

## Nghiên cứu thiết kế, công nghệ chế tạo vi mạch tích hợp cho bảng mạch tín hiệu chính trong cơ cấu phóng 9Π516

Trịnh Anh Văn<sup>1\*</sup>, Phạm Văn May<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, Số 28B Điện Biên Phủ, Ba Đình, Hà Nội, Việt Nam;

<sup>2</sup>Viện Tên lửa, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, Số 17 Hoàng Sâm, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam.

\*Email: trinhanhvan.bkt@gmail.com

Nhận bài: 11/02/2024; Hoàn thiện: 24/3/2024; Chấp nhận đăng: 26/3/2024; Xuất bản: 22/4/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.94.2024.173-176>

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày công nghệ chế tạo vi mạch tích hợp lai theo công nghệ màng dày sử dụng vật liệu gốm với các phần tử thụ động: điện trở, tụ điện, cuộn cảm, các đường dẫn, tiếp điểm được chế tạo trên bề mặt của các tấm đế cách điện theo công nghệ màng dày, các phần tử tích cực (transistor, diot...) được lắp trên tấm đế thông qua công nghệ hàn dán. Ứng dụng công nghệ vi mạch lai trên bảng mạch hiệu chỉnh trong cơ cấu phóng tổ hợp phòng không.

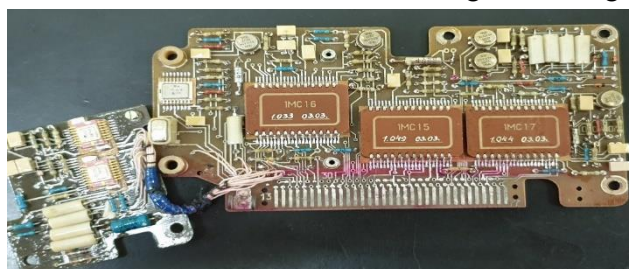
**Từ khóa:** Vi mạch tích hợp; Bộ lọc; Cơ cấu phóng; Mạch hiệu chỉnh.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, các mục tiêu bay ngày càng tinh vi, thông minh và cơ động hơn. Để tiêu diệt được mục tiêu như vậy đòi hỏi tổ hợp phòng không tầm thấp (PKTT) phải liên tục được cải tiến, thay đổi, phát triển. Sự thay đổi, phát triển này đồng nghĩa với việc tăng thêm nhiệm vụ, yêu cầu đối với tên lửa và cơ cấu phóng; tăng thêm các khối chức năng và các cụm nhóm linh kiện của tổ hợp [1]. Đối với vấn đề này việc nghiên cứu các giải pháp về kỹ thuật và giải pháp về công nghệ để đảm bảo không làm tăng trọng lượng, không ảnh hưởng đến công suất tiêu thụ của nguồn Pin và kích thước ảnh hưởng đến khả năng cơ động của tổ hợp. Một trong các giải pháp về công nghệ được người Nga áp dụng khi chế tạo tổ hợp PKTT là sử dụng các vi mạch tích hợp chuyên dụng thay thế cho nhóm các linh kiện rời. Điển hình là khối điện tử cơ cấu phóng sử dụng các vi mạch tích hợp chuyên dụng 1MC8÷1MC17 thay thế cho nhóm các linh kiện rời. Tuy nhiên, công nghệ chế tạo các vi mạch này đã được nghiên cứu tại ở các nước sản xuất. Đây là những nghiên cứu mang tính chất nhạy cảm, không chuyển giao công nghệ cho các nước khác.

