

圓形放射狀偏向에 의한 放射線計測用 記錄裝置

(A Recording System For Nuclear Radiation Detection By Means Of Circular Radial Deflection)

李 熙 溶*

(Lee, Hee Yong)

要 約

圓形放射狀偏向의 記錄方式을 利用한 放射線計測裝置로서 그 裝置內容과 計測에의 應用例를 記述하였다. 裝置의 電子管回路에 있어서 特殊한 乘算回路를 案出 하므로써 圓形時間軸 뿐만 아니라 그 위에 나타난 펄스의 直線性도 잘 考慮되었다. 論理回路에 依해서 1사이클동안만 밝게하고 다음의 數사이클 동안을 어둡게 하므로써 放射線에 의한 랜덤 펄스를 圓形時間軸上에 나타내어 이것을 寫眞으로 記錄할 수 있게 하였다. 本裝置는 短壽命核種의 減衰曲線과 그 波高分布曲線을 얻는데 適當한 것이다.

ABSTRACT

In this article, a recording system for nuclear radiation detection by means of circular radial deflection as an instrument and its applications are described. In the electronic circuit of the instrument, the linearity of a deflected pulse on a circular sweep is especially contrived by employing a multiplying circuit, not to mention the one of a circular time base itself. A sequence of random pulses was recorded on a circular sweep of the CRT screen by means of one cycle unblanking due to a logic circuit. It seems that the instrument is suitable for measuring a decay curve of a short-lived nuclide and its pulse spectrum

1. 序 論

CRT의 스크린상에 圓形放射狀偏向을 直線性 좋게 發生 시키기 爲해서 眞空管 5725가 가지는 特殊한 特性이 活用되었다. 光點을 圓形으로 1廻轉 시키자면 周知하는 바와 같이 1사이클의 正弦波電壓과 이와 90度 位相差를 가진 코사인 波電壓 1사이클이 同時에 必要하다. 光點은 正弦波電壓 1사이클로 正確하게 1廻轉 하는 故로 이때 正弦波電壓의 周波數는 圓形走査의 時間軸 周波로 볼 수 있다. 放射線에 의한 一連의 랜덤 펄스를 1廻轉圓上에 放射狀으로 나타내어 이 瞬

間 동안 光點을 밝게 하기 爲해서 트랜지스터化 된 論理回路를 使用하였다. 即 1사이클 동안을 밝게 하고 (One Cycle Unblanking(,)※) 다음 數사이클 동안을 어둡게 하므로써 밝게한 瞬間에 1廻轉圓上에 나타난 一連의 랜덤 펄스를 그 앞에 나타난 것과 重疊시키지 않고 눈으로도 볼 수 있으며 寫眞으로도 記錄할 수 있게 하였다. 本裝置의 應用에 있어서는 短壽命核種의 하나인 B_n-137m 의 減衰曲線과 그 波高分布曲線의 測定이 試圖되었다. 앞으로 필립의 1廻轉이 1個식의 트리거 펄스로 움직이는 카메라가 開發된다

*原子力研究所 電子工學研究室 正會員

Electronics Div. Atomic Energy Research Institute

(註) ※文獻에는 One Cycle Brightness로 되어 있음
(接受日字 1966. 7. 8)

던 Milli-sec Order의 半減期와 이에 따른 波高 分布도 測定할 수 있을 것이다.

2. 裝 置

가. 概 要

回路全體의 詳細한 系統圖는 그림 1에 表示되어 있다. 檢出器는 Well Type인 Na₁ 크리스탈로서 그 Scintillation Efficiency는 約 80%이다. Photomultiplier Tube는 2"徑인 Du Mont 6292型이며 前置增幅器와 함께 鉛으로 遮蔽된 Sample

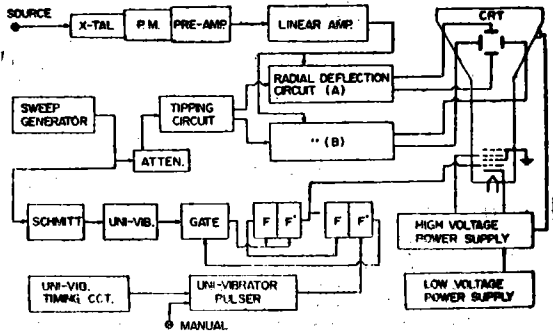


그림 1. 本裝置의 詳細한 系統圖
(Fig 1. Detailed Block Diagram of the Recording System)

Changer內에 있다. 線型 增幅器는 上昇時間 (rise time)이 0.2 μ sec, Decay Time이 約 2 μ sec인 Non-overloading Type이다. CRT는 e^{-80t}의 殘光性을 가지는 5CP1型이며 綠色으로서 減衰가 빠른 편이다. Sweep Generator에서 나온 正弦波電壓은 Tipping Circuit와 Schmitt Trigger 回路에 各各 同時에 印加된다. Tipping Circuit는 R, C로된 位相遷移回路(phase shift circuit)

이다. 自動 或은 手動으로 論理回路가 刺戟될때 正弦波의 1周期과 같은 時間幅을 가지는 一個의 Unblanking Voltage가 CRT의 그릿드에 印加되도록 되어 있다. 放射狀偏向回路(radial deflection circuit) (A)와 (B)는 同一한 種類이다. 이 (A), (B)回路內의 四個의 乘算回路가 CRT의 스크린上에 圓形放射狀偏向을 나타내는 主要한 役割을 한다.

