林栄精器社に頼んでアセンブルしてもらったシンチレーターの光量測定

山形大学大学院 M1
乃万智洋

平成 12 年 8 月 15 日

1　目的

林栄精器株式会社に頼んで製作してもらった MS 樹脂シンチレーター +BCF91AMC のアセンブルの光量を測定する。

2　テストサンプル

scintillator	MS 樹脂 (60 × 100 × 5mm)
WLS Fiber	BCF-91AMC(~ 500mm)
PMT(fiber reading)	R329EX-G zk0258(2inch prizum)
PMT(trigger)	H3167
Wrapping Material	テフロン 2 重
Wrapping Material	TiO_2 PET(E60L)
source	^{106}Ru

2.1　林栄精器社によるアセンブル

林栄精器から送られて来たシンチレーターの大きさは縦 100mm、横 60mm、厚さ 5mm である。シンチレーターの縦方向には 6 本の溝がほってあり、そのうち内部の 4 つの溝にバイクロンのファイバーがオプティカルセメント (多分 BC600?) でとめてある。ソースから来るビームがファイ

バーとあたる中心から PMT の光電面までのファイバーの長さは 25cm である。

2.2 その他の装置

data taking system としては qvt を使用した。ファイバーと光電面の接着には NE581 を使用した。

3 実験原理

今回の実験では光量の評価の方法としてあらかじめ各 HV の Gain を求めておき、pedestal peak とスペクトルの山の重心の差から光量を見積もる方法を採用した。以下に式を使って説明する。

まず qvt の q-ch 関係は以下の式のような結果が得られた。

$$Q[pC] = 0.2501 \times (ch) - 17.098$$

上の式によりペデスタルとスペクトルの山の重心の差に対応する Q[pc] が得られる。ここで重心を求める式は

$$\text{重心} = \frac{\Sigma\,(ch) \times N}{\Sigma\,N}$$

で、(ch) はチャンネル、N はイベント数を表す。

Q[pc] を PMT の Gain で割ることにより PMT で増幅される前のクーロン数が得られ、それを電子の電荷 $1.6 \times 10^{-19}[c]$ で割ることにより PMT で増幅される前の photoelectron 数 (カソード面から出て来る光電子数) がわかる。本実験ではこの p.e 数を評価した。

4 実験概要

線源として Ru を用いた。Ru は 2 種類のβ線 (39keV 3.5MeV) の他にγ線も出すので実験結果が示すように本来欲しいスペクトルの他にγ線でトリガーがかかったピークがたっている。Ru からのβは直径 7.5mm のコリメーターを通してシンチレーターに届く。シンチレーターには反射材が巻かれその上に遮光のため黒テープで巻かれている。反射材として

今回はテフロン 2 重巻き (その上にアルミフォイル)、TiO2 PET(E60L)1 重巻き (その上に黒紙) の 2 つを使用した。

ファイバーと光電面を接着する都合上意味の無いファイバーを 1 本たして計 5 本をアルミの穴にいれ NE581 で光電面と接着した。

5　セットアップ及びロジック図

5.1　セットアップ図

5.2 ロジック図

6 zk0258 の Gain

6.1 Gain の測定方法

Gain を測定するための線源として Co を用いた。Co は 2 γ (1.17MeV 1.33MeV) の他にβ線も出すがβのエネルギーが 312keV と低いことからアルミフォイル 15[μm] を巻けばβは気にしなくてよい。ここでアルミニウムの厚さの計算は放射線計測の理論と演習 (上巻)P140 を参考にした。

アルミニウムの巻いてある Co を trigger scinti と fiber reading scinti ではさむようにセットし、Co から出て来る 2 γで coincidence をとり Gate pulse をつくった。シンチレーターは遮光のために黒紙が巻いてありその上に黒テープを巻いた。シンチレーターには一本のファイバーが通してあり、そのファイバーと zk0258 の光電面の間には光学フィルター (Nikon NP8) をはさんで光量を減らしている。光量を減らす理由は平均光電子数を減らすことにより Pulse height spectrum から平均光電子数を求めることが出来るからであり、光量か多いと fitting がのりにくくなる。

今回の実験で使った plastic scinti とγ線の主な相互作用はコンプトン

散乱である。コンプトン断面積は ~ 10^{-24} と現象の起こる確率は非常に低いが、母集団が多いので光電子数のカウント数のスペクトルはポアソン分布の統計に従う。平均光電子数 N が小さい時は N=0,1,2,... のピークがそれぞれガウス分布をしている。それぞれのピークの標準偏差を $\sqrt{N}\sigma$ として以下の関数でスペクトルに fitting した。

$$R(x) = A \sum_{N=1}^{Nmax} \frac{e^{-\bar{N}}\bar{N}^N}{N!} \frac{1}{\sqrt{2\pi N}\sigma} Exp\{-\frac{(x - pN - q)^2}{2N\sigma^2}\}$$

$A(p1) : Normalization\ Factor$
$\bar{N}(p2) : Average\ number\ of\ photo - electrons$
$\sigma(p3) : Sigma$
$p(p4) : Peak\ interval$
$q(p5) : Position\ of\ pedestal\ peak$

PMT の HV をあげても PMT に入って来る光量は変わらないので得られる平均光電子数 (パラメータ p2) は変わらない。しかし パラメータ p4(1 photon ごとのピーク間隔) は HV を上げるに従って Gain もあがるので大きくなる。パラメータ p4 と qvt の Q-ch 対応関係 (前述のを使用した) から 1 photon ごとのピーク間隔に対応した Q[c] が得られる。

photocathode 面に入って来た 1 photon は光電効果により 1 photoelectron を出す。PMT はこの 1p.e(電荷 $1.6 \times 10^{-19}[c]$) をパラメータ p4 に対応した Q[c] まで増加 (電子数) するので Gain が求まる。

6.2 Gain

実験の結果得られた Gain は

7　結果

7.1　ヒストグラム (テフロン)

7.2　ヒストグラム (TiO_2 PET(E60L))

7.3　平均光電子数

実験により得られた平均光電子数は以下のようである。

7.4 2.5m の fiber を通った後に得られると予想される光電子数

今回の実験ではソースの中心から光電面までのファイバー (バイクロン) の長さは 25cm であった。2.5m の長さの fiber を通った後に得られると予想出来る平均光電子数を見積もった。値を見積もる上で用いた式は

$$y = 0.7927e^{\frac{-x}{0.8253}} + 0.7531e^{\frac{-x}{4.185}}$$

$$y = 1.112e^{\frac{-x}{0.5891}} + 0.8318e^{\frac{-x}{4.473}}$$

である。便宜上、初めの式を No4、次の式を No6 とする。これらの式は山形大学で行った実験によるものである。

X のところに 0.25m と 2.5m を代入しその値の比を求め、その比を 0.25m での平均光電子数に掛けることにより 2.5m での値を予想した。

In case of No4

図 1: セットアップ図