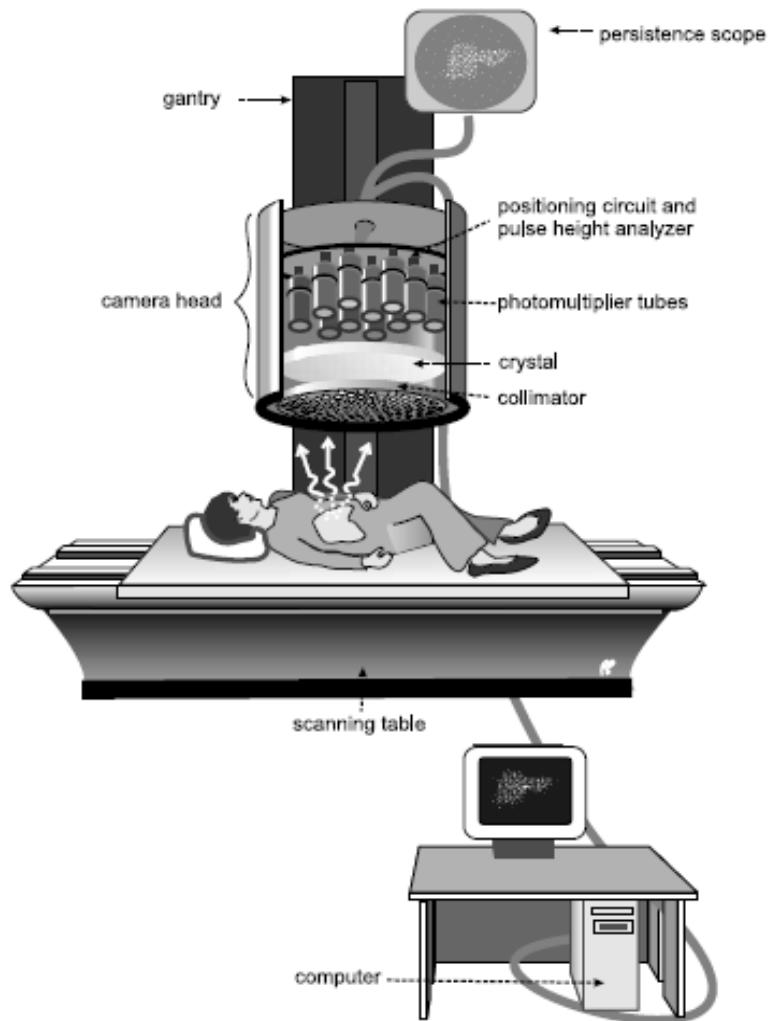


# 核子醫學儀器構造與原理

Speaker : Chun-mei, Chang

Date: 2016-07-28

# NUCLEAR MEDICINE IMAGING-實習護照第8 /173頁



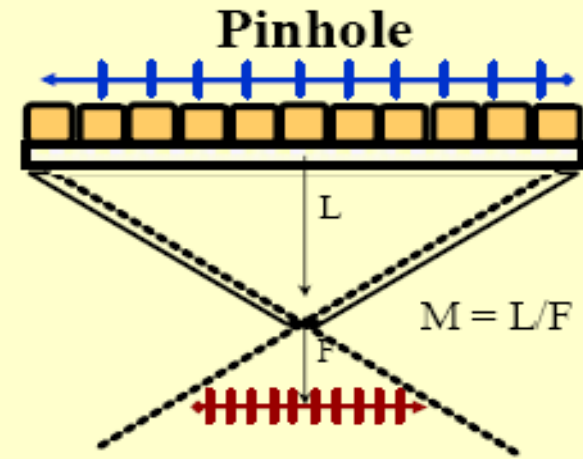
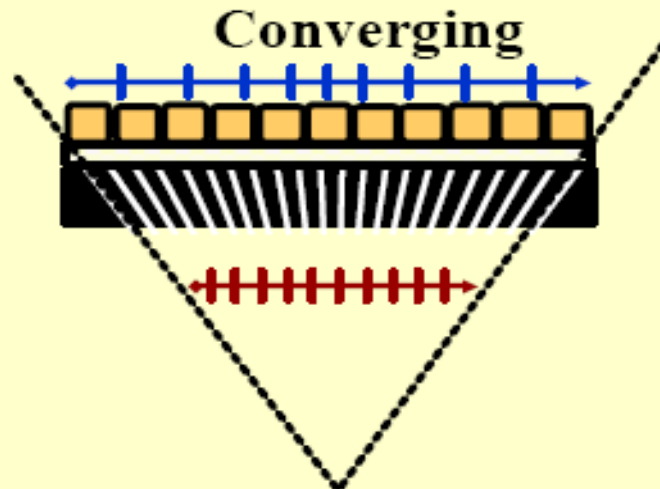
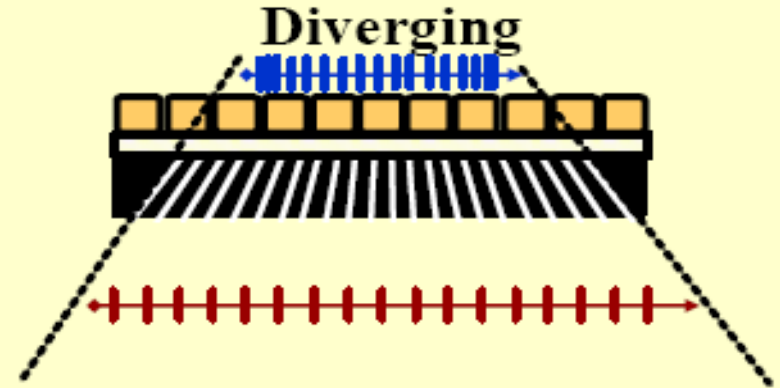
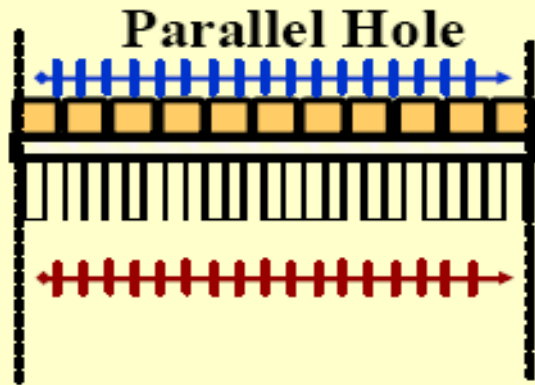
## 閃爍造影機之組件

