

INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE HUELLAS EN LA EFICIENCIA DE OBSERVACION EN "SOLID STATE NUCLEAR TRACK DETECTORS"

S.Guedes O. ¹⁾, J.C. Hadler N. ^{1),*)}, P.J. Iunes ¹⁾, S.R.Paulo ²⁾, C. Saenz T. ¹⁾ y A.Zúñiga G. ^{1,3)}

¹⁾ Instituto de Física "Gleb Wataghin", Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, CP6165, 13083 - 970 Campinas - SP, Brasil.

²⁾ Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Mato Grosso, UFMT, Av. Fernando Correa s/n, 78060 - 900, Cuiabá - MT, Brasil.

³⁾ Instituto Peruano de Energía Nuclear, IPEN, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú.

*) Comunicación con autores

RESUMEN

La eficiencia de observación de huellas en "Solid State Nuclear Track Detectors" (SSNTD), ϵ_0 , normalmente es tomada como siendo independiente de la densidad de huellas en el detector. Sin embargo en la literatura no se disponen resultados específicamente relacionadas con esto. En este trabajo se pretende discutir esta situación utilizando resultados experimentales. Para este fin pedazos de una misma placa de CR-39, fueron acopladas a una película de uranio a diversos tiempos de exposición y las razones de densidad de huellas a tiempo de exposición fueron comparadas. Nuestros resultados indican que ϵ_0 se mantiene constante para densidades entre 10^3 y 10^5 huellas por cm^2 . Para nuestras condiciones de ataque la superposición de las huellas hace imposible el conteo para densidades en torno de $1.7 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$. Para densidades menores que 10^3 cm^{-2} , no observamos constancia en ϵ_0 .

ABSTRACT

When Solid State Nuclear Track Detectors (SSNTD) is employed to measure nuclear tracks produced mainly by fission fragments and alpha particles it is considered that the track observation work is performed under a efficiency, ϵ_0 , which is independent of the track density (number of tracks / area unit). There are not published results or experimental data supporting such an assumption. In this work the dependence of ϵ_0 with track density is studied based in experimental data. To perform this, pieces of CR-39 cut from a sole "mother sheef" were coupled to thin uranium films for different exposition times and the resulting ratios between track density and exposition time there were compared. Our results indicate that ϵ_0 is constant for track densities between 10^3 and 10^5 cm^{-2} . At our etching conditions track overlapping makes impossible the counting for densities around $1.7 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$. For track densities less than 10^3 cm^{-2} , ϵ_0 , was not observed to be constant.

INTRODUCCION

Los SSNTD [1] registran partículas nucleares que inciden sobre el detector. Después de un ataque químico apropiado, las huellas de las partículas son contadas al microscopio óptico y la densidad de huellas en el detector es determinada.

La eficiencia de detección de los SSNTD es teóricamente limitada solamente por la superposición de las huellas en densidades muy altas (tomándose en cuenta el ancho de las huellas en la superficie expuesta al ataque químico a la que es sometida). Sin embargo, la eficiencia de observación de las huellas por el microscopista puede variar con la densidad.

Si el criterio preestablecido del conteo (especificación de las formas posibles de las huellas) no fuera correctamente obedecido, fallas en el detector pueden ser contadas como huellas. En bajas densidades esas fallas contadas indevidamente tienen un peso mayor en el resultado final que en altas densidades. Además de eso, si el número de huellas es grande (altas densidades) las fallas quedan más evidentes en relación a las huellas y el criterio preestablecido para conteos es más fácilmente mantenido que en bajas densidades.

Los SSNTD son usados hoy en muchas aplicaciones, como por ejemplo en medidas de contaminación radiactiva ambiental, datación de minerales con el método de huellas de fisión, calibración de fuentes, física de rayos cósmicos, física de reactores nucleares etc. [2].

La eficiencia de observación de huellas en SSNTD normalmente es tomado como siendo independiente de la densidad de huellas en el detector. Sin embargo, no tenemos datos en la literatura relacionados específicamente con este tema.

