

地震探査用多現象観測装置の試作

森 喜義* 古谷 重政* 井波 和夫*

On the Multi-channel Oscilloscope of Seismic Recordings

by

Kiyoshi Mori, Shigemasa Furuya & Kazuo Inami

Abstract

An instrument using a single gun cathode ray tube for viewing the multiple channeled data was constructed, in order to avoid wasteful photographic proceeding which must be required in conventional method, in playing back the magnetically recorded seismic data.

This serves as a monitor to show instantly the effect of filtering and offers rapid operation reducing the making of paper records. In chapter 3, it was described briefly on the entire construction illustrating the schematic diagram in Fig. 1, and the characteristics of each unit were reported in chapter 4, somewhat in detail.

The remarkable function of this instrument is as follows,

1) The method used in this set is a scanning method.

And "Radial Beam Switching Tube" is effectively used with H. F. oscillator and phase shifter as a pulse generator with scanning frequency of 5 K.C., instead of the ordinal electronic switch, such as ring circuit.

The R. B. S. tube could make the circuit considerably simple.

2) In order to pick up selectively each individual channel, R. B. S. tube and input gate tubes are used, so that pulses generated at the plates of the R. B. S. tube serve to gate the gate tube in the sequence of 30μ sec interval, therefore, as the input signals are also connected to the gate tubes, the level of the pulses is controlled and varied by the respective input signals with sufficient dynamic lineality.

As the plates of each input gate are paralleled and connected to the common load, across which the time separated pulses are generated and are led to the vertical deflection plate of the cathode ray tube through the d. c. amplifier.

3) As each cathode bias of the input gates is so chosen that plate voltage is gradually decrease from channel 1 to channel 6, and each channel can be vertically separated on the oscilloscope.

4) For the time sweep, it was required that any desired short portion of the record can be observed on the oscilloscope with full scale. For this purpose, pulse counter serves as delay circuit to obtain proper time delay which is adjustable by pre-setting the number of pulses to be counted.

Start mark which is previously recorded on the tape for the purpose of self-starting of the paper drive motor, and time mark whose intervals are 10 m sec are used as a synchronize pulse and count pulse, respectively.

When counting is over, counter circuit generates a pre-set pulse, which causes the phantatron circuit to start the saw-tooth wave.

* 物理探査部

要 旨

磁気記録された地震波記録を、再生、分析する際、そのつど写真記録を求めて行く方法は、再生波器等の組合せが多いために、かなり煩雑な作業となる。この点を除くために、ブラウン管を用いた多現象の同時観測装置を試作したのでその概要を述べている。第3章において、原理的に全体の構成について述べ、第4章では各部についてやゝ詳しい説明を加えた。また最後の章では、この方式における今後の問題点について附言してある。方式は単素子のブラウン管による走査方式である。

主要構成部の概要は次の通りである。

1) 各現象の切換は、回路の簡素化を計るために通常用いられる ring circuit 等によらず、radial beam 型切換管を、発振器・位相器とともに用い、切換管負荷に時分割されて発生する pulse 群の各 level を、地震波入力で変調制御した。

2) これら時分割された各 pulse を、ブラウン管上で各 channel 別に弁別(垂直分離)するために、階段状波形発生回路をとくに設けず、各入力 gate 回路の bias を階段上に変化する方式をとつた。

3) また地震探査の特殊な目的から、記録の全域および注目する任意の部分、任意の時間幅で拡大し、観測しうる性能が要求されるので、このためには磁気テープを endless にして駆動し、start mark および刻時 mark をそれぞれ同期および被計数 pulse として利用した。すなわち任意の遅延時間を得るために、前者から起算して、あらかじめ prest された数の pulse を計数し、計数完了の瞬間に時間掃引を開始するようにした。

1. 緒 言

先に報告した磁気記録式地震探査機を用いて、広帯域に記録された地震波を再生し、周波数分析、あるいは反射波を検出しようとする場合、濾波器(filter)その他の測定条件の組合せが非常に多いので、それらの全部について、そのつど電磁型 oscillograph により写真記録を求めることは、かなり煩雑で時間を要する作業である。このため、現象作業等を要せず、迅速に再生波形を直接監視できる装置が要求され、この目的からブラウン管走査方式による多現象の観測装置を試作した註1)。

