、化学用などの変電所以外にも、国鉄の交流電化や、抵抗溶接機の制御用など各種の方面に進出したので多く



整流器用	(1) MI-1306 6" 二重格子付	300 A
	(2) MI-1205 5" 三重格子付	50 A 20 kV
	(3) MI-1201 5" バッフル付	200 A
	(5) MI-1101 3" バッフル付	100 A
	(4) MI-1200 5" 2400 kVA	240 A
	(6) MI-1104 3" 三相溶接機用	70 A
	(7) MI-1100 3" 1200 kVA	120 A
	(8) MI-1050 2" 600 kVA	56 A
溶接機用	(1) MI-1306 6" 2 grids, 300 A	
	(2) MI-1205 5" 3 grids, 50 A 20 kV	
	(3) MI-1201 5" 2 Baffles, 200 A	
	(5) MI-1101 3" 2 Baffles, 100 A	
	(4) MI-1200 5" 1φ 1200 kVA 240 A	
Rectification service	(6) MI-1104 3" 3φ 1 Baffle, 70 A	
	(7) MI-1100 3" 1φ 1200 kVA 120 A	
	(8) MI-1050 2" 1φ 600 kVA 56 A	
Welding service		

図2.1 密封形イグナイトロン

Fig. 2.1 Sealed ignitrons.

の人達になじみ深いものとなり、回転機や電磁接触器などの普通の電気機械的な安易さで、各方面の技術者に広く利用されている。今後も各種生産工業や各種機器の自動制御などの広い応用分野でますます活用されるであろう。

2.1 溶接機用イグナイトロン

(1) 特長

溶接機用イグナイトロンは、抵抗溶接機の一次電流の制御用に用いられる、間欠大電流の制御にもっとも適したイグナイトロンである。構造は図2.2のように陽極・陰極・点弧子の三基本電極だけを持った、もっとも簡単なイグナイトロンであって、電弧損失少なく、安全に大電流を通電させることを主眼として設計されている。したがって耐逆弧力は低く、一般に600V以下の比較的低電圧回路で使用される。この種イグナイトロンには、MI-1050, MI-1100, MI-1200などが市販され、それぞれ600kVA, 1,200kVA, 2,400kVAの制御能力を持っている。

また比較的高力率小容量の溶接機、あるいは点弧位相調整範囲の広い溶接機で、電源電圧が200V以下の低い場合でも、アノードファイアリング点弧回路の機能を十分に發揮させるために、点弧電圧の低い点弧子を取りつけた低電圧溶接機用イグナイトロンには、MI-1053, MI-1103,

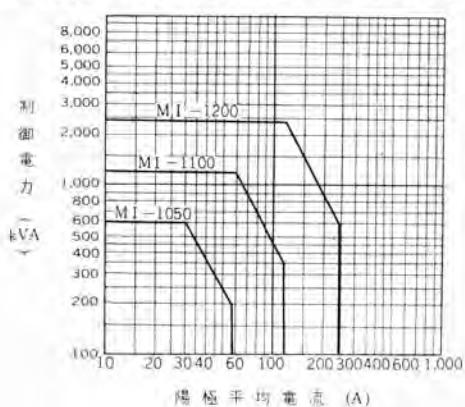


図2.2 溶接機用イグナイトロン
Fig. 2.2 Sealed ignitron for resistance-welder control.

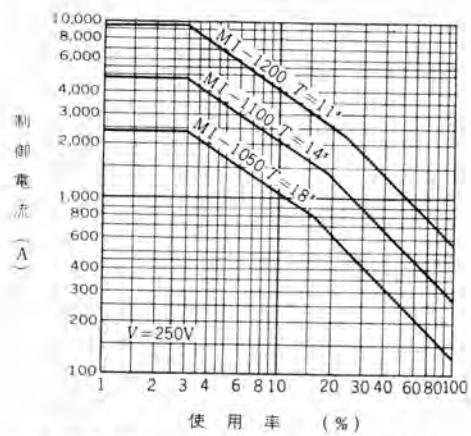


図2.3 (b) 二管逆並列結線の場合の容量
(V: 電源電圧, T: 最大平均時間)

Fig. 2.3 (b) Ratings of welder ignitrons, connected back-to-back in the standard welding circuit.

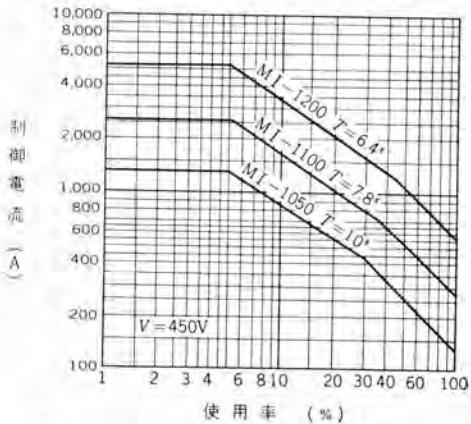


図2.3 (c) 二管逆並列結線の場合の容量
(V: 電源電圧, T: 最大平均時間)

Fig. 2.3 (c) Ratings of welder ignitrons, connected back-to-back in the standard welding circuit.

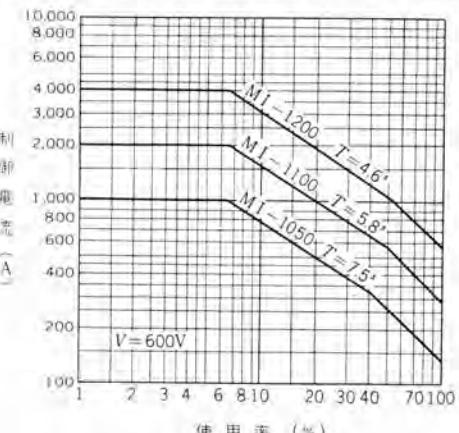


図2.3 (d) 二管逆並列結線の場合の容量
(V: 電源電圧, T: 最大平均時間)

Fig. 2.3 (d) Ratings of welder ignitrons, connected back-to-back in the standard welding circuit.

MI-1203が製作されている。また図2.9に示すような静電蓄勢式溶接機にはMI-1102が適している。

(2) 定格

溶接機用イグナイトロンの容量限度は一般によく使用される図2.7のような単相逆並列結線で図2.3のごとく示

表 2.1 イグナイトロン 定格表 単相逆並列結線交流制御

管種	MI-1050			MI-1100			MI-1103			MI-1200			MI-1203			MI-1101		MI-1201		
使用回路電圧 (V)	250~600			250~600			600 以下			250~600			600 以下			2,400 以下		2,400 以下		
陽極電流最大平均時間 (sec)	250	450	600	250	450	600	250	450	600	250	450	600	250	450	600	2,400	2,400	2,400	2,400	
最大制御電力 (kVA)	18	10	7.5	14	7.8	5.8	14	7.8	5.8	11	64	4.6	11	64	4.6	1.5	1.66	1.5	1.66	
陽極電流(平均値) (A)	600			1,200			1,200			2,400			2,400			1,200		2,400		
陽極電流(平均値) (A)	30.2			60			60			120			120			75		135		
使用率 (%)	2,400	1,333	1,000	4,800	2,666	2,000	4,800	2,666	2,000	9,600	5,340	4,000	9,600	5,340	4,000	500	1,000	500	1,000	
最大制御電流 (A)	2.8			5.0			6.4			2.8			5.0			6.7		33		
陽極電流(平均値) (A)	56			120			120			240			240			113		207		
最大制御電流 (A)	200			355			355			600			600			600		1,105		
陽極電流 (A)	800	445	334	1,400	739	592	1,400	739	592	2,400	1,333	1,000	2,400	1,333	1,000	250	460	250	460	
使用率 (%)	16	28	37	19	34	45	19	34	45	22	40	53	22	40	53	100	100	100	100	
故障電流 (A) (先頭値)	6,720	3,740	2,800	13,500	7,650	5,660	13,500	7,650	5,660	27,000	15,000	11,250	27,000	15,000	11,250	3,000	6,000	3,000	6,000	
点弧子特性	150			150			100			150			100			200		200		
最大点弧電圧 (V) (先頭値)	25			25			30			25			30			30		30		
点弧時間 (sec)	100	100			200			100			200			100			100		100	
管内電圧降下 (V) (最大値)	12~30	12~30			12~30			15~30			15~30			12~20			12~20		12~20	
温 度 (°C)	10~40	10~40			10~40			10~40			10~40			10~30			10~30		10~30	
冷却水 温度上昇 (°C)	4	6			6			9			9			6			4.5		4.5	
冷却水 流量 (l/min)	4	6			6			12			12			6			12		12	

される。これらの中に表われる定格用語の意味を次に示す。

a. 最大陽極平均電流 (Maximum Average Anode Current)

最大平均時間内で算出された平均値の最大許容値

b. 最大平均時間 (Maximum Averaging Time)

陽極電流の平均値を算出する場合に時間の長さとしてとりうる最大時間

c. 最大使用率 (Maximum Percent Duty)

最大平均時間内の通電サイクル数の総計と最大平均時間に相当するサイクル数との比の百分率

d. 最大制御電力 (Maximum Demand kVA)

位相制御を行なわないとき、通電期間中のみで算出された線電流実効値(すなはち電流先頭値の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ に等しい。これを制御電流 Demand Amperes と呼ぶ)と、無負荷電圧実効値との積の最大許容値

2.2 三相溶接機用イグナイトロン

(1) 特長

最近の精密高級な大容量抵抗溶接機には、比較的小容量の三相電源から平衡負荷をとり、低周波交流、または直流の大溶接電流を得る三相溶接機が使用される。この三相溶接機(代表的回路を図2.8に示す)に使用されるイグナイトロンは、高い逆電圧最高値と、瞬時に大きな陽極電流の転流直後に印加される飛躍

表 2.2 三相溶接機用 イグナイトロン の定格表

間欠負荷整流器結線

管種	MI-1050			MI-1100			MI-1104			MI-1200										
陽極-陰極 正電圧 (V) (先頭値)	500	1,200	1,500	500	1,200	1,500	600	1,200	1,500	600	1,200	1,500								
陽極電流	陽極-陰極 逆電圧 (V) (先頭値)	500	1,200	1,500	500	1,200	1,500	600	1,200	1,500	600	1,200	1,500							
最大先頭電流 (A)	700	600	480	1,600	1,500	1,200	4,000	3,000	2,400	4,000	3,000	2,400								
この場合の平均電流(平均値) (A)	—	5	4	—	20	16	54	40	32	—	20	16	32							
最大平均電流(平均値) (A)	40	22.5	18	100	70	56	190	140	112	40	22.5	18	112							
この場合の先頭電流(先頭値) (A)	—	135	108	—	420	336	1,140	840	672	—	420	336	672							
最大平均時間 (sec)	6	10	10	6	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6	10	10	6.25							
平均電流/先頭電流 (最大平均時間 0.2 秒において)	—	0.166	0.166	—	0.166	0.166	0.166	0.166	0.166	—	0.166	0.166	0.166							
故障電流/先頭電流	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5							
周波数 (c/s)	50~60	50~60	50~60	50~60	50~60	50~60	50~60	50~60	50~60	50~60	50~60	50~60	50~60							
点弧子特性	150			150			150			150			150			150		150		
最大点弧電圧 (V) (先頭値)	25			25			25			25			25			25		25		
点弧時間 (μsec)	100			100			100			100			100			100		100		
管内電圧降下 (V) (最大値)	12~30	12~30			12~30			12~30			15~30			15~30			15~30		15~30	
温 度 (°C)	10~35	10~35			10~35			10~35			10~35			10~35			10~35		10~35	
冷却水 温度上昇 (°C)	4	6			6			6			6			9			9		9	
冷却水 流量 (l/min)	4	6			6			12			12			12			12		12	

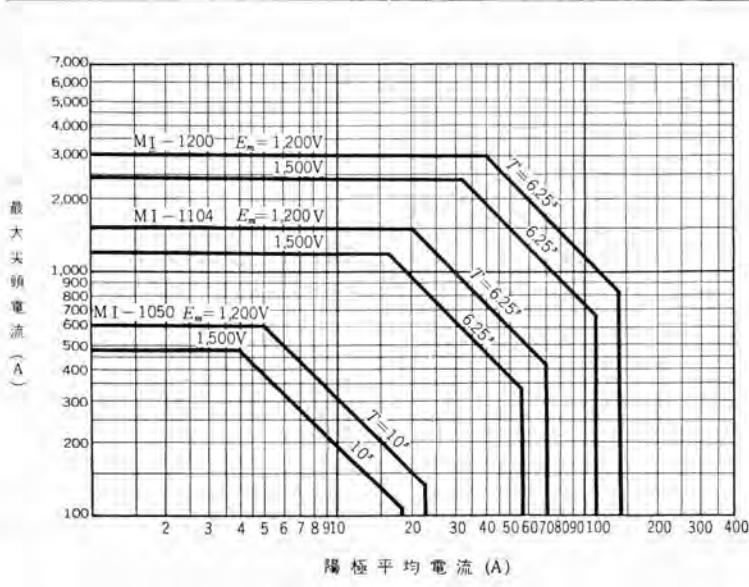


図 2.4 整流器結線間欠負荷制御の場合の容量
(E_m は陽極陰極最大尖頭電圧、 T は最大平均時間)

Fig. 2.4 Power-rectifier ratings of intermittent service.

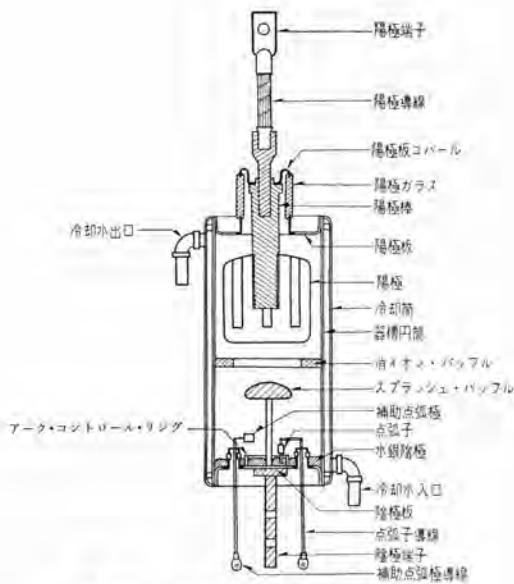


図 2.5 整流器用 イグナイトロン MI-1201
Fig. 2.5 Sealed ignitron for rectification.

逆電圧に耐えるために図 2.5 の整流器用 イグナイトロン と同様な、スプラッシュ・パッフル が取付けられる。この種の イグナイトロン としては MI-1104 が製作されている。

(2) 定格

三相溶接機用 イグナイトロン の定格は一般に図 2.4 のように、陽極陰極の最大逆電圧を パラメータ として、陽極平均電流に対する許容尖頭電流で示される。その定格は表 2.2 に示す。

2.3 整流器用 イグナイトロン

(1) 特長

整流器用 イグナイトロン は、2~12 本を各種の整流器結

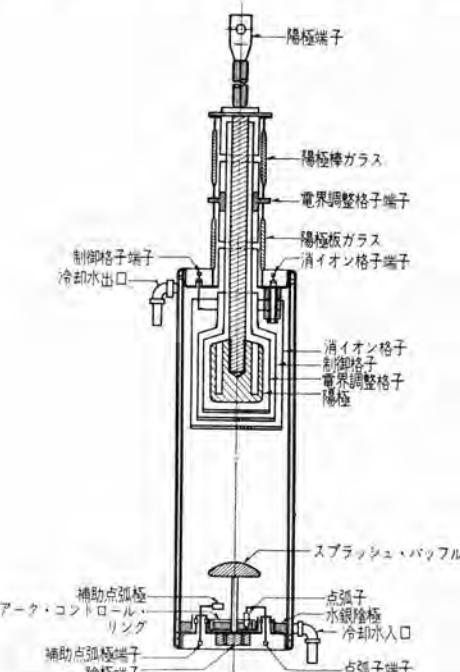


図 2.6 20 kV 密封形 ペントード イグナイトロン MI-1205
Fig. 2.6 20 kV pentode sealed ignitron.

表 2.3 直流変換装置の定格の種類

定格の種類	名 称	用 途	負 荷 耐 程
A	連 続 定 格	電 気 化 学 用	100%連続 150% 1分間
B	工 業 用 定 格	工業化用動力用	100%連続 125% 2時間 200% 1分間
C	公 称 定 格	電気鉄道 坑山用	100%連続 150% 2時間 200% 1分間
D	重負荷公称定格	電気鉄道 坑山用	100%連続 150% 2時間 300% 1分間
E		電気鉄道 駅線用	100%連続 150% 2時間 300% 5分間

線に接続されて、交流から直流への変換、または直流から交流への電力変換などに使用される。図 2.5 は パッフル付整流器用 イグナイトロン の構造を示す。この イグナイトロン は陽極・陰極間に消イオン・パッフル と スプラッシュ・パッフル が、陰極には アーク・コントロール・リング と 補助点弧極 が取付けられている点などが、溶接機用と異なっている。この パッフル 付整流器用 イグナイトロン には MI-1101, MI-1201 が製作されている。

さらに高度の制御機能が要求される場合には、一ないし数段の格子を取付け、格子によって放電路の補助的電離作用、消イオン作用、点弧位相の制御用、急速格子シャット用、内部電界調整用などの各種の機能を発揮させることができる。図 2.6 は三重の格子を持ったペントード・イグナイトロン MI-1205 の構造を示し、三つの格子は陰極側から消イオン格子・制御格子・電界調整格子として使用される。

(2) 定格

連続負荷の整流器として用いられる場合の イグナイトロン の定格は、組合わせて構成された変換装置としての定格が、それぞれの用途に応じて表 2.3 のように別に規定されるから、これに合致するよう陽極・陰極間の正および逆電圧先頭値または直流電圧と、陽極電流の連続平均値および 2 時間、5 分間、1 分間などの過負荷許容時間内の平均値で示される。しかしこれらの値は、温度および位相制御角によって変わるからこれを別に規定する必要がある。表 2.4 には イグナイトロン の定格を、表 2.5 には

表 2.4 整流器用 イグナイトロン の単管電流容量

形番	直 流 電 壓 (V)	陽極電流平均値		
		連 続 (A)	2 時 間 (A)	1 分 間 (A)
MI-1101	300	100	150	200
	600	75	113	150
MI-1201	300	200	300	400
	600	150	225	300
MI-1205	20,000	50	75	100

表 2.5 整流器用 イグナイトロン の組合わせ容量

(B 種定格)

形番	管数	直 流 電 壓				
		125 V	250 V	300 V	600 V	900 V
MI-1101	3	40 kW	50 kW	75 kW	100 kW	100 kW
MI-1101	6	50	75	100	150	150
MI-1101		75	100	150	200	200
MI-1201	6	100	150	200	300	300
MI-1201		150	200	300	400	400
MI-1201			300	500	500	500

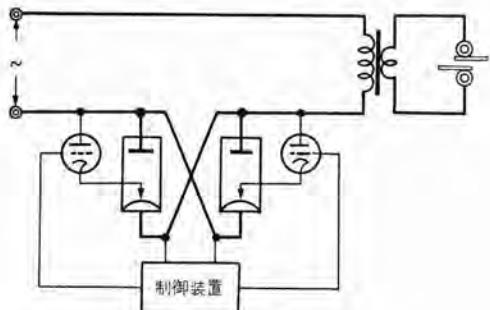


図 2.7 単相抵抗溶接機
Fig. 2.7 1φ resistance welder.

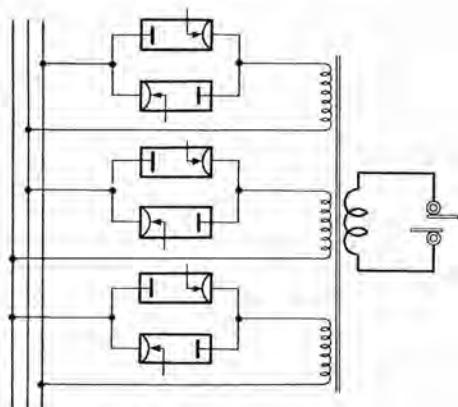


図 2.8 三相抵抗溶接機
Fig. 2.8 Three phase resistance welder.

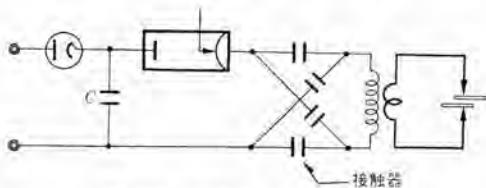


図 2.9 静電蓄勢式抵抗溶接機
Fig. 2.9 Stored energy type resistance welder.

変換装置としての組合せ例を示した。

2.4 応用

(1) 大電流同期開閉器

イグナイトロンは瞬時大電流の同期開閉器としてはこれにまさるものはない。したがって抵抗溶接機・磁化器・レントゲンの精密時間制御などはもっとも基本的な応用である。またイグナイトロンはショートカットなどの大電力試験装置などに使用して便利であり、原子力機器関係では、分子加速機や核融合反応装置の大電流制御用に使用される。

(2) 抵抗溶接機

イグナイトロンは数量的には抵抗溶接機に使用される本数が非常に多い。抵抗溶接機には図2.7のもっとも一般的な単相逆並列形のほかに、図2.8に示した大容量高級溶接機用の三相周波数変換形がある。また図2.9の静電蓄勢式は小容量電源から大溶接電流を得るのに都合がよい。抵抗溶接機は今後各種車両工業・鉄鋼製品工業・電気機械器具工業などの量産にますます普及されることと

思われる。

(3) 直流電源

イグナイトロンは電動発電機や回転変流器に比べて静止器であるから、騒音がなく、清潔であり、能率が良く、保守が容易であり、他機種との並列運転もできる。したがって諸工場・鉱山用・化学用・電鉄用などの直流電源に適し、定電圧・定電流などの自動制御も容易であり、とくに小形軽量化されているから移動変電所に適している。また高電圧用直流電源としては、20 kV程度のものまですでに完成している。また交流による配電は、簡易さと自由さの点ですぐれ、従来直流が使用されていた鉄道や船舶が次第に交流配電に切り替わられる傾向がある。そして直流電動機の大きい起動回転力や速度制御が自由である点を活用しようとする場合には局部的に整流器を設けたり、あるいは移動機上に整流器が設置される。イグナイトロンはこのようなポータブル整流器の構成に都合がよい。

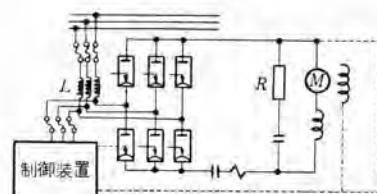


図 2.10 直流電動機の基本的な速度制御装置
Fig. 2.10 Elementary diagram of adjustable-speed electronic D-C motor drive.

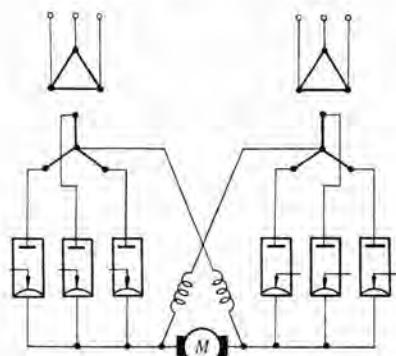


図 2.11 直流電動機の静止レオナード制御
Fig. 2.11 Static ward-leonard control for DC motor.

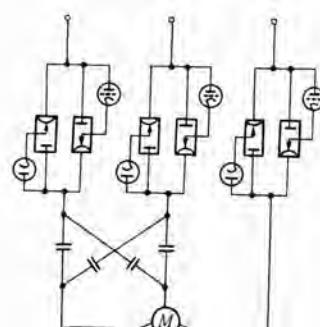


図 2.12 誘導電動機の簡易制御装置
Fig. 2.12 Control unit for induction motor.

(4) 電動機の速度制御

電動機の速度制御は工業の発達につれて、ますます精度が要求され、制御の種類が増えてくるものと思われる。イグナイトロンは全電子管式制御が容易であり、時間的遅れのない制御装置を構成することができる。図2.10は一般工場で使用される直流電動機の基本的な制御装置を示し、図2.11は正逆両方向の速度制御に適するいわゆる静止レオナード結線を示す。またイグナイトロンは逆変換も可能であるから電力回生制動も有効に活用できる。なおもっとも一般的に広く使われている誘導電動機の速度制御に、イグナイトロンを使用することは今後の興味ある問題であり、一例として図2.12は誘導電動機への供給電圧を、点弧位相のスロープ・コントロールによって、起動時の機械的衝撃を軽減することを目的とした簡単な誘導電動機制御装置を示す。

(5) 交流電圧の調整および高速度シャット

従来誘導電圧調整器が使用されていた回路のうちにはイグナイトロンを逆並列に接続して、交流電流の開閉を行ない、点弧位相制御によりその実効値を変えることによって、イグナイトロンに置換え可能の場合が多く、この方式は

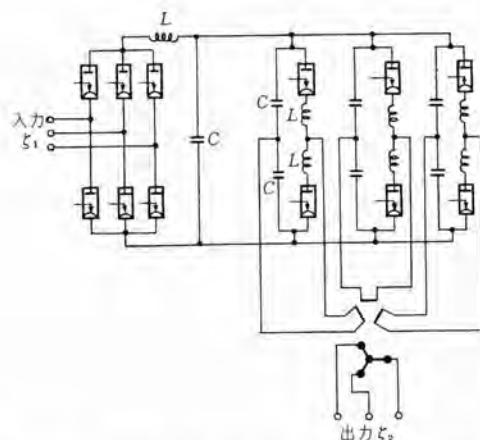


図2.13 自励式インバータによる周波数変換装置
Fig. 2.13 Self-excited static frequency changer.

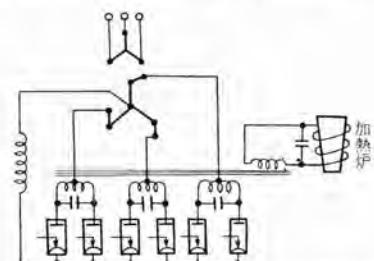


図2.14 誘導加熱炉用高周波電源装置
Fig. 2.14 Frequency changer for induction heating.

電気炉の自動温度調整や、照度制御などに広く活用できる。またとくにシャット速度の早さと確実さが要求された場合の簡易な高速度シャットとして使用される。

(6) 周波数変換器

イグナイトロンを使用した周波数変換器には多くの方式が考えられ、発生周波数が数サイクルから数千サイクルの程度のものに利用される。図2.13は紡績用ボットモータや高周波回転電動機用の数百サイクル程度を目標とした周波数変換器の結線例を示した。またこの方式は商用周波数範囲の精密な定周波定電圧電源としても活用される。図2.14は高周波誘導加熱装置用の高周波発生回路を例示した。

3. サイラトロン

熱陰極格子制御放電管は普通 サイラトロン (Thyatron) と呼ばれ、外部からの電流により加熱された熱電子放射機能を持った陰極と、陽極との間に1個またはこれ以上の制御格子を持ち、電弧放電を確立するための導電ガスを封入した放電管である。封入ガスとして水銀蒸気を用いた、水銀入り サイラトロンは耐電圧がすぐれている点で古くから多数使用され、現在までに耐電圧 20 kV 程度のものまで製作された。最近耐電圧 1,500 V 以下のものにクセノンガスを封入した クセノン入り サイラトロンが製作されているが、予熱時間が短く気温の影響が少ない点で、今



図3.1 サイラトロンおよび二極整流管
Fig. 3.1 Thyratrons and rectifier tubes.

表3.1 構造による分類

封入ガス	電極数	陰極構造	形名
クセノン	3	直熱形	4G14, 4G15, 5G32, 5G84, 6G21, 6G85
	4	傍熱形	1G50A, 2D21
水銀蒸気	3	直熱形	2G57, 4G78
	4	傍熱形	5G59, 6G76, 5G77, 7G14
水素	3	傍熱形	5G72, 6G24
			1G35P, 1G45P, 2G22P

後低圧回路用として需要が増加することと思われる。またGT管あるいはMT管TYPEの小型四極 サイラトロンは、リレー回路、あるいはタイマ回路用とし、自動制御の発達とともに急速に用途を広めつつある。また高速度大電力開閉用には水素入り サイラトロンが使用される。以下現在製作中の サイラトロンについて表3.1のように分類して構造・特長・定格などを概説する。

3.1 水銀入り サイラトロン

(1) 水銀入り サイラトロンの特長

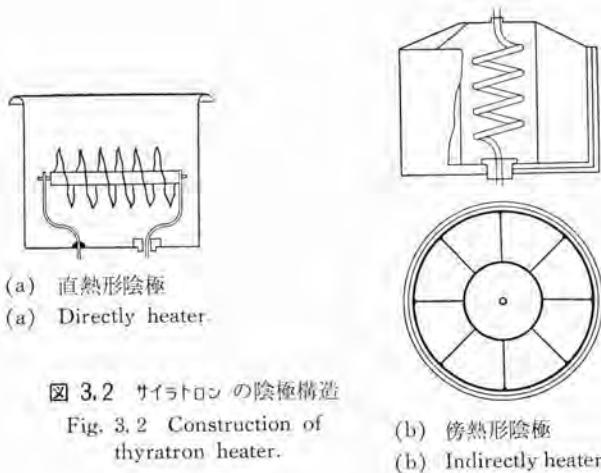


図 3.2 サイラトロンの陰極構造

Fig. 3.2 Construction of thyratron heater.

