

NGHIÊN CỨU PHỔ GAMMA TÁN XẠ NGƯỢC CỦA ĐẦU DÒ HPGE BẰNG CHƯƠNG TRÌNH MCNP

**Trương Thị Hồng Loan, Phan Thị Quý Trúc, Đặng Nguyên Phương
Trần Thiện Thanh, Trần Ái Khanh, Trần Đăng Hoàng**

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 29 tháng 03 năm 2007, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 25 tháng 02 năm 2008)

TÓM TẮT: Trong công trình này, thí nghiệm mô phỏng Monte Carlo phổ gamma tán xạ ngược của đầu dò HPGe dùng chương trình MCNP được thực hiện. Nguồn được khảo sát là Ir-192 có dạng cầu đường kính 0,5cm, hoạt độ 1Ci, được đặt trong buồng chì. Tia phát ra có năng lượng 316,5keV được chuẩn trực bởi một colimator bằng chì. Khi tăng góc tán xạ từ 60° to 120° , với bia nhôm đặt ở góc 30° and 45° so với chùm tới phổ tán xạ, thành phần tán xạ một lần tăng và thành phần tán xạ nhiều lần giảm. Khi thay đổi bề dày bia nhôm, đỉnh tán xạ tăng và bắt đầu bão hòa ở bề dày 1cm. Kết quả này là nền tảng hỗ trợ cho các nhà thực nghiệm nghiên cứu ứng dụng phổ gamma tán xạ ngược có thể chọn lựa điều kiện cho phép đo khi áp dụng phương pháp này trong kiểm tra mật độ hoặc bề dày mẫu và tìm kiếm khuyết tật của trong mẫu đo.

Từ khóa: Phổ gamma, Tán xạ ngược, HPGe, MCNP.

1 GIỚI THIỆU

Hiện nay có nhiều phương pháp kiểm tra khuyết tật của sản phẩm mà không cần phá hủy mẫu (Non-Destroyed Technique - NDT) như phương pháp truyền qua, chụp ảnh phóng xạ và phương pháp dùng sóng siêu âm ... cho kết quả nhanh chóng với độ chính xác cao. Tuy nhiên trong nhiều trường hợp thực tế các phương pháp trên không được áp dụng mà thay vào đó là phương pháp tán xạ ngược được dùng với ưu điểm là nguồn và đầu dò có thể bố trí cùng một phía dù độ chính xác tương đối lớn.

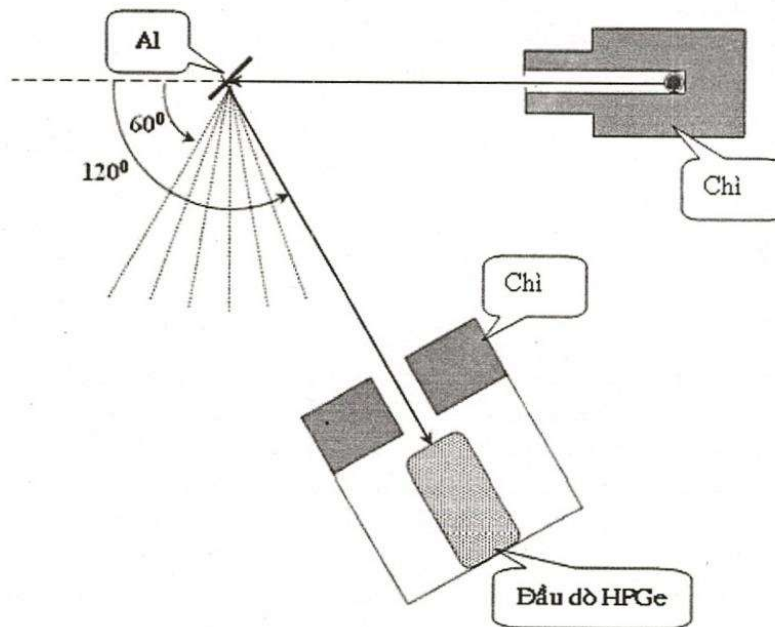
Trong những năm qua, tại Việt Nam, phương pháp tán xạ ngược đã được nghiên cứu rộng rãi. Tuy nhiên việc áp dụng phương pháp này vào trong công nghiệp vẫn chưa được phát triển mạnh mẽ do việc bố trí thực nghiệm để đạt đến điều kiện tối ưu rất khó khăn và tốn kém. Do đó để hỗ trợ cho quá trình khảo sát thực nghiệm, trong công trình này chúng tôi áp dụng phương pháp nghiên cứu mô phỏng phổ gamma tán xạ ngược bằng chương trình MCNP.