- **1.Collimator**
- **2.Detector( Crystal )**
- **3.Photo multiplier tube(PMT)**
- **4.Pulse height analyzer**
- **5.Analog-to digital converter**

Figure 6-1 Components of a standard nuclear medicine imaging system.

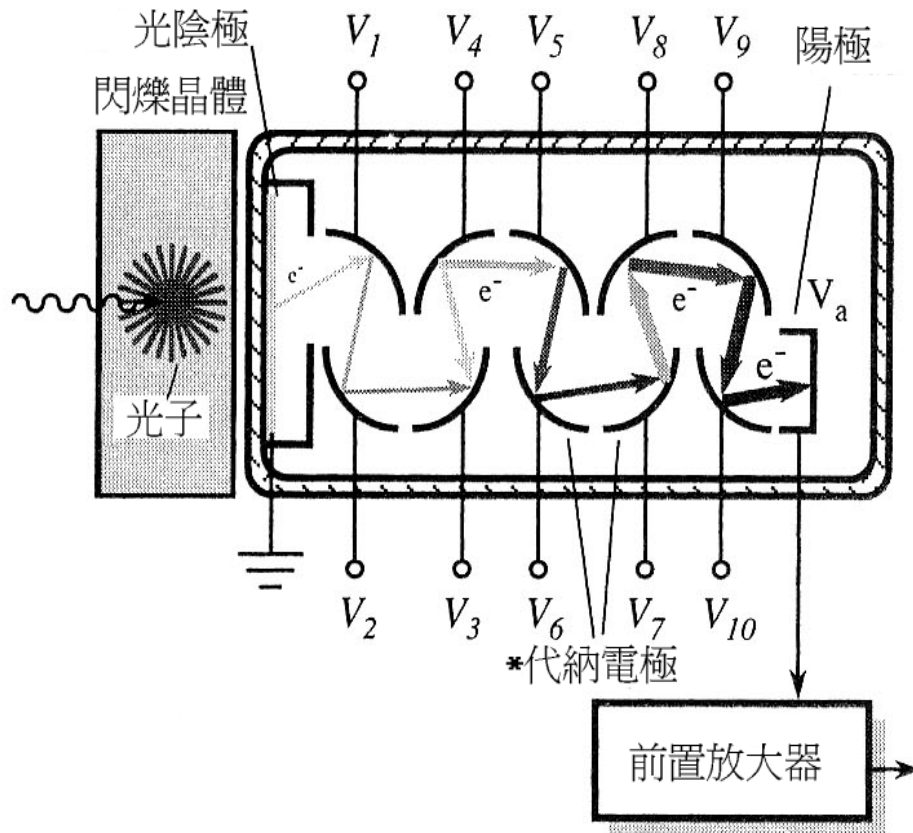
圖片引自:Essential nuclear medicine physics

# Collimator Types 準直儀-實習護照第174頁



# 光電倍增管-實習護照第174

- 將光轉換成電的訊號



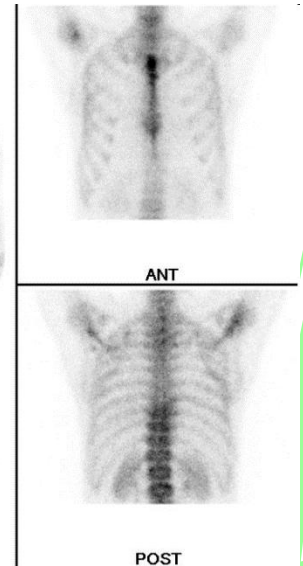
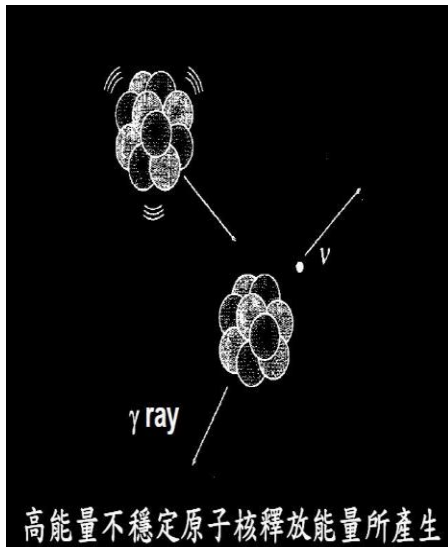
\*代納電極 (dynode) = 強化場、倍增電極、電流增倍板、電子放大極板、電子增益極板...

