

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ ĐO PHÓNG XẠ ĐA NĂNG DÙNG TRONG MỤC ĐÍCH QUÂN SỰ

NGUYỄN THANH HÙNG

Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội, Km 12, đường 32, phường Minh Khai, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội

Email: hungxom933@gmail.com

Tóm tắt: Thiết bị đo phóng xạ đa năng dùng trong mục đích quân sự được trang bị cho các chiến sĩ nhằm thực hiện các nhiệm vụ tác chiến tại hiện trường khi có sự cố phóng xạ xảy ra. Thiết bị sử dụng các đầu đo PIN Photodiode kết hợp với tinh thể CLYC:Ce có chứa ${}^6\text{Li}$ được làm giàu trên 95% để phát hiện neutron, alpha, beta và ghi nhận suất liều gamma với dải liều từ 0,01 $\mu\text{Sv/h}$ đến 20 mSv/h. Thiết bị đảm bảo các tiêu chuẩn về rung sóc, điện từ, nhiệt độ, độ ẩm và có khả năng hoạt động liên tục 35 giờ đồng hồ.

Từ khóa: Đa năng, Alpha, Beta, Gamma, Neutron, quân đội.

I. MỞ ĐẦU

Hiện nay, quân đội các nước trên thế giới được trang bị các khí tài quân sự ngày càng hiện tại, tích hợp nhiều chức năng trên cùng một thiết bị. Việc tích hợp nhiều chức năng đòi hỏi cao về khoa học và công nghệ. Quân đội nước ta đang từng bước tiến lên chính quy, hiện đại, được trang bị nhiều khí tài được nhập từ các nước tiên tiến. Do những nguyên nhân khách quan và chủ quan, trong quá trình sử dụng có thể xảy ra hỏng hóc về phần cứng hoặc sai lệch về phần mềm mà chỉ nhà sản xuất mới có thể khắc phục, điều này gây khó khăn cho cán bộ trong quá trình khai thác, sử dụng. Điều này đặt ra vấn đề cần từng bước làm chủ công nghệ, thiết bị nhằm sẵn sàng thực hiện các nhiệm vụ khi cần thiết.

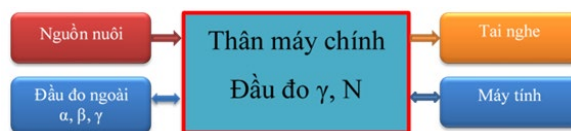
Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu trình bày các kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị đo phóng xạ đa năng dùng trong quân sự. Thiết bị này được trang bị cho các chiến sĩ thực hiện các nhiệm vụ tác chiến ngoài hiện trường khi có sự cố phóng xạ xảy ra. Thiết bị sử dụng các đầu đo PIN Photodiode kết hợp với tinh thể CLYC:Ce có chứa ${}^6\text{Li}$ được làm giàu trên 95% để phát hiện neutron, alpha, beta và gamma. Thiết bị được thiết kế để đảm bảo các tiêu về rung sóc, điện từ, nhiệt độ, độ ẩm và có khả năng hoạt động liên tục 35 giờ đồng hồ.

II. NỘI DUNG

II. 1. Đối tượng và Phương pháp

Lựa chọn đầu đo và tinh thể:

Thiết bị đo phóng xạ đa năng dùng trong quân đội (đặt tên là SVG-2M) là thiết bị mang tính chất di động, hoạt động ngoài hiện trường. Thiết bị gồm hai phần, thân máy chính và cần đo nhiễm bản bề mặt. Thân máy chính có nhiệm vụ ghi nhận Gamma và phát hiện Neutron trong không khí. Cần đo nhiễm bản bề mặt thực chất là bộ đầu đo rời được kết nối với thân máy chính qua cáp tín hiệu nhằm đo nhiễm bản bề mặt (đo Alpha, Beta, Gamma).

