

GM 計数管プラトリーの自動記録式測定*

宮 坂 忠 昭**

1. 緒 言

放射線検出器のうちガイガー・ミュラー計数管（以下単にGM管と記す）は、取扱いが簡単ならえに、出力パルスが大きいため、簡単な増幅器で計数できるなどの利点によって、早くから普及し、広く放射線計測に用いられている。GM管を長期にわたって、継続的な放射能測定に用いる場合や、環境の著しい変化を伴う屋外測定に用いるとき、GM管の性能が変化しやすいために、時々検査し、性能を確認しておく必要がある。その際、各種検査のうちプラトリー測定がよく行なわれ、その性能の判定に使われている。

プラトリー測定は、電圧—計数率特性であって、GM管への印加電圧の変化 (ΔV) によって生ずる、一定時間内に測定される計数率の変化 (ΔN) を、記帳グラフ化するもので、放電開始電圧、始動電圧、プラトリーの形状、プラトリー末端電圧等を測定し、これらの値からプラトリーの長さ、傾き、使用電圧が計算される。これらの値は、GM管の性能をただちに示す重要なもので、累積使用時間とともに変化していくことが経験的に知られている⁽¹⁾。

プラトリー測定⁽²⁾の実施にあたっては、 ΔV の変化のためのポテンショメータの目盛合わせ、同じく開始電圧の目盛合わせ、測定時間の決定、計数値の読み、記録、計算、グラフ化など、この手順はかなりの労力と時間とを要する。このため、実験室で短時間に、簡単にGM管の性能を調べる目的で、GM管プラトリーを自動記録式測定器によって、速やかにアナログ表示する方法を試みた。本報では、主として、試作した測定器とその測定結果について述べる。

2. 測定原理と測定器

2.1 原理と構成

測定器の構成を図1に示す。GM管からの出力パルスを、ゲート、パルス整形等の回路を経て、DA変換器に入れ、計数率（デジタル量）を電流（アナログ量）に変換し、それを電圧値として取り出し、記録器につなぐ。一方、クロック回路を用意して、これから取り出したパルスをゲート制御回路に入れ、自動測定をするため、リレーの駆動、DA変換器のリセット、XY記録器を用いる場合はY軸方向へのペンの送り等に利用する。

プラトリー測定の精度に影響を与える要素は、高圧印加電圧の安定性と測定時間の精度である。前者はGM管の封入気体で生じたイオン対のなだれ現象に直接影響を与えるので⁽³⁾、計数率に大きな変動をもたらす。後者は前者に比較して測定時間の短い場合を除いて、その影響は少ない。このため、性能のよい高圧安定化電源が必要になる。以下各回路の概要について述べる。

