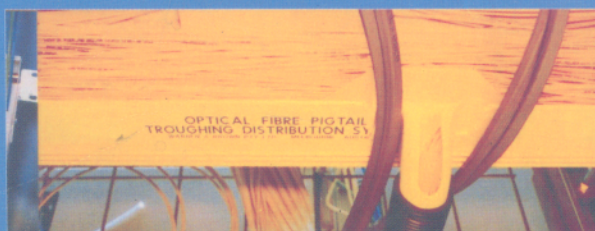
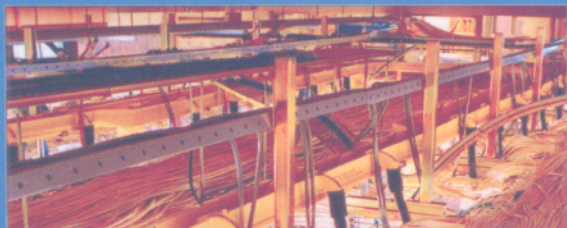
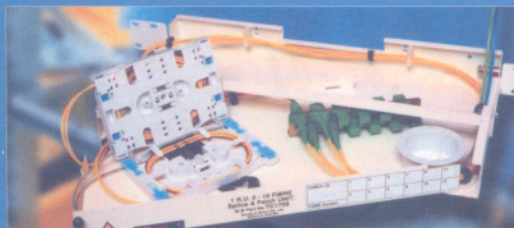


Nguyễn Viết Hải - Trần Thị Kim Anh

# Giáo trình **VẬT LIỆU ĐIỆN**

(Tài liệu dùng cho các trường Trung học chuyên nghiệp và Dạy nghề)



NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI

**TỦ SÁCH DẠY NGHỀ**

**NGUYỄN VIỆT HẢI - TRẦN THỊ KIM THANH**

*Giáo trình*  
**VẬT LIÊU ĐIỆN**

(TÀI LIỆU DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP VÀ DẠY NGHỀ)

**NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI**  
**HÀ NỘI - 2006**

Mã số:  $\frac{48-172}{15-12}$

## *Lời nói đầu*

Hiện nay, nhu cầu giáo trình dạy nghề để phục vụ cho các trường Trung học chuyên nghiệp và Dạy nghề trên phạm vi toàn quốc ngày một tăng, đặc biệt là những giáo trình đảm bảo tính khoa học, hệ thống, ổn định và phù hợp với điều kiện thực tế công tác dạy nghề ở nước ta. Trước nhu cầu đó, Nhà xuất bản Lao động - Xã hội tổ chức xây dựng **"Tủ sách dạy nghề"** nhằm biên soạn, tập hợp và chọn lọc các giáo trình tiên tiến đang được giảng dạy tại một số trường có bề dày truyền thống thuộc các ngành nghề khác nhau để xuất bản.

Để nâng cao hơn nữa những hiểu biết về vật liệu kỹ thuật điện, trên cơ sở đó, có được những biện pháp sử dụng hợp lý và bảo quản tốt các loại vật liệu kỹ thuật điện, các tác giả Nguyễn Viết Hải - Trần Thị Kim Thanh đã biên soạn cuốn **"Giáo trình Vật liệu điện"**.

Nội dung cuốn sách bao gồm:

- Các kiến thức cơ bản về cấu tạo, đặc điểm, tính chất cơ bản của kim loại và hợp kim.
- Những đặc tính cơ bản của các vật liệu cách điện.
- Đặc điểm, tính chất, công dụng của vật liệu dẫn điện, cách lựa chọn, sử dụng vật liệu dẫn điện.
- Khái niệm về vật liệu bán dẫn, đặc tính và quá trình dẫn điện của chất bán dẫn. Cấu tạo, nguyên lý làm việc của một số linh kiện điện tử dùng chất bán dẫn.
- Trình bày sơ lược về tính chất, đặc tính và công dụng của vật liệu dẫn từ.
- Những đặc điểm, cấu tạo, công dụng của các loại dây dẫn và cáp điện.
- Các kiến thức cơ bản về vật liệu bôi trơn, vật liệu hàn.

Cuốn giáo trình được biên soạn với rất nhiều cố gắng, tuy vậy vẫn không tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Chúng tôi rất mong được sự đóng góp ý kiến xây dựng của các bạn đồng nghiệp, các nhà chuyên môn cùng độc giả để cuốn sách được hoàn thiện hơn.

Xin chân thành cảm ơn!

**NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI**

## *Chương 1*

# VẬT LIỆU CƠ KHÍ

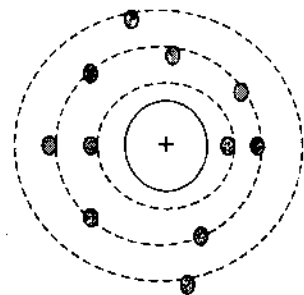
### I. KHÁI NIỆM VỀ KIM LOẠI

#### 1.1. Định nghĩa

Kim loại là vật thể sáng, dẻo, có thể rèn được, có tính dẫn nhiệt và dẫn điện cao. Ngoài ra, đặc điểm phân biệt giữa kim loại và á kim là ở hệ số điện trở. Ở kim loại hệ số này dương (khi nhiệt độ tăng thì điện trở tăng), ở á kim hệ số này là âm.

#### 1.2. Cấu tạo nguyên tử kim loại

- Mỗi nguyên tử là một hệ thống phức tạp gồm:
  - + Hạt nhân có neutron và proton.
  - + Các lớp điện tử bao quanh hạt nhân.
- Đặc điểm cấu tạo: Số electron (e) hóa trị (số electron ở lớp ngoài cùng) rất ít, thường chỉ 1 đến 2 electron. Những electron này dễ bị bứt đi và trở thành electron tự do, còn nguyên tử trở thành ion dương. Hoạt động của electron tự do quyết định nhiều đến các tính chất đặc trưng của kim loại như: tính dẻo, tính dẫn nhiệt, tính dẫn điện, ánh kim...



*Hình 1.1. Các lớp điện tử của kim loại Magiê (Mg)*

#### 1.3. Tính chất của kim loại

##### 1.3.1. Cơ tính

Cơ tính là biểu thị khả năng chống lại các tác dụng của ngoại lực.

*\* Các đặc trưng cơ bản của cơ tính:*

- Độ dẻo là khả năng thay đổi được hình dáng của kim loại mà không bị phá hủy dưới tác dụng của ngoại lực.

- Độ bền là khả năng của kim loại chống lại sự phá hủy khi có tác dụng của ngoại lực.
- Độ cứng là khả năng của kim loại chống lại sự biến dạng dẻo cục bộ của bề mặt kim loại và hợp kim dưới tác dụng của tải trọng bên ngoài tại chỗ ta ấn vào đó một vật cứng hơn.
- Độ đàn hồi là khả năng của kim loại có thể trở lại trạng thái hoặc hình dáng ban đầu sau khi bỏ lực tác dụng.

Cơ tính của kim loại được xác định bằng cách thử nghiệm các mẫu vật trên các thiết bị chuyên dùng như: máy thử kéo, nén, độ cứng.

### 1.3.2. Tính chất

Dựa vào vẻ sáng mặt ngoài được chia ra:

- + Kim loại đen: sắt (Fe), gang.
- + Kim loại màu: vàng, đồng...
- Khối lượng riêng là số đo khối lượng vật chất chứa trong một đơn vị thể tích của vật thể.

$$\gamma = \frac{m}{v} (\text{kg} / \text{m}^3)$$

Trong đó:

m: Khối lượng của vật thể (kg)

v: Thể tích của vật thể ( $\text{m}^3$ )

- Trọng lượng riêng là trọng lượng của một đơn vị thể tích của vật thể.

$$d = \frac{P}{V} (\text{kg} / \text{mm}^3 \text{ hoặc } \text{N} / \text{mm}^3)$$

Trong đó:

P: Trọng lực của vật ( $1 \text{ Kg} = 10 \text{ N}$ )

V: Đơn vị thể tích

- Tính nóng chảy là tính chất của kim loại sẽ chảy loãng khi nung nóng và đông đặc khi làm nguội.
- Tính dẫn điện là khả năng dẫn điện của kim loại.
- Tính truyền nhiệt là khả năng truyền nhiệt của kim loại khi đốt nóng và khi làm nguội.
- Tính nhiệt dung là nhiệt lượng cần thiết để làm tăng nhiệt độ của kim loại lên  $1^\circ\text{C}$

### **1.3.3. Hóa tính**

- Hoá tính là khả năng của kim loại chống lại các tác dụng hóa học của môi trường xung quanh.

*\* Các đặc trưng cơ bản của hoá tính:*

- Tính chống ăn mòn là khả năng kim loại chống lại sự phá hủy của hơi nước hoặc oxy trong không khí ở nhiệt độ thường và nhiệt độ cao.

- Tính chịu axit là khả năng của kim loại chống lại tác dụng của các môi trường có axit.

### **1.3.4. Tính công nghệ**

Tính công nghệ là khả năng mà kim loại có thể thực hiện các phương pháp công nghệ để sản xuất sản phẩm.

*\* Tính công nghệ bao gồm:*

- Tính đúc, tính hàn, tính gia công cắt gọt, gia công áp lực, tính nhiệt luyện.

- Một kim loại nào đó mặc dù có những tính chất rất quan trọng nhưng tính công nghệ kém thì cũng rất khó được sử dụng rộng rãi vì khó chế tạo thành sản phẩm.

## **II. KHÁI NIỆM VỀ HỢP KIM**

### **2.1. Định nghĩa**

Hợp kim là sản phẩm của sự nấu chảy hay thiêu kết (luyện kim bột) của hai hay nhiều nguyên tố mà nguyên tố chủ yếu là kim loại để được vật liệu mới có tính chất kim loại.

*Ví dụ:* Thép, gang là hợp kim của sắt, cacbon và một số nguyên tố khác; đồng thau là hợp kim của đồng và kẽm.

### **2.2. Các dạng cấu tạo của hợp kim**

#### **2.2.1. Dung dịch rắn**

*\* Khái niệm*

Dung dịch rắn là pha tinh thể (có thành phần thay đổi) trong đó, các nguyên tử của nguyên tố thứ nhất A vẫn được giữ nguyên kiểu mạng khi nguyên tố thứ hai B được phân bố vào mạng của A thay thế hoặc xen kẽ.

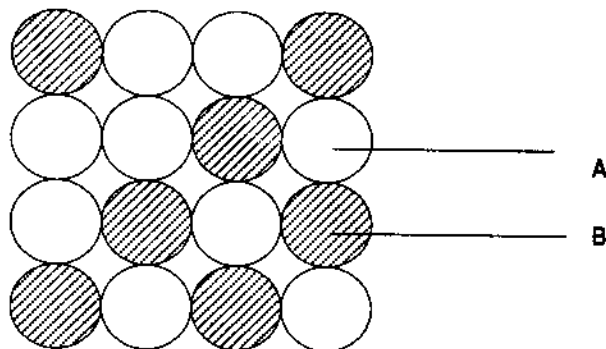
*Trong đó:* A: là nguyên tố dung môi.

B: là nguyên tố hòa tan.

(Pha là một dạng vật chất có thành phần đồng nhất ở cùng một trạng thái và kiểu mạng tinh thể. Các pha ngăn cách nhau bằng bề mặt phân chia).

*\* Phân loại dung dịch rắn*

- Dung dịch rắn thay thế là nguyên tử của nguyên tố hòa tan B thay thế cho các nguyên tử dung môi A ở chính các nút mạng của A (hình 1.2).



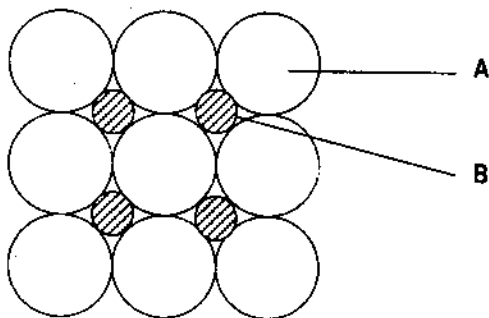
**Hình 1.2. Dung dịch rắn thay thế**

Theo độ hòa tan chia ra:

+ Dung dịch rắn hòa tan vô hạn: Khi chất hòa tan B có thể hòa tan vào dung môi A với tỷ lệ bất kỳ.

+ Dung dịch rắn hòa tan có hạn: Nếu lượng hòa tan của B trong A không thể vượt quá giá trị nhất định, nghĩa là sự thay thế chỉ xảy ra ở một tỷ lệ nào đó.