水銀 サイラトロンの陰極は電流容量の少ない管 (2G57 など) は図 3.2 (a) のような、ニッケル製のラセン状網で作られ、陽極電流尖頭値 10 A 以上の管 (6G76 など) は、図 3.2 (b) のように放射状の仕切板を持った電子放射面の広い傍熱形陰極が取付けられている。これらの陰極はベースpin間に規定の陰極加熱電圧 (Heater Voltage) を印加すると、最小陰極加熱時間 (Minimum cathode heating time) で電子放射が可能となる温度に達する。この時間は直熱形では 60 秒以内であるが傍熱形では長くなり、300 秒以上の時間を必要とする。

熱陰極は十分加熱された後でも電子放射には限界があるから、最大平均時間 (Maximum averaging time) で平均された最大陽極平均電流 (Maximum average Anode current) 以上の電流を流すと陰極の劣化が早い。以上の関係は下記のように示される。

iav : 最大平均陽極電流 tav : 最大平均時間

$$i : \text{電流の瞬時値} \quad iav \cdot tav \geq \int_0^{tav} i \, dt \quad \dots \dots (3.1)$$

また過負荷耐量が少ないから、最大尖頭電流 (Maximum instantenous Anode Current) 以上の尖頭電流で運転したり、事故に際して最大尖頭陽極電流 (Maximum surge

current) が 0.1 秒以上流れると、陰極は破壊されるから、回路設計に当たって十分注意する必要がある。

陽極は小形管では表面を炭素で黒化した皿状ニッケル板を使用し、大形管では電気黒鉛が使用される。陽極、陰極間の通電中の電圧降下すなわち、管内電圧降下 (Arc drop) は周囲温度により多少影響されるが普通 15 V 以下であり、真空度あるいは陰極の電子放射機能が低下した場合にはこの電圧は異常に高くなる。また陽極は規定の管壁温度で定格電流を流した場合、最大尖頭順電圧 (Maximum peak forward voltage) まで格子の電位により、陽極の点弧を抑えられ最大尖頭逆電圧 (Maximum peak inverse voltage) までは逆弧を起さない。

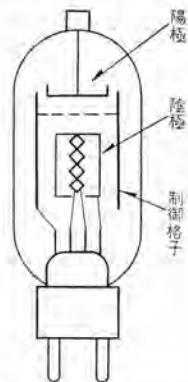


図 3.3 三極 サイラトロンの構造

Fig. 3.3 Construction of thyratron.

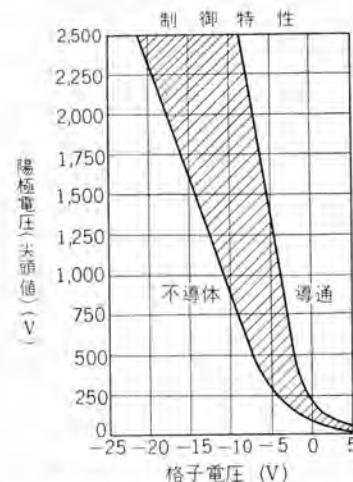


図 3.4 水銀入り サイラトロン 6G76 の格子特性

Fig. 3.4 Characteristic curve of mercury vapour thyratron 6G76.

格子の構造は三極管では図 3.3 のように、陽極と陰極を取り囲んだ円筒と、陽極陰極間にこの円筒でさえられた中央に穴の開いたものや網目状になった円板で構成される。この電極も炭素で黒化し電極温度の上昇を抑えこれによる Trouble を

表 3.2 热陰極格子制御放電管 (水銀蒸気入) 定格・特性一覧表

形名	口 金		外形寸法		格 子			管内電圧降下 (V)	陽 極 最 大 定 格					始 動 特 性		相当品	備 考	形名			
	上 部	底 部	全 長	最 大 部 直 径 (mm)	種 別	電 壓 (V)	電 流 (A)		管壁温度 (°C)	尖頭逆耐電圧 (kV)	尖頭順耐電圧 (kV)	尖頭電流 (A)	平均電流 (A)	最大平均時間 (sec)	陽極電圧 (kV)	格子電圧 (V)					
2G57	A14S	D16P	165	60	FO	2.5	5.0	30	15	30~60	2.5	2.5	1.2	0.3	5	0.1:1.0	-3:-10	40	5557	2G57	
3G27	A14S	D16P	170	60	HO	2.5	4.5	300	15	25~70	2.5	1.25	2.5	0.64	30	1.0	-7	40	627	保修用	3G27
4G78	A14S	D25P	280	66	FO	5.0	7.5	60	15	25~50	15.0	15.0	6.0	1.6	1 c/s	15:2	-70:-10	40	678	高圧用	4G78
5G59	A14S	D16P	178	76	HO	5.0	4.5	300	15	40~80	1.0	1.0	15	2.5	15	1.0	-6.5	40	5559	5G59	
5G79	A14S	D25P	280	66	HO	5.0	5.0	300	15	25~55	15.0	15.0	12	3.2	1 c/s	15:2	-70:-10	40	7269	高圧用	5G79
5G72	A14S	D25PA	200	59	HO	5.0	5.0	300	15	40~80	2.5	2.5	40	3.2	15	1.0	-10*-20**	40	672A	四極管	5G72
5G77	A14S	D25PA	280	95	HO	5.0	10.0	300	15	30~50	10.0	10.0	15	4.0	15	2.0	-12	40	677	高圧用	5G77
6G24	A20S	D25PA	276	84	HO	5.0	10.0	300	15	35~80	2.5	2.5	80	6.4	15	2.5	-15**+20△	40	624	四極管	6G24
6G76	A14S	D25PA	280	97	HO	5.0	10.0	300	15	40~80	2.5	2.5	40	6.4	15	1.0	-8	40	676	速 続 溶接機	6G76
7G14	-	-	384	76	HO	5.0	20.0	600	15	40~80	2.0	2.0	100	12.5	15	2.0	-16	40	414	全金属	7G14

(注) 1. FO: 直熱形酸化物塗布陰極
HO: 傍熱形酸化物塗布陰極
2. 垂 直 使 用
3. 保修用管種は新設備には利用しないようにして下さい。

* シャープ格子電圧 0 V
** シャープ格子電圧 +10 V
△ シャープ格子電圧 -10 V

なくしている。格子特性は図3.4のように、陽極に加えられた直流電圧と格子電圧を負電圧のほうから次第に正方向へ変化させた時、陽極が点弧する臨界電圧との関係で示される。臨界電圧は温度、陰極の電子放射能力の優劣、格子電流、その他多くの原因でバラツキがあるからバラツキの範囲で示される。格子に臨界電圧以上の電圧を与えてから約5~10マイクロ秒後に陽極が点弧する。この時間をイオン化時間(Ionization time)と呼ぶ。陽極が通電を開始すれば、それ以後は格子電位をいかに負にしても、格子はプラズマ中の採針電極のような特性を示し、陽極電流を停止させることができず、外部回路条件に従って電流は流れる。陽極電流が停止してから残留イオンの消滅に必要な約1ミリ秒を経てから格子は再び制御能力を回復する。この時間を消イオン時間(Deionization time)と呼び、温度・陽極電流・回路条件・電極構造などが影響する。この値は高周波回路あるいはインバータ回路などに使用する場合には重要な要素となる。導電ガスとしての水銀蒸気は封入された水銀粒からの蒸発水銀の飽和蒸気を使用する。この水銀粒はつねにガラスバルブ下部に付着するよう正立で使用する必要があり、また保管中は水銀が電極に付着しないよう正立で保管したい。

この水銀粒は陰極加熱電流によって加熱され蒸発して管内を適度の蒸気圧に保つ。したがってガラスバルブの下部温度は水銀蒸気圧に関係し安全運転の目安となる。この温度は管壁温度(Condensed mercury temperature)と呼ばれ、この温度により耐電圧はいちじるしく変化し規定値以上になると耐電圧は降下する。また陰極加熱電流を流してから規定の管壁温度に達するまでの予熱時間は陰極加熱時間より長く、とくに寒冷時には長くかかる。

その他長期間通電していない管球や新品は徐々に規定の陰極加熱電圧まで上昇させ、30分以上加熱電流を流し電極に付着している水銀粒を十分に蒸発させてから使用する。導電ガスは運転中に逐次電極などに吸着される(この現象をガスクリンアップといふ)傾向があるが、水銀入りサイラトロンは水銀粒からの蒸発により吸着量だけ補給できるからつねに飽和蒸気圧が維持される。したがって希ガス封入管に比べ寿命が長い長所を持っている。

(2) 高圧サイラトロン

高電圧用サイラトロンの封入ガス

としては、すぐれた耐電圧機能を持つ水銀蒸気が適している。陽極は図3.5のように局部的強電界を作らないよう突起部をなくし、これに対する格子上面も端部を丸くした、いわゆるロゴウスキー電極(Rogowski's electrode)形状を採用して、電位分布が平等になるよう考慮されている。また電極とガラスバルブとの間隙も小さくして、ロングパス放電(Long path discharge)による耐電圧の低下を防いでいる。

(3) 四極サイラトロン

四極サイラトロンの制御格子は図3.6のように、シャハイ格子によって陽極および陰極からシャハイされているので外部からの静電誘導による誤動作が少ない。また制御格

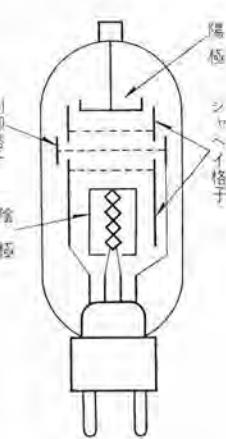


図3.6

四極サイラトロンの構造
Fig. 3.6 Construction of shield grid thyratron.

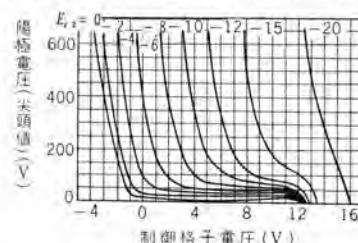


図3.7 小形四極サイラトロン 1G50A の格子特性

Fig. 3.7 Characteristic curves of smaller shield grid thyratron 1G50A.

子の実効面積が小さいから、陽極点弧前の制御格子電流が少ないうえに、陰極からの活性物質の蒸着が少なく、温度上昇も抑制される構造となっているからグリッドエミッションが少ない

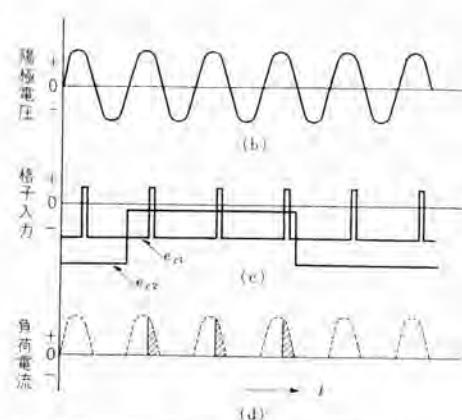
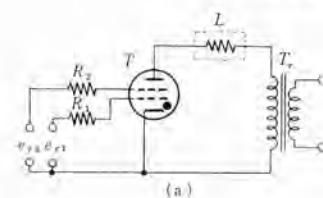


図3.8 四極サイラトロンによる二重制御方式

Fig. 3.8 Double control system by shield grid thyratron.

図3.5 高圧用サイラトロン 5G79 の内部

Fig. 3.5 Interior of high voltage thyratron 5G79.

く、高抵抗回路素子を格子に挿入することができ、格子のシグナル電力も小さくてすむ。

四極 サイラtron の他の特長として図3.7のよう にシテイ格子電位を変えることにより制御格子特性を変えうるから図3.8のよう な二重制御が可能になる.

3.2 クセノン入りサイラトロン

クセノン入りサイラトロンの陰極は、大容量管(6G21など)に至るまで陰極加熱時間を短くするために、直熱形が採用され、ガス分子量の関係から水銀入りサイラトロンに比べ一般に最大尖頭陽極電流が大きい、導電ガスとしてのクセノンガスは最初から電弧に適したガス圧力に封入されているので、水銀入りサイラトロンに比べて水銀の蒸発時間に相当する予熱時間を必要としない。また管壁温度によって飽和蒸気圧が変化する水銀入りとは異なり高温使用が可能となり小形化される。しかし高温のため、

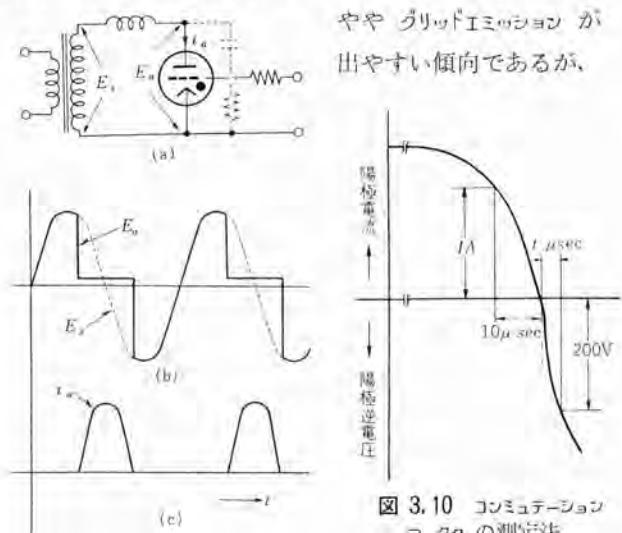
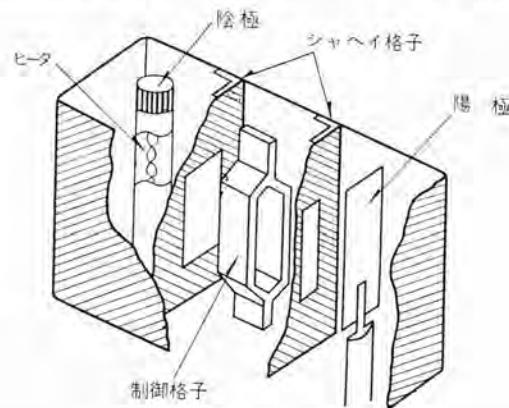


図 3.9 誘導負荷回路による
電圧電流波形

Fig. 3.9 Voltage and current waveforms under inductive load.

Fig. 3.10 Measurement of commutation factor.

当社の サイラトロン は陰極活性物質（おもに遊離 パリウム）の蒸発を防ぐため特殊陰極物質を使用し、格子にはタンゲステン 棒を特殊処理したものを使用しているので、グリッドエミッションによる誤動作はきわめて少ない。気温の影響も少なく $-55\text{~}+75^\circ\text{C}$ の広い周囲温度 (Ambient temperature) で使用できる。しかし水銀蒸気圧に比べて封入ガス圧が高いから、耐電圧が低く (1,500 V 以下)、またガスクリンアップ (Gas clean up) によって逐次封入ガスが吸着されて消滅していくから水銀入り サイラトロン に比べ寿命が短い欠点がある。このガスクリンアップを防止するためには、陽極電流消滅直後の残留イオンが多いときに、陽極に高逆電圧を印加しないことが必要である。これにはコンミュテーション・ファクタ (Commutation factor) と呼ばれる、陽極電流消滅時の電流減少率 ($di/dt\text{ A}/\mu\text{s}$) と、逆電圧上昇率 ($dv/dt\text{ V}/\mu\text{s}$) の積を規定値以下に押さえなければならない。誘導負荷回路などでこの値が過大になるときは陽極陰極間に C—R を組合わせた緩衝回路 (cushion circuit) を並列に接続して初期逆電圧の上昇を抑える。



1 G 50 A の内部

図 3.11 シナハイ 梯子付小形四極 サイラトロン の内部構造

Fig. 3.11 Cutaway view of the electrode system of the shield grid thyratron 1G50A.

表 3.3 热陰極格子制御放電管(ガス入)定格、特性一覧表

形名	口 金		外形寸法		脇 檻		管内電圧 降下(V)	陽 極 最 大 定 格					始動特性			相当品	備考	形名			
	上 部	底 部	全長 (mm)	最大部 外径 (mm)	種 別	電圧 (V)		管壁温度 (°C)	尖頭逆耐 電圧 (kV)	尖頭順耐 電圧 (kV)	尖頭電 流(A)	平均 電流(A)	最大平均 時間(sec)	陽極電 圧(kV)	格子電 圧(V)	管壁溫 (°C)					
1G50A	—	H17S	85	34	HO	6.3	0.6	10	10	—75~90	1.3	0.65	1.0	0.1	30	0.65	-3.7	—	2050	クセノン入 四極管	1G50A
2D21	—	E7-1	55	18	HO	6.3	0.6	10	10	-50~65	1.3	0.65	0.5	0.1	—	0.65	-3.7	—	2D21	〃	2D21
4G14	—	D16P	108	40	FO	2.5	6.3	20	10	-60~75	1.25	1.0	8.0	1.0	4.5	1.0	-6.5	—	6014 /C1K	クセノン入	4G14
4G15	—	D16P	108	40	FO	2.5	6.3	20	10	-60~75	2.0	1.0	8.0	1.0	4.5	1.0	-6.5	—	〃	〃	4G15
5G32	A14S	D16P	160	40	FO	2.5	9.0	30	10	-55~75	1.25	0.75	30	2.5	4.5	0.75	-4.5	—	56321 C3J	タセノン入	5G32
5G84	A14S	D16P	158	40	FO	2.5	9.0	30	10	-55~75	1.25	1.0	30	2.5	4.5	1.0	-6	—	C3JA	〃	5G84
6G21	A14S	D25SC	250	50	FO	2.5	21.0	60	10	-55~75	1.25	0.75	77	6.4	6.0	0.75	-3.6	—	5C21 C6J	〃	6G21
6G85	A14S	D25SC	241	53	FO	2.5	21.0	60	10	-55~75	1.25	1.0	77	6.4	6.0	1.0	-4.5	—	C6JA	〃	6G85
*1G45P	A9S	D16S	122	40	HO	6.3	2.25	120	—	-50~90	3.2	3.0	35 ^{**}	0.075	**	0.8 ^{**}	+175 ^{**}	—	3C45	水素入	1G45P
*1G35P	A14S	D25PA	250	50	FO	2.5	21.0	60	—	-50~90	8.0	8.0	100 ^{**}	0.1	**	2.5 ^{**}	+175 ^{**}	—	4C35	〃	1G35P
*2G22P	B14S	D25PA	216	65	HO	6.3	10.6	300	—	-50~90	16.0	16.0	325 ^{**}	0.2	**	4.5 ^{**}	+200 ^{**}	—	5C22	〃	2G22P

(注) 1. FO: 直熱形酸化物塗布試樣

HO：傍熱形酸化物塗布陰極

2. 取付方向性

本 パルス用木素入り放電管

*1 陰極電流增加率 500 A/ μ sec

*2 (尖頭陽極電圧×尖頭陽極電流×バルス毎秒繰返周波数) 0.6×10^9 以下

*3 動作しうる最少陽極電圧

4.4 動作しうる最少グリット電圧

45 陰極電流增加率 1,000 A/ μ sec

表7 陰板電流增加率 (1,500 A) (continued)

甲7 陰極電流增加率 1,500 A/ μ sec

*8 (尖頭陽極電圧×尖頭陽極電流×パルス毎秒繰返周波数) 3.2×10^9 以下

R は C と L による共振電流を抑えるためにある。図 3.9 は電流通電時の電流・電圧波形および緩衝回路例を示した。コミュニケーションファクタの測定は普通図 3.10 のように電流消滅前 10 マイクロ秒の電流値と初期逆電圧 200 V 上昇までの時間を測定して行なう。リレー回路やタイマ回路に使用される GT 管形の 1G50A, MT 管形の 2D21 の クセノン入りサイラトロンは受信管と同程度の傍熱形陰極が使用され、シャハイ格子により外部からの誘導をほとんどなくし制御要素を多く持たせる四極管構造である。

3.3 水素入りサイラトロン

水素入りサイラトロンは気体としてもっとも軽く、移動および拡散速度のもっとも早い水素ガスの特性を活用したサイラトロンであって 0.5 マイクロ秒以下のイオン化時間、水銀入りサイラトロンの 1/10 程度の消イオン時間で動作しているので高周波回路に適し、管内電圧降下が 600 V 程度に達するまで酸化物陰極を破壊せず、高電圧、大電流のパルス発生用放電管としてすぐれている。

その構造は、高電圧に耐え、衝撃波からの誘導による誤動作を防ぐため、図 3.12 のように、陽極陰極間に、格子のはかに多くのシャハイおよびパッフルが設けられている。したがって陽極電位は陽極-陰極空間に及ばず、臨界格子電圧はつねに正電位を必要とし、格子が点弧した後に、陽極-陰極間の放電が開始される。陽極が放電を開始すると図 3.13 のように、電流の急激な上昇時に高い管内電圧が表われ、瞬間に M watt 程度の損失に達する。また波尾でも逆電流による発熱も大きいから、1 回のパルス放電ごとに発生する管内損失は、波頭の電流急増時と、波尾の逆電

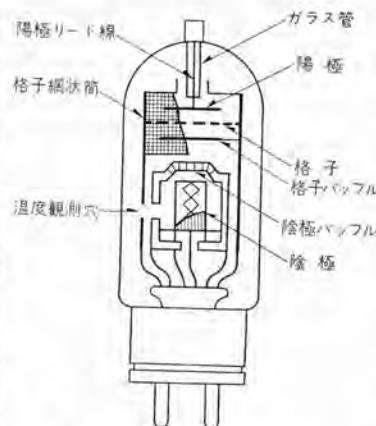


図 3.12 水素入りサイラトロン

Fig. 3.12 Construction of hydrogen thyratron.

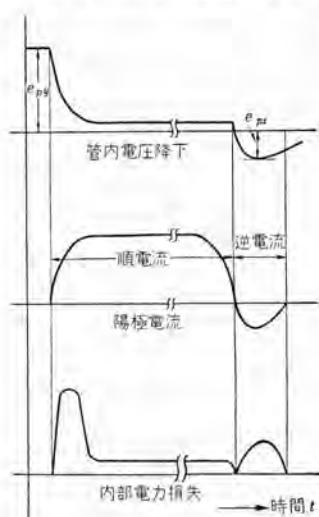


図 3.13 水素入りサイラトロンの内部損失の関係

Fig. 3.13 Relation between arc drop, anode current and wattage dissipation of hydrogen thyratron.

流期間に発生するものが大部分であり、その間の損失は少ない。したがって管内発熱量は、パルス幅より繰り返し回数のほうが影響が大きいから、管を過熱させないためには、陽極電流波頭の増加率と、オペレーション・ファクタ (Operation factor) と呼ばれる、尖頭陽極電圧・尖頭陽極電流・パルスの毎秒繰り返し周波数の三つの積を規定値に抑える必要がある。

3.4 応用

サイラトロンは点弧位相の制御ができる放電管である点でイグナイトロンと同類で、2.4 イグナイトロンの応用で述べた各項目はすべてサイラトロンの応用分野でもある。ただしイグナイトロンは水銀留陰極であるから電流耐量がきわめて大きく、サイラトロンの熱陰極は過負荷に弱いから、概略、尖頭電流値が 100 A 以下の小容量機にはサイラトロンが使用され、100 A 以上の機器にイグナイトロンが使用される。

つぎにサイラトロンの応用例を図示する。図 3.14 はイグナイトロンの点弧回路を示し、(a) はアノード・ファイアリング回路を、(b) は別電源式点弧回路を示す。図 3.15 は逆並列結線による交流電流制御例を示し、(a) は炉温制御

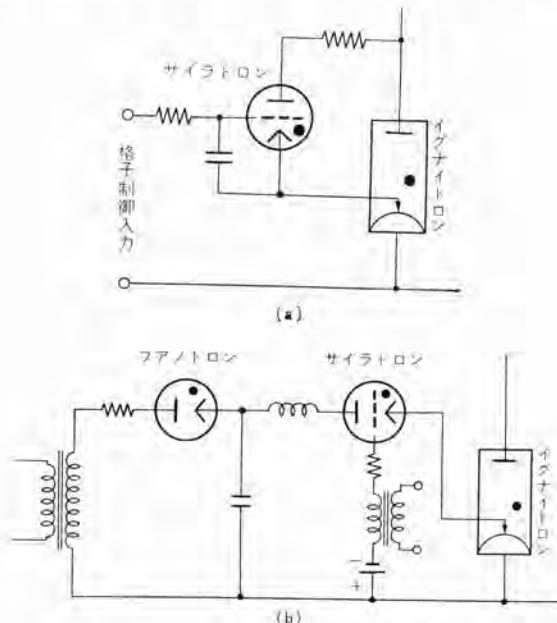


図 3.14 イグナイトロンの点弧用回路

Fig. 3.14 Ignitor circuits.

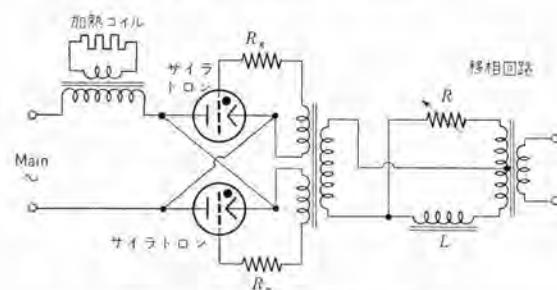


図 3.15 (a) 炉の温度制御装置

Fig. 3.15 (a) Temperature control of furnace.

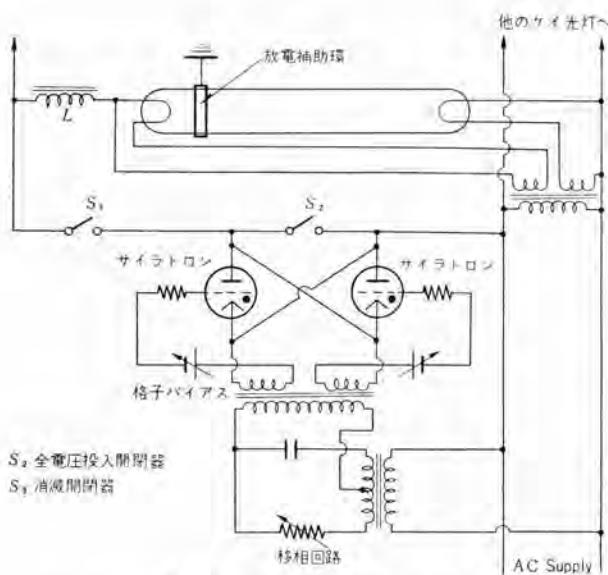


図 3.15 (b) ケイ光灯調光装置

Fig. 3.15 (b) Illumination control using thyratrons.

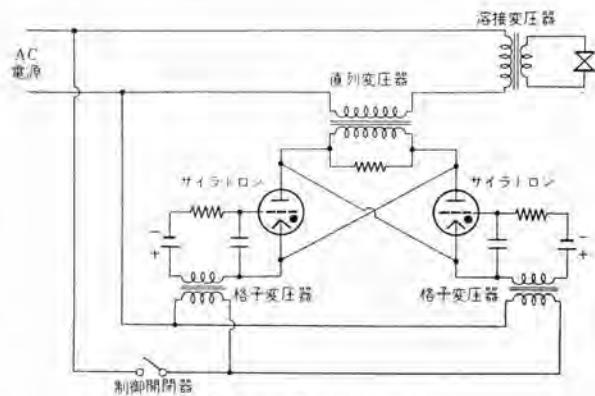


図 3.15 (c) サイラトロン ウエルダ

Fig. 3.15 (c) Wiring diagram of thyatron welder.

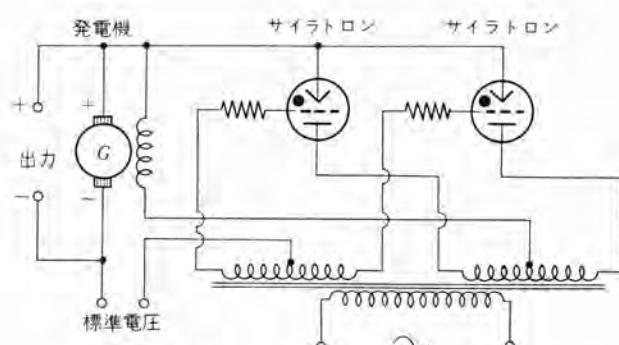


図 3.16 (a) 発電機の出力電圧制御

Fig. 3.16 (a) Wiring diagram of control for generator out put voltage.

(b) はケイ光灯の照度調整、(c) は小形抵抗溶接機の通電時間制御の場合を示した。図 3.16 は回転機への応用例であり、(a) は出力電圧、(b) は回転速度の調整例を示した。図 3.17 は交流電圧の発生例として、(a) は並列インバータを、(b) は水素入り サイラトロンによる高周波

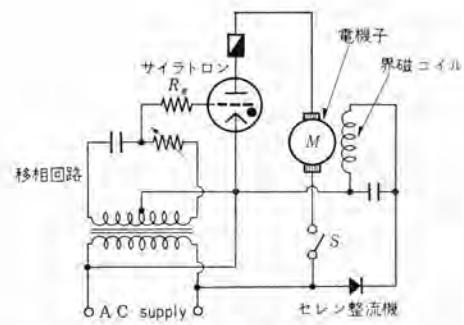


図 3.16 (b) 電動機の速度制御

Fig. 3.16 (b) Motor speed control circuit.

