

高速度掃引式シングルチャネル波高分析器

森 脇 義 雄 ・ 河 村 達 雄

§ 1 緒 言

パルス波高分析器は入力として振幅の不揃いなパルスが与えられた場合に、回路中にある二つの波高選別レベルを設けて入来パルスがこの二つのレベルの間に入る場合のみ出力を得る回路である。この中で掃引式のシングルチャネル波高分析器が最も広く利用されているが、これは測定する波高値を走査し、各波高値に対応するパルスの平均頻度を計数、記録する装置である。シンチレーションカウンタを用いれば放射線のエネルギーを電気的パルスの波高値に変換することができ、したがってシンチレーションカウンタと掃引式シングルチャネル波高分析器とを組み合わせればガンマ線のエネルギーを自動的に記録することができる。このような装置はガンマ線スペクトロメータと呼ばれ、放射線計測上有力な武器として広く利用されている。

しかしこの際に加わる入力パルスはおのおのが全く独立に発生するものと考えられ、したがって単位時間内に発生するパルスは統計的にポアソン分布にしたがう。このような純偶然パルスを測定する際に注意しなければならないことは測定値の統計的変動による誤差である。すなわち単位時間内に加わるパルス数は各瞬間に変動し、これにしたがってその指示値も変動をうける。このような場合の統計的誤差および従来の方式を改善し、十分短い時間で精度よく測定する新しい方法については、すでに本誌において述べたが⁹⁾、今回はこの結果を利用した高速度掃引式シングルチャネル波高分析器を試作し、成果を得ることができたのでその結果について述べることにする。

§ 2 装置の構成

ここで述べる波高分析器は、次に示す各部分回路から成っている。

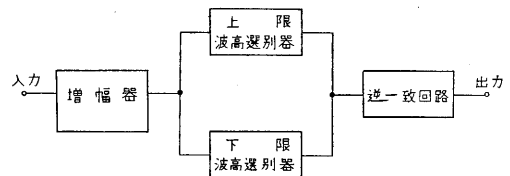
- (1) 比例増幅器
- (2) シングルチャネル波高選別器
- (3) 記録装置
- (4) チャネル指示装置および波高レベル切換装置
- (5) 付属装置

以下これらの各部分について簡単な機能の説明を行なってみよう。

パルス波高値の分析を行なう波高選別器に加わるパルスは 80~100V 程度であり、ガンマ線のエネルギーを分析記録させるためにはシンチレーションカウンタから得ら

れる微少のパルス波形を上記の値まで増幅する必要がある。この目的のために使用するものが比例増幅器であるが、入力に加わるパルスの振幅はかなり大幅に変化し、このために増幅度が変化しないようなものが要求される外に放射線パルス増幅に特有な多くの要求事項があり、これらを満足する回路を構成することが必要である。

波高分析器は放射線計測器などから得られる振幅の不揃いで、かつおのおのが全く偶然的に発生するパルスの中から、ある二つの選別レベルの間に入るもののみを取り出して計数記録する回路であることは前に述べた。シングルチャネル波高選別器に要求される機能としては第 1 図に示すように二つのレベルを持つ波高選別器を設けて入力パルスがこれらのいずれの選別器を動作させるかをまず判定する。さらに下限の選別器を動作させ、上限



第 1 図 シングルチャネル波高分析器の構成

のそれを動作させないパルス信号のみを取り出す回路が必要である。2 種類のパルス信号が同時に加わる場合のみ出力を得る回路を普通同時回路と呼んでいるが、ここで対象としているのは、2 個の入力のうち一方のみにパルス信号が加わる場合のみ出力を得る回路であって、通常これを逆一致回路と呼んでいる。波高選別器に加えられるパルスの波高値は分析するチャンネル数などから考えて 80~100V 程度が適当と考えられる。しかしパルスの波高値を多くのチャンネルに分割し、そのスペクトルを細かく求めたい場合に波高選別器のレベルの安定度等を考えれば、増幅器の出力を直接選別器に加えず、パルス波高の一部分のみを取り出して増幅し、その後選別器に加える方が有利であると考えられる。このような機能を果たす回路が伸長増幅器と呼ばれる回路であって、これは真空管を差動型に接続したもので、約 4V の入力電圧を 20 db 程度増幅することができる。