- Dung dịch rắn xen kẽ: Các nguyên tử của nguyên tố hòa tan B nằm ở các lỗ hổng trong mạng tinh thể của nguyên tố dung môi A (hình 1.3).



**Hình 1.3. Dung dịch rắn xen kẽ**

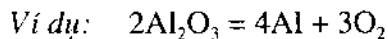
**\* Các đặc tính của dung dịch rắn:**

- Có liên kết kim loại như kim loại nguyên chất. Vì vậy, dung dịch rắn vẫn có tính dẻo tốt, tuy không cao bằng kim loại nguyên chất làm dung môi.
- Thành phần hoá học thay đổi trong phạm vi nhất định mà không làm thay đổi kiểu mạng của chất dung môi.
- Mạng tinh thể của dung dịch luôn bị xô lệch, còn lại thông số mạng khác với thông số mạng của dung môi.

**2.2.2. Hợp chất hóa học**

**\* Khái niệm**

Hợp chất hoá học là các pha phức tạp có thành phần hoá học hầu như cố định. Tỷ lệ nguyên tử giữa các nguyên tố tuân theo quy tắc hoá trị.



**\* Các đặc tính của hợp chất hóa học**

- Cấu tạo mạng tinh thể khác hẳn với kiểu mạng tinh thể của các nguyên tố tạo nên nó.
- Về tính chất: Thường giòn, một số có độ cứng và nhiệt độ nóng chảy rất cao.
- Thành phần không đổi hoặc thay đổi trong phạm vi hẹp.

**2.2.3. Hỗn hợp cơ học**

**\* Khái niệm**

Khi hai nguyên tố không có khả năng hòa tan vào nhau và không liên kết được với nhau thì khi đông đặc, nguyên tử của cùng một nguyên tố sẽ liên kết với nhau tạo thành mạng tinh thể của nguyên tố đó và tạo thành hỗn hợp của hai hay nhiều nguyên tố.

**\* Đặc điểm**

- Trong hỗn hợp cơ học các thành phần tạo nên hợp kim có bề mặt phân chia với nhau.
- Tính chất của hợp kim phụ thuộc vào tính chất của nguyên tố nào chiếm đa số.
- Trong thực tế thường gặp hợp kim là hỗn hợp của dung dịch rắn và hợp chất hóa học.

**2.3. Tính chất của hợp kim**

Hợp kim cũng có các tính chất như kim loại đó là tính chất vật lý, tính chất hóa học, tính công nghệ và tính chất cơ học.

### **III. KIM LOẠI VÀ HỢP KIM ĐEN**

#### **3.1. Sắt**

##### **3.1.1. Tính chất**

- Sắt là kim loại thuộc nhóm 8 (nhóm tuần hoàn chuyển tiếp).
- Sắt được tìm thấy trong thiên nhiên dưới dạng quặng từ ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), limonit ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), xidêrit ( $\text{FeCO}_3$ ), pirít ( $\text{FeS}_2$ )...
- Sắt hóa học tinh khiết ( $99,7 \div 99,9\%$  Fe) sẽ thu được thông qua phương pháp hóa học hay thông qua điện phân và thực tế không được sử dụng trong kỹ thuật.
- Điện trở suất của sắt tăng theo hàm lượng tạp chất chứa trong sắt như: Si, P, Al, Ni, As, C.
- Sắt tinh khiết là kim loại có màu trắng bạc. Không khí khô không tác dụng vào sắt, song nó bị tác dụng bởi khí quyển ẩm và axit, nhưng ít hơn sắt kỹ thuật.

##### **3.1.2. Đặc điểm**

- Sắt rất khó tồn tại ở dạng nguyên chất. Ở các phòng thí nghiệm thường sử dụng sắt kỹ thuật  $99,8 \div 99,9\%$  sắt nguyên chất.
- Sắt nguyên chất là một kim loại dẻo nhưng độ bền không cao.
- Chuyển biến thù hình theo nhiệt độ.
- + Ở nhiệt độ  $< 911^\circ\text{C}$  sắt có mạng lập phương thể tâm.
- + Ở nhiệt độ  $911 \div 1539^\circ\text{C}$  sắt có mạng lập phương diện tâm.
- + Ở nhiệt độ  $1392 \div 1539^\circ\text{C}$  sắt có mạng chính phương thể tâm.

##### **3.1.3. Công dụng**

- Dùng để làm dây dẫn điện và thanh góp với dòng điện 1 chiều.
- Làm dây tóc trong các bóng đèn hay sử dụng làm điện trở.
- Sắt ở dạng dây dẫn mạ kẽm hay tráng thiếc có đường kính từ  $0,5 \div 4\text{mm}$ .
- Dùng ở biến trở khởi động uốn thành các vòng và nung nóng từ  $300 \div 500^\circ\text{C}$ .
- Sắt tinh khiết được sử dụng để chế tạo các điện cực Anôt (điện cực dương) ở các chỉnh lưu với bể thủy ngân.
- Các chi tiết bằng sắt còn được sử dụng làm các chi tiết động trong chân không được điều khiển bằng từ tính.

### 3.1.4. Bảo quản

Để nơi khô ráo, tránh môi trường ẩm ướt, môi trường có axit...

## 3.2. Gang

### 3.2.1. Đặc điểm chung

#### a) Thành phần

##### \* Định nghĩa

Gang là hợp kim của sắt và cacbon với lượng cacbon từ 2,14 ÷ 6,67%. Ngoài ra còn có một số tạp chất như: Mn, Si, P, S.

##### \* Thành phần hóa học

C = 2,14 ÷ 6,67% thường dùng có C = 3 ÷ 4%

Si = 1 ÷ 4,25%

Mn = 2 ÷ 2,5% trong gang trắng, Mn nhỏ hơn 1,3% trong gang xám

P = 0,1 ÷ 0,2%

S ≤ 0,15%

#### b) Cơ tính

- Nhìn chung, gang là loại vật liệu có độ bền kéo thấp, độ giòn cao.
- Trong gang xám, gang dẻo, gang cầu, tổ chức graphit tồn tại như những lỗ hổng có sẵn trong gang, là nơi tập trung ứng suất lớn làm gang kém bền.

Tuy nhiên, Graphit có ảnh hưởng tốt đến cơ tính như tăng khả năng chống mài mòn do ma sát vì bản thân Graphit có tính bôi trơn thêm vào đó có lỗ trống, Graphit là nơi chứa dầu bôi trơn làm tắt rung động vào dao động cộng hưởng.

#### c) Tính công nghệ

- Tính đúc tốt (có nhiệt độ nóng chảy thấp và tính chảy loãng cao).
- Tính gia công cắt gọt tốt, độ cứng thấp, phoi dễ gãy vụn.
- Không rèn được.

#### d) Công dụng

- Gang có cơ tính tổng hợp không cao như thép nhưng có tính đúc tốt, dễ cắt gọt, chế tạo đơn giản hơn và rẻ. Vì vậy, các loại gang có Graphit dùng rất nhiều trong chế

tạo cơ khí, dùng để chế tạo các loại chi tiết chịu tải trọng tĩnh và ít chịu va đập như: bệ máy, vỏ máy...

### 3.2.2. Các loại gang

#### a) Gang trắng

\* Thành phần:  $C = 3,5 \div 4,3\%$

Tồn tại ở dạng  $Fe_3C$ , pha này chiếm tỷ lệ rất lớn 50% trong tổ chức của gang.

\* Tính chất

- Lý tính: Trên mặt gãy của gang có màu sáng trắng do cacbon ở dạng hợp chất hóa học  $Fe_3C$ . Do đó gọi là gang trắng.

- Cơ tính

+ Do C ở dạng  $Fe_3C$  nên gang rất cứng và giòn. Do đó không thể gia công cắt gọt, không thể dùng gang thuần trắng để làm các chi tiết máy có độ chính xác cao.

+ Độ dẻo, độ bền thấp.

+ Có khả năng chịu mài mòn tốt.

- Tính kinh tế: Phương pháp chế tạo gang trắng đơn giản, giá thành rẻ.

\* Công dụng

- Dùng để làm các chi tiết yêu cầu độ cứng cao ở bề mặt làm việc trong điều kiện chịu mài mòn như: bi nghiền, bề mặt trục cán, mép lưỡi cày, bề mặt vành bánh xe lu.

- Dùng để sản xuất thép, một phần dùng để ủ thành gang dẻo.

#### b) Gang xám

\* Thành phần:

$C = 2,8 \div 3,2\%$ . Ngoài ra còn có  $Mn = 0,5 \div 0,8\%$ ,  $Si = 0,5 \div 3\%$ ,  $P = 0,15 \div 0,4\%$ ,  $S = 0,12 \div 0,2\%$

\* Tính chất

- Lý tính

+ Mặt gãy của gang có màu xám.

+ Dẫn nhiệt, dẫn điện kém hơn so với thép.

+ Nhiệt độ nóng chảy thấp.

- Cơ tính

- + Có độ bền, độ cứng thấp hơn gang trắng rất nhiều.
- + Độ dẻo, độ bền thấp hơn thép, độ bền nén gần bằng thép.
- + Không chịu biến dạng và va đập.

- Tính công nghệ

- + Biến dạng kém, tính cắt gọt cao, cho phoi vụn.
- + Tính đúc tốt hơn thép.
- + Có khả năng khử cộng hưởng, tự bôi trơn tốt, hệ số ma sát nhỏ.

\* Công dụng

Dùng để chế tạo các sản phẩm đúc có kích thước lớn, kết cấu phức tạp, các chi tiết không chịu va đập...

Ví dụ: Dùng để chế tạo thân máy, bệ máy, các ổ trượt, bánh răng chịu tải trọng nhỏ...

c) Gang biến tính

\* Thành phần

Thực chất của gang biến tính là gang xám có thêm Graphit thu nhỏ nhờ có thêm chất biến tính vào thành phần của gang trước khi kết tinh nên thành phần, tổ chức của gang biến tính tương tự như gang xám.

\* Tính chất và công dụng

- Có độ bền cao hơn gang xám.
- Để chế tạo các chi tiết quan trọng như: mâm cặp máy tiện, băng trượt của máy.

d) Gang dẻo

\* Thành phần

$C = 2,2 \div 2,8\%$ ;  $Si = 0,8 \div 1,4\%$ ;  $Mn < 1,0\%$ ;  $S \leq 0,1\%$ ;  $P \leq 0,2\%$ .

\* Tính chất

- Do Graphit tập trung đều, gọn hơn nên gang dẻo có độ dẻo cao và bền hơn gang xám.

- Dùng để chế tạo các chi tiết máy có hình dạng phức tạp, tiết diện (thành) mỏng, chịu va đập.

e) Gang cầu

\* Thành phần

$C = 3,2 \div 3,6\%$ ;  $Mn = 0,5 \div 1,0\%$ ;  $Si \leq 2,0 \div 3,0\%$ ;  $S \leq 0,35\%$ ;  $P \leq 0,15\%$ .

\* Tính chất

- Có độ dẻo dai và cấu trúc bền chặt.
- Có cơ tính tổng hợp cao gần như thép cacbon.
- Vừa có tính chất của gang vừa có tính chất của thép.

\* Công dụng

Dùng để chế tạo các chi tiết máy quan trọng thay cho thép như: trục cán, thân tuốc - bin hơi, trục khuỷu và các chi tiết quan trọng khác.

### 3.3. Thép

#### 3.3.1. Khái niệm, tính chất

\* Khái niệm

Thép là hợp kim của sắt và cacbon với lượng  $C \leq 2,14\%$ , ngoài ra còn có một số tạp chất khác như:  $Mn < 0,8\%$ ;  $Si < 0,5\%$ ;  $P < 0,05\%$ ;  $S < 0,05\%$ .

\* Tính chất chung của thép

- Cơ tính: Thép có cơ tính tốt hơn gang cả về độ bền, độ dẻo, độ chịu đàn hồi và chịu va đập...
- Tính công nghệ (so với gang)
  - + Tính gia công biến dạng tốt.
  - + Tính cắt gọt cao hơn.
  - + Dễ hoá bền bằng nhiệt luyện.
  - + Tính hàn tốt hơn.
  - + Tính đúc kém hơn gang.

#### 3.3.2. Thép cacbon

a) Thép cacbon kết cấu chất lượng thường (thép xây dựng).

\* Thành phần

$C = 0,1 \div 0,5\%$ , ngoài ra còn có một số tạp chất như:  $Mn$ ,  $Si$ ,  $P$ ,  $S$  ( $P = 0,04 \div 0,07\%$ ;  $S = 0,05 \div 0,06\%$ ).