나. 乘算回路의 特性

그림 2는 1對의 乘算回路를 包含하는 한쪽의 放射狀偏向回路를 表示한다. 正弦波 및 餘弦波와 周期的인 펄스로 構成된 圓形放射狀偏向의 形態와 그 벡터關係는 그림 3과 같다.

여기에서

δ : 2對의 푸시풀乘算回路에 印加된 入力 펄스의 높이(實際로, 乘算回路의 利得은 無視될 程度임)

α : 圓形時間軸上에 δ 에 依해서 增幅없이 偏向된 펄스의 높이

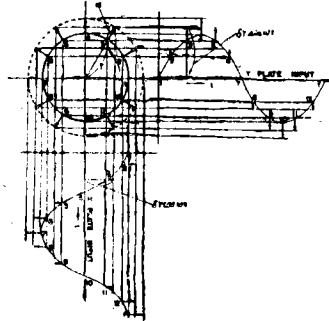


그림 3. 圓形放射狀偏向形態와 그 벡터關係圖
(Fig 3. Illustration of a Circular Radial Deflection Form and Its Vector Relation)

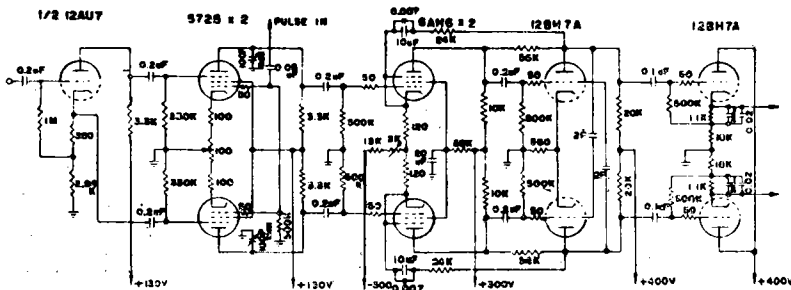


그림 2. 한쪽의 放射狀偏向回路
(Fig 2. One Side of the Radial Deflection Circuit)

r ; 圓形時間軸의 半徑

이라고 하면 다음과 같은 關係가 있다.

$$a = r(\delta - 1)$$

即 圓形放射狀偏向의 形態는 2個의 乘算波形式으로 構成되어 있는 것을 알 수 있다. 이와 같은 波形을 나타내기 爲해서 眞空管 5725의 다음과 같은 特性을 利用해서 乘算回路를 構成시켰다.

어떠한 바이어스電壓 E_{G3} 에 있어서 적은 正弦

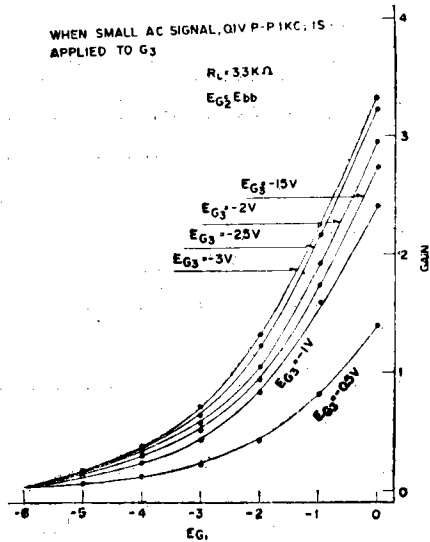


그림 4. 5725增幅段에 있어서의 利得과 E_{G1} 과의 關係 (Fig 4. Relation between the Gain and E_{G1} at a 5725 Amplifier Stage)

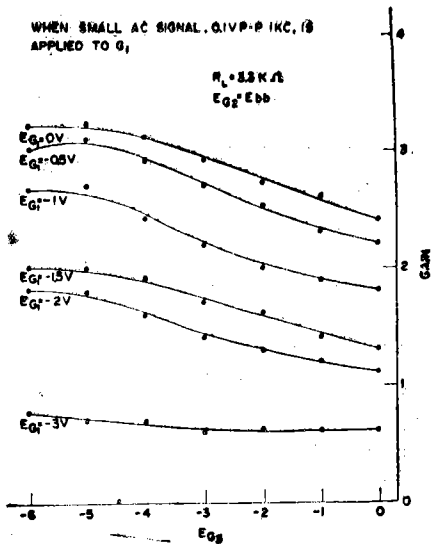


그림 5. 5725增幅段에 있어서의 利得과 E_{G3} 과의 關係 (Fig 5. Relation between the Gain and E_{G3} at a 5725 Amplifier Stage)