計数装置は各チャンネルの出力として得られるパルスの平均頻度を計数し、これを記録するための装置である。放射線検出器より得られるパルスは、おのおのが全く独

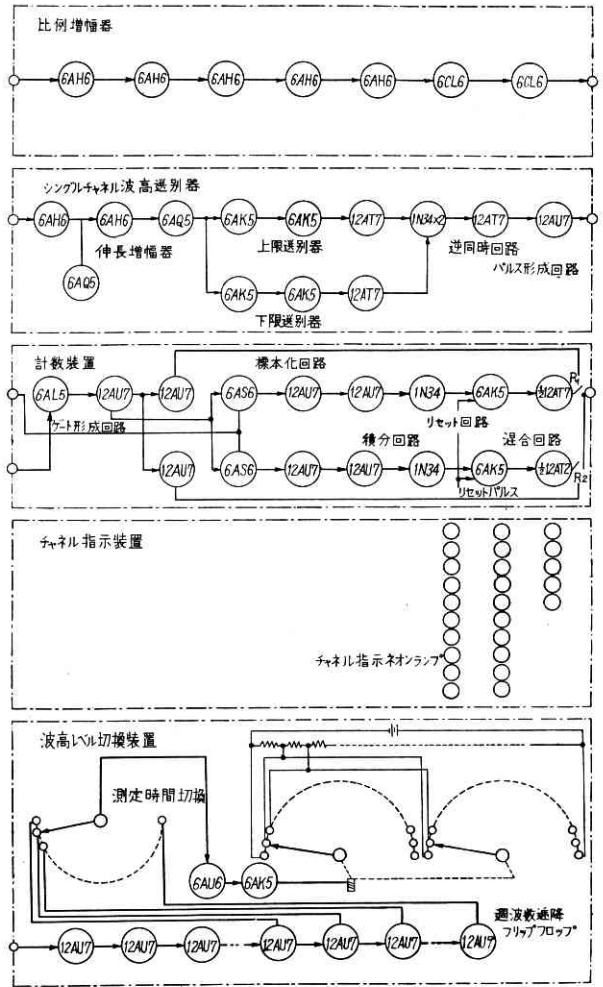
立に発するものと考えられ、統計的にこれらはポアソン分布にしたがう。従来の波高分析器ではこの場合に計数率計と呼ばれる回路がもっぱら用いられている。これはコンデンサと抵抗とを並列に接続し、二極管の電気弁回路を経てパルスを加えるもので、パルスが加えられるとコンデンサが充電されるが、一方この電荷は抵抗を通して放電する。これらの充放電が平衡した状態におけるコンデンサの端子電圧は、パルスの平均頻度に比例するため、この電圧を記録計に加えるものである。ポアソン分布にしたがう偶然パルスでは平均頻度が変化しなくても、単位時間に入るパルス数は時々刻々変化し、したがってこの電圧値もこれにしたがって変動をうける。測定量として利用するためにはこの変動をできるだけ少なくすることが望まれるわけである。筆者らはこのように統計的変動を受ける量を測定する際の誤差について考察を行ない、短時間の測定で統計的変動による誤差を少なくして測定する方法を工夫した。ここで述べる波高分析器はこの考察にもとづく新しい記録装置を用いてあり、したがって測定に要する時間は従来のこの種の測定器に対して著しく短縮されている。

シングルチャネル波高分析器でガンマ線のエネルギーを測定する場合には、測定するエネルギーの範囲を自動的に走査し、各エネルギーに対応する計数値を読み取り、エネルギーのスペクトルを自動的に記録させる方式を採用している。このような要求を満足させるためには波高選別器のレベルを自動的に走査させればよいが、このためにたとえば精密型可変抵抗器を電動機で駆動させ、このようにして得られた直流電圧の変化を波高選別器に加えてもよく、多くのガンマ線スペクトロメータではこの方式が利用されている。ここでは電話交換機用のロータリスイッチを用いてこの要求を満足させている。ロータリスイッチは通常 25 段階の切換ができるが、本装置ではこれに別のスイッチを組み合わせて 75 段階まで分割計測できるようになっている。測定中は各測定チャネルをネオンランプで直視できるようにになっている。

以上本分析器の概略を述べたが、次にその各部分回路について具体的な回路例をあげ、さらにくわしく述べてみることにしよう。試作した装置の概略を第 2 図に示してある。

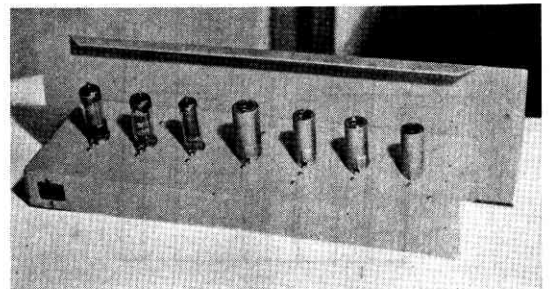
§ 3 比例増幅器

比例増幅器の構成は第 2 図に示すように、6AH6, 6CL6 より成るもので、入力側には抵抗減衰器を用いて入力パルスのレベルを切り換えることができるようになっている。放射線計測に用いられる増幅器が普通の増幅器と異なっている点は回路中に微分回路を設けてあるこ



第 2 図 波高分析器の概略図

とである。ここで微分回路の CR の時定数を普通 **clipping time** と呼んでいるが、このようにすることにより増幅器の信号対雑音比を向上できるばかりでなく、入力パルスが加わった後の増幅器の回復が早く、単位時間に多くのパルスが加わる場合の分析、記録が可能となる。これとともにゲルマニウムダイオードを用いてパルスが加わった直後に起こる負の電圧部分を取り除いている。主増幅器は直線性および利得の安定化をはかるため負帰還

