

# NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÁCH HÀM LƯỢNG RN-222 VÀ RN-220 TRONG KHÔNG KHÍ SỬ DỤNG KỸ THUẬT DETECTOR VẾT HẠT NHÂN LR115

LÊ ĐÌNH CUÔNG, TRỊNH VĂN GIÁP, NGUYỄN THU HÀ, NGUYỄN HỮU QUYẾT

*TT An toàn Bức xạ & Môi trường, Viện Khoa học Kỹ thuật Hạt nhân,  
179 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, HN  
Email: ledinhcuong.inst@gmail.com*

**Tóm tắt:** Radon là một trong những đồng vị phóng xạ tự nhiên gây ra liều chiếu trong lớn nhất đối với con người. Mặc dù đều là các đồng vị phân rã alpha, nhưng thành phần chủ yếu ảnh hưởng đến hàm lượng radon trong không khí là radon-222 và radon-220 vì thời gian sống của chúng là tương đối lớn. Với chu kỳ bán rã 4 giây, nên actinon (hay radon-219) gần như không đóng góp vào lượng Rn trong không khí và ít ảnh hưởng đến cơ thể con người. Detector vết hạt nhân (SSNTD) là một trong những công cụ phân tách được hàm lượng Rn-222 và Rn-220 dựa vào sự khác biệt lớn thời gian phân rã của 2 đồng vị này. Ưu điểm của kỹ thuật này là đơn giản, dễ sử dụng, rẻ tiền, có thể tiến hành nhiều điểm đo cùng một lúc...

**Từ khóa:** radon, thoron, SSNTD, LR-115, detector vết...

## I. MỞ ĐẦU

Trong tự nhiên, Rn là sản phẩm phân rã của các chuỗi phóng xạ tự nhiên: chuỗi  $^{238}\text{U}$  (sinh ra  $^{222}\text{Rn}$ , có chu kỳ bán rã là 3,82 ngày); chuỗi  $^{232}\text{Th}$  (sinh ra  $^{220}\text{Rn}$ , còn gọi là thoron, có chu kỳ bán rã là 55,6 giây); và chuỗi  $^{235}\text{U}$  (sinh ra  $^{219}\text{Rn}$ , còn gọi là actinon, có hàm lượng rất nhỏ và chu kỳ bán rã ngắn là 3.96 giây).

Các sản phẩm phân rã Rn hay còn gọi là con cháu của Rn, thường bám vào các hạt sol khí, hoặc tồn tại tự do trong không khí. Chúng phát bức xạ gamma, các hạt beta và hạt alpha, gây ra liều chiếu trong cơ thể con người thông qua đường hô hấp.

Các nghiên cứu về Rn được thực hiện rất nhiều vì đóng góp của Rn vào liều chiếu bức xạ cho con người gây bởi các bức xạ tự nhiên lên đến 50% (UNSCEAR, 2000). Tuy nhiên trong các phép đo Rn người ta hay dùng phương pháp đo tổng nồng độ của tất cả các đồng vị Rn (bao gồm  $^{222}\text{Rn}$  - radon,  $^{220}\text{Rn}$  - thoron,  $^{219}\text{Rn}$  - actinon) mà chưa quan tâm đến thành phần riêng lẻ từng đồng vị. Mặc dù đóng góp của radon là chủ yếu nhưng đồng vị thoron cũng đóng góp 10-15% vào liều chiếu bức xạ cho con người. Với chu kỳ bán rã 4 giây, nên actinon gần như không đóng góp vào lượng Rn trong không khí và ít ảnh hưởng đến cơ thể con người.

Detector vết hạt nhân (SSNTD, *Solid-State Nuclear Track Detector*) là một trong những công cụ phân tách được hàm lượng của radon và thoron dựa vào sự khác nhau về chu kỳ bán rã của hai đồng vị này.