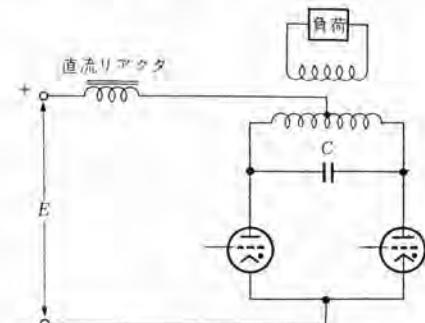


図 3.17 (a) 単相並列 コンデンサ回路

Fig. 3.17 (a) Single phase parallel inverter circuit.

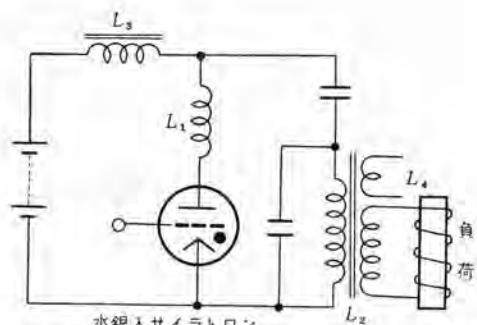


図 3.17 (b) 水素入り サイラトロンによる誘導加熱

Fig. 3.17 (b) Induction heater using a hydrogen thyatron.

誘導加熱装置の制御例を示した。

4. 热陰極整流放電管

電弧放電の特長である少ない管内損失で比較的大電流の整流ができる熱陰極整流放電管は、送信電源や高周波誘導加熱装置などの送信管用高圧直流電源として用いられるほかに、多種多様の制御回路素子として、サイラトロンとともに使用される場合が多い。しかし電圧の制御・保護装置との連動などの要求が増加し、自動制御の発達と

表 4.1 構造による分類

封入ガス	陰極構造	形名
クセノン	直熱形	2H28
水銀蒸気	直熱形	2H66, 4H72, 4H88A, 5H69, 7H57
	傍熱形	5H58, 6H61

表 4.2 热陰極整流放電管(水銀蒸気入)定格、特性一覧表

形名	口 金		外 形 尺 法		陰 極				管 内 電 壓 降 下 (V)	陽 極 最 大 定 格				相 当 品	備 考	形名
	上 部	底 部	全 長 (mm)	最 大 部 直 径 (mm)	種 别	電 壓 (V)	電 流 (A)	加 热 時 間 (sec)		管 壁 温 度 (°C)	尖 頭 逆 電 壓 (kV)	尖 頭 電 流 (A)	平 均 電 流 (A)			
1H16	A9S	D16S	116	38	FO	2.5	2.0	30	15	20~60	5.0	0.5	0.125	816	保修用	1H16
2H66	A14S	D16P	165	60	FO	2.5	5.0	30	15	25~50 25~60	10.0 2.0	1.0 2.0	0.25 0.5	866A		2H66
2H67	A14S	D16P	170	60	HO	2.5	4.5	300	15	25~60 25~70	10.0 2.0	1.0 2.0	0.25 0.5	866K	保修用	2H67
4H72	A14S	D25P	220	60	FO	5.0	7.5	30	15	25~55 20~70	10.0 5.0	5.0 5.0	1.25 1.25	872A		4H72
4H88A	A14S	D25PA	220	60	FO	5.0	7.5	30	15	25~60 20~60 20~70	15.0 10.0 5.0	5.0 5.0 5.0	1.25 1.25 1.25	8008		4H88A
5H58	A14S	D16P	172	76	HO	5.0	4.5	300	15	30~60 30~80	5.0 2.0	15.0 15.0	2.5 2.5	5558		5H58
5H69	A20S	—	330	120	FO	5.0	19.0	60	15	30~40 30~50 30~60	20.0 15.0 10.0	10.0 10.0 10.0	2.5 2.5 2.5	(869B)	高压用	5H69
5H69A	A20S	B32K	370	120	FO	5.0	19.0	60	15	30~40	20.0	10.0	2.5	869B	高压用	5H69A
6H61	A14S	D25PA	280	97	HO	5.0	10.0	300	15	25~50 40~80	10.0 3.0	16.0 40.0	4.0 6.4	5561		6H61
7H57	A20S	—	500	180	FO	5.0	30.0	60	15	30~40	20.0	40.0	10.0	857B	高压用	7H57

(注) 1. FO: 直熱形酸化物塗布陰極
HO: 傍熱形酸化物塗布陰極

2. 垂 直 使 用
3. 保修用管種は新設備には利用しないようにして下さい。

表 4.3 热陰極整流放電管(クセノン入)定格、特性一覧表

形名	口 金		外 形 尺 法		陰 極				管 内 電 壓 降 下 (V)	陽 極 最 大 定 格				相 当 品	備 考	形名
	上 部	底 部	全 長 (mm)	最 大 部 直 径 (mm)	種 别	電 壓 (V)	電 流 (A)	加 热 時 間 (sec)		管 壁 温 度 (°C)	尖 頭 逆 電 壓 (kV)	尖 頭 電 流 (A)	平 均 電 流 (A)			
2H28	A14S	D16P	153	51	FO	2.5	5.0	5	10	-55 ~+75	10 5	1.0 2.0	0.25 0.5	3B28		2H28

とともに、格子制御機能を持った サイラトロン の進歩に従って、今まで 20 kV 程度の高圧整流放電管が使われていた領域にまで、使用可能の高電圧用 サイラトロン の要望が多くなって来ている。

また耐電圧の高い水銀整流管のほかに、予熱時間の短い クセノン 整流放電管も今後進歩することであろう。これらの特長・構造は サイラトロン に近似であり、前記から類推されるから説明を省略して、現在製作中の管種の分類を表 4.1 に、定格を表 4.2 4.3 に示しておく。

5. む す び

以上、電力制御用に用いられる放電管について概略的

に述べたが、現在までに各種の用途をまかなくする、多管種が製作された、さらに今後の工業の発展・自動化の進展につれて、その需要はますます増大するとともに、新用途に適した新しい性能の放電管が要求され、開発されて行くことと思われる。

これらの電力用放電管は、真空管や トランジスタ あるいは マグアンプ 程度の微少電力で、検出あるいは計数された指令に従い、数 10 ~ 数 1,000 kW の大電力機器への電力供給を制御しうる独特的の機能を持っているので、各種生産工業や制御装置関係の技術者によって、種々活用されることを期待するものである。

マグネットロン MX-502 および MX-702

研究 所 戸田哲雄*・河中健造*・正田茂雄*

Magnetron MX-502 and MX-702

Research Laboratory Tetsuo TODA・Kenzō KAWANAKA・Shigeo MASADA

Magnetrons MX-502 rated at 300 kW and variable frequency magnetrons MX-702 rated at 100 W have been developed by Mitsubishi. The former are adaptable to radar in 5.3 Gc band which is very excellent for meteorological purpose. The latter can be used in 7 Gc band pulse time modulated multi-communication sets. In the MX-502 a new type cathode has been employed, which has made success in obtaining good characteristics and long life of the product. It will not be long before regular production is set about. As for the MX-702 variable contributing to noise characteristic has been qualitatively made known to help surmise problems on $m\mu s$ class operation in large power magnetrons.

1. まえがき

マグネットロンは極超短波の高出力発振管でとくにパルス動作で高出力が得られ、比較的小形に製作できるので広く各種レーダ等に使用されている。当社製 MX-502⁽¹⁾ は尖頭出力 300 kW、周波数帯域 5,300 Mc±40 Mc のマグネットロン(図1.1参照)で昭和30年末に当社無線機製作所が東京管区気象台に納入した気象用レーダ RC-1⁽²⁾ に使用されている。当時は国内外に相当品を見出すことができず当研究所において新しい設計により開発に成功したものである。MX-702 は尖頭出力 100 W、周波数可変の 6725±150 Mc 帯のマグネットロン(図1.2参照)であって時分割多重通信機の終段送信管として使用できるように設計され、無線機製作所が昭和31年に国鉄に納入し、岡山—高松を結ぶ通信回線に現用されている。このマグネットロンはレーダ用とは多少異なり デューティが 0.1 であり、また雑音特性に対する要求が厳しい⁽³⁾。この2種類のマグネットロンについてその特長とする構造、特性につき述べることにする。



図 1.1 5.3 Gc 帯 レーダ 用 マグネットロン MX-502

Fig. 1.1 Magnetron MX-502 for 5.3 Gc band radar.



図 1.2 7 Gc 帯 時分割多重通信用 マグネットロン MX-702

Fig. 1.2 Magnetron MX-702 for a P.T.M. communication set at Gc band.

2. 構 造

2.1 永 久 磁 石

周知のとおりマグネットロンにはカソード、アノード空間に磁場を必要とする。マグネットロン自身と永久磁石が分離され、装置に付いた永久磁石 ポールピース間にマグネットロンを挿入して使用するものと、永久磁石がマグネットロンに付着して真空管の一部品となっているいわゆるパッケージ形(Package Type)の2種類がある。前者はマグネットロン自身の重量が軽く取扱いは簡単になるが永久磁石間隔は後者に比して大きく、したがって磁石自身の重量は後者より重い。

この点パッケージ形では磁石 ポールピースを真空容器の一部として作用空間まで延ばすことができ永久磁石自身の重量は非常に軽減できる。ミリ波帯になると所要空隙磁束密度も上昇して現在の磁石材料では前者の構造は採用できなくなる。工作上の要求と相まって MX-502, MX-702 では図1.1, 1.2に示すようにパッケージ形を採用し、永久磁石材料としては残留磁気の大きい材料 MK-5A を使用(三菱鋼材製)したので他の磁石材料で作った磁石に比し小形軽量とすることが可能となった。たとえば

MX-502 の全重量は 3.2 kg であって、9,000 Mc 帯 パッケージ 形出力 7 kW の マグネトロン 2J42 の約 2.3 倍に過ぎない。また MX-702 においては動作電圧は低く、したがって所要磁束密度も低くなり、ダイナミックスピーカに使用される 30 φ の棒磁石を使用するだけでも、総重量も 1.6 kg に過ぎない。

2.2 陽 極^{(1) (4)}

陽極は回転電子群と結合して極超短波 エネルギーを発生するが、電子群との結合 インピーダンス を上げるために多数の空洞共振器を持っている。この空洞共振器の形状によって Hole & slot 形、Vane 形、Rising sun 形等と名づけられている。多数の空洞を有するゆえにこの共振周波数はひとつではない。普通の マグネトロン では能率のよい π モードを使用する。近接 モード の悪影響を除くために近接 モード と π モード をできるだけ離す必要がある。この方法として空洞の大きさを大小交互にする方法と均圧環 (Strapping) を付ける方法がある。周波数が高くなると所要磁場は増加し磁場軽減のために空洞の数は多くするのが普通である。低い周波数では 4~6 個、ミリ波では 48 とか 52 になる。均圧環 は一つおきに空洞の電圧の高い点を接続するので、したがって周波数の高いものでは工作の点より前者の大小空洞を交互に作った陽極が、また低い周波数では空洞数も少ないから Strapping による陽極が広く使用されている。MX-502, MX-702 では 12 分割の陽極を採用しているから、工作および製作の困難な均圧環形にせずミリ波 マグネトロン でよく使用されている Rising sun 形を採用している(図 2.1)。



図 2.1 MX-702, MX-502 に使用した Rising sun 形陽極

Fig. 2.1 Rising sun anodes for MX-702 & MX-502 magnetrons.

この陽極の工作は 9,000 Mc およびミリ波では ホビング、ミリ波では放電加工法によって行なっている。ホビングにより 9,000 Mc の陽極を工作した一例によるとその プレス に約 50 ton を必要とする。したがって MX-502, MX-702 の陽極を ホビング 法で工作すれば、100 ton 以上は必要なのでこの工作はたいへんである。より簡単かつ容易に陽極を製作することが望ましいが、当所では独特の方法を採用して⁽⁵⁾きわめて簡単に マグネトロン 陽極を製作し

るようとした。すなわち図 2.1 に示す大小の空洞の底部および羽根のはいるミクサ プローチにて数秒の間に切削し処理後、羽根を治具にて埋込み金ロー 付けして空洞を仕上げる。この方法による寸法精度は ± 0.01 mm であって、MX-502 を冷状態で共振周波数を測定した場合、その帯域幅 ± 40 Mc をはずれるものはほとんどない。

2.3 隕 極⁽⁴⁾

マグネトロン が一般的に他の送信管に比して低 インピーダンス 管であるのは酸化物陰極の パルス 大電流を使用できるためである。マグネトロン では陰極よりの一次電子流の一部が陰極に帰り、いわゆる逆電子衝撃を行ない二次電子を放出する。この二次電子をも含めた電子流がマグネトロン の発振に寄与する。一般的に 10 cm 帯では 10 A/cm^2 、1 cm 帯では 100 A/cm^2 程度の電流密度で使用されている。またこの逆電子衝撃 エネルギー は入力電力の約 5% 前後といわれており大出力 マグネトロン では大きい値となる。したがって十分熱放散のよい カソード 構造とする必要があり、磁場の点より パッケージ 形を採用したが、これは同時に カソード も軸方向 マウント が可能で熱放散もよい。一方 カソード は排気時活性化を行なう必要上、あまり熱放散がよいと必要温度まで上がることができない。両要求の妥協点を見出して カソード 構造を設計するが、発振時には ヒータ 入力を減少させて カソード 表面温度の過度の上昇を防ぐ必要がある。たとえば MX-502 では動作中は約 5 V, MX-702 では動作中は 0~3 V 程度に ヒータ 電圧を下げて使用する。カソード には Mesh 形、Matrix 形の 2 種類が広く使用されているが、当 MX-502, MX-702 においては当所化学第二研究室で開発完成した Matrix 形 カソード を使用している。Mesh, Matrix 両形とも マグネトロン 特有の スパークイング が起りやすく長 パルス 動作の必要な場合などには最近現われた ディスペンサカソード がよい。当所化学第二研究室においては I 形と称するこの形の カソード が開発され良好な特性を有するものができている。

2.4 出力回路および周波数可変機構

マグネトロン 陽極空洞に発生した極超短波 エネルギー は電磁結合あるいは静電結合された ループ または プローブ を通じて同軸線路に導出されるか、または窓によって導波管に直接馈電される。同軸取出しは低い周波数、窓取出しは高い周波数において有効である。MX-502, MX-702 の周波数帯域では伝送線路としては導波管が使用される。したがって マグネトロン 出力も導波管としておくほうが便利である。マグネトロン より窓結合で導波管に直接出力を取出す場合の工作は複雑である。ループで空洞に結合して同軸線路に出力を出す方法は工作が容易であるのでこの二者を組合せ、導波管へは Probe Transition によっ

て変換し MX-502, MX-702 の出力取出口は導波管となっている。同軸部および導波管への同軸の変換部は真空容器としてのガラス外周器を持つ。このガラスには極超短波の強電界が加わる。この構造で普通のコバルトガラスを使用して十分 300 kW 以上の出力に対して耐えている。

MX-702においては通信用であるため使用周波数を規定値に合わせる必要がある。周波数可変機構には strapping に容量を付する方法、空洞長を変化する方法などがあるが、いずれも外部より直接内部の素子位置を機械的に変化させるもので不便である。外部空洞にて周波数を引張る方法はいろいろあるが、マグネットロン内部素子とは無関係になるので便利である。MX-702においては外部空洞による周波数引張りを行なうために、7 Ge エネルギーを取出す出力回路のほかに、同軸出力回路が別にひとつある。これを TE₁₀₁ 空洞中心に入れその一方の反射板を

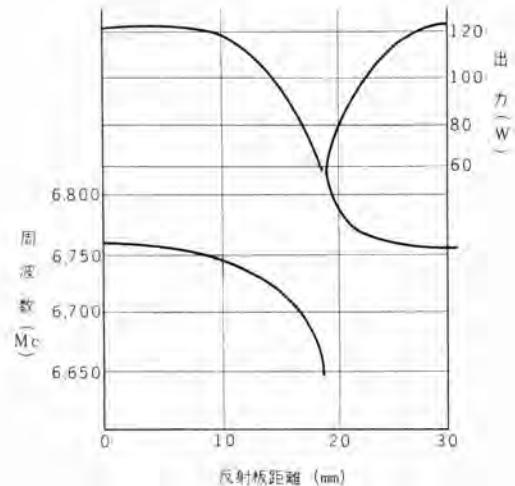


図 2.2 MX-702 の周波数可変特性

Fig. 2.2 Variable frequency characteristics of MX-702.

動かして周波数を変化させる。図 2.2 に示すように半値幅で約 120 Mc 程度周波数を変化することができる。7 Ge 帯は 6725 ± 150 Mc であるから出力 50 W を許容すると 3 本で全帯域をおおうことができる。周波数の高いものより A, B, C と類別して製品化している。

3. MX-502, MX-702 の動作特性

3.1 MX-502, MX-702 の規格

両マグネットロンの標準動作例は表 3.1 に示す。

表 3.1 MX-502, MX-702 の動作例

	MX-502	MX-702
ビータ電圧	6.3 V ± 10 %	6.3 V
ビータ電流	3.75 A	0.8 A
陰極予熱時間	3 分以上	2 分以上
陽極電圧	20 kV	1.2 kV
陽極電流	40 A	0.4 A
出力	300 kW	100 W
周波数	5300 ± 40 Mc	6725 ± 150 Mc
プリシングファクタ	10 Mc	10 Mc
最大デューティ	0.001	0.1

マグネットロン MX-502 および MX-702・戸田・河中・正田

3.2 MX-502 の動作特性⁽¹⁾

MX-502 はレーダ用マグネットロンであってその陽極電源はレーダに使用されるのと同一のライン形パルスによって供給する。動作特性を測定する必要上、その印加パルス電圧は可変できるようにしてあり、また繰り返し周波数も 200~1,000 c/s の間可変できる。図 3.1 に動作特性測定回路を示す。出力は平均出力を測定しデューティで除して算出するが、平均出力測定にはサーミスタあるいはパレットを使用した自己平衡ブリッジでは、入力がパルスなるためとくに低い繰り返し周波数において真値よりはず

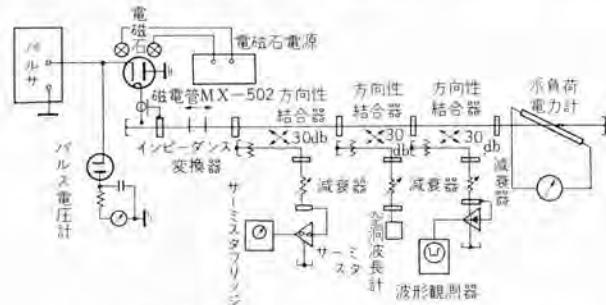


図 3.1 MX-502 の動作試験装置

Fig. 3.1 Test apparatus for radar magnetron MX-502.

れる。超高周波電力を水に吸収せしめ水の温度上昇と流量より損失電力を出す水負荷電力計を使用して平均電力を測定した。磁場および電流を変化した場合の動作特性 (Performance Chart) の一例を図 3.2 に示す。これは磁場を変化する必要上、電磁石にて測定しており、規格に適合するものに永久磁石を取付けて製品とする。Rieke 線図の測定にはインピーダンス変換器が必要である。低出力でのインピーダンス変換器では金属製の棒がよく使用されるが、高出力では棒の先端で超高周波電界による Spark over が生じ使用できない。

マイカレックスを使用した Double slug tuner をこの装置では使用しているが、それでも電圧定在波比が 2 に近くなると Spark over を起す。この Tuner を使用して

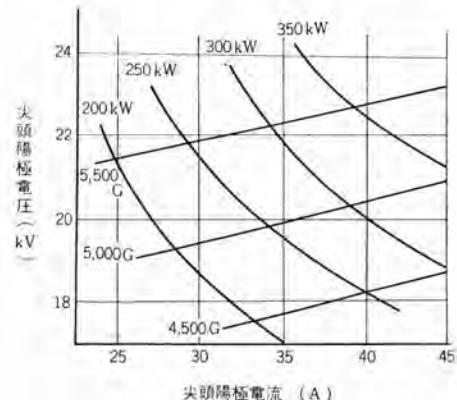


図 3.2 MX-502 の動作特性

Fig. 3.2 Performance charts of MX-502 magnetron.

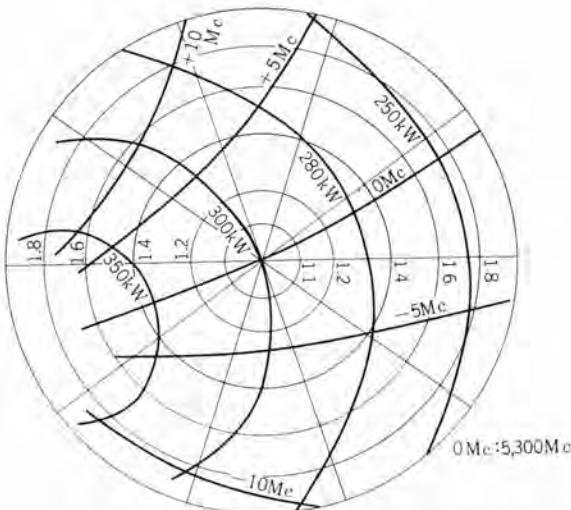


図 3.3 MX-502 の リーケ 線図

Fig. 3.3 Rieke diagram of MX-502 magnetron.

Rieke 線図を測定した例を図 3.3 に示す。

3.3 MX-702 の動作特性

(1) 測定回路

MX-702 は時分割多重通信に使用される マグネットロン であ

って レーダ 用の マグネットロン とは

趣を異にする。この マグネットロン では主として出力の低下以前に雑音の増加によって寿命が来る。マグネットロン は普通の低い周波数の発振管と同じく自励発振器でその発振立上がり位置(時間的)は本質的に変動を伴う。この パルス 立上がり位置の時間的な変動が パルス 位置変調を起し、マグネットロン を使用した時分割多重通信機においてはこれが雑音となって表われる。この立上がり時間変動を測定するには種々の方法が考えられるが、多重

通信機における雑音の評価に直接つながる方法をとることとする。図 3.4 に測定回路を示す。すなわち 8 kc の水晶発振器より 24 通倍した 192 kc の正弦波より パルス 幅 0.5 μ s, パルス 間隔 5.2 μ s の パルス 列を作る。また信号 レベル を測定するために同 パルス 列に 1 kc にて 1 μ s の位置変調が与えられるようにしてある。この パルス 列で MX-702 に直列にはいった変調管を動作させマグネットロン を発振させる。この 7 Ge 出力を一部取出し復調し、1 kc の狭帯域渦波器を通じて雑音測定器に入れ信号/雑音 の レベル を測定する。測定された S/N が 50 db ということは S として 1 μ s を選んでいるから N は 3.15 m μ s となり、1 kc 狹帯域渦波器の帯域幅内にある周波数成分での立上がり変動の 2 乗の和の平方根が 3.15 m μ s であることを示す。これはこの帯域内におけるある周波数で変動している立上がりの時間のずれが 3.15 m μ s をこえないことを示している。実際の通信機においては通信用であるので帯域渦波器の帯域は広い。したがってこの測定値より帯域幅を減じたものがその通信機の S/N となる。

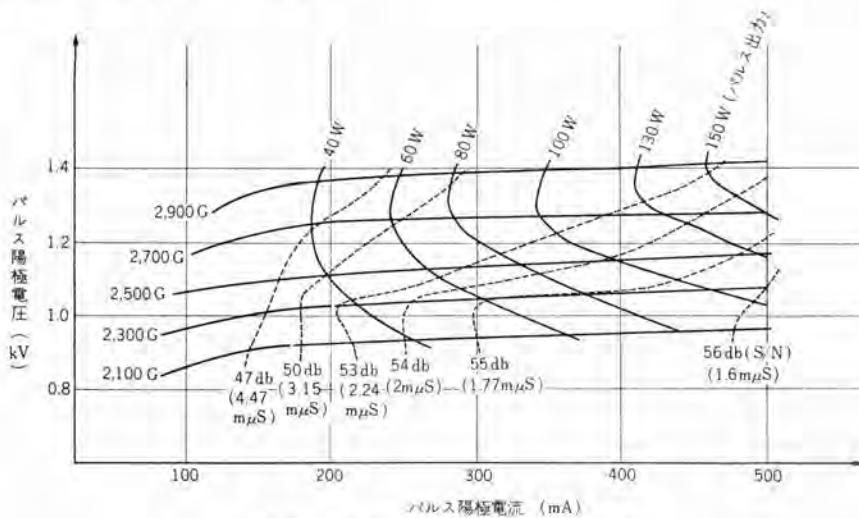


図 3.5 MX-702c の performance 線図

Fig. 3.5 Performance chart MX-702c magnetron.

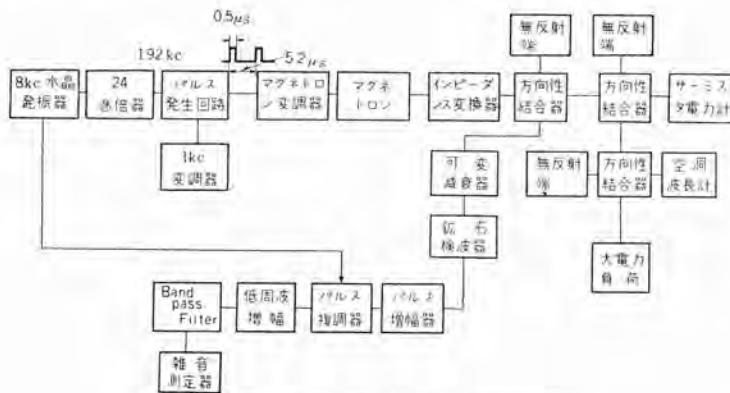


図 3.4 MX-702 の動作特性測定回路

Fig. 3.4 Test apparatus for MX-702 magnetron.

(2) 測定結果

図 3.5, 3.6 に測定された Performance 線図および Rieke 線図を示す。一般的に電流の大きい領域すなわち出力の大きい領域においては立上がり変動は少なく 2 m μ s 以内であるが、出力一定の曲線と S/N 一定の曲線とは相似していない。電流の少ない領域ではスペクトラムも悪く、また立上がり変動も大きくなってくる。図 3.5においては 47 db まで示しているが、これ以下は急激に低下する。

図 3.6 に Rieke 線図を示すが、立上がり変

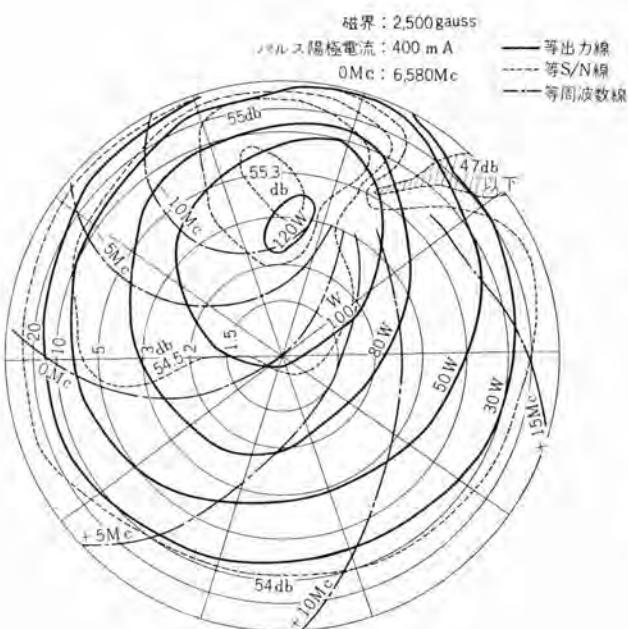


図 3.6 MX-702 c の Rieke 線図

Fig. 3.6 Rieke diagram of MX-702 c magnetron.

動最小の等高線は最大出力の等高線より少し反射の大きい位置にある。また発振不安定領域では予想されるように立上がり変動は大きい。この不安定領域を除くと相当広範囲にわたってインピーダンスを変化してもその立上

りの変動は少ない。この結果より立上がり変動に寄与しているのは主として電子の負のコンダクタンスであって外部回路の影響はあまりないと考えられる。

4. む す び

当研究所において開発し実用されているマグネトロン MX-502, MX-702 についてその構造上特殊な点およびその特性につき述べた。MX-502 においては新しい形のカソードの採用により良好なる特性および寿命を有するものの開発に成功を見ており、これが製品化の時も近い。また MX-702 についてはその雑音特性に寄与する変数が定性的に判明し、大電力マグネトロンの μ ps 級パルス動作に対する問題点が推定される。(35-4-6 受付)

参 考 文 献

- (1) 戸田: 5.300 Mc, 出力 300 kW マグネトロンの試作, 電通全大シンポジウム 予稿, 11 (昭 32).
- (2) 桶本・吉田・上村・石井: 気象用レーダ「三菱電機」30, No. 9.
- (3) 戸田・河中・正田: 7 Gc 帯通信用マグネトロン MX-702 の立上がり変動, マイクロ波真空管研専委資料 (昭 34).
- (4) 戸田: 磁電管における諸問題, 関西支部連大予稿, 349 (昭 33).
- (5) 大野・八十田: 実用新案 29-17212, 29-17213.