Tán xạ ngược là hiện tượng khi tia gamma va chạm lên bản vật chất thì bị tán xạ ngược so với hướng ban đầu [3]. Khi bề dày vật chất vô cùng mỏng, hiện tượng tán xạ ngược không xảy ra. Khi bề dày vật chất tăng, sự tán xạ ngược cũng tăng theo và đạt đến giá trị bão hòa. Trên cơ sở cấu trúc chi tiết của đầu dò HPGe có tại bộ môn Vật Lý Hạt Nhân, trường Đại học Khoa học Tự nhiên, chúng tôi tiến hành mô phỏng phổ gamma tán xạ ngược lên một bản nhôm bằng chương trình MCNP [2]. Dựa trên thí nghiệm này ta khảo sát phổ tán xạ ngược của nhôm khi quay đầu dò từ vị trí 60° đến 120° sử dụng nguồn Iridium-192 với mức năng lượng là 316,5 keV để thấy được vị trí mà tại đó sự đóng góp của tán xạ một lần là lớn nhất. Từ vị trí đó ta thay đổi bề dày của nhôm tán xạ để tìm được bề dày bão hòa của nhôm trong tán xạ một lần. Ngoài ra ta cũng khảo sát phổ tán xạ ngược khi thay đổi năng lượng nguồn để thấy được một số sự điều chỉnh các thông số trong cách bố trí thí nghiệm khi khảo sát phổ gamma tán xạ ngược với năng lượng lớn.

2.KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

2.1.Khảo sát phổ gamma tán xạ ngược khi miếng nhôm đặt ở góc 30° và 45° so với chùm gamma tới

Thí nghiệm mô phỏng sử dụng nguồn Ir-192 hoạt độ 1Ci hình cầu có đường kính 0,5cm được đặt trong một cái hốc dài 4 cm đường kính 0,6cm của một collimator hình trụ với trụ nhỏ dài 2cm đường kính 2cm và trụ lớn dài 4cm đường kính 3,6cm. Bia trong thí nghiệm này là một bản nhôm có đường kính 2,4cm và bề dày là 0,4cm được đặt lệch 30° so với tia tới. Các tia gamma tán xạ được ghi nhận bởi detector HPGe được che chắn bởi một lớp chì hình trụ sao cho trục của tinh thể thẳng góc với tia nguồn tại tâm bề mặt mẫu. Đầu dò HPGe được quay từ vị trí 60° cho đến 120° so với tia tới phát xuất từ nguồn.



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm mô phỏng tán xạ ngược tại các vị trí khác nhau của đầu dò