ブラウン管による多現象の測定装置については、従来

註1) ブラウン管以外に、直接波形を記録する方法としては、pen-oscillograph による方法も考えられるが、測定可能な周波数範囲が狭い。また周波数特性を補償しえたととしても、監視装置として用いる限り、その操作の迅速性および振動、加速度の影響を全く受けない点でブラウン管方式の方が特長である。

いくつかの方法註2)について多くの研究者が試みているが、現象数においてその多くが2~4程度なので、いまの目的には向かない。また後記のように、地震探査用としての特種な要求からも、一般のものに較べてやゝ特色ある独自の設計を必要とした。

類似な研究に G. M. Groenendyke および G. E. Loper 等によるものがあるが、切換回路、計数回路等において、やゝ複雑なようである。

筆者らは、電子 beam 切換管および放電計数管を利用することにより、回路の簡素化を計つた。また同期および時間掃引部における特殊な回路——この回路により記録上のとくに注目する任意の時間範囲(例えば反射の到着している附近)を拡大して観測することができる——を調整することにより、地震波以外の一般低周波波形の同時測定にも利用できる。

以下装置についてその概要を述べる。なおこの試作にあつては、神戸工業 K.K. 寺畑技術部長、鈴木隆夫氏らの協力に負うところが大きい。こゝに改めて謝意を表す。

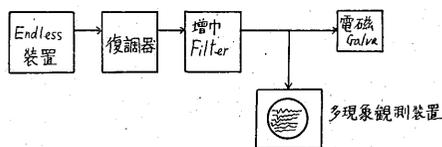
なお物探部中条純輔・南雲昭三郎両氏には有益な意見を出して戴き、また駒井二郎氏には実験に応援していただいた。

2. 設計の基本方針

1. 入力 level

記録再生の構成は、第1図に示すように記録された磁気テープを、endless にして復調、増幅後本装置の入力に加えられる。

1回転の現象継続時間は最高6秒とし、入力 level の変化範囲は 0.1~10 V とする。



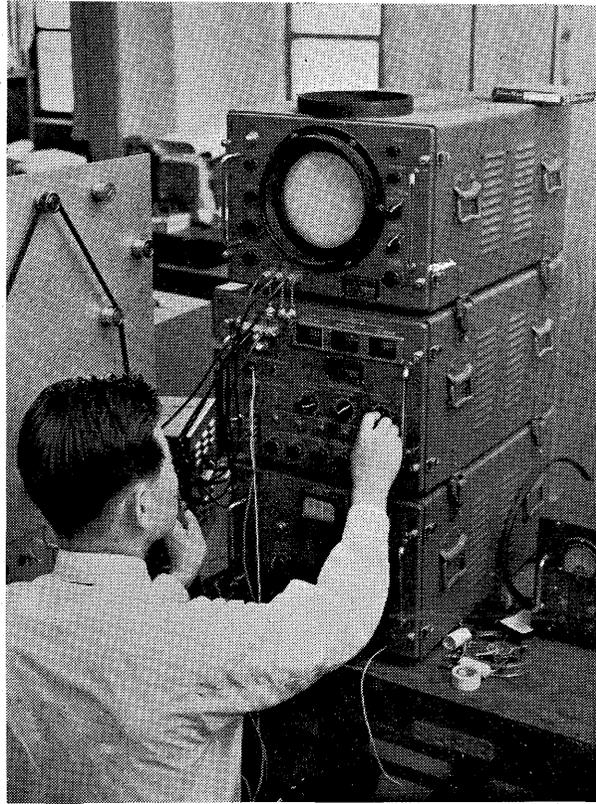
第1図 地震波の再生装置

2. 周波数範囲および分解能

地震波の周波数範囲は、0~200 cycle とし、これに対

註2) ブラウン管方式による多現象測定装置としては、大別して次のように分類できる。

- (1) 多くの電子銃 (electric gun) を同一管内に封入した型式のもの。
- (2) 電子流を分割して多現象螢光面上に得る型式のもの。
- (3) 走査回路により同一の電子銃から得られる電子流を切換える型式のもの。本装置はこのうち (3) の型式に属する。



