

# GHÉP NỐI MODULE MPPC VỚI KHỐI XỬ LÝ TÍN HIỆU ĐỂ GHI NHẬN HÌNH ẢNH PHÓNG XẠ

TÁC GIẢ: NGUYỄN XUÂN VINH

*Cơ quan: Trung tâm chiếu xạ Hà Nội*

*Địa chỉ: Km12, đường 32, Minh Khai, Bắc Từ Liêm, Hà Nội*

*Email: [nguyentuanvinh20083187@gmail.com](mailto:nguyentuanvinh20083187@gmail.com)*

## **Tóm tắt:**

Mảng Photodiode (PhotoDiode Array) được tạo thành từ một mảng các đầu ghi nhận được xếp song song với nhau, các đầu ghi nhận này là các Photodiode được chế tạo để có thể hoạt động ở chế độ thác lũ giống như trong ống đếm Geiger Muller gọi là các APD (Avalanche Photodiode). Công nghệ sử dụng mảng photodiode đã được ứng dụng rất nhiều hiện nay cho các thiết bị bức xạ trong công nghiệp, y tế. Tuy nhiên ở trong nước hiện tại chưa có một nghiên cứu cụ thể nào về công nghệ này. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng một Module MPPC – C12680 được cấu tạo chính từ các mảng photodiode kết hợp với bộ xử lý tín hiệu C12884 để ghi nhận vị trí đi vào tương tác của các photon. Vị trí tương tác và cường độ tương tác trên các vị trí được xử lý bằng phần mềm để tạo thành một hình ảnh có độ đậm nhạt khác nhau. Mục đích là dần làm chủ công nghệ, sau đó có thể ứng dụng sản xuất các thiết bị hạt nhân về sau.

Kết quả đã ghi nhận được hình ảnh phóng xạ rõ nét với các điểm hình ảnh tương ứng với vị trí mà bức xạ đi vào trên mảng MPPC. Mở ra khả năng ứng dụng công nghệ này trong các thiết bị đo đạc hạt nhân trong nước.

**Từ khóa:** *Ghi nhận hình ảnh phóng xạ, Mảng photodiode, Bộ đếm photon nhiều kênh MPPC*

## **I: MỞ ĐẦU**

Ghi nhận hình ảnh là một trong những kỹ thuật ứng dụng của ngành năng lượng nguyên tử: kiểm tra không phá hủy – NDT (Non-Destructive Testing), chụp cắt lớp - CT (Computed Tomography), chụp X-quang, PET/CT (Positron Emission Tomography), SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography), xạ hình Gamma Camera. Hình ảnh ghi nhận được có chính xác và sắc nét hay không phụ thuộc rất nhiều vào hệ đầu dò ghi nhận và phần xử lý hình ảnh. Có những công nghệ kết hợp tinh thể nhấp nháy với ống nhân quang điện PMT, có những công nghệ kết hợp tinh thể nhấp nháy với mảng Photodiode làm đầu ghi nhận tuy nhiên việc sử dụng mảng Photodiode so với ống nhân quang điện sẽ đơn giản, gọn nhẹ hơn vì không phải sử dụng đến nguồn nuôi cao áp, mà chất lượng hình ảnh rất tốt.

Ở nước ta, việc sử dụng đầu dò ghi nhận bức xạ bằng Photodiode đã được nghiên cứu, song ứng dụng Photodiode để ghi nhận hình ảnh phóng xạ là một khái niệm mới và chưa có một công trình nào đã từng nghiên cứu và chế tạo thiết bị. Một số đề tài có sử dụng loại đầu ghi này nhưng chỉ để phát hiện bức xạ như: Đề tài “Nghiên cứu và phát triển hệ thống quản lý và giám sát từ xa các nguồn phóng xạ theo thời gian thực” do Tiến sĩ Trần Quang Vinh – Đại học Bách Khoa Hà Nội chủ nhiệm, đề tài “Nghiên cứu, thiết kế mạch đo suất liều cao sử dụng PIN- Photodiode PBW34” do Cử nhân Phan Lương Tuấn – Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội chủ nhiệm...

Nội dung của báo cáo này là một phần trong đề tài “Nghiên cứu ghép nối Module MPPC với khối xử lý tín hiệu để ghi nhận hình ảnh phóng xạ”. Mục tiêu là ghép nối thành công Module MPPC – C12680 kết hợp với bộ xử lý tín hiệu C12884 để ghi nhận hình ảnh

phóng xạ bằng phần mềm mẫu từ nhà cung cấp thiết bị, đánh giá được đặc tính và khả năng ứng dụng của bộ thiết bị này.

Phương pháp nghiên cứu:

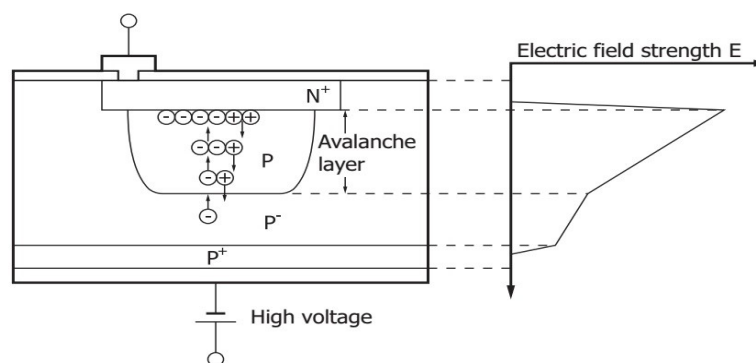
- Nghiên cứu, tìm hiểu những đặc tính của Photodiode thác lũ (Avalanche Photodiode)
- Nghiên cứu sự kết nối tạo thành các mảng photodiode trong MPPC
- Ghép nối Module MPPC với khối xử lý tín hiệu thu nhận tín hiệu hình ảnh phóng xạ.