### 2. GIẢI PHÁP THIẾT KẾ

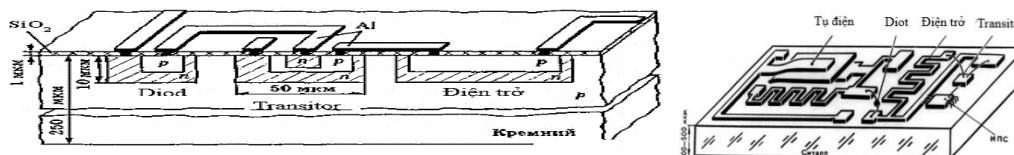
Một trong các bảng mạch quan trọng nằm trong cơ cấu phóng tổ hợp PKTT được tích hợp nhiều vi mạch lai tích hợp là bảng mạch hiệu chỉnh (CK). Bảng mạch này thực hiện phân tích khả năng bám sát con quay đầu tự dẫn theo mục tiêu, tạo các tín hiệu để xử lý logic cho chuẩn bị phóng và phóng tên lửa. Các linh kiện cỡ micro lắp ghép tích hợp trên vi mạch lai tích hợp nhỏ có số linh kiện dưới 100 được tích hợp trong các vi mạch MC15, MC16, MC17. Các vi mạch có kích cỡ nhỏ, công suất tiêu thụ cỡ mA, khả năng chống nhiễu và khả năng cách điện giữa các màng dày [2]. Vi mạch được đóng gói đảm bảo độ kín, bền đối với các tác động môi trường.



Hình 1. Vi mạch MC15, MC16, MC17 trong bảng mạch hiệu chỉnh CK.

## 2.1. Cấu tạo của các vi mạch MC

Trên cơ sở quá trình chế tạo và thiết kế - công nghệ các vi mạch tích hợp có thể chia làm hai loại: vi mạch tích hợp bán dẫn và vi mạch tích hợp lai.



Hình 2. Cấu tạo vi mạch tích hợp bán dẫn.

Vi mạch tích hợp bán dẫn là vi mạch có tất cả các phần tử và các kết nối giữa các phần tử được tạo ra với số lượng lớn và trên bề mặt của tấm bán dẫn (hình 2).

Vi mạch tích hợp lai là vi mạch có các phần tử thụ động (điện trở, tụ điện, cuộn cảm), các đường dẫn, tiếp điểm được chế tạo trên bề mặt của các tấm đế cách điện theo công nghệ màng dày hoặc màng mỏng, các phần tử tích cực (transistor, diot,...) được lắp trên tấm đế thông qua hàn dán (hình 2). Phương pháp thiết kế vi mạch lai có khả năng mở rộng thay đổi mạch để chọn chế độ hoạt động tối ưu cho vi mạch. Mức độ thu nhỏ của vi mạch tích hợp lai phụ thuộc số lượng các phần tử tích cực được gắn trên mạch. Vi mạch tích hợp lai được tạo ra trên đế có đặc tính cách điện tốt, do đó, vật liệu nền không ảnh hưởng đến các kết nối điện của các phần tử. Cấu tạo vi mạch gồm: vỏ, chân, các linh kiện bán dẫn không vỏ. Cấu tạo chung của các vi mạch tích hợp lai: Kích thước bao 35x24x1,2 mm: 48 chân, 02 bảng mạch; Vỏ đồng thời là đế vi mạch được chế tạo từ vật liệu gốm kỹ thuật điện mắc BK94-1, màu nâu; Chân linh kiện được làm từ hợp kim đồng mạ bạc; Mạch in và điện trở được chế tạo theo công nghệ màng dày.

## 2.2. Công nghệ chế tạo vi mạch tích hợp lai

Trên cơ sở cấu tạo và nguyên lý hoạt động của các vi mạch tích hợp lai MC, để làm chủ công nghệ chế tạo các vi mạch này tuân thủ như sau: Chế tạo đế vi mạch (chế tạo và làm sạch); Tạo cấu trúc vi mạch; Lắp ráp và làm kín vi mạch; Kiểm tra, thử nghiệm; Bao gói bảo quản.

