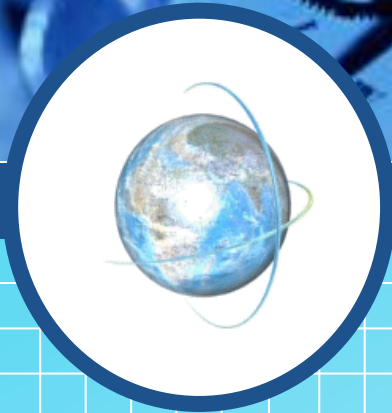




# TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ GIAO THÔNG VẬN TẢI



**Bài giảng: Phương pháp quang khắc**

**Ngành đào tạo: Công nghệ kỹ thuật cơ điện tử**

**Hệ đào tạo: Đại học chính quy**

**Giảng viên thực hiện: ThS. Võ Thanh Được**

- 1. Tên học phần: CÔNG NGHỆ VI CƠ ĐIỆN TỬ  
( MicroElectroMechanical Systems: MEMS )  
Mã học phần: DC3CN22**
- 2. Số tín chỉ: 2**
- 3. Trình độ: Cho sinh viên năm thứ 3**

# TÓM TẮT CHƯƠNG 1

- 1. Về tỉ lệ kích thước hình học:** Khi một hệ thu nhỏ xuống kích thước MEMS, tỉ số diện tích/thể tích (diện tích bề mặt riêng) tăng.  $\frac{As}{Vs} \sim \frac{1}{S}$  ; S gọi là hệ số tỷ lệ kích thước dài ( $0 < S \leq 1$ )
- 2. Hiệu ứng tỉ lệ kích thước đối với hệ cơ:** Các linh kiện vi mô có khả năng chịu đựng tốt hơn khi có tác động của va đập hay rung động so với linh kiện đó ở dạng khối.
- 3. Hiệu ứng tỉ lệ kích thước đối với hệ chất lỏng:** Ảnh hưởng của sức căng bề mặt tăng lên
- 4. Hiệu ứng tỉ lệ kích thước đối với mạch điện:** Các phần tử cơ bản như R (tăng lên), độ tự cảm của ống dây và điện dung của tụ điện giảm theo hệ số S



# Chương 2: CÁC PHƯƠNG PHÁP KHẮC

## 2.1. Phương pháp quang khắc

2.1.1. Phòng sạch

2.1.2. Mặt nạ quang, chất cảm quang

2.1.3. Các bước chính trong quang khắc

2.1.4. Các hiệu ứng ảnh hưởng đến chất lượng linh kiện sau khi quang khắc

## 2.2. Phương pháp khắc tia X và khắc bằng chùm tia điện tử

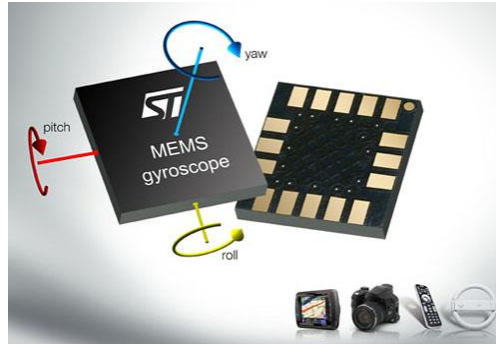
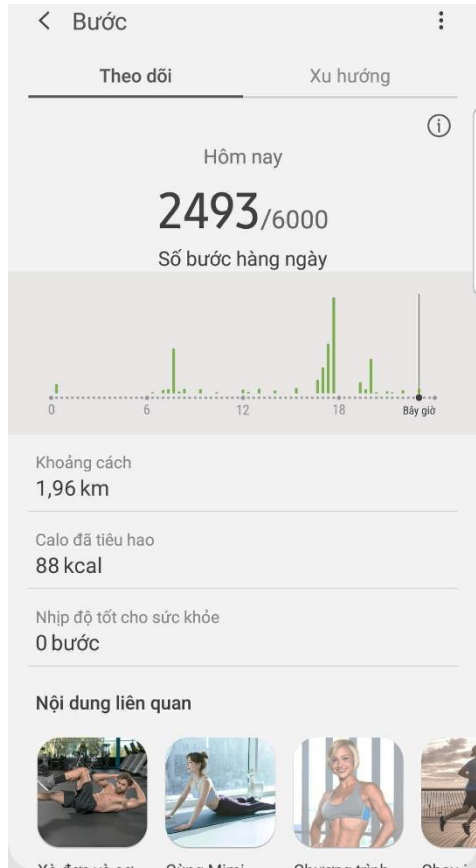
## 2.3. Kỹ thuật khắc khô

