

Relatório Parcial – Setembro de 2005

F 809-Instrumentação para ensino, IFGW/UNICAMP

Título do Projeto:

Detecção de Traços de Partículas Nucleares

Autor: Osvaldo Luiz dos Santos Pereira,
IFGW/UNICAMP

e-mail: O027006@dac.unicamp.br

RA: 027006

Orientador: Dr. Pedro José Iunes, IFGW/UNICAMP.

e-mail: pjiunes@ifi.unicamp.br

Evolução Histórica da pesquisa de traços Nucleares

A passagem de partículas nucleares altamente ionizadas (prótons, partículas alfa, fragmentos de fissão, etc.) através de materiais dielétricos cria um caminho “danificado” em escala atômica, chamados de traços.

O desarranjo causado por tais partículas é mais suscetível ao ataque químico do que em outras regiões do material.

Esse caminho criado pelas partículas nucleares (chamados de traços) será revelado a partir de ataques químicos para que possam ser observados ao microscópio óptico.

As primeiras fotografias, tirada diretamente de caminhos danificados criados por fragmentos de fissão de ^{235}U foram publicadas por **Silk e Barnes** em 1959, suas observações levaram a pesquisas sobre ataques de traços e traços de partículas em sólidos. Tal linha de pesquisa mostrou-se bastante promissora tendo utilidade em diversas áreas, sejam elas científicas ou tecnológicas, desde ciências nucleares a botânica, e controle de armas a controle de cerveja.

No laboratório de pesquisa da **General Electric, Fleischer, Price e Walker** se inspirando nas pesquisas de **Silk e Barnes**, avaliaram quantitativamente a possibilidade de traços de interações nucleares estarem presentes em mica de pedras lunares, formando um fóssil que “gravava” o bombardeamento de raios cósmicos na Lua. Porém somente dez anos depois foram encontrados tais traços em minerais lunares e usados para elucidar alguns processos ocorridos na superfície da Lua.

A tecnologia de microscopia eletrônica foi usada para a observação e estudo de traços atacados, todavia tais estudos foram frustrados brevemente devido à tendência de traços em mica natural desaparecerem nos raios de elétron do microscópio quando observados. A solução para tal problema foi usar uma coleção **de fluoro-mica sintética** do Dr. Louis Navias, que se mostrou bastante estável durante a observação ao microscópio eletrônico.

Esse material incitou uma nova linha de pesquisa, que logo tornou possível a observação de traços submicroscópicos atacados deliberadamente, bastante estáveis durante a observação. Pouco depois se tornou possível a observação ao microscópio eletrônico, de fosses de traços de fissão espontânea em cristais de mica atacados contendo inclusões de Urânio.

Nasceu então uma nova linha de pesquisa em física nuclear.

Em 1964 foi utilizado pela primeira vez por Fleischer e Price, o diâmetro dos traços para a determinação de comprimentos, deixado por fragmentos de fissão, colidindo perpendicularmente em detectores de vidro.

No início uma das grandes dificuldades nessa linha de pesquisa era a falta de detectores manufaturados por empresas especializadas, por isso usavam apenas detectores naturais como a mica, vários esforços foram feitos para se descobrir um detector eficiente. Neste projeto citaremos dois desses detectores de partículas nucleares fabricados por empresas, o CR-39 e o LR-115.

Descrição qualitativa do Experimento

Ataque Químico.

O traço deixado pelas partículas nucleares em detectores sólidos tem dimensões muito pequenas (espessura da ordem de angstroms), para que seja possível a observação ao microscópio é utilizado um processo químico de revelação desses traços chamado comumente nessa linha de pesquisa, de **ataque**. Cujas utilidade é muito ampla devido a sua simplicidade. Sendo usados nos ataques, apenas simples componentes químicos como os utilizados neste projeto NaOH e metanol.

Atualmente há diversos tipos de ataques químicos sendo pesquisados no mundo inteiro, para que o processo de pesquisa em laboratório torne-se mais eficiente.

A perda de energia de uma partícula nuclear carregada, durante o percurso (Alcance Máximo residual), é transformada de tal forma que uma densidade de defeito quimicamente reativa com valor crítico, tenha uma direção privilegiada ao ataque químico devido à ionização ao longo do caminho deixado pela partícula.

O ataque químico tem duas velocidades de “revelação”, ou seja, de consumo do detector, uma ao longo do traço (V_T) deixado pela partícula e outra que consome perpendicularmente a superfície irradiada do detector (V_B).

Assim que a solução atacante atinge o fim da trajetória da partícula a dissolução do material se torna isotrópica, em todas as direções, com taxas idênticas V_B .

Detectores Plásticos.

As informações abaixo foram retiradas da tese de doutoramento de **Sergio Roberto de Paulo**, orientado por **Julio César Hadler Neto**.

Titulo da tese: Dosimetria Ambiental de ^{222}Rn e Filhos: medida de Eficiência Absoluta do Cr-39, levando-se em consideração o Plate-Out e fatores Ambientais.

- **LR-115:** (Pagina 28)

O LR-115 é um nitrato de celulose ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_7\text{N}_2$ [Il(89)]) de cor avermelhada (mas translúcido) disponível comercialmente em lâminas de $\approx 13\mu\text{m}$ de espessura, montadas sobre uma base de plástico transparente comum (o mesmo que é utilizado em filmes fotográficos).