特 許 と 新 案

扇 風 機 の 壁 掛 装 置

考案者 今 井 進

この考案は、卓上扇風機を壁面に取付けるための壁掛装置に関するものである。従来このような壁掛は、スタンドの底板にチョウツガイによって引起し自在に取付けられた掛金、あるいはスタンド底板にあらかじめねじで取付けられた壁掛の際、改めて壁掛位置に付け換えるをする掛金などによって行なわれて

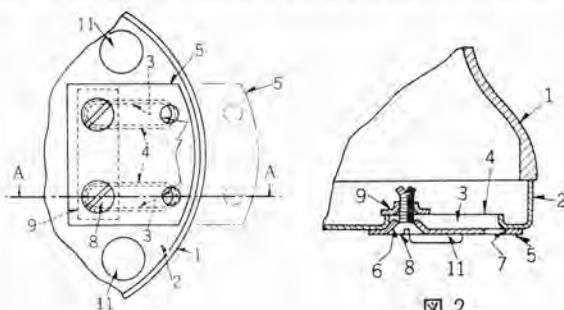


図 2

図 1

いたが、チョウツガイを利用したものは扇風機の全重量がチョウツガイ軸に加わるのでがんじょうなチョウツガイを必要とし、また掛金の取付位置を取換えるものは掛金をその都度取はずさなければならず、その操作が煩雑になる欠点があった。この考案はこのような欠点を除いた壁掛装置を提供するものである。すなわち、図 1, 2 に示すようにこの考案の壁掛金(5)は、壁掛穴(7)のほかにスタンド底板(2)に設けた平行な 2 条の長穴(3)とかん合する皿穴(6)を有し、長穴(3)に案内されてスタンド底板(2)より出入するようになされている。またこれの固定は皿穴(6)に貫刺され、上記 2 条の長穴(3)間に架設した締付板(9)にねじ込まれたネジ(8)を締付けることにより行なわれる。したがって、壁掛金(5)は、このネジ(8)によって固定されるとともにこれをゆるめると簡単に出し入れすることができ、扇風機の壁掛操作を容易に行なうことができる。

(実用新案登録第 496301 号) (藤田記)

ラピッドスタート形ケイ光ランプにおける接觸抵抗と端部黒化

大船製作所 久保 幸正*・村井 直道**

Contact Resistance and End Blackening in Rapid Start Fluorescent Lamps

Ofuna Works Yukimasa KUBO・Naoji MURAI

Experience tells us that, in rapid start fluorescent lamps, poor contact of the lamp pin with the lamp socket often causes blackening of the terminal very quickly so that lighting of the lamp becomes incapable. This phenomenon is conspicuous particularly with high output lamps. The writers have inquired into the matter to find that soldering of the lead of the terminal electrode and the pin of the base has a great bearing on it. How it occurs and why? And what is the remedy? The writer's conclusion is that deterioration of the cathode materials at the starting of the lamp may affect the terminal to blacken it. Their study will continue to affirm it.

1. まえがき

ラピッドスタート形ケイ光ランプにおいて、ランプピンとソケットとの接觸が不良の場合、いちじるしく早く端部黒化を起してランプが点灯不能になることはよく経験されており、とくに高出力形のものにこの傾向がいちじるしい。

この接觸が悪い場合なぜそんなに早く端部黒化を起すのであるか、これについて若干の考察を加えたのがこの論文である。

一般にケイ光ランプの両端の電極導線は口金ピンにハンダ付けされている。したがって電気的接続はソケットの接触片とこの口金ピンのハンダを介して行なわれる。この場合の接觸抵抗はもちろんハンダおよびソケット接触片の材質、形状、接觸圧などによって左右されるが、通常の場合ランプ装着の初期には問題にならない程度である。

しかしながら長時間たつうちにハンダの表面は酸化されて次第に接觸抵抗が増加して来る。とくに接觸圧が小さい場合はこれが数Ωになることも珍しくない。これを避けるためにラピッドスタート形ケイ光ランプにおいては電極導線と口金ピンとの接続にハンダを排して溶接を行なうこともあり、また高出力形においては口金ピンとソケット接触片との接觸を確実にするために二重接觸形のソケットが用いられる。

数Ω程度の接觸抵抗が生じた場合、これがケイ光ランプの点灯条件にどのような影響を及ぼすか、またそれによっていかにして端部黒化が促進されるかを、主として高出力形のランプを例にとって以下に述べることにする。

2. 起動時における接觸抵抗の影響

接觸抵抗があった場合これが起動時の繊条加熱にどのような影響を及ぼすか、グロー点灯形の場合とラピッドスタート形の場合とについて示したのがそれぞれ図2.1および図2.2である。いずれも横軸には電極の一端における接觸抵抗値、縦軸にはその場合電極繊条にかかる電圧の接觸抵抗0Ωの場合の電圧に対する比を取ってある。一見してわかるようにグロー点灯形の場合5Ω程度の接觸抵抗は繊条加熱に全然影響を与えないのに反し、ラピッドスタート形では繊条加熱電圧は完全接觸の場合の25%程度になってしまふ。

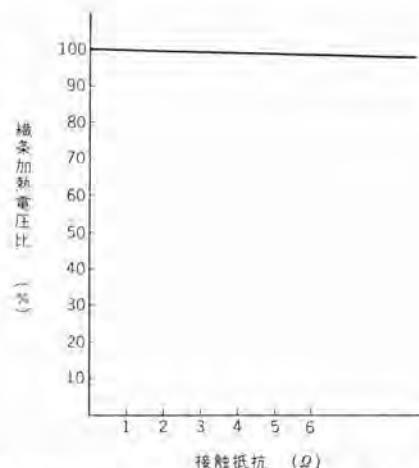


図 2.1 グロー点灯回路における起動時繊条加熱電圧に及ぼす接觸抵抗の影響

Fig. 2.1 Influence of contact resistance on filament-heating voltage at starting (glow starter circuit).

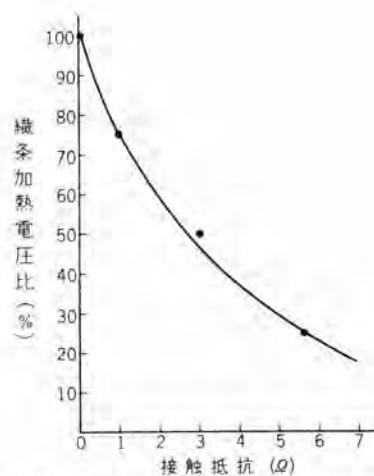


図 2.2 ラピッドスタート回路における起動時繊条加熱電圧に及ぼす接触抵抗の影響

Fig. 2.2 Influence of contact resistance of filament-heating voltage at starting (rapid-start circuit).

したがってそのような場合繊条加熱が極端に不足となり、陰極は起動時においてとくに激しいイオン衝撃に長時間さらされることとなる。その間陰極は急速にスパッタしました劣化が行なわれる。

図 2.3 は 2 灯直列起動方式の安定器を用い、電極繊条予熱回路の 1 カ所に抵抗を挿入して、10 秒点灯 50 秒消灯の短時間繰り返し点灯試験を行なった場合の、点滅回数に対する抵抗挿入側の電極に発生する端部黒化の割合を示している。この場合の黒化度は肉眼で観察した値で、寿命末期に見られるもっともひどい黒化状態を 5 としている。もちろんこの程度の点滅回数では抵抗のはいらなり正常な接触をしている電極はほとんど黒化を起さない。

図 2.3 によれば端部黒化は接触抵抗が 1~1.5 Ω 程度では 500 回くらいまではあまり問題にならないが、それから急速に進行すること、また接触抵抗が 1~1.5 Ω よりわずか増えると黒化は比較的点灯初期より急速に進行することがわかる。

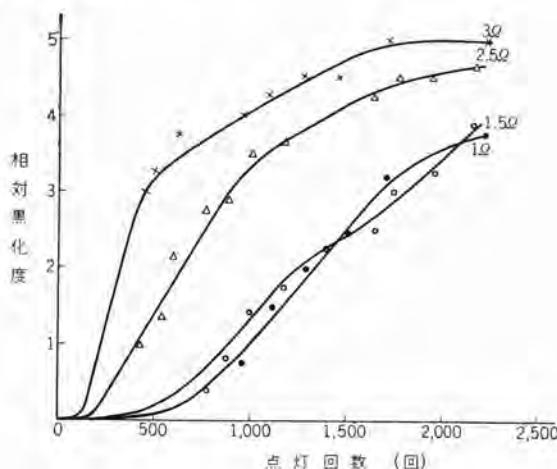


図 2.3 接触抵抗のある場合の点滅による端部黒化

Fig. 2.3 End blackening owing to starting, when contact resistance is present.

すなわち 1~1.5 Ω の接触抵抗では繊条加熱が不足しても、点灯初期のランプではそれほど起動時間が長くなりず、したがって陰極のスパッタおよび劣化はあまり急速ではない。しかしそれでも 500~700 回点灯すると陰極の劣化が進行し、1~1.5 Ω の接触抵抗による繊条加熱の不足でも起動時間が長くなり、それ以後は急速に黒化が始まるようになる。これに反し接触抵抗が 2.5 Ω 以上あると繊条加熱がいちじるしく不足であるため最初から起動時間が長くなり、陰極のスパッタおよび劣化が激しくなる。したがって黒化が非常に早く起る。

この間の事情をより明らかにするためにつぎのような実験を行なった。すなわち接触抵抗の値を変えて短時間繰り返し点灯を行なったランプの起動時間を種々な点滅回数のところで測定した。その結果を示したのが表 2.1 である。この場合繊条電圧を変えて測定したのは、前述

表 2.1 接触抵抗を変えて短時間繰り返し点灯試験した場合の起動時間の変化

(a) 繊条電圧=4 V の起動時間 (サイクル: 1 サイクル=20 m sec)

点灯試験時の接触抵抗	点灯回数 0	60	450	920	3,500
0 Ω	42	41	29	33	35
1	41	45	57	46	33
3	42	42	53	32	34
5	45	38	41	43	37
∞	49	40	42	47	∞

(b) 繊条電圧=3 V の起動時間 (サイクル)

点灯試験時の接触抵抗	点灯回数 0	60	450	920	3,500
0 Ω	117	84	63	78	90
1	90	134	123	154	135
3	95	95	117	63	74
5	104	87	130	119	90
∞	142	99	124	112	∞

(c) 繊条電圧=2 V の起動時間 (サイクル)

点灯試験時の接触抵抗	点灯回数 0	60	450	920	3,500
0 Ω	229	293	318	398	∞
1	294	310	495	∞	∞
3	397	349	∞	∞	∞
5	291	322	326	340	∞
∞	∞	∞	∞	∞	∞

の点滅寿命試験の際抵抗の挿入位置（繊条加熱電流とランプ電流とが加算的な側と減算的な側）によって黒化度に差異がなく、点滅寿命は起動時の繊条温度に大きく依存することが確かめられたため、便宜上抵抗挿入の代りに繊条電圧を変化させたものである。この間の関係は図 2.2 から大体 0 Ω が 4 V, 1 Ω が 3 V, 3 Ω が 2 V, 5.6 Ω が 1 V, ∞ Ω が 0 V に相当する。

表 2.1 からまずわかるることは繊条電圧によって起動の時間が非常に変化するということである。たとえば 3 Ω の接触抵抗に相当する 2 V の場合の起動時間は完全接触の場合の 5~10 倍もかかり、その間陰極には高い電圧がかかり強いイオン衝撃にさらされる。したがってスパッタによる黒化もはなはだしいし、劣化も急速で表 2.1 (c)

に見られるように450回程度の点滅でも完全な点灯ができる程度に劣化する。

この実験は少数サンプルによるものであるためあまり明確ではないが、起動時接触抵抗があると繊条加熱の不足によるばかりでなく、点滅の繰り返しによる陰極の劣化によっても起動時間が延長され、黒化が促進されると



図 2.4 起動時の電極状態

Fig. 2.4 State of electrode at starting.

図 2.4 は起動時陰極に輝点ができ放電が安定する以前の冷陰極 グロー 放電における電極の状態の写真である。電極は繊条部ばかりでなく、導線や補助陽極も全面が グロー でおおわれ、高い陰極降下による強い イオン 衝撃にさらされていることが認められる。この状態で激しい スパッタ が起っていることはこのままの状態を継続させるときわめて短時間でひどい端部黒化を起すことから判断される。接触抵抗が存在して起動時間が延長される場合にもこれと類似の状態で スパッタ および劣化が行なわれているものと考えられる。

3. 点灯時における接触抵抗の影響

接触抵抗が繊条加熱を減少させることは点灯時も起動時と同様である。しかしこの場合は放電電流による加熱が重複されるので現象はより複雑である。

図 3.1 は定格管電流 800 mA で交流点灯した場合、一方の電極に種々な値の接触抵抗がはいった状態で、ストロボにより管電流瞬時値が陰極 サイクル より 0 になった瞬間の繊条温度分布を撮影したものである。

また図 3.2 は図 3.1 とまったく同様の条件でただ管電流を流さない場合の繊条温度分布の写真である。ここで接触抵抗値を 0Ω , 1Ω , 3Ω , 5.6Ω , $\infty \Omega$, に選んであるのは繊条電圧を 4 V, 3 V, 2 V, 1 V, 0 V にさすためである。図 3.1 と図 3.2 との差異は放電電流による加熱が重複されているかいないかによるものと考えることができる。放電の行なわれていない状態では、繊条加熱電圧を 3 V にするとともはや繊条の赤熱状態を見分けることができない。

図 3.1 よりわかるように接触抵抗によって繊条加熱が減少すると陰極の赤熱部の面積が次第に減少して来る。したがって熱電子放射が減少し イオン 衝撃による二次電子放射が増加して来る。もちろんこの割合は陰極の温度分布だけによるものではなく、その emissivity に大きく依存する。すなわち emissivity が良い場合は温度がある程度低くても熱電子放射はそれほど減少しないから二次電子放射の割合はそれほど大にならず、また二次電子放射係数の値自身も大きくなるからそれほど イオン 衝撃は強くなくても良い訳である。この反対に陰極が劣化してその emissivity が悪くなると、二次電子放射の割合は大きくならざるを得ないから、陰極は強い イオン 衝撃を受けるようになる。

またこのことは管電圧測定からも陰極降下の増減として認めることができる。この場合管電圧の値は陽極振動、陰極点の移動などによって変動するためなかなか測定が困難であるが、直流点灯により陽極振動を抑制した状態で、陰極点の移動が認められない場合測定した一例が図 3.3 である。ここに見られるように点灯中繊条加熱電圧を減少させると、劣化の進行した陰極を有するランプは



図 3.1 接触抵抗を変えた場合の電極繊条温度分布写真 (定格点灯時)

Fig. 3.1 Pictures showing temperature distribution on filament in varying contact resistance (Burning at rated current).



図 3.2 接触抵抗を変えた場合の電極繊条温度分布写真 (予熱時)

Fig. 3.2 Pictures showing temperature distribution on filament in varying contact resistance (Pre-heating).

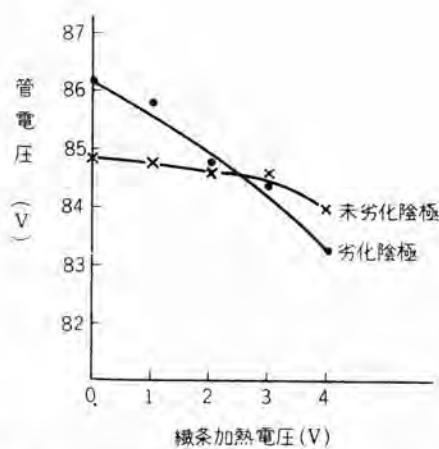


図 3.3 繊条加熱電圧と管電圧の関係 (直流点灯)

Fig. 3.3 Relation between filament-heating voltage and lamp voltage (DC Operation).

相当大幅に管電圧が増大するが、陰極の劣化していない場合は管電圧はほとんど変わらない。この際陽光柱長にはほとんど変化が認められないからこの管電圧変化の差は陰極降下によるものと考えられる。すなわち両方の場合でそれだけイオン衝撃に差があるといふことがいえる。

以上述べたように接触抵抗は点灯中でも繊条の赤熱面積を減少させ、また陰極降下を増大させることにより端部黒化を促進させる。この効果は起動の際の劣化あるいはその他の原因から、陰極の emissivity が悪いランプの場合とくにはなはだしい。このことは実際に高出力形ランプの寿命試験を行なった場合に経験する結果とも一致する。

また FLR-40 と FLR-60H とを比較した際 60H のほうが接触抵抗による影響がより激しいのは、管電流が大きいため、接触抵抗が存在した場合の二次電子放射への依存性がより大きいことによると考えられる。

最後に グロー 点灯方式と ラピッドスタート 方式との差異について考察する。

グロー 方式の点灯中の状態は ラピッドスタート 方式において両端の繊条予熱回路が開路になったものと等価である。したがってこの点から見れば ラピッドスタート 方式の場合の最悪の状態に相当する訳である。しかし実際に グロー 点灯方式で点灯した場合一般に ランプ 寿命が長いのはなぜであろうか。一般に グロー 点灯の場合は起動時陰極繊条は十分に加熱され、それから高い インダクションキック により瞬間にアーカー放電が形成される。したがってこ

の間陰極はほとんどスパッタされることもなく、また劣化を受けることも少ない。そのことは同一設計の ランプ を両方式で短時間繰り返し点灯試験した結果から明らかに確かめられる。陰極が劣化してなく emissivity がよければ点灯中 ラピッドスタート 方式としては最悪の状態に置かれても陰極はあまり激しいイオン衝撃にさらされることもなく黒化は急速でない。しかしもちろん陰極が劣化すれば繊条加熱が行なわれないので黒化は急速に進行する訳であるが、一般の点灯条件の下ではこの劣化する時期は定格寿命時間に匹敵する。実際に グロー 点灯の ランプ が寿命末期に急速に端部黒化が進行して遂に点灯不能になるのはこの状態を物語るものと考えられる。

4. む す び

ラピッドスタート 形 ケイ光 ランプ における接触抵抗の端部黒化に及ぼす影響について、起動時と点灯時とに分けて考察してみた。その結果 ラピッドスタート 方式においては接触抵抗は、起動時に直接陰極物質をスパッタさせるばかりでなく、それを劣化させ点灯中のスパッタをも促進させることができた。その考えにより実際の使用に際して経験される端部黒化の現象を グロー 点灯の場合も含めて、一応説明することができた。

しかしながら陰極降下とか熱電子放射等の測定の際に、陰極そのものの不安定さを制御できないで失敗したため、それらのデータが用いられずいくぶん独断的に推論した感じの部分のあることは残念であるが、これらについていざれ検討するつもりである。

参 考 文 献

- (1) C. H. Townes: Theory of Cathode Sputtering in Low Voltage Gaseous Discharges, Phys. Rev. 65, 11 (1944).
- (2) G. K. Wehner: Sputtering Yields for Normally Incident Hg^+ Ion Bombardment at Low Ion Energy, Phys. Rev. 108, 1 (1957).
- (3) D. A. Wright & J. Woods: The Decomposition of Thin Films on Bombardment with Slow Electrons, Proc. Phys. Soc. LXVI, 12.
- (4) C. J. Bernier & W. C. Gungle: Glow Discharge Characteristics of Fluorescent Lamps, Ill. Eng. Jan. (1958).
- (5) A. W. Wainio & F. M. Craven: Influence of Electrode Materials on Fluorescent Lamp Discoloration, Ill. Eng. LIII, 11 (1958).

特殊カラードランプの長日性植物栽培における応用

県立兵庫農科大学農場長

大橋

忠

一

関西電力株式会社神戸支店

岡本

佳

生

三菱電機株式会社大船製作所

大田

重

吉*

Application of Specially Colored Lamps to Plants Requiring Longer Daytime

The Hyogo Institute of Agriculture

Tadaichi OHASHI

Kansai Electric Power Co.

Yoshio OKAMOTO

Mitsubishi Electric Manufacturing Co. Ofuna Works

Jükichi OTA

Experiments have been made with effects of various lights on agricultural plants. Reports by predecessors tell that red color light promotes the flowering of a certain plant. The writers have devised colored fluorescent lamps having special spectrum distribution ranges to suit the purposes from the viewpoint of high efficiency, and have studied their effects on the flower of beet, comparing the results with those obtained from other light sources. It has been made known so far that the special lamp FL-YIR is superior to ordinary incandescent lamps in the points of spectrum distribution as well as of economy. Someday they may prove very contributive to the agriculture of this country.

1. まえがき

光の種類が農作物の生長とか開花に与える影響について種々の研究がなされているがまだ明確なる結論は出されていない。たとえば Stantz 氏は各種の フィルタをとおして異なる色光を得、その光の下で植物の栽培観察を行なっておりその結果、作物の種類によって異なるけれども赤色光がもっとも効果のあることを認めており、また Withrou と Biebel 両氏は短日性および長日性植物の開花現象に赤色光が効果のあることを発表している。

最近照明工学の発達とともに光源とかケイ光物質が相当研究開発されたため農業分野において電熱利用（電気温床）が自動温度調節器の発達により飛躍的に普及してきているように光の制御ともいべき分光分布の異なるケイ光灯、ケイ光物質の進歩により植物の生長および開花を促進あるいは抑制するなど自由に操作をすることができる場合今後の農場経営に資することは明白である。

光の波長の問題については先人の文献にも記載されているように $590 \text{ m}\mu$ より $600 \text{ m}\mu$ の色光がとくに植物の抽苔生育促進に効果があり、 $450 \text{ m}\mu$ 以下の色光はむしろ有害であることが事実であるかどうかということを確かめるために選ぶべき光源として白熱電球、一般ケイ光灯、その他の放電灯と多々あるなかで、もっとも高能率であるケイ光灯が経済的であるけれども、しかしながら水銀輝線が短波長側に存在するために所望の分布光域をうる

のに都合が悪いのである。ここにこの不利な点を改善するのに特殊な分光分布域をもった カラードランプ を製作し目的に適合せしめ、これとともに 2, 3 の他光源と比較しながら甜菜の開花促進効果を試験したのでその一端を報告する。

2. 供試甜菜糖

品種 GW 359 (北海道種子)

栽培地 兵庫県立兵庫農科大学付属篠山農場

栽培 五寸鉢 1 鉢当たり 1 株

1958 年 9 月 15 日 播種

1958 年 10 月 30 日 移植

元肥 硫安 2 グラム

過磷酸石灰 2 グラム

硫酸加里 2 グラム

追肥 1 鉢当たり硫安 2 グラム を 3 月 31 日
に施肥

3. 光 源

3.1 試験光源と試験対照

表 3.1 に各区に使用した照明および試験対照を示す。

表 3.1 試験照射区と使用光源

No.	試験対照区	照明用ランプ種別	照明内容	ランプ分光分布	備考
1	長波長日区	FL-20 YIR	FL-20 4 本	図 3.1 参照	夜間のみ照明
2	短波長日区	FL-40 B	FL-40 2 本	図 3.2 参照	〃
3	中波長日区	FL-40 DL-D	FL-40 2 本	図 3.3 参照	〃
4	短日対照区	—	—	—	夜間のみ暗室
5	自然対照区	—	—	—	戸外自然日長下に放置

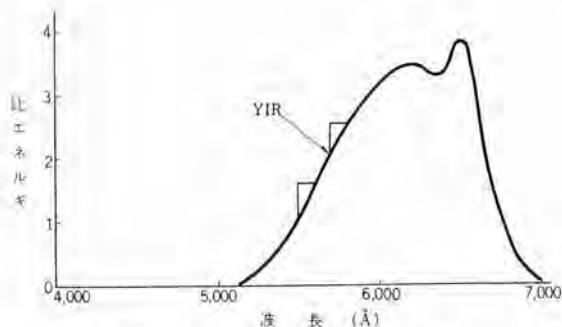


図 3.1 FL-YIR の分光分布図
Fig. 3.1 Spectrum distribution diagram of FL-YIR.

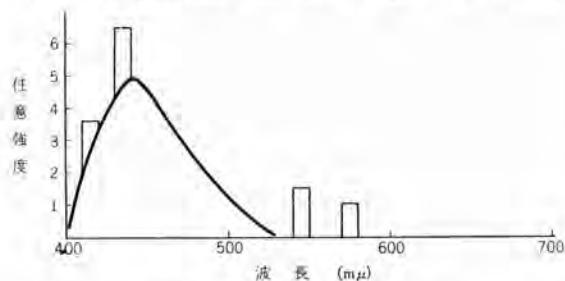


図 3.2 FL-B の分光分布図
Fig. 3.2 Spectrum distribution diagram of FL-B.

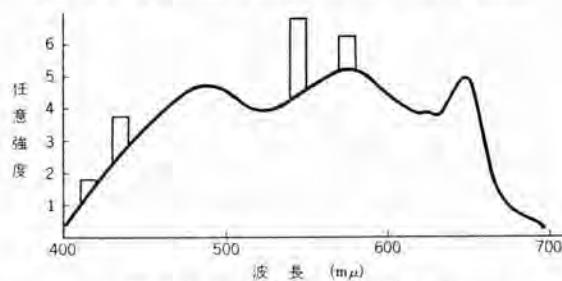


図 3.3 FL-DL-D の分光分布図
Fig. 3.3 Spectrum distribution diagram of FL-DL-D.

3.2 照明法および設備電力

1958 年 12 月 1 日より 1959 年 3 月 31 日の 4 ヶ月間 No. 1 より No. 4 までの試験品は午前 9 時より午後 5 時まで戸外に出して自然照射を行なったのち、午後 5 時より翌日の午前 9 時までの夜間域は操作室内に入れて各分布光源の色光で照射した。また自然照射区はそのまま戸外に放置した。各ケイ光灯の照射は鉢上葉面で 300 ルクスになるよう調節し電力は各区とも 80 ワットとした。

3.3 長波長日区用 FL-20YIR

このランプはとくにこの試験のため開発されたランプであって フィルタ用顔料層を有するカラーランプである。その構造は図 3.4 に示すようなものである。

顔料層は図 3.5 に示すような分光反射率を有しており、580 mμ より急激な立上がりをもつものが用いられている。ケイ光体層は適当な分光分布を有するケイ光体の混合より作られておりその分光分布は図 3.6 に示される。結果的なランプの分光分布は図 3.1 のようになり 510 mμ より放射光を出し約 600 mμ まで直線的に放射

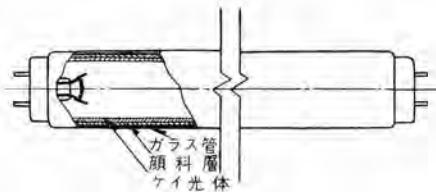


図 3.4 FL-YIR ランプの構造
Fig. 3.4 The composition of YIR fluorescent lamp.

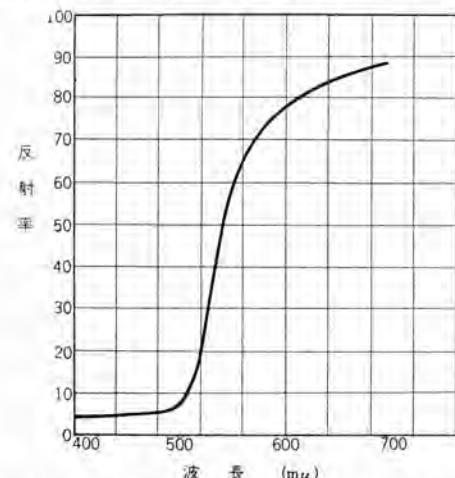


図 3.5 FL-YIR に用いられた顔料の分光反射率
Fig. 3.5 Spectrum reflecting power of pigment used for FL-YIR.

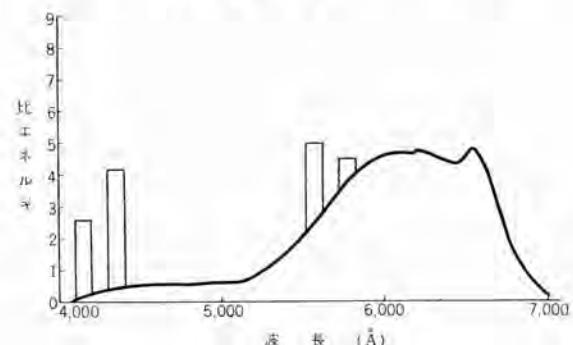
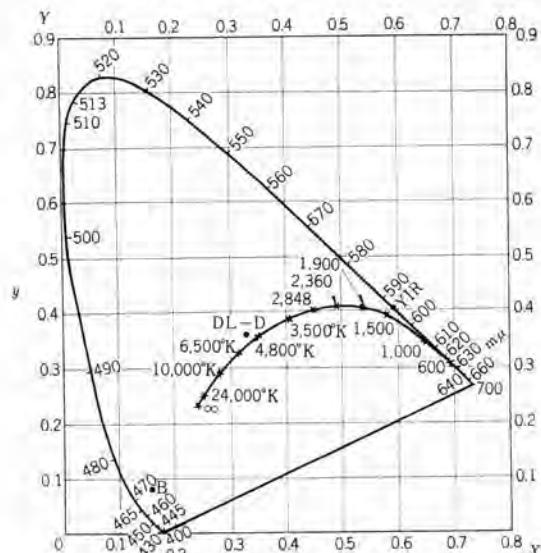


図 3.6 FL-YIR に用いられたケイ光体の分光分布図
Fig. 3.6 Spectrum distribution diagram of phosphor used for FL-YIR.



