

縫い針を陽極とし，エタノールクエンチングで安定に動作する手作り空気 GM 管

青山 隆彦^{*1}, 森 千鶴夫^{*2}, 神谷 均^{*3}, 佐合 穰^{*3},
Aoyama Takahiko *Mori Chizuo* *Kamiya Hitoshi* *Sagou Yutaka*
 早川 一精^{*3}, 飯田 孝夫^{*1}, 五井 忍^{*4}
Hawakawa Issei *Iida Takao* *Goi Shinobu*

1. はじめに

中部原子力懇談会では、中高生に放射線を実感してもらうため、中高生レベルで動作原理が理解できる GM 計数管を手作りし、身の回りの放射線を測ってもらっている。従来、GM 管として、通常のタングステン線陽極¹⁾ やループ陽極²⁾ の空気 GM 管を用いてきたが、陽極線が特殊な材料であったり、表面汚れを落とすににくい上に、繊細で破損しやすい等の問題があった。また、クエンチングガスとして使用してきた“100 円ライター”のボタンガスは、取扱い安全上好ましいものではなかった。

そこで、特殊な材料を一切使用せず、誰でも容易に入手できる材料だけを使用し、堅牢で安全、且つ、安定した動作が得られる空気 GM 管の開発を試みた。このほど、市販の縫い針を陽極とし、エタノール蒸気をクエンチングガスとして使用した、新型の空気 GM 管を作製したので、ご参考に供したい。

2. GM 管の材料と動作原理

試作したGM管は、図1に示すように、直径3 cmの円筒形フィルムケースの、底の中心に小穴を開けて通した縫い針を陽極とした先端計数型で、クエンチングガスを閉じ込めるため、ケースの開放端に取り付けたプラスチックフィルムの薄窓から β 線を入射させるようにしている。フィルムケースが入手できない場合には、同一直径の乳酸飲料の容器を使用することもできる。ケースの内面および β 線入射窓（プラスチックフィルム）の内側には、両面とも導電性のある市販の黒紙（両面で測った抵抗値：

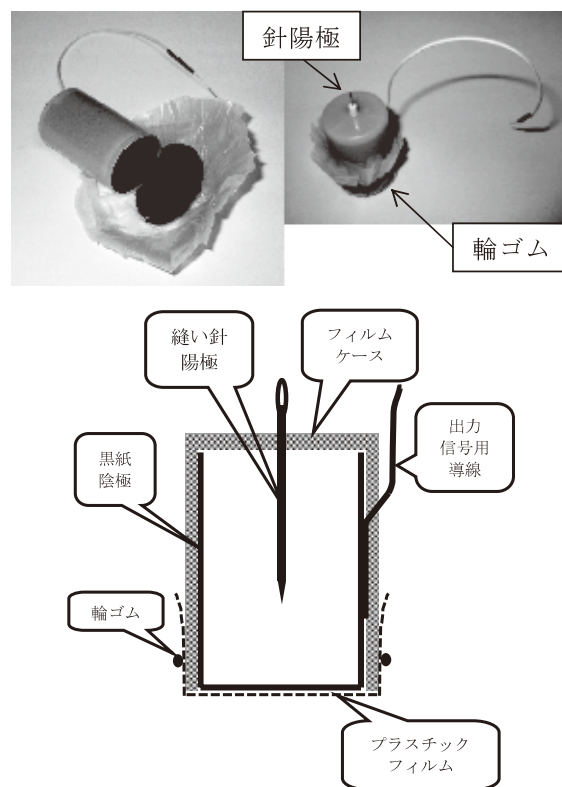


図 1 フィルムケース GM 管

数 10 k Ω) を置いて陰極とし、これに取り付けた導線から GM 管出力信号を取り出した。陰極にアルミニウム箔を使用すると外部光で電子を放出し、バックグラウンドが異常増加するのでアルミニウム箔は使えないが、市販の黒紙の代りに両面に墨汁を塗った薄手の紙なら使用できる。