A condição de ataque químico ideal para o LR-115 [Du(84)] é obtida utilizando-se uma solução $2,5\text{N}^1$ NaOH a 60°C . Essas condições de ataque podem ser consideradas como recomendadas [Il(89)] e são utilizadas pela maioria dos pesquisadores da área. O tempo de ataque é adequado aos objetivos dos experimentos utilizados e da condição de observação a ser utilizada por cada pesquisador. Por exemplo, se se deseja contar os traços por métodos automáticos, é preferível utilizar um tempo de ataque tal que a camada sensível do detetor ($\approx 13\mu\text{m}$) seja quase que totalmente corroída, de forma que os traços se transformem em buracos, nessa camada sensível. Essa condição garante um grande contraste entre a camada vermelha de LR-115 e os próprios buracos (ou traços). Se, por outro lado, a observação é feita "manualmente" (ou seja, por um observador humano), é preferível um ataque de duração mais curta, pois ataques prolongados têm a propriedade de deformar os traços e, portanto, de dificultar a distinção entre os traços e outras figuras de ataque que aparecem após o ataque químico, devido a falhas ou imperfeições na própria estrutura do plástico.

¹2,5N corresponde, por exemplo, à mistura de 20 gramas de NaOH com água até que o volume total da solução seja de 200ml (10% em massa-volume, portanto).

Experimento

Nesse projeto detectores de plástico CR-39 (fórmula molar $C_{12}H_{16}O_7$) previamente irradiados por partículas alfa serão atacados quimicamente em períodos de 2 minutos para que seja observado o gradativo aumento do traço até que sejam alcançadas as dimensões satisfatórias para a observação.

Para atacar quimicamente o traço, será usada uma solução de NaOH 1,5 molar dissolvida em metanol ^[3]. A temperatura da solução deverá ser de 50 °C, aquecido em banho térmico na capela.

O ataque pode ser ou não uma parte da demonstração em sala de aula, dependendo do professor.

Comentários

Uma das vantagens deste tipo de ataque é a velocidade, com a qual alcançamos um diâmetro de 10µm (dez micrometros), perfeito para a observação, permitindo assim uma metodologia didática rápida e eficiente, na demonstração do experimento aos alunos.

A parte mais difícil do experimento, seria irradiar com partículas alfa o detector plástico usado no experimento, à parte do ataque químico seria facilmente reproduzida até mesmo em um laboratório de colegial, já que as substâncias usadas não apresentam um risco grave ao serem manuseadas, tomando é claro as devidas precauções.

A parte do experimento na qual se observa ao microscópio óptico os traços de partículas alfa nos detectores, é a mais importante, pois ratifica a eficiência do método utilizado, na detecção de partículas nucleares.

Pode-se realizar a demonstração do experimento de duas maneiras:

- Realizando o ataque químico em sala de aula, com tempos de ataque sucessivos de dois minutos, realizando observações ao microscópio óptico entre esses ataques. Após um período total de oito minutos será feita a última observação quando o traço já apresentará as dimensões necessárias para uma observação eficaz. O ataque químico dos detectores seria então parte do experimento dos alunos, podendo ser realizado em laboratório de química, ou de física, devidamente equipados.
- Pode-se atacar previamente quatro detectores, com períodos de ataque respectivos a dois, quatro, seis e oito minutos, mostrando-os ao microscópio óptico evidenciando o “alargamento” das dimensões dos traços.

Abaixo um gráfico extraído de uma das bibliografias deste projeto ^[3], que mostra para diversas temperaturas da solução de ataque utilizadas, o progresso de revelação dos traços (aumento do diâmetro dos traços) em função do tempo.

O gráfico pode ser mostrado em sala de aula para mostrar aos alunos a eficiência do ataque utilizado, enfatizando o fato de que a solução utilizada no ataque na temperatura de 50°C, tem um comportamento linear.

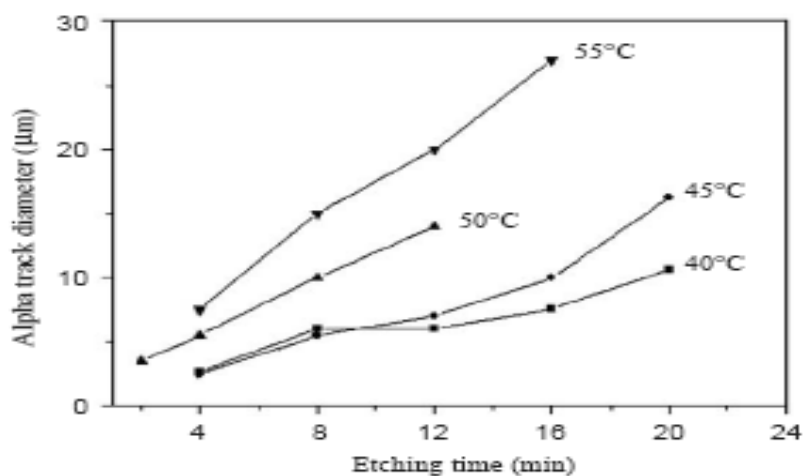


Fig. 2. Average alpha-particle track diameter as a function of etching time in CR-39 detectors etched in 1.5 M NaOH dissolved in methanol at the listed temperatures.

Lista de Materiais

- Microscópio óptico com aumento 10X40, a seco.
- Detector CR-39
- capela
- Banho térmico para 50°C
- Dois béqueres de 1 litro
- Uma pipeta
- balança
- Luvas cirúrgicas
- água
- metanol
- NaOH e Ácido acético

Referências:

Fleischer L.R., Price P.B. e Walker R.M. (1975). *Nuclear Track in Solids, Principles & Applications*, University of California Press, Berkeley

Silk E.C.H. e Barnes R.S. (1959). Examination of fission fragments tracks with an Electron Microscope, *Philosophical Magazine*. **4**, 970-971.