

**DETECÇÃO DE PARTÍCULAS ALFA E FRAGMENTOS DE FISSÃO DO
CF-252 COM DETECTORES SÓLIDOS DE TRAÇOS E COM DETECTOR
DE BARREIRA DE SUPERFÍCIE. DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA**

RESPONSÁVEIS : Dra Marília Tereza F. Cesar Khouri
Dra Marina F. Koskinas

COLABORADORES : Cleber de Andrade
Eudice Correia Vilela

PARTICIPANTES : Herminio Hinostroza
Jorge Ricardo Araujo Kaschiny
Marcio Silva da Costa
Paschoal Rizzo
Wilma Machado S. Santos

RESUMO

Apresentação de técnica de detecção de partículas por detectores sólidos de traços. Tipos de revelação e análise de resultados. Medidas de eficiência de detecção de partículas alfa com Makrofol E e detector de barreira de superfície. Detecção de fragmentos de fissão do Cf-252.

INTRODUÇÃO

Os detectores sólidos de traços nucleares (solid state nuclear track detectors - SSNTDs) são materiais isolantes nos quais partículas carregadas pesadas provocam danos ao longo de suas trajetórias . Esses traços podem ser revelados e tornam-se visíveis em microscópio óptico após o material sofrer um tratamento químico que ataca preferencialmente as zonas danificadas (1).

Cristais e plásticos podem ser utilizados como

SSNTDs. A formação do traço está relacionada com a produção de ionização e, em uma primeira aproximação, pode-se dizer que o traço ocorre quando o número de íons formados excede um certo valor limiar que varia de um material para outro. Alguns plásticos são sensíveis para registrar prótons de baixa energia enquanto que a maioria dos minerais não registram traços mesmo de partículas pesadas com ionização máxima. Elétrons e radiação gama não deixam traços e tem pouco efeito sobre os detectores de traços.

São vários os materiais usados como detectores de traços, sendo os mais usados: nitrato de celulose, policarbonatos, vidro e mica.

Escolhemos uma experiência bem simples porque nossa principal finalidade é apresentar a técnica de utilização dos SSNTDs, sua revelação e contagem por métodos diferentes. Pretende-se determinar a eficiência de um detector de traços para a detecção de partículas alfa e verificar a relação entre emissão alfa e fissão espontânea para o Cf-252.

O Cf-252 decai por fissão espontânea (3,092%) e por emissão de partículas alfa (96,908%) com as energias de 6,1183 MeV (84,0%), 6,057 MeV (15,8%), 5,9766 MeV (0,2%), 5,8263 MeV (0,002%). A meia vida do Cf-252 é de 2,646 anos (3).

PARTE EXPERIMENTAL

a) Detector

O material utilizado como SSNTD foi o Makrofol E de 200 μm de espessura que é fabricado pela Bayer, Alemanha. O Makrofol E é translúcido, esbranquiçado e apresenta só uma face sensível as partículas, esta face é brilhante e a face oposta, não sensível, é rugosa.

O makrofol E é fornecido em rolos e pode ser cortado nas dimensões desejadas.

b) Revelação

A revelação do Makrofol E foi feita mantendo-se o detector submerso em solução PEW (15% KOH, 40% álcool etílico e 45% água) a 70 °C por um tempo adequado.

tempo de revelação (2)	partícula
120 minutos	alfa
50 minutos	fragmentos de fissão

c) Discriminação entre os traços devidos a fragmentos de fissão e partículas alfa.

Os fragmentos de fissão tem alcance bem menor do que as partículas alfa do Cf-252 (6,1 MeV). Colocando-se entre a fonte e o detector um material na espessura adequada os fragmentos de fissão são barrados e só as partículas alfa vão impressionar o detector.

Utilizou - se o policarbonato Makrofol KG em folhas de 2 μm e 8 μm de espessura. Foram feitas irradiações sem absorvedor e usando absorvedores com 8, 10, 12, 14 e 16 μm de Makrofol KG entre a fonte de Cf-252 e o detector de Makrofol E. As irradiações foram de 20 minutos. Após a revelação de 50 minutos observou-se os detectores ao microscópio concluindo-se que 16 μm barravam todos os fragmentos de fissão.

d) Medida da eficiência do Makrofol E utilizando uma fonte de Am-241.

Efetuuou-se uma medida de atividade alfa de uma fonte de Am-241 (5,48 MeV(85%) e 5,44 MeV(13%)) usando-se um detector de barreira de superfície em uma câmara onde foi feito vácuo. Uma máscara em plástico de 100 μm de espessura delimitou sempre a área do detector utilizado.

Detector ORTEC BR.22.300.1000
 tensão de operação-400 volts
 tempo de medida 1000 segundos
 nº de contagens 13470 \pm 110 ou 13,5 \pm 0,1 cps

Nas mesmas condições colocou-se na posição do detector um quadrado de (2x2)cm² de Makrofol E e a mesma máscara utilizada anteriormente. Foi feita uma irradiação de 1 minuto, trocou-se o detector e foi feita uma irradiação de 5 minutos.