## II. THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG

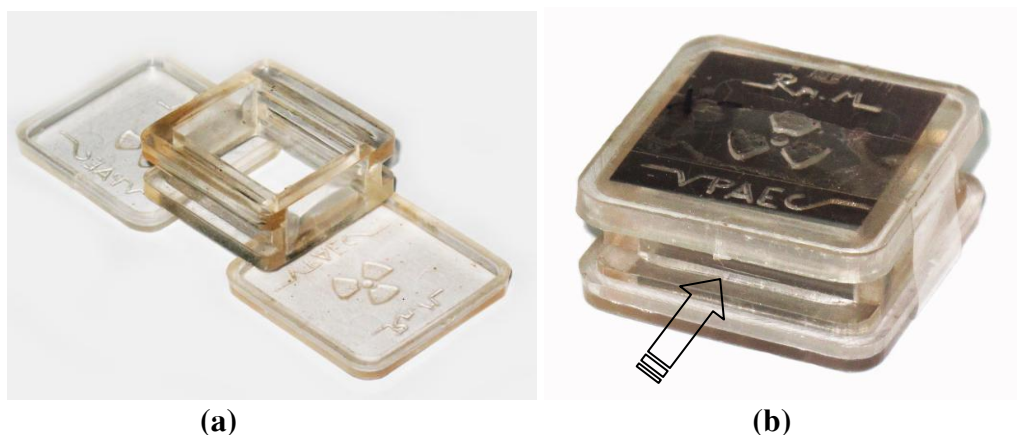
### 1. Thiết bị

#### Detector vết hạt nhân (SSLTD) LR115:

Một vật liệu được coi là SSNTD dùng để ghi đo các hạt mang tích điện cần phải thỏa mãn hai tiêu chuẩn: một là có điện trở suất phải lớn hơn  $2000\Omega\cdot\text{cm}$  và hai là độ khuếch tán nhiệt phải nhỏ hơn  $0.06\text{ cm}^2/\text{s}$ . SSNTD LR-115 loại 2 thỏa mãn cả hai điều kiện trên và có thể dùng để ghi các hạt điện tích nặng và hạt alpha có năng lượng từ 1,7 đến 4,2MeV. SSNTD LR-

115 loại 2 gồm một lớp cellulose nitrat dày  $12\mu\text{m}$ , màu đỏ thẫm và đ-ợc phủ trên tấm polyester (PET) dày  $100\mu\text{m}$ . Khi hạt alpha đi vào lớp nhạy của SSNTD, sẽ tạo ra vết ản.

Các SSNTD đ-ợc cất theo kích th-ớc đặt vừa bên trong cấu hình đo hộp detector  $3\times 3$ . Cấu hình đo này hiện đ-ợc nghiên cứu và tự chế tạo tại Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân. Mỗi hộp có thể gắn tối đa 2 SSNTD có kích th-ớc  $3\times 3\text{ cm}^2$  trên 2 lớp hộp — (hình 1a). Khí radon sẽ đi vào hốc khí bên trong hộp — (hình 1b). Bình th-ờng các hạt alpha đ-ợc sinh ra từ Rn và con cháu trong hốc khí, khi bay đến SSNTD có năng l-ợng t-ong đối lớn nên việc ghi nhận t-ong tác của phim trong cấu hình là điều không thể. Vì vậy, các SSNTD này phải đ-ợc lót một lớp nhôm rất mỏng (dày  $18\mu\text{m}$ ) ở ngay phía tr-ớc lớp nhạy của SSNTD. Lá nhôm này có tác dụng làm giảm năng l-ợng của hạt alpha đến vùng năng l-ợng nhạy ( $1,7$  đến  $4,2\text{MeV}$ ) tr-ớc khi t-ong tác với SSNTD.



Hình 1: Cấu hình hộp  $3\times 3$ : (a) ch-a có phim; (b) đã đặt phim.

### Bố trí chiếu mẫu

Sử dụng quặng radi (phát radon) và quặng monazit (quặng phát thoron) làm nguồn chiếu. Việc chiếu đ-ợc thực hiện với các thời gian khác nhau từ 2 cho đến 10 ngày trên cùng một điều kiện thể tích, nhiệt độ, vị trí đặt nguồn. Mỗi đợt chiếu đ-ợc thực hiện với 02 hộp  $3\times 3$  đ-ợc bố trí trong buồng chiếu có thể tích  $V=6041,046\text{ cm}^3$ .