\* Tính chất

- Có độ dẻo cao, độ cứng và độ bền thấp.
- Tính nhiệt luyện kém (khó tăng cường độ cứng bằng phương pháp nhiệt luyện).

\* Ký hiệu

- Theo tiêu chuẩn Liên Xô (cũ): CT với các số thứ tự 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 (số càng lớn thì hàm lượng cacbon và độ bền càng cao).

Theo kinh nghiệm thành phần cacbon được tính theo công thức:

$$C = STT \times 0,07\%$$

Trong đó: STT: là số thứ tự

Ví dụ: CT3 có  $C = 3 \times 0,07\% = 0,21\%$

- Theo tiêu chuẩn Việt Nam:

CT là thép cacbon kết cấu chất lượng thường chỉ số kèm theo chỉ giới hạn bền tính ra  $KG/mm^2$ .

Ví dụ: CT38 có  $\sigma_b = 38 KG/mm^2 = 380 N/mm^2$

\* Công dụng

Thép cacbon kết cấu chất lượng thường được dùng trong xây dựng nhà cửa, trong giao thông, dùng làm chi tiết máy yêu cầu độ bền không cao, không quan trọng như: bu-lông, vòng đệm.

*b) Thép cacbon kết cấu chất lượng tốt (thép kết cấu)*

\* Thành phần

$C = 0,8 \div 0,85\%$  lượng tạp chất nhỏ như:  $S < 0,04\%$ ,  $P < 0,0035\%$ .

\* Tính chất

Khi thành phần cacbon trung bình từ  $0,4 \div 0,5\%$ , thép có cơ tính tổng hợp tốt hơn cả (độ cứng, độ bền, độ dẻo dai).

\* Ký hiệu

- Theo tiêu chuẩn Liên Xô (cũ) gồm 2 chữ số 08, 10, 15, 20... 85 chỉ % C tính theo phần vạn.

Ví dụ: Thép 45 là thép kết cấu có  $C = 0,45\%$ .

- Theo tiêu chuẩn Việt Nam: Chữ C và các số chỉ lượng C.

Ví dụ: C45 có  $C = 0,45\%$

### \* Công dụng

Dùng để chế tạo các chi tiết máy làm việc với tải trọng thấp và trung bình, yêu cầu độ chính xác không cao.

### c) Thép Cacbon dụng cụ

### \* Thành phần

Thép Cacbon dụng cụ là loại thép dùng để chế tạo dụng cụ cắt, dụng cụ đo kiểm, có hàm lượng C = 0,7 ÷ 1,6%.

### \* Tính chất

- Độ cứng sau khi tôi đạt từ 60 ÷ 63HRC.

- Tính cứng nóng đạt ở nhiệt độ 200°C.

- Độ thấm tôi nhỏ ( $d < 5\text{mm}$ ).

### \* Ký hiệu

- Theo tiêu chuẩn Liên Xô (cũ): Chữ Y kèm theo con số chỉ lượng Cacbon tính theo phần nghìn. Nếu có thêm chữ A ở cuối ký hiệu là chỉ thép có chất lượng tốt.

Ví dụ: Y8 là thép Cacbon dụng cụ C = 0,8%

Y12A là thép Cacbon dụng cụ tốt có C = 1,2%

+ Theo tiêu chuẩn Việt Nam: Chữ CD và con số chỉ lượng C tính theo phần vạn, thêm chữ A chỉ chất lượng tốt.

Ví dụ: CD8  $\Leftrightarrow$  Y8; CD120A  $\Leftrightarrow$  Y12A

\* Công dụng: Dùng để chế tạo dụng cụ cắt với tốc độ cắt thấp và trung bình như: giũa, ta rô, bàn ren, đục nguội...Ngoài ra còn làm dụng cụ đo kiểm yêu cầu độ chính xác không cao.

## 3.4. Thép hợp kim

### 3.4.1. Khái niệm

- Thép hợp kim là loại thép ngoài Fe, C và các tạp chất người ta còn đưa vào các nguyên tố đặc biệt với một hàm lượng nhất định để thay đổi tổ chức và tính chất của thép.

- Các nguyên tố hợp kim thường dùng là: Cr, Ni, Mn, Si, W, V, Mo, Ti...

### 3.4.2. Các tính chất của thép hợp kim

- Có độ bền cao hơn hẳn thép Cacbon.

- Tính chịu nhiệt cao hơn 200°C.

- Ít bị hoen gỉ và bị ăn mòn trong không khí, trong các môi trường axit, bazơ, muối. Đặc biệt có tính chất từ tính, dẫn nở nhiệt, điện trở cao.

### **3.4.3. Phân loại, công dụng**

- Thép hợp kim kết cấu:  $C = 0,1 \div 0,65\%$ . Ngoài ra còn có Cr, Ni, Mn, Si với hàm lượng  $< 5\%$ .

- Dùng để chế tạo các chi tiết máy chịu tải trọng mức trung bình và cao như: trục truyền, bánh răng.

- Thép hợp kim dụng cụ cao có lượng  $C = 0,8 \div 1,4\%$ . Ngoài ra còn có các nguyên tố hợp kim khác như: Cr, Mn, Si, Ni, V, Ti.

Dùng làm dụng cụ cắt với tốc độ cắt thấp như: đục nguội, giũa, mũi khoan, khoét..., hay dùng làm khuôn dập nóng, dập nguội.

- Thép hợp kim dụng cụ cao (thép gió): dùng làm dụng cụ cắt với tốc độ cắt trung bình để gia công vật liệu có độ cứng trung bình như: dao tiện, dao phay, dao chuốt...

- Ngoài ra, còn có các loại thép có công dụng riêng như: thép lò xo, thép ổ lăn, thép không gỉ.

## **IV. KIM LOẠI MÀU VÀ HỢP KIM MÀU**

### **4.1. Tính chất chung**

- Nhiệt độ nóng chảy không cao nên dễ nấu luyện.
- Tính dẻo cao nên dễ gia công áp lực.
- Dẫn điện, dẫn nhiệt tốt.
- Chống ăn mòn tốt.
- Cơ tính khá cao.

### **4.2. Đồng và hợp kim đồng**

#### **a) Đồng**

- Ký hiệu hoá học: Cu.
- Khối lượng riêng:  $\gamma = 8,9 \text{ g/cm}^3$ .
- Nhiệt độ nóng chảy:  $t^\circ = 1083^\circ\text{C}$
- Dùng để sản xuất dây điện, tiếp điểm, bộ tản nhiệt và sản xuất các hợp kim đồng.

### b) Hợp kim đồng

\* Đồng thau: Có 2 loại

- Đồng thau đơn giản: Cu + Zn ( $\text{Cu} \leq 46\%$ ).

Ký hiệu:  $\pi$ , kèm theo là số chỉ % Cu, số còn lại là %Zn.

Ví dụ:  $\pi 90$ : Cu = 90%; Zn = 10%

- Đồng thau phức tạp: Ngoài Cu, Zn còn có thêm các nguyên tố khác nhằm cải thiện một số tính chất của hợp kim.

Ký hiệu:  $\pi$ , tiếp theo là các chữ cái và các số chỉ % Cu và các nguyên tố hợp kim.

So với đồng nguyên chất thì đồng thau có ưu điểm:

+ Độ cứng, độ bền cao hơn, độ dẻo dai gần bằng.

+ Dễ gia công cơ khí hơn.

+ Rẻ hơn.

Công dụng:

Đồng thau được cán thành các tấm, ống, lá để đem chế tạo thành các chi tiết như: ống dẫn nhiệt, dẫn nước, lá đồng trong kỹ thuật điện.

\* Đồng thanh

- Thành phần: Cu với các nguyên tố khác (trừ nguyên tố Zn).

- Ký hiệu:  $\sigma\pi$ , tiếp theo là các chữ và các số chỉ % các nguyên tố hợp kim, còn lại là Cu.

- Tính chất

+ Dễ đúc, dễ gia công cắt gọt, dễ biến dạng.

+ Chịu nhiệt tốt, hệ số ma sát nhỏ.

- Công dụng: dùng làm ổ trượt, đúc các chi tiết chịu mài mòn

## 4.3. Nhôm và hợp kim nhôm

### a) Nhôm

- Ký hiệu: Al

- Khối lượng riêng:  $\gamma = 2,7 \text{ g/cm}^3$ .

- Nhiệt độ nóng chảy  $660^{\circ}\text{C}$ .
- Được dùng để sản xuất cáp truyền tải điện đi xa.

*b) Hợp kim nhôm*

\* Hợp kim nhôm biến dạng gồm 2 loại sau:

- Hợp kim nhôm biến dạng không hóa bền được bằng nhiệt luyện như: hợp kim nhôm và Mangan hoặc hợp kim nhôm và Magiê.

- Hợp kim nhôm biến dạng hóa bền được bằng nhiệt luyện.

+ Thành phần: Al - Cu - Mg ( $\text{Cu} \leq 4\%$ ;  $\text{Mg} = 1\%$ ). Ngoài ra còn có một lượng nhỏ Mn, Fe, Si.

+ Tính chất: Sau nhiệt luyện nhẹ  $\sigma_b = 450\text{MN/m}^2$ ,  $\delta = 15\%$

+ Ứng dụng: Hợp kim nhôm biến dạng được dùng trong công nghiệp chế tạo máy bay.

\* Hợp kim nhôm đúc (điển hình là Silumin)

- Thành phần: Al - Si (với lượng  $\text{Si} \leq 13\%$ ). Ngoài ra còn có một lượng nhỏ Cu, Mg.

- Tính chất: Tính dẻo thấp, tính đúc cao,  $\sigma_b = 200 \div 400\text{MN/m}^2$ .

- Ứng dụng: Hợp kim nhôm đúc dùng để đúc các chi tiết phức tạp như: pít-tông, một số chi tiết ở xe ô tô, xe máy.

## V. ĂN MÒN KIM LOẠI VÀ BẢO VỆ CHỐNG ĂN MÒN

### 5.1. Khái niệm

- Ăn mòn kim loại là quá trình phá huỷ kim loại và hợp kim do tác dụng hoá học của môi trường xung quanh. Kết quả là kim loại bị oxy hóa thành các ion dương và sẽ mất hết tính chất của kim loại.

*Ví dụ:* Sắt, thép để lâu ngày không bảo quản tốt sẽ bị gỉ.

- Phần lớn các kim loại và hợp kim, khi ta dùng nhiệt lượng tách chúng ra khỏi quặng (trong quặng chúng thường tồn tại dưới dạng ôxit), chúng ở trạng thái kém ổn định về năng lượng và như vậy luôn có xu hướng chuyển sang trạng thái bị oxy hóa (có mức năng lượng thấp hơn). Quá trình này được đặc trưng bằng sự giảm năng lượng tự do của cả hệ và phù hợp với các định luật nhiệt động học.

### 5.2. Phân loại

Theo cơ chế ăn mòn ta có:

- Ăn mòn hóa học.
- Ăn mòn điện hóa.
- Fretting: ăn mòn xảy ra đồng thời với sự ăn mòn cơ học giữa hai bề mặt dưới tác dụng của tải trọng trong môi trường ăn mòn.

*Ví dụ:* Trục và ổ trục.

Ngoài ra theo đặc tính nơi xảy ra ăn mòn, người ta còn phân ra: ăn mòn điểm, ăn mòn cấu trúc, ăn mòn chọn lọc...

### 5.3. Ăn mòn hóa học

#### a) Khái niệm

Ăn mòn hoá học là sự phá hủy kim loại do kim loại phản ứng hóa học với chất khí hoặc hơi nước ở môi trường xung quanh.

- Ăn mòn hóa học tuân thủ các quy luật cơ bản của các phản ứng hóa học, các quá trình vận chuyển, bao gồm cả quá trình ăn mòn trong môi trường chất khí, trong các môi trường không phải chất điện ly.

- Trường hợp thường gặp nhất của ăn mòn hóa học là quá trình oxy hóa kim loại và hợp kim được đặc trưng là các sản phẩm của phản ứng oxy hóa khử được tạo ra trực tiếp ở ngay nơi xảy ra phản ứng. Chất lượng của lớp bề mặt này (n lớp sản phẩm được tạo ra), khả năng cho xuyên qua của lớp này quyết định đến tốc độ ăn mòn tiếp theo.

- Quá trình ăn mòn hóa học phụ thuộc vào bản chất của các lớp được tạo thành. Sau khi lớp bề mặt được tạo thành, tốc độ ăn mòn phụ thuộc vào quá trình khuếch tán các ion kim loại và ion ôxit.

#### b) Đặc điểm

- Không phát sinh dòng điện và nhiệt độ càng cao thì tốc độ ăn mòn càng nhanh.
- Xảy ra ở những thiết bị tiếp xúc với hơi nước ở nhiệt độ cao.