Para realizar este estudio de eficiencia de observación el detector escogido fue el CR-39. Como el CR-39 es un detector de partículas alfa, podemos obtener una amplia faja de densidades variando el tiempo de acoplamiento del detector a una fuente. El resultado de ese estudio, puede ser extendido a otros detectores desde que los criterios de conteos sean adecuadamente preestablecidos.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

En este trabajo para estudiar la influencia de la densidad de huellas en s_0 , pedazos de una misma placa de CR-39 fueron acoplados a una película delgada de uranio natural [3] (en este caso delgado significa que no presenta autoabsorción de energía) con una actividad aproximadamente de 2.5×10^3 desintegraciones por cm^2 por hora, en tiempos de exposición variables.

Después de la exposición, los detectores fueron atacados químicamente (400 minutos en un baño de 6.25 N NaOH, a 70 °C)[4].

Terminando el ataque, cada placa de CR-39 fue pegada a una lámina de vidrio y observada al microscopio óptico. Tomando por base el borde de la película (determinado en el CR como siendo el límite entre la región conteniendo las huellas y la región donde las huellas están ausentes) una parte de la superficie del detector fue mapeada y algunos campos de la superficie localizados por coordenadas horizontales (columnas) y verticales (líneas). En esos campos las huellas fueron contadas de esa manera pudimos determinar las densidades superficiales de huellas en los detectores. La tabla siguiente muestra los resultados medidos y las razones densidad de huellas por tiempo de exposición.

DENSIDAD DE HUELLAS POR TIEMPO DE EXPOSICION

detector	Δt (h)	ρ (cm ⁻²)	$\rho/\Delta t$ (cm ⁻² h ⁻¹)
1	0,17	156±10	938±60
2	0,25	227±12	908±48
3	0,42	324±14	777±35
4	0,67	605±20	907±30
5	1,33	1.087±26	815±20
6	7,00	5.751±118	822±17
7	14,00	11.174±165	798±12
8	70,00	55.689±643	796±10
9	140,22	110.917±907	791,0±6,5
10	211,47		
11	280,52		

Las densidades de huellas de los detectores 10 y 11 no fueron determinadas porque había una grande cantidad de huellas superpuestas, debido a las altas densidades de estos detectores.

El criterio adoptado en el conteo fue:

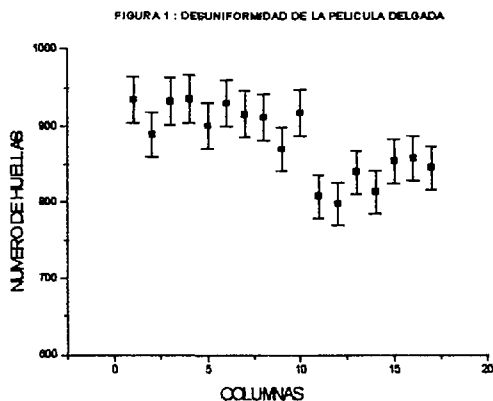
Las figuras siguientes observadas al microscopio fueron consideradas huellas de partículas alfa:

- círculos oscuros
- figuras en forma de "gota", cerradas, menos oscuras que los círculos.
- figuras en forma de "gota", abiertas, menos oscuras que las anteriores, con contornos bien definidos.

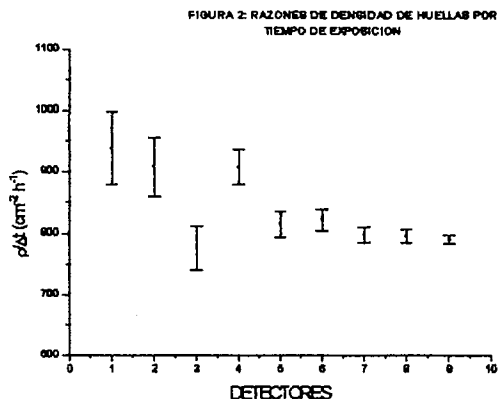
No fueron consideradas huellas:

- círculos menos oscuros o muy grandes que los citados anteriormente
- figuras en forma de "gota" con contornos no definidos
- cualquier figura no citada anteriormente

A partir de los resultados obtenidos para la densidad es posible observar una grande desuniformidad en la película utilizada. Eso puede ser observado tomando como ejemplo el número de huellas por columna obtenidas para el detector 9 que están representadas en la Fig.1.



