

「大気圧GM管」は低エネルギーの X 線検出に適する

■「大気圧GM管」でX線を検出する

放射線教育では線源の入手が課題の一つとなっている。とくに放射線のエネルギーの違いを「大気圧GM管」を比例計数領域ないし制限比例領域で動作させて知ろうとすると、既に報告したように自然線源では難しい。そこで、人工線源の可能性を検討した。

■クルックス管と簡易高圧電源

クルックス管は、島津製作所製の十字板入りCG-X形を使用した。

高圧電源は14kV高電圧発生ユニットを組み込んだクルックス管用の簡易高圧電源を試作し、スイッチ付きの単三電池3本の電池ボックスを外部駆動電源とした。

この簡易高圧電源は、外部駆動電源の電圧を変えても高電圧はほとんど変化がなく、単に発振周波数が変化する特徴がある。外部駆動電圧を高くすると、クルックス管の明るさは増加するが、微弱 X 線のエネルギーはほとんど変わらない。仕様では1.5V駆動であるが、4.5V駆動で使用して輝度を確保している。4.5V駆動での放電距離は約17mmであることから、クルックス管の印加電圧は、約17kVと推定される。

印加電圧を変える方法としては、スパークギャップを設けて放電距離を変える方法があるが、印加電圧を高くするには簡易高圧電源を直列接続する方法がある。全体を絶縁体の上に設置する必要があるが、簡単に約2倍の高電圧が得られる。実際には2段直列で放電距離25mm程度が得られた。なお、インダクションコイルを使用する場合は、スパークギャップで同様の対処ができると思われる。

■装置の問題点と対策

「大気圧GM管」は放電を信号として捉える装置であり、自身の高圧電源回路の発振もノイズ源となっている。クルックス管自体も放電管であり、使用した高電圧発生ユニットもまた発振回路である。このように随所にノイズ源があるため、対策が必要となる。計数の場合は閾値処理をして、低い電圧レベルのノイズを除去するが、信号の電圧レベルがノイズと同程度の場合は、工夫がいる。

パルス波高分析では、信号の電圧レベル毎（チャンネルという）の処理ができるため、ノイズのパルス波高分布が目的とする信号のパルス波高分布と分けられる場合はノイズの消去が可能となるが、クルックス管とその駆動高圧電源からのノイズは目的とする信号と重なるため、さらなる工夫が求められる。

クルックス管の駆動高圧電源がインダクションコイルであっても事情は変わらないが、高電圧は直流ではなく、短時間の交流パルスが35msec程度の短周期で反復する。正負のパルスで構成されるので、実際は X 線がクルックス管の両端で発生している。

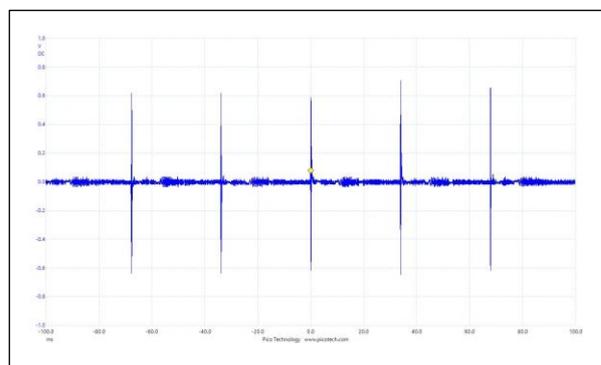


図-1 検出パルスの例

この交流パルスから見て、クルックス管から出る微弱 X 線のエネルギーには分布があると考えられる。また、どのタイミングで X 線が発生しているのかも分かりにくい、発振とほぼ同時に、やや遅れて発生しているように見える。

クルックス管からの放電信号をオシロスコープで観察すると、規則的に表れるやや大きなパルス (図-2) が観測された。このパルスは 0.5mm 厚の鉛板でシールドできる (図-3) ことから、これが X 線のパルスと推察された。このパルスはクルックス管の放電パルスから遅れて出ることになったため、パソコンのプログラムで負パルスをトリガーとして約 100msec の遅延処理をすることとした。