波電壓이 G_3 에 印加될때 利得과 E_{G1} 의 關係는 그림 4와 같다. E_{G3} 을 1種의 파라메터로 할때 그림과 같은 여러 曲線이 그려진다. 이 曲線中 하나의 直線性인 區域에서 볼때 電壓利得은 E_{G1} 의 變化(或은 e_{G1})에 比例하고 있다. 따라서 利得과 e_{G1} 의 關係는 다음과 같다.

$$A_1 = K e_{G1} \dots\dots\dots (1)$$

또한 어떠한 바이어스電壓 E_{G1} 에 있어서 적은 正弦波電壓이 G_1 에 印加될때 利得과 E_{G3} 의 關係는 그림 5와 같다.

이때는 利得의 變化가 매우 적은 故로 出力正弦波電壓 e_o 와 e_{G3} 의 關係는 다음과 같다.

$$e_o = A_1 e_{G3} \dots\dots\dots (2)$$

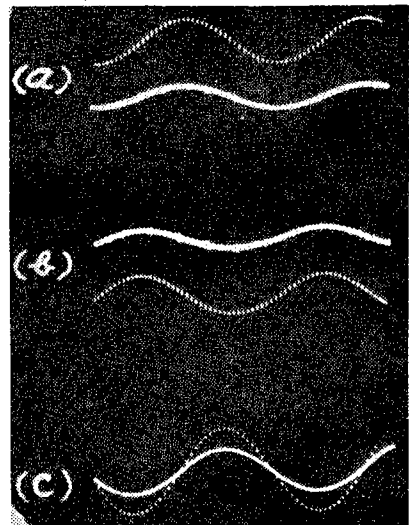
여기서 e_{G3} 는 E_{G3} 의 變化를 意味함. 따라서 (1)과 (2)로 부터

$$e_o = K e_{G1} e_{G3} \dots\dots\dots (3)$$

(3)式은 e_o 가 e_{G1} 과 e_{G3} 의 相積에 比例하는 것을 表示한다. 即 이것은 乘算回路라고 볼 수 있다. 그리고 앞에서 말한 바와 같이 出力電壓은 各瞬間에서 兩電壓의 相積으로 되어 있다. 그러나 펄스 1個의 크기는 A_2 로 表示될 G_1 의 利得에 依한 增幅成分을 包含하고 있어야 한다. 따라서 出力電壓 e_o 는 다음과 같이 表示된다.

$$e_o = A_1 e_{G3} + A_2 e_{G1} \dots\dots\dots (4)$$

따라서 e_o 는 乘算成分과 加算成分의 兩成分으로

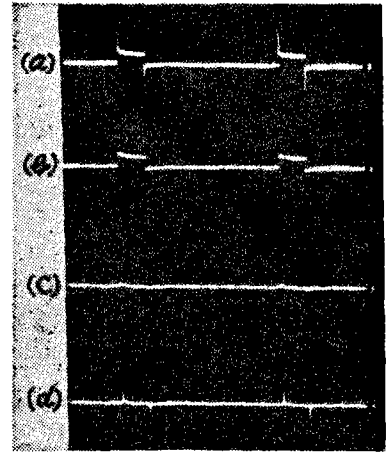


寫眞 1. 5725푸시풀乘算回路의 兩端子에 있어서의 出力電壓의 狀態

(Photo 1. State of Output Voltage at both Terminals of the 5725 Push Pull Multiplying Circuit)

構成되어 있다. 寫眞 1은 (4)式的 狀態를 表示하고 있다. (a)와 (b)는 各各 5725푸시풀회로의 兩端子에 있어서의 出力電壓의 狀態를 나타내고 있으며 各各 兩쪽成分을 包含하고 있다. (a)와 (b)가 同時에 差動增幅器에 印加될 때 그 出力電壓은 (c)와 같이 된다. 이것은 兩쪽의 加算成分은 同相信號(Common-mode Signal)로서 서로 相殺되고 乘算成分은 逆相信號로서 倍加되었다는 것을 意味한다. 그림 2에 表示된 6AH6差動增幅器에 있어서 同相信號인 各 5725로부터의 A_2e_{g1} 項은 서로 相殺되고 一面 逆相信號인 各 5725로부터의 A_1e_{g3} 項은 倍加된다. 두개의 Common-mode項의 效果的인 相殺作用을 얻기 爲해서 $A_1/A_2 = -g_m R_k$, 即 同相抑壓比(Common-mode Rejection Ratio⁽³⁾)를 適切히 하고자 -300Volt인 負供給電壓을 通해서 알맞은 Common Cathode Resistance인 R_k 의 値를 얻었다. 5極管 6AH6은 g_m 의 値가 매우 큰 故로 上記한 目的에도 알맞지만 좋은 直線性을 얻기 爲해서 終段一帶에 多重負歸還을 거는데도 이와 같은 Figure of Merit가 높은 管은 適切한 것이다. 同相信號의 相殺作用은 1對의 偏向板에서도 일어난다. 다만 여기에서 差動增幅器를 使用한 것은 同相信號를 最終段까지 增幅시키지 않고 逆相信號의 보다 큰 Dynamic Range를 얻기 爲한 것이다.