#### c) Phân loại

Gồm một số loại sau:

- Ôxy hóa sắt, thép.

- Ăn mòn trong môi trường hydro trong điều kiện nhiệt độ hoặc áp suất cao, không tạo ra lớp bề mặt, gồm hai loại:

+ Ăn mòn hydro: Hydro phản ứng với cacbon trong thép (trong thép, cacbon tồn tại dưới dạng tự do hoặc dưới dạng hợp chất hóa học  $\text{Fe}_3\text{C}$  - xementit).

+ Giàu hydro: Hydro có sẵn trong thép hoặc khuếch tán từ môi trường ngoài vào, tập ở một số nơi như các chỗ khuyết tật, tạo ra áp suất lớn vượt quá giới hạn bền hoặc làm giảm lực liên kết giữa các hạt gây nứt tế vi dẫn đến bị phá hủy.

- Ăn mòn vanadi: Khi đốt dầu, dầu ma dút có chứa vanadi tạo ra  $\text{V}_2\text{O}_5$ , làm giảm nhiệt độ tan của các oxit xuống còn  $550^\circ\text{C}$  nên làm tăng tốc độ ăn mòn của sắt, thép.

#### **5.4. Ăn mòn điện hóa**

##### *a) Khái niệm*

- Ăn mòn điện hoá là sự phá huỷ kim loại do kim loại tiếp xúc trực tiếp với dung dịch chất điện ly tạo nên dòng điện.

- Khác với ăn mòn hoá học, trong phương thức tạo ra sản phẩm của quá trình ăn mòn, các phản ứng Anốt và Catốt thường xảy ra ở những nơi khác biệt nhau.

##### *b) Đặc điểm*

- Là một quá trình oxy hóa khử xảy ra trên bề mặt điện cực, ở cực âm xảy ra quá trình oxy hoá kim loại, ở cực dương xảy ra quá trình khử các ion  $\text{H}^+$ .

- Là dạng ăn mòn phổ biến và nghiêm trọng nhất, thường xảy ra đối với vỏ tàu biển, ống dẫn đặt trong lòng đất, kim loại tiếp xúc với không khí ẩm...

##### *c) Các dạng ăn mòn điện hóa*

###### **\* Ăn mòn trong khí quyển**

- Khí quyển có chứa hơi nước và một số tác nhân gây ăn mòn:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Cl}$ , một số khí khác đọng trên bề mặt kim loại gây ra ăn mòn. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình ăn mòn là độ ẩm tương đối của khí quyển, nhiệt độ của bề mặt kim loại, lượng tạp chất trong không khí...

- Trong trường hợp nhiệt độ và độ ẩm đủ cho quá trình ăn mòn, song lượng  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NaCl}$  nhỏ, vận tốc ăn mòn không đáng kể. Trong khí quyển vùng công nghiệp, tốc độ ăn mòn thường lớn gấp 4 lần so với vùng khí quyển sạch, đó là do sự có mặt của  $\text{SO}_2$  sau khi đốt than, dầu, khí ga...

### **\* Ăn mòn do dòng điện lạc**

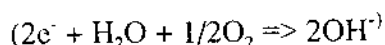
- Thường xảy ra với các hệ thống đường ống dẫn dầu, dẫn khí, dẫn nước, ống cáp chôn trong đất, dưới biển. Hiện tượng đặc biệt nguy hiểm đối với dòng 1 chiều.

- Hạn chế: Tạo ra sự cách điện đường ống tốt, dùng dây nối điện trở về cực âm của nguồn, bù trừ dòng điện lạc bằng cách bảo vệ Catôt, loại bỏ nguồn gây ra dòng lạc.

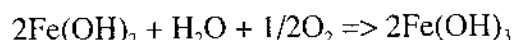
### **\* Ăn mòn trong môi trường nước**

Ta xét quá trình xảy ra trong giọt nước

Fe là kim loại bị ăn mòn;  $O_2$  xâm nhập từ không khí;  $e^-$  là điện tử; A là phản ứng Anôt; K là phản ứng Catôt



R - vòng gỉ là kết quả của các phản ứng:



Ôxy xâm nhập từ khí quyển vào tạo ra các vùng có nồng độ ôxy lớn (Catôt); vùng giữa có nồng độ ôxy thấp hơn (Anôt) và bị ăn mòn.

### **\* Ăn mòn điểm**

- Ăn mòn xảy ra ở vị trí từng điểm. Dạng ăn mòn này thường xảy ra đối với các vật liệu sử dụng trong trạng thái thụ động. Một số chất có khả năng phá hủy tính thụ động của kim loại như clo. Do vậy ăn mòn điểm thường tồn tại ở những thép không gỉ và nhôm trong môi trường có chứa clo.

- Ngoài ra còn có các loại ăn mòn khác như: ăn mòn cấu trúc, fretting (ăn mòn - mài mòn, ăn mòn chọn lọc...).

## **5.5. Bảo vệ chống ăn mòn**

### **5.5.1. Nguyên lý chung**

Dựa vào những hiểu biết cơ bản về cơ chế và tác động các quá trình ăn mòn cho phép chống ăn mòn hoặc ít nhất là làm chậm quá trình ăn mòn. Nhìn chung, bảo vệ chống ăn mòn có thể được chia thành các phương pháp sau:

- Lựa chọn vật liệu kết cấu thích hợp hoặc điều chỉnh thành phần của chúng sao cho thoả mãn các điều kiện đã cho.

- Sửa thiết kế các chi tiết tạo cho tốc độ ăn mòn bị giảm xuống tới mức độ có thể chấp nhận được.
- Trong một số trường hợp có thể sử dụng phương pháp điện hóa.
- Lựa chọn lớp bảo vệ có đủ độ dày và có khả năng bảo vệ đảm bảo cho tuổi thọ của thiết bị.

### **5.5.2. Dùng vật liệu phủ bề mặt**

Dùng lớp phủ để cách ly bề mặt kim loại với môi trường ăn mòn. Lớp ngăn cách thường dùng bằng vật liệu bền trong môi trường ăn mòn. Có thể phủ kín bề mặt như phủ một lớp không thấm nước, như: lớp phủ kim loại, thủy tinh, tráng men, chất dẻo... hoặc phủ lớp ít lỗ hổng, tiêu biểu như sơn.

#### **a) Phương pháp phủ kim loại**

##### **\* Khái niệm**

Phương pháp phủ kim loại là phương pháp phủ một lớp kim loại ít bị ăn mòn hoặc không bị ăn mòn lên bề mặt các chi tiết cần được bảo vệ.

##### **\* Các phương pháp sau:**

- Phương pháp nóng chảy: Nung nóng chảy kim loại bảo vệ (thường là thiếc, chì hoặc kẽm) rồi nhúng chi tiết vào dung dịch nóng chảy đó để tạo lớp phủ bảo vệ.

- Mạ kim loại: Chi tiết được treo vào cực Catốt (cực âm), còn cực Anốt là một tấm kim loại nguyên chất để phủ, tất cả được nhúng trong dung dịch mạ điện.

- Phun một lớp kim loại bảo vệ: Phun đắp lên chi tiết một lớp kim loại nóng chảy bằng cách cho dây kim loại bảo vệ lấp vào một súng phun. Dây kim loại được đốt nóng bằng khí nóng hoặc bằng điện, dưới tác dụng của nhiệt các hạt kim loại nóng chảy sẽ phun vào bề mặt chi tiết bằng luồng không khí nén có áp suất cao. Các hạt kim loại nóng chảy bay ra khỏi súng phun và bám chặt vào bề mặt của chi tiết.

- Cán dính một lớp kim loại bảo vệ: Thường dùng cho tấm kim loại bằng cách cán dính trên bề mặt tấm cần bảo vệ một lớp kim loại bảo vệ mỏng như: chì, nhôm, niken...

#### **b) Phủ một lớp vật liệu phi kim loại**

- Sơn: Là phương pháp công nghệ bảo vệ kim loại được sử dụng rộng rãi nhất. Ngoài mục đích bảo vệ kim loại còn có tác dụng trang trí làm đẹp cho sản phẩm. Có ba loại sơn chính là: sơn dầu, sơn vecni.

- Êmay: Về tính chất hóa học và lý học có thể coi như dạng Silicat không hòa tan (thủy tinh). Êmay có tính chịu ăn mòn cao trong các môi trường ăn mòn như: nước, muối và axit.

+ Cách tiến hành: Nhúng chi tiết vào dung dịch Êmay nóng chảy ở nhiệt độ  $1200 \div 1300^{\circ}\text{C}$  rồi làm nguội.

+ Bôi dầu mỡ: Chủ yếu là cho các vật liệu dụng cụ, các thiết bị xếp trong kho để lâu ngày.

+ Phủ chất dẻo: thường dùng cao su, Êbônít phủ lên bề mặt kim loại của chi tiết trong ngành hóa học để bảo vệ cho các mặt trong của các thùng chứa khí, vận chuyển axit.

### *c) Phương pháp dùng lớp phủ bằng bê tông*

Phương pháp này được áp dụng rộng rãi cho các công trình biển (giàn khoan, đường ống,...) lớp bảo vệ bê tông vừa tạo ra độ nổi âm làm các đường ống nằm chìm tại đáy biển, mặt khác tạo lớp bảo vệ chống ăn mòn.

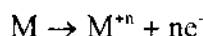
### *d) Các phương pháp khác*

- Tạo nên trên bề mặt kim loại một lớp bảo vệ dưới dạng ôxit kim loại, làm cho bề mặt của kim loại trở nên thụ động (trơ) đối với axit.

- Tiến hành: Nhúng chi tiết vào dung dịch nóng chảy gồm:  $\text{NaOH}$  ( $700 \div 800 \text{ g/l}$ ),  $\text{NaNO}_2$  ( $200 \div 250 \text{ g/l}$ ) ở nhiệt độ từ  $130 \div 140^{\circ}\text{C}$  trong thời gian  $1 \div 2$  giờ. Sau khi phủ trên bề mặt thép có màu đen.

### **5.5.3. Chống ăn mòn bằng bảo vệ Catôt**

- Một trong những phương pháp bảo vệ kim loại chống ăn mòn hữu hiệu nhất là bảo vệ Catôt. Nó có thể được sử dụng cho mọi dạng ăn mòn. Quá trình ôxy hoá hoặc ăn mòn kim loại M xảy ra theo phản ứng:



- Bảo vệ Catôt đơn giản là từ các nguồn ngoài cấp các điện tử cho kim loại cần bảo vệ, biến nó thành Catôt. Như vậy, phản ứng trên bị buộc theo chiều nghịch (khử).

- Một trong những kỹ thuật bảo vệ Catôt là áp dụng cặp Galvanic: Kim loại cần bảo vệ được nối điện với một kim loại khác hoạt động mạnh hơn trong môi trường đó. Kim loại sau khi bị ôxy hóa, nhường điện tử và bảo vệ kim loại đầu khỏi bị ăn mòn. Kim loại bị ôxy hóa thường được gọi là Anôt nhường điện tử và thông thường người ta sử dụng Zn và Mg vì chúng nằm cuối dãy điện thế Galvanic. Nguyên lý bảo vệ này áp dụng với những vật chôn trong đất ẩm.

- Một trong những phương pháp bảo vệ Catôt khác là dùng nguồn cấp điện tử, là dòng điện áp từ nguồn một chiều ngoài. Cực âm của nguồn được nối với kết cấu cần được bảo vệ, cực còn lại được nối với Anôt trơ và được chôn trong đất. Bảo vệ Catôt rất hiệu nghiệm đối với các bể chôn ngầm, đường ống và các công trình biển. :.

## CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG I

1. Kim loại là gì? Hãy nêu đặc điểm cấu tạo nguyên tử.
2. Thế nào là hợp kim? Trình bày cấu tạo của hợp kim dưới dạng hỗn hợp cơ học, hợp chất hóa học và dung dịch đặc.
3. Nêu các tính chất cơ bản của kim loại và hợp kim. Nêu đặc trưng của độ dẻo và độ bền.
4. Nêu tính chất và công dụng của sắt.
5. Nêu định nghĩa, thành phần hóa học và tính chất chung của gang.
6. Trình bày thành phần, tính chất và công dụng của gang trắng.
7. Trình bày thành phần, tính chất và công dụng của gang xám.
8. Trình bày thành phần, tính chất và công dụng của gang cầu.
9. So sánh tính chất cơ học của gang trắng và gang xám.
10. Thép là gì? Trình bày thành phần, tính chất và công dụng của thép cacbon kết cấu chất lượng thường và chất lượng tốt.
11. Nêu thành phần, tính chất và phạm vi sử dụng của thép cacbon dụng cụ?
12. Thép hợp kim là gì? Các tính chất của thép hợp kim. Nêu các loại thép hợp kim.
13. Nêu đặc điểm, công dụng của nhôm, đồng nguyên chất.
14. Nêu thành phần, tính chất, ký hiệu, công dụng của hợp kim đồng.
15. Ăn mòn hóa học là gì? Trình bày các phương pháp bảo vệ chống ăn mòn kim loại.