### Tắm thực

Sử dụng ph-ong pháp ăn mòn hóa học hay tắm thực hóa học để hiện các vết ản gây bởi t-ong tác của hạt tích điện trên SSNTD có thể quan sát đ-ợc d-ới kính hiển vi quang học thông th-ờng. Điều kiện tắm thực lý t-ởng đ-ợc nghiên cứu và xác định là: dung dịch NaOH  $2,5\text{M}$ , nhiệt độ  $60^\circ\text{C}$ , thời gian 90 phút.

### Đếm vết

Có 03 ph-ong pháp đếm vết trên SSNTD phổ biến nhất, bao gồm: đếm vết sử dụng kính hiển vi quang học, ph-ong pháp đếm vết tự động bằng phần mềm nhận dạng vết, và đếm vết bằng ph-ong pháp tia lửa điện. Kỹ thuật đếm tia lửa điện, thực hiện trên các detector dạng phim, có giá thành rẻ, dễ thực hiện, nhanh chóng để đếm vết, một ph-ong pháp thành công và đ-ợc sử dụng rộng rãi trong việc đếm vết đã tắm thực hiện nay.

## 2. Ph-ong pháp phân tách hàm l-ợng radon và thoron.

### Sử dụng màng PE để tách thoron

Các sản phẩm phân rã Rn hay con cháu của Rn, tồn tại chủ yếu trên vật mang nó là soil khí. Khi đặt các cấu hình hộp  $3\times 3$  đ-ợc che màng PE (polyetylen) trong môi tr-ờng, màng PE có tác dụng nh- một màng lọc soil khí, ngăn không cho con cháu Rn xâm nhập vào. Tuy

nhiên với khí radon có chu kỳ 3.8 ngày, nó có khả năng khuếch tán vào bên trong, nồng độ radon bên trong sẽ cân bằng với nồng độ bên ngoài. Tiến hành thí nghiệm chiếu quặng monazite nhà khí thoron với 2 điều kiện che và không che mà PE, kết quả cho thấy số vết trên SSNTD trong cấu hình che màng PE là không đáng kể.



Hình 2: Bố trí màng PE đối với cấu hình hộp 3x3.

### Xác định tỷ lệ đóng góp của radon và con cháu vào kết quả đo

Để xác định tỷ lệ đóng góp của con cháu radon vào kết quả đo, tiến hành thí nghiệm chiếu SSNTD trong quặng radi với 2 điều kiện che màng PE và không che màng PE. Như chúng ta biết, việc che màng PE có khả năng ngăn toàn bộ con cháu của radon, thoron bám trên các hạt soil khí không xâm nhập được vào trong cấu hình. Khi đó số vết trên SSNTD sẽ chỉ do radon gây nên. Sau một thời gian chiếu, trong cấu hình đo nồng độ radon sẽ cân bằng với nồng độ radon bên ngoài môi trường. Như vậy số vết trên SSNTD ở bên trong các cấu hình đo có che màng PE sẽ tỉ lệ với hàm lượng radon. Số vết trên SSNTD ở bên trong các cấu hình đo không che màng PE sẽ tỉ lệ với tổng hàm lượng radon và con cháu của nó gây ra.

### Xác định tỷ lệ đóng góp của thoron và con cháu vào kết quả đo

Tiến hành thí nghiệm: SSNTD được chiếu đồng thời trong quặng radi và monazit với 2 điều kiện che màng PE và không che màng PE. Số vết trên SSNTD ở bên trong các cấu hình không che màng PE sẽ ghi nhận toàn bộ đóng góp của radon, thoron và tất cả con cháu của chúng. Như đã trình bày ở trên, màng PE chỉ cho radon xâm nhập được vào trong cấu hình, nên số vết trên SSNTD ở bên trong các cấu hình có che màng PE chỉ ghi nhận hàm lượng radon. Hơn nữa chúng ta đã tính toán được tỷ lệ hàm lượng radon và con cháu của nó. Khi đó đóng góp của thoron và con cháu của nó vào kết quả đo được xác định bằng: hiệu kết quả số vết trên SSNTD ở bên trong các cấu hình không che màng PE và số vết tính toán được đóng góp của radon và con cháu của nó từ số vết trên SSNTD ở bên trong các cấu hình có che màng PE.