陽極に使用する縫い針にはいろいろな種類があるが、その内の“手縫い針”と“とじ針”の先端部の

顕微鏡写真を図2に示す。

大気中で針先端部に持続放電を作らず、安定したGM放電を発生させるには、針先が尖っていて、針先に電界が集中する手縫い針では困難で、とじ針のような先端部の曲率が大きいものの方が適当であることが分かった。市販のとじ針は、先端が丸く滑らかに加工されているので、そのままの状態で使用できる。針は、陰極半径1.5 cmに対して、針先が窓面から2 cmになるように、フィルムケースの底の中心にエポキシ樹脂で固定したが、異常放電を防止するため、針表面の汚れ、特に、先端部に付いている微細なゴミを、エタノールを含ませた綿棒などで拭き取るとよい。

GM管を安定に動作させるにはクエンチングガスの存在が必要で、主ガスのアルゴン(90 mmHg)に対してクエンチングガスとしてエタノール(10 mmHg)を混合したガスが有名である。この場合、アルゴンの電離電圧がエタノールのそれより高いため、アルゴン陽イオンからエタノール陽イオンへ電荷交換が可能であるが、主ガスが空気の場合で

も、窒素や酸素分子の電離電圧がエタノールの電離電圧より高いため、エタノールを空気に混ぜれば同様の効果を期待できる。

試作GM管では、薬局で購入した無水エタノールを、 β 線入射窓の黒紙に全面が濡れるまでスポイトで滴下する。例えば、寿司の醤油入れなどを使うとよい。窓を黒紙ごと薄いプラスチックフィルムで覆った後、図1のように、輪ゴムできつく封じて、できるだけエタノール蒸気がフィルムケース外に漏れないようにした。

エタノールの飽和蒸気圧は気温で大きく変化するが、後述するように、少なくとも10℃程度(飽和蒸気圧20 mmHg)までは十分なクエンチング効果が得られるようで、安定した計数特性が得られることを確認している。また、GM管内のエタノール蒸気は時間とともに外部に漏れ出ていくが、少なくとも5~6時間程度までは、一定印加電圧のもとで安定した計数率が得られることを確認している。

GM管の電子回路は、図3のように、GM管の陽極に印加する高電圧を発生する高压電源と、GM管による放射線の検出を光と音で知らせるとともに、歩数計カウンタで計数するための、パルス信号処理回路とから成っている。+6 V入力で+5 kV出力の小型高压電源ユニット(図3では+HV)を除いて、中高生なら誰でも簡単に手作りできるよう、回路を単純化し、部品点数を極力減らしている¹⁾。ちなみに歩数計カウンタは1個100円で購入できる。