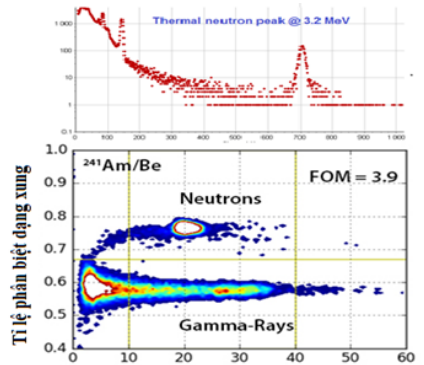


Hình 1: Sơ đồ khối của thiết bị đo phóng xạ đa năng

Việc sử dụng tinh thể nhấp nháy kết hợp với ống nhân quang điện để phát hiện bức xạ gamma cũng như việc sử dụng các đầu đo chứa khí để ghi nhận alpha, beta và neutron là không phù hợp để chế tạo các thiết bị yêu cầu nhỏ gọn. Photodiode là một loại diode bán dẫn thực hiện việc chuyển đổi photon thành tín hiệu quang điện. Các photon trải dài từ vùng ánh sáng khả kiến, hồng ngoại, tử ngoại, tia X và tia Gamma. Photodiode được ứng dụng rộng rãi

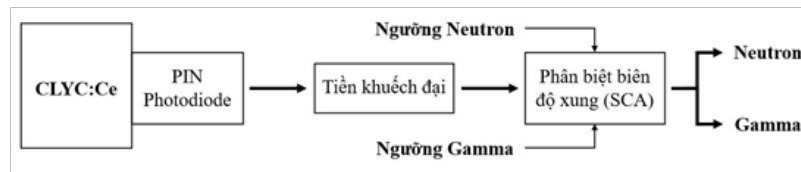
trong kỹ thuật điện tử, thiết bị đo đạc, giám sát, truyền thông và đặc biệt sử dụng rất rộng rãi trong ghi nhận bức xạ hạt nhân.

Đối với thân máy chính, để ghi nhận Gamma và Neutron, nhóm sử dụng PIN Photodiode S3590-08 có cửa sổ được phủ một lớp mỏng epoxy kết hợp với tinh thể CLYC:Ce có chứa ${}^6\text{Li}$ để ghi nhận Neutron. Tinh thể CLYC:Ce có cấu tạo để đo kép bức xạ Gamma và Neutron với độ phân giải năng lượng tại đỉnh ${}^{137}\text{Cs}$ dưới 5%. Tuy nhiên, việc sử dụng tinh thể này mới chỉ dừng lại ở việc cho phép phát hiện Neutron.



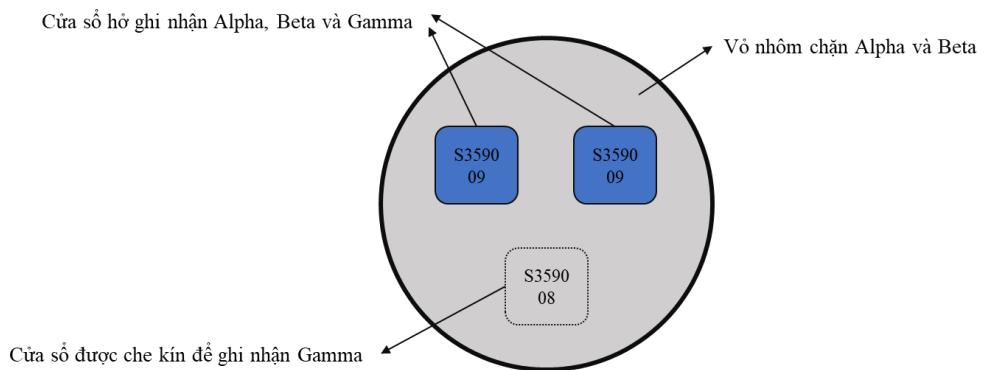
Hình 2: Phân biệt xung Gamma và Neutron của tinh thể CLYC:Ce

Khi bức xạ neutron tương tác với tinh thể sẽ sinh ra đỉnh năng lượng Neutron tương đương Gamma ở 3,2MeV, do đó biên độ xung điện áp do bức xạ neutron sinh ra cũng lớn hơn do bức xạ gamma sinh ra. Sử dụng mạch phân tích biên độ xung (SCA) để phân biệt hai tín hiệu xung bức xạ gamma và neutron. Các xung logic do mạch phân tích biên độ xung tạo ra sẽ được đưa tới 2 bộ đếm khác nhau, số đếm trong một khoảng thời gian của các xung tín hiệu này sẽ tỷ lệ với cường độ bức xạ đi tới PIN Photodiode.