## III/ KẾT QUẢ

### 1. Tính toán mật độ vết và xác định công thức tính hàm lượng Radon Thoron trong không khí:

Kết quả cho thấy số vết gây ra bởi thoron và con cháu của nó trên SSNTD ở bên trong các cấu hình có che màng PE là không đáng kể. Số vết ghi nhận được chủ yếu gây bởi tạp chất trong quặng monazit tự nhiên được sử dụng, có một hàm lượng nhỏ radi — phân rã tạo radon (Bảng 1).

Bảng 1: Kết quả mật độ vết (số vết/cm<sup>2</sup>.ngày) trên SSNTD đếm được bằng PP đếm tia lửa điện.

số ngày chiếu	chiếu thoron không che PE	chiếu thoron che PE	chiếu radon không che PE	chiếu radon che PE	chiếu 2 quặng không che PE	chiếu 2 quặng che PE
2	56 ±5	15 ±6	32 ±4	29 ±3	42 ±3	26 ±3
3	91 ±8	8 ±7	46 ±4	27 ±3	99 ±8	36 ±4

4	129 ±13	26 ±4	115 ±11	35 ±3	122 ±11	39 ±4
5	200 ±18	17 ±6	140 ±13	39 ±5	164 ±14	49 ±4
6	290 ±22	30 ±5	182 ±17	48 ±5	207 ±17	50 ±4
7	339 ±39	36 ±3	184 ±17	57 ±6	225 ±19	64 ±6
8	<b>443 ±57</b>	27 ±5	<b>189 ±18</b>	80 ±7	<b>234 ±17</b>	82 ±7
9	450 ±61	45 ±4	203 ±20	81 ±8	233 ±18	83 ±7
10	580 ±55	63 ±5	227 ±22	83 ±8	268 ±22	84 ±8

Mật độ vết đạt trạng thái bão hòa sau khoảng 8 ngày chiếu. Khi đó ta tính được tỷ lệ đóng góp của radon-222 vào kết quả đo = mật độ vết trong điều kiện che màng PE/ mật độ vết trong điều kiện không che màng PE (khi mật độ vết đạt trạng thái bão hòa) = 80/189= 0.42. Như vậy ta xác định được tỷ lệ hàm lượng radon và con cháu của nó là  $0,42/(1-0,42) = 0.75$ .

Ta tính toán số vết do radon và con cháu của nó gây ra là  $82/0.42 = 195$  (vết). Vậy số vết trên SSNTD do thoron và con cháu của nó gây ra là:  $234 - 195 = 39$  (vết). So sánh kết quả chiếu quặng monazit ta xác định được trạng thái bão hòa của mật độ vết sau 8 ngày chiếu thực tế là  $50 \pm 5$  (vết).

Như vậy ta có công thức xác định đóng góp của mật độ vết gây bởi radon, con cháu radon, thoron và con cháu thoron như sau:

$$D_{NET}(\text{radon}) = D_{CHE PE}$$

$$D_{NET}(\text{con cháu radon}) = (1-0,42/0,42)*D_{CHE PE} = 1,38*D_{CHE PE}$$

$$D_{NET}(\text{thoron+con cháu thoron}) = D_{KHÔNG CHE PE} - 2,38D_{CHE PE}$$

Trong đó  $D_{CHE PE}$  và  $D_{KHÔNG CHE PE}$  lần lượt là mật độ vết (số vết/cm<sup>2</sup>.ngày) đếm được trên các SSNTD bằng máy đếm tia lửa điện sau khi tắm thực trong điều kiện che và không che màng PE.

Hàm lượng khí Radon và Thoron trong môi trường không khí được tính theo công thức sau:

$$C_{Rn} = \frac{D_{NET}}{t.E} \quad (\text{Bq.m}^{-3}) \quad (1)$$

Trong đó:

$C_{Rn}$ : Hàm lượng khí Radon, Thoron trong không khí.