*\*Chế tạo đế vi mạch:* Đối với các vi mạch tích hợp lai, đế vi mạch thường được chế tạo từ các vật liệu có độ cách điện cao như thủy tinh, gốm thủy tinh, gốm. Chế tạo đế vi mạch bao gồm các nguyên công: gia công cơ khí, làm sạch bề mặt. Các loại gốm dùng cho vi mạch tích hợp lai theo tiêu chuẩn của LB Nga bao gồm các loại gốm Oxit Nhôm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (BK-94, BK-96, BK-100), Nitrid Alumi (AlN). Căn cứ vào màu sắc và kết cấu, các vi mạch 1MC có đế chế tạo từ vật liệu gốm BK-94 là dạng vi mạch tích hợp có đế đồng thời là vỏ. Quá trình gia công cơ khí đế vi mạch bằng vật liệu gốm gồm các bước: Mài các mặt của đế để đạt độ dày và độ phẳng; Dán đế vào giá mài, mài đạt kích thước bao theo yêu cầu thiết kế; Mài bóng đạt độ nhẵn bề mặt phù hợp cho nguyên công tạo đường dẫn và điện trở; Kiểm tra bao gói bảo quản.

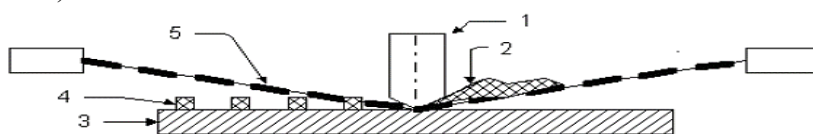
*\*Tạo cấu trúc vi mạch:* Đây là công đoạn chế tạo các linh kiện, đường dẫn, tiếp điểm theo thiết kế trên đế vi mạch. Đối với vi mạch tích hợp lai có hai công nghệ để tạo cấu trúc: Công nghệ màng mỏng và công nghệ màng dày. Công nghệ màng dày là công nghệ tạo ra các lớp màng có độ dày từ 10 - 20 μm để chế tạo các linh kiện thụ động như điện trở, tụ điện. Trên đế của vi mạch được phủ các loại kem khác nhau để tạo các lớp màng điện trở, đường dẫn nối các linh kiện, các tiếp điểm, các lớp phủ cách điện. Công nghệ màng mỏng là công nghệ tạo ra các lớp màng có độ dày từ 1 - 2 μm để chế tạo các linh kiện thụ động như điện trở, tụ điện. Để tạo ra các lớp màng mỏng phải sử dụng các công nghệ như mạ bốc bay, phun xạ,...

*\*Chế tạo vi mạch theo công nghệ màng dày:* Trước đây, để tạo các vi mạch siêu cao tần thường sử dụng công nghệ màng mỏng, tuy nhiên, ở thời điểm hiện tại với công nghệ màng dày đã chế tạo được các vi mạch làm việc với dải tần từ 1 - 28 GHz. Công nghệ màng dày có thể tạo ra các linh kiện có công suất đủ lớn (2,5 - 4 W/cm<sup>2</sup>). Kiểm soát được tỷ lệ sản phẩm lỗi sau các nguyên

công; Các linh kiện được chế tạo có thể làm việc trong điều kiện từ  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  đến  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; Với độ dày từ 12 đến 25  $\mu\text{m}$  cho phép giảm các tụ ký sinh trên mạch; Tạo ra các linh kiện có công suất tiêu tán cao phù hợp để chế tạo các linh kiện công suất lớn. Vật liệu để chế tạo các linh kiện theo công nghệ màng dày là các loại kem. Các loại kem này có các đặc tính khác nhau dùng để chế tạo các phần tử của vi mạch (điện trở, tụ điện, đường dẫn, tiếp điểm).

Công nghệ màng dày được tạo ra trên cơ sở công nghệ in lưới, số lần quét lưới tương ứng với số lớp công nghệ. In lưới là quá trình phủ kem lên bề mặt của đế thông qua các mắt lưới. Lưới in được làm từ các vật liệu như sợi Capron hoặc thép không gỉ.