図版 1

して歪がなく、かつ最高周波数に対しても走査により波形を充分分解しうること(走査周波数から決定される分解能および総合周波数特性に関するもの)。

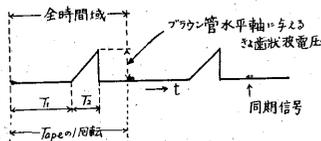
3. 現象数

現象数を一応6現象とし、使用ブラウン管は普通の単電子銃型(single electric gun type)のものを使用することを前提とする。

4. 観測時間域

記録上の観測範囲は、全時間域のほか、目的により注目する特定の波形(初動、表面波、反射波等)を任意の時間幅をもつて連続的に拡大することが可能であること。

このことは時間掃引に関係し、記録の始めから起算して掃引を開始するまでの時間を T_1 、きよ歯状波の幅を T_2 とすれば、 T_1 、 T_2 とも 0~6 sec の範囲で連続的に可変であれば、上の要求が満たされる(第2図)。



第2図 間欠のきよ歯状波

5. ブラウン管の残光性

現象継続時間の最大値(6秒)においても、螢光面上の波形のチラツキを極力少なくすること。

(ブラウン管の残光性に関するもので、螢光面上のある一点が、最初の電子 beam で衝撃を受けてから、次の電子 beam が到来するまでの時間に、最初の衝撃の瞬間における輝度の何%程度に残光性を選ぶかにより定まる。この量が過大であると、波形が重なって正しい明るさを示さず、過小であればチラツキを感じる。)

3. 装置の概要

測定の基本的な考え方としては、現象周波数に較べて、充分高い繰返し周波数の pulse を現象の数だけ発生させ、この pulse level を現象入力によつて制御する方法によつた。したがつて多現象を pulse する基本的な回路としては、

- a. pulse 発生回路
- b. 入力 gate 回路
- c. pulse の垂直分離回路

からなる。

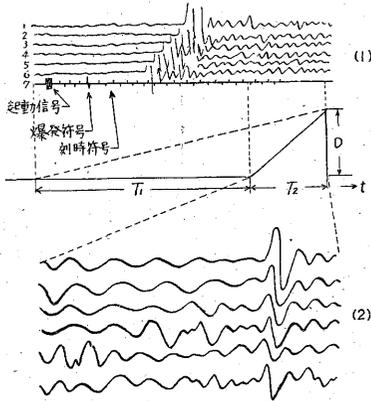
a は一定振幅の現象数に対応した pulse を周期的に発生する回路であり、b はこれらの pulse level を入力信

号に応じて制御する回路, c はブラウン管上で各 pulse を垂直的に変位を与えて, 各 channel を分離するために必要な回路である。

また地震探査の目的から全時間域および注目する任意の時間域を拡大するために必要な水平掃引を与えるための基本回路としては,

- a. 掃引電圧発生回路
- b. 同期および遅延回路

からなる。

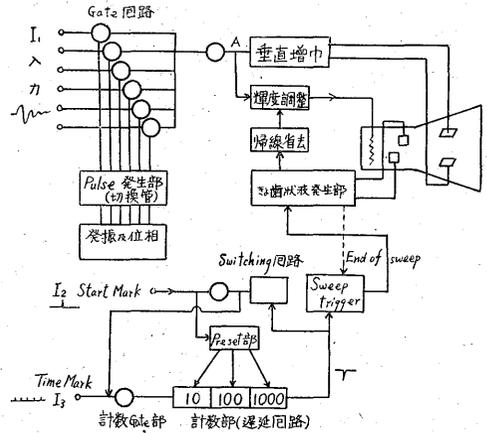


第3図 間欠のきよ歯状波と再生波形の関係
(T_1 , T_2 観測時間域がきよ歯状波の尖頭電圧 D から, ブラウン管上の水平長さが定まる)
(1) 点線のきよ歯状波による全時間域の再生
(2) 小範囲の拡大再生