$D_{NET}$ : Mật độ vết đếm bằng máy đếm tia lửa điện (vết.cm<sup>-2</sup>).

t: Thời gian đo (h).

E: Hiệu suất ghi của phương pháp.

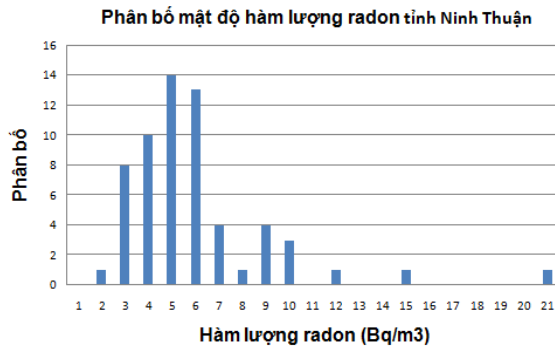
E được xác định bằng phương pháp chuẩn trong các buồng chuẩn có hàm lượng radon biết trước (gửi các buồng đo sang Nhật Bản để chiếu chuẩn).

Đối với cấu hình 3x3 đo Radon ta có giá trị của E là:  $E(\text{Radon}) = 6,75.10^{-4} (\text{vết.cm}^{-2}).h/(\text{Bq.m}^{-3})$ .

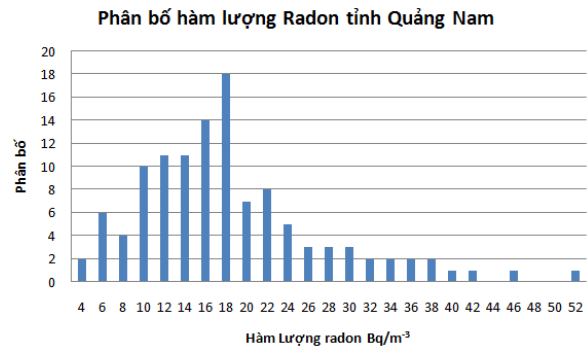
## 2. Kết quả thực nghiệm:

Tiến hành đặt detector (cấu hình 3x3 có che màng PE đo Radon) trong 61 hộ dân tại các xã của địa bàn tỉnh Ninh Thuận và 117 hộ dân tại các xã của địa bàn tỉnh Quảng Nam trong 3 tháng. Kết quả tính toán thu được mật độ Radon trung bình trong của Ninh Thuận là  $11,3 \text{ Bq.m}^{-3}$  của Quảng Nam là  $18 \text{ Bq.m}^{-3}$ .

Quảng Nam là tỉnh tập trung nhiều mỏ khoáng sản như Uranium, than, quặng sa khoáng... Theo quan sát, hầu hết nhà dân được đặt detector đều thiết kế phòng ngủ hẹp, diện tích nhỏ, không thoáng gió nên hàm lượng Radon cao, cá biệt có chỗ hàm lượng đo được là  $52 \text{ Bq.m}^{-3}$ .

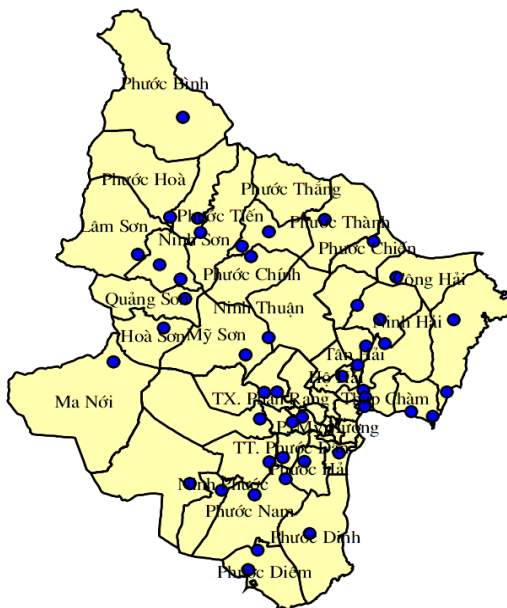


a)