強度を増加し、それ以後 $660 \text{ m}\mu$ まで大体平滑な発光域を有し、それ以上は急激に低下しているような分光分布を有している。かつ $510 \text{ m}\mu$ 以下の光はほとんど出でていない。この分布は所望の分布とほとんど等価のものである。

このランプの光束	400 lm
ワット	20 W
発光能率	20 lm/W
主宰波長	$594 \text{ m}\mu$
刺激純度	0.999
色度点 x 値	0.602
y 値	0.399

4. 照射による甜菜糖の生育状況

4.1 照射 131 日後 (4 カ月) の生育状態

照射前の各区における生育状態のなるべく均等な幼芽のサンプルを選び試験に供した。照射完了すなわち 3 月 31 日に各試料の全延葉長および草丈を測定した。また生育の状態を観察した結果を表 4.1 にまとめた。図 4.1 は 3 月上旬における各鉢の生育状態の写真であつて図中

表 4.1 播種 131 日後の生育状況

No.	全延葉長 (cm)	草丈 (cm)	生育観察状況
1	352.6	33.0	花軸の伸長が認められる
2	381.7	24.0	とくに異状を認めない
3	349.7	26.0	葉が立ち始める
4	338.3	26.5	とくに異状を認めない
5	438.8	18.0	低温矮小



図 4.1 播種 131 日後の生育状況

Fig. 4.1 State of plant growth 131 days after sowing seeds.

A はガラス室内自然照射栽培品であつてとくに葉柄の発達が見られる。B は No. 1 のもので他に比して生育状態が良好である。C は No. 3 で B に比し少し遅れている。D は C よりも少し遅れている。E は自然対照区のものであるが矮小であつていちばん生育状態が悪い。

4.2 照射 192 日後 (6 カ月) の生育状態

4.1 に示したように各区により生育状態がそれぞれ相違のあることが判明したので 3 月 31 日で照射を中止し戸外に置いて自然生育を行なった。第 1 区は開花完

了しすでに青熟期にはいっており、他の区はいずれも生育がおくれており、短日区は長日区に比し、また短波区は長波区に比して遅れている。短波区および対照区のものは未開花または花軸が伸長し始めの状態であった。ここで注目されることは第 1 区のものがいちじるしく分岐数の多いことである。この結果を表 4.2 に示した。

表 4.2 播種 192 日後の生育状況

No.	分岐数 (本)	草丈 (cm)	生育観察状況
1	4.8	118.8	開花完了青熟
2	2.1	90.1	開花完了程度
3	1.0	118.4	同上
4	0	87.0	未開花～開花直前程度
5	2.2	33.2	花軸伸長始めた程度

4.3 照射 222 日後 (8 カ月) の生育状態

6 月 30 日第 1 区のものはすでに枯死寸前状態となつたため収穫を行ない、種子の 1 グラム当たりの粒数を測定した。結果は熟度の悪いものほど良くない。採取量は調査しなかつたが第 1 区のように分岐数の多いものほど収量もこれに伴つて多くなるであろうということが推察される。この調査の結果を表 4.3 にまとめた。

表 4.3 播種 222 日後の生育状況

No.	1 g 当たりの粒数	観察状況
1	62	茶褐色 完熟
2	68	同上
3	68	同上
4	84	淡褐色 未完熟
5	145	淡緑色 未熟

5. む す び

この実験の結果照射光色により開花の促進の度合いに差異のあることは明白である。これに伴つて種子の熟成も早められることが可能となるからたとえば梅雨期前に採種する必要にせまられているもの等に利用することができることが判明した。今後さらに種々の農作物、切花などについても各季節で FL-YIR を利用して開花期を調整しうることなど興味ある結果も期待できるものと考えられる。現在行なわれている白熱電灯による電照栽培よりも放射光分光分布の点とか使用電力量の経済性の問題とか、より合理性をもつこのランプが今後取り上げられ日本農業界に貢献することが期待される。

参 考 文 献

- 照明学会編: 照明のデータブック。
- 内田幸夫: 融光灯と照明。
- 松村清二外: 溫湿度および光の調節装置とその利用。
- 大後美保: 植物生理気象学 (昭 20)。
- Shantz, F.: Ber. deut. bot. Ges. 37, 430~442.
- Garner, W. and Alard, H. A.: Jour. Agr. Res. 18, 580.
- Withrow, R. B., and Biebel, J. P.: Plant Physiology, 11, 807~819.

高圧水銀灯の現状

大船製作所 小椋義正*

Present Status of High Pressure Mercury Lamps

Ofuna Works Yoshimasa OGURA

Demand for high pressure mercury lamps is on the rapid increase. Just a few years ago a monthly production of a few thousand was recorded, whereas it promises to be some scores of thousand in a year or so in view of an example in America. With this wonderful speed of expansion in the application, the lamps encounter with a handicap of poor performance in starting at high temperature. This is posing a problem that needs solution as early as possible. Their efficiency, color rendition and life will be improved further. Further study on materials may reduce their price. Details in their type construction, ballast and methods of measurement are major items in the writer's report made herein.

1. まえがき

照明分野における高圧水銀灯の最近の進出は目ざましいことは説明を要しない。数年前までは国内の需要ならば生産は月2~3,000個であったが現在では月15,000個となっているが米国の例を見ても1~2年後には月4~50,000個となることは当然予想されている。

そこで高圧水銀灯の種類、構造、性能等の現状と最近の変遷について簡単に述べてみることにする。

2. ランプの種類

二重バルブ形照明用のランプでは1,000Wまでのものがあるが、それ以上の大形のものは取扱上の問題で製作されていない。JISでは現在250Wのものまでしか範囲にはいっていないが100Wのものまで範囲を広げることに内定した。

ケイ光水銀ランプの種類では従来からある沸化ガルマニウム酸マグネシウム塗布のもののほかにシルバーホワイトと称するランプも生産されている。これは磷酸ストロンチウム亜鉛のケイ光体で前者に比して光束は10%多いが演色性は劣る。もっとも演色性のよいランプは沸化ガルマニウム酸マグネシウムあるいはこれと磷酸ストロンチウム亜鉛との混合ケイ光体を塗布し、さらにバルブに適当な済光性を持たせて緑、黄の光を多く吸収させたものである。これにはバルブにフィルタ膜を塗布あるいは焼付けるか、着色ガラスのバルブを使用している。しかしこのために光束は或る程度低下する。ケイ光体およびフィルタなどの改良によって格段の演色性を向上することは至難と思われ、根本的な方法としては発光源の内管から輻射される光そのものの演色性の改善にまつはかはないであろう。これには水銀のほかに適当な物質を混入することである。たとえばキセノンガスを混入する方法もその一つであるが少量で

は演色性の改善にはあまり役立たないし、多量であればランプの起動に高電圧が必要となってくる。

安定器を必要としないバラストレスランプはついぶん昔から試作されているが、性能的に感心しないので未だにあまり実用化されていない。高圧水銀ランプの特長は寿命が長いことと、発光効率が大きいことなどであるが、バラストレスランプはこの二つの特長のいずれかを犠牲にしなければならないのでいずれを犠牲にしても実用になりにくいで両方とも少しずつ歩み寄ったものすなわち安定器を使用するランプに比べて寿命も効率も小さいものにならざるを得ないのが現状である。このランプは安定器の役目をするランプスエンジラメントをバルブに内蔵したものであるが、このフィラメントの発光効率を大きくしようとすればこれの断線による寿命が問題となる。

このフィラメントの断線はランプの起動時における電流が安定時の2倍近く流れる時間が2~3分あるのが原因で、ランプの起動回数による寿命の影響が非常に大きい。したがってフィラメント内蔵のものよりも普通の水銀ランプと適当な白熱電球を電流が直列に流れるように使用し、白熱電球が断線した場合にこれだけを取換えるようにしたほうが賢明であると考える。しかし安定器を使用した場合の効率が35~55lm/Wに対し、バラストレスでは25~30lm/Wが限度である。

3. ランプの構造

最近の構造上の変化はランプ口金、石英内管の電極および電極部の封止方法、起動用抵抗があげられる。

以前は普通電球と同様にベースメントを使用してバルブと口金の接着を行なっていたが、現在では大部分のものが、接着剤を使用しないメカニカルシールの方式を探っている。これはバルブの封止の際に押型で口金接着部分に数個の凹部をバルブにつけ、これに合った口金をはめるも

のである。これの利点は高熱によるベースメントの劣化がないことと、口金接着作業が簡単であることである。

石英内管に封入された電極の特性はランプの性能にもっとも大きな影響を及ぼすのでこの改良は非常に重大なことである。材質としてはタンクスチンあるいはトリウム入りタンクスチンであるが、これに塗布される酸化物はいろいろあるが最近でもっとも優秀とされているのは適当な酸化物にタンクスチン粉末を混入したものであるといわれている。また、トリウムメタルをタンクスチン電極にバイオードした形式のものも使用されていたがランプの起動に高い電圧を必要とすることと電極物質の飛沫が大きい欠点である。この新しい電極のものは従来のものに比してランプの寿命が2,000時間程度永くなったといわれる。

電極部分の封止方式は図3.1(a)のような構造であったが、(b)のように太い胴体部分を圧着した方式のものが生れてきた。これはランプの量産化に相当役だつもの

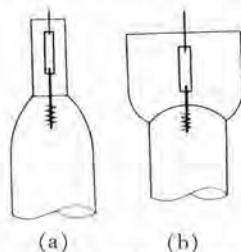


図3.1 電極部分の封止方式
Fig. 3.1 Sealing system of electrode section.

である。しかしこの方式のランプは電極付近の空間が大きくなるのでランプの起動から安定するまでの時間が少し長い欠点はある。

起動用の抵抗はホーロ形の巻線抵抗であったが、これは形が大きく、断線の心配があるので小形のカーボンあるいはチタン酸マグネシウムの抵抗が使用されるようになってきた。

4. 安定器

安定器にはたくさんの種類があるが、普通に使用されるものはチョーク形、漏洩変圧器形の高力率、低力率のものが多い。このほかに電源電圧の変動にあまり影響されない定電力形、2灯用のフリッカーレスのもの、多灯並列点灯用のものがある。定電力形はランプに流れる電流波形が悪くランプの寿命に影響する場合があることと、個々のランプの特性のバラツキ(ランプ電圧のバラツキ)による影響が大きいことは念頭においておく必要がある。多灯並列用のものは1個の変圧器で多数のランプを点灯できるものである(ただし個々のランプにそれぞれ1個のコンデンサを必要とする)が価格が少し安いだけで性能上すぐれている点はない。

5. 使用材料

高圧水銀ランプの心臓部は石英発光管であるが、これの材料として使用する石英管の寸法的均一性が欠けてい

ることはランプの製作上、とくに量産に対してもっとも大きな障害である。普通のガラス管では寸法的な均一性は満足されているが、石英管の場合ではその肉厚、径に非常に大きな公差があり、たとえば20mmの径のもので±1mmの公差がある。この公差に応じて石英発光管の内部に封入する水銀量を個々に調整する必要があることが障害の理由の一つである。

最近アメリカGE社で“ルカロックス”というアルミニウムが試作されたと報じている。これは石英よりも熱に耐してはるかに高温に耐え、製法は粉末からプレスして焼成するもので、寸法的均一性にも問題がないと思うので今後石英に代って登場することは大いに期待できると考えられる。

6. 測光法

水銀灯のスペクトルは白熱電球のそれと非常に異なっているために、標準の白熱電球と光束の比較をする場合に大きな誤差が生じる。この問題を解決するために1年前から照明学会に水銀灯測光委員会が設けられ、測光法について種々検討が行なわれている。現在の段階ではケイ光体の塗布されていない透明バルブのランプについては測光法が大体決定した。その方法は特性の安定している水銀ランプを選定し、電気試験所においてこのランプと標準白熱ランプとを非常に注意深く比較測光して、この水銀ランプの光束値を決定し、これを測光用の標準ランプとして使用するということである。

ケイ光体塗布のものについては今後検討されるがやはり上記と同様な方式になると思われるが、ケイ光体の種類、塗布量の多少等による色調の変化が加わってくるので少しやっかいになるわけである。

7. 今後の問題

高圧水銀灯の大きな欠点はランプの温度が高いときには起動しないことである。これを解決することは昔からの懸案であるが未だに解決されていない。キセノンランプのような構造にして、数万ボルトのパルスを与えてやれば問題はないが実用的ではない。要は電極の温度を上げると同時にランプ内に多数の水銀イオンを作ればよいのであるが名解が得られていない。瞬時に再起動するということは無理としても、再起動の時間をどこまで短縮できるかということが今後の宿題である。

このほか、効率、演色性および寿命の向上はさらに期待できるが、材料と加工法の改善によりランプの価格も大幅に下がることは近々実現するであろう。

管球製品一覧表

ケイ光ランプ

種別	形式記号	大キサ (W)	長サ (mm)	管径 (mm)	管電流 (A)	全光束			
						星光色	デラックス白色	冷白色	星光色
予熱形	FL-10	10	330	25	0.230	430	350	480	385
	FL-15S	15	436	25	0.300	690	560	790	600
	FL-20	20	580	38	0.375	980	820	1,080	870
	FL-30	30	630	38	0.620	1,550	1,250	1,700	1,280
	FL-40	40	1,198	38	0.435	2,500	2,100	2,800	2,200
回形	FCL-20	20	580	38	0.375	900	—	1,020	810
	FCL-30	30	630	38	0.620	1,340	—	1,500	1,100
	FCL-40	40	1,198	38	0.435	2,250	—	2,550	2,040
動反射形	FL-15SR	15	436	25	0.300	—	—	510	680
	FL-20R	20	580	38	0.375	850	—	930	740
	FL-40R	40	1,198	38	0.435	2,170	—	2,420	1,870
スピタード	FLR-20	20	580	38	0.375	980	820	1,080	870
	FLR-40	40	1,198	38	0.435	2,500	2,100	2,800	2,200
	FLR-60H	60	1,198	38	0.800	3,700	3,120	4,150	3,260
	FLR-80H	80	1,500	38	0.900	4,920	4,130	5,500	4,320
高出力	FLR-110H	110	2,368	38	0.800	7,330	6,150	8,200	6,450

(注) FL-20, FL-40 には、表中の色以外に白色、デラックス白色、温白色、デラックス温白色がある。

FLR-20, FLR-40 には、表中の色以外に白色、デラックス白色がある。

種別	形式記号	大キサ (W)	長サ (mm)	管径 (mm)	管電流 (A)	色の種類	
						() 内は形式記号	
予熱形	FL-20	20	580	38	0.375	紅色(P)	橙色(OR)
	FL-40	40	1,198	38	0.435	緑色(G)	青白色(BW)
起動形	FL-20-F	20	580	38	0.375	純赤色(R)	純橙色(YR)
	FL-40-F	40	1,198	38	0.435	純黄色(Y)	純緑色(G)
動ドラ	FL-20-F	20	580	38	0.375	純青色(B)	
	FL-40-F	40	1,198	38	0.435		

高圧水銀ランプ

種別	形式記号	大キサ (W)	全光束 (lm)	外管径 (mm)	長サ (mm)	口金	管電流 (A)		管回路負荷電圧 (V)	安定電圧 (V)	始動時間 (min)	再始動時間 (min)
							起動時	安定時				
外管透明	H-1000-AT	1,000	55,000	190	410	E39	14.0	8.3	200~220	130	3.5	4.5
	H-1000-BT	1,000	55,000	190	410	E39	5.0	4.0	460	265	6.0	6.0
	H-700-AT	700	37,000	150	375	E39	10.0	5.9	200~220	130	4.0	4.5
	H-400-T	400	21,000	120	290	E39	5.7	3.3	200~220	130	2.5	4.5
	H-300-T	300	13,500	120	290	E39	4.3	2.5	200~220	130	3.5	4.0
白色光	H-250-T	250	10,500	100	245	E39	3.7	2.1	200~220	130	4.0	4.5
	H-200-T	200	8,000	100	245	E39	2.5	1.7	200~220	130	4.0	5.0
	H-100-T	100	3,300	80	178	E26	1.5	0.9	200~220	120	4.5	3.0

種別	形式記号	大キサ (W)	全光束 (lm)			
			青白色	銀白色	冷白色	デラックス白色
ケイ光体	HF-1000-AT	1,000	60,500	55,000	—	44,000
	HF-1000-BT	1,000	60,500	55,000	—	44,000
	HF-700-AT	700	41,000	37,000	33,500	30,000
	HF-400-T	400	23,000	21,000	19,000	16,000
	HF-300-T	300	15,000	13,500	12,000	11,000
	HF-250-T	250	11,500	10,500	9,500	8,400
	HF-200-T	200	8,800	8,000	7,200	6,400
	HF-100-T	100	3,600	3,300	3,000	2,600

(注) 各ランプの外形、電気的特性は上表のものと同じ。

種別	配光	形式記号	大キサ (W)	全光束 (lm)			外管径 (mm)	長サ (mm)	口金
				青白色	銀白色	冷白色			
反射形	外管透明	HR-1000-AN	1,000	41,000	—	—	290	420	E39
		HR-700-AN	700	28,000	—	—	290	420	E39
		HR-400-N	400	15,500	—	—	200	345	E39
		HR-300-NT	300	10,000	—	—	200	345	E39
広配光	ケイ光体	HRF-1000-AT	1,000	—	41,000	37,000	290	420	E39
		HRF-700-AT	700	—	27,500	25,000	290	420	E39
		HRF-400-T	400	—	15,000	13,500	200	345	E39
		HRF-300-T	300	—	10,000	9,000	200	345	E39

各ランプの電気的特性は、外管透明 (H 形) のランプと同じ、HR-300-NT 以外に HR-300-MT (中拡光)、HR-300-WT (広配光) がある。

殺菌ランプ

形式記号	大キサ (W)	長サ (mm)	管径 (mm)	ランプ電流 (A)	定格電圧 (V)	2,537Å出力 (W)	平均寿命 (時間)
GL-15	15	436	25	0.31	100	3.0	3,000
GL-10	10	330	25	0.23	100	1.7	3,000

ケイ光健康ランプ

形式記号	大キサ (W)	長サ (mm)	管径 (mm)	ランプ電流 (A)	定格電圧 (V)	健康線出力 (E viton)
FL-40E	40	1,198	38	0.435	200	100,000
FL-20E	20	580	38	0.375	100	45,000

感光用、識別用ケイ光ランプ

形式記号	ガラス管	極大波長 (Å)	大キサ (W)	長サ (mm)	管径 (mm)	3,000~4,500Å紫外線出力 (W)		用途
						4,500Å	5.7	
FL-40BL-405	透明	4,050	40	1,198	38	—	5.7	青写真焼付
FL-40BL-360	透明	3,600	40	1,198	38	—	6.7	光化学反応
FL-20BL-405	黒	4,050	20	580	38	—	2.5	青写真焼付
FL-20BL-360	黒	3,600	20	580	38	—	3.0	光化学反応
FL-30BLB-330	黒	3,300	30	893	25	—	4.3	ケイ光探傷
FL-30BLB-360	黒	3,600	30	893	25	—	4.5	物品の鑑別
FL-15BLB-330	黒	3,300	15	436	25	—	2.1	ケイ光塗料
FL-15BLB-360	黒	3,600	15	436	25	—	2.0	照明
FL-10BLB-330	色	3,300	10	330	25	—	1.2	ケイ光塗料
FL-10BLB-360	色	3,600	10	330	25	—	1.1	照明

熱陰極整流放電管

形名	陽極最大定格		相当品	形名	陽極最大定格		相当品
	平均電流 (A)	平均電圧 (V)			平均電流 (A)	平均電圧 (V)	
2G57	5.0	125	816	3G27	1.25	64	627
4G78	15.0	1.6	866A	4G78	10.0	1.6	678
5G59	1.0	2.5	866K	5G59	1.0	2.5	5559
5G72	2.5	3.2	872A	5G72	2.5	3.2	672A
5G77	10.0	4.0	877	5G77	10.0	4.0	677
6G24	2.5	6.4	869B	6G24	2.5	6.4	624
6G76	2.5	6.4	869B	6G76	2.5	6.4	676
7G14	2.0	12.5	414	7G14	2.0	12.5	414
1G50A	0.65	0.1	2050	1G50A	0.65	0.1	2050
2D21	0.65	0.1	2D21	2D21	0.65	0.1	2D21
4G14	1.0	1.0	6014C	4G14	1.0	1.0	6014C
5G32	0.75	2.5	5632	5G32	0.75	2.5	5632
5G84	1.0	2.5	C3JA	5G84	1.0	2.5	C3JA

管球鑽品一覽表

送 信 管

形名	陰極		増幅率	最大定格 (C級増幅)		最大入力使用可能量 の最高周波数 (Mc)	冷却却			外國 相当管
	電圧 (V)	電流 (A)		陽極電圧 (V)	陽極電流 (A)		風量 (m³/min)	風圧 (mmHg)	流量 (L/min)	
3T12	FT	10	4.25	20	2,250	0.2	90	75	—	—
WF-403	FT	11	6	25	2,500	0.3	300	80	4	20
WE-5736	FT	6	60	22	5,000	1.4	2,500	60	3	33
ST89	FW	11	120	21	8,500	2.0	5,000	50	0.4	—
ST10	FW	22	60	25	12,000	2.0	10,000	30	0.4	—
WE-895	FW	19*	139**	37	17,000	9.0	40,000	6	0.15	—
									100	WL-895

(注) * 3 相加熱で中性点までの電圧値

＊ 1 相当たりの電流値

高压整流管

管種	特性				最大使用定格			バルブ 温度	
	線条別 電圧 (V)	線条 電流 (A)	空間電荷特性 陽極電流 (mA)	管内電 圧降下 (V)	陽極 電圧 (V)	陽極電流 平均電流 (mA)	時 間 電流 値 (mA)		
VK-481B	トリウムタ ンダスティン	2.5	5	5	25	25,000	150	30	180
VK-579B	"	2.5	6	25	100	20,000	170	25	75

光 電 管

形 名	種別	特 性			最 大 定 格				
		分光 感度 特性	感 度	暗電流	陽極電圧 (直 流 または 交流值) (V)	降 極 電 流 (尖 端 值) (μA)	均 極 電 流 (μA)	暗 電 流 密 度 (μA/ cm ²)	周 溫 度 (°C)
VP-929	真空	S-4	25	0.0125	250	20	5	15	75
GP-5581	ガス入	S-4	75/0 60/10000 サクゼ	0.050	100	10	3	15	75
VP-935	真空	S-5	18	0.0005	250	30	10	15	75

真空計測定球

ピラニ管 1号 PP-154, ピラニ管 2号 PP-254

(真空 1×10^{-5} mmHg)

電流 (mA)	300	325	350
抵抗値 (Ω)	10.5	12.0	13.5

冷陰極電離真空計測定球 PG-MT₂ 形

真空度 (mmHg)	1×10^{-3}	1×10^{-4}	1×10^{-5}	1×10^{-6}
電流 (μA)	1,000	100	10	1

電離真空計測定球 K-30

真 空 度 (mmHg)	1×10^{-7}	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-3}
イオノン電流 (μA)	0.005	0.05	0.5	5.0	50.0

バラスト管 BP-55

電壓範圍	平衡電流	周圍溫度
6~13 V	750 mA	25°C

マグネットロン

形名	用途	構造	カターピ 子熟時間 (min)	モータ 電圧 (V)	周
MX-502	バルス発振 レーダ用	固定周波数 永久磁石自調	3	6.3	5
MX-702	バルス発振	變周波数 永久磁石自調 PTM多重用	2	6.3	6

進 行 波 管

形名	周波数範囲 (Mc)	ヒータ 電圧 (V)	ヒータ 電流 (A)	陰極電流 (A)	集束電 圧(V)	加速電 圧(kV)	加速 電流 (mA)	コレク タ電 圧(kV)	コレク タ電 流(A)	利得 (db)	出力 (W)	集束磁界 (周期磁界) (gauss)	備考
TW-801	7400~7800	6.3	1.0	0.04 (max)	0~50	2.0	0.5 (max)	2.8	0.03	30 (min)	4(min)	700	フルス 動作
TW-802	2800~3600	6.3	1.7	1.5 (max)	0	8.0	—	8.0	1.2	30 (min)	2,000(min)	1,500	

BF₃ 計數管

全アルミ製	25φ×300mm または 50φ×1,000mm
プラトー幅	200V 以上
プラトー傾度	0.04%/ V 以下
コネクタ	HN形 高圧コネクタ

GM 計 数 管

放射線の種類	GM-β I β線およびγ線	GM-β II β線およびγ線	GM-X X線	GM-γ γ線
使用電圧 V	1,110	1,100	1,200	1,200
一定計数域 V	200 以上	200 以上	300 以上	300 以上
一定計数域傾斜 %/100V	3% 以下	3% 以下	3% 以下	5% 以下
自然計数 c/min	25	25	50	40
	比較的高エネルギーのβ線測定に使用する。γ線用にも利用できる。	比較的低エネルギーのβ線とえはC-14,S-35等からγ線測定にはβ I 形より能率よく使用できる。	X線でGM管使用のスペクトラロメータ等につけて用いる。	γ線や宇宙線の測定用

光電子倍管

形名	種別	分光特性	倍数	陰極感度 (μA 以上)	陽極感度 ($\mu\text{A}/\text{Im}$ 以上)	倍率	暗電流 (μA)	最大陽極電圧 (V)	最大陽極電流 (mA)
VP-931A	側部	S-4	9	6	4.5	10^6	0.2(最大)	1,250	1.0
IP-22	形	S-8	9	0.6	0.115	0.2×10^6	0.25(〃)	1,250	0.5
VP-631A	形	S-4	6	6	0.02	0.2×10^3	0.5(〃)	900	1.0

テレビ用ブラウン管

名 称	14HP 4M	14RP 4A	14WP4	17AVP 4A	17BZP4	530 WB4	430 AB22	21CYP 22
用 途	テレビ	テレビ	テレビ	テレビ	テレビ	テレビ	カラーテレビ	カラーテレビ
集束方式	静電	静電	静電	静電	静電	静電	静電	静電
偏向方式	電磁	電磁	電磁	電磁	電磁	電磁	電磁	電磁
偏 向 角 (対角)	70 度	90 度	90 度	90 度	110 度	90 度	70 度	70 度
構 造	角形ダレイフ レーフ マスター バタック	角形ダレイフ レーフ マスター バタック	角形ダレイフ レーフ マスター バタック	角形ダレイフ レーフ マスター バタック	角形ダレイフ レーフ マスター バタック	角形ダレイフ レーフ マスター バタック	丸形ダレイフ マスター バタック 光調整装置 ドウマスク	丸形ダレイフ マスター バタック 光調整装置 ドウマスク
格 金	小形シエナルデュオ デカル 本脚 (B6-63)	小形シエナルデュオ デカル 本脚 (B6-63)	小形シエナルデュオ デカル 本脚 (B6-63)	小形シエナルデュオ デカル 本脚 (B6-63)	小形ボタンドエイク 7 本脚 (B7-183)	小形シエナルデュオ デカル 本脚 (B7-51)	小形シエナルデュオ デカル 本脚 (B12-131)	小形シエナルデュオ デカル 本脚 (B12-131)
金 長 (mm)	425±10	360±10	335±10	397±10	319±7	508±10	545±10	636±10
有効画面 (mm)	282× 211 以上	306× 241 以上	306× 241 以上	363× 282 以上	374× 296 以上	484× 383 以上	347× 264 以上	489× 394 以上
電 壓 使 用 例	ヒータ電圧 (V)	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
	ヒータ電流 (A)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1.8	1.8
電 壓 使 用 例	陽極電圧 (VDC)	12,000	12,000	12,000	14,000	14,000	16,000	18,000
	集束格子電圧 (VDC)	-48~ +264	-40~ +360	-50~ +350	-55~ +310	0~ +400	-66~ +350	+2450~ +3400
電 壓 使 用 例	第二格子電圧 (VDC)	300	300	300	300	300	200	200
	輝点消去第一格子電圧 (VDC)	-33~ -77	-33~ -77	-33~ -77	-33~ -77	-33~ -77	-50~ +105	-50~ +105

運炭設備 (2)