* 昭和53年11月 第39回応用物理学会学術講演会において発表

** 基礎専門 応用物理 助教授

原稿受付 昭和54年9月29日

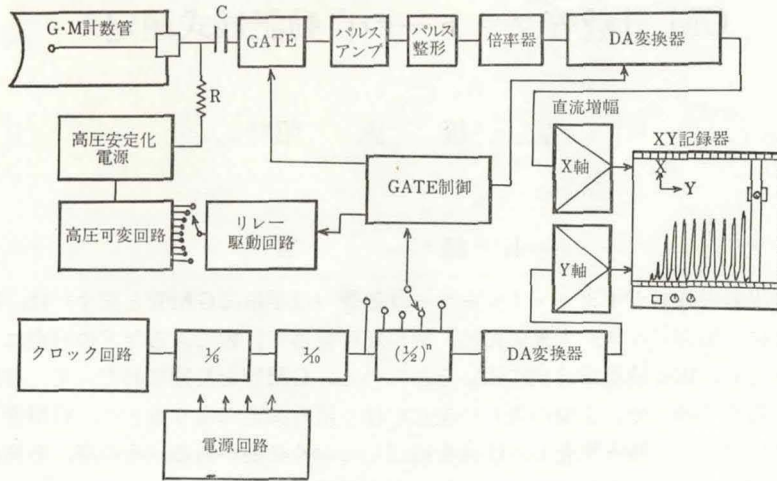


図1 回路構成

2・2 高圧安定化電源

安定性を必要とするGM管への印加電圧は、浮動式定電圧電源を用い、抵抗で分割した基準電圧をロータリーリレーで選択して、変化させた。可変範囲を900~1400(V)、 $\Delta V=25(V)$ の階段上昇、出力電圧の安定性を0.3%/30(min)に設計した。簡単な回路で性能を満足さ

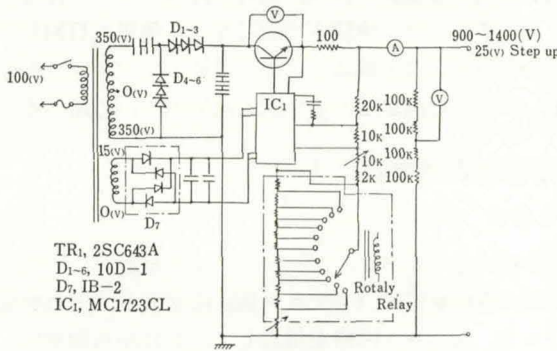


図2 高圧電源回路

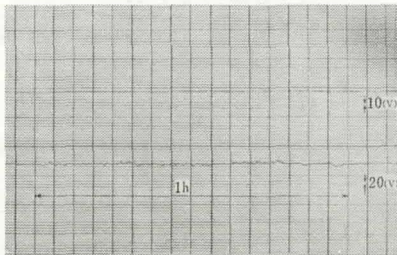


図3 高電圧安定特性

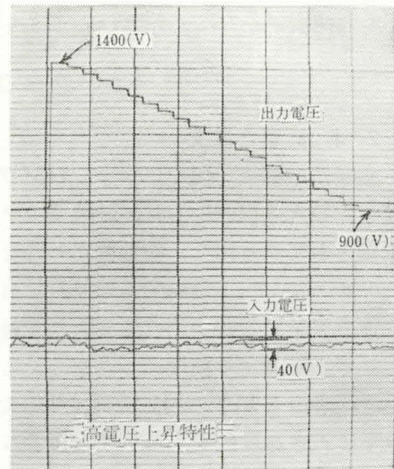


図4 高電圧上昇特性

せるために、倍電圧整流回路によって1500(V)の直流を得た。また各種ICを試験して、モトローラ社のMC1723CLを採用した。制御素子の高耐圧のTRの選定にも留意した。

図2にこの回路を示す。ロータリーリレーは3回路25接点の沖電気製を用い、余裕の2回路は、4V及び開始電圧の可変に備えてある。図3はこの回路の長時間安定性で、入力1500(V)に対して1200(V)の出力電圧の安定性を示しており、設計目標を満足している。図4はこの回路の高圧上昇特性で $\Delta V=25(V)$ ずつ30秒間、階段上昇させてある。入力電圧(1500(V))の約30(V)の変動に対して、出力電圧は2.5~3(V)(約0.2%)の変動がある。またステップアップした近辺での追従性に問題を残した。

2・3 パルス増幅回路

ICを用いた回路を図5に示す。特定のGM管についての増幅特性を図6に示す。この場合、GM管からのパルスは1010(V)で表われはじめ、最高10(V)に達する。なお計数の閾値電圧は0.5(V)とした。

2・4 DA変換器

パルス数を直流電圧に変換するために、8bit DA変換用IC(MC-1408-L8)を用いて、 $2^8=256$ pulse を10(V)として変換させた。この変換器のパルス数—電圧特性は図7に示す。これは、10(Hz)の低周波を1/10に通倍してDA変換したもので、満足すべき直線性が得られた。応答周波数は0.4MHzであり、これは 2.4×10^7 c. p. mに相当し、通常の放射線