圓形時間軸上에 彎曲이 없는 直立된 펄스의 偏向을 얻기 爲해서 4個의 乘算회로의 各 陽極 쪽에다 Capacitive Balance를 取해야 했다. 이것은 회로의 周波數帶域을 좁히는 結果가 되는 故로 一種의 低域濾波器이다. 各 乘算회로에 있어서의 上昇時間의 差는 두種의 信號의 더 높은 周波數成分에 있어서 若干의 位相遷移(Phase Shift)를 가져오게 된다. 따라서 이것이 圓周上에 偏向된 펄스에 彎曲을 주게되는 原因이 된다. 實驗結果에 依하면 圓形放射狀偏向의 願하는 形態를 나타내기 爲해서는 4個의 乘算회로가 모두 均等히 容量의 으로 平衡되어야 한다. 寫眞 2는 正確하게 調整된 오셀로스코프의 Differential Plug-in Unit에 連結된 1對의 乘算회로에다 階段電壓(Step Voltage)을 印加했을 때 일어난 Capacitive Balance 및 其他의 反應을 表示한



寫眞 2. 1對의 乘算회로에 있어서 容量平衡과 其他를 表示하는 階段電壓에 依한 反應
(Photo. 2. Response due to a Step Voltage at a Pair of the Multiplying Circuit Showing the Capacitive Balance and Others)

다. 反應(a)는 Capacitive Unbalance를 나타내는 것으로서 두개의 Over-shoot가 보인다. 反應(b)는 各 可變容量을 調節함으로써 Over-shoot가 없어진 것이며 容量平衡이 取해진 狀態를 表示한다. 그리고 階段電壓의 높이는 加算成分의 不平衡된 狀態를 表示한다. 反應(d)는 加算成分은 平衡 되었으나(이때는 Cathode Balancing Resistor인 100Ω P. T.를 調節함) 一面 容量平衡은 어그러져 있다. 反應(C)는 兩作用의 完全한 平衡을 나타내고 있다. 그러나 적은 指數函數型으로된 一種의 스파이크(Spike)가 아직도 남아 있는 것이 보인다. 이와 같은 無視못할 時定數는 1對의 乘算회로內의 各 眞空管의 Cathode Interface Resistance⁽⁴⁾ (R_i)에 起因된 것임을 알 수 있다. 周知하는 바와 같이 R_i 의 主要作用은 實效的인 Transconductance가 g_m 值에서 $g_m / (1 + g_m R_i)$ 值로 變하는 것인 故로 一種의 利得의 損失로 볼 수 있다. 이 乘算회로는 全의 으로 g_m 의 變化에 依存한 것이므로 若小한 實效的인 g_m 值의 減小은 적지 않은 影響을 가져오게 된다. 또한 이러한 作用은 이와 같은 眞空管을 使用하는 限 避할 수 없는 것이다. 이 作用은 또 한 圓形時間軸上에 나타나는 펄스의 直線性的인 再現에 若干의 좋지못한 原因이 된다.

다. One Cycle Unblinking用 論理回路

그림 6은 One Cycle Unblinking用 論理回路의 構成圖와 各 펄스의 時間關係圖로 되어 있다. 圓形時間軸을 發生시키는 正弦波電壓은 同時에 Schmitt Trigger回路에 印加된다. 여기서 나온 出力펄스는 좁은幅의 負펄스를 얻기 爲해서 다음의 Uni-vibrator에 주어진다. 1面 1個의 正펄스가 手動 或은 自動으로 Uni-vibrator Pulsar에서 發生되도록 되어 있다. 自動用인 Timing回路는 商用周波數에 依해 刺戟되어 各種類의 Timing Pulse를 낼 수 있는 一種의 Uni-vibrator이다. Flip-Flop A의 F'側은 恒常 Off狀態로 있다. 이것은 npn 트랜지스터로 되어