2.3.1. Cơ sở Plasma

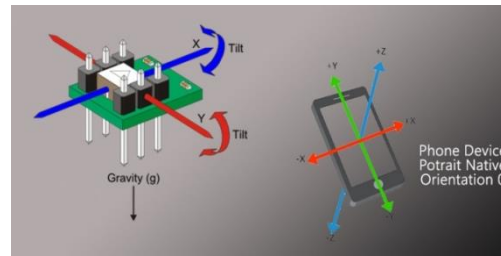
2.3.2. Kỹ thuật khắc chùm ion

## **Sau khi học xong bài học này sinh viên có thể:**

- Biết được các ứng dụng của các linh kiện MEMS trong đời sống.
- Nắm được các khái niệm về phòng sạch, mặt nạ quang, chất cảm quang.
- Nắm được quy trình chế tạo một linh kiện vi cơ điện tử bằng phương pháp quang khắc.



**Hình 2.2.** Con quay vi cơ nhận biết hướng xoay của màn hình điện thoại



**Hình 2.3.** Từ kế

**Hình 2.1.** Cảm biến gia tốc đo đếm bước chân trên điện thoại





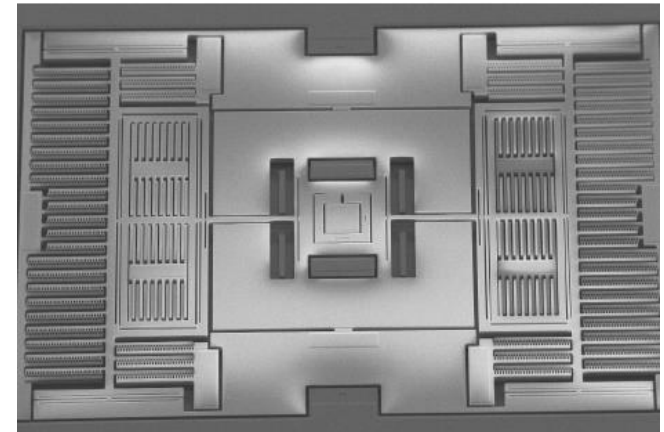
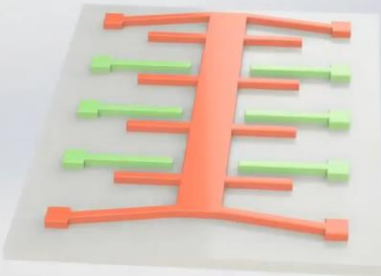
**Hình 2.4.** Một số ứng dụng của con quay vi cơ chế tạo bằng công nghệ MEMS



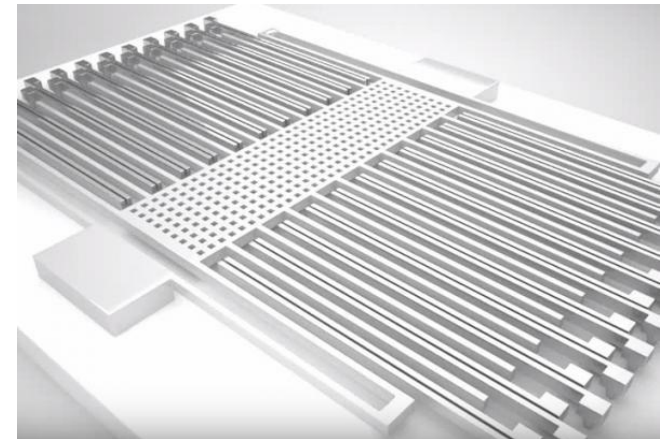
**Hình 2.5.** Con quay hồi chuyển (con quay vi cơ)

Video Mô phỏng hoạt động của Cảm biến gia tốc (accelerometer) và con quay vi cơ (Gyroscope) chế tạo bằng công nghệ MEMS