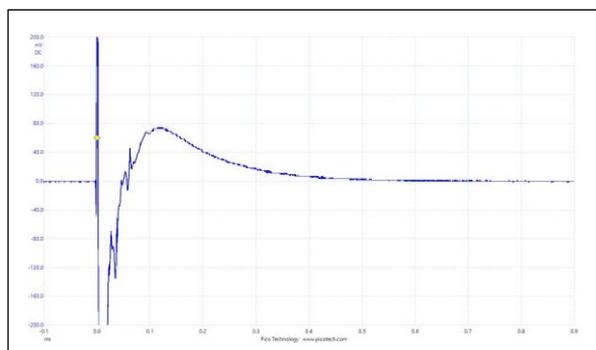


図-2 鉛遮へいのない場合

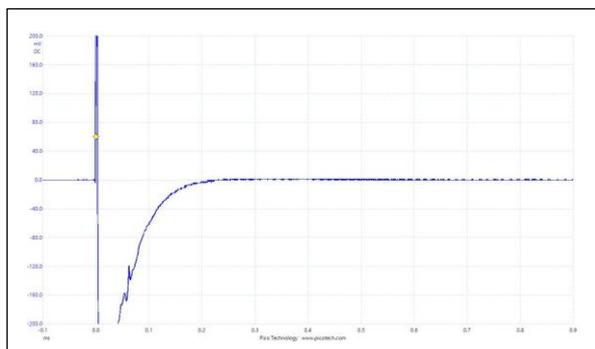


図-3 鉛遮へいをした場合

■実験例

タブレットを検出・表示装置として利用する「大気圧 GM 管」のプロトタイプを高圧電源として使用した。密閉型 GM 管 (10%ブタン-空気、大気圧) からの出力を、精密可変抵

抗器のアッテネーターとゲイン 5 倍の自作アンプを介してパソコンに入力した。アッテネーターは、オシロスコープにより 1kHz の三角波でパルス波高とバーニア・ダイヤルの読みが比例することを確認したほか、アンプについても同様の方法でゲインを決めた。GM 管にはステンレスメッシュで電磁シールドして接地し、電源からのノイズを低減させた。

パルス波高は、GM 管からの出力を音声信号としてパソコンのマイク端子に入力し、+60dB (約 1000 倍) に増幅した信号を Visual Basic 6 で作成したプログラムで処理して求めた。音声信号のサンプリング周波数は 44.1kHz (分解能は約 23 μsec) で、5.8msec ごとにサンプリングを繰り返し、最大値をパルス波高として記録している。

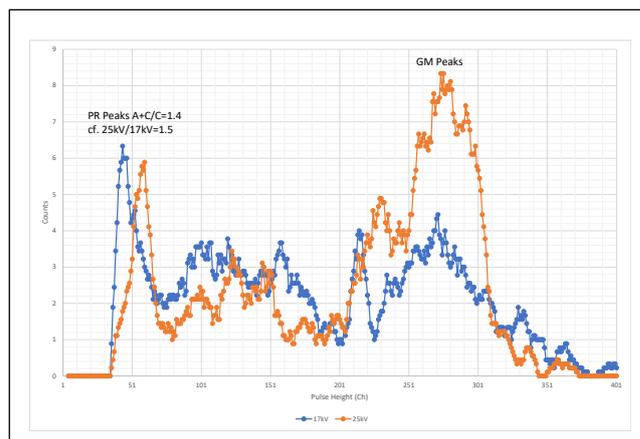


図-4 放電距離 17mm と 25mm の比較

図-4 は簡易高圧電源を 1 段で使用した場合と直列 2 段で使用した場合のパルス波高分布を比較した例である。右のピークは GM モードで、中間はノイズと思われるが、左のピークは比例ピークとなっている。赤 (約 25kV) のピークと青 (約 17kV) のピークとでは、チャンネル比で約 1.4 であり、 $25\text{kV}/17\text{kV}=1.5$ に極めて近い値が得られた。

「大気圧 GM 管」では自然線源では困難なエネルギー分析が、クルックス管からの微弱 X 線では可能になることが示された。