Hình 3: Sơ đồ khối ghi nhận Gamma và Neutron trong thân máy chính

Đối với đầu đo nhiễm bẩn bề mặt, việc ghi nhận Alpha, Beta, nhóm sử dụng hai PIN Photodiode S3590-09 và Gamma sử dụng PIN Photodiode S3590-08. Đối với Alpha, tín hiệu tạo ra có biên độ rất lớn so với Beta và Gamma nên việc phân biệt tín hiệu Alpha là tương đối dễ dàng. Tuy nhiên, Beta và Gamma lại khác, hai tín hiệu này tương đương với nhau nên việc phân biệt Beta và Gamma cần kết hợp cả phần cứng lẫn phần mềm. Việc bố trí các PIN Photodiode và thuật toán phân biệt xung được biểu diễn như sau:



Hình 4: Sơ đồ bố trí PIN Photodiode của đầu đo nhiễm bẩn bề mặt

Do Alpha và Beta tương đối dễ bị hấp thụ, để tăng hiệu suất phát hiện, hai PIN Photodiode S3590-09 với cửa sổ trần không phủ epoxy và để bức xạ tương tác trực tiếp với cửa sổ. Đối với PIN Photodiode S3590-08 sẽ được để dưới một lớp vỏ nhôm để chỉ có thể ghi nhận Gamma, khi đó, việc phân biệt xung Alpha, Beta, Gamma sẽ như sau:

- Alpha: Do tín hiệu lỗi ra rất lớn so với Beta và Gamma nên tín hiệu từ hai PD S3590-09 được phân biệt bằng ngưỡng;
- Gamma: Tín hiệu của Gamma chỉ được lấy ra từ PD 3590-08;
- Beta: Do hai PD S390-09 đều ghi nhận được cả Beta và Gamma, nên tín hiệu Beta được phân biệt bằng phần mềm như sau: $\beta = (\beta + \gamma)_{S3590-09} - (\gamma)_{S3590-08}$

Sơ đồ khối:

Thân máy chính chứa vi điều khiển làm nhiệm vụ điều khiển toàn bộ hoạt động của thiết bị như: điều khiển quá trình truyền, nhận số liệu, lưu trữ, hiển thị kết quả đo, cài đặt, thiết lập các tham số cấu hình hệ thống...



Hình 5: Sơ đồ khối của thiết bị

Thiết bị đo phóng xạ đa năng có thể ghi nhận Alpha, Beta, Gamma và Neutron. Các đầu đo sẽ đảm nhận việc ghi nhận các loại bức xạ và chuyển chúng thành tín hiệu điện thông qua mạch tiền khuếch đại. Sau đó các tín hiệu này sẽ được khuếch đại tới một biên độ cần thiết đưa qua bộ phân biệt xung để tạo ra tín hiệu xung logic. Mỗi bức xạ tương tác với đầu đo sẽ tạo thành một xung điện tương ứng ở lối ra mạch khuếch đại và theo đó sẽ tạo ra một xung logic. Một bộ đếm xung sẽ thực hiện việc đếm xung logic này trong chu kỳ thời gian nhất định, các số đếm thu được sẽ được hiệu chuẩn để tính ra đại lượng cần thiết.

Để đảm bảo dữ liệu được xử lý đầy đủ cũng như ổn định, vi xử lý ARM 32bit STM32F4 được sử dụng, đây là dòng vi xử lý hiệu năng cao trong dòng Cortex-M4, chứa đầy đủ ngoại vi đi kèm mà thiết bị cần. Ngoài ra, để đảm bảo dữ liệu được lưu trữ tối đa, bộ nhớ NAND Flash 128MB đi kèm cho phép lưu trữ dữ liệu đa dạng theo nhu cầu của người sử dụng.