Só consideraremos o resultado da segunda irradiação, porque a contagem no primeiro detector foi muito baixa.

nº de contagens 4165 \pm 65 ou 13,9 \pm 0,2 cps

4

Considerando 100% a eficiência do detector de barreira concluímos que o detector Makrofol E também tem uma eficiência de 100% para partículas alfa de aproximadamente 5,5 MeV.

e) Medida da eficiência do Makrofol E utilizando fonte de Cf-252.

Nas mesmas condições das medidas anteriores foram feitas medidas de atividade alfa da fonte de Cf-252 com o detector de barreira de superfície.

1- medida sem absorvedor. A energia das partículas alfa é de 5,1 MeV aproximadamente
tempo de contagem 8000 segundos
contagem 37488 ± 193 ou $4,69 \pm 0,02$ cps

2- medida usando absorvedor de 16 μ m de Makrofol KG. A energia das partículas alfa é de 4,4 MeV aproximadamente (anexo 1).
tempo de contagem 4000 segundos
contagem 18295 ± 135 ou $4,57 \pm 0,03$ cps

A diferença é de 2,6% entre os resultados.
Irradiou-se dois pedaços de Makrofol E com o absorvedor de 16 μ m de Makrofol KG entre a fonte e o detector de modo a não registrar os traços de fragmentos de fissão

tempo de irradiação 7 minutos
contagem 1985 ± 45 ou $4,7 \pm 0,1$ cps

tempo de irradiação 7 minutos
contagem 1898 ± 44 ou $4,5 \pm 0,1$ cps

valor medio $4,6 \pm 0,1$ cps

Comparando os resultados obtidos com o detector de barreira de superfície e com o detector sólido de traços Makrofol E concluímos que as eficiências são iguais.

f) Detecção do fragmento de fissão com o Makrofol E.

Foi feita uma irradiação de 40 minutos e após a revelação de 50 minutos para que só os traços dos fragmentos de fissão fossem revelados obtivemos a contagem 455 ± 21 ou $0,19 \pm 0,01$ cps.

A relação entre a emissão alfa e a fissão espontânea obtida foi de 24 ± 2 enquanto que o valor

tabelado(3) é de 31,3. Esta diferença foi atribuída a contaminações na fonte de Cf-252 e entre essas contaminações predomina o Cm-244 que é usado na fabricação de fontes de Cf-252.

Observação - Todos os detectores de traços foram contados em microscópio óptico de tela com aumento de 140x.

ANEXO 1

Cálculo da energia de uma partícula alfa após percorrer uma distância R em um material absorvedor, sendo:

$$R(E_i, E_f) = \int_{E_f}^{E_i} \frac{dE}{dE/dx}$$

a distância percorrida por uma partícula alfa em um meio (dE/dx é a perda de energia por unidade de trajetória), quando sua energia passa de E_i à E_f e como:

$$R(E) = \int_0^E \frac{dE}{dE/dx}$$

é o alcance da partícula alfa em um meio, então:

$$R(E) = R(E_i) - R(E_f) \quad (1)$$

O alcance da partícula alfa em um material de peso atômico A é:

$$R_A(\text{cm}) = 0,56 \cdot 10^3 R_{\text{ar}}(\text{cm}) \frac{A^3}{\rho(\text{g/cm}^3)} \quad (2)$$

A fórmula estrutural do Makrofol é $C_{12}H_{10}O_2$ e a sua densidade é $1,21 \text{ g/cm}^3$.

$$\sqrt{A} = \frac{\sum n_i A_i^2}{\sum n_i}$$

onde: A = 1,825 para o Makrofol
 n_i é o número de átomos tipo i
 A_i é o número atômico do átomo tipo i

Cálculo da energia de partícula alfa de 6,1 MeV após atravessar $16 \mu\text{m}$ de Makrofol

$R_{\text{ar}}(\text{cm})(E=6,1 \text{ MeV}) = 4,75$ (pelo gráfico 1-4 referência 4)

$$R_A(\text{cm}) = 4,01 \cdot 10^3 \text{ cm}$$

então $40,1 \mu\text{m}$ é o alcance no Makrofol da partícula alfa de 6,1 MeV.

Substituindo em (1)

$$\begin{aligned} R(E_i, E_f) &= R(6,1, E_f) = 40,1 \mu\text{m} - R(E_f) \\ &= 16 \mu\text{m} = 40,1 \mu\text{m} - R(E_f) \end{aligned}$$

$$R(E_f) = 24,1 \mu\text{m}$$

voltando a relação (2)

$$Rar(E_f) = 2,85 \text{ cm}$$

pelo mesmo gráfico citado acima

$$E_f = 4,4 \text{ MeV}$$

Portanto a partícula alfa de 6.1 MeV após atravessar 16 μm de Makrofol tem 4,4 MeV

REFERENCIAS

- 1- Fleischer, R.L.; Price, P.B. and Walter, R.M.
Nuclear Tracks in Solids. University of California Press. Berkeley, 1975.
- 2- Cesar, M.F.; Franco, M.A.R.
Some studies on the registration of particles on Makrofol E, Nuclear Tracks, 12, 193-6, 1986.
- 3- Lederer, C.M.; Shirley, V.S.
Ed. Table of Isotopes, Seventh Edition, Wiley Internatinal Publ. ,1978 p 1478
- 4- Price, W.J.
Nuclear Radiation Detection
Mc Graw Hill, 1952
- 5- Evans, R.D.
The Atomic Nucleus
Mc Graw Hill 1955