Mắt lưới có độ rộng 100  $\mu\text{m}$ , đường kính sợi lưới 50  $\mu\text{m}$ , lưới được chế tạo theo công nghệ in phim. Lưới in được gá chặt đảm bảo khoảng cách giữa lưới và đế vi mạch không thay đổi. Phết kem trên bề mặt lưới bằng dụng cụ chuyên dụng, kem theo các cửa sổ chảy xuống để tạo các lớp công nghệ (hình 3).



**Hình 3.** Sơ đồ quá trình in lưới:

1 - Lưới gạt; 2 - Kem; 3 - Đế vi mạch; 4 - Kem phủ trên đế sau in; 5 - Mặt nạ in.

Để đảm bảo độ bám chắc của điện trở và các đường dẫn, tiếp điểm trên bề mặt đế vi mạch cần phải thực hiện quá trình xử lý nhiệt kem in. Quá trình này gồm hai công đoạn: sấy và ủ. Kem được sấy ở nhiệt độ 80 - 150  $^{\circ}\text{C}$  trong vòng 5 - 15 phút trong tủ sấy hoặc đèn hồng ngoại. Ủ kem ở nhiệt độ 300 - 350  $^{\circ}\text{C}$  (15 - 20 phút), thiêu kết ở nhiệt độ 700 - 1000  $^{\circ}\text{C}$  thời gian phụ thuộc vào từng loại kem (thông thường khoảng 30 phút). Để hiệu chỉnh giá trị của điện trở chế tạo sử dụng phương pháp cắt laze. Khoảng cách cắt phụ thuộc giá trị sai lệch của linh kiện.

\**Lắp ráp và làm kín vi mạch:* Sau khi tạo các phần tử trên đế (điện trở, đường dẫn, tiếp điểm), quá trình lắp ráp vi mạch bắt đầu từ các linh kiện bán dẫn không vỏ. Các linh kiện này được dán cố định vào đế trước khi hàn các chân linh kiện vào các tiếp điểm. Quá trình hàn sử dụng các gá hàn và dụng cụ chuyên dụng dùng để hàn các linh kiện nhỏ đảm bảo độ chính xác và không làm hỏng các linh kiện. Chân vi mạch được hàn sau khi đã lắp hết các linh kiện bán dẫn. Vi mạch được đóng gói làm kín sau khi kết thúc việc lắp ráp. Trước khi làm kín vi mạch phải được kiểm tra chức năng đạt yêu cầu.