## II: NỘI DUNG

### 2.1 Đặc tính của mảng Photodiode

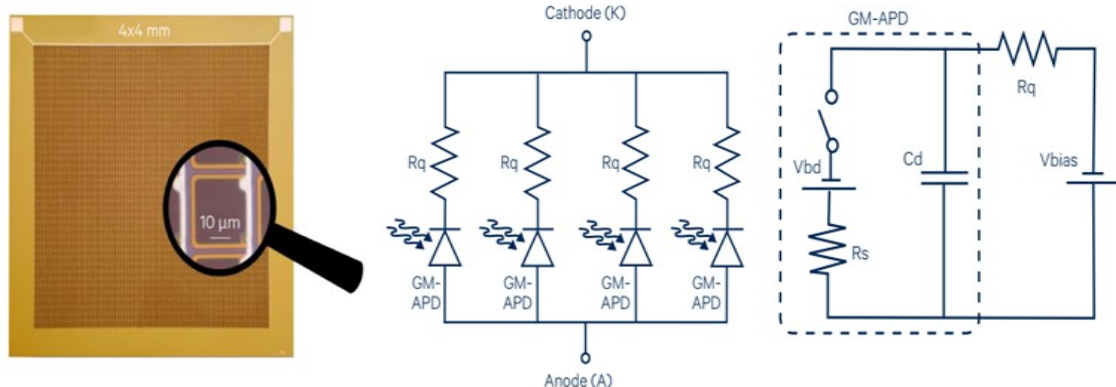
Mảng Photodiode (PhotoDiode Array) được cấu tạo chính từ một ma trận các đầu ghi nhận được xếp song song với nhau. Các đầu ghi này là các Photodiode được chế tạo để có thể hoạt động ở chế độ thác lũ giống như trong ống đếm Geiger Muller và được gọi là các APD (Avalanche Photodiode), chính vì thế APD có khả năng ghi nhận photon tốt hơn các Photodiode thông thường, ngay cả các photon có cường độ yếu.

Khi cung cấp một điện áp phân cực ngược thấp các APD này hoạt động như các Photodiode bình thường: Photon khi đến vùng nghèo giữa lớp tiếp giáp P-N gây ra hiện tượng ion hóa tạo ra một e- và một lỗ trống, dưới tác dụng của điện trường phân cực ngược, e- di chuyển về phía cực N và lỗ trống di chuyển về phía cực P. Tuy nhiên, khi tăng điện áp đặt vào hai cực N-P (cỡ vài chục vôn), điện trường tăng lên, làm tăng năng lượng của các e- trên đường di chuyển về cực N do đó chúng có đủ năng lượng để gây lên hiện tượng ion hóa thứ cấp tạo ra các cặp e- và lỗ trống tiếp theo. Như vậy khi về tới cực N các e- đã được nhân lên đáng kể, cỡ  $10^5$  đến  $10^6$  lần.

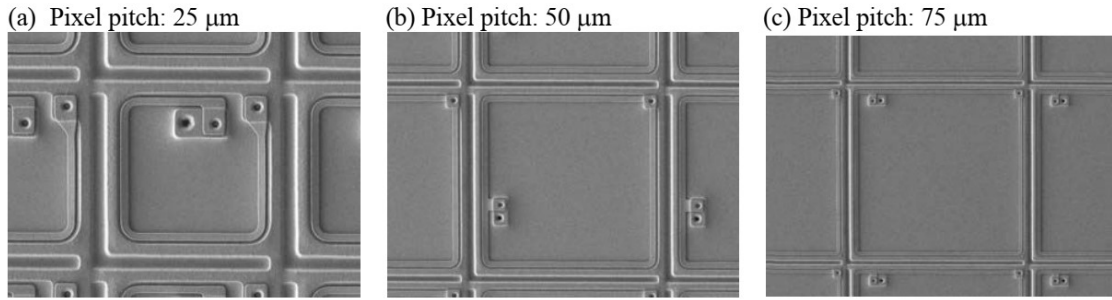


Quá trình thác lũ xảy ra trên 1 APD [1]

Bất kể số lượng photon được hấp thụ trong một APD cùng một lúc, sẽ tạo ra một tín hiệu không khác gì một photon đơn lẻ. Để tăng tốc độ phát hiện photon của APD, một điện trở dập tắt được thêm vào, nối mỗi APD với cực dương của nguồn phân cực. Mỗi một đơn vị độc lập APD và điện trở dập tắt gọi là một microcell hay một pixel trên mảng Photodiode.



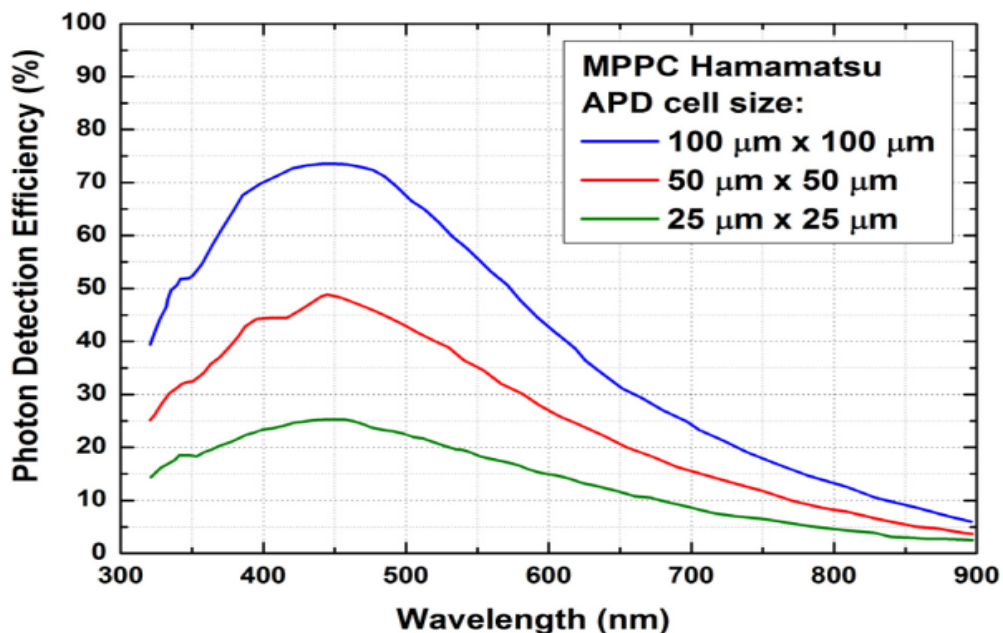
Một mảng Photodiode (4x4mm) được hình thành từ nhiều microcell (pixcell)[6]



Kích thước mỗi microcell từ 25 $\mu\text{m}$  đến 75 $\mu\text{m}$  của hãng Hamamatsu [3]

Khi Photon đi vào một microcell, quá trình thác lũ bắt đầu, sinh ra một dòng điện quang. Dòng điện này tạo ra một sụt áp trên điện trở dập tắt, do đó làm giảm độ lệch điện áp xuống dưới mức mà quá trình thác lũ có thể tiếp tục xảy ra. Khi dòng điện quang đã được dập tắt, điện áp trên APD được nạp lại và sẵn sàng cho quá trình tiếp theo. Trong quá trình thác lũ, tất cả các microcell khác vẫn được nạp đầy điện áp và sẵn sàng phát hiện các photon. Như vậy, mỗi quá trình thác lũ sẽ tương ứng với một microcell duy nhất. Tổng tất cả tín hiệu từ mỗi microcell riêng lẻ được đưa ra một đầu ra chung do đó có khả năng cung cấp thông tin về cường độ của photon tại một thời điểm.