— 運炭設備 —

1. まえがき

火力発電所の運炭設備は海路輸送による場合の岸壁でのアンローダ操作に引続いて貯炭場への搬入、陸運による場合は貨車、トラック輸送が考えられるが、いずれの場合も地下ホッパに受けてベルトコンベヤで貯炭場への搬入またはクレーンを使ってグラブでつかみ、ベルトコンベヤに落して貯炭場へ受入れる、いわゆる貯炭場への受入れ設備と貯炭場でスタッカ、クレーンなどによる山積操作ならびに自然乾燥させるための配備用設備、貯炭場から汽缶室へのパンカへの払出し設備、送炭量計測設備などを包含している。

これらの諸設備すなわち荷おろし設備、受入れ設備、貯炭設備、配備設備、払出し設備、送炭量計測設備はいずれも建設現地の立地条件に左右される要素が非常に多いので各火力発電所とも、それぞれその現地に適した機器のものを採用使用している。

一般に普通使われている陸運によって輸送される場合を例に取ると、貨車、トラックにより輸送されてきた石炭を地下ホッパに受けベルトコンベヤで貯炭場へ受入れ、貯炭場にはスタッカを設備していて受入れられた石炭は逐次適当地山積貯炭され貯炭場からの払出しはスクラバを使って地下ホッパに集めてベルトコンベヤに乗せ汽缶室まで送炭し移動ドリップを使って適宜パンカに貯炭する。

貯炭場と汽缶室との間の適当な位置に送炭量を測定する計量機を設備する。

貯炭場は普通使用量の1カ月分程度の貯炭能力をもつよう計画されるが貯炭場から汽缶室までの送炭用ベルトコンベヤはその配置からして傾斜コンベヤとなるがこの傾斜角度には石炭の質にもよるが大体制限があるのでもちろんベルトコンベヤの配置にも左右されるが貯炭場と汽缶室との距離が決定づけられる。

したがってベルトコンベヤが配置上不具合の場合は垂直にまた垂直近くに送炭できるパケットコンベヤおよびチェーンコンベヤの使用が考えられる。

使用石炭が塊炭で粒度の大きなものが含まれる場合は貯炭場からの払出し設備内にスクリーンとクラッシャを設けてスクリーンにひっかかったものは粉碎した後スクリーンを通過したものと混炭するように計画される。

汽缶室内のパンカは全容積で大体1日分の貯炭能力を持つよう計画されるが、パンカの数量、形状は燃焼装置の形式、使用石炭の性状によって決定される。石炭の吐出口近くでブリッジを生成したり詰まりを生ずることのないようにとくに留意して設計される。

ベルトコンベヤの容量は汽缶室内パンカを7~8時間程度の稼働で満杯するように決めたほうが好都合である、すなわち屋外作業が含まれるので日直作業員だけですむように計画されるのが

普通である。

機器ならびに機器の設置要領などは前述のとおりであるが、これらはすべて立地条件によって任意に選定使用される。たとえば貯炭場の設置機器の場合でもスタッカ1台で受入れのときはアーム上のベルトコンベヤで山積貯炭し、配替ならびに払出しのときはグラブでつかんでホッパに入れベルトコンベヤで送炭する装置にしたものもある。また受入れと払出しは全然別個の機器とし、受入れの場合はスタッカで山積貯炭し、払出しの際はジローダで任意の場所から自由に貯炭を適宜かき込んでベルトコンベヤに乗せて送炭する装置にしたものもある。またベルトコンベヤとスクリッパーとを組合せて使っている所もあり、橋形コンベヤとグラブ付橋形クレーンと組合せて使っている所もある。貯炭場も上屋式のものあるいはまた露天式のものそれぞれ目的によって区別して計画される。

以上に一般的なものについて概説したが、近時低質炭ならびに低品位炭利用の火力発電所が計画建設され、すでに営業運転にはいり相当高効率で能率よく運転されているものもあり、また中には低質炭の処理が悪く苦労しているところもあるので、最近計画されたものをご紹介して参考に供したい。

2. 計画概要

2.1 蒸気発生設備の要目

汽缶蒸発量 (最大連続)	260 t/h
蒸気圧力 過熱器出口において	105 kg/cm ² g
蒸気温度 "	541°C
給水温度 節炭器入口において	265.5°C
燃焼方式 単位直接式微粉炭燃焼および重油混焼	
通風方式 平衡通風	
形 式 三菱長崎 CE 水管式輻射單胴再熱形	

2.2 使用石炭

低質炭と低品位炭との混焼

	低品位炭	低質炭
発熱量 (乾炭高位)	3,500 k cal/kg	3,000 k cal/kg
湿 分	7.0 %	30 %
固有水分	9.76 %	7.0 %
灰 分	41.13 %	52.0 %
揮発分	28.09 %	22.0 %
固定炭素	21.02 %	19.0 %
全 イオウ	1.3 %	
水素 (無水無灰)	3.5 %	
灰溶融温度	1,330°C	
灰分中 SiO ₂ 含有量	50~25 %	
グラインダビリティ (ハードグレード)	45	45

2.3 燃料の混焼率

低品位炭だけの専焼も可能であり、低質炭と混焼する場合は、

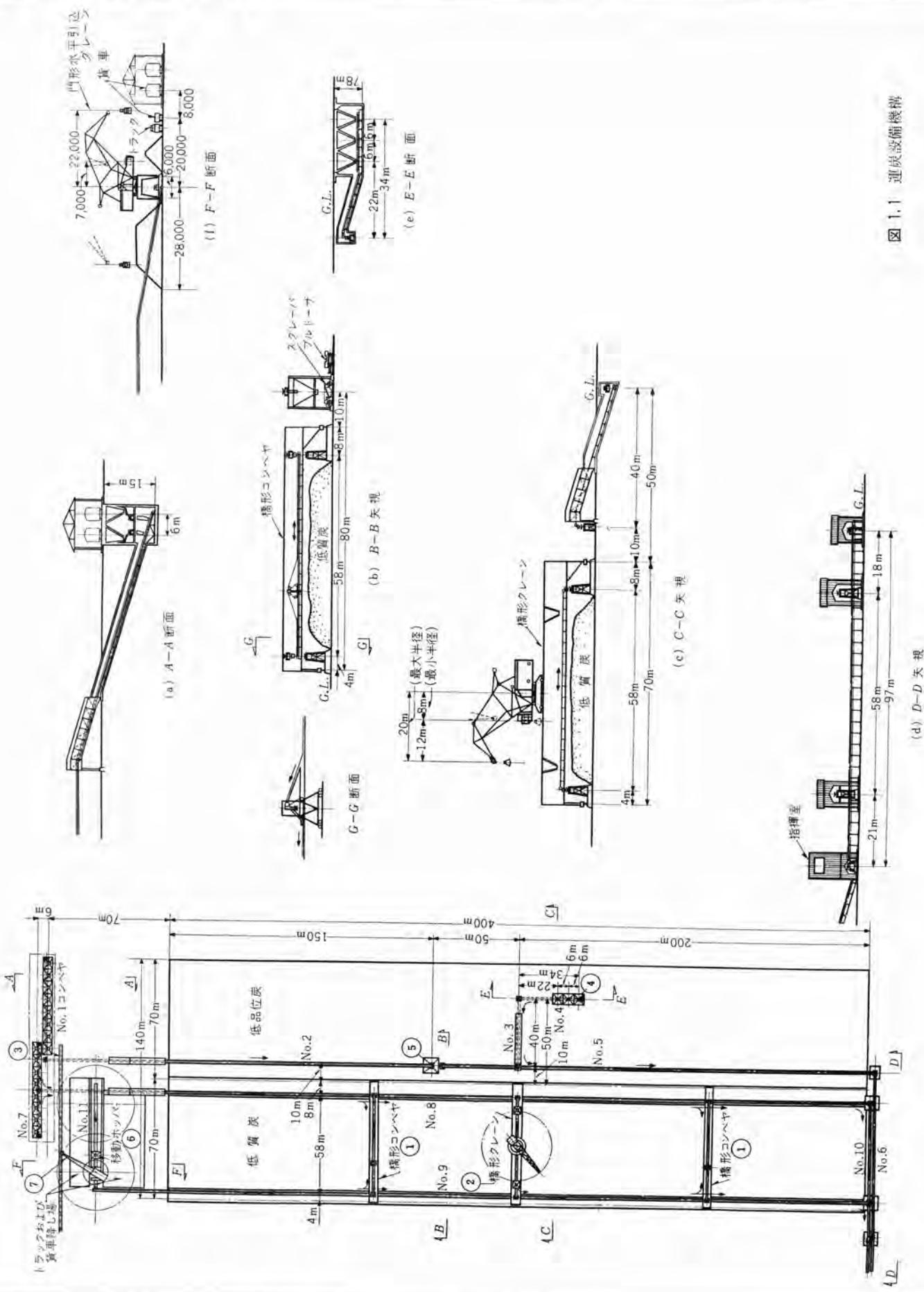


図 1.1 連続設備機構

低質炭は最高 50 % まで混焼できる。

なお重油も最高 30 % まで混焼可能なようになっている。

2.4 運炭設備の機構および構造

このプラントの使用石炭は低質炭、低品位炭との 2 種類であって、その性状もおののおの異なるのでこの計画ではこの 2 種類の石炭の運搬、貯炭その他の処理についてはおののおの別個な方法で処理し最後に微粉炭槽に集めて火炉に送炭する方法を採用している。ここでいう低質炭とは洗炭場での沈澱微粉炭など、とくに湿分が多く質が落ちるが、これを乾燥その他手を加えると並炭近くまで質の向上するものを目指している。設備の容量としては低品位炭は 100 % 専焼可能、低質炭は 50 % 混焼可能なようになっている。

低質炭は湿分が多量なるものを受入れるものとし、底開き炭車で搬入される場合と普通貨車ならびにトラックで搬入される場合とのいずれの方法でも受入れ可能であり、かつ、貯炭場における自然乾燥のための場所移動ならびに貯炭場よりの搬出しに便なるような設備となっている。

すなわち、底開き貨車用としては図 1.1 の符号 ③ の設置であって、地下 ホッパーベルトコンベヤをまた普通貨車ならびにトラック用としては、符号 ⑥ ⑦ の設置である グラブベケット付の水平引込橋形 クレーン、移動 ホッパ ならびにベルトコンベヤを設けている。

貯炭場には受入れ、場所移動ならびに搬出し用として符号 ② の橋 クレーン、符号 ① の橋形 コンベヤ ならびに上記の符号 ⑦ の水平引込 クレーン付橋形 クレーンを設備している。低品位炭は普通使用されているような地下 ホッパ、ベルト コンベヤを設備して受入れるものとし貯炭場内にはスクラーパーラルトーザ、ベルトコンベヤを設備して受入れ搬出しが可能である。

貯炭場より汽缶室の低質炭槽および低品位炭槽へは 2 条のベルトコンベヤで搬入される。

低質炭槽は貯炭場の性状からしてあまり大容量のものは操作その他に不具合を生ずるので、可能なる限り小容量とし、この計画では汽缶 1 缶分に対し合計の貯炭能力を 50 % 混焼の場合で 17 時間分とした。

低品位炭槽は汽缶 1 缶分に対し合計の貯炭能力を 1 日分としてある。貯炭場より汽缶室の各 バンカまでのベルトコンベヤは 1 日分の使用炭量を、約 8 時間の稼働で処理できる運搬能力をもつものとしている。

微粉炭槽は汽缶 1 缶分に対して合計の貯炭能力を概略 8.5 時間分の微粉が貯藏可能である。

貯炭場での搬出仕事動は、可能なる限り短時間となるよう計画してあるが、汽缶室の低質炭槽ならびに低品位炭槽の容量および貯炭場から運炭する ベルトコンベヤの容量より搬出仕事時間と各混炭燃焼の場合について述べると、下記のとおりである。

(1) 低品位炭 70 %、低質炭 30 % の場合

このプラントの計画は、この混焼割合を基準として屋内 バンカの容量を算定してある。したがってこの場合は低品位炭槽はちょうど 24 時間分の貯炭であり、低質炭槽は約 29 時間分の貯

炭となるので貯炭場の搬出仕事は低品位炭を 4.3 時間、低質炭を 1.8 時間、合計約 6.1 時間の稼働を必要とする。

(2) 低品位炭 50 %、低質炭 50 % の場合

上記(1)項の混焼割合で屋内 バンカの容量が算定されているのであるから、この場合は低品位炭槽は一度満杯すると、約 34 時間分貯炭となる。低質炭槽は一度満杯すると 15 時間分の貯炭となる。

したがって、このような混炭燃焼の場合には低質炭を 2 回にわたって合計 3 時間、低品位炭を 3 時間、合計 6 時間の搬出仕事動を必要とする。

(3) 低品位炭だけ 100 % の場合

低品位炭槽は上記(1)項の混焼の場合を基準として算定されているので一度満杯する。この場合は低品位炭槽は約 17 時間分の貯炭であるから、約 7 時間の搬出仕事動を必要とする。

以上は ベルトコンベヤ ならびに貯炭場の搬出仕事動時間であるが、低質炭は貯炭場において自然乾燥により少なくとも湿分を 3~4 % 程度減少するものと予想される。この自然乾燥のためには貯炭場の橋形 コンベヤ は可逆式移動 トリッパ 付として、低質炭の場所の移動に便ならしめていると同時に、水平引込 クレーンを設備して、任意の位置に自由に、適宜に貯炭の場所移動を可能ならしめるようにしている。

低質炭用貯炭場は上記の自然乾燥の目的達成を可能ならしめるよう、面積決定には意を用いている。

低品位炭のほうは低質炭と異なりとくに貯炭場での乾燥を必要としないので、受入れと同時に直接汽缶室内へ搬入可能なるような機構になっている。

汽缶室の低質炭槽、低品位炭槽および微粉炭槽の配置は処理された石炭が炉内に搬入される順序に従い、いちばん外側に低質炭槽を置き気流乾燥機で処理された低質炭のうち微粉製造装置で再度処理される必要のあるものは、つぎの低品位炭槽に落され、粒が小さくて改めて微粉炭製造装置で処理する必要のないものは、なおつぎの微粉炭槽に送られ、また低品位炭槽に貯炭され微粉炭製造装置で処理されたものも微粉炭槽に送られるように石炭の運搬順序に従って都合のよいように配置してある。(図 2.1 屋内 バンカ 配置図参照)

なお バンカ 上部に設置されているのは各 サイクロシエバーラーである。

低質炭槽は 1 缶に対して 2 基、低品位炭槽は 1 缶に対して 3 基(ミル 1 台に対して 1 基ずつ)、微粉炭槽は 1 缶に対して 3 基にそれぞれ分割設備する。

とくに低質炭槽は湿分の多いものが貯炭されるので槽内でブリッジを生成したり、詰まつたりするのを防止するために電動 ブラシ および バイオレータ を付属させている。

なお、槽の形状についても上記の件を考慮して設計し、これらの原因による事故を防止するようにしている。

低品位炭槽の設計については低質炭が気流乾燥機で処理された一部のものが低品位炭槽に送入され、低品位炭とともに微粉炭製造装置に送られるのになんら支障はない。

低質炭が気流乾燥機で処理されたもののうち、粗粉分離器で

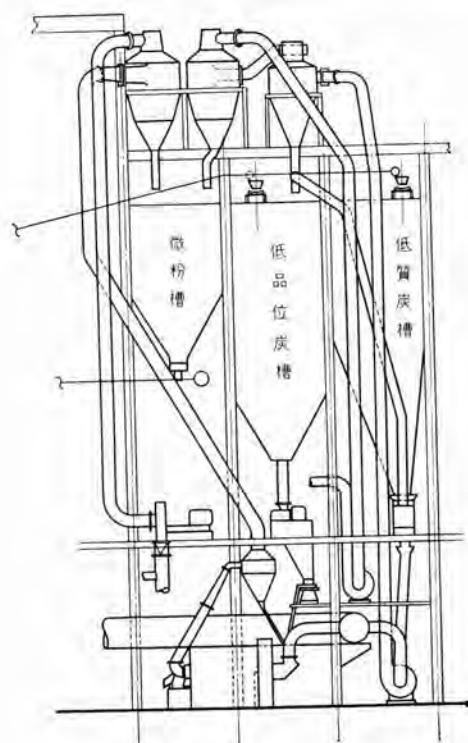


図 2.1 屋内 バンカ 配置図

分離された比較的粒度の大きいものは低品位炭槽に落され改めて微粉炭製造装置で微粉にされるが、この粗粉のうちの一部分は低質炭の乾燥用 パドルコンベヤ へ戻される。これは粗粉分離器の下部出口に自動操作 ダンパ を設置して低品位炭槽に落ちる低質炭と パドルコンベヤ へ戻る低質炭の量を自動制御している。低質炭用貯炭場の水平引込 クレーン 付橋形 クレーン は炭車受入地下 ホッパ の位置まで移動可能なようにしていて貨車積のまま低質炭を クレーン の グラブバケット で受入れできるようにしている。

なお、トラックで輸送されたものも同様に橋形 クレーン で受入れできる。

貯炭場より汽缶室内貯炭槽への搬入用 ベルトコンベヤ には途中に計量機を設置して運炭量の計測ができる。

3. 設備機器の要目

設備される各機器の要目は概略下記のとおりである。

主要仕様

(1) 低質炭用 450 t/h 橋形 コンベヤ	2 台
a. 能力	450 t/h
b. ベルト 幅	900 mm
c. スパン	65 m
d. 可逆式移動 トリッパ 付	8 m
e. 橋形鉄構高さ レール 面上下弦まで	8 m
f. 動作速度および電動機	
コンベヤ	120 m/min × 15 kW × 2
トリッパ 移動	10 m/min × 10 kW
走 行	20 m/min × 40 kW
レールクランプ	3 kW × 2

(2) 低質炭用 9 t 水平引込 クレーン 付橋形 クレーン 1 台

a. 能力	260 t/h
b. 卷上荷重	9 t
c. グラブバケット 容量 沈粉	約 4.5 t
d. クレーン 旋回半径 最大 20 m 最小 8 m	
e. 揚 程 走行 レール 面上 14.5 m 全 19.5 m	
f. スパン	65 m
g. コンベヤーベルト 幅	750 mm
h. 橋形鉄構高さ レール 面上下弦まで 8 m	
i. 動作速度および電動機	
卷 上	60 m/min × 125 kW
グラブ 開閉	60 m/min × 40 kW
引 込	60 m/min × 20 kW
旋 回	1.5 r/min × 30 kW
横 行	40 m/min × 30 kW
走 行	20 m/min × 50 kW × 2
レールクランプ	3 kW × 4
フイーダ	16 m/min × 7.5 kW × 2
コンベヤ	120 m/min × 7.5 kW × 2

(3) 貨車おろし用地下 ホッパ 下電磁 フイーダ

低品位炭用	300 t/h	8 台
低質炭用	250 t/h	8 台

(4) 給炭用地下 ホッパ 下電磁 フイーダ 300 t/h 3 台

(5) 移動 ホッパ 1 台

低質炭用電磁 フイーダ	300 t/h	1 台
軌 間	6 m	高さ 5 m

走 行 30 m/min (6) クレーン によりえい行

(6) 仮おろし場 9 t 門形水平引込 クレーン 1 台

a. 能力	260 t/h
b. 卷上荷重	9 t
c. グラブバケット 容量 低質炭	約 4.5 t
d. クレーン 旋回半径 最大 22 m 最小 7 m	
e. 揚 程 走行 レール 面上 10 m 全 13.5 m	
f. 軌 間	6 m
g. 門形鉄構高さ	約 7.5 m

(7) 動作速度および電動機

卷 上	60 m/min	25 kW
-----	----------	-------

ベルトコンベヤ 1 式

No.	能 力 (t/h)	ベルト 幅 (mm)	コンベヤ長 (m)	速 度 (m/min)	電動機 (kW)
1	520	1,050	55	120	20
2	"	"	220	"	50×2
3	260	750	40	"	20
4	"	"	35	"	10
5	520	1,050	250	"	50
6	"	"	100	"	20
7	450	900	2 台×25	"	7.5
8	"	"	480	"	50×2
9	260	750	150	"	15
10	450	900	80	"	20
11	260	750	70	"	15
12	"	"	150	"	20
13	"	"	150	"	"
14	"	"	65	"	15
15	"	"	"	"	"
16	520	"	5	"	5

グラブ 開閉	60 m/min	40 kW
引 込	60 m/min	20 kW
旋 回	1.5 r/min	30 kW
走 行	30 m/min	30 kW
レールクランプ	スラスター式 2組	

4. 貯炭場

貯炭場は処理石炭の性状がおのれの異なるので全然別途に貯炭するよう計画されている。

とくに低質炭は自然乾燥で3~4%の水分を減少させるために上屋式としてある。

(1) 低品位炭用

形 式	露天式
貯炭能力	1カ月分
付属品	
払出し用地下ホッパ	1式
ブルドーザ	1台
スクラーバ	1台
受入れ用 ベルトコンベヤ 支持装置	1式
払出し用 ベルトコンベヤ 支持装置	1式
受入れ用 シート	1式

(2) 低質炭用

形 式	上屋式
貯炭能力	1カ月分
付属品	
橋形 クレーン 用 レール	1式
受入れ用 ベルトコンベヤ 支持装置	1式
払出し用 ベルトコンベヤ 支持装置	1式

5. 運炭操作の指揮ならびに制御

この設備の指揮ならびに制御は1カ所でまとめていわゆる集中制御される。もちろん貯炭場に設置されているクレーンの操作、貨車の底開き扉の開閉操作などの現場操作はそれぞれ現地でなされるが、その他のコンベヤ系統は集中制御される。

指揮ならびに制御室はプラントの中央制御室の一部を兼用する場合もあるが、この計画では貯炭場と汽缶室との中間、貯炭場寄りの分配ホッパを設備する位置に設置している。

指揮ならびに制御室にはgraphic typeの操作盤を設置し、盤には全系統の操作スイッチ・表示器・ランプ・警報器・アンメータを設備して、この盤上でこの運炭系統の監視ならびに操作が早く正確にそして遠隔制御のできる機構にしてある。

この制御室には汽缶室ならびに中央制御室との連絡ならびに貯炭場内に設置されているクレーン、スクラッパの運転員および荷おろし場との連絡用の有線および無線電話器を設備している。

また貯炭場での受入れ・払出し・配替作業ならびに貯炭状況の監視ならびに指揮用工業テレビを設備している。

また汽缶室のコールパンカの貯炭レベルの指示計を設備して運炭操作に便ならしめている。

コンベヤの全系統は誤操作ならびに危険防止のためのインターロック方式を採用して安全なる円滑運炭が可能なるようにしてある。また盤には運炭量を指示積算できる石炭流量計を装備している。

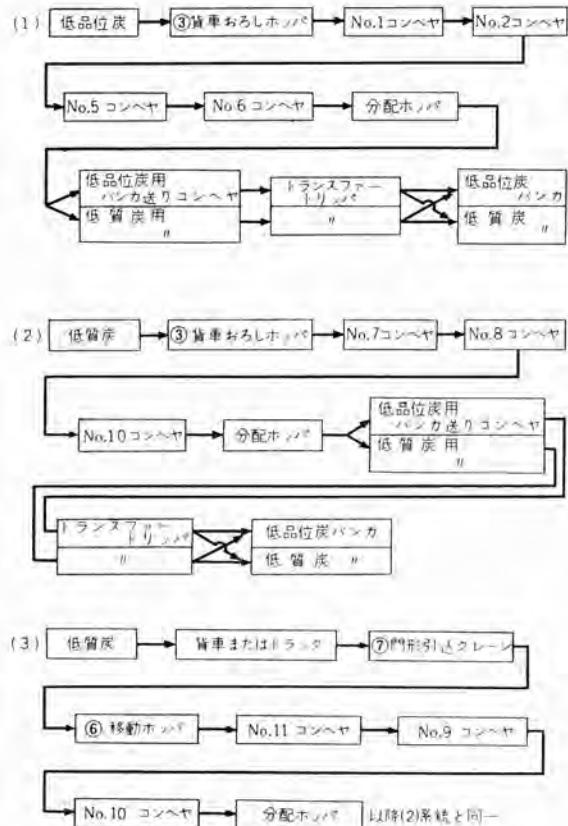


図 6.1 直送の送炭系統

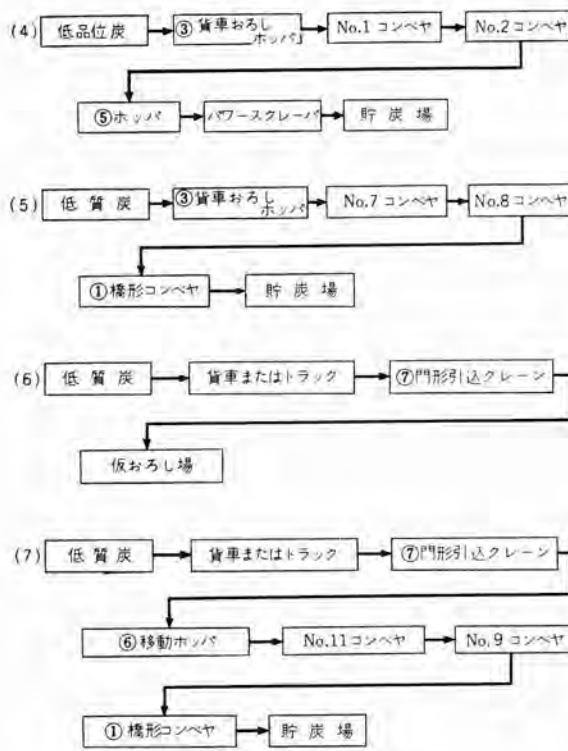
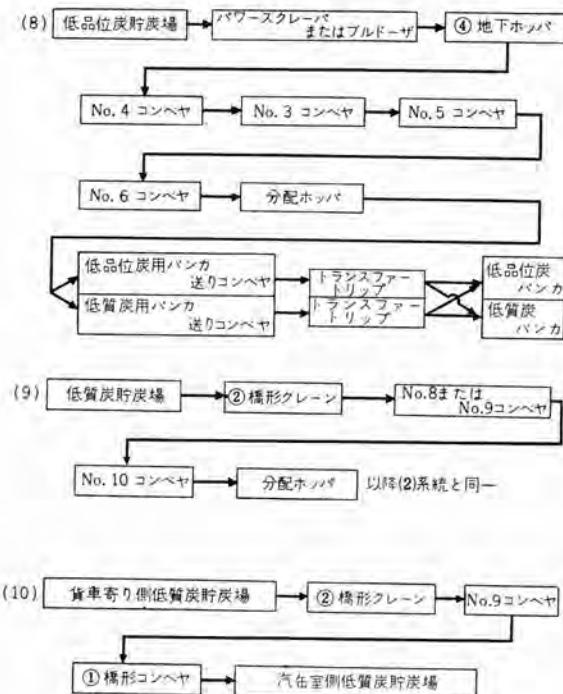


図 6.2 貯炭の送炭系統



注：系統(4)と(8)および(5)と(9)ならびに(6)または(7)と(9)は同時に作業できる。なお(5)または(7)の作業中に(10)も同時に実行なうことができる。

図 6.3 払出し送炭系統

6. 運炭系統

この設備は貨車およびトラックで搬入された石炭を貯炭場に受入れて貯炭し貯炭場内で自然乾燥したる後汽缶内パンカに送炭する場合と貨車およびトラックで搬入されたものを貯炭場を

バイパスしてすぐにそのまま汽缶室内パンカに送炭するいわゆる直送の場合ならびに貯炭場で自然乾燥する場合の配替といふにも適した機構にしてある。

送炭系統は使途の各ケースについて考えられるが大別すると

(1) 直送

(2) 貯炭

(3) 払出

(4) 配替

のような使途別に4種類に分けられるがこれをDiagramにすると図6.1, 6.2および図6.3のようになる。

7. むすび

上記の運炭設備はその一例であって火力発電所では種々雑多な機構のものがその立地条件に従って計画され使用されている。

たとえば貯炭場と汽缶室との間に傾斜ベルトコンベヤが使用されるものまたは垂直のパケットコンベヤを使ってるもの、チェーンコンベヤを使うものなどがあり、あるいは水平移送に対しても、スクリューコンベヤを使用するもの、あるいはまたニューマチックで Pipe輸送するものなどいろいろある。

要は石炭の性状によりまた発電所の立地条件により検討されて最適のものが使用されるべきである。

近時の火力発電設備のめざましい進歩発達に歴史的進歩とともに、運炭設備も進歩し、極少数により支障なく稼働できるような装置が逐次設計製作されることを念願する次第である。

(三菱造船長崎造船所 東洋行)

蒸気タービン(4)

—串形タービンと並列形タービンの考え方とその概要—

タービンの設計の要点は経済性、運転信頼性を大ならしめるはもちろんその効率を大ならしめることである。小出力のタービンを高圧力で製作するとタービン内部効率が比較的わるくなり、価格の増大に見合うだけの効率の向上を期待しえない。他方、大出力のタービンを低圧力で製作すると、入口蒸気流量が過大となりその結果、主塞止弁、蒸気入口パイピング、ノズルチャンバなどの蒸気入口部の形状がひどく大きくなり製作がむずかしくなる。図1に50MWおよびそれ以上の再熱タービンに対する蒸気温度、蒸気圧力と出力の最適組合せを示す。

