

GM計数管の基本的な性質を学ぶ、プラトー特性の実験（やや高度）

■プラトー特性とは

GM計数管の印加電圧と計数率の関係を言う。プラトーとは「平らなところ」という意味で、プラトーが広く、かつその傾斜が緩やかであれば、計測中の印加電圧の変動に対して計数率の変化が少なく、GM管の性能が良いとされる。

■GM計数管＝放射線による気体の電離作用

GM計数管は、主に β 線や α 線などの電離放射線による気体の電離作用と、高電圧によるガス増幅を利用した放射線検出器と言える。

「大気圧空気GM管」では、電離気体は主に空気であるが、10%程度のブタンガスが添加されている。ブタンガスは連続放電を防ぐ消滅ガスとして働くが、空気と同程度の平均電離エネルギーを持つことから、電離を促進する効果も併せ持つと考えられる。

印加電圧が増加すると、ガス増幅という電子なだれ現象を利用した機構により、検出パルスの波高が大きくなって検出域に到達する。さらに印加電圧が増加すると、「大気圧空気GM管」では、印加電圧が5000V程度と高いため、電離でできた陽イオンがカソードからたたき出す電子が加わることによる後発パルスが発生する。この後発パルスをそのまま計数すると、放射線1個の入射に対して、計数が複数になる問題があり、対策が必要になる。

■実験に必要な機材

日本科学技術振興財団では、中学高校レベルの放射線教育に適した理科実験ツールを開発しており、これまで7セグメントLED表示型GM計数装置などを使用した実験事例につい

て紹介してきたが、プラトー特性の実験では標準的なセットは用意されていない。

計数装置、GM管と線源に加えて、高電圧を測定する分割抵抗（高耐圧の1000M Ω 抵抗器と100k Ω 抵抗器を直列接続で、約1/10000にする）と内部抵抗2M Ω 以上のデジタル・マルチメータを用意する。

■プラトー測定は難しい

7セグメントLED表示型GM計数装置は、高電圧の発生に冷陰極放電管用の高電圧ユニットを利用しているため、約40kHzの原発振パルスが放射線検出パルスに対するノイズとなる欠点がある。そのままでは検出パルスの切り出しが難しいばかりでなく、印加電圧を変えると切り出しのレベルも変化するので、印加電圧と計数率の関係が一定しない。

その対策として、クリスタル・イヤホンと同程度の静電容量の22nFのコンデンサを並列に加えてパルス成形を行っているが、欠点としては、図-1のように、パルス波高が数10mVに激減するので、切り出しのレベル調節が微細になり、検出できる印加電圧の範囲が狭くなる。

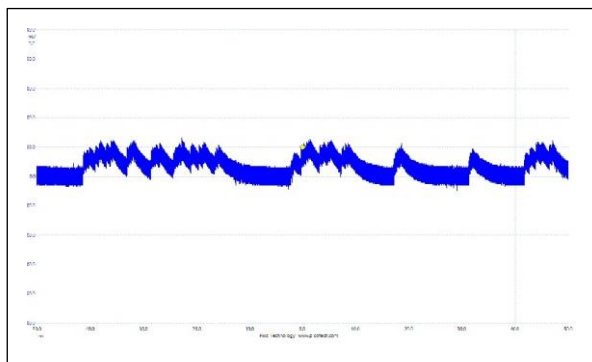


図-1 4700V のオシロ波形

さらに、後発パルスが多数発生する領域では、図-2のように、検出パルスが重なり合う結果、パルス幅が極めて大きくなって、計数の数え落としが増える。通常の放射線の実験では、後発パルスのない、低い印加電圧とすれば、問題はないが、プラトー特性の実験では調整が難しい。