# 加馬閃爍攝影機-I



# 加馬閃爍攝影機-II

1. 原子核分裂→2. 加馬射線→3. 朝向攝影機→4. 通過準直儀→5. 撞上晶體→6. 發生閃爍現象→7. 產生光子→8. 通過光導→9. 光電倍增管→10. 電子信號→11. 前置放大器→12. 信號處理器→13. 算出晶體位置之座標→14. 影像。



# 1. 準直儀 (collimator)

- 準直儀有平行式、針孔式、發散式、聚焦式等
- 準直儀會讓特定方向的加馬射線通過後才射入到晶體。
- 加馬射線穿透力很強所以準直儀通常用鉛來做也可用鎢，最常見的是平行孔式，只有垂直於晶體表面的才可以通得過。

用途：

因  $\gamma$ -ray 從各方向隨機射出

- 接收器無從測知射源位置
- 不經過collimator 就會得不到影像

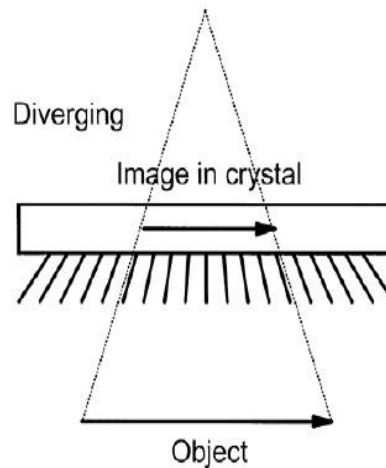
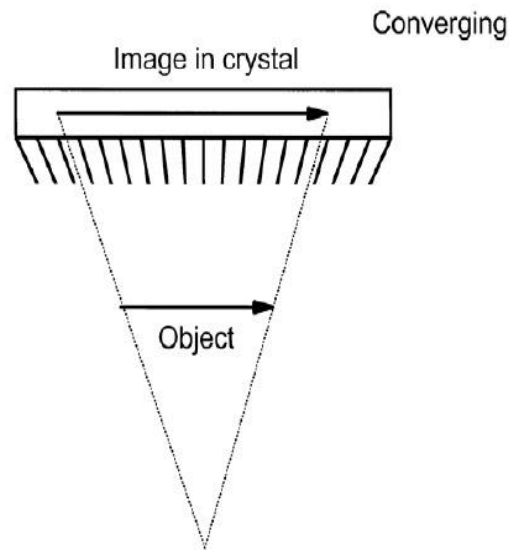
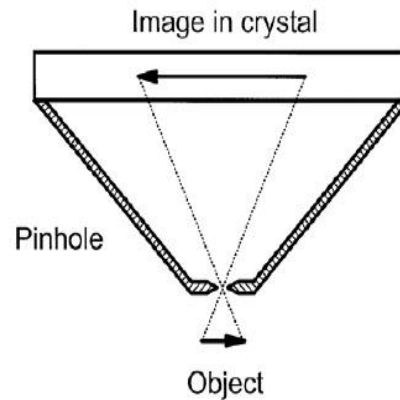
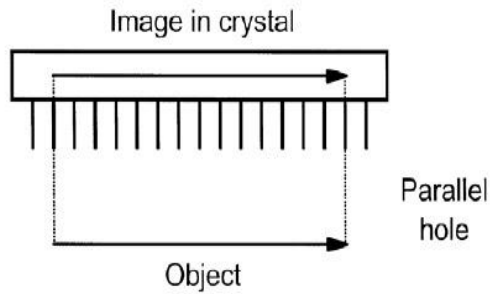