## Chương II

# VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN

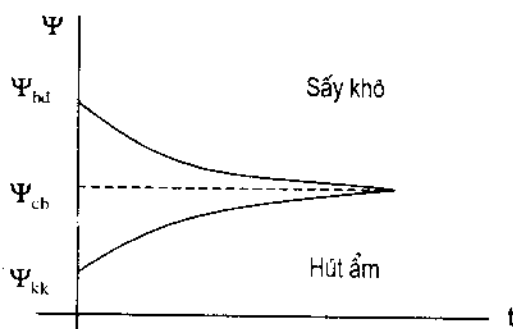
### I. TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN

#### 1.1. Tính hút ẩm

- Các vật liệu cách điện với mức độ nhiều hay ít đều hút ẩm và thấm ẩm. Sự hút ẩm là khả năng hút vào trong nó hơi ẩm từ môi trường xung quanh. Sự thấm ẩm là khả năng cho hơi nước xuyên qua nó.

- Một mẫu vật liệu cách điện để trong môi trường ẩm ( $\Psi_{kk}\%$ ) sau một thời gian dài không hạn định sẽ đạt đến một trạng thái cân bằng ẩm nào đó ( $\Psi_{cb}\%$ ). Với những vật liệu khác nhau trong cùng một môi trường ẩm thì độ ẩm cân bằng cũng khác nhau.

- Một mẫu vật liệu khô  $\Psi_{bd}\% < \Psi_{cb}\%$  trong môi trường ẩm  $\Psi_{kk}\%$  thì sẽ hút hơi ẩm vào (quá trình thấm ẩm). Nếu mẫu vật liệu ướt  $\Psi_{bd}\% > \Psi_{cb}\%$  thì hơi ẩm trong nó sẽ thoát dần ra (quá trình sấy khô).



- Việc xác định độ ẩm của vật liệu rất quan trọng vì với các vật liệu hút ẩm mạnh nó cho phép tính chính xác khối lượng của vật liệu. Nó cho phép lựa chọn điều kiện thử nghiệm các tính chất điện của mẫu vật liệu.

- Độ hút ẩm của vật liệu cũng không hoàn toàn phản ánh mức độ biến đổi tính chất điện của vật liệu cách điện khi bị ẩm.

- Trong trường hợp nếu hơi ẩm hút vào có khả năng tạo nên sợi, màng ẩm liên tục, nối liền giữa các điện cực, thì chỉ cần một lượng hơi ẩm đủ nhỏ cũng làm cho tính chất cách điện bị xấu đi rất nhiều. Nếu hơi ẩm phân bố theo thể tích của vật liệu một cách rời rạc không liên hệ gì với nhau thì ảnh hưởng của hơi ẩm đến tính chất điện của vật liệu ít hơn.

### **1.2. Tính cơ học**

- Độ bền kéo, nén và uốn trong các điện môi các tham số này khác nhau rất nhiều. Độ bền phụ thuộc rất nhiều vào tiết diện của mẫu vật liệu. *Ví dụ:* sợi thủy tinh khi đường kính giảm thì độ bền cơ học tăng, khi đường kính giảm tới 0,01 mm thì đạt được giới hạn bền như dây đồng. Độ bền cơ học giảm khi nhiệt độ tăng.

- Tính giòn: Biểu thị khả năng của bề mặt vật liệu chống lại các tải cơ học động.

- Độ cứng: Biểu thị khả năng của bề mặt vật liệu chống lại các biến dạng gây nên bởi lực nén truyền từ vật liệu có kích thước bé hơn.

Ngoài ra đối với các chất lỏng hoặc nửa lỏng như: dầu, sơn, hỗn hợp các chất tráng, tẩm thì độ nhớt là một đặc tính quan trọng.

### **1.3. Tính chịu nhiệt**

- Đánh giá khả năng chịu nóng của vật liệu cách điện và các chi tiết chịu nhiệt không bị hư hại trong thời gian ngắn cũng như lâu dài dưới tác dụng của nhiệt độ cao và sự thay đổi đột ngột của nhiệt độ được gọi là độ bền chịu nóng.

- Đối với điện môi vô cơ: Độ bền chịu nóng được xác định bởi nhiệt độ mà tại đó điện môi bắt đầu có sự thay đổi tính chất điện.

- Đối với điện môi hữu cơ: Độ bền chịu nóng được xác định bởi nhiệt độ mà tại đó bắt đầu có sự biến đổi về mặt cơ học.

### **1.4. Tính dẫn điện**

Trước khi ổn định và đạt được trạng thái cân bằng quá trình phân cực và chuyển dịch các điện tích liên kết trong điện môi xuất hiện dòng điện gọi là dòng điện chuyển dịch (hay dòng điện phân cực). Tuy nhiên dòng chuyển dịch trong các cơ chế phân cực điện từ, ion xảy ra tức thì nên không đo được, còn dòng chuyển dịch của các dạng phân cực chậm khác đo được, gọi là dòng điện hấp thụ. Ngoài ra, do trong điện môi còn tồn tại một số ít các

điện tích tự do nên tác động của điện trường sẽ tạo nên dòng điện rò qua điện môi, chúng có trị số nhỏ. Như vậy, dòng điện toàn phần qua điện môi là:

$$i = i_{rò} + i_{phân\ cực} = i_{rò} + i_{hấp\ thụ}$$

- Ở điện áp 1 chiều dòng điện hấp thụ chỉ tồn tại lúc đóng, ngắt mạch, còn ở điện áp xoay chiều dòng điện hấp thụ tồn tại trong suốt quá trình đặt dưới điện áp.

Với điện áp 1 chiều sau khi quá trình phân cực được hoàn thành chỉ còn tồn tại dòng điện rò qua điện môi.

### 1.5. Độ bền điện

- Đặc trưng bằng giá trị điện áp lớn nhất đặt vào bề mặt của vật liệu mà vật liệu vẫn đảm bảo tính cách điện của vật liệu.

- Các yếu tố ảnh hưởng tới độ bền điện chủ yếu là nhiệt và điện. Ngoài ra còn phụ thuộc vào khoảng cách và áp suất. Nếu áp suất giảm thì độ bền điện lớn, nếu áp suất tăng thì độ bền điện nhỏ.

## II. VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN THỂ KHÍ

### 2.1. Không khí

Không khí tồn tại trong tự nhiên ngoài ý muốn của chúng ta. Không khí thường tham gia vào các thiết bị điện và giữ vai trò như một vật liệu hỗ trợ thêm cho các vật liệu cách điện rắn và lỏng khác, trong nhiều trường hợp nó là cách điện chính (cách điện trên đường dây trên không). Tuy nhiên, việc tồn tại các bọt khí trong vật liệu cách điện rắn, những khoảng rỗng trong các cuộn dây của máy điện và thiết bị điện sẽ làm giảm xấu chất lượng cách điện của chúng.

### 2.2. Nito

Có đặc tính dẫn điện gần giống với không khí, hơn nữa lại không chứa oxy là chất có thể gây tác dụng oxy hoá kim loại tiếp xúc. Vì vậy, Nito được dùng thay không khí để lấp đầy các tụ điện khí và trong một số trường hợp khác.

### 2.3. Êlêga

(SF<sub>6</sub>) Êlêga là một chất khí nặng hơn không khí 5 lần, cường độ cách điện cao hơn 2.5 lần. Ở nhiệt độ bình thường dưới áp suất 20 at nó vẫn chưa hoá lỏng. Êlêga không độc, ổn định về mặt hoá học, không bị phân huỷ khi đốt nóng đến 800°C, nó được sử dụng trong tụ điện, trong cáp và máy cắt cao áp...

## 2.4. Hydro

- Hydro là một chất khí nhẹ có độ bền điện kém hơn không khí khoảng 0,6 lần. Người ta dùng hydro để thay thế cho không khí trong các máy điện và thiết bị điện. Việc dùng hydro để làm mát trong máy điện sẽ giảm được sự tổn hao do ma sát giữa các bộ phận quay với chất khí. Hơn nữa, hydro không gây các tác dụng hoá học làm già hoá vật liệu cách điện, không chứa oxy nên không gây hoả hoạn khi xảy ra sự cố bên trong máy điện... Như vậy, dùng hydro làm mát sẽ tăng được công suất và hiệu suất của máy điện.

- Tuy nhiên, hỗn hợp hydro với oxy theo một tỷ lệ nào đó sẽ gây nổ, vì vậy thiết bị sử dụng hydro để làm mát cần phải kín (luôn đảm bảo áp suất của hydro trong máy cao hơn áp suất khí quyển).

## 2.5. Các loại khí khác

- Một số các loại khí chủ yếu là các hợp chất halôgen (flo, clo...) có khối lượng phân tử và tỷ trọng cao, năng lượng ion hoá lớn, có độ bền điện cao hơn không khí...

- Một số khí là các hydro cacbon flo hoá ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{F}_6$  - Hecxa floetan) hoặc hơi của một số chất lỏng hydro cacbon flo hoá ( $\text{C}_7\text{F}_{14}$ ,  $\text{C}_8\text{F}_{16}$ ...) cũng có độ bền điện cao hơn không khí nhiều.

- Các loại khí trơ như neon, argon,... cũng như hơi thủy ngân có độ bền điện thấp được dùng để lấp đầy các dụng cụ chứa khí các bóng đèn.

# III. VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN THỂ LỎNG

## 3.1. Dầu biến áp

### 3.1.1. Đặc điểm

- Dầu biến áp về thành phần hoá học là hỗn hợp của nhiều loại hydro khác nhau, dầu lấy từ các mỏ khác nhau cũng có đặc tính rất khác nhau, quan hệ của chúng theo nhiệt độ cũng khác nhau.

- Dầu biến áp là một chất lỏng dễ cháy, nhiệt độ bắt cháy của dầu không được thấp hơn  $+135^\circ\text{C}$ . Nhiệt độ đông đặc của dầu không được vượt quá  $-45^\circ\text{C}$ .

- Độ nhớt động học của dầu biến áp không được quá  $30.10^{-2}\text{cm}^2/\text{s}$  ở  $20^\circ\text{C}$  và không được quá  $9,6.10^{-2}\text{cm}^2/\text{s}$  ở  $50^\circ\text{C}$ . Dầu quá nhớt sẽ làm giảm sút sự thoát nhiệt, nhưng độ nhớt dầu thấp thì khả năng chịu nóng lại kém (nhiệt độ bắt cháy thấp).

- Tgđ ở tần số 50Hz không được quá 0,0003 khi nhiệt độ ở  $20^\circ\text{C}$  và không quá 0,025 khi ở nhiệt độ  $70^\circ\text{C}$ .

- Cường độ cách điện là đặc tính quan trọng của dầu, nó được quy định không nhỏ hơn cấp điện áp, dầu mới, dầu cũ, độ dẫn nở nhiệt, suất dẫn nhiệt.

### **3.1.2. Công dụng**

- Tăng cường cách điện và làm mát cho máy biến áp. Dầu biến áp có các lỗ xấp hờ nhỏ trong các vật liệu cách điện gốc sợi, các khoảng trống giữa các vòng dây, giữa các cuộn dây, giữa các cuộn dây với vỏ máy và với lõi thép, nó làm tăng cường độ bền của các lớp cách điện đó lên rất nhiều. Dầu biến áp còn tăng cường sự thoát nhiệt do tổn hao công suất trong máy biến áp ra môi trường.

- Ngoài ra, dầu biến áp còn dùng trong các máy cắt dầu để cách điện và dập hồ quang, dùng để cách điện và làm mát cho một số kháng điện, biến trở...

### **3.1.3. Sự hoá già**

Trong quá trình làm việc, những đặc tính của dầu bị giảm dần người ta nói rằng dầu bị hoá già. Những sản phẩm của sự hoá già dầu là các axit, các chất nhựa, một phần hoà tan trong dầu còn lại lắng đọng xuống đáy thùng dầu gây cản trở sự thoát nhiệt trong máy biến áp.