MEMS Accelerometer



**Hình 2.6.** Ảnh SEM của con quay hồi chuyển



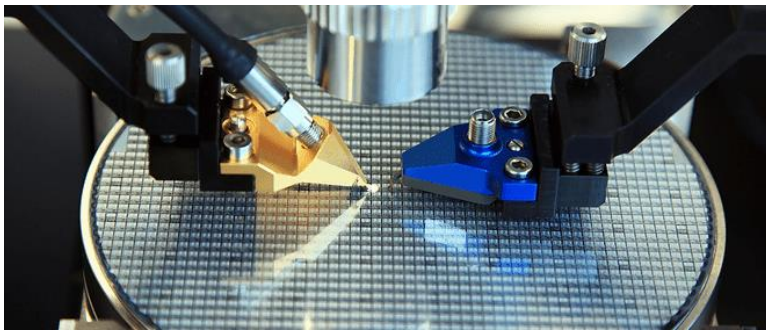
**Hình 2.7.** Ảnh SEM cảm biến gia tốc



## NGUYÊN LIỆU VÀ CÁC KỸ THUẬT CHÍNH ĐỂ CHẾ TẠO MỘT LINH KIỆN MEMS



Hình 2.8. Phiến Silic



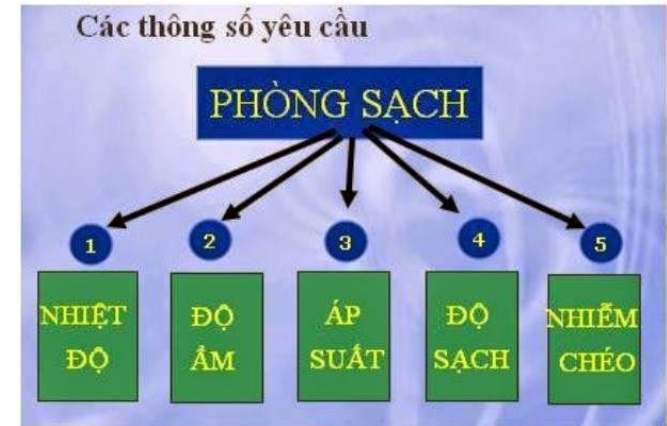
Hình 2.8. Quy trình kiểm tra đóng gói

1. Phiến Silic
2. Kỹ thuật khuếch tán
3. Kỹ thuật quang khắc tạo hình
4. Phủ kim loại (tạo các cấu trúc treo, thanh dầm)
5. Ăn mòn
6. Đóng gói, hàn dây, kiểm tra linh kiện

## 2.1.1. PHÒNG SẠCH

### a. Khái niệm chung

- Phòng sạch là một phòng rất kín, nơi mà lượng bụi trong không khí được hạn chế ở mức thấp nhất nhằm tránh gây nhiễm bẩn cho các linh kiện, thiết bị, sản phẩm trong quá trình chế tạo và sản xuất.
- Bên trong phòng sạch thì nhiệt độ, áp suất và độ ẩm không khí cũng được kiểm soát chặt chẽ bằng hệ thống điều khiển điện tử nhằm tạo điều kiện thuận lợi nhất cho quá trình sản xuất, chế tạo.
- Ngoài ra, phòng sạch còn được đảm bảo vô trùng, không có các khí độc hại, không có vi trùng, vi khuẩn.



Hình 2.9. Phòng sạch

## 2.1.1. PHÒNG SẠCH

### b. Các tiêu chuẩn phòng sạch

#### - Tiêu chuẩn Federal Standard 209 (1963)

Loại	Số hạt/ft <sup>3</sup>				
	≥ 0,1 μm	≥ 0,2 μm	≥ 0,3 μm	≥ 0,5 μm	≥ 5,0 μm
1	35	7,5	3	1	- (*)
10	350	75	30	10	-
100	-	750	300	100	-
1000	-	-	-	1000	7
10000	-	-	-	10000	70
100000	-	-	-	100000	700

*Bảng 2.1. Giới hạn số hạt bụi trong tiêu chuẩn 209 (1963)*

- **Tiêu chuẩn Federal Standard 209 E (1992):** Tiêu chuẩn này xác định hàm lượng bụi lửng trong không khí theo đơn vị chuẩn m<sup>3</sup>