この回路で、GM管印加電圧の調整は、高压電源ユニットの出力高電圧が入力電圧に比例することを

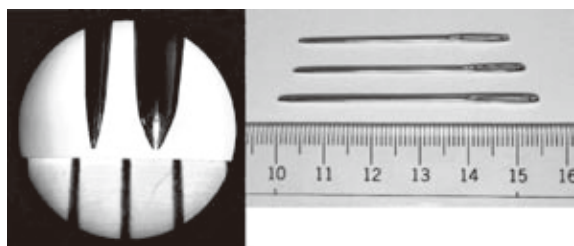


図2 左：手縫い針ととじ針の先端部(下の目盛は1 mm)，
右：大中小3種類のとじ針

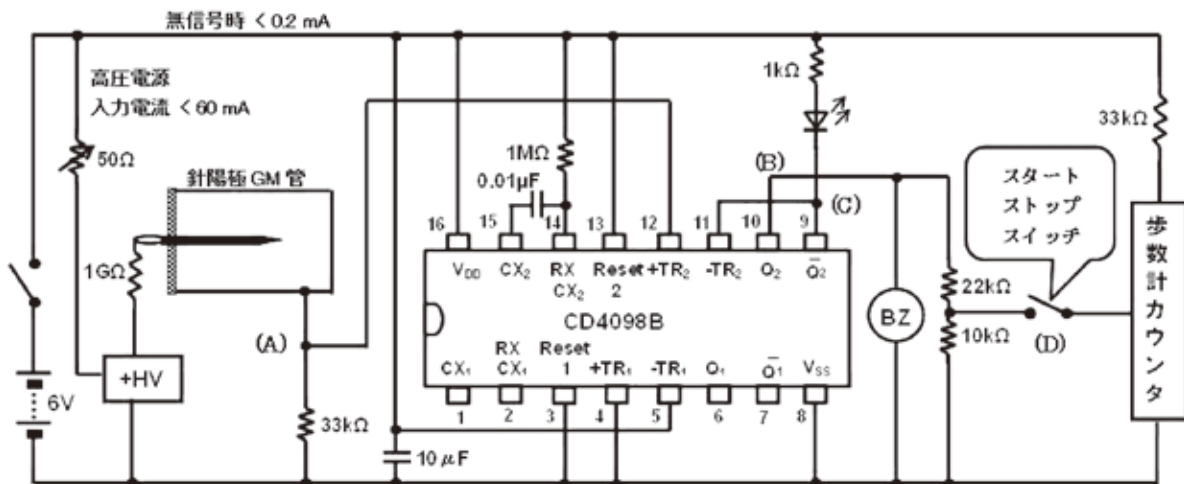


図3 GM管電子回路

利用し、入力電圧を変えることで行っている。また、GM 管の陰極からの出力パルス（図 3 の（A）点）はモノステーブルマルチバイブレーター MSMV（図 3 では CD4098B）に直接入力させているが、印加電圧 4,200 V と 5,000 V で見られた出力パルスの例を図 4 に示す。

図 4 によれば、GM 管出力パルスは第 1 パルスの後に多数の後続パルスを従えていることがわかるが、その理由は以下のように説明される。

手作り GM 管の主ガスは空気であるが、空気中の酸素は電子を付着して負イオンになりやすい性質を持っている。放射線の電離作用で GM 管内に生じた電子のうち、針陽極から離れた電場の弱い場所にてきた電子は酸素と結合して負イオンになり、電場にひかれて針陽極方向にゆっくり移動する。負イオンは針先端部近傍に到達すると強い電場によって電子がはぎ取られ³⁾、この電子が電子なだれからさらに GM 放電を引き起こすことがある。負イオンの針先端部近傍への到達時間は負イオンが出来た GM 管内の場所によりまちまちなので、負イオンは

次々に針先端部近傍に到達して後続の GM 放電、従って後続パルスを発生する。こうした後続パルスは最初の GM 放電による第 1 パルスから 5 ミリ秒くらいまでの間に分布するので、図 3 の MSMV：CD4098B の出力パルス（図 3 の（B）点）で、歩数計カウンタに入力する矩形パルス（図 3 の（D）点）のパルス幅を、第 1 パルスから 5 ミリ秒（5 ms）に設定し、この間後続パルスが生じても多重計数を生じないようにしている。

3. GM 管の特性と自然放射能測定

図 5 に、気温 11℃（飽和蒸気圧 25 mmHg）で測定した、MSMV のパルス幅（人工的な不感時間）を 5 ms に設定した場合と、その 1/3 の 1.65 ms に縮めた場合の計数特性を示すが、どちらも最大印加電圧 5,000 V まで多重計数は見られず、同一の計数特性が得られている。その理由は、MSMV のトリガー電圧は 3 V であるが、図 4 に見られるように、後続パルスは GM 管の回復時間内に次々に発生するので第 1 パルスに比べて波高が低く、MSMV のトリガー電圧を超えるものがほとんど無いためと考えられる。このため、MSMV のパルス幅に関わらず良好なプラトー特性を得ることが可能になる。