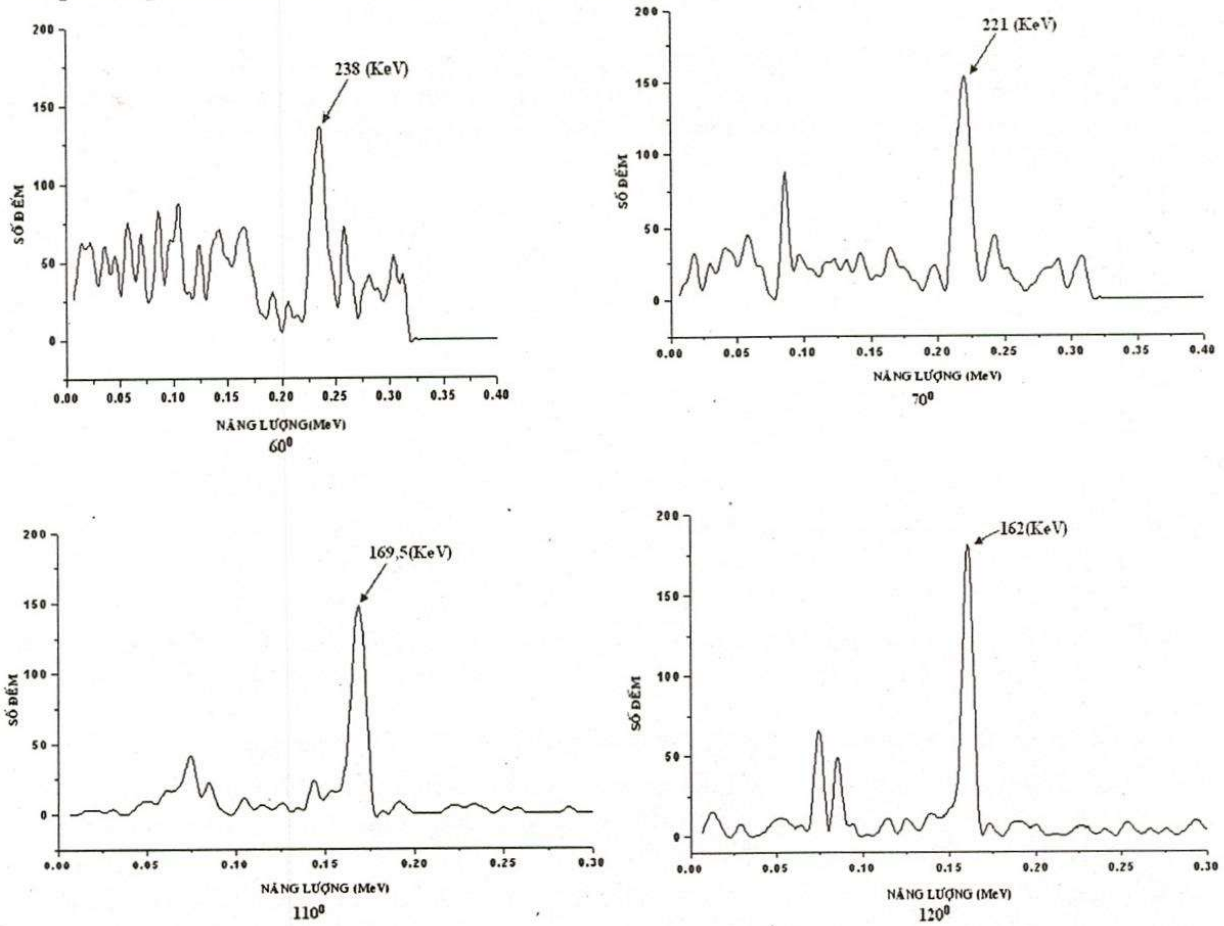
Hình 2 trình bày một số trong nhiều kết quả phổ gamma tán xạ ngược khi tăng góc tán xạ từ 60° cho đến 120° . Kết quả mô phỏng cho thấy khi đầu dò quay từ 60° cho đến 120° thì đỉnh tán xạ ngược dịch chuyển từ 238 keV cho đến 162 keV nghĩa là khi tăng góc tán xạ thì đỉnh tán xạ ngược một lần có xu hướng dịch chuyển về phía năng lượng thấp. Thực vậy điều này được thấy dựa vào công thức tán xạ Compton [1]

$$E_{\gamma_{tx}} = \frac{E_{\gamma}}{1 + \frac{E_{\gamma}}{m_e c^2} (1 - \cos \theta)} \quad (1)$$

Ở đây E_{γ} , $E_{\gamma_{tx}}$ là năng lượng photon tới và photon tán xạ, θ là góc tán xạ.

Ngoài ra khi tăng góc tán xạ θ thì đỉnh tán xạ ngược (tán xạ một lần) tăng cao và nền phân tán xạ (tán xạ nhiều lần) giảm xuống. Điều đó giúp cho việc phân tích phổ tán xạ ngược tốt hơn (ít bị nhiễu bởi nền phân tán xạ) khi chọn góc hứng của đầu dò lớn.