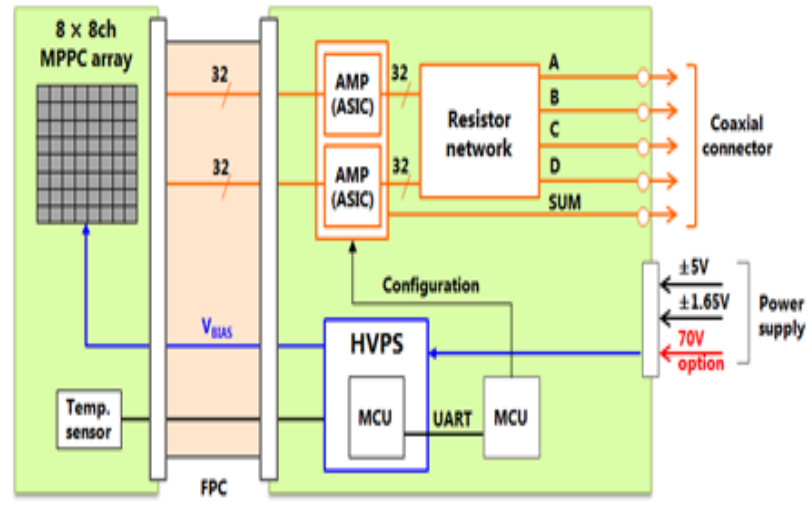
Mặt khác, các đánh giá cũng chỉ ra cho thấy, Photodiode thực chất chỉ nhạy với bước sóng trong vùng cực tím, có thể đạt tới hiệu suất lượng tử lên tới trên 70% trong vùng bước sóng  $\approx 420\text{nm}$ . Với bước sóng trong gamma hiệu suất ghi nhận chỉ là rất nhỏ ( $<1\%$ ). Do đó, việc gắn các tinh thể nhấp nháy (NaI, BGO, FL...) lên bề mặt các Photodiode sẽ tăng đáng kể khả năng phát hiện bức xạ.[7]



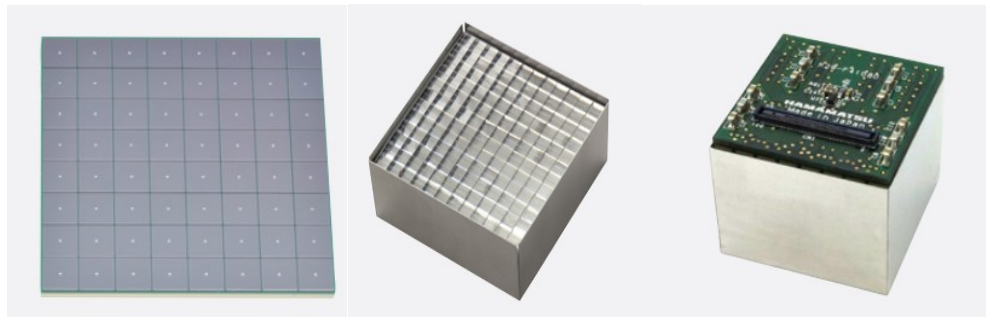
Hiệu suất ghi nhận photon phụ thuộc theo bước sóng [7]

## 2.2 Bộ đếm photon nhiều kênh C12680

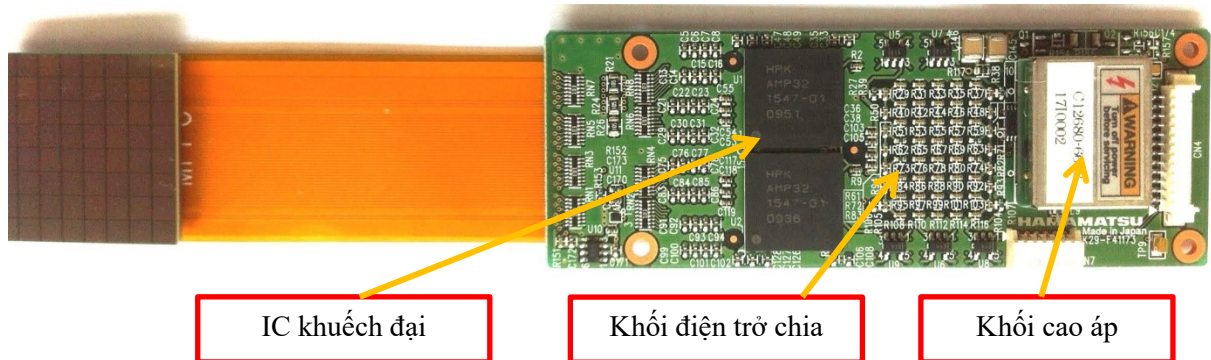
Đây là một khối đo lường quang có khả năng phát hiện ánh sáng nhấp nháy. Khối này bao gồm một mảng 8x8 kênh Photodiode với kích thước mỗi kênh là 3x3 mm, dải bước sóng ghi nhận là 320 nm đến 900 nm, bước sóng có khả năng ghi nhận cao nhất là 500 nm; một mạch tiền khuếch đại; một mạng lưới phân chia điện trở; một mạch nguồn cung cấp điện cao áp; và một mạch bù nhiệt.[4] Sơ đồ khối của bộ đếm (MPPC) này như sau:



Sơ đồ khối MPPC C12680[3]



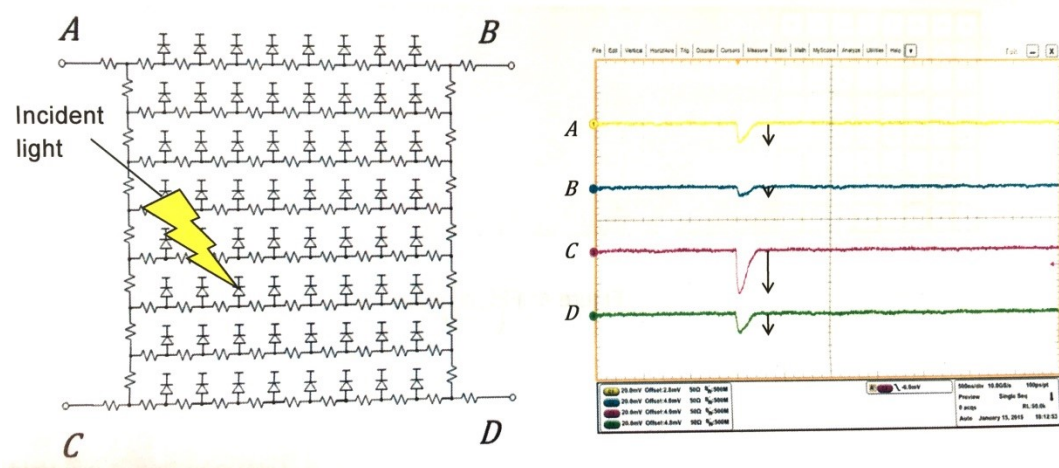
Mảng Photodiode 64 kênh và tinh thể nhấp nháy LFS trên Module C12680[4]