# 準直儀 (collimator) 的種類-I

- 限制照影、減少散射、增加影像的解析度
- (a) 依能量區分：可分為高能量、中能量、低能量。
- (b) 依功能區分：可分為高靈敏度、高解析度、全般性。
- (c) 依形狀區分：可分為平行孔、聚焦式 (Fan Beam)、散焦式、針孔式。



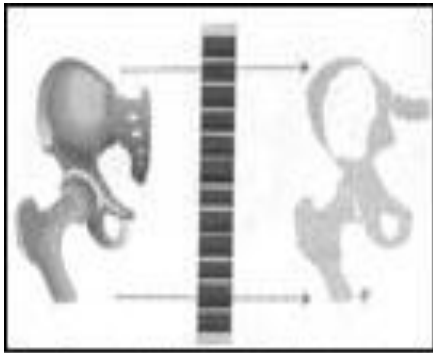
# 準直儀 (collimator) 的種類-II



The choice of a particular type of collimator is basically dictated by the size of organ to be imaged

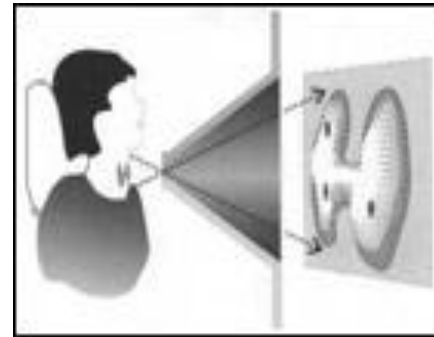
# 準直儀 (collimator) 的種類-III

## 1. 平行孔式



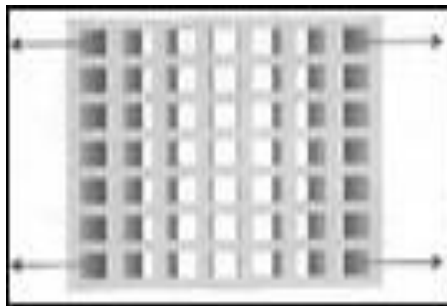
Parallel-hole Collimator

## 2. 針孔式



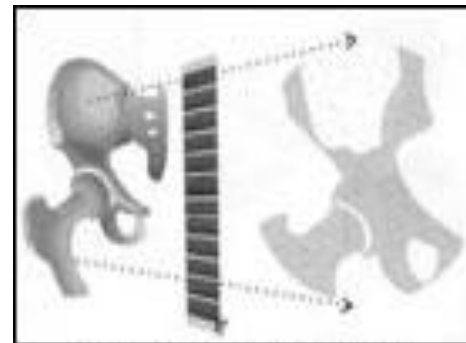
Pinhole Collimator

## 2. 聚焦式(扇形)



Fanbeam Collimator

## 4. 聚焦式



Converging Collimator

# Energy Rating of Available Collimator

Collimator type	Max. Energy Rating (keV)	Isotopes
Low Energy	140-200	$^{99m}\text{Tc}$ , $^{201}\text{Tl}$ , $^{123}\text{I}$ $^{133}\text{Xe}$
Medium Energy	300	$^{67}\text{Ga}$ , $^{111}\text{In}$
High Energy	360-500	$^{131}\text{I}$
Ultra-high Energy	511	Positron emitters

# 核子醫學

- 非密封放射性物質

放射性同位素	主要 $\gamma$ 射線能量(Kev )	半衰期
Tc-99m	140 (90%)	6小時
Tl-201	69-83 (93%) , 167(9.4 %)	73小時
Ga-67	93(40%), 184(20%) , 300(17%)	78小時
I-131	364 (81%)	8天
In-111	171 (90%), 245 (94%)	67小時
F-18	511	109分鐘

# 平行孔準直器

一、低能量準直儀：最常見的設計是低能量全用途（LEAP）

- LEAP準直器具有孔，每孔直徑大。靈敏度比較高的，其中分辨率為中度（大直徑的孔讓更多的散射光子）。
- LEHR準直器具有比LEAP更高分辨率的圖像。它們具有多個孔是既小且更深。

二、中等能量準直儀：Gallium67(中等能量的光子)。

三、高能準直器：Iodine131。

這些準直器具有比LEAP和LEHR準直器（主要用與<sup>99m</sup>Tc）較厚隔片，以便由較高能量的光子，以減少鉛隔滲透。

## 2. Detector( Crystal)

- 碘化鈉(NaI) 晶體摻入鉈(Tl)
- Gamma ray 的游離性輻射激發電子
- 電子回到低能量時釋放可見光(UV)

# 閃爍晶體的種類與比較

晶體	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	有效原 子序	潮解性	機械強 度	衰變 常數 (ns)	相對射 出強度	射出波長
LSO	★7.4	65	NO	是	★40	★5	420
BGO	★7.13	★75	NO	是	300	15	480
GSO	6.71	59	NO	易脆	60	30	430
Ba F <sub>2</sub>	4.88	50	NO	是	★8	12	220&310
NaI(Tl)	3.67	51	YES	易脆	230	★100	410