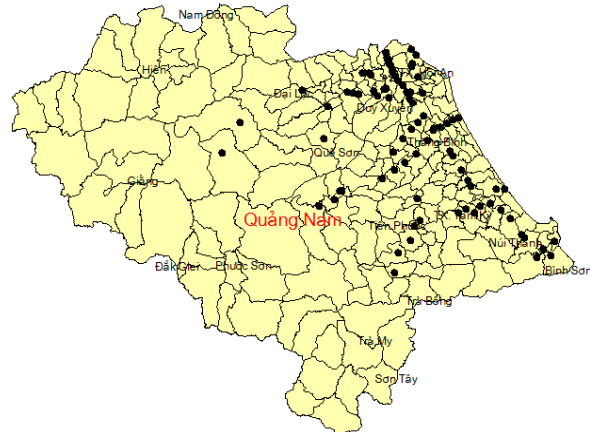


b)

Đồ thị 1: Kết quả phân bố hàm lượng Radon trong không khí bằng phương pháp detector vết hạt nhân trên địa bàn a) tỉnh Ninh Thuận, b) tỉnh Quảng Nam.



a)



b)

Hình 3: Phân bố vị trí đặt detector trong nhà dân trên địa bàn a) tỉnh Ninh Thuận, b) tỉnh Quảng Nam.

#### IV/ KẾT LUẬN

Đã có các kết quả ban đầu thu được phục vụ tốt cho việc đánh giá hàm lượng radon trong không khí, là cơ sở cho việc nghiên cứu về phong phóng xạ môi trường khu vực dân cư, cũng như các khu mỏ quặng phóng xạ.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Fleischer, L.R., (1981), "Nuclear Track Production in Solids", Progress in Materials Sciences, Chalmers, Anniversary Volume, Pergamon Press, Oxford, 98 — 128
- [2]. Kodak — Path. Instruction for Use of "KODAK" CN — 85 and LR — 115 Films.
- [3]. NCRP, (1988), Measurement of radon and radon daughters in air, NCRP REPORT No. 97.
- [4]. Tommasino, L. (1970), Electrochemical Etching of Damage Track Detectors by H.V. Pulse and Sinusoidal Waveform, Internal Rept. Lab. Dosimetria e Standardizzazione, CNEN, Casaccia, Rome.
- [5]. Tommasino L. (1981). "Nuclear Track Detection by Avalanche — type Processes: Electrochemical Etching, Spark and Breakdown Counter", in: Proc. 11<sup>th</sup> Int. Conf. on Solid State Nuclear Track Detectors, Bristol, September 7 — 12

**STUDY ON THE METHOD TO ANALYZE  
RN-222 AND RN-220 CENTRETION IN THE AIR  
USING SOLID STATE NUCLEAR TRACK DETECTOR LR115**

CUONG LE DINH, TRINH VAN GIAP, NGUYEN THU HA, NGUYEN HUU QUYET

Center for radiation protection and environment monitoring,

Institute for Nuclear Science and Technology,

179 Hoang Quoc Viet , Cau Giay, HaNoi

***Email: ledinhcuong.inst@gmail.com***

**Abstract:** Radon is one of the natural radiation contributes the largest percentage to the total average annual effective dose equivalent to human. Although all isotopes of radon are radioactive and also emits alpha radiation, Rn-222 and Rn-220 are the most important of the three radon isotopes because of its concentrations in indoor air and due to the health effects associated with exposures to its radioactive decay products. Actinon (Rn-219) does not contribute significantly to human radiation exposures due both to the low natural abundance of the  $^{235}\text{U}$  precursor and the very short (4s)  $^{219}\text{Rn}$  half-life. Solid state nuclear track detector (SSNTD) is one of method analyzed Rn-222 and Rn-220 concentrations by great difference of half-life between them. The advantage of this technique is simple, easy to use, cheap, and it can deploy concurrently large scale survey of radon...

**Keywords:** radon, thoron, SSNTD, LR-115, alpha particle registration ...