

# 『HRRT(高解像度実験機)の 評価と最適化』より

村山研勉強会(第3回) 2005/05/13  
補助資料作成 澁谷憲悟

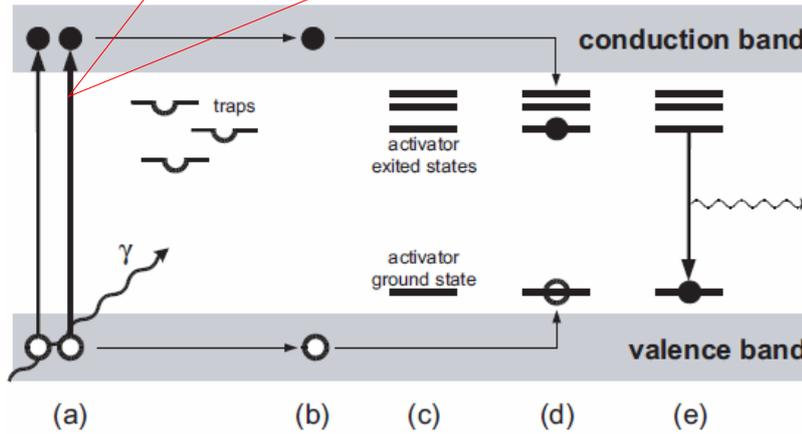
## 第3章1節 シンチレータを用いた放射線計測 放射線計測装置

- 電離箱(気体)
- 比例計数管(増幅作用をもった電離箱)
- GM計数管(大きな増幅作用をもった電離箱)
- 半導体ダイオード検出器(固体電離箱)
- ~~APD(増幅作用を持った固体電離箱)~~
- シンチレーション検出器

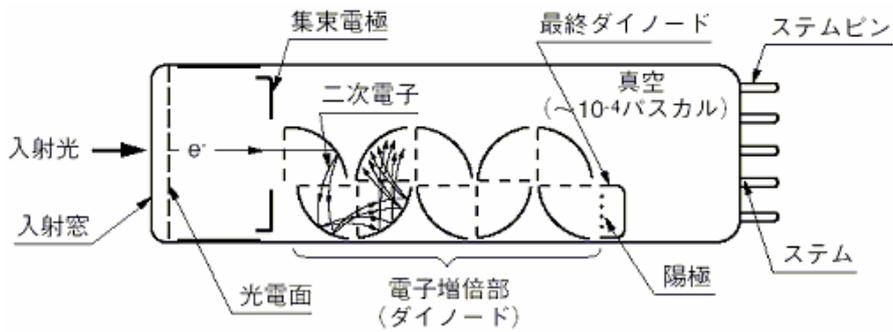
訂正 テキストでは  
「放射線検出器」に  
含まれていますが、  
ガンマ線では稀です。

### 固体のバンド構造 (図3.1)

補足 ガンマ線からエネルギーを受け取った、高エネルギーの電子(線)による二次的な作用によって、発光に関する多数の自由電子が生成されます。



### 第3章第2節 光電子増倍管

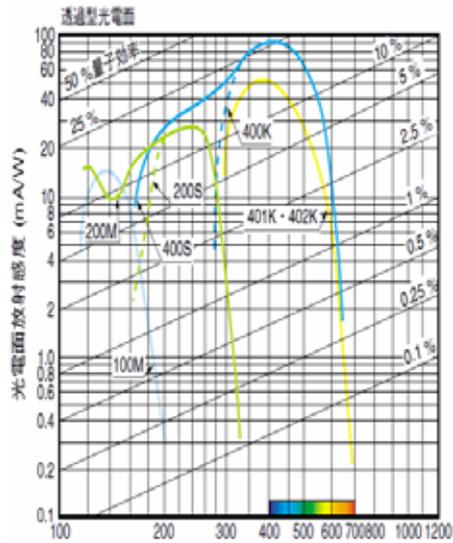


出典 <http://www.kek.jp/newskek/2004/janfeb/scintillator.html>

### 第3章第3節 PET用シンチレータの要件

- 高い密度、大きな原子番号
- 短い減衰距離
- 高い光電変換効率
- 屈折率 (1.5)
- 大きな出力光量
- 良いエネルギー分解能
- 短い減衰時間
- 化学的安定性
- 発光波長 (400 nm for PMT)