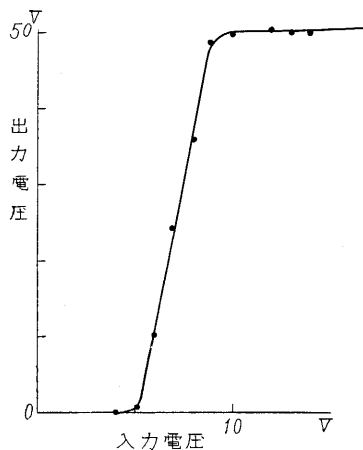


第 3 図 比例増幅器

を施してあり、全体の利得は約 60 db である。放射線検出器から得られるパルスは立ち上がりがきわめて早いものが多く、増幅器もこれに応動することが要求される。ここで構成した回路では立ち上り時間は実験の結果約 60 μsec であることが認められ、十分この要求を満足している。増幅器の概観を第 3 図に示してある。

§ 4 シングルチャネル波高選別器

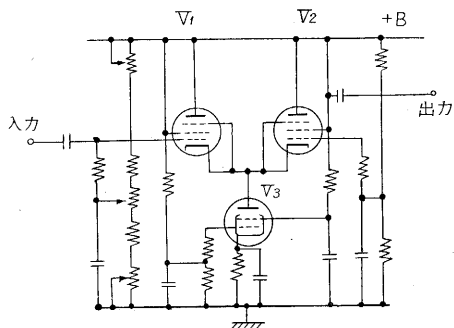
波高選別器の安定度は温度やヒータ電圧の変動などで変化するが、その値はほぼ $\pm 0.1\text{V}$ と考えることができる。波高選別器の変動が互いに反対方向となる場合を考えると、波高値のレベルを $\pm 0.2\%$ 程度で測定するためには、入力レベルとして 8~10V 程度が必要である。いま波高レベルをきわめて多くのチャンネルに分析することが



第 4 (a) 図 伸長増幅器の特性

要求される場合には、伸長増幅器を利用するのが有利である。これは第 4 (a) 図に示すような特性を持つもので 4V 程度のパルス波高分布を約 50V まで引き伸ばすことができる。伸長増幅器に加えられる要求としては安

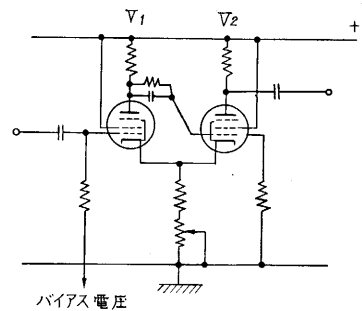
定度が大で、増幅すべき幅では厳密な直線性が保たれ、かつ後段の波高分析の容易さを考えて数 10V の出力パルスが得られること等である。回路構成は 2 個の真空管をカソード結合したもので、真空管としてはカットオフが鋭く、かつ g_m が大きいものが要求され、本装置では 6AH6 を用いている。6AH6 のカソードに結合された 6AQ5 は定電流源として利用しているもので、その回路を第 4 (b) 図に示してある。増幅すべきパルスの波高レベルは V_1 のグリッドに加えられるポテンシオメータで任意の値に設定することができる。このようにして得ら



第 4 (b) 図 伸長増幅器の構成

れたパルスは、6AQ5 から成るカソードフォロワーを経て二組の波高選別器に加えられている。放射線検出器から得られるパルスの立ち上り時間はかなり早いいため、この回路でも出力の立ち上り時間が十分早いものが要求される。この回路で実験を行なった結果出力パルスの立ち上り時間は約 50 μsec であり、十分この目的に利用することができる。

波高選別器は第 1 図のような構成である。この回路中で二つのレベルが設定され、上限および下限のレベル以上の波高値を持つパルスで動作する選別器が必要となる。上限、下限レベルの電圧差を普通チャネル幅と呼んでいるが、ここで考えている波高分析器は掃引式のものであるため、このチャネル幅は常に一定に保たれ、かつ各上限、下限レベルは外部の切換スイッチで切り換えられなければならない。このような要求を満足する回路に Schmitt 回路がある。これは入力パルスがあるバイアス

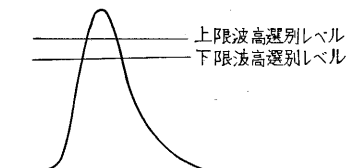


第 5 図 Schmitt 回路

値をこえる時のみ出力を得る回路であって、第 5 図に示すように 2 個の真空管を直接結合させ共通のカソードに抵抗を接続したものである。この回路は比較的簡単であ

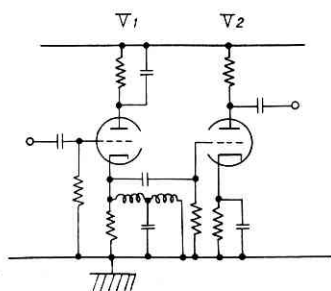
るにもかかわらず、注意して設計すれば、出力パルスの分解能もよく、かつ安定に動作するためパルスの波高選別器に広く利用されており、本装置でもこの回路を採用することとした。 V_1 のグリッドは直流バイアスによりカットオフにされており、 V_2 は導通の状態にある。入力パルスが加わって V_1 が導通の状態に変化するとスイッチ作用が起こり、 V_1 、 V_2 の導通、非導通が反転する。この状態は入力パルスが選別レベル以下になるまで続き、このレベルをこえる瞬間にもとの状態に復帰する。したがって V_2 のプレート側には、入力パルスが選別値をこえている時間だけ正の出力が得られるわけである。 V_1 のグリッドの直流バイアス値を可変にすれば、この波高選別値を自由に変えることができるため、この回路はここで考えている機能を十分果たすことができる。