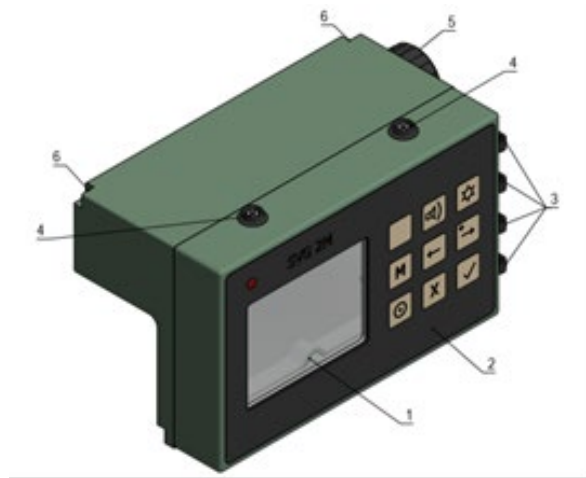
II. 2. Kết quả

Vật liệu thân máy:

Thiết bị dùng trong mục đích quân sự, có tính cơ động, chống rung, chống sóc, chống ẩm và chống ăn mòn, đồng thời phải đảm bảo độ bền, chắc của thiết bị. Với đặc tính cứng, nhẹ và dễ thao tác, nhôm là vật liệu được chọn để thiết kế thân, vỏ máy và các phụ kiện kèm theo. Nhóm nghiên cứu đã chọn vật liệu là nhôm chất lượng cao A6061 của Hàn Quốc và gửi 03 mẫu vật liệu nhôm chưa anot hóa và 03 mẫu vật liệu nhôm đã được anot hóa, kiểm tra thử nghiệm chỉ tiêu sương muối tại Phòng thí nghiệm Viện Độ bền Nhiệt đới/Trung tâm nhiệt đới Việt Nga theo tiêu chuẩn tham chiếu MIL STD 810G Method 509.5 của quân đội Mỹ, điều kiện thử nghiệm với tổng thời gian là hai chu kỳ. Mỗi chu kỳ bao gồm 48 giờ phun mù muối, nhiệt độ bù 35°C, 48 giờ sấy khô ở điều kiện nhiệt độ 25 °C và độ ẩm 45%. Kết quả là, 03 mẫu nhôm chưa được anot hóa bị ăn mòn sau hai chu kỳ thử nghiệm, 03 mẫu nhôm đã được anot

hóa không bị ăn mòn sau thử nghiệm sương muối. Vì vậy, nhôm A6061 của Hàn Quốc phù hợp để lựa chọn làm vật liệu chế tạo thân, vỏ máy và các phụ kiện kèm theo của thiết bị sử dụng cho mục đích quân sự.

Thành phần cấu tạo chính của máy đo SVG-2M gồm: Thân máy đo, Đầu dò, Cán cầm, Hộp chứa máy đo, Hộp chứa cán cầm.



Hình 6: Thành phần cấu tạo của thân máy đo SVG-2M

1: Màn hình chỉ thị

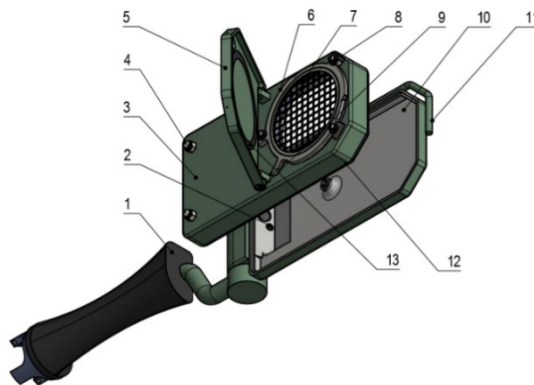
3: Giắc cắm

5: Hộp pin

2: Phím bấm chức năng

4: Cúc bấm giữ máy

6: Ốc vặn



Hình 7: Thành phần cấu tạo của đầu dò máy đo SVG-2M

1: Cán cầm

7: Lưới nhôm

9: Vít bản lề

2: Vít chốt

8: Vít giữ dưới

10: Thân đầu dò

3: Nắp trên

5: Nắp lật

11: Cán xoay

4: Vít giữ nắp

6: Vành lưới

12: Gioăng chỉ viên

13: Gioăng cao su tròn



Hình 8: Thành phần cấu tạo của cán cầm máy đo SVG-2M

1: Tay nắm cao su

3: Vít chít

2: Nắp ren

4: Đầu nối

Khối ghi nhận Gamma và Neutron trong thân máy chính:

Khi bức xạ tương tác vào tinh thể CLYC sẽ tạo ra các nháy sáng, PIN PD được cung cấp điện áp phân cực ngược sẽ biến đổi các nháy sáng này thành tín hiệu điện thông qua mạch tiền khuếch đại nhạy điện tích. Các tín hiệu xung điện áp sau tiền khuếch đại sẽ được khuếch đại tới biên độ vài vôn và đưa tới bộ phân tích biên độ đơn kênh tạo ra hai cửa sổ phân biệt hai tín hiệu xung bức xạ gamma và neutron.