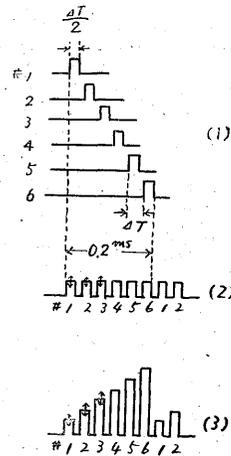
磁気記録テープには第3図に示すように, 6 trace の地震波記録のほか, 爆発符号, 刻時符号 (10 ms) および起動用の信号が記録されており, これを一記録ごとに endless にして再生する。水平軸の同期には, この起動用の信号を整形して利用することにした。また短かい時間域を拡大観測するに必要な, 間欠的な掃引波形 (第2図) を得るためには, 起動信号から起算して任意の遅延時間 T_1 を与えるとともに, きよ歯状波発生回路の時定数 T_2 を可変とした任意の遅延時間を求める場合, 前記の刻時符号が有効に利用できる。すなわち, 3桁の計数回路でこの符号を計数し, 計数完了とともに, その出力に現われる pulse を利用して, きよ歯状波発生回路を起動する方法を採った。この場合, 計数回路を強制的に任意の数だけ pre-set—すでに N 個の pulse を計数した状態—にしておけば, 遅延時間は $(1000 - N) \times 10$ m/sec となり, N を変化することにより, 任意に変化することができる。

次に第4図についてその概要を述べる。

pulse の発生部, 切換管の6個の陽極負荷から時分割された pulse が第5図(1)のように得られる。各 channel ごとに発生する pulse の時間差 ΔT は走査周波数に



第4図 装置の系統図



第5図 (1) 切換管出力 pulse
(2) gate 管出力 pulse (no bias).
(3) gate " (階段状 bias)

より定まり, これはまた測定可能な限界周波数, すなわち分解能を決める要素となり, この値を 5 K.C. に選んだ。したがって

$$\Delta T = \frac{1}{5 \times 6 \times 10^3} = 33 \times 10^{-6} \text{ sec} = 33 \mu\text{s}$$

各 channel pulse 幅は $^{3/2} = 16 \mu\text{s}$ となる。

これらの pulse をそれぞれ6個の gate 回路に順次に加えて pulse が与えられた瞬間だけ gate を開いて増幅作用をするように選んでおく。

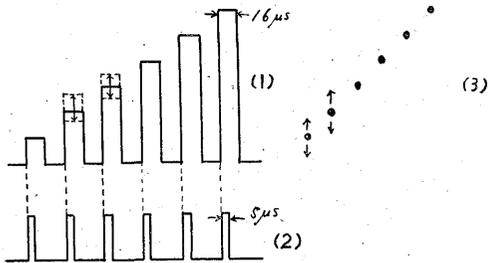
一方入力地震波は, それぞれ gate 回路に加えられているので, 前記 pulse により gate の開いている瞬間だけ, 入力地震波は増幅され, 各 gate 回路の出力にはそれぞれの入力 level に応じて高さの変化した pulse が現われる。したがって, いま gate 回路の陽極を並列に

接続すれば、第5図(2)のような pulse 群が得られる。

しかしこのままでは各 channel を弁別することができない。そこで各 gate 回路において、それぞれ bias を順次階段状に変えておけば、その出力側にも第5図(3)のような平均 level の順次異なつた pulse 群が得られるので、ブラウン管上で位置的に変位を与えることができる。

この電圧を垂直増幅器(直流増幅器)で増幅して、ブラウン管の垂直偏向板に加える。しかしこのままではまだ見合が悪い。それはわれわれが観測したい地震波入力を、直接表示するものは、各 pulse level の変化、すなわち各 pulse の頂点部分の高さの変化であるから、これ以外の立上り立下り部分が映像として現われることは、contrast を低下して、波形の識別に有害であり、消去する必要があるからである。

そこで、信号 pulse の一部を輝度変調回路を導き(第4図A点)、信号 pulse と同期した第6図のような正の輝



第6図 輝度変調 pulse

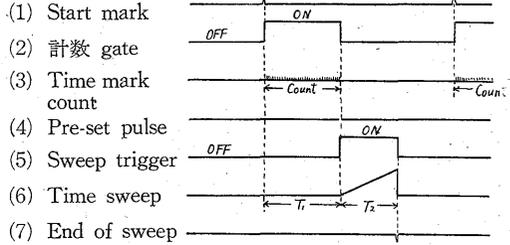
- (1) 信号 pulse
- (2) 輝度変調 pulse
- (3) Blanking したときのブラウン管の Spot

度変調 pulse を得て、これをブラウン管 grid に与える。ブラウン管は正の輝度変調 pulse が、grid に加えられたときのみ充分な輝度を生ずるように、あらかじめ負 bias を調整しておけば、第6図(3)のような6個の輝点を螢光面上に得られる。このようにして、6個の輝度がそれぞれの入力地震波の level に応じて上下運動をするので、あとはこれを水平方向に上記のような方式に従つて掃引すれば波形が現われる。