このようにして得られた 2 組のパルスを逆一致回路に

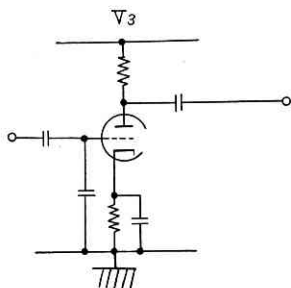


第 6 図

加えればよいが、ここで注意しなければならないことは入力パルスは第 6 図に示すように有限の立ち上り時



第 7 図



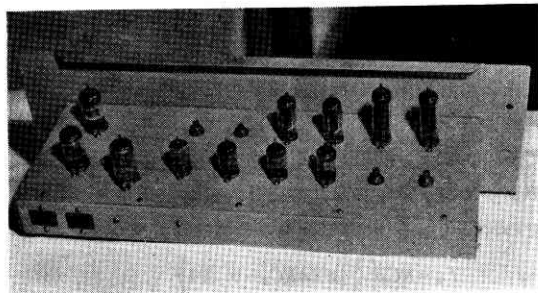
第 8 図

る矩形波を入力に加え、遅延線路を用いて微分し、さらに V_2 を用いて 1 段増幅を行なう。したがって V_2 の出力波形は入力の立ち上り、立ち下りの時刻に対応して負および正のパルスが得られるが、この正パルスをもって下限の波高選別レベルをこえることを代表させる。一方上限の波高選別器の出力パルスは第 8 図の真空管 V_3 を用いて 1 段増幅を行なっている。これら 2 種類の信号の占める時間領域を合わせるために V_3 の入力側にコンデンサを挿入し、これでパルスの波形を伸長させて二つのパルスの占める時間を合わせている。放射線検出器より得られるパルスの幅は約 $2 \sim 10 \mu\text{sec}$ であるためグリッド側に約 50 pF のコンデンサを挿入することにより十分この目的を果たすことができる。

このようにして得られた 2 組のパルスのうち下限の出力のみが得られる場合だけ信号を得る逆一致回路が必要であるが、この機能を果たす回路としてこの装置では第

間を持っているため、上限および下限の選別レベルをこえている時間には多少のずれがあり、これを直接逆一致回路に加えると立ち上り時間に相当する時域で誤動作を起こす恐れがあることである。このため第 7、8 図に示すような回路を工夫し、これで誤動作を補正し、良好な結果を得ることができた。まず第 7 図において下限の波高選別器から得られ

9 図に示すような回路構成のものを用いた。すなわち上限の波高選別器の出力がない場合には、下限から得られる正のパルスは V_1 のグリッドに十分大きいパルスとして加わるが、上限の波高選別器からパルスが加わるとグリッド側の電位が下がって十分大きいパルスが加わることができない。グリッドバイアスを適当に選んでこの差を検出し、パルスを形成すればこの目的を達成する回路を得ることができる。シングルチャネル波高選別器の概

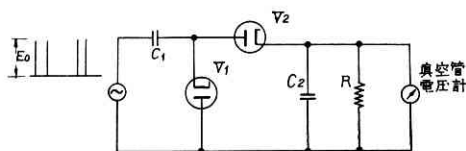


第 10 図 シングルチャネル波高選別器

観を第 10 図に示してある。

§ 5 計数装置

計数装置は上述のようにして得られた各チャネルの出力パルスを計数し、さらにこれを記録計に加えるための回路である。本波高分析器では記録装置に特長を持っているため、この点を多少くわしく述べることにしよう。このような場合に考慮しなければならない点は加わるパルスが純偶然量であるため、測定値が時々刻々変化を受けるという点である。筆者らはこのような場合の測定値変動についての統計的な考察を行ない、従来もっぱら用いられている計数率計を改良する新しい回路の考案を行なった。以下簡単にこの点について述べてみよう。



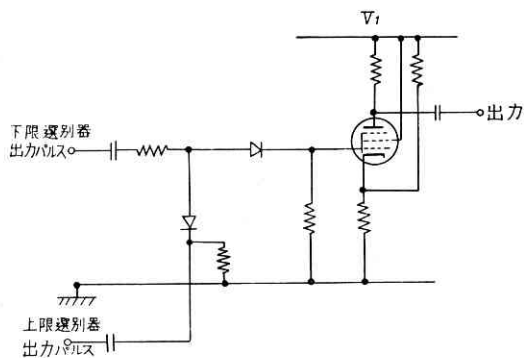
第 11 図 計数率計の構成

第 11 図に示す計数率計においていま振幅 E_0 、平均頻度 n のパルスが加わる場合の出力電圧の平均値は次のように表わすことができる。

$$V = E_0 C_1 n R \quad (1)$$

上式において R の端子電圧 V は単位時間に加わるパルス数に比例することは明らかである。したがってこれを例えば真空管電圧計に加えれば、この時の読みがその瞬間における平均頻度に比例する。実際にはこの端子電圧をペン書き記録計やブラウン管上にえがかせ、波高値のスペクトルを直視することができるようにさせてある。