Tần số xung logic được tạo ra sẽ tỷ lệ với suất liều bức xạ tương tác tới đầu đo, do đó các xung logic được tạo ra sau mạch phân tích biên độ đơn kênh này được đưa tới hai bộ đếm khác nhau để đếm số xung trong một đơn vị thời gian nhất định và bằng phương pháp hiệu chuẩn số đếm với suất liều sẽ xác định được giá trị suất liều bức xạ tương tác tới đầu đo.

Các chỉ tiêu kỹ thuật của khối đo:

- Tinh thể CLYC ($\text{Cs}_2\text{LiYCl}_6:\text{Ce}$) kích thước 12x10x10 mm;
- Đầu đo Si PIN PD S3950-08;
- Năng lượng đo bức xạ gamma 70KeV - 2,2MeV; $0,5\mu\text{Sv/h} \div 20\text{Sv/h}$;
- Phát hiện bức xạ neutron;
- Điện áp phân cực 41,8V;
- Nguồn nuôi 3V - 5V; 11mA;
- Kích thước 112 x 39 mm.



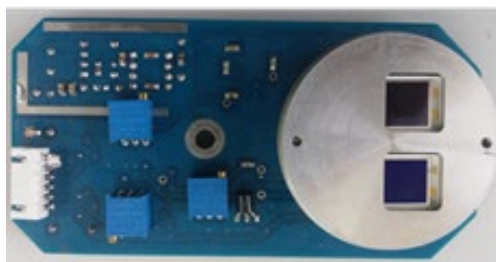
Hình 9: Khối ghi nhận Gamma và Neutron của thân máy chính

Khối đầu đo ngoài (đo nhiễm bẩn bề mặt):

Các chỉ tiêu kỹ thuật của khối đo:

- Đầu đo Si PIN PD S3950-08 và S3950-09,
- Kênh đo bức xạ alpha 0 - 300.000 Cps,
- Kênh đo bức xạ beta 0 - 300.000 Cps,
- Năng lượng đo bức xạ gamma 70KeV - 2,2MeV; $0,5\mu\text{Sv/h} \div 20\text{Sv/h}$;
- Điện áp phân cực 41,8V,
- Nguồn nuôi 3V - 5V; 24mA,

- Kích thước 102 x 60 mm.

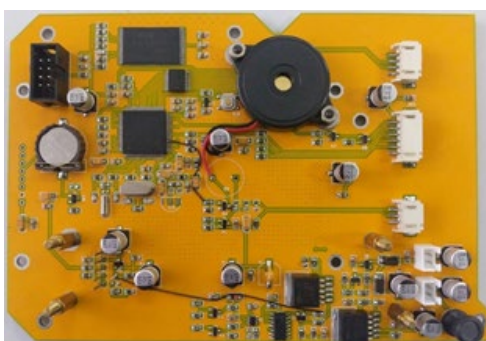


Hình 10: Khối đầu đo ngoài (đo nhiễm bẩn bề mặt)

Khối xử lý trung tâm:

Xung tín hiệu logic từ năm đầu đo được đưa vào năm bộ đếm khác nhau và vi xử lý sẽ tính toán ra liều bức xạ. Các số liệu được lưu trữ trong bộ nhớ NAND Flash và chỉ thị ra màn hình LCD. Dữ liệu về ngưỡng cảnh báo khi có phóng xạ cao được cài đặt từ bàn phím và thông báo cho người sử dụng thông qua đèn, còi, tai nghe và trên màn hình chỉ thị. Các chỉ tiêu kỹ thuật của khối xử lý trung tâm:

- CPU Cortex M4 32 bit, tốc độ 168 MHz;
- Bộ nhớ chương trình 512 KB, Bộ nhớ RAM 196 KB;
- Bộ nhớ dữ liệu 128 MB, có thể lưu được 13000 bộ số liệu;
- 5 bộ đếm 16 bit để thu thập số liệu từ 5 đầu đo;
- Chỉ thị số liệu trên màn hình LCD TFT 4 inch;
- Báo động bằng đèn và còi;
- Kết nối máy tính bằng cổng USB;
- Kích thước mạch 150x106 mm.