水平軸印加電圧

endless 装置により磁気テープの1回転ごとに、起動用 pulse が switching 回路に加えられる。この switching 回路は、いうまでもなく on か off の2つの安定状態のうちいずれかをとるが、必ず起動用 pulse の到来と同時に計数 gate 回路を開く方向に働くように、極性を定めておく。

一方刻時符号入力部は、この計数 gate を経て計数回路(遅刻回路)に導かれているので、結局記録の始めの起



第7図 計数回路およびきよ歯状波発生回路における各部の波形

動用 pulse が到来すると同時計数回路は刻時符号を数え始める(第7図)。

あらかじめ pre-set した数を計数し終れば、計数回路出力に1個の pulse (pre-set pulse) が現われる。これを sweep trigger 回路に加える。

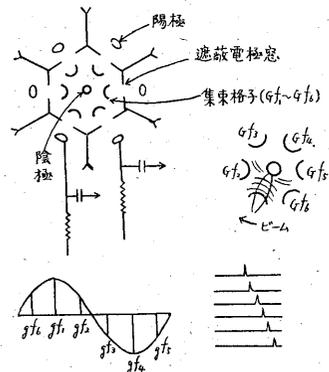
sweep trigger は、pre-set pulse により必ずきよ歯状波発生回路を起動する方向に働くように選んであるので、第7図のように起動用 pulse により T_1 だけ遅れて掃引が開始される。

pre-set の数は1から1,000まで可変である。したがつて T_1 は 10 ms~10 sec の範囲で可変である。

掃引時間(T_2)は、きよ歯状波発生回路の時定数から定まり、0~5 sec の範囲で可変である。

したがつて T_1, T_2 を適当に選べば、任意の注目する部分(T_1 で定まる)を、任意の範囲(T_2 で定まる)で拡大することができる。当然 pre-set の数(T_1)を最小(10ms)、掃引時間(T_2)を現象の繰返し時間に選べば、記録の全域が観測できる。

掃引を一度完了した後も、引続いて sweep trigger が on の状態(きよ歯状波発生回路が起動しうる状態)を保つておくと、連続的に(間欠的でなく)掃引を繰返す結果になるので、きよ歯状波の立下りの部分に発生する開放逆電圧(end of pulse)を利用して、sweep trigger を off の状態に引きもどしている。



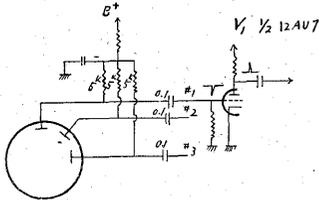
第8図 Beam 切換管

また pre-set pulse の一部は, switching 回路に加えられて, 計数完了と同時にこの回路をふたたび逆転させ, gate 回路を閉じる作用をしている。これは掃引開始後も引続いて gate が開いた状態にあると, なお計数を続けるので, 同期をくずす結果になるからである。

4. 各部の構成

4.1 走査回路

走査には, 前記のように radial beam 型切換管を使用した。第8図はこの切換管の内部構造を示す。5kc の発振器出力から CR 移相器によりそれぞれ 60° ずつ移相の