計数率計の特性を考える場合にまず考慮しなければな



第 9 図 逆一致回路

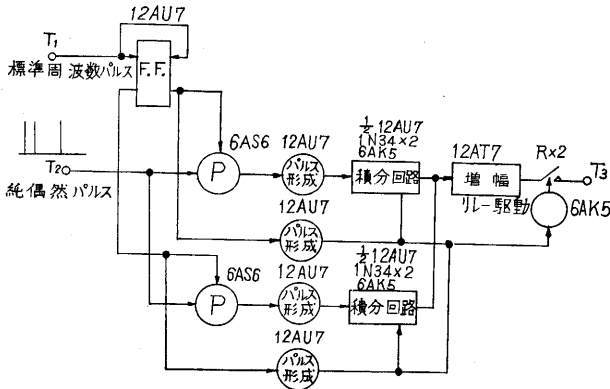
らない点は上記平均値に対する変動である。入力パルスは統計的の量であるため V の値は時々刻々変動を受けるが、これらの変動をできるだけ少なくしてその平均値を読み取ることが望ましい。このためには上記 V の値の標準偏差をもとめればよいが、通常このような変動値の大小を比較する目安として標準偏差と平均値との比、すなわち相対標準偏差を利用しているので、ここでもこの値をとり上げてみよう。計算の結果この値は次のように表現される。

$$\sigma_1 = 1/\sqrt{2n C_2 R} \quad (2)$$

さらに計数率計の特性上重要な量と考えられる平衡時間につき考えてみよう。これは入力パルスが加わり始めてからコンデンサの充放電の結果平衡値に落ち着きコンデンサの端子電圧が前述の統計的変動の範囲内に入るまでの時間である。計算の結果この値は次式で与えられる。

$$T_0 = RC_2 \left(\frac{1}{2} \ln 2n RC_2 + 0.394 \right) \quad (3)$$

これらの値を具体的に計算した結果、筆者らは第 12 図に示す計数装置を考案した。同図において T_1 にはチャンネル切換用の標準周波数パルスを加え、これでフリップフロップを開閉し標準化時間をつくっている。これと五極管のゲート P とを組み合わせる入力パルスを T 時間



第 12 図 計数装置の概略図

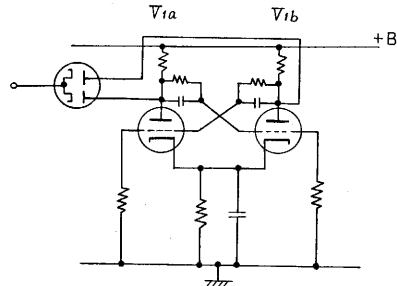
置きに交互に標準化している。このおのおののパルス列を蓄積型の計数回路に加えて T 時間内のパルス数を計数し、各標準化時間の終端でこの値を指示させるとともにリセットパルスにより計数回路のリセットを行なわせるものである。この方法による相対標準偏差は次のように計算される。

$$\sigma_2 = 1/\sqrt{nT} \quad (4)$$

ここで標準化時間を RC_2 の 2 倍程度にとれば従来の計数率計に比べて相対標準偏差を少なくさせることができ、したがって測定値の変動を少なくして測定することができる。またこの状態を実現するための平衡時間は従来の計数率計に比べて短縮化されている。すなわち従来の計数率計では測定時間を短縮するためには RC_2 の時定数を

小さくせねばならず、この結果 (2) 式より測定値に対する相対標準偏差が大きくなり、十分精密に記録することが困難となる。本方式によれば測定時間を短縮しても統計的変動を十分少なくすることができ、したがって平均頻度が急激に変化するような純偶然パルスに対しても十分よく計数、記録させることができる。

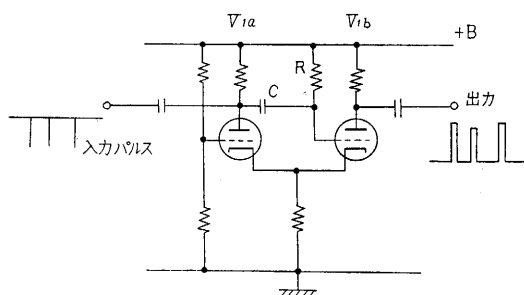
具体的回路構成について二、三の点を取り上げさらにくわしく述べてみよう。まず波高選別器から得られたパルス列を各チャンネルの測定時間だけ交互に標準化する必要が起こる。このためには標準化時間を与える信号を設け、これで開閉するゲートを付加して入力パルスをこの時間だけ取り出さなければならない。これを実現する回路として第 13 図に示すようなフリップフロップを用い、これで制御される 2 組のゲートを利用している。フリップフロップは入力パルスが加えられるたびごとに V_{1a} , V_{1b} の導通、非導通が反転し、これにしたがって



第 13 図

おのおののプレート電圧が変化するもので、これを制御電圧として利用しゲート用の五極管に加えている。五極管としてはグリッドの制御特性が良好な 6AS6 を用いており、フリップフロップのプレート電圧を 6AS6 の第 3 グリッドに加えている。したがってフリップフロップの 2 本の真空管のうちカットオフになっている側のプレート電圧で制御される 6AS6 は導通し、五極管のグリッド側に加えられた偶然パルスをプレート側に取り出すことができる。このようにして入力パルスを 2 組の出力に交互に取り出すことができる。

