

Phát triển đầu đo nhấp nháy sử dụng tinh thể CsI(Tl) ghép nối với mảng nhân quang silicon (SiPM)

Nguyễn Văn Sỹ

Phó Giám đốc Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam

Thông qua việc thực hiện đề tài nghiên cứu cấp bộ, các nhà khoa học thuộc Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội đã thiết kế, chế tạo thành công đầu đo nhấp nháy sử dụng tinh thể CsI(Tl) ghép nối với mảng nhân quang silicon (SiPM), góp phần phát triển các thiết bị ghi đo hạt nhân gọn, nhẹ và tiết kiệm năng lượng.

Thiết bị ghi đo bức xạ

Trên thế giới, với sự phát triển mạnh về ứng dụng bức xạ trong đời sống xã hội, để đảm bảo an toàn và an ninh nguồn phóng xạ, các thiết bị ghi đo bức xạ ngày càng được sử dụng rộng rãi. Việc sử dụng Silicon PIN Photodiodes (SiPD) và Silicon Photomultiplier (SiPM) đang trở thành lựa chọn cho nhiều ứng dụng khác nhau như: thiết bị chụp cắt lớp phát xạ positron (TOF-PET), vật lý năng lượng cao (HEP), ghi nhận quang phổ, thí nghiệm lượng tử và đo khoảng cách (LIDAR)..., đặc biệt là những nơi yêu cầu thiết bị nhỏ gọn và tiết kiệm năng lượng.

Các thiết bị này vẫn đang được nghiên cứu phát triển ở Mỹ, Đức, Nhật Bản, Hàn Quốc và nhiều nước tiên tiến khác, nhằm nâng cao và hoàn thiện chất lượng thiết bị như: mở rộng dải liều, nâng cao độ nhạy, đưa vào các phương pháp đo, đầu đo được chế tạo với công nghệ mới... Một loạt thiết bị ghi nhận bức xạ của các hãng nổi tiếng như Polimastor, Kromek, Ortec, BNC, Fluke... của Mỹ, Đức, Trung Quốc đã và đang chiếm lĩnh thị trường thế giới. Điển hình cho các thiết bị trên là phổ kế đa kênh Inspector

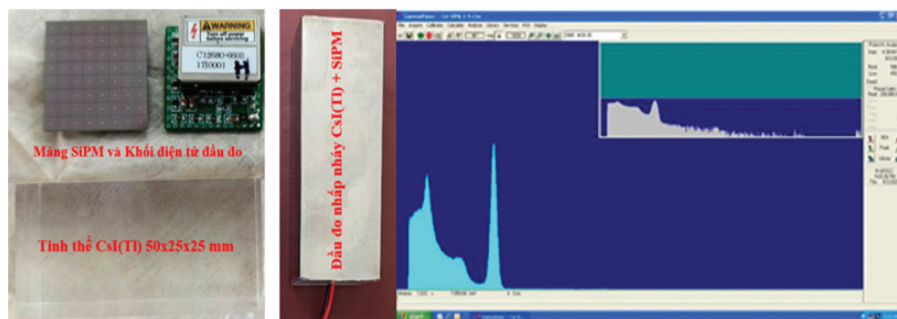
1000 (Mỹ), với khả năng tính toán suất liều gamma và nhận diện đồng vị phóng xạ theo thời gian thực. Đây là một thiết bị lý tưởng cho các ứng dụng an ninh nội địa, hải quan, biên phòng, vật lý, y tế, giám sát vận chuyển hạt nhân, đo lường tại chỗ các vật thể, bề mặt... Ngoài ra, đối với các ứng dụng yêu cầu định vị linh hoạt của máy so với đối tượng được kiểm tra, đầu đo có thể được tháo ra khỏi thân máy và được đặt ở bất kỳ vị trí nào trong khoảng cách hẹp. Một ví dụ khác là phổ kế đa kênh AT6102 Spectrometers (Belarus) - thiết bị giám sát bức xạ đa chức năng cầm tay, được thiết kế chủ yếu để tìm kiếm và phát hiện các nguồn bức xạ gamma với khả năng nhận diện tự động các đồng vị phóng xạ hạt nhân. Thiết bị có thể được sử dụng để giám sát bức xạ khu vực với dữ liệu tham

chiếu GPS và có khả năng phát hiện bức xạ neutron.

Các thiết bị này thường sử dụng tinh thể nhấp nháy kết hợp với ống nhân quang điện (PMT), tuy nhiên nhược điểm của PMT là cần nuôi với một điện thế lớn (từ vài trăm đến hàng nghìn volt), dòng tiêu thụ lớn (cỡ mA) và kích thước cồng kềnh. Đây là rào cản khi sử dụng các đầu đo nhấp nháy truyền thống trong việc chế tạo các thiết bị xách tay - có yêu cầu nhỏ gọn và tiết kiệm năng lượng.