図 5 によれば、始動電圧から 4,400 V 付近まではプラトー部の傾斜が比較的大きいが、これは、この印加電圧領域では、針先と窓面の間の計数有効領域の印加電圧による増加が大きいことによると思われる。

図 3 の電子回路の電源は 6 V の DC アダプターもしくは 1.5 V 乾電池 4 個であるが、後者の場合、電池の消耗による電圧低下を 5 V まで許すとすれば、

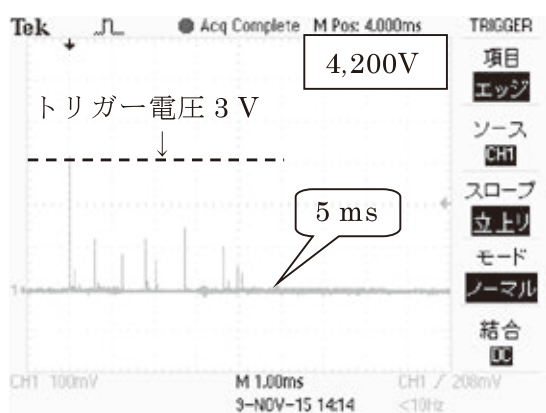


図 4 GM 管出力パルス（1 ms/div, 1 V/div）

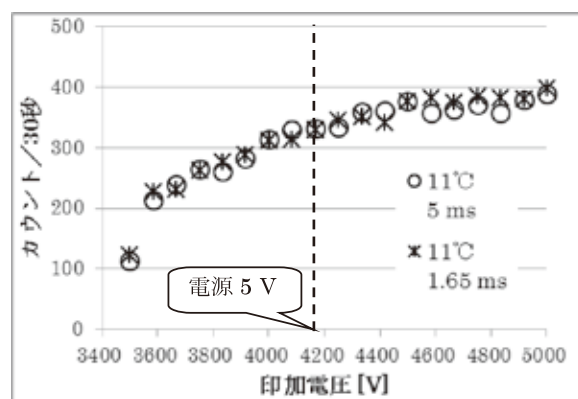


図 5 MSMV のパルス幅と計数特性

表 1 自然放射能測定の場合

線 源	計数率 [cpm]	
	手作り GM 管	市販の GM 管
マントル	2,293	3,817
カリ肥料	83	199
湯の花	41	141
BG	5	19

その時の GM 管印加電圧は 4,200 V となるので、GM 管使用時の印加電圧を 4,200 V に設定することとした。

GM 管の印加電圧を 4,200 V に設定し、種々の試料から放出される β 線を測定した結果を表 1 に示す。バックグラウンド計数率 (BG) が僅か 5 cpm と非常に低いため、湯の花やカリ肥料などから出る微弱な β 線でも高精度で検出可能なことがわかる。

4. おわりに

縫い針の一種 “とじ針” を陽極とし、エタノールクエンチングで動作する空気 GM 管は、誰でも簡

単に入手できる材料を使って容易に作るができる上、動作特性も市販の GM 管に劣らず優秀である。また、針陽極 GM 管特有の低バックグラウンドのため、天然の物質からの微弱な β 線の測定に有利なことから、中高生や一般人を対象とした放射線実習セミナーなどでの利用に適すると考えられる。

中部原子力懇談会では、平成 28 年の夏休みに開催する高校生並びに学校教員向け放射線セミナーで、新型の針陽極、空気-エタノール GM 管の製作を実施する予定にしている。

参考文献

- 1) 早川一精, 他, *Isotope News*, No.720, 46-50 (2014)
- 2) 早川一精, 他, *Isotope News*, No.740, 42-46 (2015)
- 3) Aoyama, T., et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **212**, 281-289 (1983)

(*¹ 名古屋大学,

*² 愛知工業大学,

*³ 中部原子力懇談会,

*⁴ 春日井市立松原中学校)