このようにして得られた 2 組のパルス列を計数回路に加えればよいが本装置では前述のように蓄積型の計数回路を用い、パルス数をコンデンサの端子電圧として取り出すことができる構成とした。これとともに測定時間の終端に対応する時刻にパルスを発生させ、上記の回路で計数されたパルス数を指示させ、かつその直後に別のパルスを発生させてコンデンサの電荷をリセットする必要がある。このために標準化ゲートの終端の制御波形の立ち上りを利用してパルスを発生させ、これで単安定マルチバイブレータを動作させている。さらにその単安定マ



第 14 図

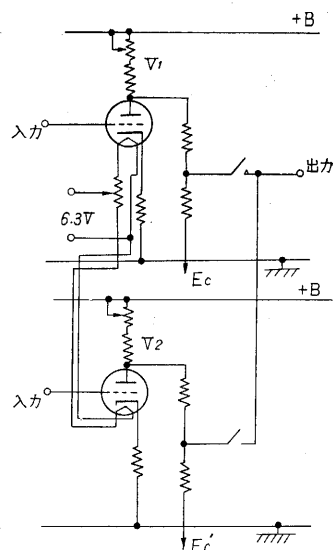
ルチバイブレータの終端の立ち上りを利用して別の単安定マルチバイブレータを動作させ、これら 2 組の矩形波をそれぞれ指示パルスおよびリセットパルスとして利用している。単安定マルチバイブレータは第 14 図に示すような回路で V_{1a} は通常カットオフになっているが、入力に負のパルスが加わると自己の持つ自定数の時間だけ導通し、その後にもとの状態に復旧する。したがって V_{1b} のプレートから入力パルスが加わった後、一定時間継続する正の矩形波が得られるわけで、この矩形波の継続時間は RC の時定数の値により決定される。この矩形波を出力指示用パルスとして利用している。次に指示用パルスの終端からさらに一定時間継続するリセットパルスを得るためにこの波形の立ち上りを利用して別の単安定マルチバイブレータを動作させる。この回路の構成はさきものと全く同一であり、これをリセットパルスとして利用している。

出力の指示を行なわせるために 2 組の計数回路の電圧を第 15 図に示すような直流増幅器 V_1 , V_2 に加えている。この増幅器の入力インピーダンスは十分大きいものでなければならず、たとえば電位差計用真空管 5886 のようにグリッド電流のきわめて少ないものを使うのが最もよいが、ここでは 12AT7 のヒータ電圧を下げしかも

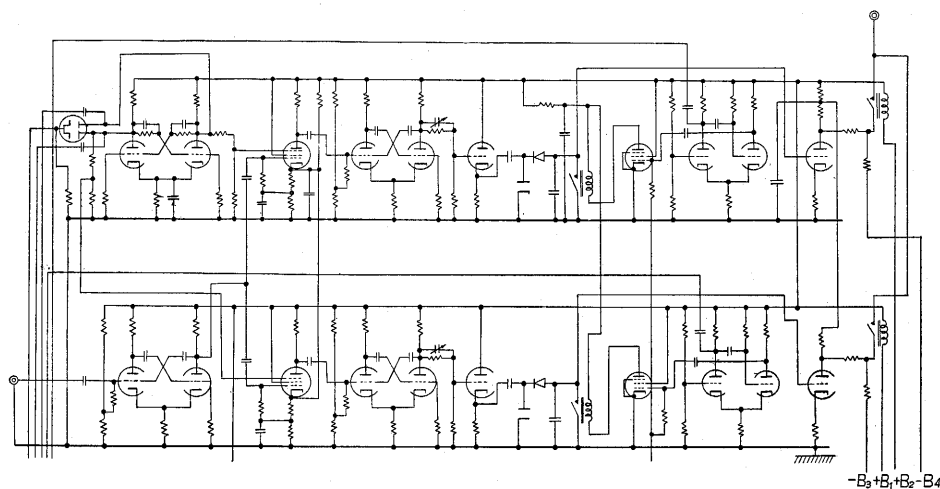
2 組のヒータ電圧を差動的に供給し、 10^{-10} A 程度のグリッド電流に抑えた回路で十分安定に動作させることができたので、これを採用することとした。出力の指示を行なうために前述の指示パルスで小型の継電器を制御し、これで指示を行なわせている。したがって出力の指示は各標準化時間の終端にこの時間内に加えられたパルス数に比例する振れを生ずるものである。リセットの動作はリセットパルスで小型の継電器を制御し、その接点を計数回路のコンデンサと並列に接続することにより行なわせている。以上の各部分回路を組み合わせれば必要な回路の機能を果たすことができるわけであるが、計数装置全体の回路は第 16 図のようになり、その概観は第 17 図に示してある。

§ 6 チャンネル指示装置および波高レベル切換装置

この装置に要求される機能としてはまず 1 チャンネルの測定時間を与えるパルスが発生させること、およびこれに必要な波高選別の切換を行なうことである。1 チャンネル当りの測定時間はかなり広い範囲で任意に切り換えることが必要であるため、切換パルスの繰返し周波数は可変にできるものでなければならない。このために 50% の正弦波をパルス波形に変形し、これを 16 段のフリップ