Module MPPC C12680 khi chưa có tinh thể

Khối này hoạt động khi cung cấp nguồn điện một chiều  $\pm 5\text{VDC}$  và  $\pm 1,65\text{VDC}$ . Trên thực tế tinh thể nhấp nháy LFS được gắn lên trên bề mặt mạng lưới các mảng photodiode. Khi một photon đi vào tinh thể nhấp nháy, chúng tương tác với các nguyên tử và phát ra các photon có bước sóng dài hơn, các photon này được ghi nhận khi đi vào các APD tạo ra các tín hiệu điện. Tín hiệu này được truyền về bằng hệ cáp 64 đường truyền riêng biệt tương ứng với 64 kênh. Sau đó tín hiệu được khuếch đại (Khối AMP- Amplifier) và đi vào hệ thống điện trở chia nối với từng kênh. Tại đầu ra của module MPPC có 5 đường tín hiệu analog bao gồm 4 tín hiệu A,B,C,D và một tín hiệu tổng (A+B+C+D).

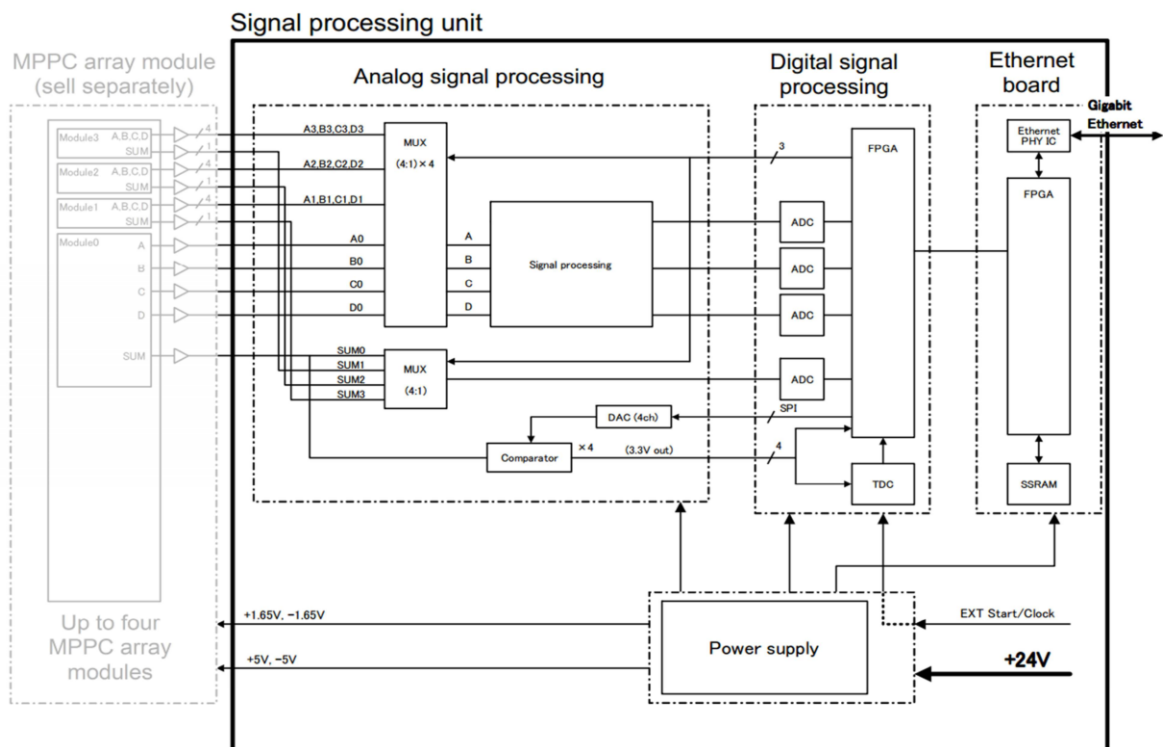




Mạng lưới điện trở và dạng xung tín hiệu tại các đầu ra A,B,C,D [4]

### 2.3 Khối xử lý tín hiệu C12884

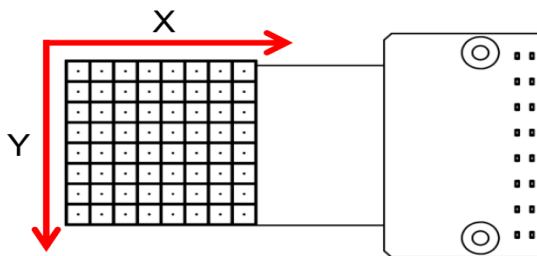
Là một khối xử lý tín hiệu đi kèm cùng Module MPPC C12680 với cổng kết nối Ethernet. Sử dụng kết hợp với C12680, khối xử lý có thể thu nhận được thông tin vị trí, thời gian và thông tin về năng lượng của photon tới. Một khối C12884 có thể kết nối với 4 khối MPPC C12680, bằng cách sử dụng nhiều khối kết hợp có thể tạo thành hệ đầu dò của thiết bị chụp ảnh PET.[5]



Khối xử lý tín hiệu C12884 gồm 4 khối chính:

- Khối xử lý tín hiệu xung – analog: Nhận tín hiệu từ một trong 4 Module MPPC C12860 được ghép nối vào, xử lý tạo dạng xung và truyền sang khối xử lý số – digital. Tín hiệu SUM được tách làm hai đường, một về khối xử lý số để xác định đặc tính vị trí của photon tương tác trên mảng photodiode, một đưa qua bộ so sánh số nhằm xác định thời gian diễn ra tương tác trên.

- Khối xử lý số - digital: Chuyển đổi tín hiệu sang dạng số nhằm tính toán các tham số về vị trí, cường độ, thời gian của photon tương tác trên mảng photodiode, đóng gói dữ liệu và truyền sang khối Ethernet. Quá trình tính toán vị trí được dựa trên phương trình sau:



The diagram shows a 64x64 grid of points. A red arrow labeled 'X' points to the right, and a red arrow labeled 'Y' points downwards. To the right of the grid is a signal processing unit with two circular ports and a vertical array of pins.