- **Tiêu chuẩn ISO 14644-1:** Tổ chức Tiêu chuẩn Quốc tế (International Standards Organization – ISO) đã quy định các tiêu chuẩn về phòng sạch tiêu chuẩn quốc tế

## 2.1.1. PHÒNG SẠCH

### c. Ứng dụng phòng sạch theo tiêu chuẩn 209

**Loại 1 (Class 1):** Loại phòng thuộc các nhà máy sản xuất mạch tích hợp với công nghệ kích thước siêu nhỏ.

**Loại 10 (Class 10):** Loại phòng thuộc các nhà máy sản xuất bán dẫn dùng sản xuất các mạch tích hợp có bề rộng dưới 2 micromet.

**Loại 100 (Class 100):** Loại phòng đòi hỏi không có vi khuẩn, bụi để sử dụng sản xuất các loại thuốc tiêm vô khuẩn.

**Loại 1000 (Class 1000):** Loại phòng sản xuất trang thiết bị quang học chất lượng cao.

**Loại 10,000 (Class 10,000):** Loại phòng lắp ráp trang thiết bị thủy lực, khí nén, các loại van điều khiển tự động, các thiết bị định giờ và bộ truyền động chất lượng cao.

**Loại 100,000 (Class 100,000):** Loại phòng dùng lắp ráp linh kiện điện tử, thủy lực và khí nén.



## 2.1.1. PHÒNG SẠCH

### d. Các vùng không gian làm việc trong phòng sạch



**Phòng ngoài:** Phòng chứa quần áo chuyên dụng, tư trang, và kho chứa các nguyên vật liệu



**Phòng trắng:** Phòng chứa các trang thiết bị, máy móc, hóa chất không bị ảnh hưởng của bức xạ có bước sóng ngắn của đèn chiếu sáng.