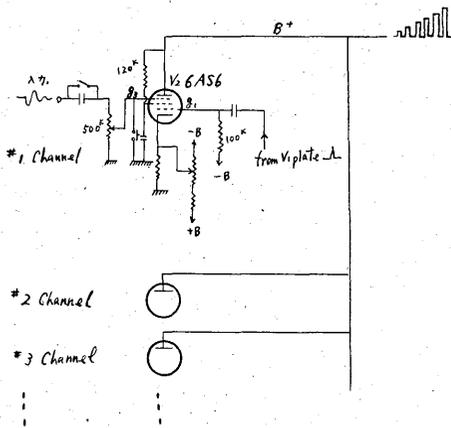


第9図 発生 pulse の増幅回路

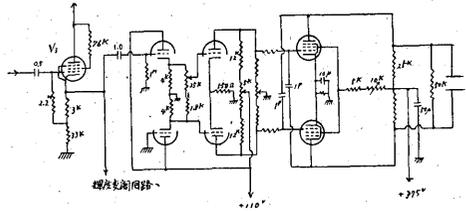
ずれた正弦波電圧をとりだし, これを図の集束格子に加えれば, この電圧は正弦波的に変化するので, いわゆる回転電界を生じ, 電子 beam も回転する。この際電子 beam は集束格子と遮蔽格子とで形成される電子 lens により, さらに集束されて各陽極に達するので, その出力は図のように等間隔の pulse 信号となる。この出力は, このまゝでは gate 回路を動作するのに充分でないので, 第9図のように V_1 により増幅する。 V_1 は同時に pulse 極性を反転する作用も兼ねている。

4.2 入力 gate および垂直増幅回路

走査回路 V_1 の陽極負荷から得られた, positive pulse は, 入力 gate (6A S6) の制御格子に与えられる(第10図 V_2)。 V_2 は負電圧により常時 cut off の状態にあり,



第10図 入力 gate 回路



第11図 垂直増幅回路

走査回路 V_1 からの正の pulse の到来する瞬時だけ導通状態になる。

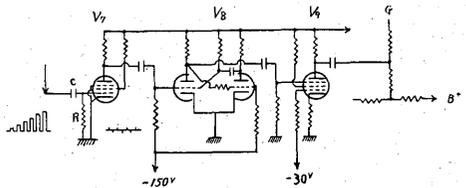
V_2 の抑制格子 G_3 は, 入力回路に接続されているので, 各陽極回路にはそれぞれの入力地震波信号の level に応じて, 高さの変化した pulse が, 順次遅れて生じる。したがって各 gate tube の bias を順次階段状に変えて, 各陽極を全部並列に接続すれば, beam の回転に応じて時分割され, かつ bias により各 channel が垂直に分離された pulse が図中に示す通り得られる。

これを第11図に示す垂直増幅回路に導き, V_4 により移相反転を行ない, 同時に直流分の平衡を保つて V_5, V_6 で直流増幅を行なう。 V_6 の出力電圧は, 直接ブラウン管の垂直偏向板に印加する。

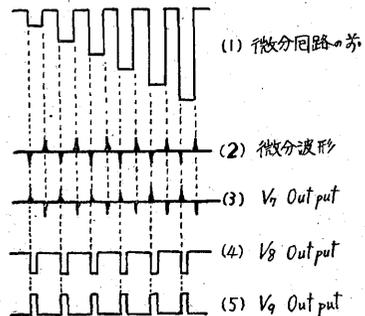
この増幅回路の周波数特性は, かなり広帯域のものが要求される。

4.3 輝度変調回路

第11図 V_3 の cathode 端に生じる階段状 pulse 出力の一部が, この回路に導かれる(第12図)。この波形(第13図の(1))は, 増幅管 V_7 の入力側にある微分回路(CR)



第12図 輝度変調回路



第13図

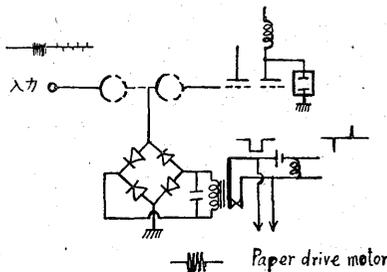
によつて微分され(第13図の(2)), さらに V_7 で増幅された後(第13図の(3)), V_8 で形成される単安定型 multivibrator を馳動する。その結果 V_8 の陽極負荷に出力として現われる負 pulse の幅は、映像の尖鋭度を定めるもので、 V_8 の回路定数から一義的に定まる。これを図のように選ぶと約 $5 \mu \text{sec}$ となり、この程度の値が適当なようである。

この pulse を V_9 により増幅し、同時に移相を反転して(正の pulse にして)ブラウン管の grid に加える。この時の電圧は尖頭値で 60V 程度である。ブラウン管は常時 cut off の状態に保ち、この正 pulse 電圧が印加されたときのみ映像の現われるように bias を選んでおく。

4.4 起動用 pulse 入力部および計数 gate 部

起動用 pulse は、第2図に示すように、刻時用の信号と同じ channel に記録されているので、これを同期用の信号として利用するためには、これらを分離する必要がある、次のような方法を用いた。