- Tốc độ hoá già của dầu tăng nhanh khi:

- + Khi có không khí lọt vào, đặc biệt là khi dầu tiếp xúc với ôzôn.
- + Khi nhiệt độ tăng.
- + Khi tiếp xúc trực tiếp với kim loại (đồng, sắt, chì...) và các chất khác là những chất xúc tác của hiện tượng hoá già.
- + Khi có tác dụng của ánh sáng.
- + Khi có tác dụng của cường độ điện trường cao.

- Dầu bị hoá già có thể được khôi phục lại các đặc tính của nó bằng phương pháp tái sinh dầu: sấy khô, lọc sạch hoặc bằng phương pháp hoá học. Để hạn chế tốc độ hóa già dầu ta có thể áp dụng các biện pháp: sử dụng bộ lọc không khí, bộ lọc xi-phông nhiệt hoặc sử dụng các chất cản hoá cho vào trong dầu.

### **3.1.4. Những chú ý khi sử dụng**

- Nước, sợi ẩm có ảnh hưởng lớn đến độ bền điện của dầu. Dưới tác dụng của điện trường, các sợi ẩm bị hút vào những nơi có điện trường mạnh và nằm dọc theo các đường sức và gây ra sự đánh thủng dầu.

- Tránh không cho không khí lọt vào. Hạn chế tiếp xúc trực tiếp với các kim loại. Trong thực tế quá trình làm việc dầu bị hoá già nhưng chúng ta có thể hạn chế sự hoá già

đó bằng các phương pháp như trên, đồng thời ta phải tách các sản phẩm hoá già ra khỏi dầu, dầu luôn phải được sấy khô, lọc sạch.

### **3.2. Sơn cách điện**

#### **3.2.1. Thành phần chung**

Sơn là vật liệu có vai trò quan trọng trong kỹ thuật điện. Sơn được tạo ra từ nền sơn (nhựa, Bitum, dầu khô...) hoà tan trong dung môi hữu cơ, dễ bay hơi. Khi sơn bị sấy khô, dung môi bay đi còn lại nền sơn chuyển sang trạng thái rắn tạo thành màng sơn có đặc tính cách điện và gắn chắc.

#### **3.2.2. Tính chất**

Theo công dụng chia ra 3 nhóm:

##### *a) Sơn tẩm*

- Dùng để tẩm vào cách điện xốp (giấy, các-tông, bông, vải...) tẩm các cuộn dây của dây quấn máy điện và thiết bị điện. Sơn tẩm lấp đầy các lỗ xốp trong vật liệu cách điện, các khoang rỗng giữa các vòng dây và các lớp dây quấn. Khi khô đi các vật được tẩm trở nên có độ bền điện và độ dẫn nhiệt cao hơn trước đó rất nhiều. Hơn nữa, sơn tẩm còn làm hạn chế mức độ hút ẩm, thấm ẩm, nâng cao độ bền cơ học cho sản phẩm.

##### *b) Sơn phủ*

- Dùng để phủ lên bề mặt vật liệu hoặc sản phẩm một lớp màng nhẵn bóng, chịu ẩm, bền về cơ học. Sơn phủ làm nâng cao điện trở bề mặt, do đó tăng điện áp phóng điện bề mặt cho sản phẩm, bảo vệ chất cách điện chống lại tác dụng của hơi ẩm và các chất có hoạt tính hoá học xâm thực, đồng thời cải thiện vẻ đẹp bề mặt của sản phẩm.

- Sơn phủ có loại phủ trực tiếp lên kim loại như: sơn Êmay, sơn các lá tôn kỹ thuật điện. Men màu cũng thuộc loại sơn phủ, nó làm được cho thêm chất sắc tố vào nhằm cải thiện vẻ đẹp, độ bám dính...

##### *c) Sơn dán*

- Dùng để dán các vật liệu cách điện với nhau và với các kim loại, ngoài khả năng về cách điện nó cần độ bám dính cao.

- Theo chế độ sấy người ta chia sơn thành các loại sau:

+ Sơn sấy nóng: Để sơn khô nhanh cần sấy vật tẩm sơn ở nhiệt độ cao khoảng  $100 \div 130^{\circ}\text{C}$  với thời gian sấy từ 8 ÷ 36 giờ. Sơn đòi hỏi sấy nóng chủ yếu là sơn tẩm.

+ Sơn sấy nguội: Là sơn có thể tự khô đi ở nhiệt độ môi trường, loại sơn này chủ yếu là sơn phủ và sơn dầu.

### **3.3. Các loại sơn**

#### *a) Sơn nhựa*

- Sơn nhựa là dung dịch của nhựa (tự nhiên, nhân tạo và nhựa tổng hợp) hoà tan trong các dung môi hữu cơ dễ bay hơi.

- Sơn cánh kiến là dung dịch của cánh kiến hoà tan trong cồn, được dùng làm sơn dán.

- Sơn Xenlulô là dung dịch của Ête xenlulô, màng sơn có tính nhiệt dẻo, phần lớn thuộc loại sơn sấy nguội.

- Sơn Bakêlít là dung dịch của Bakêlít hoà tan trong cồn, nó thuộc loại sơn tẩm, sơn dán, màng sơn bền về cơ học nhưng độ dẻo kém, có khuynh hướng hoá già vì nhiệt một cách rõ rệt.

- Sơn Gliptan là dung dịch nhựa Gliptan hoà tan trong hỗn hợp cồn hoặc hydro cacbon lỏng, thuộc loại sơn nhiệt cứng, nó có độ bám dính, độ dẻo cao hơn sơn Bakêlít nhưng độ chịu ẩm kém hơn.

- Sơn Silic hữu cơ: màng sơn có tính chịu ẩm, chịu nóng cao.

- Sơn Polystyrol: màng sơn có đặc tính cách điện cao, ít hút ẩm.

#### *b) Sơn dầu*

Được tạo ra từ dầu khô, để giảm độ nhớt và nâng cao tốc độ khô của sơn người ta thường pha thêm vào sơn dung môi và chất làm khô. Tuy nhiên hàm lượng chất làm khô nhiều thì sơn khô nhanh, màng sơn chống hoá già. Hàm lượng chất làm khô ít thì sơn khô chậm hơn, nhưng màng sơn có chất lượng cao hơn.

#### *c) Sơn dầu nhựa*

- Sơn dầu nhựa là sơn dầu có pha thêm nhựa tổng hợp nhằm cải thiện đặc tính của màng sơn, nó được sử dụng trong một số trường hợp sau:

+ Tẩm dây quấn của máy biến áp ngâm dầu.

+ Tẩm dây quấn phải chịu tác dụng của hơi axit và clo...

#### *d) Sơn dầu Bitum*

Thành phần ngoài Bitum còn có cả dầu khô, nó được dùng khá rộng rãi.

#### *e) Sơn Bitum đen*

Thuộc loại nhiệt dẻo, màng sơn kém chịu tác dụng của dầu, xăng.

### **3.4. Chú ý khi sử dụng**

- Hầu hết các loại sơn trước khi đem tẩm hoặc làm vật liệu cách điện cần phải sấy khô các vật liệu đó, sau đó mới thực hiện công nghệ tẩm.

Sau khi được sơn tẩm, phải để sơn khô sau đó mới đem sấy, thông thường để loại bỏ hết nước và điền đầy các khoang rỗng trong lòng thiết bị thường phải tẩm sấy  $2 \div 3$  lần sau đó mới quét sơn phủ và sấy lần cuối.

#### **\* Phương pháp tẩm sấy**

- Phương pháp tẩm: Là phương pháp dùng chổi quét hoặc nhúng vật vào thùng sơn, nhỏ sơn dần vào vật cần tẩm và tẩm trong buồng chân không.

- Phương pháp sấy: Sấy trong lò sấy hoặc buồng sấy được gia công bằng hơi nước nóng hoặc khí nóng hoặc có thể sấy trong buồng sấy được gia công bởi tia hồng ngoại.

- Sấy trong buồng sấy được gia nhiệt bằng dây điện trở có dòng chạy qua hoặc có thể sấy bằng dòng cảm ứng.

## **IV. VẬT LIỆU NHỰA VÀ SÁP**

### **4.1. Vật liệu nhựa**

#### **4.1.1. Đặc điểm, phân loại, công dụng**

##### **a) Đặc điểm**

- Nhựa là tên gọi của một nhóm rất rộng từ các vật liệu có nguồn gốc và bản tính rất khác nhau, nhưng có một số đặc điểm giống nhau về bản chất hóa học, cũng như một số tính chất vật lý: Ở nhiệt độ thấp thì nó là chất vô định hình có dạng như thủy tinh - giòn, khi bị đốt nóng thì mềm ra, hoá dẻo rồi nóng chảy.

- Phần lớn các loại nhựa dùng trong kỹ thuật điện đều không tan trong nước, ít hút ẩm nhưng chúng lại hoà tan được trong nhiều dung môi hữu cơ thích hợp. Thông thường nhựa có tính dính kết, khi chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn nó gắn chắc vào nền.

##### **b) Phân loại**

- Theo nguồn gốc, người ta chia nhựa thành các loại sau: nhựa tự nhiên, nhựa nhân tạo và nhựa tổng hợp.

- Dựa vào đặc điểm của sự trùng hợp nhựa được phân thành nhựa trùng hợp và nhựa ngưng tụ (nhựa trùng hợp là phân tử của nó được tạo ra từ tất cả các nguyên tử của monome, còn nhựa ngưng tụ là nhựa tạo ra trong quá trình trùng hợp mà ngoài sản phẩm nhựa ra còn có nước).

*c) Công dụng*

Nhựa được dùng rộng rãi trong nhiều ngành kỹ thuật khác nhau, trong ngành kỹ thuật điện nhựa được dùng để tạo sơn, chất dẻo, hợp chất cách điện, các vật liệu dệt...

**4.2. Sáp****4.2.1. Đặc điểm, công dụng**

Vật liệu sáp được dùng trong kỹ thuật điện là những chất trung tính, dễ nóng chảy, độ bền cơ học thấp, hầu như không hút ẩm. Chúng được dùng để ngâm, tẩm, song có nhược điểm là độ co ngót khi đông rắn lớn.

**4.2.2. Một số loại điển hình***a) Parafin*

- Thu được từ việc chưng cất dầu mỏ hoặc than đá. Nhiệt độ nóng chảy thấp  $50 \div 55^\circ\text{C}$ ,  $\epsilon = 2,1 \div 2,2$ . Khi nhiệt độ tăng  $\epsilon$  giảm  $\text{tg}\delta = 0,0003 \div 0,0007$ ,  $\rho_v \geq 10^{16} \Omega\text{cm}$ .

- Parafin không bị nước dính ướt  $\rho_v = 10^{15} \Omega\text{cm}$  và hầu như không phụ thuộc vào độ ẩm của môi trường.  $E_{\text{bd}} = 20 \div 25 \text{ KV/mm}$ .

- Parafin không hòa tan trong nước, rượu nhưng dễ hòa tan trong các dung môi hữu cơ như: xăng, dầu... Parafin được dùng để ngâm, tẩm các tụ điện và các cuộn dây làm việc ở điện áp thấp, nhiệt độ làm việc không khác nhiều môi trường.

*b) Sêrêzin*

Gần giống như Parafin song có nhiều ưu điểm hơn, nhiệt độ nóng chảy cao hơn  $65 \div 80^\circ\text{C}$ , được dùng thay thế cho Parafin.

*c) Vazelin*

Vazelin là một chất nửa lỏng, nó cũng là một sản phẩm của việc chưng cất dầu mỏ, được dùng để ngâm, tẩm.

- Các đặc tính kỹ thuật:  $\rho = 5.10^{14} \Omega\text{cm}$  (ở  $20^\circ\text{C}$ ),  $\text{tg}\delta = 0,0002$  ở nhiệt độ  $20^\circ\text{C}$  và tần số  $f = 1 \text{ Hz}$ ,  $E_{\text{bd}} = 20 \text{ KV/mm}$  (ở  $20^\circ\text{C}$ ).

*d) Parafin và Sêrêzin tổng hợp*

Chúng có những tính chất gần giống như Parafin và Sêrêzin ở trên song có khả năng chịu nhiệt cao hơn  $100 \div 130^\circ\text{C}$ .

## **V. VẬT LIỆU SƠ - MICA**

### **5.1 Vật liệu sơ**

- Vật liệu sơ là những vật liệu mà toàn bộ hoặc chủ yếu được cấu tạo bằng các phân tử nhỏ và dài. Các vật liệu sơ có ưu điểm là: rẻ tiền, độ bền cơ học, độ dẻo khá cao, sản xuất thuận tiện. Nhược điểm là: độ bền điện không cao, hút ẩm mạnh, truyền nhiệt kém.