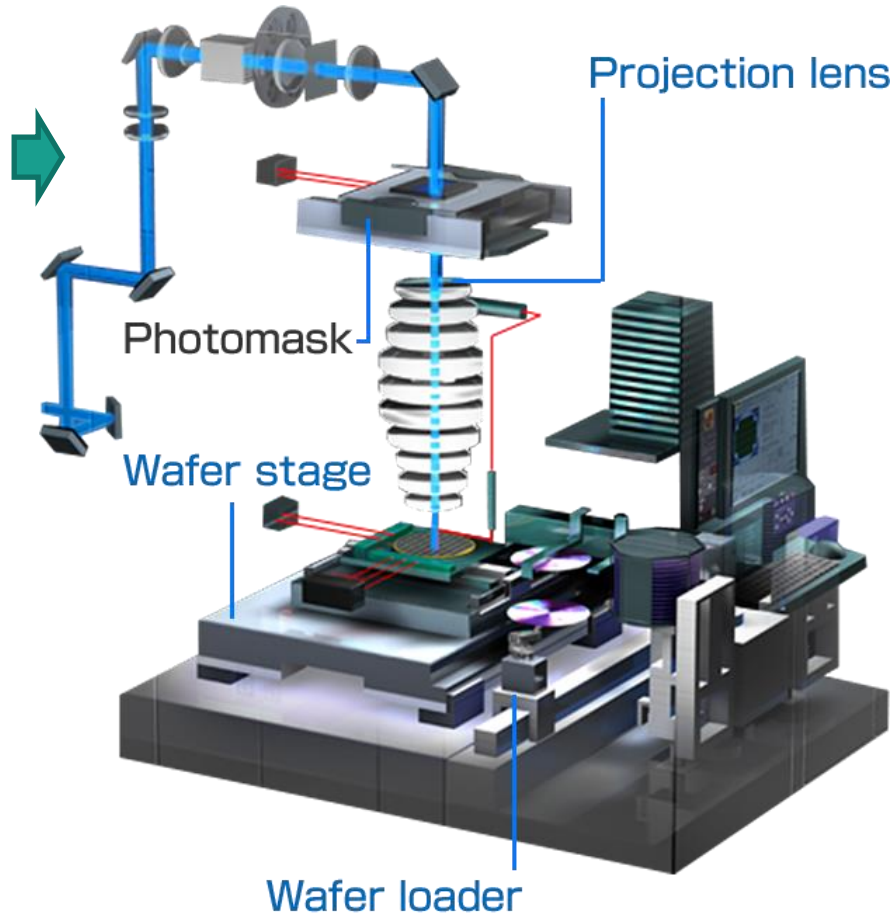


**Phòng vàng:** Phòng chứa các trang thiết bị, máy móc, hóa chất dễ bị hư hỏng khi gặp ánh sáng có bước sóng ngắn.



# HỆ QUANG KHẮC

Nguồn UV  
có bước  
sóng cỡ 150  
nm -500 nm  
Công suất  
cỡ vài chục  
Wat

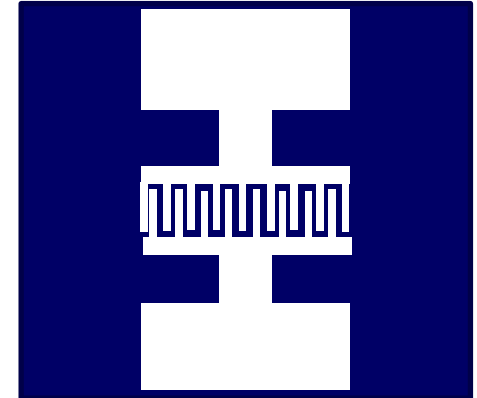
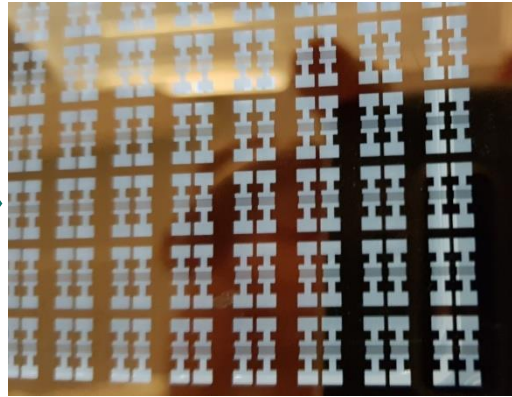
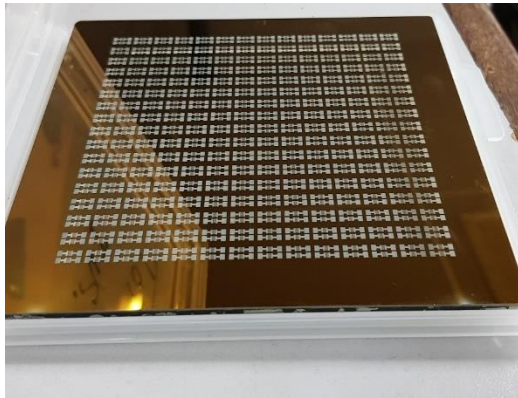


Sơ đồ nguyên lý hệ quang khắc

Hình 2.10. Sơ đồ nguyên lý phương pháp quang khắc và hệ quang khắc thực tế tại Viện ITIMS

## 2.1.2. MẶT NẠ QUANG VÀ CHẤT CẢM QUANG

### a. Mặt nạ quang



**Hình 2.11.** Ảnh thực tế một mặt nạ quang và hình ảnh thiết kế một cấu điện cực

**Cấu trúc bao gồm:**

→ Tấm phẳng bằng vật liệu trong suốt  
(Thủy tinh hay thạch anh)

→ Vùng chắn sáng bằng kim loại được phủ trên bề mặt tấm trong suốt (phần màu tối)

**Thiết kế mặt nạ:** Thông thường mặt nạ quang được vẽ bằng các ứng dụng CAD/ Solidworks và chạy mô phỏng thử nghiệm.

**Chế tạo:** Tấm thủy tinh/ thạch anh được phủ một lớp crôm cỡ 80 nm sau đó đưa vào hệ khắc bằng laze công suất cao.

## 2.1.2. MẶT NẠ QUANG VÀ CHẤT CẢM QUANG

### a. Mặt nạ quang

Chất lượng của mặt nạ quang phụ thuộc vào mật độ các khuyết tật xuất hiện trong quá trình chế tạo mặt nạ. Hiệu suất chế tạo (Tỷ số chip tốt/ tổng số chip trên một phiến):