この信号は、本来再生の際記録の始まり付近で電磁 oscillograph の記録紙用電動機を自動的に起動するため

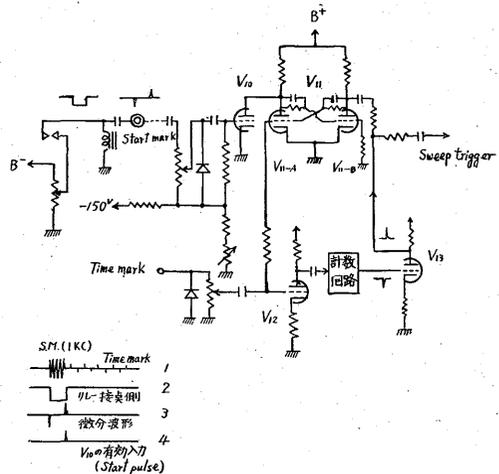


第14図 起動用 pulse の分離

に、記録時にテープの始動と同時に挿入されるものであり、第14図のように、増幅回路の途中からとりだして両波整流し、継電器 coil を励磁すると接点側から起動用の信号のみを取り出すことができる。

この場合、刻時信号も同時にこの整流回路に加えられ、平均出力が小さいので、継電器を働かせるに充分な励磁電流を与えない。この信号を微分して得られる正負2個の pulse のうち、後に現われる正 pulse のみが計数 gate の開閉に有効なものとするために、第15図の V_{10} の入力側で負 pulse を bypass する。 V_{10} の出力 pulse は V_{11} で形成される双安定型 multivibrator に加えられ、これにより安定状態を反転して V_{11-A} の grid を低電位から高電位に移行させる。

この部分は V_{12} (gate tube) の grid に接続しているので、その結果は V_{12} の bias を正方向に上昇することになり、cut off の状態から増幅作用を呈する状態に移行する。すなわち起動用 pulse の到来と同時に、gate



第15図 起動 pulse, 計数 gate 回路 および sweep trigger 回路

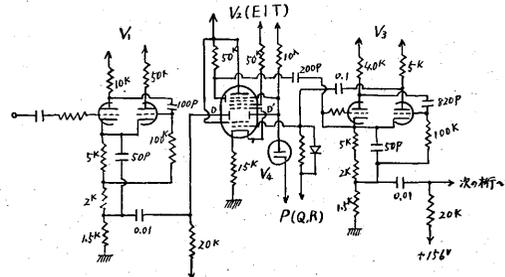
V_{12} が開かれる。一方 V_{12} の grid には、絶えず刻時符号が加えられているので、gate が開かれている期間のみ、この信号は増幅されて計数部に加えられ、それ以外の期間は計数部から遮断されている。計数を完了すると同時に、計数回路の出力に生ずる pre-set pulse の出力の一部は、ふたたび V_{11} に加えられ、この部分をまた始めの安定状態に反転させる。

4.5 計数回路

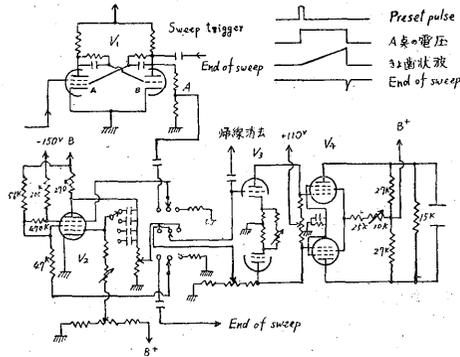
第16図にこの部分の回路図を示す。第15図の gate 管 V_{12} が開かれると同時に、この回路に流入する 10m/sec の刻時信号はまず V_1 で pulse 幅 $30 \mu \text{sec}$, peak 電圧 20V の正 pulse に整形され、計数管 E1T (V_2) の偏向板Dに加えられ計数させる。

この計数回路は、pre-set 部分を除いては、通常用いられている回路方式であるが、簡単な説明を加えておく。第17図 E1T の内部構造で、その作用は原理的にはブラウン管と同じである。

すなわち縦に細長く集束されたりボン状の電子 beam は、計数しようとする正の外部 pulse を偏向板Dに与えることにより、水平に静電偏向されるが、その間に beam