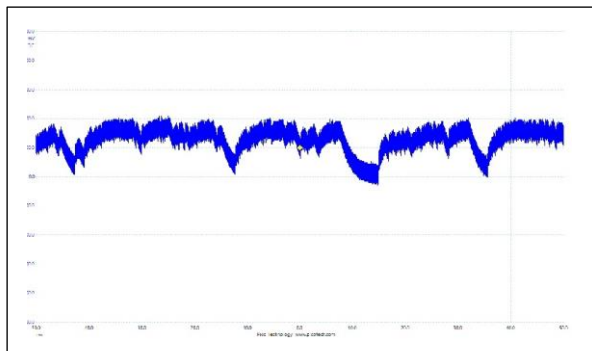


図-2 5020V のオシロ波形

■実験の方法

プラトー特性はやや高度な内容なので、一般的な理科の授業には向かないが、実験内容は簡単である。

実験操作は計数装置を起動させ、印加電圧を測定しながら印加電圧をパラメータとして、10秒率の計測を適宜、繰り返す。1条件で6回計数を繰り返し、印加電圧100Vごとに測定すれば、5条件で5分程度となるが、同様にバックグラウンドの測定も行うので、合計10分が必要となる。このバックグラウンドの測定を行わないと誤った結果に導く。

■実験結果の例

高校授業での実施例はない。以下は予備実験の結果である。

図-3のように、7セグメントLED表示タイプの場合は、印加電圧の設定が細かくできないので印加電圧が粗い設定になるが、プラトーの幅は100V程度とかなり狭いことが分かる。

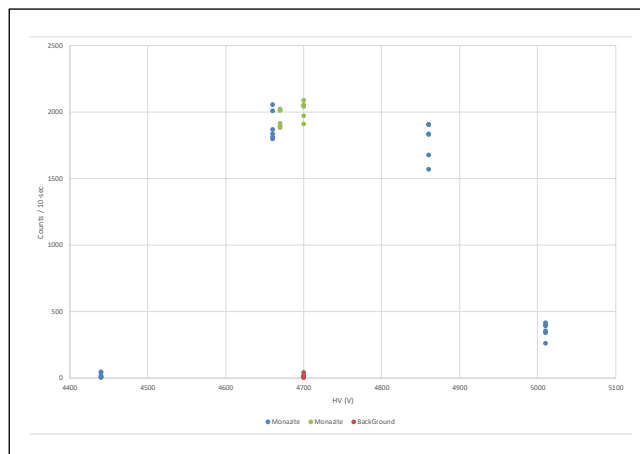


図-3 7セグメントLED表示タイプの結果

参考データとして、パラメータ実験で使用した統合型計数装置の例を紹介する。統合型計数装置ではブロック発振式の高圧電源を使用しており、原発振波形が異なる。(図-4)

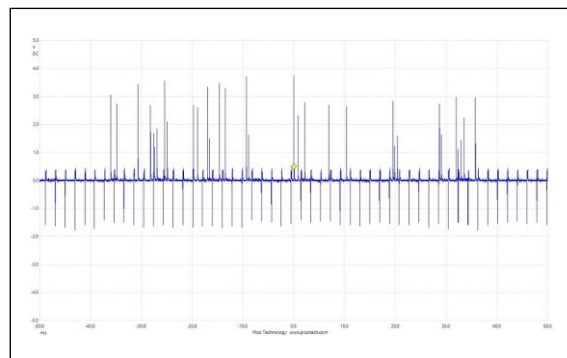


図-4 オシロ波形(5030V)

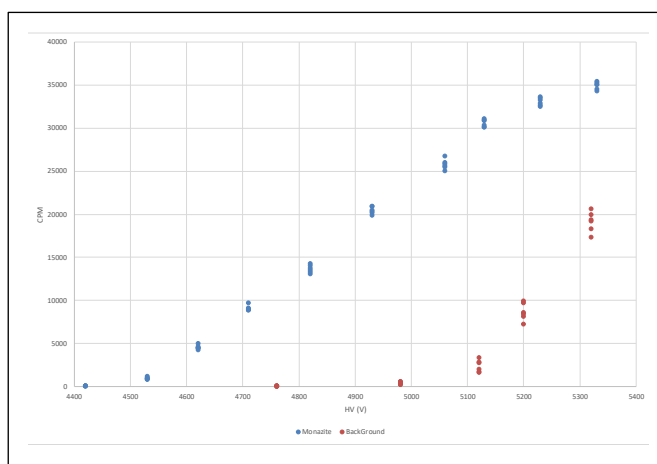


図-5 統合型計数装置の結果

見かけ上、プラトーが現れるが、バックグラウンドが急上昇しているため、正味計数率ではやはりプラトーは狭い。