- Phần lớn các vật liệu sơ được tạo ra từ xơ hữu cơ, một số ít được tạo ra từ xơ vô cơ (sợi thủy tinh, amiăng). Các xơ hữu cơ bao gồm: xơ có nguồn gốc thực vật (bông, gỗ, giấy), nguồn gốc động vật (tơ, len), các xơ nhân tạo và xơ tổng hợp.

#### **5.1.1. Bia, giấy cách điện**

##### *a) Giấy cách điện*

###### **\* Cấu tạo**

Được tạo ra từ Xenlulô, nó có nhiều loại khác nhau.

###### **\* Đặc điểm, công dụng**

- Giấy cách điện được sản xuất thành cuộn có chiều dày  $15 \div 240 \mu\text{m}$ , được dùng để bọc cách điện của cáp điện lực có tấm dầu.

- Giấy cách điện có chiều dày 0,05mm, có nhiều màu sắc khác nhau, được dùng để bọc dây quấn, dây dẫn.

- Giấy để tẩm có bề dày 0,12mm, được dùng để sản xuất chất dẻo nhiều lớp (Hêtinắc).

- Giấy để quấn có bề dày khoảng  $50 \div 70 \mu\text{m}$ , được dùng làm vỏ bọc cách điện cho dây quấn.

- Giấy tụ điện làm điện môi cho tụ điện có tấm dầu, nó được sản xuất thành cuộn với bề dày từ  $4 \div 30 \mu\text{m}$ .

- Giấy băng Mica có bề dày khoảng  $20 \mu\text{m}$ , được dùng để sản xuất Mica.

##### *b) Bia*

###### **\* Cấu tạo**

Được tạo ra từ Xenlulô như giấy nhưng có độ dày lớn hơn.

###### **\* Đặc điểm, công dụng**

- Loại dùng trong không khí: dùng để lót rãnh máy điện, cách điện lớp, vòng đệm<sup>6</sup> có độ rắn cao.

- Loại ngâm trong dầu: loại này mềm hơn, khi được tẩm dầu độ bền điện của nó tăng lên nhiều. Được dùng trong máy biến áp dầu.

Bìa các-tông được sản xuất thành tấm có độ dày từ  $1 \div 3\text{mm}$  hoặc cuộn có bề dày từ  $0,1 \div 0,8\text{mm}$ .

### **5.1.2. Vải sơn**

#### **a) Đặc điểm**

- Vải sơn là vải được tẩm sơn nhằm đảm bảo độ bền cơ học và đảm bảo cho vật liệu có độ bền cách điện cao.

- Tùy theo loại sơn tẩm mà các đặc tính của vải sơn có khác nhau. Nếu dùng sơn dầu vải có màu vàng, loại này chịu được dầu và dung môi hữu cơ, song có khuynh hướng già hoá do nhiệt. Độ bền điện của vải sơn bằng sợi bông  $30 \div 50 \text{ KV/mm}$ , bằng sợi tổng hợp  $55 \div 90 \text{ KV/mm}$ .

- Nếu dùng sơn Bitum thì vải sơn có màu đen, chịu ẩm tốt, song kém chịu tác dụng của dung môi (xăng, dầu...) độ bền điện cao khoảng  $50 \div 60 \text{ KV/mm}$ .

#### **b) Công dụng**

Vải sơn dùng làm cách điện cho cáp, cho máy điện và thiết bị điện, làm lớp lót cách điện.

### **5.1.3. Tre, gỗ, phíp**

#### **a) Gỗ**

- Gỗ là vật liệu dễ kiếm, có độ bền cơ tốt, được dùng làm vật liệu kết cấu và cách điện.

- Nhược điểm: Gỗ dễ cháy, hút ẩm nhiều, dẫn nhiệt kém, dễ mối mọt và mốc, để cải thiện các tính chất của nó người ta tiến hành tẩm (chất tẩm là Parafin, nhựa...).

#### **b) Phíp**

- Phíp được tạo ra từ giấy, sau khi cho giấy đi qua dung dịch  $\text{ZnCl}_2$  nóng nó được quấn vào tang quay đến độ dày nào đó rồi được tách ra, rửa sạch rồi ép. Phíp được sản xuất ở dạng tấm, dạng ống có độ dày từ  $0,1 \div 25\text{mm}$ .

- Đặc tính điện của phíp không cao ( $\rho \geq 10^{13} \Omega\text{cm}$ ,  $E_{\text{đl}} \geq 1\text{KV/mm}$ ), đặc tính cơ học tốt. Nhược điểm của phíp là rất háo nước, khi bị thấm ẩm độ bền cơ học của phíp giảm nhiều, độ dẫn điện tăng. Để khắc phục người ta phải tẩm cho phíp bằng dầu hoặc parafin...

Phíp được dùng làm vật liệu kết cấu, buồng dập hồ quang.

## 5.2 Mica

### 5.2.1. Đặc điểm, công dụng

- Mica là loại vật liệu khoáng sản cách điện rất quan trọng. Với nhiều đặc tính kỹ thuật tốt về độ bền điện, độ bền cơ học, khả năng chịu nhiệt, chịu ẩm... nên Mica được dùng làm cách điện ở chỗ quan trọng: máy điện cao áp, công suất lớn, điện môi cho tụ điện.

- Theo thành phần hóa học Mica gồm hai loại: Mica muscôvit và Mica flogopit. Về đặc tính điện thì Muscôvit tốt hơn, ngoài ra nó còn có độ bền cơ cao hơn, dễ uốn hơn và co giãn tốt hơn.

| Loại Mica | Khối lượng riêng g/cm <sup>3</sup> | Điện trở suất Ωcm                   | Tgđ. 10 <sup>4</sup> ở tần số |      |      |
|-----------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------|------|
|           |                                    |                                     | 50Hz                          | 1Khz | 1Mhz |
| Muscôvit  | 2,8 ÷ 2,9                          | 10 <sup>14</sup> ÷ 10 <sup>16</sup> | 150                           | 25   | 3    |
| Flogopit  | 2,65 ÷ 2,8                         | 10 <sup>13</sup> ÷ 10 <sup>14</sup> | 500                           | 150  | 15   |

- Mica thuộc vật liệu cách điện cấp C ở nhiệt độ khá cao các đặc tính cơ và điện mới sút kém đi. Mica bị nấu chảy ở nhiệt độ 1250 ÷ 1300°C.

- Mica được khai thác và sơ chế ở dạng cách mỏng và có kích thước giới hạn (một vài mm<sup>2</sup> đến vài chục cm<sup>2</sup>), khi sử dụng người ta cần có những tấm lớn nên phải sử dụng các chế phẩm của nó.

### 5.2.2. Các loại Mica chính

#### a) Micanít

- Được tạo ra từ việc dán các cánh Mica rời với nhau hoặc dán trên nền (băng, vải, giấy...) với chất kết dính là nhựa hữu cơ chịu nhiệt. Tùy theo hàm lượng Mica, loại nền và chất kết dính mà sản phẩm có các đặc tính khác nhau (nền là băng vải thủy tinh, chất dính kết là sơn silic hữu cơ thì thuộc vật liệu cấp C).

- Các loại Micanít gồm:

+ Micanít dùng cho vành góp, Micanít dùng để tạo hình, Micanít dùng để lót những loại này có hàm lượng Mica cao từ 80 ÷ 97%.

+ Micanít mềm và băng Mica: loại này được tạo ra bằng cách dán các cánh M lên nền giấy chuyên dùng hoặc lụa mỏng, vải thủy tinh. Bề dày của các sản phẩm này<sup>10</sup> khoảng 0.13mm đến 0.5mm, hàm lượng Mica không dưới 50%.

### *b) Sludinít*

Việc tạo ra Micanít tốn rất nhiều công lao động mà lại không đồng đều trên toàn bộ diện tích nên người ta sử dụng Sludinít. Sludinít được tạo ra từ vụn Mica sau khi được xử lý hóa học để được một chất keo nhờn người ta đem nó vào máy làm giấy để cán thành các tấm mỏng đem dùng thay cho Mica. Cách sử dụng Sludinít có bề dày đồng đều hơn, song có nhược điểm là chịu ẩm kém, độ dẫn dài khi đứt nhỏ hơn Micanít.

### *c) Mica làm từ các hạt vụn*

Người ta sử dụng Mica hoặc các phế thải của Mica sau khi được nghiền mịn người ta cho vào một chất kết dính (nhựa) rồi cán thành tấm mỏng đem dùng, tùy theo chất dính kết mà sản phẩm có độ bền cơ học và độ bền điện khác nhau.

### *d) Thủy tinh Mica*

- Đây là một chất dẻo mà chất độn là Mica và chất dính kết là thủy tinh. Nó được sản xuất thành tấm, thanh hoặc các sản phẩm định hình khác, chúng có độ bền điện cao, độ chịu nhiệt lớn. Thủy tinh Mica được sử dụng làm cách điện chịu nhiệt như: đế đèn công suất lớn, giá đỡ tụ điện khí, các tấm cách điện...

- Các đặc tính của thủy tinh Mica  $\rho_v = 10^{12} \div 10^{14} \Omega\text{cm}$ ,  $\rho_s = 10^{10} \div 10^{12} \Omega$ ,  $\epsilon = 6 \div 8,5$ ,  $\text{tg}\delta = 0,003 \div 0,01$  ở tần số 1Mhz,  $E_{0t} = 10 \div 20 \text{ KV/mm}$  ở tần số 50 Hz.

## **VI. VẬT LIỆU DẪO - VẬT LIỆU ĐÀN HỒI**

### **6.1 Vật liệu dẻo**

#### **6.1.1. Màng dẻo**

- Màng dẻo và màng mỏng có độ dày  $\leq 0,02 \text{ mm}$  là những sản phẩm đặc sắc trong các sản phẩm làm bằng Polime. Nó được sản xuất thành cuộn, có độ bền cơ học cao, độ bền điện lớn, chúng được sử dụng làm chất cách điện cho máy điện, dây quấn, cáp, điện môi cho các tụ điện...

- Điển hình là các màng bằng Êtenlulô để dán lên các-tôn tạo nên vật liệu hỗn hợp có độ bền điện cao. Các màng trung tính: màng PE, PS, PP và các màng Politetrafloêtylen có giá trị cao trong kỹ thuật điện.

#### **6.1.2. Chất dẻo**

- Chất dẻo là các vật liệu được dùng để sản xuất hàng loạt các sản phẩm có hình dạng nhất định như nhau và do khuôn ép quy định. Trong kỹ thuật điện chúng được dùng để làm cách điện, vật liệu kết cấu, nhiều loại có độ bền cơ học cao, cách điện tốt.

- Chất dẻo được cấu tạo bởi hai thành phần cơ bản: chất kết dính và chất độn.

+ Chất kết dính thường là hợp chất hữu cơ (nhiệt dẻo hoặc nhiệt cứng), một số ít là chất vô cơ (thủy tinh, xi măng). Chất kết dính quyết định về cơ bản những đặc điểm về công nghệ chế tạo các sản phẩm bằng chất dẻo (chủ yếu được ép nóng).

- Chất độn thường là dạng bột, dạng sợi, dạng tấm (bột gỗ, xơ bông, xơ vải, xơ amiăng, xơ thủy tinh), chúng làm giảm đáng kể giá thành của vật liệu, làm tăng cơ tính nhưng có nhược điểm là làm tăng độ hút ẩm, tính chất cách điện bị xấu đi.

Khi chất độn có dạng tấm ta có chất dẻo nhiều lớp.

## **6.2 Vật liệu đàn hồi**

### **6.2.1. Đặc điểm**

Vật liệu đàn hồi là các vật liệu chịu mài mòn cao, cách điện tốt, không thấm nước và thấm khí.

### **6.2.2. Phân loại, công dụng**

#### *a) Cao su tự nhiên*

- Cao su nguyên chất chịu nhiệt kém, hóa dẻo ở nhiệt độ 50°C, kém chịu tác dụng của dung môi (xăng, dầu...) nên không dùng trực tiếp làm cách điện được. Để sử dụng được người ta tiến hành lưu hóa cao su bằng cách đun nóng cao su nguyên chất với lưu huỳnh, tùy theo hàm lượng lưu huỳnh mà đặc tính của cao su lưu hóa khác nhau:

+ Từ 1 ÷ 3% lưu huỳnh thì cao su thu được có độ mềm, đàn hồi và độ đàn dãi cao.

+ Từ 30 ÷ 35% lưu huỳnh thì cao su có độ rắn cao, chịu va đập và tải trọng.