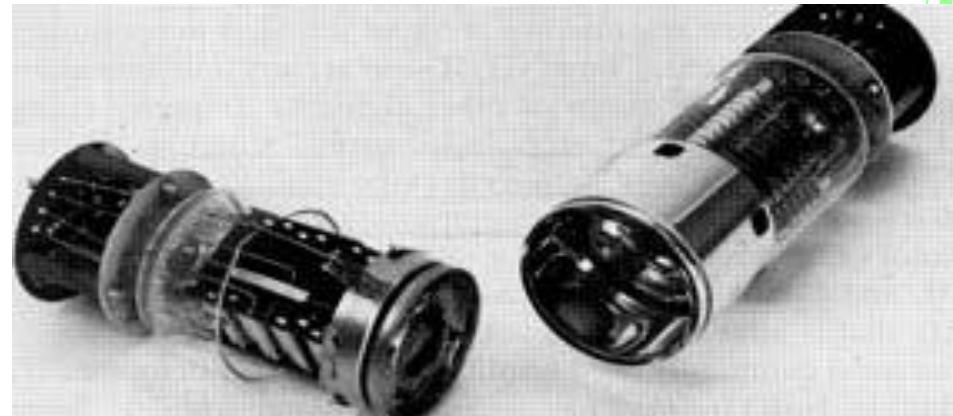
# 理想閃爍晶體的特性

晶體的特性	目的
高密度、高原子序	增加 $\gamma$ 射線的偵測效率
短暫的衰變時間	能偵測更多的偶合事件
發光波長接近400 nm	使光電倍增管的敏感度達到最高
抗輻射的強度	晶體的穩定性(不易變質)
不潮解性	容易封裝
機械強度	容易製造較小的晶塊
經濟方面的考量	合理的價位



# 3. 光電倍增管-P174

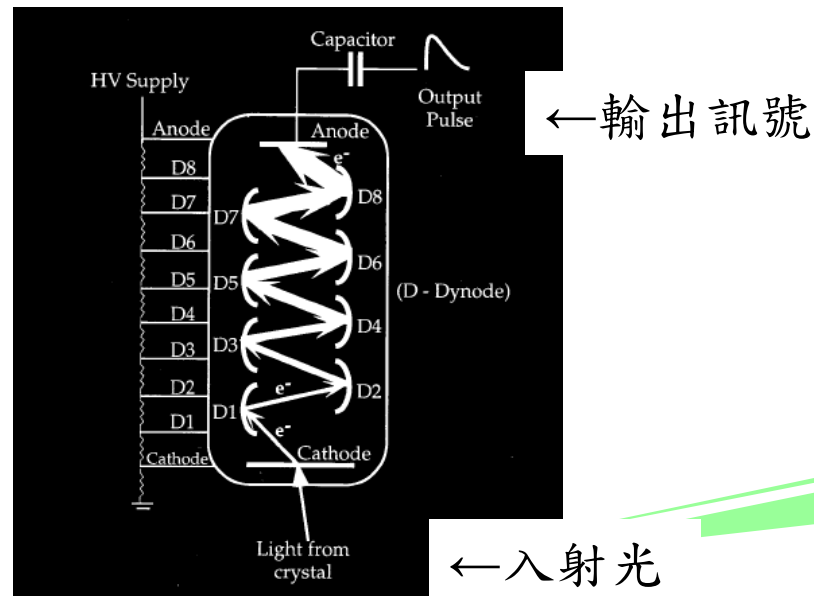
- Photo multiplier tube; PMT
- 由photo-emissive物質(CsSb)將可見光轉為電子
- 高電壓( $\sim 100V \times 10$ ) 多極放大
- 高電壓源必須非常穩定；高鐵磁性合金做磁屏蔽
- 2.5~7.5 cm in diameter(直徑)