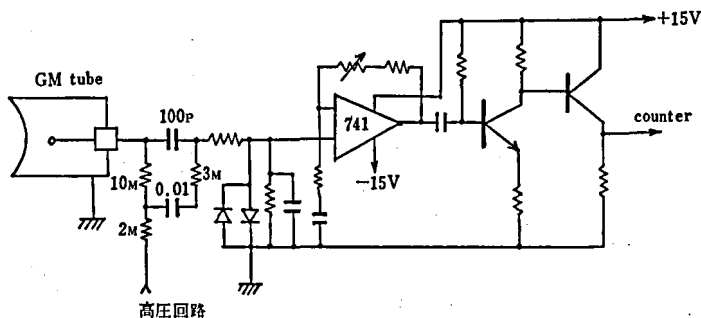


図5 パルス増幅回路

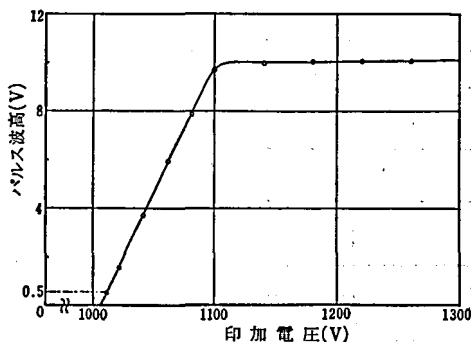


図6 パルス増幅特性

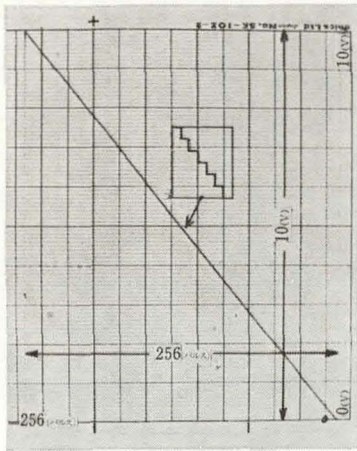


図7 パルス高電圧特性

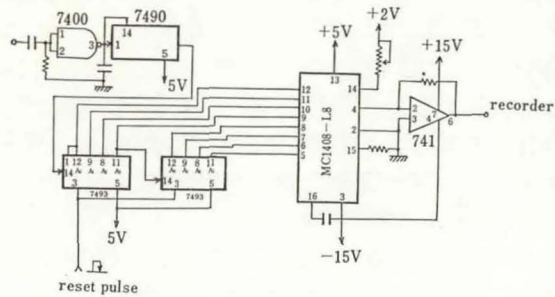


図8 DA変換回路

計測の範囲に使える。回路を図8に示す。

2.5 制御回路

GM管に一定の時間だけ一定の高電圧を印加して、この間の計数率値を棒状のグラフになるようにアナログ記録し、更に測定を休止した後に次の測定に入る複雑な手順を自動的に行うために、図9に示すようなタイムチャートに基づく、シーケンス制御を行わせる図10の回路を設計した。

その作動の要点は次の通りである。1. スタートスイッチ投入でリレー駆動のパルスを出す。2. 測定時間(30(s)~5(min)可変)の間隔だけ、高圧印加用のリレーが保持され、GM管に高電圧が印加される。3. この間、DA変換器が作動して、記録器のY軸に計数率を棒状に記録する。4. 保持時間後のストップパルスで、リレー解除と共に、DA変換器はリセットされて零に戻る。5.

