

鉛・シンチレーター積層型光子検出器の線源を用いたエネルギーしきい値の設定

応用物理学科 小形慎太郎

1. 目的

本研究の目的は、鉛・プラスチックシンチレーター積層型光子検出器のエネルギーしきい値を、 γ 線源を用いて設定することである。このタイプの検出器はエネルギー数 100 MeV の光子の通過を検知するために用いられるが、十分に高い検出効率を確保するためにはエネルギーしきい値を 1 MeV 程度と低く設定する必要がある。

2. 鉛・シンチレーター積層型光子検出器

鉛・プラスチックシンチレーター積層型光子検出器は、図 1 に示すように厚さ 2 mm の鉛と厚さ 5 mm のプラスチックシンチレーターを交互に 6 層積層した構造になっており、断面は 49.9 mm × 49.7 mm で、鉛とシンチレーターの長さは 420 mm である。直径 1 mm、長さ 120 cm の波長変換ファイバー Y-11(200)M の片側を 10 mm 間隔でシンチレーター片面に掘ってある溝に接着し、逆側を光センサーである光電子増倍管に接続した。高エネルギー光子が鉛で反応すると相互作用により主に電子、陽電子が生成される。電子、陽電子がシンチレーター内部を通過するとシンチレーターが発光し、その光が波長変換ファイバーに入射すると再発光し、ファイバー方向に出た光が光電子増倍管に転送される。波長変換ファイバーへの入射効率を高めるため、シンチレーターは反射材で覆ってある。この検出器の発光量はエネルギーに比例し、受光量は 1 MeV の電離損失あたり平均 23 光電子である。

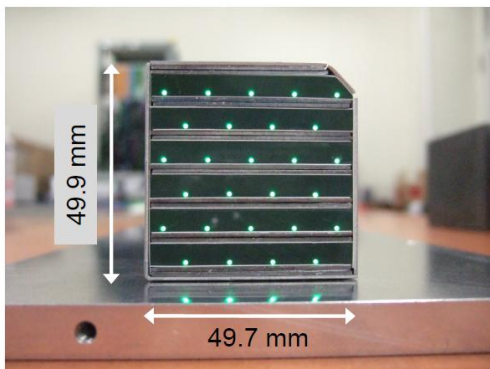


図 1 鉛・シンチレーター積層型光子検出器の断面図

3. γ 線後方散乱

プラスチックシンチレーターにおいて Cs-137 γ 線 (0.662 MeV) の主な反応過程は、光子と物質中の電子との弾性散乱であるコンプトン散乱である。エネルギー $h\nu$ を持つ γ 線がコンプトン散乱した際の散乱光子のエネルギーは、散乱角 θ の値で一義的に決まり、 m を電子の質量、 c を光の速度として次式のようになる。

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \frac{h\nu}{mc^2}(1 - \cos\theta)} \quad (1)$$

式(1)を Cs-137 γ 線の後方散乱に適用すると、散乱光子のエネルギーは 0.184 MeV、反跳電子のエネルギーは 0.478 MeV となる。

4. 測定の設定アップ

γ 線後方散乱を測定するために、図 2 のように、積層型光子検出器と、直径 50 mm、長さ 50 mm の NaI 光子検出器を、直径 8 mm の Cs-137 線源を挟んで配置した。 γ 線が積層型光子検出器に入射し、後方散乱すると NaI 光子検出器で散乱 γ 線が検出される。両方の検出器の応答に同期した条件で両方の検出器の信号を ADC で計測した。ADC は、電荷量を測る装置であり、精度は 0.244 pC/ch である。

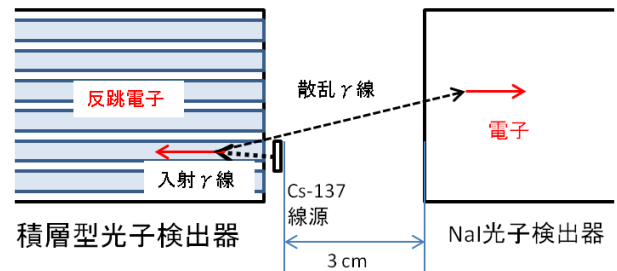


図 2 γ 線後方散乱測定の設定アップ

5. 測定結果

図 2 の設定アップで 46 分間測定を行い、積層型光子検出器の測定結果のうち、NaI 光子検出器での測定結果が 0.184 MeV に対応する事象を抽出した結果を図 3 に示す。ピークは Cs-137 γ 線後方散乱の電離損失エネルギー 0.478 MeV に相当し、ADC 値は 343 ± 5 ch になった。以上により、この積層型光子検出器において、1 MeV のエネルギーに対する ADC 値は 718 ± 11 ch であると決定した。

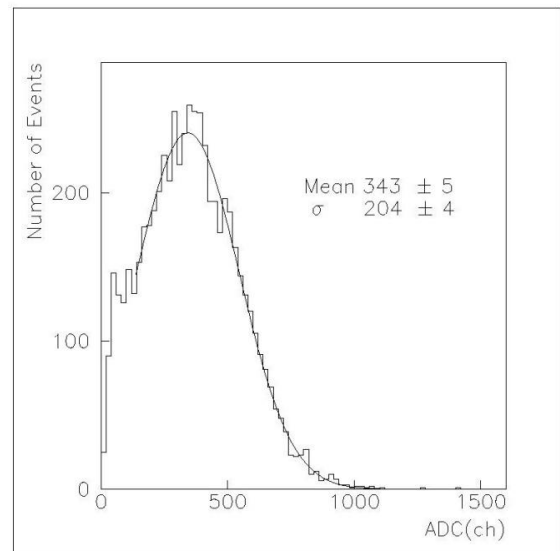


図 3 Cs-137 γ 線後方散乱に対する積層型光子検出器の応答

6. まとめ

Cs-137 γ 線の後方散乱を、鉛・プラスチックシンチレーター積層型光子検出器と NaI 光子検出器を併用して測定することにより、鉛・シンチレーター積層型光子検出器のしきい値 1 MeV を決定した。

指導教官 教授 新川孝男