

1. Introdução

A percepção da radiação, seja qualitativa ou quantitativa, só pode ser realizada com a ajuda de materiais ou instrumentos capazes de captar e registrar sua presença. A detecção é realizada pelo resultado produzido da interação da radiação com um meio sensível (detector). Em um sistema detector os detectores de radiação são os elementos ou dispositivos sensíveis a radiação ionizante utilizados para determinar a quantidade de radiação presente em um determinado meio de interesse. A integração entre um detector e um sistema de leitura (medidor), como um eletrômetro ou a embalagem de um detector é chamado de monitor de radiação.

2. Detectores cintiladores

A detecção de radiações ionizantes pela cintilação produzida em determinados materiais é uma das técnicas mais antigas registradas. Detectores baseados nestes materiais possuem elevada eficiência de cintilação, conversão linear da quantidade de energia em luz, tempo de decaimento da luminescência curto para a geração rápida de pulsos, meio transparente e índice de refração próximo ao do vidro permitindo o acoplamento do cristal com o tubo fotomultiplicador (Knoll, 2000).

Os tubos fotomultiplicadores são um passo essencial no desenvolvimento dos detectores cintiladores. Com a sua utilização, tornou-se possível a detecção de sinais luminosos de baixa intensidade em função da interação de pequeno número de fótons e a sua conversão em sinais elétricos, viabilizando seu uso em detecção de radiações ionizantes.

O mecanismo de cintilação em materiais inorgânicos depende dos estados de energia da rede cristalina do material. Num cristal cintilador puro, a energia da radiação incidente absorvida é cedida aos elétrons da banda de valência, sendo estes excitados para a banda de condução. Entre essas bandas existe uma faixa intermediária de energia chamada de banda proibida, na qual não há estados possíveis e, portanto, não se encontram elétrons. O retorno do elétron para a banda de valência com a emissão de um fóton representa um processo ineficiente de cintilação, pois as diferenças energéticas são tais que o fóton resultante possui uma energia muito alta e não se enquadra na faixa do visível. Como resultado desse processo, o cristal apresenta-se opaco à sua radiação de cintilação (Lima, 2006).

A adição de pequenas quantidades de impurezas ou material ativador (no caso do NaI é usado o Tálcio) cria níveis de energia na banda proibida. Criados pelo elemento ativador na banda proibida, eles permitem a desexcitação de um elétron da banda de condução para a banda de valência, com a emissão de fótons com comprimento de onda

(410 mm), o que corresponde à luz do espectro visível. O cristal é basicamente transparente para esses fótons, que assim alcançam o fotocátodo do tubo fotomultiplicador, que possui boa sensibilidade à cintilação dessa luz visível (Lima, 2006).

Os fótons não possuem carga ou massa sendo, portanto, radiação indiretamente ionizante e capaz de transferir toda ou parte de sua energia para os elétrons orbitais dos átomos do material. Esses elétrons têm energia máxima igual à energia do fóton incidente subtraída da sua energia de ligação e que depositarão essa energia por meio de ionizações e excitações no meio de interação.

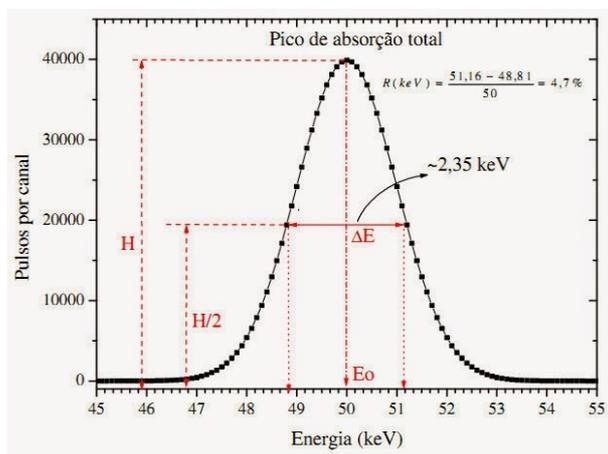
Para que um material possa ser utilizado como detector e servir para a realização de espectrometria de energia para fótons, ele deve ser capaz de realizar a transferência de energia desses fótons para elétrons orbitais dos átomos da estrutura e funcionar como elemento de detecção dos elétrons secundários produzidos pelos fótons incidentes por meio da coleta dos elétrons liberados na ionização dos átomos do meio.

Os detectores cintiladores como os de iodeto de sódio, surgido em 1948, possibilitam a composição de um sistema de espectrometria de fótons e conseqüentemente a medição de espectros de energia. O número atômico relativamente alto do iodo presente no cristal ($Z=53$) e sua massa específica ($3,667 \text{ g/cm}^3$) influenciam de forma significativa o efeito de absorção fotoelétrica, necessário para a máxima deposição de energia da radiação incidente, dando a este cristal boa eficiência de cintilação.