Hình 11: Khối xử lý trung tâm

Thiết bị hoàn chỉnh:

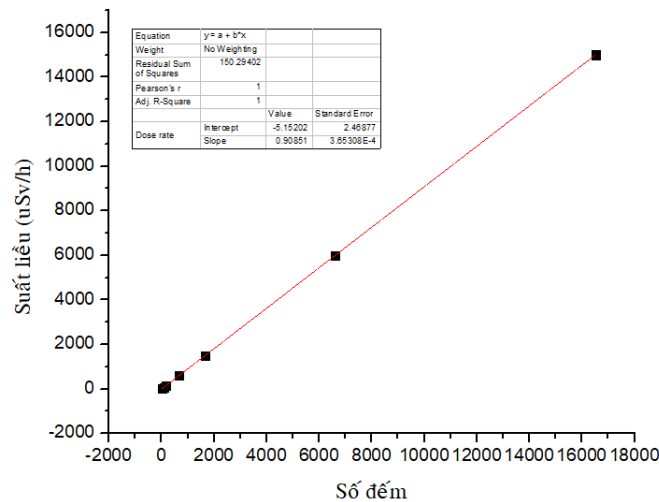
Sau khi lắp ráp toàn bộ bo mạch đầu đo và bo mạch điều khiển vào thân máy, thiết bị đo phóng xạ đa năng dùng trong quân đội (SVG-2M) được hoàn thiện.



Hình 12: Thiết bị đo phóng xạ đa năng (SVG-2M)

Kết quả chuẩn liều Gamma:

Kết quả chuẩn liều Gamma được thực hiện tại Viện Khoa học Kỹ thuật Hạt nhân với dải liều dưới 15 mSv/h:



Hình 13: Kết quả chuẩn liều Gamma tại Viện KHKT Hạt nhân

Đối với dải liều cao hơn, nhóm thực hiện việc kiểm tra khả năng đo tại nhà máy X61 thuộc bình chủng Hóa học. Nguồn phóng xạ sử dụng là ^{137}Cs với hoạt độ tại thời điểm thử nghiệm là 1.996 Ci.

Bảng 1: Kết quả thử nghiệm SVG-2M tại nhà máy X61

Khoảng cách (cm)	Suất liều gamma (mSv/h)			
	201901	201902	201903	Lý thuyết
35,5	43,20	42,00	42,50	49,86
50,2	22,90	23,40	23,50	24,93
79,3	10,30	9,60	9,65	9,97

Khi đo tại dải liều lớn, sự sai lệch càng lớn, nguyên nhân có thể do sự tán xạ, thời gian chết của hệ đo và sự chông chênh xung. Sự sai lệch này sẽ được nhóm giải quyết trong những phiên bản tới của thiết bị.

Kết quả đo Neutron:

Quá trình kiểm tra khả năng phát hiện Neutron được thực hiện trên hệ phát Neutron $^{241}\text{Am-Be}$ thông lượng 10^6 Neutron/s tại phòng chuẩn Neutron của Viện Khoa học Kỹ thuật Hạt Nhân. Thời gian đo 300 giây, khoảng cách từ tâm nguồn đến tâm hiệu dụng của thiết bị là 1 mét.

Bảng 2: Kết quả kiểm tra khả năng phát hiện Neutron của thiết bị

Nguồn $^{241}\text{Am-Be}$	Kết quả đo (số đếm)			Ghi chú
	SVG-2M 201901	SVG-2M 201902	SVG-2M 201903	
Nguồn trần	33	67	59	Phát hiện được
Nguồn làm chậm	28	59	47	Phát hiện được

Kết quả đo Alpha:

Tiến hành kiểm tra khả năng phát hiện Alpha tại phòng chuẩn của Viện KHKT Hạt nhân với nguồn chuẩn Alpha ^{241}Am . Nguồn được đặt sát với lưới bảo vệ của thiết bị:

Bảng 3: Kết quả đo Alpha

Số lần đo	Giá trị đo (Cps)			
	ABG SVG2	ABG 201901	ABG 201902	ABG 201903
1	29,63	25,15	26,16	23,45
2	29,85	26,73	26,43	25,39
3	28,11	24,58	25,02	25,11
4	29,92	26,33	25,43	24,13
5	29,04	24,98	24,28	24,98
Trung bình (TB)	29,31	25,55	25,46	24,61
Độ lệch chuẩn (SD)	0,75	0,93	0,87	0,80
Sai số chuẩn (SE)	0,34	0,41	0,39	0,36

Kết quả đo Beta:

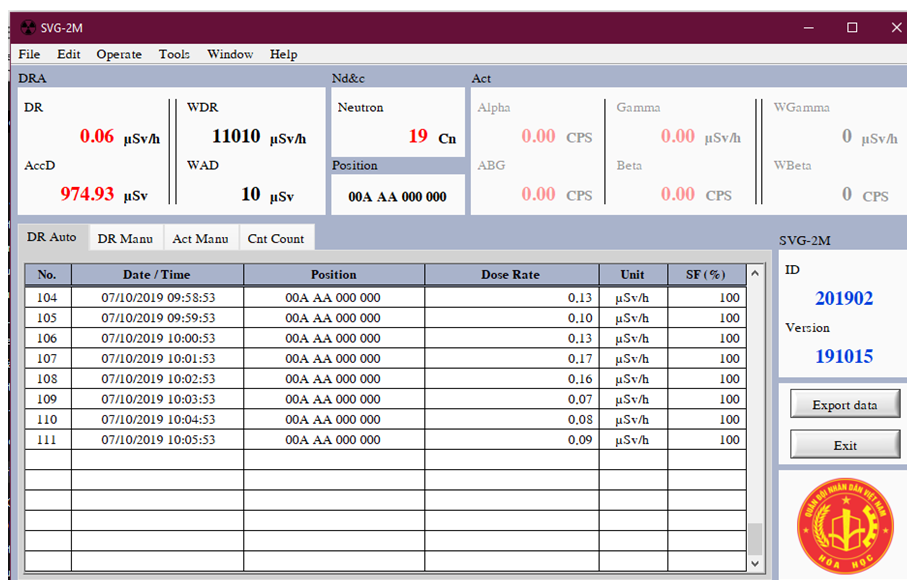
Sử dụng nguồn Beta hoạt độ 300 Bq để tiến hành kiểm tra khả năng phát hiện Beta của đầu đo ngoài ABG. Nguồn được đặt sát lưới bảo vệ của đầu đo:

Bảng 4: Kết quả đo Beta

Số lần đo	Giá trị đo (Cps)			
	ABG SVG2	ABG 201901	ABG 201902	ABG 201903
1	16,12	16,39	13,49	14,76
2	16,70	15,91	15,31	14,96
3	15,93	14,89	14,29	15,59
4	15,72	16,04	16,34	14,64
5	15,01	15,26	15,56	16,26
Trung bình (TB)	15,90	15,70	15,00	15,24
Độ lệch chuẩn (SD)	0,62	0,61	1,12	0,68
Sai số chuẩn (SE)	0,28	0,27	0,50	0,30

Giao diện điều khiển trên máy tính:

Thiết bị kết nối với máy tính qua cổng USB theo chuẩn USB CDC với khả năng kết nối tự động với máy tính, không cần cài đặt trình điều khiển. Phần mềm trên máy tính được xây dựng trên công cụ LabVIEW với khả năng điều khiển dữ liệu từ thiết bị hoàn toàn tự động và có thể xuất dữ liệu ra tệp tin excel khi cần thiết.



Hình 14: Giao diện chương trình điều khiển trên máy tính

II. 3. Bàn luận

Thiết bị sau khi hoàn chỉnh sẽ được chuẩn liều tại viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt Nhân, các kết quả chuẩn đều đáp ứng tốt với dải liều được chuẩn dưới 20mSv/h. Đối với dải liều cao hơn, nhóm có thực hiện việc đo đặc tại nhà máy X61 của bộ Quốc Phòng, giá trị suất liều đạt tới 70mSv/h và kết quả đáp ứng tốt với giá trị đo.