左邊為「卸裝」後的內部結構

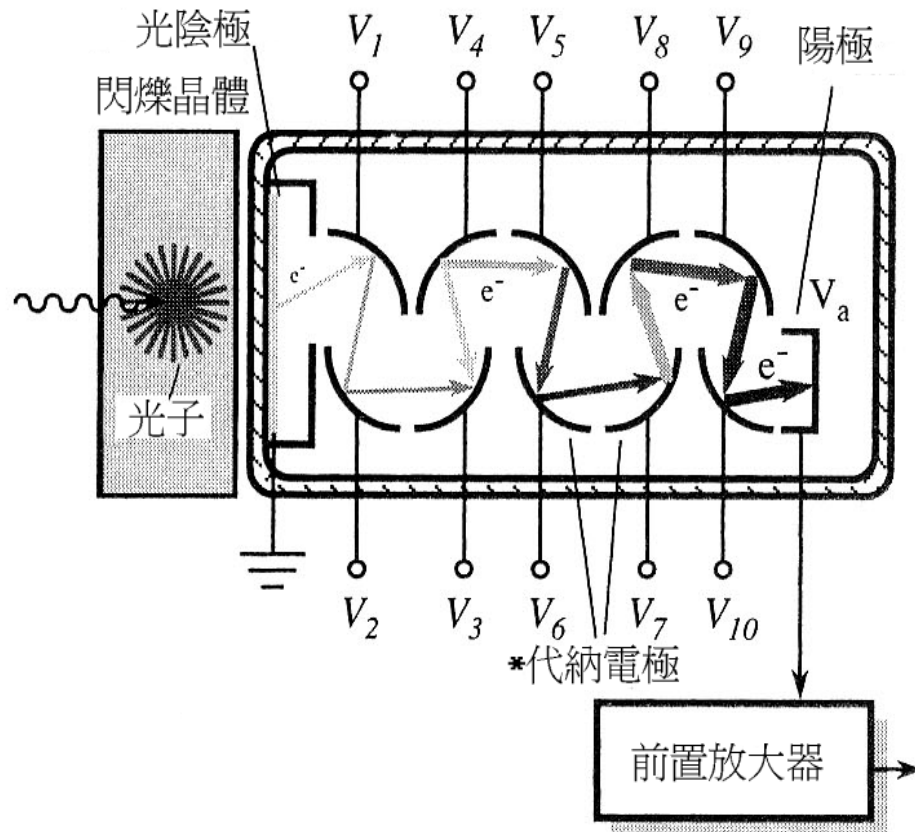
# 3.光電倍增管-P174

PM tube是一個對可見光非常敏感的裝置，它的作用是將閃爍晶體所發出的光轉化為電子訊號，並將其放大約百萬倍，當入射  $\gamma$ -ray 的能量越強，閃爍晶體發出來的光就越強，光電倍增管最後傳出的訊號就會越強。



# 光電倍增管-實習護照第174

- 將光轉換成電的訊號



\*二次發射電極 (dynode) = 強化場、倍增電極、電流增倍板、電子放大極板、電子增益極板...

## 二次發射電極 (dynode)

- 電子從發射陰極都朝向第一倍增電極，相對於光陰極加速（保持90至100 eV）。
- 每個加速光電子觸擊倍增極面產生幾個電子，被再加速到第二倍增電極，其被保持90至100 eV。
- 常見的倍增電極材料，例如氧化鋁和氧化鎂。
- 通過該過程一直重複在各倍增極的時間，倍增電極的數量約為每個入射光子的 $10^5$ 到 $10^7$ 個電子。

要省時間就必須多通道了



37~91 個光電倍增管排成六角形

# Pre-amplifier前置放大器

前置放大器：一般裝置位於detector的後方

前置放大器的作用：是將來自光電倍增管的電壓訊號放大4~5倍以便將光電倍增管的阻抗調整的和放大器的阻抗相同，這樣電流在傳遞時才不會有損失。

# 高壓電源供應器

- 供應光電倍增管在發大訊號時所需要的高電壓。
- 穩定的高壓裝置對於影像品質的來說極為重要，一般會造成高壓偏移(過高或過低)的情形主要有溫度的變化、主電源的不穩定等。
- $\gamma$ -camera都會裝置不斷電系統以阻絕不穩定的電流突波)，不斷電系統只是輔助的裝置，不包括在訊號的傳遞流程之中。