Os detectores cintiladores como os de iodeto de sódio, surgido em 1948, possibilitam a composição de um sistema de espectrometria de fótons e conseqüentemente a medição de espectros de energia. O número atômico relativamente alto do iodo presente no cristal ($Z=53$) e sua massa específica ($3,667 \text{ g/cm}^3$) influenciam de forma significativa o efeito de absorção fotoelétrica, necessário para a máxima deposição de energia da radiação incidente, dando a este cristal boa eficiência de cintilação.

2.1. Resolução em energia:

Relaciona-se com a capacidade do detector de cintilação em discriminar a energia de dois fótons emitidos com energias diferentes em seu volume útil. A resolução de um detector é determinante em sua capacidade de medir a distribuição de energia da radiação incidente e é convencionalmente definida como a razão entre a largura à meia altura do pico (FWHM) e o valor do canal central da distribuição do pico (H_0).



2.2. Eficiência de detecção:

- Caracteriza a capacidade do detector em registrar os fótons emitidos por uma fonte de radiação ou que incidem na superfície de um detector. O tamanho e a forma do cristal influenciam a eficiência de detecção, sendo que a espessura do cristal cintilador na direção da trajetória do fóton incidente tem maior influência. A eficiência de um detector pode ser classificada como absoluta e intrínseca.
- A eficiência absoluta é dada pela razão entre o número de partículas ou fótons detectados e o número de partículas ou fótons emitidos pela fonte de radiação. Esta eficiência sofre influência da geometria de medição utilizada.
- A eficiência intrínseca é dada pela razão entre o número de partículas ou fótons detectados e o número de partículas ou fótons incidentes no detector. Diferente da eficiência absoluta, não sofre influência da geometria de medição utilizada, mas da dimensão da face do detector em que a radiação incide.

O espectro de fótons obtidos através de detectores cintiladores permite identificar os eventos que influenciam na função resposta do cintilador, podendo ser discriminado neste espectro o fótico, resultante das interações fotoelétricas no cristal cintilador, assim como as interações parciais de energia como pico de raios X característico, de retro espalhamento e escape ou ainda interação por espalhamento *Compton*, que influenciam no espectro de energia.

Cintiladores com melhor resolução, como o brometo de lantânio, possuem FWHM menores resultando em fóticos mais estreitos e, desta forma, possibilitam o uso de maior número de energias para a definição do algoritmo de limpeza utilizado.

2.3. Identificadores radiológicos portáteis

Uma grande aplicação atual dos cintiladores inorgânicos é o seu uso como identificadores radiológicos portáteis para uso em segurança radiológica e nuclear.

Para a identificação inequívoca é importante utilizar um detector que exiba boa geometria do cristal, eficiência de detecção e boa resolução numa faixa de energia de até 3,0 MeV.

Uma boa eficiência de detecção permitirá, através da aquisição do espectro gama,

uma identificação mais rápida do(s) radionuclídeo(s) e a quantificação de valores mais baixos de atividade (quantificável através d Atividade Mínima Detectável, AMD).

Uma boa resolução permitirá resolver dois picos de energia próximos, correspondentes a radionuclídeos diferentes, permitindo a identificação dos mesmos. Uma resolução insuficiente impedirá a identificação dos radionuclídeos ou dará origem a uma falsa identificação.

Detectores	NaI	CZT	LaBr3	CdTe	HPGe
Resolução (662 keV)	7%	3,5%	2,7%	0,6%	0,2%
Resolução (122 keV)	13%	6,3%	5,7%	1,5%	0,4%
Tipo	cintilador	semicondutor	cintilador	semicondutor	semicondutor
Volume (cm ³) ⁽⁴⁾	347 ⁽¹⁾ 174 ⁽²⁾	3,5 ⁽³⁾	44 ⁽³⁾	0,4 ⁽³⁾	203
Refrigeração	Não	Não	Não	0°C	-196,15°C
(Z) médio	32	49	41	49	32

(1) Cristal utilizado na mochila radiológica
 (2) Cristal utilizado no Spir-ID
 (3) Valor máximo
 (4) Quanto maior o volume sensível do detector, maior a sua eficiência total

Conclusão

A detecção de fótons, radiações indiretamente ionizantes, por detectores de cintilação em função de sua excelente eficiência e adequada resolução fazem do mesmo um detector de excelência destas radiações, não somente para as ações de monitoração mas também para a identificação de radionuclídeos em ambiente em que identificadores radiológicos portáteis são necessários.

Referência bibliográfica

KNOLL, G. F., 2000, Radiation Detection and Measurement – 3ª edição, Ed. John Wiley&Sons Inc. , USA.

LIMA, C. A., 2006, Avaliação da Performance de Detectores Iodeto de Sódio NaI(Tl) em Centrais Nucleares – dissertação de mestrado, COPPE/UFRJ, RJ.