Bảng 1 trình bày kết quả so sánh vị trí đỉnh năng lượng tán xạ ngược giữa lý thuyết và mô phỏng khi lá nhôm tán xạ được đặt ở góc 300 và 450 so với tia tới. Để khảo sát được phổ gamma tán xạ ngược tốt, chương trình chạy cần số quá trình khá lớn cỡ 2 tỷ hạt mà nó đòi hỏi thời gian rất lâu nên chúng tôi chỉ khảo sát có hai trường hợp 300 và 450. Tuy nhiên kết quả cho thấy ở các góc tới khác nhau thì kết quả phổ mô phỏng gần như không thay đổi và cho giá trị phù hợp với kết quả của lý thuyết tương ứng [1].



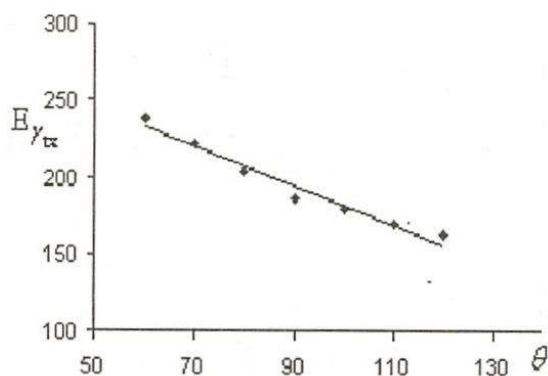
Hình 2. Phổ gamma tán xạ ngược của Ir-192 khi tăng góc tán xạ từ 60° cho đến 120°

Bảng 1. So sánh vị trí năng lượng đỉnh tán xạ ngược (keV) khi bản nhôm đặt ở góc 30° và 45° so với tia tới với góc quay của đầu dò từ 60° cho đến 120° theo lý thuyết và mô phỏng.

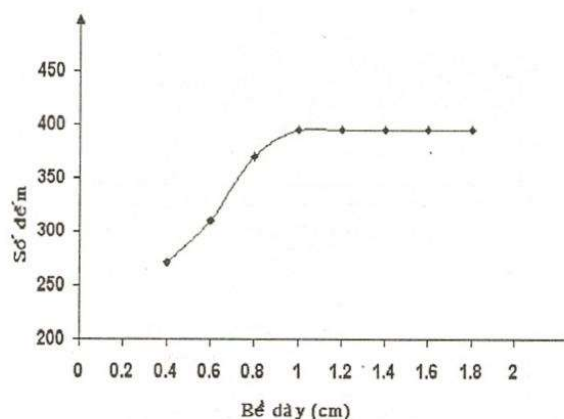
Góc quay	Lý thuyết	30°		45°	
		Mô phỏng	Độ sai biệt (%)	Mô phỏng	Độ sai biệt (%)
60°	241,6	238,0	1,49	237	1,02
70°	224,8	221,0	1,69	221	1,02
80°	209,3	203,0	3,01	204	1,03

90 ⁰	195,4	186,0	4,81	186	1,05
100 ⁰	183,3	179,0	2,29	182	1,01
110 ⁰	172,8	169,5	1,90	171	1,01
120 ⁰	164,0	162,0	1,21	162	1,01

Hình 3 trình bày sự phụ thuộc của đỉnh năng lượng tán xạ ngược vào góc tán xạ. Kết quả cho thấy vị trí đỉnh tán xạ ngược được khớp gần như tuyến tính theo góc tán xạ. Sai số của các vị trí đỉnh trong mô phỏng đều nhỏ hơn 10% do đó những kết quả mô phỏng này là có thể chấp nhận được.



