

PHƯƠNG PHÁP ĐO CƯỜNG ĐỘ CHUYỂN DỜI GAMMA NỔI TẦNG BẰNG THỰC NGHIỆM TẠI VIỆN NGHIÊN CỨU HẠT NHÂN ĐÀ LẠT

Nguyễn An Sơn⁽¹⁾; Phạm Đình Khang⁽²⁾;

Nguyễn Đức Hòa⁽¹⁾; Nguyễn Xuân Hải⁽³⁾

(1) Trường Đại học Đà Lạt; (2) Trung tâm Đào tạo Hạt nhân (NTC – VAEI)

(3) Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt

TÓM TẮT

Nghiên cứu cấu trúc hạt nhân bằng thực nghiệm là một trong những hướng nghiên cứu mới của Việt Nam hiện nay. Với hệ đo cộng biên độ các xung trùng phùng (SACP) đã được lắp đặt tại kênh ngang số 3 của lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt, bài báo trình bày phương pháp đo đạc, xử lý kết quả thực nghiệm và tính toán cường độ chuyển dời gamma nổi tầng của hạt nhân từ năng lượng liên kết với neutron (B_n).

Từ khoá: cấu trúc hạt nhân; hệ cộng biên độ các xung trùng phùng (SACP).

*

1. Mở đầu

Phát thảo đầu tiên của phương pháp SACP được Hoogenboom A.M. đưa ra vào năm 1958 [1,2] bằng việc sử dụng các detector nhấp nháy. Các thiết bị phân tích biên độ vào thời điểm đó là các máy phân tích biên độ 256 kênh. Đến năm 1981, tại Viện Liên hợp nghiên cứu hạt nhân Dubna đã đưa ra vấn đề ghi nhận, lưu trữ và xử lý số trên máy tính các thông tin thu được từ hệ đo cộng biên độ các xung trùng phùng. Phương pháp này khác hẳn những nguyên tắc ban đầu do Hoogenboom A.M. đưa ra [3, 5]. Và cho tới năm 2003, chỉ duy nhất Viện Liên hợp nghiên cứu hạt nhân Dubna sử dụng được phương pháp này trong nghiên cứu cấu trúc hạt nhân. Sau năm 2003 có thêm

một hệ đo cùng phương pháp SACP được thiết lập tại cộng hoà Séc. Sau đó một số nước khác như Hungari, Bungari, Ai Cập, Triều Tiên, Mông Cổ và Trung Quốc cũng đã cử các cán bộ nghiên cứu tới Dubna để tìm hiểu cách triển khai phương pháp nghiên cứu này [5].

Với phương pháp SACP, phân rã gamma nổi tầng và mật độ mức của hạt nhân được ghi nhận bằng phản ứng (n , 2γ) và (n , 3γ) [3, 4, 5]. Tại Việt Nam, các nghiên cứu thực nghiệm này được tiến hành trên lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt, công suất 500 kW, hệ đo SACP được lắp đặt trên kênh neutron số 3. Từ năm 2005, kênh số 3 được sử dụng cho mục đích nghiên cứu số liệu và cấu trúc hạt nhân thông qua phản ứng (n , γ), (n ,

2γ) và định hướng nghiên cứu phản ứng ($n, 3\gamma$) [4, 5].

Cường độ chuyển dời nổi tầng $I_{\gamma\gamma}$ liên quan giữa mức ban đầu i và mức cuối f qua trạng thái trung gian g được tính theo công thức [4, 5, 6]:

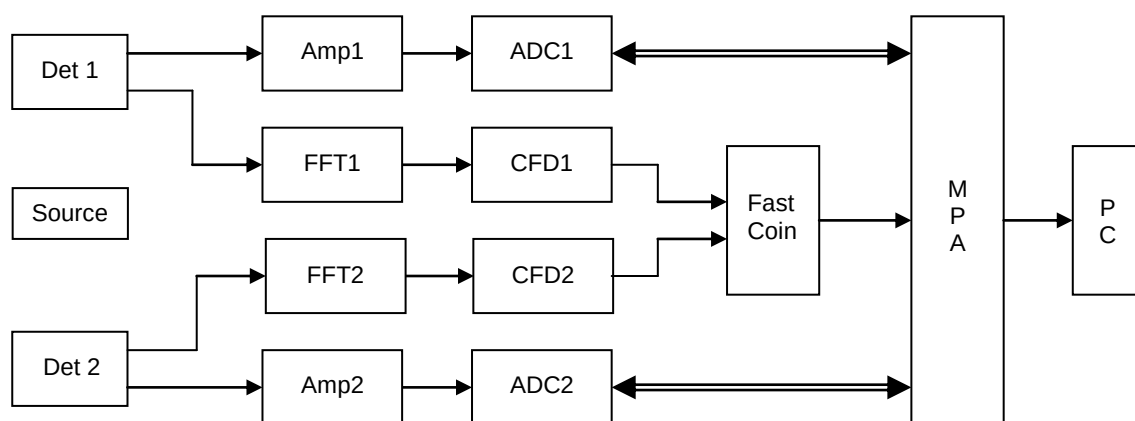
$$I_{\gamma\gamma}(E_\gamma, E_C) = \frac{\Gamma_{ig} E_\gamma \Gamma_{gf} E_C - E_\gamma}{\Gamma_i \Gamma_f} \quad (1)$$

với Γ_{ig} và Γ_{gf} là độ rộng phóng xạ riêng phần của các chuyển dời γ của trạng thái

đầu và cuối. Γ_i và Γ_f là độ rộng phóng xạ toàn phần của trạng thái đầu và trạng thái cuối. E_γ , $(E_C - E_\gamma)$ là năng lượng chuyển dời sơ cấp, và năng lượng chuyển dời thứ cấp.

2. Hệ SACP tại Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt

Hệ SACP tại Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt có sơ đồ được trình bày ở hình 1.



Hình 1: Sơ đồ khối hệ SACP tại Viện nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt

Khoảng cách từ nguồn phóng xạ đến mỗi đầu dò (Det) là 5cm. Nguồn được đặt sao cho các bức xạ gamma phát ra đi đến hai đầu dò là đối xứng nhau.

Tín hiệu thời gian T ở lối ra từ các đầu dò được các khối khuếch đại nhanh (FFT) khuếch đại và tạo dạng cần thiết, sau đó tín hiệu đi tới các khối gạt ngưỡng nhanh (CFD). Gạt ngưỡng nhanh CFD được sử dụng để loại trừ nhiễu và ảnh hưởng của các bức xạ γ mềm. Xung ra từ các khối gạt ngưỡng nhanh đi tới lối vào của khối trùng phùng nhanh (Fast Coin). Khối trùng phùng nhanh có độ rộng cửa sổ thời gian tối thiểu là 10ns (cửa sổ thời gian không thể nhỏ hơn độ phân giải về

mặt thời gian của đầu dò) và xác định điều kiện trùng phùng theo mặt tăng của xung. Xung lối ra của khối trùng phùng sẽ là xung dương và xung này được sử dụng để mở cổng (Gate) của hai ADC. Như vậy, khi phân rã gamma nổi tầng được ghi bởi cả hai đầu dò thì sẽ có một xung dương ở lối ra của khối trùng phùng nhanh cho phép hai ADC được biến đổi.