第16図 計数回路



第 20 図 Sweep trigger 回路および掃引発生回路

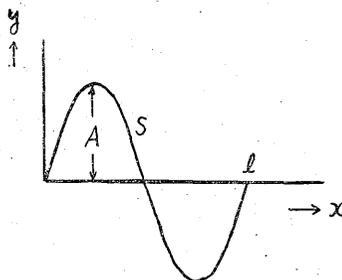
に追従す。P, Q, R 点は、それぞれ独立した可変抵抗になつているので、あらかじめ各電圧に応じた各桁の EIT 指示値を目盛つておけばよい。

4.7 sweep trigger 回路および掃引発生回路

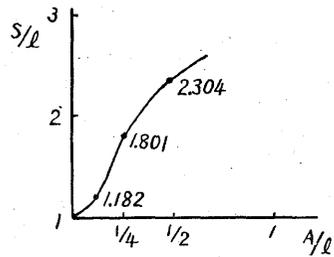
計数回路で任意の数を数え終ると同時に、水平軸の sweep を開始しなければならないが、計数回路の出力に現われるものは 1 個の pulse だけであるから、直接掃引発生回路を馳動することはできない。したがつて trigger 回路が必要になつてくる。第 20 図 V_1 で形成される双安定型 multivibrator がこの部分で、その出力 A 点は、常時掃引発生部 V_2 の抑制 grid を低電位に保つて (V_1 -B が on の状態) 起動しえない状態にあるが、pre-set pulse が到来すると同時に V_1 を反転して、A 点を高電位 (V_1 -B が off の状態) にする。

したがつて V_2 はその回路素子で定まる時定数に従つて sweep を開始する。

掃引発生部の時定数は、観測しようとする地震波形の時間幅を規定するものである。また発生するきよ歯状波の最大値は、ブラウン管上水平方向の長さに対応するものであるから、この値を一定に選ぶとすれば (すなわち時間幅の大小にかかわらず、常にブラウン管上で水平方向一杯に観測するようにすれば)、この値は波形の拡大率を決めることになる。したがつてこの時間幅は広範囲、かつ連続的に変化しうることが望ましい。この意味から発



第 21 図



第 22 図

生回路には phantastron 回路註3) を使用し、時間幅は 0.001~5 sec の範囲で可変にした。こゝで発生したきよ歯状波は、 V_3 により位相反転を行ない、 V_4 により push pull 直流増幅をしたうえ、ブラウン管垂直軸に直接印加する。

初めに記したように、とくに注目するある範囲の地震波形を拡大して観測するためには、tape の 1 回転に対して 1 回の間欠的な掃引をすることが必要である。このようなきよ歯状波を得るためには、1 回の sweep が終り、次の pre-set pulse が到来するまで、発生回路が起動しえない状態を保つ必要がある。このため掃引が終了する際に V_2 第 2 grid に発生する開放逆電圧をとりだして V_1 に加える。

5. 結 語

以上で装置の概要を報告したが、使用上の要求は、おおむね満足している。しかし細部については、なお下記のような改良の余地も残されているので、さらに検討が進められている。

(1) channel の数

今回は一応 6 channel のものを試作したが、将来はさらに増加する必要がある。この点について切換管を 2 個用いて各発生 pulse を重畳する方法も考えられ、しかしさらに channel を増せば切換管の分解能に關係する構造的な問題や、pulse 取扱技術上の問題等諸種の制約から、当然この方式にも限度があると思われる。

(2) 地震波到達時刻の補正回路

地震波の到達時刻を 1~20 ms 程度の範囲で任意に調整し、かつ指示することができれば、表土補正 move out time の補正等が可能になり、反射波の検出にもかなり有効なものとならう。

註3) 一種の弛張振動回路で、陽極一格子間の容量によつて帰還を与え、ミラー効果を利用してきよ歯状波を発生する回路である。比較的直線性の良好な波形を発生する。

文 献

- 1) Groenendyke, G. M. : Cathode Ray Display of Seismic Recordings, Electronics, 1955
- 2) 木下幸次郎 : パルス及び開閉回路, 電子工学講座, 12 A, 1956
- 3) 川上正光 : 最近のパルス回路とその応用, 共立全書, 128, 1957
- 4) 大脇子 : ビーム切換管, 電気通信学会誌, Vol. 35, No. 8, 1952
- 5) 寺畑重夫 : 電子計数装置とその応用, エレクトロニシアン, Vol. 4, No. 1, 1955