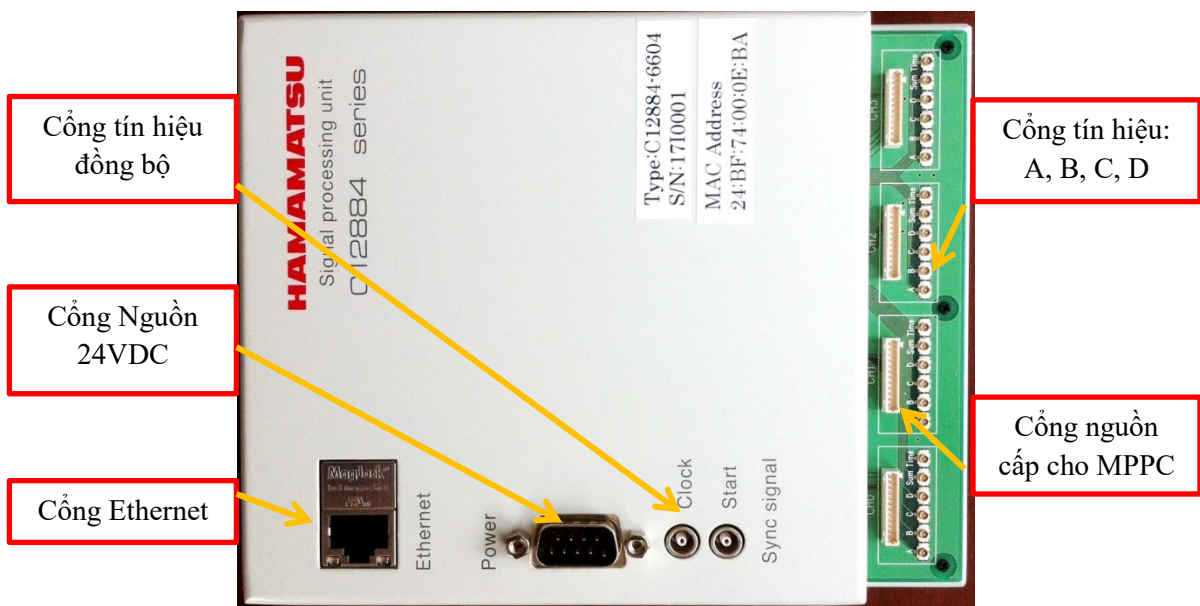
$$X = \frac{B+D}{A+B+C+D} \quad (0 \text{ to } 1)$$

$$Y = \frac{C+D}{A+B+C+D} \quad (0 \text{ to } 1)$$

Trong đó: X, Y là vị trí tương đối trên hệ trục tọa độ từ 0 đến 1 (64 điểm tương đương 64 kênh)

A, B, C, D là cường độ các đường tín hiệu (theo dạng số)

- Khối giao tiếp Ethernet: Nhận gói dữ liệu từ khối xử lý số, giao tiếp với máy tính thông qua phần mềm kết nối, gửi gói dữ liệu lên máy tính theo đường Ethernet.
- Khối nguồn: Cung cấp nguồn một chiều cho toàn bộ khối xử lý và Module MPPC C12680.

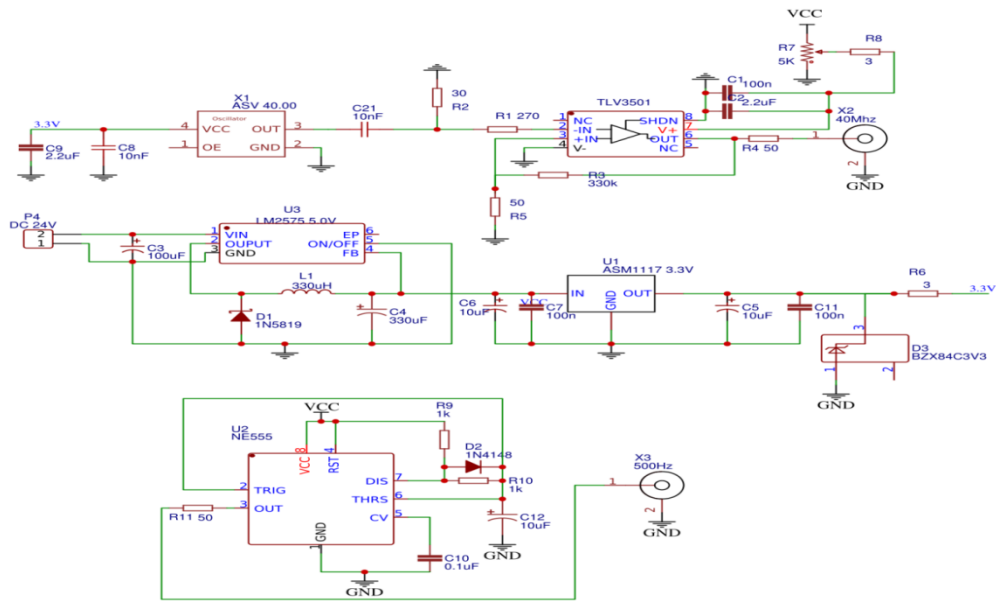


#### Khối xử lý C12884[4]

Cổng tín hiệu xung đồng bộ gồm hai tín hiệu là Clock và Start, tín hiệu Start phải được đưa vào khi sử dụng từ 2 Module MPPC trở lên (xung 500Hz), tín hiệu Clock là tín hiệu xung vuông 40Mhz cung cấp cho bộ chuyển đổi TDC (Time digital converter).

#### 2.4 Thiết kế chế tạo mạch tạo xung Clock và Start

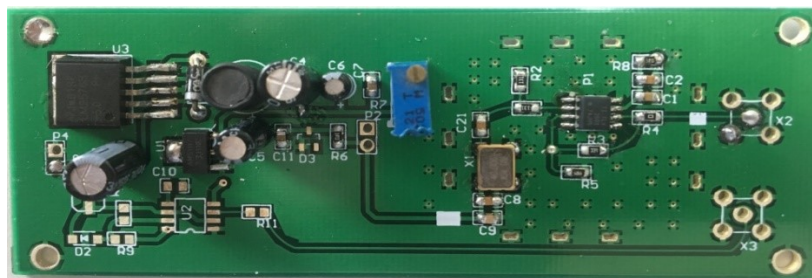
Mạch tạo xung được thiết kế để tạo ra tín hiệu xung đồng bộ cấp vào cho khối xử lý C12884, do mới thực hiện kết nối khối xử lý với 1 Module MPPC C12680 nên xung Start chưa được sử dụng. Sơ đồ nguyên lý của khối tạo xung như sau:



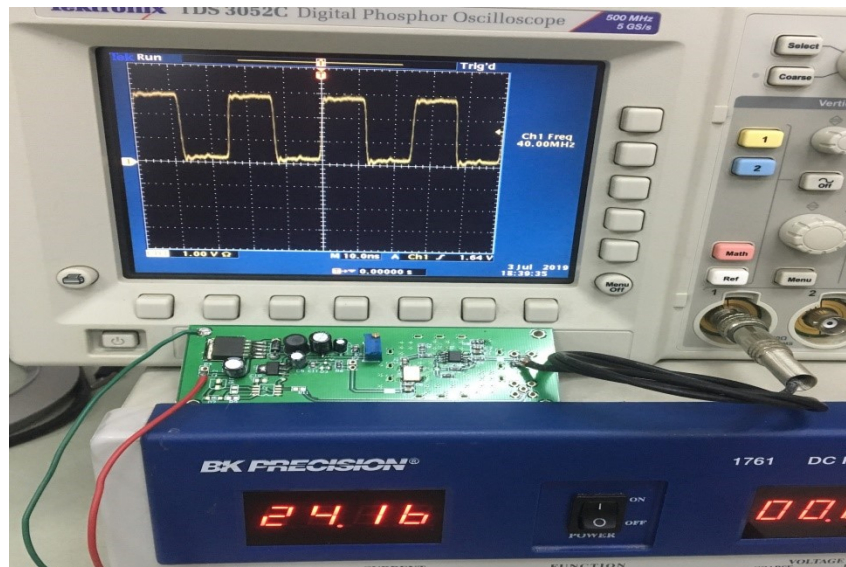
Sơ đồ nguyên lý khối tạo xung

Mạch này bao gồm:

- Khối nguồn: Chuyển đổi nguồn từ 24VDC xuống 5VDC và 3.3VDC cho thạch anh dao động và IC. Gồm 2 IC là LM2575 chuyển từ 24VDC xuống 5VDC và IC ASM1117 chuyển từ 5VDC xuống 3.3VDC
- Khối tạo xung: Gồm một thạch anh 40 Mhz và một IC so sánh tốc độ cao tạo ra xung vuông 40Mhz, ngoài ra còn khối tạo xung Start 500Hz sử dụng IC NE555.

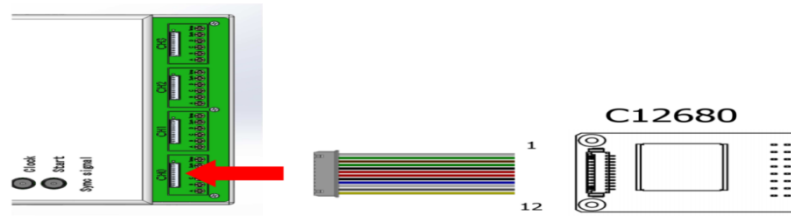


Mạch tạo xung



Xung ra từ mạch tạo xung

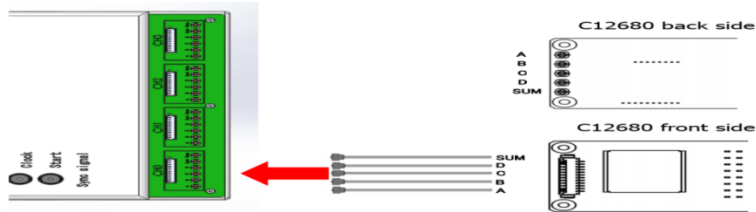
## 2.5 Ghép nối Module MPPC 12680 với khối xử lý tín hiệu C12884



1. Kết nối nguồn cho MPPC từ khối xử lý C12884



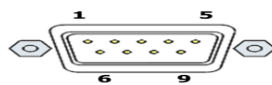
2. Kết nối C12884 với máy tính qua đường Ethernet