La Fig. 2 representa los resultados experimentales obtenidos para las razones de densidades de huellas por tiempo de exposición:



DISCUSION

La media pesada por los errores de los valores obtenidos experimentalmente es:

$$(\rho/\Delta t) = (800,6 \pm 4,5) \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

En la prueba de coherencia χ^2 entre los datos obtenidos considerando $\nu = 8$ (número de grados de libertad) encontramos los siguientes resultados:

$$\chi^2 = 27,83$$

$$\chi_{\nu}^2 = 3,48$$

$$P_{\chi} \approx 0,001$$

Estos valores muestran que la coherencia interna entre los datos es muy baja.

Repitiendo la prueba, sin considerar los 4 primeros puntos obtenemos, con $\nu = 4$:

$$(\rho/\Delta t) = (796,8 \pm 4,6) \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

$$\chi^2 = 3,84$$

$$\chi_{\nu}^2 = 0,96$$

$$P_{\chi} \approx 0,45$$

En este caso vemos que hay alta coherencia entre los datos.

De estas dos pruebas podemos concluir que entre el detector 5 (densidad aproximadamente 10^3 huellas por cm^2) y el detector 9 (densidad aproximadamente 10^5 huellas por cm^2) la eficiencia de observación puede ser considerada constante.

Problemas aparecen, en tanto cuando la superposición de las huellas imposibilitan la medición (como en el caso del detector 9 donde la densidad estimada es de aproximadamente 1.7×10^5 huellas por cm^2) y en las medidas hechas a bajas densidades (menores que 10^3 huellas por cm^2).

En el caso de la superposición sabemos que es un problema específico del CR-39 en nuestras condiciones de ataque químico. Así, un estudio más detallado a este respecto se torna mas restringido. Sin embargo, en el caso de bajas densidades una causa posible es la no mantención de los criterios de contaje. Como se dijo anteriormente eso pesa más a bajas densidades, lo que está de acuerdo con la Fig. 2, que muestra que los valores de las razones $(\rho/\Delta t)$ (a menos del detector 3) son mayores en las bajas densidades. Otra

hipótesis probable está relacionada con la localización de la película en el detector. A bajas densidades queda muy difícil localizar con precisión los bordes. Como la película no es uniforme, como muestra la Fig. 1, si los contajes de huellas en los detectores fueran realizados en diferentes regiones de la película, deberíamos obtener valores diferentes para $(\rho/\Delta t)$.

Para verificar esa segunda hipótesis haremos una remediación en los detectores de 1 al 4. Para esto otros 4 pedazos de CR-39 serán expuestos por 10 min, 15 min, 25 min, y 40 min, respectivamente. En esta vez, la determinación de los bordes de la película será hecha físicamente en el CR-39 durante la exposición. De esta forma, podremos saber con mayor precisión en que región de la película estamos realizando la medida.

REFERENCIAS

- [1] FLEISHER, R.L., PRICE, P.B. and WALKER, R.M., Nuclear Tracks in Solids: Principles and Applications, University of California Press, Berkeley, California, USA (1975) 605 pg.
- [2] BENTON, E.V. and MCKEEVER, S.W.S., editors, Proceedings of the 17th International Conference of Nuclear Tracks in Solids, Dubna, Russia, 24-28 August 1994, Radiation Measurements, Vol. 25, N° 1-4 (1995).
- [3] BIGAZZI, G., HADLER N, J.C., IUNES, P.J. and PAULO, S.R., Mineral dating by the fission track method: neutron dosimetry by thin film of natural uranium, Revista de Física Aplicada e Instrumentação, 8 (1993) 13-23.
- [4] HADLER N, J.C. and PAULO, S.R., Indoor radon daughter contamination monitoring: the absolute efficiency of CR-39 taking into account the plateout effect and environmental conditions, Radiation Protection Dosimetry 51, 4 (1994) 283-296.