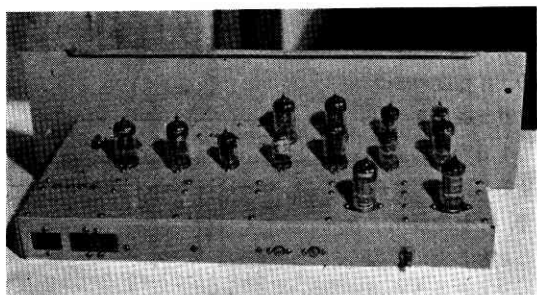
第 15 図



第 16 図 計数装置結線図

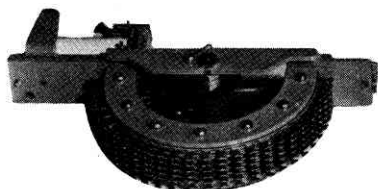
フロップに加えて繰返し周波数の通降を行ない、任意の測定時間が得られるようになっている。

波高レベル切換のために第 18 図に示すような電話交換機用ロータリスイッチを用いている。スイッチ駆動回路を経て上記切換パルスを巻線に加えてこれを動作させ、その接点を利用して波高レベ



第17図 計数装置

ルを 25 段階に切り換えている。ロータリスイッチの接点を利用して 25 段階の階段状の直流電圧を得、これを前述の波高選別器のバイアス電圧として利用している。チャンネル数が 25 段階で不足の場合にはこれと補助的のスイッチとにより 75 段階まで分析ができるようになっている。

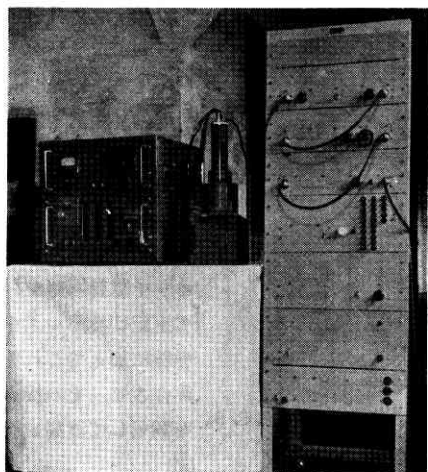


第18図 波高レベル切換スイッチ

記録装置の標本化時間、指示パルス、リセットパルス等は、すべてこのパルスと同期して発生させている。測定中はロータリスイッチに加える直流電圧を利用してネオンランプを点灯させ、測定チャンネルが直視できるようになっている。

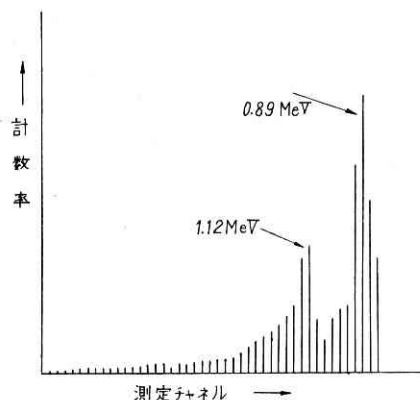
§ 7 動作特性

以上高速度掃引式シングルチャンネル波高分析器の各部分回路について具体的な回路構成を述べてきたが、試作した全体の装置の概観を第 19 図に示してある。同図で上から比例増幅器、シングルチャンネル波高選別器、計数装置、チャンネル指示装置、波高レベル切換装置および付

第19図
全体の概観

属装置である。同図の左側はシンチレーションカウンタでこれらを用いてガンマ線のエネルギースペクトルを自動的にえがけることができる。実際に放射性同位元素から得られる電気的パルスについて、波高分布曲線をえがかせた結果、既知のエネルギー曲線ときわめてよく一致する結果を得ることができた。測定時間を短縮しても、分布曲線の統計的変動はきわめて少なく、以上行なった考察が妥当であることを示している。

測定結果の 1 例を第 20 図に示してある。これは Sc^{46} のガンマ線のエネルギースペクトルをえがかせた結果で、シンチレータとして NaI を用い、波高選別器に入るパルスの振幅は最大 70V、全体を 75 チャンネルに分割して記録させたものである。多くの資料についてこのような実験を行なえばガンマ線のエネルギーの尖頭値と波高値との関係をもとめることができるが、この結果を第 21 図に示してあり、きわめて妥当な結果を得ている。さらに筆者らは加藤研究室と協力して Tm^{170} のエネルギー分布測定な

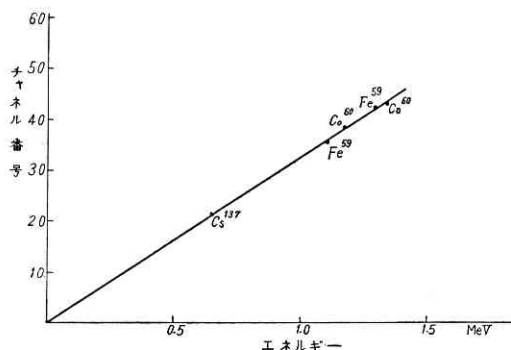


第20図 測定結果

どを行ない、多くの有用な資料を得ることができた。

§ 8 結 言

以上パルス回路の応用としてシングルチャンネル波高分析器をとり上げ、その高速度化についての考察を行なった結果、従来のこの種の測定器に比べて測定時間が短く、かつ統計的変動に伴う誤差をきわめて少なくして測