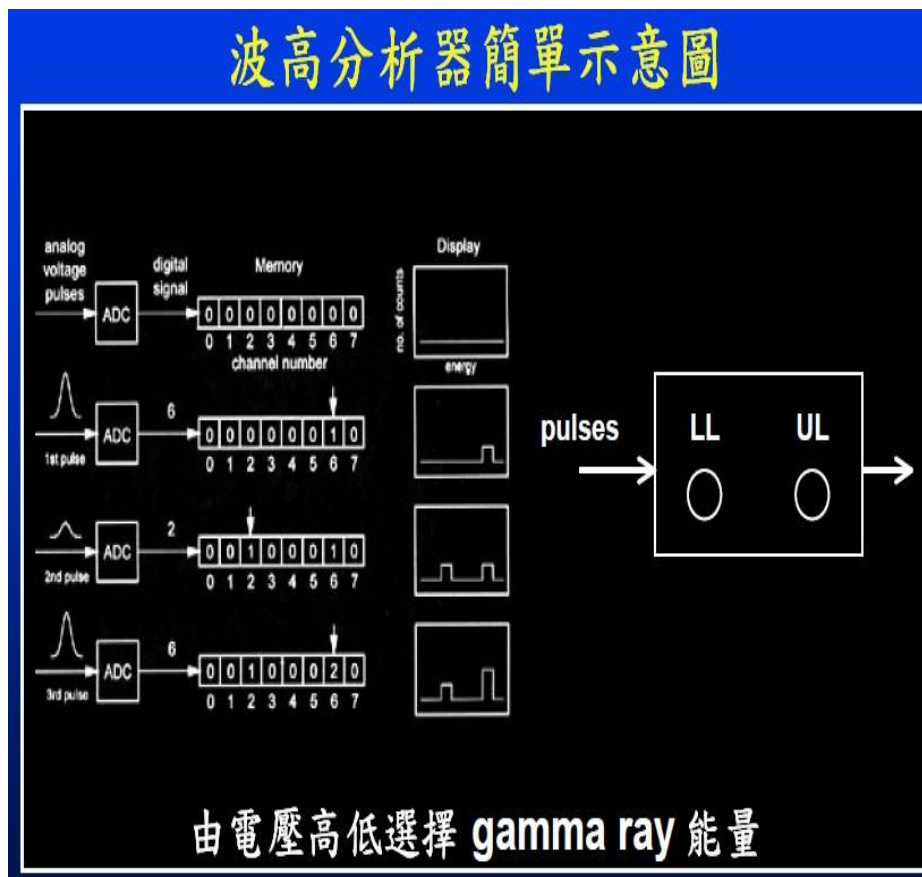
## 4.波高分析器-I

- Pulse height analyzer; PHA(或稱**脈高分析儀**)
- 用來判斷入射  $\gamma$ -ray 能量的一個裝置
- 當detector接收到不同能量的  $\gamma$ -ray 入射時，後方的光電倍增管所接受到光的強度也不一樣，在經過放大之後所得到的訊號便有了不同的振幅大小(電壓)，如果經過PHA的判斷這股入射的能量是落在允許的範圍內，那麼這筆經過位置解析的訊號才會被記錄下來。
- NaI閃爍晶體釋出之可見光強度，**正比**於入射  $\gamma$  ray 能量
- 釋出電子**正比**於入射光強度。

# 4.波高分析器-II

• PHA脈高分析儀功能：

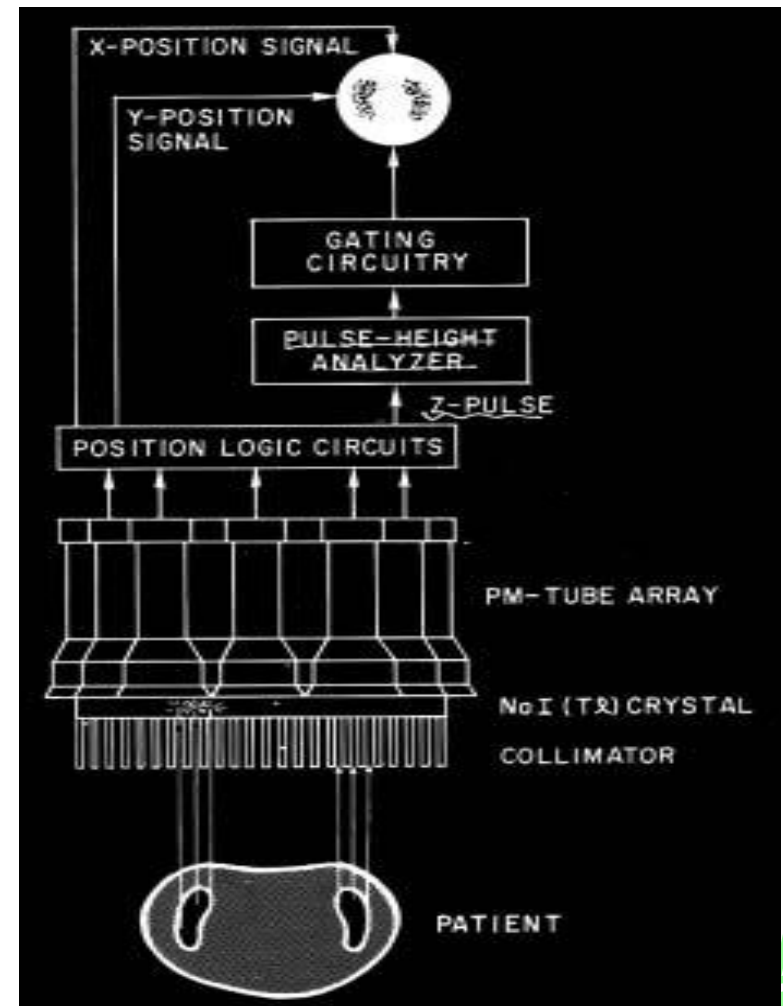
1. 選擇性濾除低能量散射  $\gamma$  ray
2. 降低散射以提高空間解析度





# 5. Analog-to digital converter

- 從有限的光電倍增管PMT 通道計算影像
- 根據gamma ray event 發生位置，朝水平垂直方向疊加
- Summing matrix circuit