3. Nối cáp tín hiệu từ MPPC C12680 về C1884



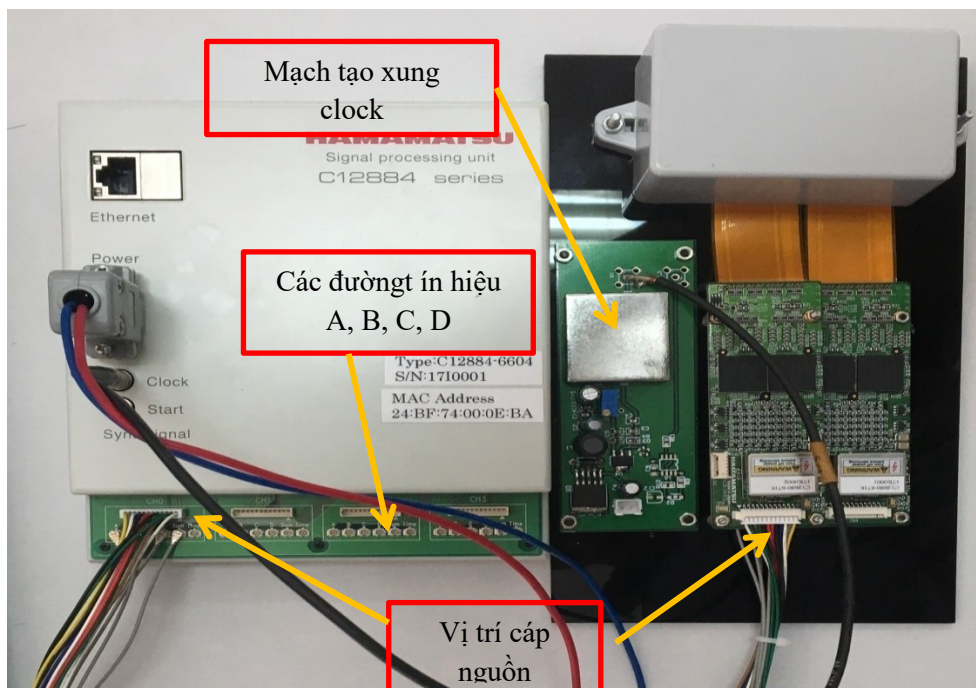
4. Đưa tín hiệu Clock



No.	Name
1	+24V
2	GND
3	NC
4	NC
5	NC
6	NC
7	NC
8	NC
9	NC

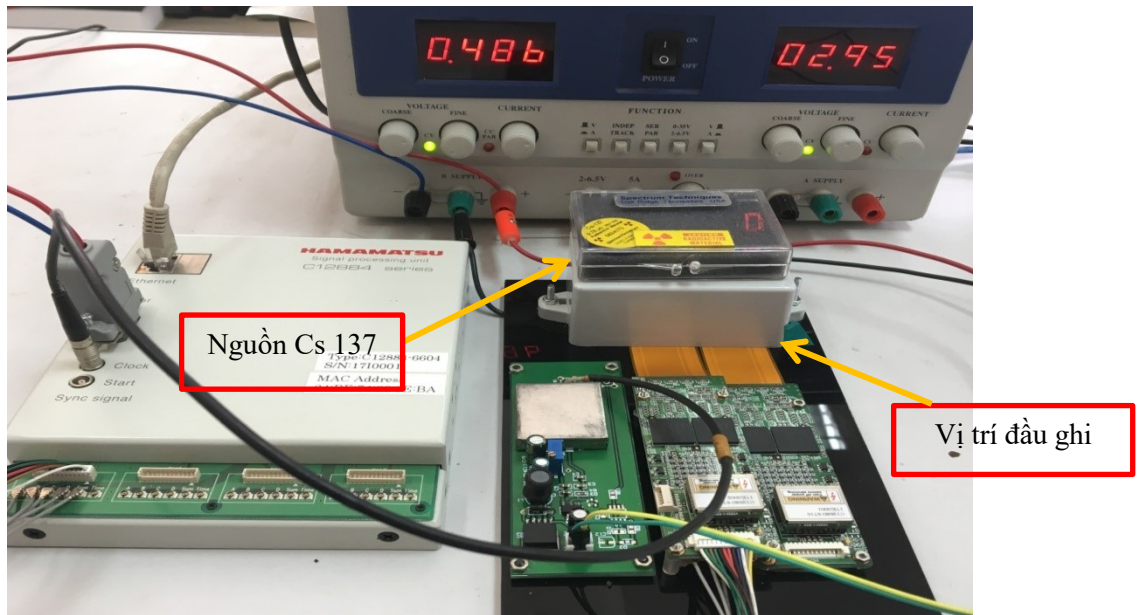


5. Cấp nguồn 24V



Hình ảnh kết nối



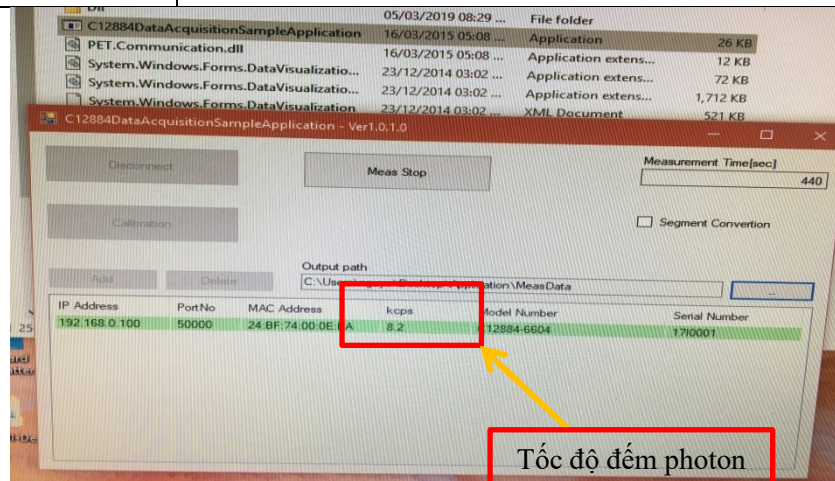


Hình ảnh chạy thử nghiệm

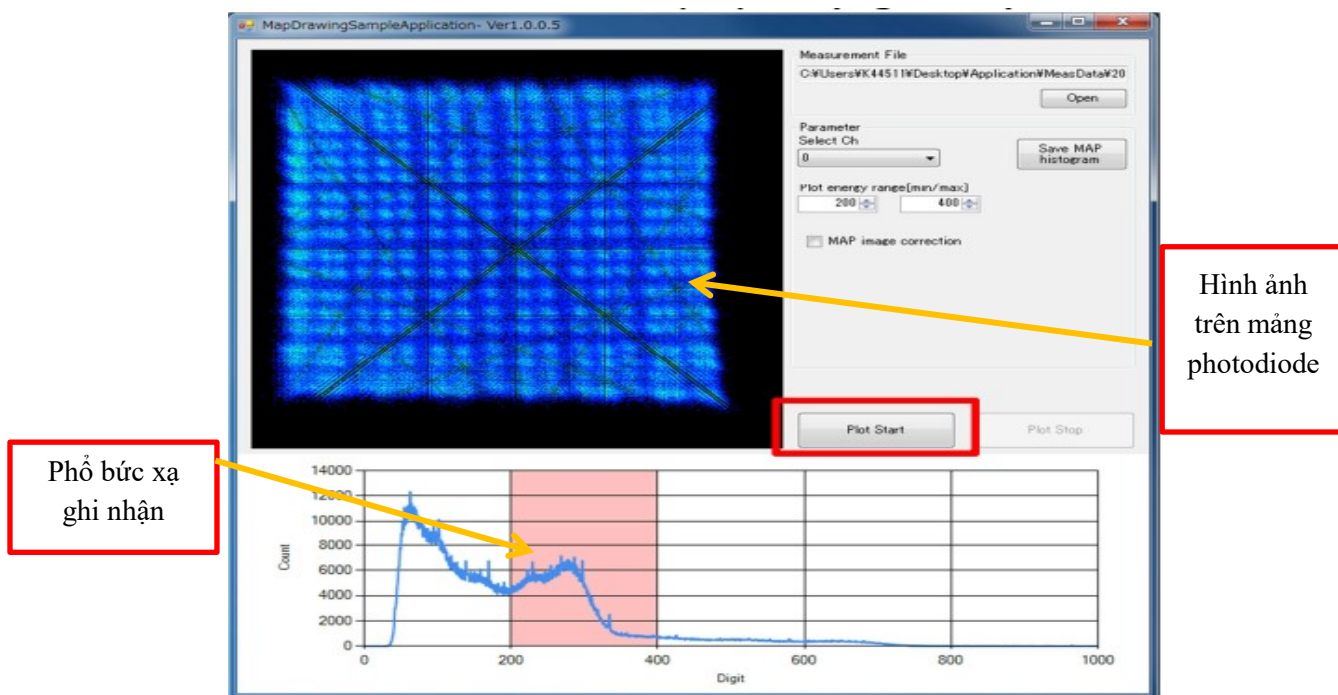
## 2.6 Kết quả

Sau khi kết nối hoàn hiện, một phần mềm sẽ điều khiển hoạt động của khối xử lý tín hiệu từ máy tính thông qua đường ethernet. Những thông số được xuất ra dưới tên thư mục data.dll. Như vậy, chúng ta có thể phát triển một phần mềm riêng để điều khiển việc nhận và xử lý các thông tin từ bộ xử lý tín hiệu C12884 và hiển thị lên một hình ảnh mô tả được cường độ và vị trí các điểm mà photon đi vào. Vị trí nào có cường độ càng lớn thì độ sáng càng rõ, vị trí có cường độ photon thấp sẽ mờ hơn. Một số thông số xuất ra từ bộ xử lý tín hiệu để phần mềm mẫu xử lý:

Thông số	Đặc trưng
Ch	Thứ tự kênh xuất hiện sự kiện (0-3 kênh)
Second Timer	Thời gian xuất hiện sự kiện (độ phân giải 1us)
Y_ADC	Thông số giúp xác định vị trí bức xạ đi vào trên MPPC
X_ADC	Thông số giúp xác định vị trí bức xạ đi vào trên MPPC
Z_ADC	Thông số giúp xác định vị trí bức xạ đi vào trên MPPC
Energy	Cường độ photon tới



Phần mềm mẫu được hãng cung cấp



Hình ảnh phóng xạ được hiển thị bằng phần mềm mẫu.