$$Y_f \cong \exp(-N.M_d.A)$$

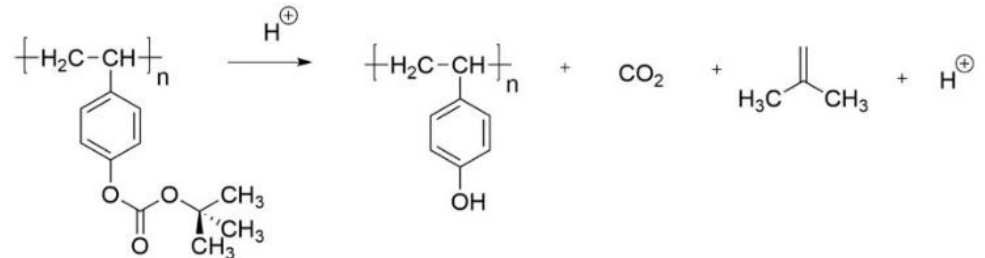
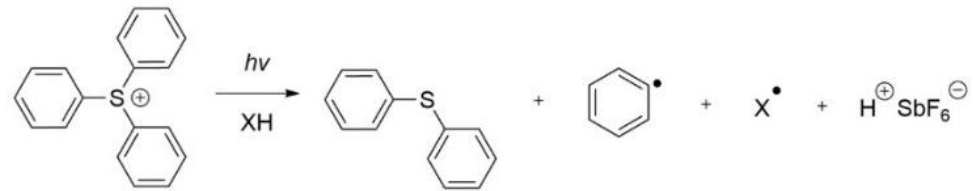
**Trong đó**,  $M_d$  là mật độ trung bình các khuyết tật,  $A$  là diện tích của một chip và  $N$  là số các mức mặt nạ sử dụng trong quy trình chế tạo. Ở đây chúng ta giả thiết rằng, mật độ khuyết tật có giá trị như nhau đối với tất cả các mức mặt nạ.

**Thí dụ:** Tính hiệu suất chế tạo điện cực như **hình 2.11**, biết mật độ trung bình các khuyết tật là  $10 \text{ con/m}^2$ , diện tích một con cảm biến  $2.10^{-6} \text{ m}^2$  và sử dụng 2 mặt nạ để quang khắc?