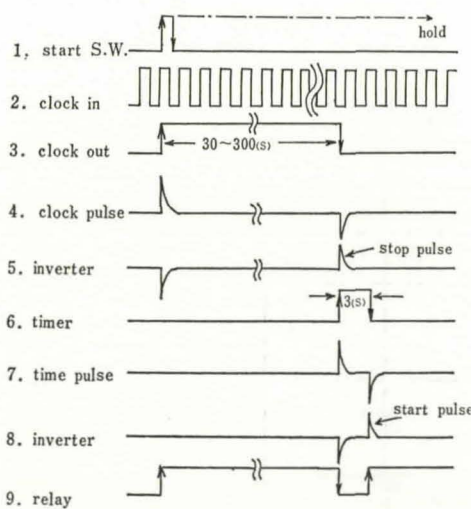


図9 タイムチャート

この後、用意された休息用タイマが作動して、3秒(可変)だけ休息する。6. 休息時間終了後にスタートパルスが出て、1の状態に復帰する。7. 1から6の操作を繰り返す。なお、7においては、ロータリーリレーの性質で、高圧印加は設定した電圧から電圧を1サイクルとして測定を行うので、この間にGM管が連続放電領域に入ってしまう恐れがある。これを避けるために、最高印加電圧をあらかじめ一定値でおさえて、それ以上電圧を上昇させない方法と、このシーケンス制御で、7の作動の回数をプリセットして、一定の回数で測定

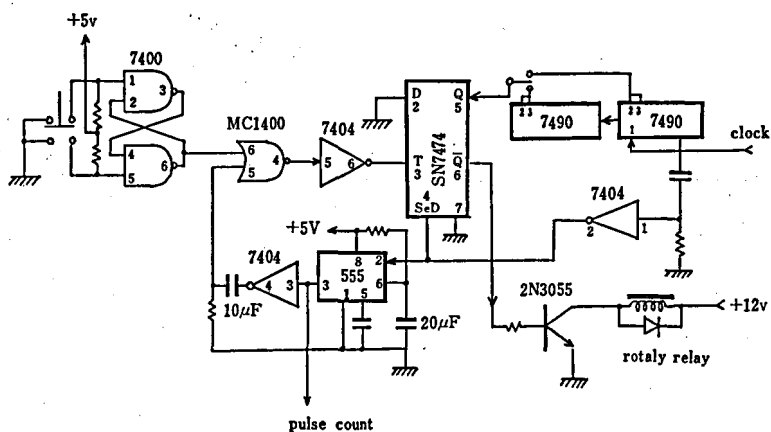


図10 制御回路

を停止する方法とが考えられるが、いずれの方法も可能なようにした。

2・6 クロック回路

基本波はインターシール社製ICの8038の短形波を用い、この周波数を $(1/10)^n$ 、 $n=1, 2, 3, \dots$ の通倍にすることで、必要な回路にクロック信号を送り込む。回路を図11に示す。

基本波の安定性は、主に温度によって左右されるが、1サイクルのプルトー測定の間の変動をおさえれば、実験誤差への影響は少ないという性質から、測定時間を上限で30～40分とみても、その間の実験環境の温度変化は低くおさえられるので、この影響は無視できると考える。