Để so sánh máy SVG-2M nghiên cứu, chế tạo với máy SVG-2 của Đức, nhóm nghiên cứu có so sánh kết quả ghi nhận được và các chỉ tiêu kỹ thuật giữa hai máy để so sánh khả năng hoạt động. Kết quả so sánh như sau:

Bảng 5: Kết quả so sánh đo suất liều Gamma:

Nguồn phóng xạ	Suất liều gamma SVG2M (μSv/h)	Suất liều gamma BRUKER SVG-2 (μSv/h)
Gamma ¹³⁷ Cs-10μCi (Sản xuất 1/6/2013)	49,2	48,9
	47,5	51,4
	50,0	47,7
	44,9	45,2
	46,7	50,2

Bảng 6: Kết quả so sánh các chỉ tiêu kỹ thuật:

TT	Thông số	ĐVT	SVG-2M	SVG2 (Bruker)
1	Dải đo suất liều gamma		< 0,15μSv/h ÷ 20Sv/h	< 0,50μSv/h ÷ 20Sv/h
2	Đo tổng liều gamma		< 0,15 μSv ÷ 20 Sv	< 0,50 μSv ÷ 20 Sv
3	Ngưỡng phát hiện	keV	> 70	> 70
4	Khoảng đo Beta	Cps	0 ÷ 300.000	0 ÷ 300.000
5	Khoảng đo Alpha	Cps	0 ÷ 300.000	0 ÷ 300.000
6	Phát hiện neutron		Có	Không
7	Pin	Vôn	3 x 1,5	3 x 1,5
8	Đơn vị đo		Có	Có
9	Kết nối với máy tính		Có	Có
10	Bảo động bằng âm thanh		Có	Có
11	Kết quả hiển thị		Bảng số	Bảng số
12	Nhiệt độ hoạt động	°C	0 - 50	0 - 50

13	Độ ẩm	%	<98	<98
14	Bộ nhớ lưu trữ	Mẫu	13000	600

Từ hai bảng số liệu so sánh cho thấy các chỉ tiêu của thiết bị đo phóng xạ đa năng (SVG-2M) đều tương đương với máy SVG-2 của Đức, qua đó khẳng định máy SVG-2M đạt các chỉ tiêu, kết quả đề trang bị trong quân đội.

III. KẾT LUẬN

Quá trình nghiên cứu, nhóm tác giả đã ưu tiên lựa chọn các giải pháp, công nghệ cũng như các vật tư linh kiện hiện đại, phù hợp với điều kiện tại Việt Nam. Đã làm chủ được công nghệ cả về phần cứng (gồm toàn bộ linh kiện cấu thành sản phẩm) và phần mềm cũng như chủ động trong chế tạo, sản xuất máy đo phóng xạ SVG-2M. Sản phẩm đã được thử nghiệm, hiệu chuẩn và kiểm định tại cơ quan chức năng như Nhà máy X61/BC Hóa học, Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân/Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam, Trung tâm nhiệt đới Việt Nga, Cục Tiêu chuẩn - Đo lường - Chất lượng quân đội. Tính năng kỹ chiến thuật của sản phẩm tương đương với máy đo phóng xạ SVG-2 của hãng Brucker (Đức), qua đó đã giúp đội ngũ nghiên cứu nâng cao trình độ về mặt khoa học công nghệ, chủ động trong sửa chữa, phục hồi các trang thiết bị có tính năng tương tự máy SVG-2M.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Berkeley Nucleonics Corporation, *CLYC Datasheet*.
2. CapeSym Incorporation, *Cesium Yttrium Chloride (CLYC:Ce) for Dual Neutron & Gamma Radiation Detection*.
3. Hamamatsu Photonics K.K., *S13360 series*.
4. Data sheets STM 32 F405xx, STM 32 F407xx

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE MULTIFUNCTION RADIATION MEASURING DEVICE FOR THE MILITARY

Abstract: The Multifunction radiation measuring device for the military equips soldiers to perform tasks when radioactive incidents occur. PIN Photodiode and CYLC:Ce (Ce:Cs₂LiYCl₆) Scintillation Crystal used for Neutron, Alpha, Beta detection and dose rate measurement from 0,01 μ Sv/h to 20 mSv/h. The device meets military standards such as squirrel vibration, electromagnetism, temperature, humidity and can operate continuously for about 35 hours.

Keywords: *Multifunction, Alpha, Beta, Gamma, Neutron, military*