Hiệu suất chế tạo điện cực:  $Y_f \cong \exp(-2.10.2.10^{-6}) = 99,9\%$

## 2.1.2. MẶT NẠ QUANG VÀ CHẤT CẢM QUANG

### b. Chất cảm quang



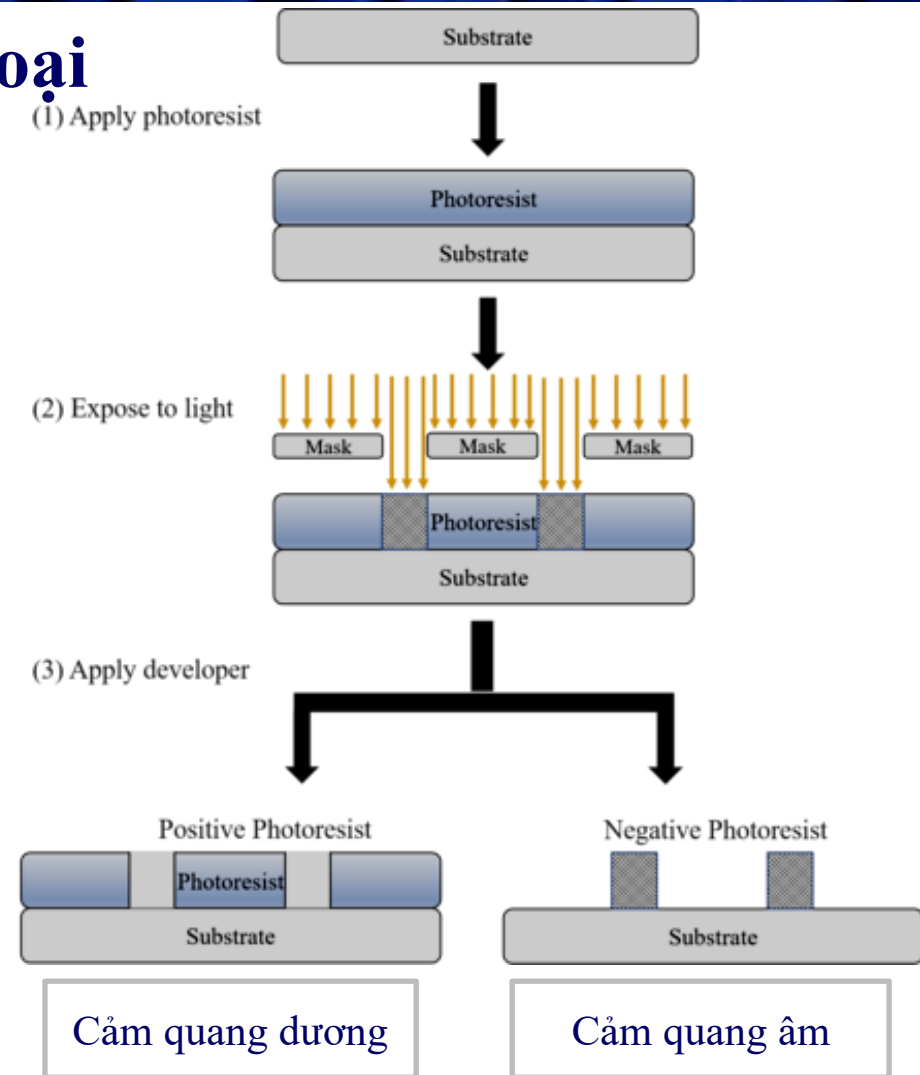
- Có tính nhạy ánh sáng UV
- Bền trong kim loại kiềm hay Axit
- Bảo vệ được các cho tiết khỏi bị ăn mòn
- Tạo ra các chi tiết, khe, rãnh có hình dạng từ mặt nạ
- Bị hòa tan trong dung dịch Developer (đi kèm) và dung môi hữu cơ (Acetone)



## Phân loại

**Chất cảm quang dương:** Sau khi chiếu sáng, chất cảm quang dương sẽ bị tan mạnh trong dung dịch hiện hình (dung dịch developer).

**Chất cảm quang âm:** chất cảm quang âm khi bị chiếu sáng có độ hòa tan yếu trong dung môi hiện hình. Vì vậy, vùng chiếu sáng được giữ lại, còn vùng không bị chiếu sáng thì tan mạnh.