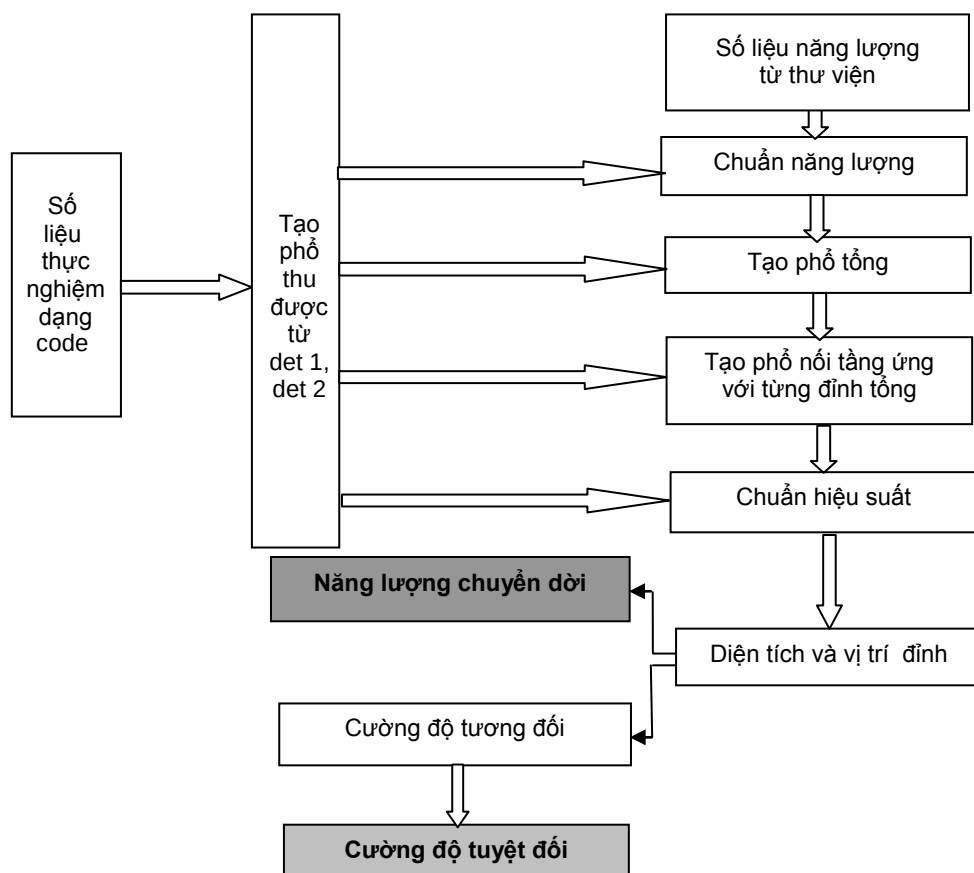
Tín hiệu năng lượng E từ lối ra của hai đầu dò được các khối khuếch đại phổ (Amp) khuếch đại và tạo dạng xung cần thiết để cho hai ADC biến đổi. Tín hiệu ở lối ra các khuếch đại phổ trễ hơn so với tín hiệu lối vào một khoảng thời gian tùy theo thời gian hình thành xung của bộ

khuyến đại (cỡ μs), trong khi đó tín hiệu ở lối ra của khối trùng phùng nhanh trễ hơn so với tín hiệu ở lối ra T của đầu dò chỉ cỡ vài ns. Như vậy để có sự đồng bộ giữa hai tín hiệu này, thì tín hiệu ở lối ra của khối trùng phùng nhanh phải được làm trễ đi một khoảng tùy theo thời gian hình thành xung của bộ khuếch đại phổ. ADC được nối với Card thu nhận dữ liệu (MPA) để truyền dữ liệu vào máy tính.

3. Thuật toán tạo và xử lý phổ

Tiến hành thu nhận các giá trị của phổ gamma dựa trên hệ SACP. Bằng phương pháp ghi đo và lưu tích lũy số liệu với thời gian đo kéo dài, thu nhận số liệu dưới dạng ghi code - giá trị biên độ của từng xung của bức xạ gamma. Thuật toán tạo phổ và xử lý

như ở hình 2. Việc tạo phổ từ kết quả của hai kênh ghi đo khác nhau trên sự kiện trùng phùng được thực hiện bằng việc cộng dồn các file dữ liệu lưu được, tạo được phổ đơn kênh, sau đó tiến hành chuẩn năng lượng dựa trên các mức năng lượng phát gamma với hiệu suất phát cao (dựa vào số liệu của thư viện IAEA). Tiếp tục tạo phổ tổng bằng cách dựa vào số lần xuất hiện giá trị tổng $E_1 + E_2$ (E_1 là code biên độ từ ADC1, E_2 là code biên độ từ ADC2). Trong phổ tổng cũng xuất hiện những đỉnh liên quan đến quá trình huỷ cặp, các đỉnh thoát. Độ rộng của các đỉnh trong phổ tổng phụ thuộc bởi chất lượng của detector và sự cân bằng của hệ số biến đổi năng lượng bị hấp thụ của lượng tử γ thành chỉ số kênh.