어 있는 故로 1個의 正펄스가 F'側에 주어지면 On狀態가 된다. 이때 Gate가 열리게 된다. Gate가 열리면 Uni-vibrator로 부터 1連의 負펄스가 正弦波時間軸周波의 1周期와 同一한 間隔을 두고 Flip-Flop B에 주어진다. Flip-Flop B의 F'側은 恒常 On狀態인 故로 처음의 負펄스 1個가 印加되면 F'側은 Off狀態가 된다. 이瞬間에 Unblinking電壓이 CRT의 Grid에 印加되게 된다. 다음의 負펄스가 하나 더 주어지면 Flip-Flop B는 다시 反轉하게 되고 F'側은 On狀態로 돌아가며 F側은 Off狀態가 된다. 이瞬間에 F側으로 부터 1個의 正펄스가 Flip-Flop A의 F側으로 가서 이것을 反轉시키는 故로 Flip-Flop A의 F'側은 Off狀態가 된다. 이와 同時에 Gate는 닫히게 된다. 結果적으로 1個의 Unblinking用信號가 正弦波時間軸周波의 1周期동안 CRT의 그릿드에 印加된 것이 된다. 實際의 트랜지스터化된 論理回路의 結線圖는 그림 7에 表示된 바와 같다. Flip-Flop B의 콜렉터電壓은 比較的 낮은 故로 必要한 Unblinking電壓을 얻기 爲해서 트랜지스터 2SC15를 使用하여 1段을 增幅하였다. 또한 CRT의 그릿드에 對해서 임피던스變換의 Buffer役割로서 1段의 Emitter Follower를 두었다. Gate는 4個의 다이오드1N38과 3個의 抵抗으로 構成되어있다. Flip-Flop A의 F'側이 Off狀態일때 上側의 2個의 다이오드는 逆方向으로 바이어스되는 故로 Flip-Flop B는 入力 펄스에 對해서 不感해진다. Flip-Flop A의 F'側이 On狀態일때는 接地된 10k Ω 抵抗에 나타나는

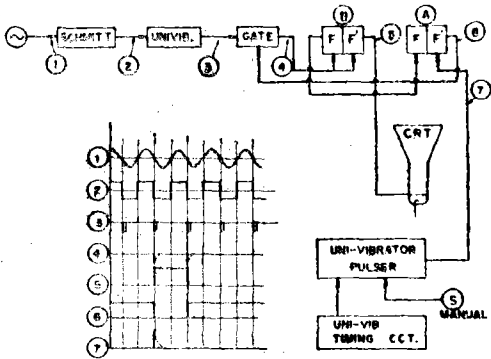


그림 6. 밝은 1회轉圖을 얻는 論理回路의 構成圖와 各 펄스間的 時間關係圖
Fig. 6. Schematic Diagram and Its Time Chart of One Cycle Unblinking Logic Circuit

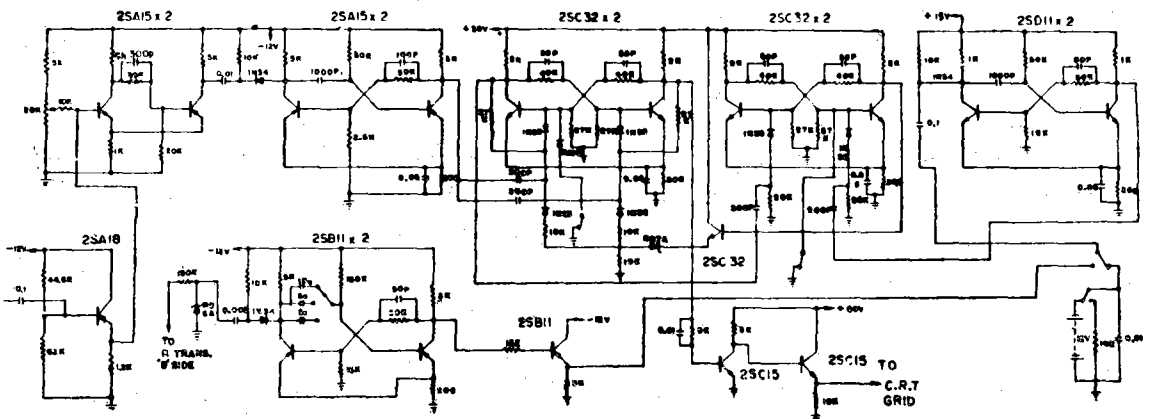
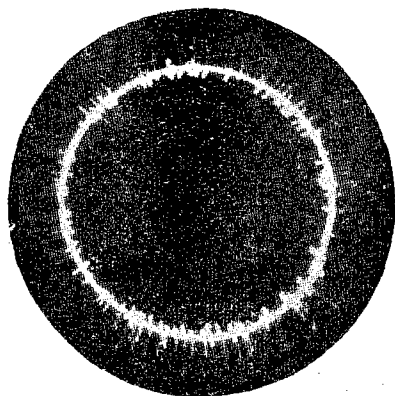


그림 7. 트랜지스터化된 밝은 1회轉圖을 얻는 論理回路의 結線圖
(Fig. 7. Connecting Diagram of the Transistorized Logic Circuit for One Cycle Unblinking)



寫眞 3. B_a-137m를 使用해서 記錄시킨 寫眞
(Photo 3. a Recorded Photograph due to B_a^{137m})

電壓이 零인故로 上側의 2個의 다이오드는 導通 狀態가 되어 Flip-Flop B는 入力펄스를 받아드리 게 된다. Zener Diode RD-7A는 Flip-Flop A의 바이어스電壓이 Gate에 미치는 影響을 除去하는 役割을 한다.