**Hình 2.12.** Phân biệt cảm quang dương và cảm quang âm

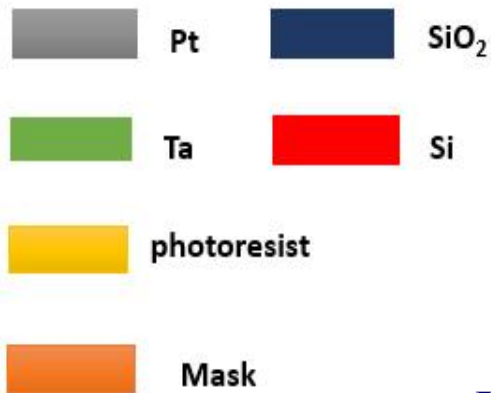
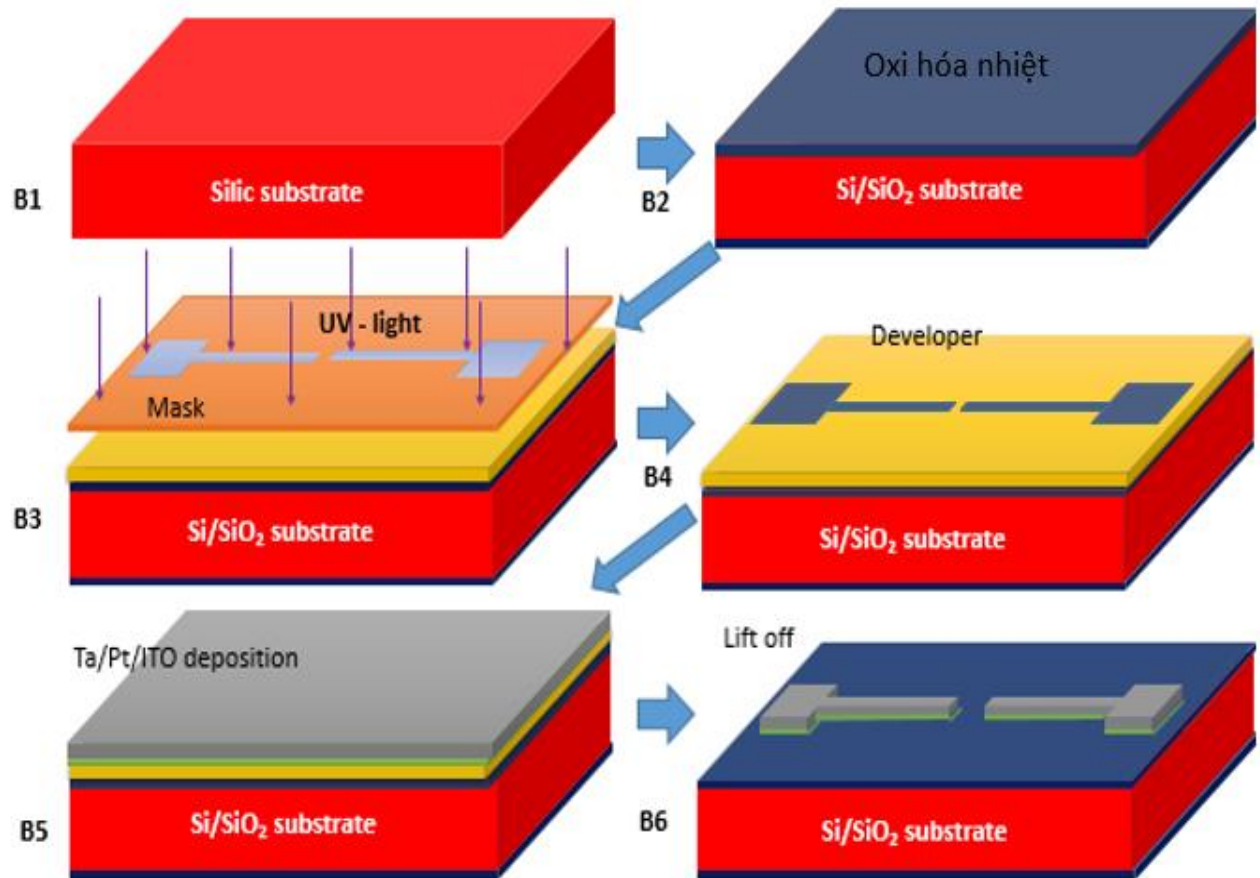




## 2.1.3. CÁC BƯỚC CHÍNH TRONG QUANG KHẮC

- a. Xử lý đế
- b. Tạo lớp Ô xít, quay phủ chất cảm quang và sấy sơ bộ
- c. Quang khắc (chiếu sáng)
- d. Hiện hình
- e. Khắc lớp  $\text{SiO}_2$ / lắng đọng lớp kim loại lên trên vùng quang khắc
- f. Tẩy bỏ lớp cảm quang

# 2.1.3. CÁC BƯỚC CHÍNH TRONG QUANG KHẮC



**Hình 2.13.** Mô hình các bước chính trong quang khắc một điện cực

## 2.1.3. CÁC BƯỚC CHÍNH TRONG QUANG KHẮC

Thực hành đưa ra quy trình chế tạo một cấu trúc có hình dạng sau đây bằng hình vẽ 2D bằng phương pháp quang khắc từ phiến Silic.

**Lời giải:**

Bước 1: Làm sạch đế



Bước 2: Ôxy hóa nhiệt

và quay phủ chất cảm quang



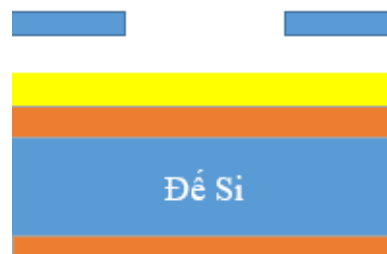
Bước 3: Quang khắc

Chiếu sáng UV



Mask

Mask



Bước 4: hiện hình



Bước 5: Khắc lớp SiO<sub>2</sub>



Bước 6: Tẩy lớp cảm quang