Hình 2: Sơ đồ thuật toán chương trình xử lý kết quả thực nghiệm

Tạo phổ nổi tầng bậc hai: điều kiện để xảy ra nổi tầng bậc hai là trong thời gian trùng phùng được xác lập, có hai mức chuyển dời xảy ra. Các chuyển dời γ nổi tầng có cùng năng lượng tổng cộng $EC = E_1 + E_2$ khi bị hấp thụ hoàn toàn bởi hai detector sẽ được ghi vào một đỉnh của phổ nổi tầng bậc hai. Từ các số liệu về biên độ mà tổng của chúng rơi vào phần phổ SACP tương ứng với đỉnh quan sát được, xây dựng nên hai phổ của hai đầu dò. Phần phổ SACP là tổng của các sự kiện thực cộng với phông. Phông ở đây được loại trừ nhờ phần bổ sung tích lũy từ biên độ các xung trùng phùng mà tổng của chúng rơi vào hai bên đỉnh trong phổ tổng.

Như vậy trong phổ tạo nên từ các giá trị code mà tổng code của hai đường tín hiệu bằng E_c về nguyên tắc chỉ chứa các đỉnh hấp thụ toàn phần và không chứa

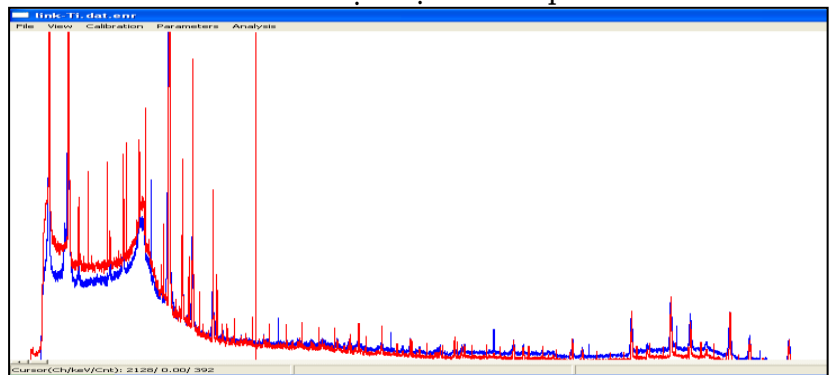
phân bố liên tục (do quá trình tán xạ Compton gây nên). Từ một đỉnh của phổ SACP chúng ta sẽ tạo ra được hai phổ một detector sau khi hiệu chỉnh hiệu suất ghi, ghép hai phổ lại ta thu được phổ nổi tầng bậc hai. Trong phổ nổi tầng bậc hai có chứa các thông tin thu được bằng phương pháp cộng biên độ các xung trùng phùng như: diện tích đỉnh (tỉ lệ với cường độ chuyển dời nổi tầng), vị trí của đỉnh (năng lượng chuyển dời), sơ đồ mức...

4. Kết quả đo thực nghiệm với $^{48}\text{Ti}(n, 2\gamma) ^{49}\text{Ti}$

Tiến hành thí nghiệm trên kênh ngang số 3 của Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt. Đo đặc những chuyển dời gamma nổi tầng có năng lượng dưới năng lượng liên kết B_n của nơtron với hạt nhân. Đo 140 giờ với bia ^{48}Ti trên chùm nơtron nhiệt, thu được một số kết quả như sau:

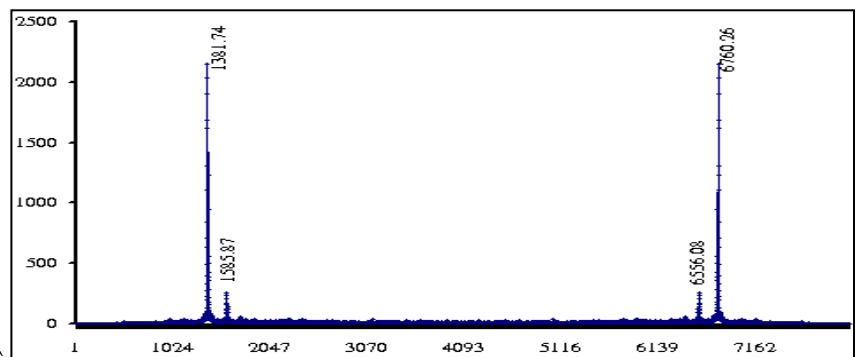
Hình 3

Phổ đơn kênh của ^{49}Ti đo trên hai detector.



Hình 4

Phổ nổi tầng bậc hai của ^{49}Ti với đỉnh tổng 8142keV



Bảng 1: Số liệu phân rã nổi tầng của $^{48}\text{Ti}(n, 2\gamma) ^{49}\text{Ti}$ đo được bằng thực nghiệm

với neutron nhiệt tại lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt.

E₁ (keV)	E₂ (keV)	i_{γγ} (%)	Δi_{γγ} (%)	E_L, keV
E₁+E₂=8142keV, E_f=0keV				
1381.74	6760.26	24.8423	0.2580	6760.26
1585.87	6556.08	2.2775	0.0907	6556.08
E₁+E₂=7801keV, E_f=341keV				
1039.05	6761.00	3.0514	0.1418	1381.00
1381.56	6418.28	29.5231	0.2610	6760.44
1586.36	6213.76	0.7575	0.0712	6555.64
E₁+E₂=6249keV, E_f=1893keV				
1381.75	4886.26	4.4704	0.1612	6760.25
2404.61	3842.00	0.0791	0.0225	4300.00
2515.81	3732.26	0.3566	0.0377	4409.74
2770.95	3476.41	0.0834	0.0262	4665.59
3025.54	3222.23	0.4764	0.0523	5116.46
E₁+E₂=3259keV, E_f=4883keV				
1380.84	1877.09	1.2978	0.0846	6761.16
1496.97	1761.04	2.7971	0.0901	6380.96
1585.08	1672.69	0.3401	0.0481	6556.92
E₁+E₂=3173keV, E_f=4967keV				
341.54	2830.91	0.0304	0.0134	7800.46
509.24	2662.44	0.0542	0.0183	7632.76
1123.00	2048.70	0.0371	0.0456	7019.00
1380.40	1791.63	2.3328	0.0834	6761.60
E₁+E₂=2095keV, E_f=6047keV				
509.46	1584.53	0.8001	0.0645	7632.54
712.86	1381.26	1.0131	0.1034	6760.74
E₁+E₂=1890keV, E_f=6252keV				
340.26	1549.60	0.1302	0.0341	7801.74
509.59	1380.41	7.5455	0.1758	7632.41
907.20	982.53	0.0748	0.0341	7159.47
E₁+E₂=1720keV, E_f=6422keV				
339.72	1380.28	5.4311	0.1801	7802.28

510.12	1209.81	2.1783	0.2184	7631.88
$E_1+E_2=847\text{keV}$, $E_f=7295\text{keV}$				
336.60	509.41	2.1850	0.1095	7632.59

Ghi chú: E_1 và E_2 là năng lượng của các gamma chuyển dời nối tầng sơ cấp và thứ cấp (KeV); E_L là năng lượng mức trung gian (KeV); E_f là năng lượng mức cuối (keV); $i_{\gamma\gamma}$ và $\Delta i_{\gamma\gamma}$ là cường độ chuyển dời và sai số của cường độ chuyển dời (%).