第21図 直線性試験結果

(23 ページへつづく)

7. 貯炭量の算定

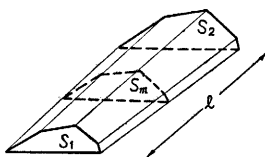
体積の計算はオートグラフ A-7 で測定した 20m 間隔の間では、表面が一樣に変化していると仮定できる部分では、平均断面法によった。すなわち (第 7 図参照)

$$V = S_m \times l = \frac{S_1 + S_2}{2} \times l$$

平均断面法が適用できないと思われる部分は三角錐に細分して、次の式で計算した。

$$V = \frac{S \times h}{3}$$

ただし、 S = 底面積、 h = 角錐の高さ



第 7 図

第 1 表

航空写真による容積計算

地上写真による容積計算

V No.	V m³
1—1	389.1605
1—2	2,151.6869
2	18,876.7440
3	34,900.6580
4	38,670.7980
5	37,889.0480
6	38,037.6340
7	36,825.9140
8	39,236.4100
9	41,380.0400
10—1	27,560.0580
11—1	29,861.7900
12	30,546.8430
10—2	13,862.6179
11—2	3,240.0761
13	15,289.1363
$\Sigma_{13} V$	237,802.8853
Σ_6^1	170,915.7294
計	408,718.6147

V No.	V m³
1—1	468.5
1—2	175.5
1—3	1,396.9
1—4	57.25
2—1	8,202.5
2—2	2,314.4
2—3	9,020.7
3—1	16,385.5
3—2	13,600.1
4—1	20,213.2
4—2	13,490.7
5—1	23,166.2
5—2	12,886.3
6—1	25,712.8
6—2	10,584.8
7—1	30,778.5
7—2	6,889.3
8—1	36,459.5
8—2	3,864.6
9—1	40,079.5
9—2	2,473.8
10—1	38,290.8
10—2	1,103.8
10—3	236.2
11—1	33,166.9
12—1	31,797.8
13—1	2,408.0
13—2	15,767.3
13—3	2,413.0
計	403,404.4

(18 ページよりつづく)

定できる方式を考察し、装置を実際に構成して実験を行なった結果きわめて良好な結果を得ることができた。ここで述べた方式は平均頻度が比較的速に変化する場合の測定に有力な武器として利用できるものと思われ、波高分析器のみならず多くの他の分野の利用が考えられる。また波高分析器は放射線計測のみならず、他の分野たとえば送電線を伝はんする雷波形の分析などにも利用できるものと思われる。これらについては機会を改めて述べることにしよう。

本研究に当たって当研究所加藤助教授からは、種々ご援助を賜わり、また久保卓蔵、寺川俊昭、三原真吾の諸

8. 計算結果

航空写真および地上写真による計算結果は第 1 表のようである。

9. 結 び

航空写真、地上写真による測量結果と、これに併行して行なわれた地上測量による測定結果を比較すると、次のようである。

作業方法	体 積	撮影または測量期間	摘要
航空写真測量	408718 m³	7 月 6 日 14 時 20 分	
地上写真測量	403404	7 月 7 日～7 月 11 日	
地上実測	397900	7 月 6 日～7 月 11 日	概算

測量および撮影日時が異なるため、その間に消費された数量を考慮すると、実測と航空写真による測定差は 1～2% 以内にあると考えてよい。したがって測量結果の精度という点では従来行なってきた実測に十分匹敵できることがわかった。なお、航空写真測量による方法は次のような利点があることを考え合わせると、今後の貯炭量の測定には、航空写真測量による方法が一番確実で、迅速、経済的な方法であることが結論できると思う。特に撮影が各所にある発電所が同じ日に撮影することにすれば、撮影に要する費用も非常に割安にすむことになる。

最後に航空写真測量による方法の利点をあげておこ

1. 測定時に、特に膨大な地均し作業が必要でない。
2. 瞬間的に撮影した写真から測定を行なうため、測量期間中の石炭の消費や搬入などにわずらわされることなく、その時刻の数量がわかる。
3. 外業が短期間ででき、対空標識を一度設置すれば、それをいつでも使うことができ、次回以後の作業量が少なくてすみ、経費も減少できる。
4. 実測にくらべて測定精度が均一である。

(1959. 11. 17)

氏は熱心に実験に協力された。厚く感謝の意を表する次第である。

(1959. 11. 4)

文 献

- (1) A. V. Van Rennes: "Pulse Amplitude Analysis in Nuclear Research," I. II. III. IV. Nucleonics, July, Aug., Sept., Oct. (1952)
- (2) L. I. Schiff, R. D. Evans, "Statistical Analysis for the Counting Rate Meter." Rev. of Sci. Inst. 7 (1936) p. 456
- (3) 森脇・河村「計数率計の高速化」生産研究 10 (1958) p. 105
- (4) 森脇・河村・久保「高速度パルス波高分析装置」昭和 33 年度電気通信学会全国大会論文集, 255.