3. 應 用

가. 短壽命核種 B_a-137m의 減衰曲線測定

C_o-137에서 分離시킨 Isomer인 B_a-137m의 減衰曲線測定이 試圖되었다. 試料(Sample)內의 不純物은 10⁻³보다 적었다. Back-ground Counting 은 1廻轉圓上에서 이것에 起因된 펄스의 數가 매우 적은 故로 無視하였다. 寫眞 3은 B_a^{137m}의 減衰曲線을 얻기 爲해서 本裝置에서 記錄시킨 一連의 寫眞中의 1枚를 나타내고 있다. 時間軸 周波로서 150사이클을 使用한 故로 光點이 1廻轉圓을 그린 時間은 0.0067秒이다. 그리고 15秒 間隔의 撮影으로 39枚의 필름에 記錄시킨 故로 記錄만으로 所要된 時間은 不過 0.26秒이다. 그림 8은 測定된 結果를 나타내고 있다. 相當히 높은 計數率이라는 것을 알기 쉽게 하기 爲하여 秒當으로 計算된 펄스의 數를 右側에 表示하였다. 本裝置의 Resolving Time은 約 3μsec로 推算된다. 寫眞 3에서 表示된 바와 같이 1群의 Overlap된 펄스의 狀態는 容易하게 그 하나 하나를 區別할 수가 있다. 即 放射線에 의한 두個의 粒子사이가 3μsec以上된 것은 빠짐없이 記錄된 것이다. 이것이 本曲線의 Activity가 높은

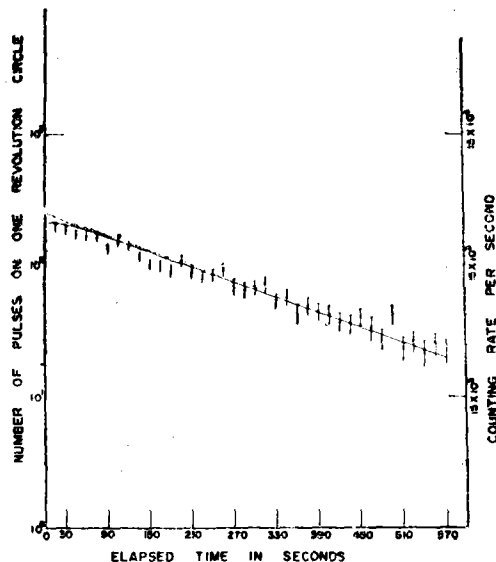


그림 8. 短壽命核種 B_a^{137m}의 減衰曲線
(Fig 8. Decay Curve of a Short-lived Nuclide B_a^{137m})

쪽에 있어서 比較的 計數損失이 적게되어 있는 主要한 理由가 될 것이다. 一面 普通의 스케일 리(Scaler)에 있어서는 Resolving Time의 範圍 內外에 集結된 1群의 펄스는 大概 1카운트로 計數되기 쉬운 것이다. 本減衰曲線은 核種B_a^{137m}의 半減期가 2.6分인것을 나타내고 있다.

나. B_a^{137m}의 波高分布曲線測定

上記한 B_a^{137m}의 減衰曲線을 얻기 爲해서 記錄시킨 39枚의 寫眞을 分析하므로써 그 波高分布曲線을 그릴 수 있게 되었다. 1廻轉圓上의 펄스의 數를 그 높이別로 分類하였다. 即 最高波高의 펄스를 13Channel로 分割시킨 單位長을 基準으로 하여 各 펄스의 높이와 그 數를 1廻轉圓式 分類하였으며 39枚의 寫眞을 모두 이와 같이 分類해서 이 Data表를 作成하였다. 寫眞은 擴大된 큰 것을 使用했으며 正確한 Divider를 使用해서 펄스 하나 하나의 높이를 測定하고 그 數를 새어서 作成한 것이다. 이 Data表를 利用해서 Semi-log의 그래프用紙上에 하나의 Histogram을 그렸다. 一面 Single Channel Analyzer를 利用해서 C_o¹³⁷-B_a^{137m}의 波高分布曲線을 얻은 다음 이曲線上에 13個의 縱線을 그려서 또 하나의 Histogram을 그렸다. 이 Histogram의 各 높이는 또 하나의 前者와 같은 Scale의 用

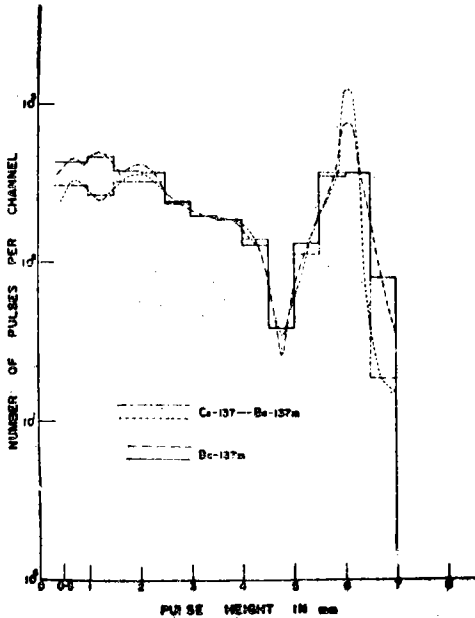


그림 9. Ba^{137m} 와 $Cs^{137}-Ba^{137m}$ 의 波高分布의 比較
(Fig 9. Comparison of Pulse Height Distribution for Ba^{137m} and $Cs^{137}-Ba^{137m}$)