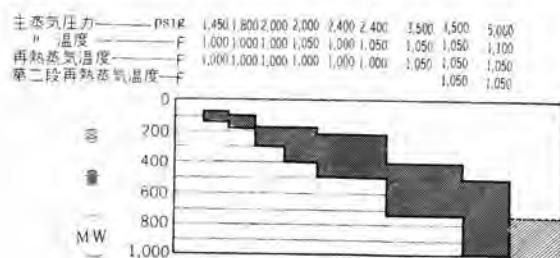


図1 蒸気条件と出力の最適組合せ

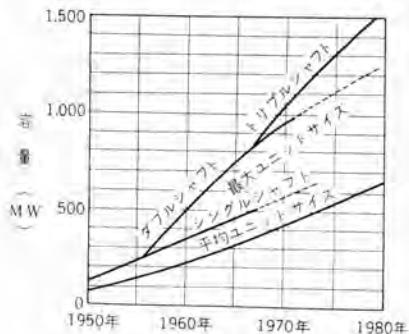


図2 ユニットサイズ増加の例

また、電力系統およびその連繋が強化されてきたのでタービンユニット(単位容量)はますます大きくなってきた。(図2参照)

このように大型機を採用する理由はつぎの二つの項目にまとめられる。

- (1) kWあたりの設備費および運転費を減ずる。
 - (2) 発生kWhあたりの燃料費および維持費を減ずる。
- このタービンユニットを製作するには、適当な高圧タービン・中圧タービン・低圧タービンを串形に接続して所期の出力を出させる。なお出力が不足するときは超臨界圧タービン、超高压タービンを接続すればよい。このようにタービンは各種エレメントの配列によって所期の出力を出させうるが、エレメントの設計にさいしては前述のように蒸気条件、出力の範囲を考慮しなければならない。

3,600 rpm, 1,800 rpm タービンエレメントとその配列については図3が役だつ。この図で TC は Tandem Compound, CC は Cross Compound (図4参照)を示す。

前述のようにタービンは各エレメントの組合せで所期の出力を出させればよいが、発電機はどうしても1台でもって所期の出力を出すようにせねば効率が悪くなる。したがって串形タービンの出力は発電機の出力により制限されるといえる。発電機は内部冷却形式を採用すれば、現在単機 400~500 MWまで製作できるので串形タービンの製作限度はほぼ 500 MWといえる。

並列形タービンには二軸並列形タービン、三軸並列形タービンがあるが、これはタービン軸が図3に示すようにそれぞれ二軸、三軸になっているので発電機もまたそれぞれ2台、3台つながっている。

二軸並列形タービンは蒸気流が両軸と cross しているので各軸単独で出力を出すことができない。図5には並列形タービンの蒸気流の例を示すが、蒸気流はボイラから高圧タービンにはいり再熱器を通り中間圧タービンにはいる。ついで両端からそれぞれ複流低圧タービンにゆく。両低圧タービンを通った蒸気は共通の復水器にはいる。いいかえれば並列形タービンは両軸があたかも一つであるかのように動作する点を記憶しなければならない。かりに1軸の発電機が発電不能となれば他の軸の発電機もまた発電することができない。

また並列形タービンには3,600/3,600 rpm ユニットと3,600/1,800 rpm ユニットがある。このようにタービン軸を同一回転数に二つに分ける場合、1軸は3,600 rpm、1軸を1,800 rpmに分ける場合があるのは主としてタービン側の設計によりきまる。3,600/3,600 rpm ユニットは各軸の出力の比50%, 50%を用いるので、そのおもな利点は二つの並列タービン発電機が同一に製作できることである。またシャンク断器類も両者同一になるので両軸に共通部分が多くなるので発電所として保守の経費節約になる。

3,600/1,800 rpm タービンでは各軸の出力比はいろいろある。並列形タービンの負荷に対する両軸間の負荷の配分割合例は図6に示すように低負荷になるといふふん変化する。

串形タービン、並列形タービンいずれを採用するかはその経済的因素、たとえば床面積、kWあたりの重量、プラント効率および運転信頼性を基にしてきめるが、かりに発電機が製作できるとすれば、串形タービンのほうが並列形タービンより優位であると思われる。

また一般に3,600/3,600 rpm 並列形ユニットは3,600/1,800 rpm ユニットより安価であるといえる。したがって3,600 rpm シングルユニットをこえる大容量機では3,600/3,600 rpm 並列形ユニットが多く用いられる傾向にある。

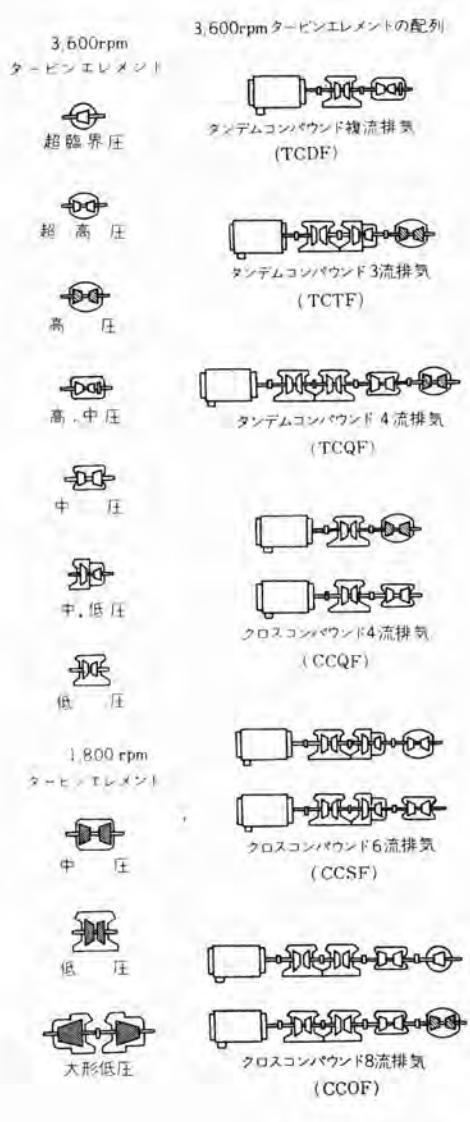


図3 タービンエレメントとその配列

しかし他方、並列形タービンは最適の効率を発揮でき発電所内の電気的配置、励磁系統に対する要求、運転方法などが思つたほど複雑にならないので大形機では慣性定数・効率・価格を

3,600/1,800 rpm タービンエレメントの配列

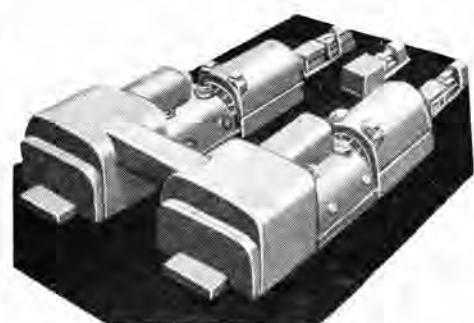
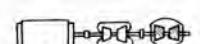
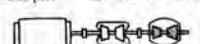


図4 並列形タービン発電機

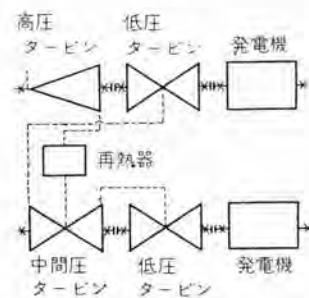


図5 Cross-quad の蒸気の流れ

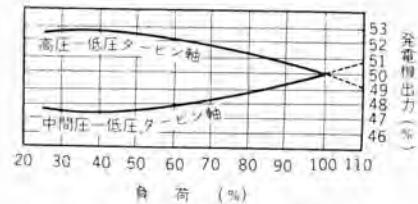


図6 Cross-quad の負荷の分配

勘案して並列形タービンを用いることがある。

(重電技術部 加賀貞広)

最適応答特性を有するトランジスタ化された標準制御装置

K. Chen, D. R. Little: A Practical Standard Transistorized Optimum Response Controller (A. I. E. E. Transaction Paper.)

トランジスタを用いた開閉制御機構により、非直線最適応答制御の原理を用いていかなる制御要素の特性にもマッチした、もっとも経済的かつ調整の容易な標準制御装置を作ることができる。

図1はこのような非直線最適応答制御を二次の時間遅れを有する制御要素に応用した場合のブロック線図である。この系において、適当な非直線開閉曲線を用いて forcing を正より負に切換えたならば、基準値の段階状の変化に対応する誤差と forcing の曲線は図2のようになる。このような場合を最適応答といい、 t_1 は forcing を切換えた時点、 t_2 は誤差がなくなった

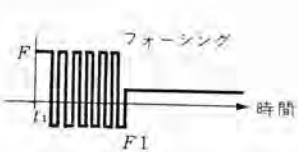
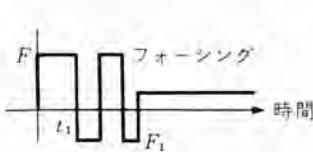
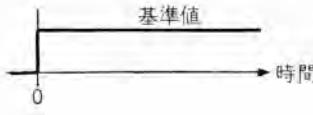
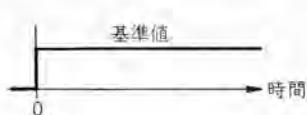


図2

図3

図4

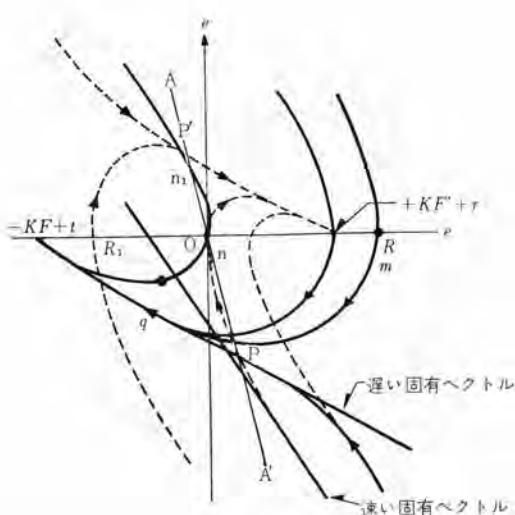


図5

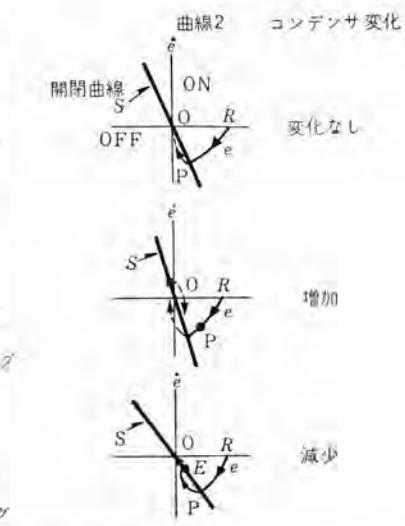
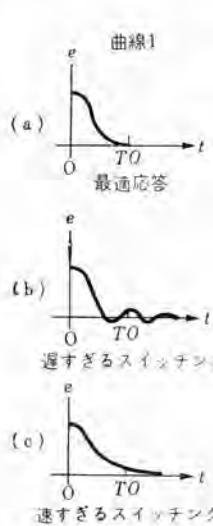


図6

時点である。この場合 t_1 の遅延により、誤差および forcing は図3および図4のように変化し、いずれも最適応答ではなくなる。

図1のブロック線図より式(1)が得られる

$$T_1 T_2 \ddot{e} + (T_1 + T_2) \dot{e} + e = K_1 \dots \dots \dots (1)$$

ただし $K_1 = -Kf + r$

また e : 誤差, T_1, T_2 : 制御要素の時定数, r : 基準値,

K : 制御要素の利得, f : forcing の大きさ,

式(1)を解いて e および \dot{e} の間に式(2)の関係を得る。

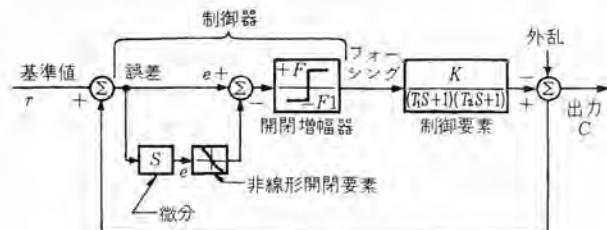


図1

$$T_1 \ln \frac{(e-K_1) + T_2 \dot{e}}{A(1-T_2/T_1)} = T_2 \ln \frac{(e-K_1) + T_1 \dot{e}}{B(1-T_1/T_2)} \dots \dots (2)$$

式(2)を位相面で表わすと図5のようになる。

もし基準値が段階状に R 変化すれば、初期値は $e=R$, $\dot{e}=0$ であり、その軌跡は位相面上において曲線 m をたどる。点 P において正の forcing より負の forcing に切換わるため、今度は曲線 n を通って O 点に落着く。この場合、系の forcing の切換点は曲線 n 上に並ぶので、このような曲線を切換曲線とすべきであるが、これを図5 A-A' のような直線で置換えても結果にはほとんど影響しない。この直線 A-A' の傾斜を変えることによって系の最適応答を見出すことができる。A-A' の傾斜と応答特性の関係は図6に示すとおりである。

表 1

基準値の段階的変化 (V)	応答時間 (sec)
50	2.0
100	4.44
10	0.66
1	0.13

なお N 曲線を直線 A-A' で置換えたことによる最適応答からのずれはほとんどない。表1はアナログコンピュータで実測した N 曲線を用いた場合と直線 A-A' を用いた場合の応答速度の差である。

(伊丹製作所 細野 勇訳)

製 鉄 工 場 に 対 す る デ タ 处 理 装 置

What's New in Engineering: Data Logging for a Steel Plant (Westinghouse Engineer, Vol. 19, No. 6, November, 1959, p. 191)

6組のデータ処理装置が東部のある製鉄業者のために製作中である。6組のうち3組の大規模なものが、電気スズメキラインにそ�で、3組のそれより簡単なものが同じ工場のコイル準備ラインに応用されるだろう。

このデータ処理装置は、現在種々の製鉄所に据付けられて運転中の PRODAC と同様の NOR 回路と挿込み式の素子が使用されている。

この静止形の NOR 素子は製鉄用として、完全に信頼性のある構成要素であることが証明されている。これらは挿込み式の素子に取入れられて、標準のパルス発生器・カウンタ・ゲート・シフトレジスタ・メモリや符号化マトリックスを構成している。これらの素子は必要に応じて相互に結線されて完全にデータを蓄積できるようになっている。

NOR 素子は8個の精密な抵抗と、1個の完全にエジングされたトランジスタから成る単独のモールドされた単位として組込まれており、各構成素子はおののの定格の50%以内で動作するようになっている。この単位はすべての論理回路を高速で処理する静止形オン・オフ開閉器として広く用いられている。

(神戸製作所 久保田伸夫訳)

傾 き 安 全 ス イ ツ チ

Engineering Highlights Addenda: "Tip-off" Safety Switch (Westinghouse Engineer, Vol. 20, No. 1, January, 1960)

スイッチが垂直面から45度以上傾いたとき接点が聞く新しい安全スイッチが開発された。このスイッチはポータブルルームヒータや、誤ってひっくり返ったとき、電気的または火災の危険のある電気器具に用いるため設計されたものである。

傾きスイッチ接点の動作素子は、スイッチの位置にかかわらず常に垂直位置をたもつ鋼製の振子(ペント)で動作される。例えばスイッチが取り付けられた器具が正しい位置にあるとき、振子は垂直にぶらさがりスイッチの接点は閉じている。誤って器具が傾いたときにも振子は垂直にぶらさがっていて接点を開くように動作する。

スイッチの定格は118V, 15A、または236V, 8Aである。

(名古屋製作所 丸地謙二訳)

電 動 機 負 荷 指 示 計

Engineering Highlights Addenda: Motor-Load Indicator (Westinghouse Engineer, Vol. 20, No. 1, January, 1960, inside back cover)

負荷電流の有効分($I \cos \theta$)を測定する配電盤用計器で誘導電動機の負荷をより正確に指示することができる。

普通用いられている交流電流計では力率を考慮しない全負荷電流を測定している。誘導電動機は負荷により異なる力率で運転されるが、この新しい計器は全負荷でも軽負荷でもより正確な指示をする。この計器は5Aの変流器とともに用いるように設計されており、単相、三相50c/s, 60c/sのいずれの誘導電動機にも使用することができる。

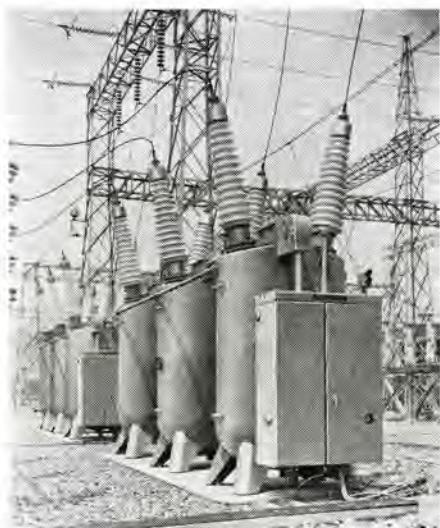
(神戸製作所 渡辺 宏訳)

■ 168 kV 7,500 MVA 油シャ断器完成

さきに関西電力伊丹変電所向けとして受注した 13 台の 168 kV 7,500 MVA 油 シャ 断器が完成し、このほど立会試験を完了した。

この シャ 断器は、超高压に使用されていた GW 形 ウオッチケース 形 シャ 断器を、168 kV 用として新たに設計したもので、4 点 シャ 断の消弧室を用い、同一設計で 10,000 MVA まで使用できる。またこの シャ 断器は三相再閉路用であるため、全極は一つの操作機構で操作される。

このほかこの シャ 断器は、1 相につき母線保護用の空心変成器 2 個を入れたうえ、ブッシング 变流器として 800-400/5 A, 100 VA 1 個、40 VA 1 個を入れている。(いずれも確度階級 1.0 級) このように多くの変成器を標準 シャ 断器に納められるようになったことは、ブッシング 变流器の性能が大いに改善されたことを示すものである。



168 kV 7,500 MVA 油 シャ 断器

本器のおもな定格はつぎのことくである。

定格電圧	168 kV
定格電流	1,200 A
定格 シャ 断容量	7,500 MVA
定格 シャ 断時間	3 サイクル
重量 (油なし)	18,000 kg
油 量	15,000 l
形 名	140-GW-1000

写真は伊丹変電所すえ付け後の シャ 断器である。なおこのほか中部電力西名古屋変電所向けとして同形品 6 台を製作中である。

■ 三相 20,000 kVA 70 kV 分路リアクトル完成

最近、送電容量の増大と ケーブル 系統の増加にともない送電

線の充電容量が大きくなつた。そこで分路 リアクトルを設置し、無効潮流制御、電圧上昇制御を行なう方法が注目されて來た。

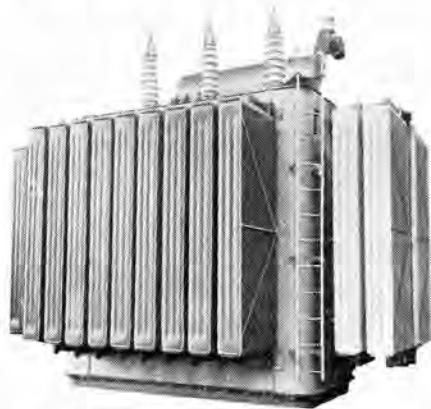
このたび当社で製作した分路 リアクトルは、関西電力株式会社伊丹変電所に設置されるもので、下記の定格を有する。

三相 20,000 kVA 60 c/s 77 kV 三角結線

油入自冷式 内鉄形 CSL 形

二重防音壁付 3 台

外観は写真に示すとおりである。鉄心は機械的強度をもたすために単相三脚鉄心とし、三相同一 タンク に収めた。また騒音、振動を低減するために鉄心脚空隙部分に、有機化合物の接着剤を使用し、騒音 60 ホン に減ずることに成功した。



三相 20,000 kVA 70 kV 分路 リアクトル

■ 北九州交流電化変電所用三相スコット結線 変圧器完成

北九州交流電化区間の地上変電所用電変圧器として鋭意製作中であった三相 スコット 結線変圧器 2 台が完成した。この変圧器は、交流電気機関車により生ずる大なる単相負荷により、電力系統に生ずる三相不平衡を極力減少させるため、スコット 結線を採用したもので、とくに北九州地区は列車密度が高く、かつ複線区間のため変電所容量が大きいので、配線の簡易化などを考え、世界にも例の少ない三相 スコット 結線が採用されたものである。

変圧器の仕様は下記のとおりである。

3/2 相 6,000 kVA 60 c/s

66_F-63_F-60_R-57_F kV/22 kV

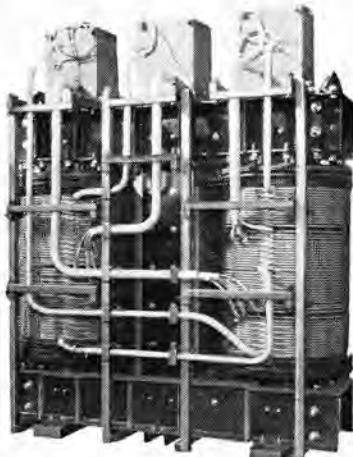
油入自冷式 内鉄形 窒素封入式 CR 形

外形寸法 3,500 × 3,700 mm

高 さ 4,785 mm

この変圧器の特長は

1. 三相共通鉄心式を採用している。したがつて従来单相器 2 台使用するものにくらべ、床面積も少なく、結線も簡単となる。(実用新案申請中)
2. 方向性 ケイ 素鋼板を用いて、完全額縁構造を採用している



三相スコット結線変圧器 中身 3/2 相
6,000 kVA 60 c/s 66-63-60-57 kV/22 kV CR 形

ので特性が向上し、重量が大幅に減少した。

3. 塩ジン害を考慮しブッシングは一段上を使用した。
 4. 衝撃圧力继電器を使用し、ブッホルツ继電器を使用していないので、保護は完全で誤動作はない。
- などである。

変圧器の中身は写真のとおりである。外観は通常の三相変圧器となんら変わりはない。今回完成したのは2台であるが、引続いて3台を製作中である。

■ 三菱「スーパーライン D」形直流機製作開始

かねてから試作をしていた「スーパーライン D」形直流機の試作が一部完了し、近々受注製作を始める事になった。今度製作を始めるのは、四極機の8フレームでそれらのフレームの適用される定格は、1.5 kW 400/1,600 rpm より 45 kW 1,750/2,400 rpm までが含まれる。

スーパーライン D 形直流機は、オートメーション化されつつある近代工業にもっとも適した電動機として、制御性の改善と保守上の問題を少なくすることを主眼として改良されたもので、その仕様および特長は次のとおりである。

1. 標準定格としては NEMA の New-Suggested Standard を採用した。
2. 絶縁階級は B 種とし、温度上昇は定格にて 60°C とし JEC より 10°C 低くした。なおサービスファクタを 15% とっている。
3. 起動回転力 500%
4. 最大出力 200%
5. 前 ブラケットを五角形としているので、外観上安定感がある。
6. 冷却風は負荷側 ブラケットよりはいり整流子側 ブラケットより出る。したがって ブラシの炭素粉がコイル部分にはいりにくく、保守上便利である。
7. 整流子はアーチバウンド形であるから、高速回転に達しても変形が少ない。
8. ブラシ保持器はシングル形はもちろん、ダブル形でもトウ形でも自由に選択ができる。ブラシ発条は定圧力形の設計になっているから、ブラシ磨耗による圧力の変動は僅少である。

標準定格表

出力 kW	基準回転数 每分										110V 及 び 220V
	3500	2500	1750	1150	850	650	500	400	300		
0.4					3000	2600	2000	1600			
0.55				3200	"	"	"	"			"
0.75			3500	"	2800	"	"	"			"
1.1	4000	4000	"	3000	"	"	"	"			"
1.5	"	"	3300	"	2600	"	"	"		1200	"
2.2	"	3700	"	2800	"	"	"	"		"	"
3.7	3700	"	3000	"	2400	"	"	"		"	"
5.5	3500	3500	"	"	2500	2200	"	"		"	"
7.5	"	"	"	"	2600	"	"	"		"	"
11	"	3300	"	"	2400	"	1800	"			220V
15	"	"	"	"	2000	"	"	"			"
19		3100	"	"	"	"	"	"			"
22		"	"	"	"	"	"	"			"
30		"	2700	2400	2200	"	"	"			"
37			"	"	"	1800	"	"			"
45			2400	2200	2000	"	1600	"			"
55			"	"	"	"	"	"			"
75			2200	2000	1800	1600	"	"			"
95			"	"	"	"	"	"			"
110			"	"	"	"	"	"			"
150				1900	1800	1700	"	"			"

9. 主極コイルは鉄心

にジカ巻(四極以上)
になっているから、
コイルの温度は外部
と内部との差が少な
い。

10. 主極空隙の形状を

適当に選定して、速
度調整範囲 1:4 ま

で直巻コイルなしで
スーパーライン D 形直流機外観
安定な特性がえられるようになっている。

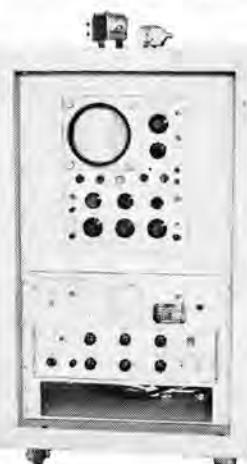


■ 衝撃値測定装置 防衛庁へ納入

防衛庁へ納入される電気機器には防衛庁規格の衝撃振動試験が課せられている。しかし同一規格を設けても衝撃試験機の状態により、衝撃波形および振幅が異なり、同一の衝撃状態を再現できるとは限らない現状である。したがって衝撃値の過渡特性を観察記録し、衝撃値の良否を比較判定する必要があるが、防衛庁よりの発注でその測定装置を完成し本年3月納入した。

この装置は加速度計 ピックアップ、增幅汎波器、観察記録用シンクロスコープから成り、ピックアップは 0~7,000 g 用には水晶振動子、0~200 g 用にはチタン酸バリウム振動子を使用し、固有振動数は 15 kc 以上で、現在の衝撃試験機で得られる最大加速度周波数よりはるかに高い。衝撃値に比例した加速度電圧を增幅し、汎波器で共振周波数をシャンクしてタンピング効果を持たせ、単掃引回路を衝撃寸前に起動してシンクロスコープに波形を描かせ撮影する。

この装置により、落下高度による振幅変化、打撃方向による波形変化、取付状態による最高値の生ずる位置、振動数が判明し、衝撃の与え方の良否、比較



衝撃値測定装置外観

が判定できる。

大衝撃、とくにその過渡特性の測定には種々の難点が伴ない、今後ともその研究が期待されるが、この衝撃値測定装置の完成はこの方面的技術的問題の解決に寄与できるものと期待されている。

■ 大衆乗用車用トランジスタオートラジオ発売

数多くの特長をもつ オールトランジスタ式 オートラジオとして、ポータブル兼用の AR-820 形と、押しボタン式の AR-430 形はすでに本誌に紹介したが、最近各方面の話題を賑わせている大衆乗用車のうち、この 5 月に発売された新三菱重工の「三菱 500」と、東洋工業の「マツダクーペ R360」に、純正 オートラジオとして、それぞれ AR-430A 形と AR-820R 形が採用された。

「三菱 500」用の AR-430A 形は、使用トランジスタ 7 石、出力 2 ワットの本格的な押しボタン式オートラジオで、性能は感度出力とも従来の真空管式と同等またはそれ以上であるが、消費電力は約 5 分の 1 で、しかも小形の車体に適した寸法構造をもっている。すなわち、スピーカーは $16 \times 10 \text{ cm}$ の楕円形で受信部の下に取付けられており、従来の 3 個または 2 個のユニットに分れていたオートラジオと異なり、一体構造となっている。このため取付が簡単で サービス に便である。

AR-820R 形は軽自動車のクーペにふさわしく小形で、車体に取付けたブラケットから本体をぬき出すとそのまま高級な 7 石ポータブルラジオとなり、内蔵のスピーカー、乾電池およびロッドアンテナで動作し、しかも低価格である。もちろん、車体に取付ければ完全なオートラジオとなる。

この両者はいずれも純正 オートラジオであるから、それぞれ車体に適合した構造で、取付用の金具、ブラケット、アンテナ、ケーブル、雑音防止器などは専用のものを使用する。

このほかに、AR-820 形のスピーカー箱をブラケットと一体とした構造の AR-820A 形も同時に発売された。本機は 6V 車にも使用でき、また AR-430A 形と同じく、取付 サービス などが簡単になるので、三菱 500 などの大衆車やその他の小形車にも便利に使用できる。

AR-430A 形
および 820-R
形の主要性能・
諸元は次のとおりである。



AR-430A 形



AR-820R 形

	AR-430A 形	AR-820R 形
受信周波数	535~1,605 kc	同 左
中間周波数	455 kc	同 左
出 力	約 2 W	オート時 0.5 W ポータブル時 0.25 W
消費電力	約 6 W	オート時 約 1.7 W ポータブル時 約 0.4 W
電池電圧	12 V	12 V (ただし ポータブル時は 6 V, 4 AA 乾電池)
スピーカー	$16 \times 10 \text{ cm}$	オート時 12 cm ポータブル時 7.5 cm
使用トランジスタ	7 石	7 石