### III: KẾT LUẬN

Kết quả thu được cho thấy Module MPPC C12680 đã kết nối được với khối xử lý tín hiệu C12884. Hình ảnh phóng xạ đã được thể hiện, tuy nhiên mục tiêu cuối cùng là một phần mềm tự phát triển, điều khiển việc kết nối và hiển thị hình ảnh thì chưa được hoàn thành.

Trong quá trình nghiên cứu tìm hiểu tác giả cũng gặp nhiều khó khăn khi đây là một công nghệ mới, thiết bị mới. Tính tương thích với hệ thống máy tính không cao do đó khó khăn trong khâu kết nối, một số đặc tính của photodiode như nhiễu đòi hỏi Module MPPC phải càng kín sáng càng tốt, tín hiệu xung tốc độ cao cũng đòi hỏi phải chống nhiễu tốt.

Trong thời gian tới, nghiên cứu sẽ tiếp tục với việc phân tích những số liệu thu được từ phần mềm và viết riêng một phần mềm giao diện bằng LabView điều khiển việc thu nhận dữ liệu gửi về từ bộ xử lý C12884 và hiển thị hình ảnh.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]: *MPPC and MPPC module for precision measurement, Hamamatsu Corporation*
- [2]: *Báo cáo tổng kết đề tài: Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị chụp cắt lớp điện toán dùng trong công nghiệp”, T.s Nguyễn Hữu Quang, Trung tâm Ứng dụng Kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp*
- [3] *Si APD, MPPC handbook, Hamamatsu Corporation*
- [4] *MPPC Array Module C12680-6603 Instruction Manual, Hamamatsu Corporation*
- [5] *Signal Processing Unit C12884-6604 Instruction Manual, Hamamatsu Corporation*
- [6] *Introduction to silicon photomultipliers, First Sensor TM*
- [7] *Silicon photomultipliers in gamma spectroscopy with scintillators, M. Grodzicka-Kobylka, M. Moszyński, T. Szcześniak - Nuclear Inst. and Methods in Physics Research - 2019*

# CONNECTION OF MPPC WITH SIGNAL PROCESSING UNIT TO RECORDING RADIATION IMAGE

NAMES OF AUTHORS: VINH NGUYEN XUAN

*Organ: Hanoi Irradiation Center*

*Address: Highway 32, Minh Khai, Bac Tu Liem District, Ha noi*

*Email: [nguyensexuanvinh20083187@gmail.com](mailto:nguyensexuanvinh20083187@gmail.com)*

## **Abstract:**

Radiation image recording is one of the atomic energy applications: non-destructive testing - NDT, CT (Computed Tomography), X-ray, PET/CT (Positron Emission Tomography), SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography, Gamma Camera. The recorded image is accurate and sharp depending on the recording sensor system and image processing. There are scintillator crystal combined with PMT photomultiplier tubes, there are selected scintillator crystal combined with Photodiode array. The use of Photodiode array compared to photomultiplier tubes will be simpler and more compact because do not have to use high voltage, but the image quality is very good.

Photodiode array is a matrix of sensors that are arranged parallel to each other. These detectors are Photodiodes made to be able to operate in avalanche mode as in Geiger Muller counter tubes called APDs (Avalanche Photodiode). Today, this technology has been used a lot in industrial and medical devices. However, there is no specific study in our country at present. In this study, we use a MPPC - C12680 Module combined with the C12884 signal processing to recording radiation image. The first step is to master the technology, then be able to produce nuclear devices later

The result is a clear radioactive image with image points corresponding to the position where the photon enters on the MPPC array. Open the possibility of applying this technology in nuclear measuring devices

**Keyword:** *Recording radiation image, Multi Pixel Photon Count, MPPC*

# GHÉP NỐI MODULE MPPC VỚI KHỐI XỬ LÝ TÍN HIỆU ĐỂ GHI NHẬN HÌNH ẢNH PHÓNG XẠ

TÁC GIẢ: NGUYỄN XUÂN VỊNH

*Cơ quan: Trung tâm chiếu xạ Hà Nội*

*Địa chỉ: Km12, đường 32, Minh Khai, Bắc Từ Liêm, Hà Nội*

*Email: [nguyensexuanvinh20083187@gmail.com](mailto:nguyensexuanvinh20083187@gmail.com)*

## **Tóm tắt:**

Ghi nhận hình ảnh là một trong những kỹ thuật ứng dụng của ngành năng lượng nguyên tử: kiểm tra không phá hủy – NDT (Non-Destructive Testing), chụp cắt lớp - CT (Computed Tomography), chụp X-quang, PET/CT (Positron Emission Tomography), SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography), xạ hình Gamma Camera. Hình ảnh ghi nhận được có chính xác và sắc nét hay không phụ thuộc rất nhiều vào hệ đầu dò ghi nhận và phần xử lý hình ảnh. Có những công nghệ kết hợp tinh thể nhấp nháy với ống nhân quang điện PMT, có những công nghệ kết hợp tinh thể nhấp nháy với mảng Photodiode làm đầu ghi nhận tuy nhiên việc sử dụng mảng Photodiode so với ống nhân quang điện sẽ đơn giản, gọn nhẹ hơn vì không phải sử dụng đến nguồn nuôi cao áp, mà chất lượng hình ảnh rất tốt.

Mảng Photodiode (PhotoDiode Array) được cấu tạo chính từ một ma trận các đầu ghi nhận được xếp song song với nhau, các đầu ghi này là các Photodiode được chế tạo để có thể hoạt động ở chế độ thác lũ giống như trong ống đếm Geiger Muller và được gọi là các APD (Avalanche Photodiode). Công nghệ sử dụng mảng photodiode đã được ứng dụng rất nhiều hiện nay trong các thiết bị công nghiệp, y tế. Tuy nhiên ở trong nước hiện tại vẫn chưa có một nghiên cứu cụ thể nào về công nghệ này. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng một Module MPPC – C12680 được cấu tạo chính từ các mảng photodiode kết hợp với bộ xử lý tín hiệu C12884 để ghi nhận hình ảnh phóng xạ. Bước đầu để làm chủ công nghệ, sau đó có thể ứng dụng sản xuất các thiết bị hạt nhân về sau.

Kết quả thu được khi ghép nối Module MPPC với khối xử lý tín hiệu đã ghi nhận được một hình ảnh phóng xạ rõ nét với các điểm hình ảnh tương ứng với vị trí mà bức xạ đi vào trên mảng photodiode. Mở ra khả năng ứng dụng rộng rãi công nghệ này trong các thiết bị đo đạc hạt nhân trong nước.

**Từ khóa:** *Ghi nhận hình ảnh phóng xạ, Mảng photodiode, MPPC,*