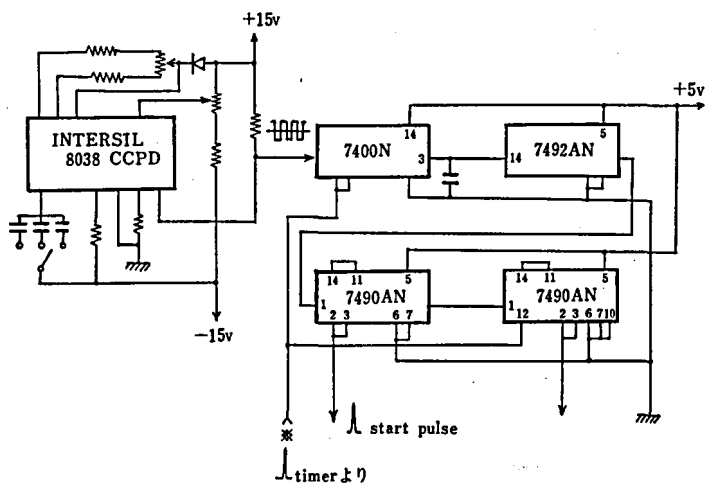


図11 クロック回路

3. 測定結果

端窓型，内部消滅型GM管 (No. 418028) の測定結果を図12に示す。

線源はR I 協会製 ^{238}U の β 線標準線源で，崩壊数 500dps，GM 管時間スタンドはアロカ製 GP-101，GM 管と線源間との距離は 30mm，測定時間は30秒，休息時間は 3 秒，ステップアップ電圧 $\Delta V=25(\text{V})$ ，最高印加電圧 1500(V)，1 サイクルの所要測定時間は，約12分である。

この結果，開始電圧は 1015(V) で，計数率が電圧として上昇しはじめ，30秒後にリセットされるまで，ピーク値を示して 0 にもどる。これを繰り返して，最高電圧までいき，プラトー曲線はそのピーク値の包絡線となる。

プラトートの傾き S は， N を曲線の中心計数率， $\Delta V=\Delta V'=100(\text{V})$ として，

$$S = \frac{\Delta N + \Delta N'}{\Delta V + \Delta V'} \times \frac{1}{N}$$

の相対勾配で表わせば $\%/100(\text{V})$ が得られる。

この測定結果と従来の方法とを比較するために，同一のスタンドに同一のGM管をセットして，同じ測定条件で，アロカ製放射線測定器 TDC-102 を用い，測定時間は 1 分， $\Delta V=25(\text{V})$ ずつ手で印加電圧を変化させて，プラトー測定した結果を計算グラフ化して図13に示す。

両者の結果を比較すると，開始電圧，プラトー曲線の形状，プラトートの勾配がかなり一致しており，この測定方法の精度はよいと思われる。

次に繰り返して精度を調べる目的で，同一のGM管 (No. 525130) について，同一の条件で連続 3 回測定した結果を図14に示す。これはスタートスイッチを投入した後は，一切手を下さない。3 回の測定結果を比較検討すると，開始電圧，プラトートの傾き等に再現性が認められる。

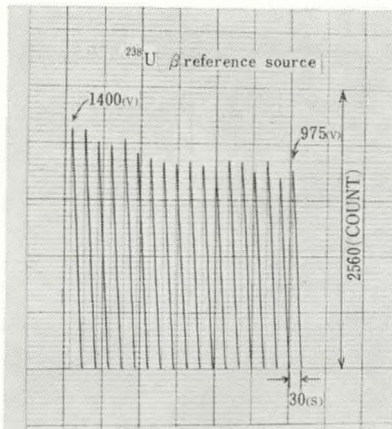


図12 自動記録測定結果

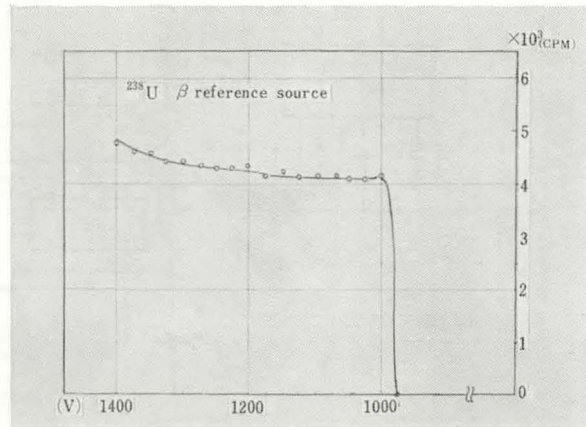


図13 従来の方法による測定結果

4. 応用例

学生実験で使用の回数の多いGM管について、測定した結果を図15に示す。推定使用累積時間は 10^6 秒である。また実験の性質上、連続放電領域で用いた可能性もある。記録結果から明らかにプラトリーは短かく、かつその傾きも大きいことがわかる。