5. Nhận xét và kết luận

Trong quá trình làm thực nghiệm chúng tôi nhận thấy có sự đóng góp đáng kể của phong gamma từ lò phản ứng khi đo đơn, nhưng nếu đo bằng kĩ thuật trùng phùng thì khả năng loại bỏ phong này khá cao.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, phương pháp này hoàn toàn có thể nghiên cứu cấu trúc hạt nhân bằng thực nghiệm với những đồng vị có thời gian bán rã ngắn (chúng tôi đang tiến hành thí nghiệm với phân rã gamma tức thời). Đây sẽ là hướng nghiên cứu tích cực tại Việt Nam trên lĩnh vực cấu trúc hạt nhân, từ đó biết được các tính chất hạt nhân của vật

liệu, đặc biệt là các vật liệu được sử dụng trong thiết kế lò phản ứng hạt nhân.

Với thời gian thực nghiệm chưa dài (140 giờ) trên bia ^{48}Ti chúng tôi đã thu được các chuyển dời nối tầng trên dải năng lượng từ 0.5MeV đến ~8MeV (Bn), và kết quả cho thấy khá phù hợp với kết quả mà IAEA công bố [7] bằng nhiều phản ứng hạt nhân khác nhau trên bia ^{48}Ti .

Phương pháp SACP cũng thể hiện khá hiệu quả khi nghiên cứu cấu trúc hạt nhân với bia mẫu có độ giàu không đạt đến 100%. Điều này có được là nhờ thuật toán tạo phổ tổng và phổ vi phân đã tách được các đồng vị có lẫn trong mẫu cần phân tích.

*

THE METHODS TO MEASURE GAMMA CASCADE INTENSITY BY EXPERIMENT AT DALAT NUCLEAR RESEARCH INSTITUTE

Nguyen An Son⁽¹⁾; Pham Dinh Khang⁽²⁾; Nguyen Duc Hoa⁽³⁾, Nguyen Xuan Hai⁽³⁾

(1) University of Dalat; (2) Nuclear Training Center; (3) Nuclear Research Institute

ABSTRACT

Today, the study of nuclear structure by experiment is one of the new researches in Vietnam. The Summation of Amplitudes of Coinciding Pulses (SACP) system has been installed in the horizontal 3rd channel of Dalat nuclear reactor. This article presents current methods to measure and procedure experiment results as well as to calculate how gamma cascades intensity energy arrangement (Bn).

Keyword: nuclear structure; The Summation of Amplitudes of Coinciding Pulses (SACP)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoogenboom, A.M., *A new method in gamma-ray spectroscopy: A two crystal scintillation spectrometer with improved resolution*, Nuclear Instruments, Volume: 3, Issue: 2 (1958), pp. 57-68, 1958.
- [2] Hoogenboom A. M., *The Sum-Coincidence Method and Its Application to Gamma - Ray Scintillation Spectroscopy*, PhD. Thesis, 127 p, 1958.
- [3] Khitrov V. A., Kholnov Yu. V., Sukhovej A. M., Vojnov A. V., The Possibility for Experimental Discovery of Multiplets of Low-Lying Levels, Proceedings of a Specialists' Meeting on Measurement, Calculation and Evaluation of Photon Production Data, Bologna, Italy, 1994, PP. 303-308.
- [4] Nguyễn Xuân Hải, *Ứng dụng phương pháp cộng biên độ các xung trùng phù hợp nghiên cứu phân rã gamma nối tầng của hạt nhân Yb và Sm trên Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt*, Luận án tiến sĩ vật lý, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, 2010.
- [5] Vương Hữu Tấn và các cộng sự, *Nghiên cứu cường độ chuyển dời gamma nối tầng và sơ đồ mức kích thích vùng năng lượng trung gian của các hạt nhân ^{152}Sm , ^{182}Ta , ^{59}Ni và ^{239}U* , Báo cáo đề tài nghiên cứu cấp bộ năm 2005-2006, Đà Lạt, 2006.
- [6] Phạm Đình Khang, *Nghiên cứu phân rã gamma nối tầng của hạt nhân ^{170}Yb và ^{158}Gd* , Luận án phó tiến sĩ khoa học toán lý, Hà Nội, 1993.
- [7] <http://www-nds.iaea.org/pgaa/PGAAdatabase/LANL/isotopic/22ti48>