Ứng dụng công nghệ dùng SiPM thay cho ống nhân quang điện truyền thống

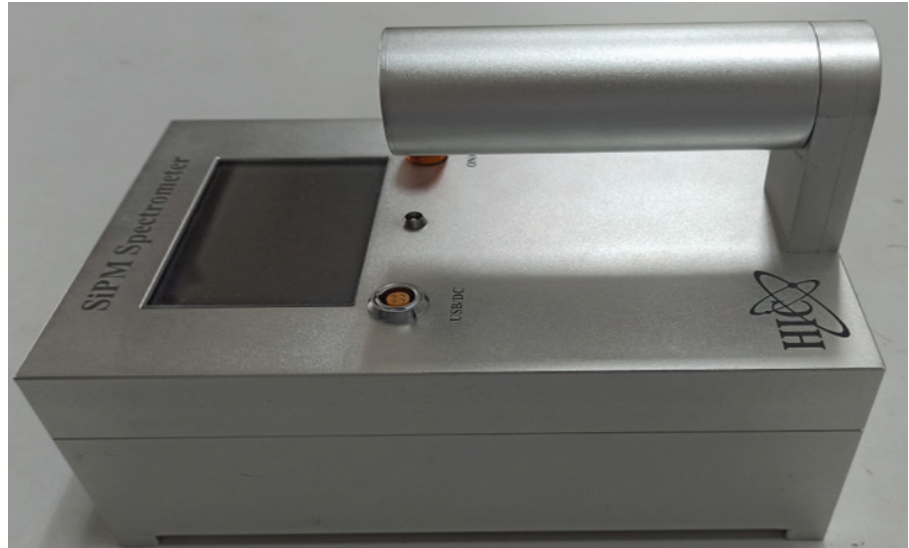
Ngày nay, với sự phát triển của công nghệ bán dẫn, các bộ SiPM đã được nghiên cứu và sử dụng rộng rãi như một bộ biến đổi



Hình ảnh các vật tư chế tạo đầu đo và phổ nguồn ^{137}Cs ghi nhận được.

quang-điện trong nhiều lĩnh vực. SiPM được cấu tạo gồm hàng nghìn phần tử (microcell) được nối song song với nhau và sắp xếp thành hình chữ nhật, trong mỗi phần tử đó chứa một diốt quang thác lũ (APD) hoạt động ở chế độ Geiger ghép nối tiếp với một điện trở, có tác dụng khôi phục lại chế độ Geiger cho APD sau mỗi lần hấp thụ photon. SiPM có khuếch đại nội cao, có thể tạo ra tín hiệu có biên độ xung và độ phân giải thời gian tương đương với PMT, do đó SiPM hoàn toàn có thể thay thế chức năng của PMT với ưu điểm là điện áp hoạt động thấp, không bị ảnh hưởng bởi từ trường, kích thước nhỏ gọn, phù hợp với việc chế tạo các thiết bị xách tay di động.

Trên cơ sở tham khảo các thiết bị của nước ngoài, Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội đã đề xuất và được phê duyệt thực hiện đề tài “Nghiên cứu ứng dụng SiPM và SiPD chế tạo hệ phổ kế gamma đa kênh tích hợp đầu đo nhiễm bẩn bề mặt và cảnh báo neutron”. Sau 2 năm thực hiện (2021-2022), nhóm nghiên cứu thực hiện đề tài đã thiết kế chế tạo được một đầu đo nhấp nháy nhỏ gọn, tiêu thụ ít năng lượng, bằng cách sử dụng tinh thể CsI(Tl) ghép nối với SiPM. Đánh giá một số đặc trưng của đầu đo cho thấy, độ phân giải năng lượng đối với đỉnh ^{137}Cs của đầu đo này gần như tương đương với độ phân giải của đầu đo nhấp nháy NaI(Tl), kích thước 76x76 mm ghép nối với PMT của hãng Canberra. Đánh giá độ ổn định theo thời gian khi nhiệt độ môi trường hoạt động không thay đổi cho thấy, vị trí đỉnh phổ và độ phân giải năng lượng khi sử dụng nguồn phóng xạ ^{137}Cs là hầu như



Thiết bị phổ kế gamma đa kênh tích hợp đầu đo nhiễm bẩn bề mặt và cảnh báo neutron.

không thay đổi. Đánh giá sự phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường hoạt động của đầu đo cho thấy, vị trí đỉnh phổ nguồn ^{137}Cs thay đổi lớn theo nhiệt độ khi không áp dụng phương pháp ổn định biên độ xung ra. Khi có sự can thiệp của chức năng ổn định biên độ xung ra theo nhiệt độ trong bộ nguồn nuôi SiPM, thì vị trí đỉnh phổ đã được giữ tương đối ổn định, có khả năng ứng dụng trong một số bài toán ghi đo bức xạ.

*
* *

Việc chế tạo thành công đầu đo nhấp nháy sử dụng tinh thể CsI(Tl) ghép nối với SiPM đã góp phần khẳng định khả năng làm chủ về mặt công nghệ, khả năng áp dụng những tiến bộ khoa học kỹ thuật tiên tiến, hiện đại vào sản xuất, chế tạo các thiết bị ghi đo bức xạ. Bên cạnh đó, trong khuôn khổ đề tài này, nhóm nghiên cứu cũng đã chế tạo được một đầu đo sử dụng tinh thể nhấp nháy CLYC:Ce ghép nối với SiPM để ghi nhận đồng thời

bức xạ neutron, gamma; và một đầu đo sử dụng SiPD để ghi nhận bức xạ alpha, beta. Ba loại đầu đo này được tích hợp trong một thiết bị được gọi là phổ kế gamma đa kênh tích hợp đầu đo nhiễm bẩn bề mặt và cảnh báo neutron.

Thiết bị phổ kế gamma đa kênh này là một thiết bị đa năng có khả năng ghi nhận các loại bức xạ alpha, beta, gamma và neutron. Khả năng xác định suất liều gamma và nhận diện đồng vị phóng xạ thông qua phổ năng lượng gamma ghi nhận được từ đầu đo nhấp nháy CsI(Tl) ghép nối với SiPM ở trên. Đặc biệt, với thiết kế là một thiết bị xách tay nhỏ gọn, nó có thể linh động sử dụng trong việc kiểm soát sự vận chuyển trái phép các nguồn phóng xạ, kiểm soát việc xử lý chất thải phóng xạ, giám sát bức xạ môi trường... trong công nghiệp hạt nhân, các nhà máy điện hạt nhân, các cơ sở sản xuất được chất phóng xạ và y học hạt nhân...✍