Hình 3. Sự phụ thuộc của đỉnh năng lượng tán xạ ngược vào góc tán xạ



Hình 4. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của số đếm đỉnh tán xạ ngược vào bề dày bia tán xạ Al

2.2. Khảo sát phổ gamma tán xạ ngược của Ir-192 theo bề dày của bản nhôm tán xạ

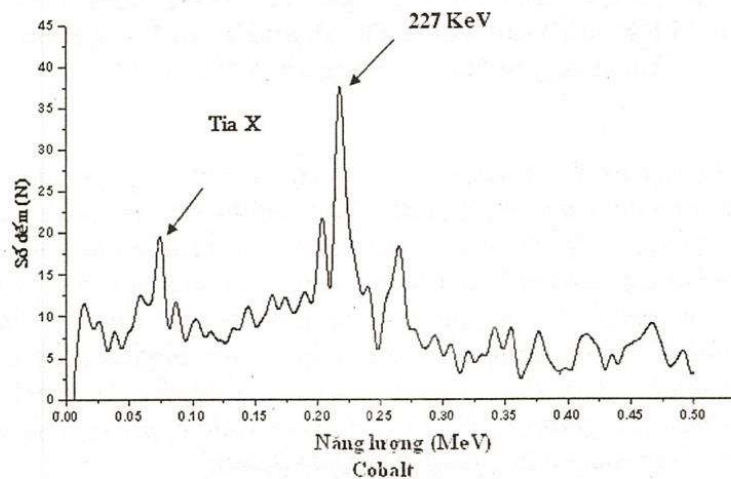
Trong phần này, thí nghiệm được thiết kế giống như trên nhưng ta giữ nguyên đầu dò ở vị trí 1200 và chỉ thay đổi bề dày của nhôm từ 0,4 cm cho đến 2cm. Hình 4. trình bày sự phụ thuộc của số đếm đỉnh tán xạ ngược theo bề dày nhôm tán xạ.

Kết quả cho thấy, khi bề dày bản nhôm càng lớn cường độ tán xạ ngược càng tăng hay số đếm tại mỗi đỉnh tán xạ ngược càng lớn. Tuy nhiên số đếm tại các đỉnh tán xạ chỉ tăng đến một lúc nào đó và không tăng nữa cho dù có tăng thêm bề dày. Trong trường hợp ở đây với nguồn Ir-192 năng lượng 316,5 keV, bia tán xạ là nhôm, khi tăng bề dày bản nhôm đến 1 cm thì số đếm không tăng nữa ta xem như đây là bề dày bão hòa của sự tán xạ ngược trong nhôm với năng lượng và góc tán xạ đã cho. Điều này được giải thích là do khi tăng bề dày bia tán xạ, thì tia gamma sẽ có cơ hội gây tán xạ nhiều hơn, tuy nhiên quãng đường đi gamma tán xạ ra khỏi bề dày đó càng nhiều hơn và khi đó nó bị quá trình hấp thụ chất gây tán xạ cạnh tranh và khi bề dày tăng tới một giá trị nào đó thì hai quá trình tán xạ và hấp thụ này sẽ bù trừ. Do đó lượng tán xạ ngược có thể thoát ra khỏi chất tán xạ đến vùng nhạy của đầu dò không thay đổi nữa và ta có vùng bão hòa.

2.3. Khảo sát phổ tán xạ ngược khi thay đổi năng lượng nguồn

Ở đây chúng tôi thử sử dụng năng lượng 1332 keV của Co-60 để khảo sát. Do năng lượng cao, khả năng xuyên thấu mạnh nên khi ta khảo sát phổ tán xạ ngược với nguồn này cần thay đổi một số thông số về bề dày của chì che chắn cũng như collimator chỉ để thu được phổ tán xạ ngược.

Hình 5 trình bày kết quả khảo sát phổ gamma tán xạ ngược của hai nguồn này. So sánh với phổ của Ir-192 năng lượng thấp 316,5 keV, phổ của Co-60 năng lượng cao 1332 keV có đỉnh tán xạ ngược (tán xạ một lần) rất thấp trên nền phong tán xạ nhiều lần tương đương nhau. Điều này được giải thích là ở năng lượng 1332 keV quá trình tạo cặp bắt đầu cạnh tranh với tán xạ Compton và quang điện. Ngoài ra do năng lượng cao khả năng xuyên thấu mạnh, nên lượng gamma sơ cấp và tán xạ một lần có khả năng thoát khỏi bề dày tán xạ mà không được ghi nhận tăng.