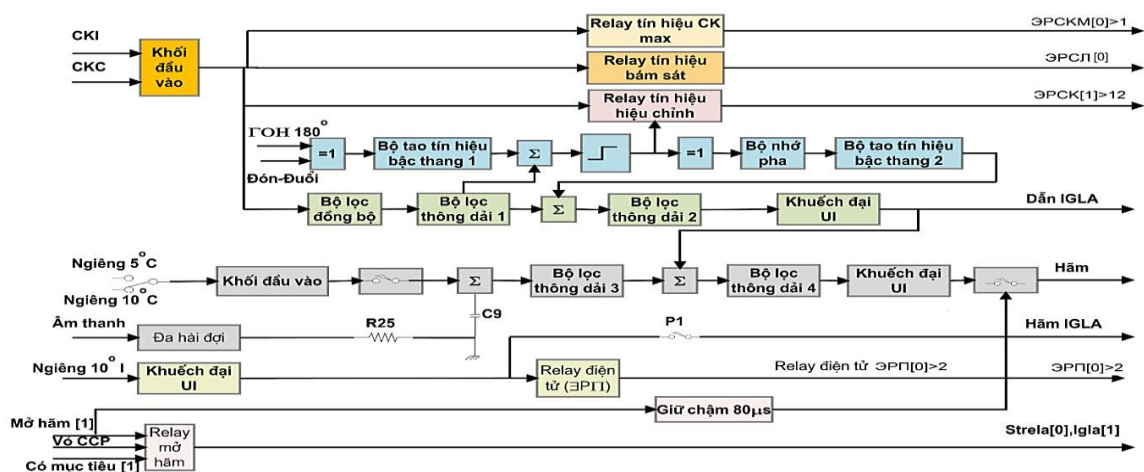
### 3. KẾT QUẢ VÀ THỬ NGHIỆM

Kết quả chế tạo được vi mạch tích hợp lai đáp ứng yêu cầu với các tham số mạch in: Đường kính đường mạch, mm: 0,4. Độ dày lớp mạ:  $(0,5 \div 0,9)\ \mu\text{m}$ . Độ bám dính của đường dẫn chịu được lực kéo: 500 g. Dòng chịu tải dây dẫn độ rộng 0,4 mm:  $> 8^{\circ}$ . Khối lượng, g:  $10 \pm 1$ . Các vi mạch tích hợp lai sau khi được chế tạo, đã được kiểm tra đánh giá chất lượng và so sánh với các công nghệ chế tạo vi mạch tích hợp lai khác.

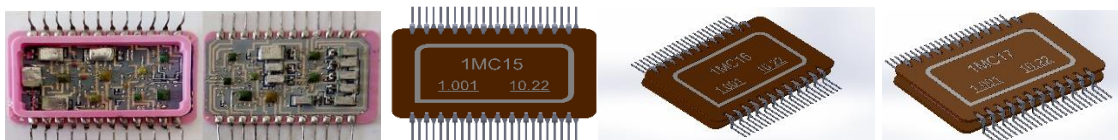


**Hình 4.** Kết quả thiết kế vi mạch tích hợp lai theo công nghệ màng dày.

Các vi mạch tích hợp lai MC15, MC16, MC17 thực hiện các chức năng bộ lọc đồng bộ, bộ lọc thông dải 1, bộ lọc thông dải 2, bộ lọc thông dải 3, bộ lọc thông dải 4, bộ nhớ pha, các bộ tạo tín hiệu bậc thang trong thành phần sơ đồ chức năng của bảng mạch hiệu chỉnh.



Hình 5. Sơ đồ chức năng bảng mạch hiệu chỉnh.



Hình 6. Kết quả tích hợp linh kiện trên vi mạch tích hợp lai.

Kết quả thử nghiệm và hiệu chỉnh các vi mạch tích hợp lai được chế tạo ứng dụng trên bảng mạch hiệu chỉnh của cơ cấu phóng tổ hợp PKTT có đầy đủ chức năng đảm bảo yêu cầu về độ chính xác, độ ổn định, độ tin cậy khi hoạt động.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày phương pháp thiết kế, công nghệ chế tạo vi mạch tích hợp lai theo công nghệ màng dày với vật liệu gốm. Vi mạch tích hợp lai có nhiều ưu điểm vượt trội so với các vi mạch điện tử khác về kích cỡ vi mạch, công suất tiêu thụ, lọc nhiễu và được đóng gói đảm bảo độ kín, bền đối với các tác động môi trường. Ứng dụng vi mạch tích hợp lai trên bảng mạch hiệu chỉnh của cơ cấu phóng tổ hợp PKTT. Vi mạch này đã thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và thực tế lắp ráp và kiểm tra cơ cấu phóng tổ hợp PKTT.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đỗ Tuấn Cương. “Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu làm chủ thiết kế, công nghệ chế tạo tên lửa phòng không tầm thấp, mã số KC-I”, Viện Tên lửa, Hà Nội, (2016).
- [2]. Phạm Minh Hà. “Kỹ thuật mạch điện tử”, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, (1997).

#### ABSTRACT

##### Research on design and manufacturing technology of integrated circuit for calibration signal circuit board in 9II516 launching structure

This article presents technology for manufacturing hybrid integrated circuits using thick film technology and ceramic materials with passive elements: resistors, capacitors, inductors, conductive paths, and contacts manufactured on the surface. The surface of the insulated base plates uses thick film technology, and the active elements (transistors, diodes, etc.) are installed on the base plate through solder paste technology. Application of hybrid chip technology on the calibration circuit board in the launch mechanism of the air defense complex.

**Keywords:** Integrated circuit; Filter; Discharge mechanism; Calibration circuit.