# 閃爍造影機之組件

- 1. Collimator準直儀：是用來濾除一些非平行入射的  $\gamma$ -ray.
- 2. Crystal碘化鈉晶體：作用則是與  $\gamma$ -ray作用產生可見光，供後端的PM tube轉換為電子訊號用的. Crystal厚度增加可以增加吸收  $\gamma$ -ray的機率提高靈敏度；但會發生多重作用的機率減低解析度。
- 3. Photo multiplier tube(PMT)：光電倍增管是一種具有高靈敏度與超快響應時間的光探測元件，在一般典型的光電倍增管中，在其響應範圍最佳的近紅外光區到紫外光區，可以將只有數百個光子的光訊號轉換為有用的脈衝電流，進而利用此脈衝電流來做訊號的分析。
- 4. Pre-amplifier前置放大器：將電流脈衝訊號加強。  
Amplifier增幅器(擴大器)：將前置訊號放大器所產生的脈衝訊號再度加強。
- 5. Pulse height analyzer脈衝高度分析器：選擇適宜的脈衝訊號通過。
- 6. Analog-to digital converter：將電流脈衝訊號轉換成數位訊

# 考古題

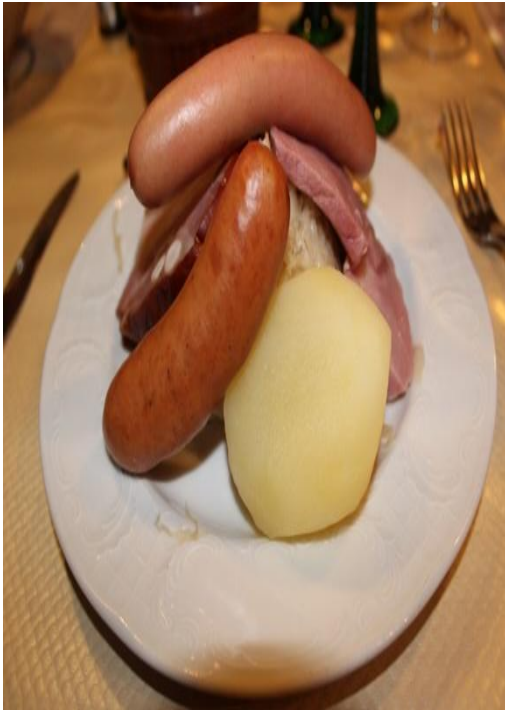
- 1.加馬攝影機的光電倍增管(photomultiplier tube)的作用為何？ (A)將放射線能量放大 (B)將放射線轉變成可見光 (C)將可見光轉變成電子脈衝 (D)將放射線轉變成電子脈衝
- 2.加馬攝影機的脈高分析儀(pulse height analyzer)的作用為何？ (A)設定可組成影像的射線能量範圍 (B)分析射線的空間位置 (C)分析射線發生的間隔以除去雜訊 (D)分析射線發生的數量
- 3.下列何種準直儀(collimator)具有增加照野面積的功能？ (A)平行多孔式準直儀(Parallel multihole collimator) (B)聚合式準直儀(Converging collimator) (C)針孔式準直儀(Pinhole collimator)(D)散焦式準直儀(Diverging collimator)
- 4.下列何者是伽馬攝影機中之波高分析器(PHA)之功能？ (A)增加偵檢器之效率 (B)分析轉移給偵檢器之總能量 (C)修正計數率之損失 (D)增加計數率
- 5.加馬攝影機的光電倍增管輸出之電脈衝大小和下列何者成正比？ (A)加馬射線的數量 (B)加馬射線的能量 (C)放射性同位素的原子序 (D)放射性藥物的分子量

# 解答

題號1	題號2	題號3	題號4	題號5
C	A	D	B	B

- 1.加馬攝影機的光電倍增管(photomultiplier tube)的作用為何？(A)將放射線能量放大 (B)將放射線轉變成可見光 (C)將可見光轉變成電子脈衝 (D)將放射線轉變成電子脈衝
- 2.加馬攝影機的脈高分析儀(pulse height analyzer)的作用為何？(A)設定可組成影像的射線能量範圍 (B)分析射線的空間位置 (C)分析射線發生的間隔以除去雜訊 (D)分析射線發生的數量
- 3.下列何種準直儀(collimator)具有增加照野面積的功能？(A)平行多孔式準直儀(Parallel multihole collimator) (B)聚合式準直儀(Converging collimator) (C)針孔式準直儀(Pinhole collimator)(D)散焦式準直儀(Diverging collimator)
- 4.下列何者是伽馬攝影機中之波高分析器(PHA)之功能？(A)增加偵檢器之效率 (B)分析轉移給偵檢器之總能量 (C)修正計數率之損失 (D)增加計數率
- 5.加馬攝影機的光電倍增管輸出之電脈衝大小和下列何者成正比？(A)加馬射線的數量 (B)加馬射線的能量 (C)放射性同位素的原子序 (D)放射性藥物的分子量

# THE END



Thanks for your attentions