紙上에 다시 Plot되었다. 이 두개의 Histogram을 比較하여 본結果 그림 9에 表示된 바와 같이 前者는 後者和 매우 비슷하게 一致된다는 것을 알게 되었다. 이結果는 線型增幅器에서 나온 랜덤 펄스가 거의 Dead Time Loss가 없이 그대로 각 1廻轉圓上에 나타나서 寫眞으로 記錄되었다는 것을 意味한다. 그리고 또한 特記할 것은 Channel數가 적기때문에 Resolution은 比較的 낮지만 이 波高分布曲線은 매우 짧은 測定時間을 通해서 얻어 졌다는 事實이다. Ba^{137m} 로부터의 0.66MeV 7線에 對해서 Full Width at Half Maximum으로 定義된 Photopeak의 Energy Resolution은 約 35%이다. Energy가 낮은 쪽은 각 펄스의 높이를 正確하게 區別하기가 困難한 故로 이것이 原因이 되어 두曲線의 Energy가 낮은쪽에 있어서 적은 齟齬가 나타나 있는 것을 볼 수 있다. 大概 이 區域은 無視해도 無關하다. 그러나 萬一 他核種의 境遇에 이와 같은 낮은 Energy의 區域에 (例컨대 C^{14} 와 같은 境遇) Photopeak가 存在할때는 Linear Amplifier와 Circular Radial Deflection Circuit 사이에 Logarithmic Attenuator⁽⁵⁾를 挿入 하게되면 이 區域을 校正시키는데 效果의인 役割이 될 것이다.

4. 考 察

本裝置 및 그 測定法은 다음과 같은 特徵이 있다고 볼 수 있다.

- 全系統의 分解時間에 依存되지만 Overlap된 펄스群도 寫眞上에서 일일이 區別할 수 있는 故로 Dead Time이 거의 없다는 點.
- 매우 짧은 測定時間을 通해서 減衰曲線과 波高分布曲線을 얻을 수 있다는 點.
- Back ground에 因해서 1廻轉圓上에 나타나는 펄스의 數는 無視될 程度로 적다는 點.
- 필름을 일일이 印畫할 必要없이 그냥 擴大하여 多數의 同心圓 눈금이 그려진 스크린상에 비쳐서 分析하면 보다 많은 Channel數 (100 Channel 程度까지)를 얻을 수 있으며 安定되고 容易한 分析을 할 수 있다는 點.

短壽命核種의 減衰曲線과 波高分布曲線을 얻을 수 있는 他裝置에 比較해서 本裝置의 展望을 論해보면 다음과 같다.

- Memory Cycle이 $7\mu\text{sec}$ 이고 Address Advance Signal의 Repetition Frequency가 100Mc이며 Channel數가 2000인 最新式의 Multi Channel Pulse Height Analyzer라도 $27\mu\text{sec}$ 의 Dead Time은 있으며 數秒以下の 測定時間으로는 波高分布曲線을 얻을 수 없으나 本裝置는 이것을 可能하게 할 수 있다는 點.

- $n+1$ 個의 Discriminator와 n 個의 Anti-coincidence로된 Multi Sorter와 또한 n 個의 Multi Scaler方式으로 測定할 境遇에는 本裝置의 Blanking Time동안 計數 못한 部分까지 모두 計數할 수 있는 長點이 있다. 그러나 Channel數를 많이 얻고저 할 수록 Expander Amplifier의 Gain-Band Width Product가 問題가 되며 또한 Scaler의 分解時間도 매우 짧은 것이라야 한다.

Channel數가 많을 수록 裝置가 너무 巨大하여지는 故로 普通 30⁽⁶⁾ Channel程度로 制限하고 있다. 따라서 이方式은 本裝置에 依한 測定法에서 필름을 擴大하여 보다 많은 Channel數를 얻는데 比하면 매우 高價인 方式이라는 點.

다) 오실로스코프에 依해서도 本裝置의 測定 方法과 같이 間歇的으로 One Sweep Unblinking 方式을 取해서 寫眞으로 記錄할 수 있다. 그러나 直線時間軸의 長이는 圓形의 그것에 比해서 約 $1/\pi$ 이되어 Event의 數가 적어지며 그 代身 Unblinking하는 頻度を 올리자니 螢光膜의 殘光時間때문에 制限을 받게 된다. 寫眞上의 펄스計數에 있어서도 圓形放射狀알때에 比해서 같은 頻度の Random Pulse라도 林立狀으로 되어 그 區別이 쉽지 않다. 特히 Display된 펄스의 鮮明度는 乘算回路의 利用으로 펄스의 二成分이 Vector Sum의 形態로된 本裝置의 그것에 比해서 매우 稀微하다.