■ 100 kg ホイストと 10 ton ホイストの出現

当社は従来、250 kg, 500 kg, 1, 2, 3, 5 ton の 6 種類のホイストを量産していたが、荷役の合理化が叫ばれるおりから、その上下にそれぞれ 100 kg, 10 ton の両機種を加え計 8 機種を量産し、もって小は自動車工業、工作物取扱、商店、病院などにおける軽荷重荷役から、大は、天井クレーン用などの重荷重荷役に至るあらゆる荷役需用に応ずることにした。

ここに新たに開発した 100 kg および 10 ton ホイストを紹介する。

1. 設計上の要点

(1) 100 kg ホイストはローラーチェーンまたはリンクチェーンを使用せず、250 kg ホイストと同じく 4 mm ワイヤーロープ 2 本づりとして十分に安全度を持たせ、超小形にもかかわらず揚程も 4 m をとっている。巻上速度は床下引綱式を採用したため、50 c/s 6 m/min, 60 c/s 7.2 m/min にとどめた。構造上も特殊減速機構およびブレーキ機構の採用など、極力小形軽量化をはかり、分解組立を容易にして保守の便をはかっている。このように構造的に従来のものと相当異なっているので、形名も新たに HJ 形と呼ぶことにした。(呼称は懸垂形は HJ-1/10L 形、手押走行形は HJ-1/10LP 形となる)

(2) 10 ton ホイストは従来の HB 形ホイストと同じ構造であるので形名も HB 形とする。(懸垂形低揚程は HB-10L 形、電動走行高揚程 HB-10HM, ダブルレール高揚程 HB-10HR など) ただ巻上減速部分がかなり大となるので、全体のバランスから電磁ブレーキを巻上電動機側に取付け、かつ制動トルクを増すため、4 面制動方式を採用した。巻上速度は低速形、高速形の二本建として利用面にマッチした速度を選ぶようにしたが、走行速度は大容量のため安全上の点から従来品の約半分とした。なお操作は当社標準の床下押しボタン方式である。

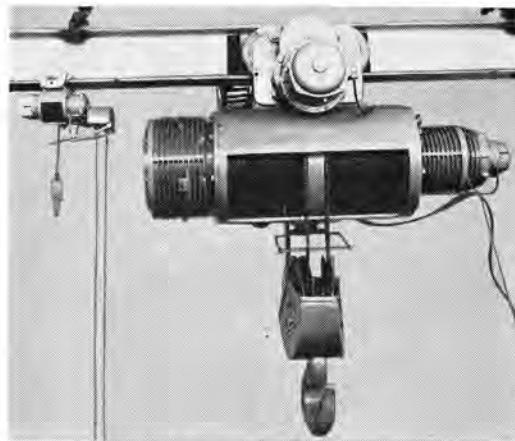
2. 種類

(1) 100 kg ホイストは低揚程だけで懸垂形と手押走行形を標準とする。

(2) 10 t は揚程は低揚程 (8 m) 高揚程 (12 m) 2 種類、巻上速度も低速形 (電動機 7.5 kW) 高速形 (電動機 11 kW) の 2 種類で、懸垂形、電動走行形 (モノレール式 I ピーム幅 150 以上) ダブルレール形の 3 種類を標準とするが、走行形では安定性の点からモノレール式よりもダブルレール式を推奨する。ただ曲線走行の必要あるときは、モノレール式を採用する。

3. 標準仕様

形 名	HJ-1/10	HB-10	備 考
容 量	100 kg	10 t	1t 未満は kg, 1t 以上は t で表示することになっている
揚 程	低揚程 4m のみ	低揚程 8 m 高揚程 12 m	250 kg~5 t までは低揚程 6m 高揚程 12m が標準である
ワイヤロープ	4mm 2 本吊	18 mm 4 本吊	
電 源	200/220 V 50/60 c/s	230/220 V 50/60 c/s	
巻上電動機	0.2 kW	低速形 7.5 kW 高速形 11 kW	
巻上速度	50/60 c/s	低速形 3/3.6 m/min 高速形 4.5/5.4 m/min	
走行電動機	6/7.2 m/min	2 kW	
走行速度	—	10/12 m/min	
操 作	床上引綱式	床上押しボタン式	
給 電	手押走行形はキャブ タイヤケーブル	電動走行形はダブルホ イル式トロリゴール	
概 略 重 量	懸垂形 32 kg 手押形 36 kg	懸垂形 1,700 kg 電動 走行形 2,000 kg ダブ ルレール形 2,200 kg	懸垂形には付属しない



100 kg ホイスト と 10 ton ホイスト

■ 新構想の船用トウイングウインチ完成

当社では、かねて日本サルベージ株式会社から、サルベージ曳船“早朝丸”（総トン数 1,070 トン、三菱造船下関造船所建造）向けとして受注の“電気式オートマティック・トウイング・ウインチ”を製作中のところ、このほど長崎製作所で完成、引続いて門司港外で実地曳航試験を行なっていたが、優秀な成績を収めた。

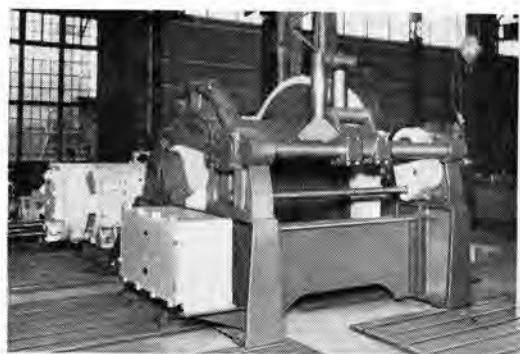
この種オートマティック・トウイング・ウインチは、海外においても最近ようやく実用の域にはいったものであるが、それらは主として蒸気式のものが多く、もちろんわが国ではまったく製作例のない機械であるが、今回の当社の完成品は純電気式で、独自の構想にもとづく記録的な製品である。

従来この種の曳船では、波浪による衝撃のため、しばしばロープの破断事故を経験しており、これを防止するためには曳航間隔をいちじるしく長くとって、ロープのたるみを利用して衝撃を吸収していた。

今回のトウイング・ウインチによれば、曳航の際のロープ張力に応じて自動的に繰出し巻込みを行ない、ロープに加わる衝撃を吸収するとともに曳航間隔を一定に保持することができる。したがって、曳航の際のロープ切断をなくすことができるほか、曳航間隔を大幅に短縮することができるため、ロープの長さも短くてすみ、しかも、荒海においても、円滑な曳航作業を可能とする。

この機械のおもな要目は

ロープ 直径 52 mm



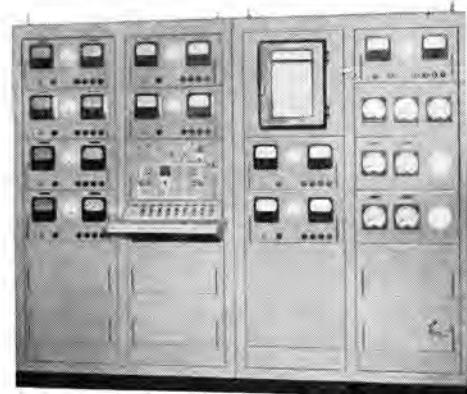
純電気式の船用トウイングウインチ

ロープ 長さ	600 m
繰出最大張力	35 t
電動機	45 kW 直流電動機
制御方式	ワードレオード方式

■ 原子炉熱ループ実験装置の計装

動力用原子炉の開発に当たっては技術的に研究し解決してゆかなければならぬ問題がいろいろある。たとえば原子炉内で発生した熱を能率よく取出し、利用してゆくには炉心の中の冷却材の流れの状況、温度分布がどうなっているか、燃料要素から冷却材へ熱がどのように伝わっているかをしらべ、これらを基礎データとして原子炉の設計をすすめなければならない。このために三菱原子力工業と当社と共同で原子炉の熱ループ模型を作って実験研究を行なうことになった。模型といっても加圧水形原子炉で実現されているのとほとんど同じの高温高圧状態を再現するようになっており、炉心の圧力容器、加圧器、冷却材の配管、循環ポンプなどは十分この条件に耐えられるように作られている。

実験で測定される物理量はループの各点の温度、流速分布、圧力、流量、加圧器の水位などであるが、これらの測定用発信器も十分の耐圧と耐熱、耐食性をもつよう設計されている。写真は研究所で完成した熱ループ実験装置制御盤で、これには物理的諸量の測定の回路や記録計、指示計が含まれ、運転状況を示す表示盤がとりつけられる。ループの温度、加圧器内の温度は自動制御され、また異常が生じたときには表示灯が点滅し、警報器が鳴るようになっている。この計装によって高温高圧の熱ループ実験装置を安全かつ円滑に運転制御し各点の物理量の測定を能率よく行なうことが可能になった。



原子炉熱ループ実験装置



周波数特性直視用信号発生器

発明者 槙谷一郎・添田実

この発明は、周波数特性直視装置へ周期的に周波数の変化する信号を供給するため、可変周波発振器のコンデンサの容量を周期的に変化させる装置に関するものである。すなわち、図面で示すように、相対向しているコンデンサ電極板(1)(2)の周辺を所望の適当な曲線で形作り、誘電体板(3)を、周波特性直視用ブラウン管の掃引電圧と同一周波数の電圧で付勢される可動コイル(4)により上下に振動させて、上記電極板間に周期的に出入させ、上記電極板によって構成されるコンデンサの容量を周期的に変化させようとしたものである。このようにすれば、可動部は誘電体板であるから、従来の電極板の一方を動かすものに比べ電極板の短絡のおそれがなく、また、電極板の形状を適当にすることにより、周波数変化特性を所望のものにすることができるなどの特長を有している。

(特許第247913号) (葛野記)

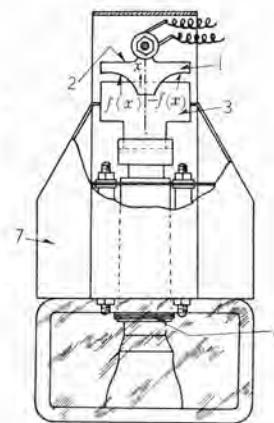
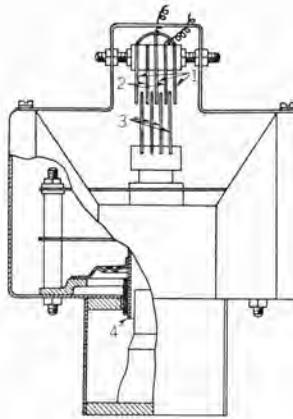


図1

図2

ケーブルクレーンの搬器位置表示装置

発明者 佐藤正夫・若杉延一

この発明は、視野のきかない場所よりケーブルクレーンを操作する際に、このケーブルクレーンの搬器の位置を運転台上で認知するためのケーブルクレーン搬器位置表示装置に関するものである。

以下図面によってこの発明の一例を説明する。

鉄塔(1)間に張架され、かつケーブルクレーンの搬器を装架した鋼索(2)の架設状態、および地形の断面を明示した地形図板(3)の上部および下部に、搬器の上下方向の作動時にその移動距離に比例して回転するセルシン電動機(4)と連結された一对の回転軸(5)を配設し、この回転軸(5)には軸方向にだけ移動しうるようVブーリ(6)をかん合し、さらにこのVブーリ(6)には、搬器の位置を表示する指標(7)を定着した無端紐帶(8)が緊張して懸架されている。

また上記地形図板(3)には回転軸(6)と同様にして、搬器の横方向の移動距離に比例して回転するセルシン電動機(9)

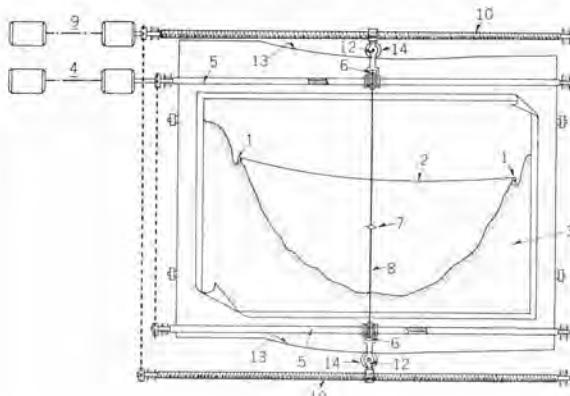


図1

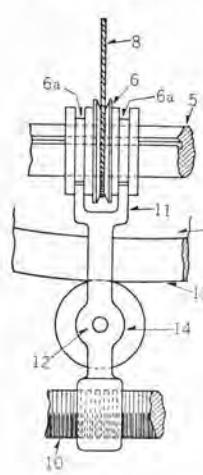


図2

すなわち、地形図板(3)の上下端縁に、鋼索(2)が描く近似梢円曲線に合致するようなカム面(13)を設け、かつ移動子(12)にこのカム面(13)を転動するコロ(14)を設け、指標(7)の横方向への移動時にコロ(14)がカム面(13)を転動することによって地形図板(3)を上下方向に移動させ、指標(7)と地形図板(3)との相対位置を変化させ指標(7)の移動軌跡が必然的に搬器の横方向への移動軌跡と合致するようになされている。したがって、この発明によれば指標による搬器の位置表示がきわめて正確にならうるのである。

(特許第247656号) (藤田記)

==== 最近における当社の社外寄稿一覧 =====

寄稿年月日	寄 稿 先	題 名	執筆者	所属場所
34-12-1	電気学会	衝撃電圧の時間制御における水素入り熱陰極子格子制御放電管の起動特性	岡田武夫	伊丹
〃-12-6	照明学会	日軽アルミ 東京工場の高出力ケイ光灯による照明	小堀富次雄	本社
〃-12-10	電子科学	飛翔体誘導装置	小田達太郎	無線機
〃-12-24	産業機械	火力発電用大形ボイラ通風機	岩原二郎	長崎
〃-12-28	冷凍	三菱電機 MC形アンモニヤ R-22用高速多気筒冷凍機	大門啓治	"
35-1-7	電気学会	航空機用高温トランジスタ整流器組合せ装置の新材料	加藤又彦	伊丹
〃-1-8	照明学会	高出力ケイ光放電管設計上の諸問題(2)管径に対する考察	竹田俊幸	研究所
〃-1-9	電気通信学会	空港における24,000Mcレーダの試験について	樺本俊弥・松田頼昭 西久美	無線機
〃-1-10	航空学会	ロケット誘導の基礎的検討	斎藤寛	"
〃-1-11	新電気	ビル工場に進出する電気集電装置	小田達太郎・渡辺優	神戸
〃	エレクトロニクス・ダイジェスト	電気車の走行曲線と電子計算機	北川和人	本社
〃	機械設計	簡略図法による図期の短縮	松尾準一	研究所
〃-1-13	電気学会	電力系統開閉リージに対する系統損失の影響	馬場準一・森本英男	本社
〃-1-15	オーム社	単結晶形半導体整流の新動向	加藤又彦	伊丹
〃-1-18	照明学会	高圧水銀灯およびケイ光水銀灯の演色性	小堀富次雄	本社
〃-1-21	電気音響研究専門委員会	Co-Fe合金を用いたスピーカの試作結果	藤木一	無線機
〃-1-28	オーム社	回転機における絶縁方式の進歩	中野雅行	研究所
〃	"	変圧器絶縁方式の進歩	神谷友清	"
〃-1-29	照明学会	高出力ケイ光放電管設計上の諸問題(3)管径に対する考察	竹田俊幸	"
35-2-1	オーム社	各種エナメル線の熱特性について	森田義男・坂田圭三	"
〃	電気学会	拡張された飽和関数法について	真鍋舜治	"
〃	オーム社	アナログ計算機の自動制御系への応用	"	"
〃	エレクトロニクス・ダイジェスト	トランジスタ化搬送電話端局装置	北垣成一	無線機
〃-2-2	船舶	最近の船用自励交流発電機の問題点について	甲斐高	長崎
〃-2-3	電気評論	計算機制御について	安藤安二・福永圭之助	研究所
〃-2-5	電気学会	電力系統とAVRの速応比	林重雄	"
〃-2-6	"	連続形AVRを有する励磁機の励磁速応度試験	"	"
〃-2-8	照明学会	朝日新聞社東京本社業務局の照明	小堀富次雄	本社
〃	オーム社	揚水発電用水車発電機技術	竹内真一	神戸
〃-2-11	電気公論社	シリコン整流素子の試験法と定格について	加藤又彦	伊丹
〃-2-18	交友社	低圧補助回用器具	山田三男	"
〃-2-19	電気学会	トランジスタ使用の直流変換器の設計	加藤又彦	"
〃-2-20	家庭電気文化会	家庭におけるケイ光灯の光色の使い方	小堀富次雄	本社
〃-2-22	建設資材社	デラックスパネルと光天井	"	"
〃-2-24	電気学会	計数計算機による回転機の設計	衛藤謙	長崎
〃-2-25	清和会	ケイ光灯照明とスタンドの使い方	小堀富次雄	本社
35-3-1	交流電気機関車補機委員会	ED7019, ED71および印度向け交流電気機関車補機回路、試験仕様仕様書の検討	八木勝・大野寛孝	名古屋
〃-3-3	マシナリー	電磁クラッチ性能の現況と問題点	三矢周夫	"
〃-3-4	生産技術研究会	電気機器絶縁の進歩	原仁吾	研究所
〃-3-10	強制鉄	ダイヤナイト鉄	鈴木一郎・星野克美	名古屋
〃	日本電気協会	ケイ光灯のスタンドの使い方	小堀富次雄	本社
〃-3-17	質量分析	インパルス加速形質量分析装置	甲斐潤二郎	研究所
〃-3-18	ETJ of Japan	交流大電流自然アーケの電流零点近傍の特性	伊藤利朗	"
〃-3-21	エレクトロニクス・ダイジェスト	MELCOM精密低速度形アナログコンピュータ	大島羽幸太郎	無線機
〃-3-24	照明天報	ケイ光放電管	山下博典	"
〃	交友社	低圧付属回路用器具、電気モード一式(DF50電機品のうち)	山田三男	伊丹
〃-3-25	照明学会	高出力ケイ光放電管設計上の諸問題(4)アルゴンネオン混合ガスに対する考察	竹田俊幸	研究所
〃	電気学会	金網入り誘電体ラドーム	喜連川隆・有田不二男	"
〃-3-28	技術社	工場照明の効果と実際	小堀富次雄	本社
〃-3-30	工業材料	ダイヤミック成型材料ポリエスチル系ダイヤレジン製品	村山三郎	研究所

==== 最近登録された当社の特許および実用新案 ====

区別	名 称	特許または登録日	特許または登録番号	発明考案者	所属場所
特 許	防爆形容器の蓋体取付装置	34-12-17	257969	山県三雄	福岡
"	気密室貫通軸封装置	34-12-25	258175	安生三雄・高橋 博	本社
"	動力用原子炉	35-1-8	258381	長沼辰二郎・小倉成美	研究所
"	誘導電動機の速度制御装置	35-2-15	259118	佐藤正夫・吉田太郎	名古屋
"	電動機の順次起動装置	"	259120	奥島鉄吾	"
"	断路器操作装置	"	259121	小橋利雄	伊丹
"	ミニピュレータ	"	259122	蘿原 智	研究所
"	原子炉制御装置	"	259131	蘿原 智	"
"	高周波損失小なる酸化金属磁心の製造法	"	259132	中村 弘・吉田 弘	大船
"	水上益良				
"	高導磁率酸化金属磁心の製造法	"	259133	"	"
"	排気扇 シャッタ	"	259137	新倉宗寿	中津川
新 案	回路 シャ断器	35-1-29	505445	木村雅夫	名古屋
"	冷蔵庫の内箱	"	505446	木下忠男・稻葉信彦	静岡・日建
"	速断開閉器	"	505447	佐藤幸夫・高野直治	福山
"	回路 シャ断器	"	505448	松尾昭二・松浦 清	"
"	電気工具用 スイッチ の操作装置	"	505449	斎藤定巨・名古谷満男	福岡
"	扇風機支持装置	"	505450	柘植 恵	中津川
"	双投型線路開閉器	"	505451	樺沢孝治・小橋利雄	伊丹
"	真空掃除器用吸塵ホース接手装置	"	505452	武井久夫・祖父江常雄	菱機
"	電気車電気制動装置	35-1-30	505556	北岡 隆	伊丹
"	ラジオ、テレビ 等の リマミ 軸	"	505557	牟田克己	無線機
"	気中 シャ断器	"	505558	宮内圭次・北岡 隆	伊丹
"	可搬式水銀整流器の温度調整装置	"	505596	加藤又彦	"
"	回転電機 ブラシ 揭装置	"	505597	藤山辰之	崎嶋
"	扇風機 スタンド 支柱	"	505598	柘植 恵・田口幹雄	中津川
"	発電機励磁装置	"	505599	三木隆雄	路
"	電動機制御装置	"	505600	菅田恵之助・北岡 隆	伊丹
"	定電圧整流装置	"	505655	樺本俊弥・北垣成一	無線機
"	照光形開閉器	"	505656	立石俊夫	戸神
"	シャ断器の アークシャペイ 用絶縁わく	"	505657	服部卓也	名古屋
"	扇風機支持装置	"	505658	柘植 恵	中津川
"	回路切換装置	"	505659	樺沢孝治・小橋利雄	伊丹
"	蓄電器形トウ管	"	505660	岩崎晴光	"
"	電気洗たく機用 メッシュ 袋	35-2-17	506408	鈴木英雄・武井久夫	日建
"	電気車用速度計	"	506409	内海権三・河村寿三	伊丹・神戸
"	発電機の電圧調整装置	"	506410	片井正男	路
"	ベルトコンベヤ 用制御装置	"	506411	平野琢磨	福岡
"	深度拡大指示装置	"	506412	熊本 永・岩永 弘	崎嶋
"	扇風機保護わく取付装置	"	506413	長瀬卯三郎	中津川
"	扇風機用中空翼車	"	506414	丸本 智・柘植 恵	"
"	回転電機 ブラシ 引揚装置	"	506415	藤山辰之	崎嶋
"	塑成扇風機 スタンド	"	506416	柘植 恵	中津川
"	ケイ光灯 スタンド の反射笠支持装置	35-2-19	506640	船田淳三・鈴木 実	大船
"	電気ストーブ 用直立形発熱体	"	506641	小原英一・加藤輝彦	菱機
"	円板形電磁 ブレーキ	"	506642	三浦鎌市	名古屋
"	冷蔵庫箱	"	506643	木下忠男	静岡
"	密閉形ケイ光灯器具	35-2-22	506820	橋本亀吉・小笠原善丸	船岡
"	回路 シャ断器の消弧装置	"	506821	武藤 正・松尾昭二	福山
"	翼力浮揚器	"	506822	高島秀二・柳下儀兵衛	大船
"	冷蔵庫扉の錠止装置	"	506823	木下忠男	岡
"	扉の錠止装置	"	506824	"	"
"	密閉電機器の トウ管 装置	"	506825	南角英男	伊丹
"	噴流形洗たく機	"	506826	奥田文一・武井久夫	日建

本社 営業所 研究所 製作所 工場 所在地

本社	東京都千代田区丸の内2丁目3番地(東京ビル内) (電)和田倉(201) 大代表 1611
本社商品事業部	東京都千代田区丸の内2丁目20番地(三菱商事ビル内) (電)東京(211) 代表 2511・2531
本社施設部	東京都千代田区丸の内1丁目8番地(仲27号館) (電)東京(211) 代表 1261・1271・1281
東京営業所	東京都千代田区丸の内2丁目20番地 (三菱商事ビル3階) (電)東京(211) 代表 2511
大阪営業所	大阪市北区堂島北町8番地1(電)大阪(34)代表5251
名古屋営業所	名古屋市中区広小路通り(電)本局(23)代表 6231
福岡営業所	福岡市天神町58番地(天神ビル内) (電)福岡(5) 代表 6231
札幌営業所	札幌市大通西1丁目13番地 (電)札幌(3) 代表 9151
仙台営業所	仙台市太町4丁目175番地(新仙台ビル内) (電)仙台(2) 代表 6101
富山営業所	富山市安住町23番地2(電)富山(2)0151
広島営業所	広島市八丁堀63番地(昭和ビル内) (電)中(2)2211
高松営業所	高松市寿町1丁目4番地(第一生命ビル) (電)高松(2) 代表 4416 ビル直通 5021
小倉出張所	小倉市京町10丁目281番地(電)小倉(5)8234
静岡駐在員	静岡市吳服町2丁目1番地(電)静岡(2)2595(3)2962
金沢駐在員	金沢市田丸町55番地1(電)金沢(3)6213
岡山駐在員	岡山市内山下30番地(佐々木ビル) (電)岡山(3)2948
研究所	兵庫県尼崎市南清水字中野80番地(電)大阪(48)8021
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町3丁目(電)兵庫(6)代表 5041
伊丹製作所	兵庫県尼崎市南清水字中野80番地(電)大阪(48)8021
長崎製作所	長崎市平戸小屋町122番地(電)長崎(3) 代表 3101
無線機製作所	兵庫県尼崎市南清水字中野80番地(電)大阪(48)8021
名古屋製作所	名古屋市東区矢田町18丁目1番地(電)名古屋(73)1531
静岡製作所	静岡市小鹿110番地(電)静岡(3)0141~0145
中津川製作所	岐阜県中津川市駒場(電)中津川 10・54・226
和歌山製作所	和歌山市岡町91番地(電)和歌山(3) 代表 1275
福岡製作所	福岡市今宿青木690番地(電)福岡(4) 代表 1568
福山製作所	福山市沖野上町6丁目709番地(電)福山 代表 2800
姫路製作所	姫路市千代田町840番地(電)姫路 代表 6900
大船製作所	神奈川県鎌倉市大船(電)大船(067) 代表 2121
世田谷製作所	東京都世田谷区池尻町(電)東京(414) 代表 8111
郡山製作所	福島県郡山市境橋町1番地(電)郡山 1220~1223
北伊丹製作所	伊丹市大鹿字主ヶ池1番地(電)伊丹 代表 4736
無線機製作所	東京都世田谷区池尻町(電)東京(414) 代表 8111
東京工場	札幌市北二条東12丁目(電)札幌(2)3976
札幌修理工場	

次号予定

三菱電機 Vol. 34 No. 7

- 82V 120kA 風冷式 シリコン 整流器
- 小田急電鉄“HE車”用電機品および空制装置
- 電車用自動列車 ブレーキ 装置
- 24kV 単相 ± 電線用屋外空気 シャーナー 断路器
- 連続焼鉋設備用電機品
- 磁気增幅器形電気式水位調整器
- 改良形遠隔測定装置
- カットアウトリレー AN 3025-300
- 巻鉄心形柱上変圧器
- 絶縁材料の耐 ポロ 性試験法
- ジェット機 機首ラドーム
- 高速航空機用埋込み形 アンテナ とその諸問題
- HU-50 形ヒートポンプ式ユニテ
- フレンモータの印加電圧と起動特性
- 電子計算機による短絡試験用発電機短絡時における諸特性の解析
- 技術解説: 火力発電 シリーズ
建家(1) 消火装置

雑誌「三菱電機」編集委員会

委員長	吉村誠一郎	常任委員	浅井徳次郎	常任委員	吉村誠一郎														
常任委員	浅井徳次郎	常任委員	荒井安二郎																
常任委員	荒井安二郎	常任委員	藤井宗明																
常任委員	藤井宗明	常任委員	小堀富次郎																
常任委員	小堀富次郎	常任委員	高井得一郎																
常任委員	高井得一郎	常任委員	中野光雄																
常任委員	中野光雄	常任委員	馬場橋正夫																
常任委員	馬場橋正夫	常任委員	松田新市																

昭和35年6月16日印刷 昭和35年6月18日発行
「禁無断転載」 定価1部 金100円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内2丁目3番地 吉村誠一郎

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町1丁目 大日本印刷株式会社

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町1丁目 高橋武夫

発行所

三菱電機株式会社内「三菱電機」編集部

電話 和田倉(201) 1611

日本出版協会会員番号 213013

発売元

東京都千代田区神田錦町3の1 株式会社オーム社書店

電話 (291) 0915・0916 振替東京 20018

● 北伊丹製作所完成！



昨年8月、兵庫県伊丹市大鹿字主ヶ池1番地に建設を開始した、当社北伊丹製作所が、今年4月16日完成した。同製作所は、半導体の専門工場として、資金約8億6千万円を投じて新設建設中であったもので

工場敷地面積 約 98,000 平方メートル

建物延面積 約 15,000 平方メートル

主工場 鉄筋コンクリート 3階建（一部5階）

無窓工場で、空気調整装置設備済

延約 6,600 平方メートル



付属機械室 鉄筋コンクリート 平屋建
延約 840 平方メートル

厚生施設 鉄筋コンクリート 4階建（宿舎）
延約 5,650 平方メートル
鉄筋コンクリート 2階建（食堂など）
延約 2,320 平方メートル

その他 変電所、ボイラ室など
参考 トランジスタ月産 100万個

北伊丹工場全景