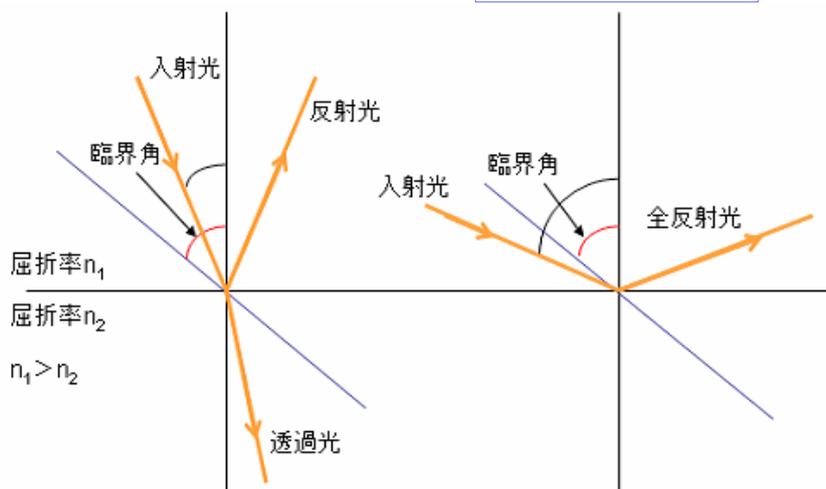
一般的な光電面の波長感度



出典 [http://www.hpk.co.jp/Jpn/products/ETD/pdf/PMT\\_114-115.pdf](http://www.hpk.co.jp/Jpn/products/ETD/pdf/PMT_114-115.pdf)

### 屈折率、臨界角、全反射

$$\text{臨界角} \sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$



出典 <http://www.cybernet.co.jp/optical/course/optwords/ra2.shtml>

### 3.3.1 NaI(Tl)

Tlで活性化された NaI

医療用シンチレータとして広く用いられている。

蛍光強度は 38,000 photons / MeV

減衰成分は 230ns (91%) と 150 $\mu$ s (9%)

著しい吸湿潮解性

### 3.3.2 BGO

高密度 7.13 g/cm<sup>3</sup>

PET用シンチレータとしても用いられている。

Bi<sup>3+</sup>が光る。蛍光強度はNaI(Tl)比20%以下。

蛍光波長は480nmでやや長い。

機械的、化学的に安定

### 3.3.4 GSO(Ce)

高密度 6.71g/cm<sup>3</sup>

添加するCe濃度で光量や第一成分の減衰時定数が変化する。

機械的な加工が難しい。

耐放射線性が極めて高い。

### 3.3.5 LYSO(Ce)

LSOの代替品。

光量は大差がなく、減衰時定数はやや長い。

LSOよりも融点がやや低く、結晶が育成しやすい。

LSOよりも原材料費が安い。

品質はLSOよりも安定している。

結晶場による影響大

(基底状態) Ce<sup>3+</sup>: [Kr](4d)<sup>10</sup>(4f)<sup>1</sup>(5s)<sup>2</sup>(5p)<sup>6</sup>

(励起状態) Ce<sup>3+</sup>: [Kr](4d)<sup>10</sup> (5s)<sup>2</sup>(5p)<sup>6</sup>(5d)<sup>1</sup>

### 3.3.3 LSO(Ce)

BGOよりも大きな密度  
短い減衰時間(40ns代)  
大きな蛍光強度(NaI:TI 比75%)  
適当な蛍光波長(420nm)

2種類のCe<sup>3+</sup>ができる。( 後述)  
トラップサイトに起因するafterglowあり。  
Luに起因する自己発光あり。( 後述)

原材料が高額。  
大型の単結晶の育成が困難。

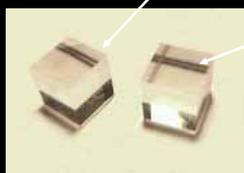
#### 3.3.3.2

出典 <http://www.aapm.org/meetings/99AM/pdf/2801-43247.pdf>  
<http://www.apace-science.com/proteus/lso.htm>

#### LSO Production



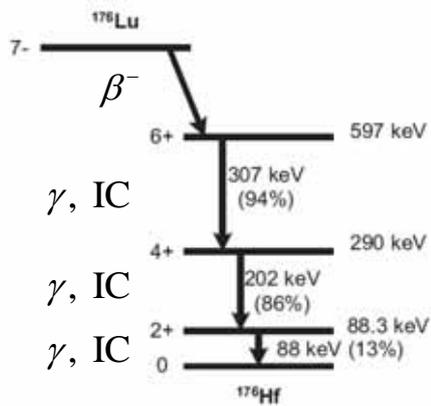
- 10 crystal pullers at CTI



#### 波形弁別の仕組み

- 底付近の結晶はCe1中心が豊富で、比較的減衰時定数が短く、蛍光強度は小さい。
- 上方の結晶はCe1中心とCe2中心がほぼ等量で、減衰時定数が長く、蛍光強度は大きい。

### 3.3.3.3 Natural Back Ground



$^{176}\text{Lu}$ の壊変図

- 300 Bq /  $\text{cm}^3$   
 $\times 0.21 \times 0.21 \times 0.75 \text{ cm}^3$
- 9.9 Bq / crystal  
 $\times 8 \times 8 \times 2 \text{ crystals}$
- 1.3 kBq / block  
 $\times 13 \times 9 \text{ blocks}$
- 150 kBq / module  
 $\times 8 \text{ modules}$
- 1.2 MBq / HRRT