

Práctica de Laboratorio

Montaje de detectores de centelleo.

Tutor: Ana Montaner Pizá

El objetivo de esta práctica es iniciar al alumno en el montaje de detectores de centelleo, así como familiarizarlo con los diferentes elementos del detector y sus características.

A la hora de montar un detector de centelleo los puntos cruciales a considerar son la colección de la luz y su transporte. Las pérdidas en la colección de luz pueden venir tanto de atenuación en el propio material centellador como por pérdidas en los límites del material. En nuestro caso, como el volumen del centelleador no es muy grande, el recorrido medio de la luz dentro de él no será lo suficientemente grande como para ocasionar pérdidas importantes.

Sin embargo es necesario tener en cuenta las pérdidas en los límites del centellador. Recordemos que cualquier rayo cuyo ángulo de incidencia con la normal de la superficie límite sea mayor que el ángulo de Brewster o crítico θ_C :

$$\operatorname{sen}\theta_C = \frac{n_{ext}}{n_{centellador}}$$

será reflejado, mientras que si el ángulo es menor se transmitirá al exterior con una probabilidad dada por las formulas de Fresnel que dependen del estado de polarización del fotón:

$$T_{||} = 1 - \frac{\tan^2(\theta_i - \theta_t)}{\tan^2(\theta_i + \theta_t)} \quad , \quad T_{\perp} = 1 - \frac{\sin^2(\theta_i - \theta_t)}{\sin^2(\theta_i + \theta_t)} \quad , \quad n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$$

.Por tanto para minimizar la posibilidad de pérdidas se debe recubrir la superficie del material centellador con un buen material reflectante.

Por otra parte para recolectar eficientemente la luz conviene que el índice de refracción del foto-sensor (normalmente la ventana del tubo fotomultiplicador) sea lo mas parecido posible al del centelleador y que haya un buen acoplamiento óptico entre ambos (sin burbujas de aire) proporcionado normalmente por una grasa óptica de índice de refracción similar. Sin embargo muchos centelleadores tienen un índice de refracción superior al de las ventanas de vidrio o cuarzo de los tubos foto-multiplicadores, de forma que hay una posibilidad de que los fotones sean reflejados en la interfase. Se puede ver que para geometrías regulares (por ejemplo “rectangulares”) existe una fracción de la luz que quedaría atrapada sin poder salir. Por ello es conveniente en esa circunstancia romper la simetría de las reflexiones utilizando un reflectante que sea de tipo difusor (p.e. cinta de teflon) y no uno de tipo especular (p.e. papel aluminizado). Otra posibilidad sería usar centelleadores con superficies rugosas y no pulidas.

Bibliografía:

1. Capítulos 7, 8 y 9 de W. R. Leo: “Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments”.
2. Capítulos 8 y 9 de G. F. Knoll: “Radiation detection and measurement”
3. Centelladores: <http://www.detectors.saint-gobain.com/>
4. Foto-multiplicadores: <http://www.hamamatsu.es/>

Material.

1. Centellador plástico: BC-400 de Bicron ($n=1.58$).
2. Centellador inorgánico: BGO ($n=2.15$).
3. Cinta de Teflón de fontanería.
4. Papel aluminizado.
5. Cinta aislante negra.
6. Grasa óptica Patê-7 de Rhodorsil.
7. Tubo fotomultiplicador de 1-1/8" modelo R-268 de Hamamatsu.
8. Base de fotomultiplicador modelo E990-07 de Hamamatsu.
9. Fuente de alimentación de alto voltaje modelo TC-952 de Tennelec.
10. Amplificador espectroscópico Tennelec 244 y chasis NIM.
11. Analizador multicanal Palmtop MCA y ordenador PC
12. Osciloscopio.



Desarrollo de la práctica.

- a) Determinar (internet, tablas, manuales) las características físicas relevantes de los dos centelladores, BGO y plástico NE102, y compararlas entre si. Determinar las características del tubo fotomultiplicador.
- b) Usando las ley de Snell y las formulas de Fresnel intentar modelizar para una geometría rectangular simple la cantidad de luz recolectada.
- c) Escoger el material reflector mas adecuado para cada material centellador y envolver el centelleador en el mismo, recubriendo todas las superficies lo mejor posible excepto aquella a la que se va a acoplar el tubo fotomultiplicador. A continuación envolverlo con cinta aislante negra, cuidando no dejar agujeros por el que pueda penetrar la luz.
- d) Acoplar los centelladores usando la grasa óptica al fotomultiplicador, teniendo cuidado en no tocar con las manos las superficies ni la grasa óptica, para no correr riesgo de dejar aire entre los dos. Usar la mínima cantidad de grasa óptica posible y girar una superficie contra la otra hasta conseguir un buen acople. Una vez acoplados recubrir el conjunto con cinta aislante negra. Cubrir el detector con un trapo negro para apantallar aún mejor el sistema de la luz exterior.

- e) Aplicar la tensión (alto voltaje) adecuada a la base del fotomultiplicador y, utilizando un oscilloscopio medir y caracterizar la forma de las señales que producen una fuente de ^{137}Cs .
- f) Conectar la salida del fotomultiplicador al amplificador y la salida de este al analizador multicanal y registrar el espectro de la luz recogida. Interpretar las diferencias de espectro para los dos centelleadores.
- g) En el caso del cristal de BGO, colimar la fuente usando ladrillos de plomo y estudiar la dependencia de la luz recogida con la posición a lo largo del cristal. Interpretar el resultado.
- h) Para el caso del plástico centelleador comprobar empíricamente el efecto de distintos reflectantes (papel negro mate, papel aluminizado, cinta de teflón) sobre la cantidad de luz recolectada (espectro medido).