라) 本裝置는 오실로스코프때와 달라서 螢光膜의 殘光時間은 가장 짧은 e^{-10^6} 型으로 할 수 있고 圓形時間軸周波數는 100kc程度까지는 無難히 使用할 수 있다. 一面 秒當 100 駒以上씩 적을 수 있는 高速攝影機는 이미 實用化되고 있는 故로 一駒間當 Trigger Pulse 一個씩을 카메라쪽에서 發生시켜 이 펄스로 One Cycle Unblinking을 시키며 Delay Line에 依해서 펄스의 幅을 좁혀서 1廻轉圓上에 計數可能할 程度의 펄스를 Display시킨다면 Milli-sec Order의 半減期와 그때의 波高分布를 알아낼 수 있다고 생각한다.

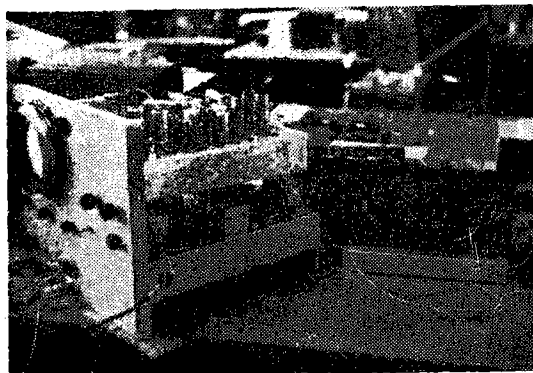
以上과 같은 諸點에서 볼때 短壽命核種의 分析研究을 爲해서 本裝置는 보다 더 實用性있게 開發될 價値가 있다고 생각된다. 特히 매우 短

壽命의 測定目的으로 向할 境遇에는 本裝置內의 乘算回路의 Capacitive Balance는 周波數帶域을 좁히는 作用을 하는 故로 이點 잘 Balance된 5725眞空管이 使用되어야 할 것이며 直線性을 考慮한 特性을 얻도록 해야 할 것이다. 兼해서 直線性만은 매우 좋다는 見地에서 Radar의 P. P. I⁽⁷⁾와 J Scope用인 Double Conical CRT인 ET-5000을 使用해서 實驗해 보았으나 이 CRT는 Input Impedance가 낮고 Electron Beam Current가 比較的 큰 故로 圓形放射狀偏向에 있어서 펄스의 鮮明度를 얻을 수 없었으며 乘算回路를 使用한 本裝置方式보다 나은 것이 될 수 없다는 點을 確認할 수 있었다. 寫眞 4와 寫眞 5는 本裝置의 組立場面과 測定場面을 보여주고 있다.

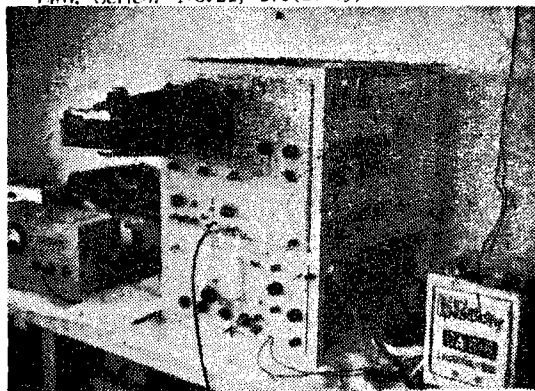
끝으로 本裝置組立에 物心兩面으로 協助를 아끼지 않았던 日本原子力研究所의 天野昇·若山直昭 兩氏에게, 回路開發과 計測研究에 助言해 주신 日本早稻田大學의 廣田友義·田中末雄, 伏見弘 諸教授와 黑澤龍平助教授에게, 本研究의 始初부터 여러面으로 協助 해주신 韓國原子力研究所電子工學室員 一同에게 感謝의 뜻을 表하는 바이다.

參 考 文 獻

- (1) Desi, S., Naray, Z: Acta Phys Hunger, 5(No. 1), 86(1955).
- (2) Kotea, Y: "Fluorescence and Its Applications", P. 73, (1955), Ohm Co Tokyo.
- (3) Milliman, J, Taub, H. "Pulse and Digital Circuits", P. 26, (1956), McGraw-Hill.
- (4) Eisenstein, A.: J. Appl Phys, 22, 139(1951).
- (5) Nail, C. D.: Electronics, Nov. 15, 47(1963).
- (6) Miura, I., et al.: "Nuclear Radiation Measurements", Physics Series, No. 7, 274(1962), Shokabo Co. Inc, Tokyo.
- (7) Ivan, A., et al.: "Electronic Instruments" Rad Lab. Series. No. 21, 175(1948), McGraw-Hill.



寫眞 4. 本裝置의 組立된 場面
(Photo 4. Fabricated Lay-out of the Apparatus)



寫眞 5. 本裝置에 依한 測定場面
(Photo 5. Assembly for the Measurements)