開始電圧 1100(V) プラトリーの傾きは $4.8\%/100(V)$ である。

同様な型で、未使用のGM管の測定結果を図16に示す。記録結果から明らかのように、プラトリーは長く、その傾きも少ない。開始電圧 1075(V)、プラトリーの傾きは $1.5\%/100(V)$ である。なおいずれの測定も室温 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ で行なった。

両者を比較すると、開始電圧及びプラトリーの傾きは、いずれも後者の方が少なく、前者の方が極めて大きい。使用が進んで、寿命が近づくとプラトリー特性が大きく変化することは、経験的に知られているが、この結果はそれを裏づけているようである。プラトリー特性とGM管の寿命との関係については、更に検討が必要と思われる。

5. 結 言

GM計数管の性能を検査するために、プラトリーの自動記録式測定器を試作し、使用状態の異なるGM管を測定した結果、次の点が得られた。

1. 簡単で迅速な、GM管プラトリーの自動記録測定器として目標を達した。従来の方法では、手動による電圧の上昇、目盛合わせ、計数の読み、記帳、計算、グラフ化などの複雑な手順によってプラトリー特性を得た。その所要後間は、熟練者で1時間以上を必要としたが、この方法では、15分程度で自動記録する。

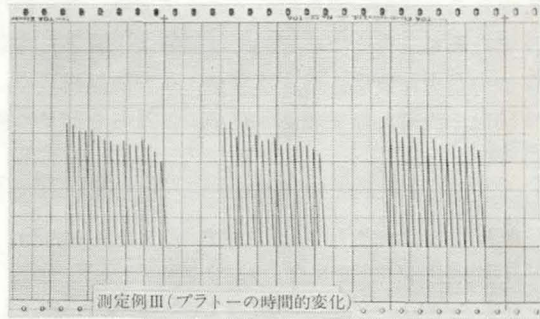


図14 再現性の測定

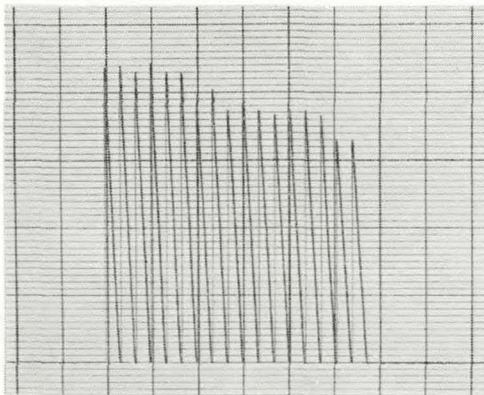


図15 使用済の管

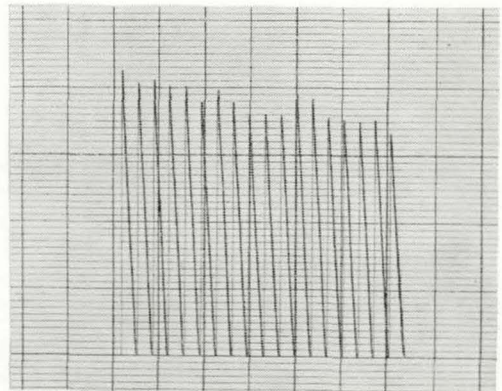


図16 未使用の管

2. この自動測定器を用いることにより、簡単にGM管の正確な特性を調べる可能性がある。すなわち、今までの方法では複雑な手数と長時間にわたる繰りかえし測定のために、高圧印加の微少な変化に対するプラトローの微細構造や、温度変化に対するプラトローの変化などの実験は、大変な作業であったが、これらを簡単に研究する可能性がある。

参 考 文 献

- (1) 森本弥三八：信州大学工学部紀要，第6号（1956）p. 157.
- (2) 日本放射性同位元素協会：ラジオアイソトープ，p37，丸善.
- (3) 日本アイソトープ協会：アイソトープ便覧，p.323，丸善.