Hình 5. Phổ gamma tán xạ ngược của Co-60

3.KẾT LUẬN

Trong công trình này, thí nghiệm mô phỏng Monte Carlo phổ gamma tán xạ ngược dùng chương trình MCNP đã được trình bày. Thí nghiệm được tiến hành với nguồn Ir-192 năng lượng gamma quan tâm là 316,5 keV, hoạt độ 1Ci, hình cầu đường kính 0,5cm. Nguồn gamma được đặt trong ống chuẩn trực. Bia tán xạ là nhôm được đặt với góc lệch khác nhau, cũng như bề dày nhôm khác nhau để khảo sát ảnh hưởng của phổ gamma tán xạ ngược theo các yếu tố góc tới và bề dày. Song song đó việc khảo sát ảnh hưởng của phổ theo góc nhận của đầu dò (so với tia tới) cũng được thực hiện. Ở đây đầu dò được sử dụng là đầu dò HPGe đồng trục siêu tinh khiết của hãng Canberra Industries Inc. Kết quả cho thấy khi thay đổi góc nhìn của đầu dò 60o đến 120o với miếng nhôm tán xạ đặt nghiêng 30° so với tia tới thì khi góc tán xạ tăng thành phần tán xạ một lần tăng và thành phần tán xạ nhiều lần giảm, các kết quả không thay đổi khi thay đổi độ nghiêng của nhôm so với tia tới. Khi thay đổi bề dày nhôm thì cường độ tán xạ một lần tăng và đạt đến trị số bão hòa khi đạt đến bề dày 1cm (đối với gamma năng lượng 316,5 keV và bia là nhôm). Kết quả khảo sát phổ tán xạ ngược với Co-60 có năng lượng cao 1332 keV cho thấy khi năng lượng gamma càng cao thì cường độ tán xạ càng thấp mà nó là kết quả của khả năng xuyên thấu mạnh qua vật chất và sự cạnh tranh của hiệu ứng tạo cặp ở vùng năng lượng trên 1,02 MeV.

Các kết quả trên tuy không có thí nghiệm để kiểm chứng nhưng có thể tin cậy bởi các thí nghiệm trước đó về khảo sát phổ gamma và tính toán hiệu suất của nhóm [4], ngoài ra các quy luật có được như đã mô tả ở trên là phù hợp với lý thuyết gamma tán xạ ngược. Các kết quả có được là nền tảng để những người làm thí nghiệm về gamma tán xạ ngược có thể tham khảo và

chọn lựa điều kiện làm việc tối ưu khi áp dụng phương pháp này trong kiểm tra mật độ hay bề dày mẫu và khuyết tật của mẫu.

STUDY ON THE BACK SCATTERING GAMMA SPECTRA OF HPGE DETECTOR BY USING MCNP CODE

Truong Thi Hong Loan, Phan Thi Quy Truc, Dang Nguyen Phuong,
Tran Ai Khanh, Tran Thien Thanh and Tran Dang Hoang
University of Natural Sciences, VNU-HCM

ABSTRACT: *In this work, the simulation of back-scattering gamma spectra of HPGe detector was carried out with using MCNP code. The simulation was made with the 316.5 keV peak of the spherical source of Ir-192 which was housed in a collimator. When increasing the scattering angle from 60 degrees to 120 degrees, with the aluminum target placed at angles of 30 and 45 degrees to the incident beam, the spectra show that the single scattering component increases and the multi scattering component decreases. The single scattering peak increases when increasing the thickness of the target and saturates at the thickness of 1 centimeter. These results are the base for getting the best condition while applying this method in testing densities or thickness of the sample and finding sample defects.*

Key words: *Gamma spectra, Back-scattering, HPGe, MCNP.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Glenn F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley & Sons, Inc (2000)
- [2]. J.F. Briesmeister, Ed., *MCNP4C2- Monte Carlo N-particle Transport Code System*, Los Alamos, LA-13709-M (2001).
- [3]. R.A. Schumacher, *Compton Scattering of Gamma Rays*, Carnegie Mellon University (2002)
- [4]. Truong Thị Hồng Loan, *Nghiên cứu hàm đáp ứng của đầu dò HPGe bằng phương pháp Monte Carlo sử dụng chương trình MCNP4C2*, Báo cáo Chuyên đề Tiến sĩ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-TP.HCM (2006)