- Cao su lưu hóa được sử dụng làm găng tay, ủng cách điện, thảm cách điện, cách điện dây dẫn, cáp mềm..., các thông số của cao su thường là:  $\rho_v = 10^{15} \Omega\text{cm}$ ,  $\epsilon = 3 \div 7$ ,  $\text{tg}\delta = 0,02 \div 0,1$ ,  $E_{dt} = 20 \div 30 \text{ KV/mm}$ .

- Nhược điểm của cao su lưu hóa là kém chịu dầu, kém chịu dung môi, chóng bị hoá già dưới tác dụng của ánh sáng và nhiệt độ.

#### *b) Cao su tổng hợp*

Gồm nhiều loại khác nhau sau đây:

- Cao su Butadien giống như cao su tự nhiên.

- Cao su Escapôn có cơ tính tốt:  $\rho_v = 10^{16} \Omega\text{cm}$ ,  $\epsilon = 2,7 \div 3$ ,  $\text{tg}\delta = 0,0005$  được dùng làm điện môi cao tần.

- Cao su Cloropren bền với tác dụng của dầu, xăng và dung môi, được dùng làm cách điện cáp, tấm đệm chịu dầu...
- Cao su Butyl chịu nhiệt, chịu tác dụng của ôzôn và axit cao.
- Cao su Butadien - Styrol chịu nhiệt, chịu dầu và xăng cao hơn cao su tự nhiên.
- Cao su Silic hữu cơ chịu nhiệt cao đến 300°C, chịu lạnh tốt, chịu axit và nước, có cách điện cao, được dùng làm vỏ bọc dây dẫn, cáp...

## VII. SỨ CÁCH ĐIỆN

### 7.1. Thành phần và đặc tính

- Sứ cách điện được tạo ra từ một loại đất sét đặc biệt (cao lanh) với các chất phụ gia khác, sau khi được nhào và trộn kỹ với nước để thành một chất dẻo nó được định hình thành sản phẩm rồi được phơi khô, tráng men và nung.

- Trong quá trình nung men nóng chảy và bao lấy mặt ngoài của sứ tạo thành một lớp sáng bóng như thủy tinh. Lớp men có tác dụng ngăn không cho hơi ẩm thấm vào các lỗ xốp trong sứ, do đó giảm được độ hao nước của sứ, nhờ thế sứ có thể làm việc ngoài trời mưa mà không giảm độ hao nước. Việc tráng men còn loại bỏ được các vết nứt nhỏ trên bề mặt sứ, do đó làm tăng độ bền cơ học cho sản phẩm. Hơn nữa, lớp men còn nhẵn và bóng nên giảm được độ bám bụi bề mặt nhờ vậy làm tăng điện trở và điện áp phóng điện bề mặt, cải thiện vẻ đẹp bề mặt cho sản phẩm. Quá trình nung còn làm cho sứ trở nên có độ bền cơ học cao, chịu nước và có đặc tính cách điện tốt. Tuy nhiên sản phẩm sau khi nung có độ co ngót so với ban đầu, vì vậy ta chỉ thu được kích thước gần đúng mà thôi.

- Đặc tính cách điện của sứ sau khi nung  $\rho_v = 10^{14} \div 10^{15} \Omega\text{cm}$ ,  $\varepsilon = 6 \div 7$ ,  $\tan\delta = 0,0015 \div 0,02$ ,  $E_{đi} = 10 \div 30 \text{ KV/mm}$ , ở nhiệt độ cao đặc tính cách điện của sứ kém đi nhiều.

### 7.2. Phân loại, công dụng

- Sứ cách điện đường dây gồm: sứ đứng, sứ treo. Sứ đứng dùng cho cấp điện áp 35KV, sứ treo dùng khi cấp điện áp  $\geq 35\text{KV}$ .

- Sứ dùng trong trạm gồm: sứ đỡ và sứ xuyên. Sứ đỡ dùng để đỡ thiết bị, thanh cái trong các trạm phân phối điện. Sứ xuyên dùng để dẫn dòng điện đi xuyên qua tường hoặc cột ngăn.

vào - Sứ dùng cho các thiết bị gồm: sứ đầu vào và sứ đầu ra, nó có tác dụng dẫn dòng điện ra khỏi thiết bị giống như sứ xuyên.

- Định vị gồm: các pu-li sứ, ổ cắm, đui đèn...

### **7.3. Chú ý khi sử dụng**

- Bề dày của lớp sứ không quá dày (trường hợp cần có lớp sứ dày người ta gắn các lớp sứ mỏng lại bằng men sứ hoặc chất kết dính khác).
- Tránh sự thay đổi đột ngột của bề dày lớp sứ, các góc cạnh của sứ cần làm nhẵn và tròn. Cần thiết nên bố trí để cho sứ chịu nén trong quá trình làm việc.
- Cần phải đảm bảo điện áp phóng bề mặt sứ (kể cả phóng điện khô và phóng điện ướt).
- Điện áp đánh thủng qua bề dày của sứ cũng cần phải nằm trong phạm vi cho phép.

## **CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG II**

1. Trình bày các tính chất cơ bản của vật liệu cách điện.
2. Nêu công dụng của dầu biến áp. Tốc độ hoá già của dầu phụ thuộc vào các yếu tố nào?
3. Nêu tính chất của sơn tẩm, sơn phủ và sơn dán.
4. Trình bày cấu tạo, đặc điểm, công dụng của bìa và giấy cách điện.
5. Nêu đặc điểm, công dụng của Mica. Có những loại Mica chính nào.
6. Sứ cách điện là gì? Trình bày công dụng của các loại sứ cách điện và các chú ý khi sử dụng sứ.

### *Chương III*

## **VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN**

### **I. PHÂN LOẠI VÀ CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN**

#### **1.1. Phân loại**

- Theo hình thức tồn tại bao gồm:
  - + Thể rắn: kim loại.
  - + Thể lỏng: dung dịch.
  - + Thể khí: nêon.
- Theo mức độ dẫn điện có:
  - + Vật liệu dẫn điện tốt.
  - + Vật liệu điện trở cao.
- Theo loại dòng điện tích dịch chuyển có:
  - + Vật dẫn loại 1: Là những vật dẫn có dòng điện là dòng chuyển dịch của các electron tự do (kim loại).
  - + Vật dẫn loại 2: Là những vật dẫn có dòng điện là dòng chuyển dịch của các điện tích, bao gồm electron tự do và ion (chất khí, lỏng).

#### **1.2. Các tính chất cơ bản**

##### **1.2.1. Điện trở suất, điện dẫn suất**

$$\varsigma = R \frac{S}{l} \left[ \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$$

Trong đó:  $\varsigma$  : Điện trở suất của vật dẫn.

R: Điện trở của vật dẫn ( $\Omega$ ).

S: Tiết diện của vật dẫn.

l: Chiều dài của vật dẫn.

Như vậy, điện trở suất là điện trở của một dây dẫn kim loại có tiết diện đều là  $1\text{mm}^2$  khi cho dòng điện đi thẳng góc với mặt phẳng S dọc theo chiều dài  $1\text{m}$  của dây dẫn kim loại đó.

### 1.2.2. Hệ số nhiệt của điện trở suất

$$\alpha_{\epsilon} = \frac{\epsilon_t - \epsilon_0}{\epsilon_0(t - t_0)} \left( \frac{1}{0^\circ\text{C}} \right)$$

Trong đó:  $\epsilon_0$ : Điện trở suất ở  $0^\circ\text{C}$ .

$\epsilon_t$ : Điện trở suất ở  $t^\circ\text{C}$ .

Như vậy, hệ số nhiệt của điện trở suất đặc trưng cho sự thay đổi tương đối của điện trở suất khi nhiệt độ thay đổi  $1^\circ\text{C}$ .

### 1.2.3. Hệ số nhiệt độ dẫn nở dài

Thông thường kim loại có hệ số nhiệt độ dẫn nở dài cao thì nóng chảy ở nhiệt độ thấp và ngược lại.

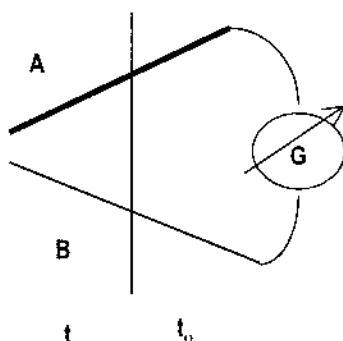
$$\alpha_l = \frac{1}{l_t} \frac{dl}{dt} \left[ \frac{1}{0^\circ\text{C}} \right]$$

Trong đó:  $l_t$ : Chiều dài của vật dẫn ở  $t^\circ\text{C}$

### 1.2.4. Sức điện động nhiệt

Khi cho 2 kim loại khác nhau tiếp xúc với nhau ở một đầu thì do mật độ điện tử tự do khác nhau nên chúng khuếch tán sang nhau - giữa hai bề mặt tiếp xúc xuất hiện một hiệu điện thế tiếp xúc và trong mạch vòng của cặp kim loại tồn tại một sức điện động. Độ lớn của sức điện động này phụ thuộc vào độ chênh nhiệt giữa hai đầu cặp kim loại.

( $\Delta t = t - t_0$ ). Vì thế, người ta gọi sức điện động này là sức điện động nhiệt.



Hình 3.1. Sơ đồ sức điện động nhiệt

### ***1.2.5. Tính chất cơ học***

Người ta đánh giá độ bền cơ học của vật dẫn qua độ dẫn dài tương đối khi đứt, giới hạn bền kéo, bền nén, uốn...

## **II. KIM LOẠI VÀ HỢP KIM CÓ ĐIỆN TRỞ SUẤT THẤP**

### **2.1. Đồng và hợp kim đồng**

#### ***2.1.1. Đồng***

##### ***a) Đặc điểm***

Đồng được sử dụng rộng rãi làm vật dẫn vì nó có những ưu điểm sau:

- Điện trở suất nhỏ  $\varsigma = 0,017241 \text{ } (\Omega \text{ mm}^2/\text{m})$ .
- Có độ bền cơ tương đối cao.
- Trong đa số các trường hợp đồng có tính chống ăn mòn tốt (bị oxy hoá chậm trong không khí).
- Dẫn nhiệt tốt, nhiệt độ nóng chảy cao.
- Dẻo, dễ gia công, dễ biến dạng khi kéo, cán, dát mỏng, hàn nối dễ dàng khi bị đứt.

##### ***b) Tính chất***

- Điện trở suất của đồng rất nhạy cảm với tạp chất có trong đồng, nó tăng lên khi lượng tạp chất tăng. Các tạp chất thường là Al, Zn, Ni, O<sub>2</sub>, P...
- Tính chất cơ học của đồng phụ thuộc vào công nghệ gia công.
  - + Đồng cứng (không ủ) có độ bền cơ học cao, cứng, chịu mài mòn, được dùng làm tiếp điểm, thanh cái, phôi ghép.
  - + Đồng mềm (có ủ) được dùng làm dây quấn, dây dẫn.
- Hệ số nhiệt độ điện trở suất của đồng cứng và đồng mềm như nhau.

#### ***2.1.2. Hợp kim của đồng***

- Các hợp kim của đồng có cơ tính tương đối cao và vẫn giữ được các ưu điểm là: độ dẫn điện, dẫn nhiệt cao, dẻo và ổn định hoá học tốt.
- Dựa theo thành phần hoá học, hợp kim đồng được phân thành:
  - + Đồng thanh là hợp kim của đồng với các nguyên tố: Thiếc, Silic, Phốt pho, Crôm, Magiê có điện trở suất ( $\varsigma$ ) cao hơn đồng tinh khiết, được sử dụng làm vật dẫn và lò xo dẫn điện.

+ Đồng Cadim là hợp kim chịu mài mòn, được ứng dụng ở những chỗ tiếp xúc và phiên góp có công dụng đặc biệt.

+ Đồng thau là hợp kim của đồng kẽm, nó rất dẻo, độ bền kéo cao, được dùng để chế tạo các chi tiết dẫn điện.

+ Hợp kim đồng, bạc có điện trở suất ( $\zeta$ ) nhỏ, được sử dụng nhiều làm các vật liệu tiếp xúc, tiếp điểm.

## **2.2. Nhôm**

### **2.2.1. Đặc điểm**

- Nhôm là vật dẫn quan trọng đứng sau đồng, nó có ưu điểm hơn đồng ở chỗ:

+ Khối lượng riêng nhỏ hơn đồng 3,5 lần.

+ Hệ số dẫn nở dài, nhiệt dung riêng lớn hơn đồng.

+ Nhôm kém Đồng cả về độ bền cơ học và độ dẫn điện (điện trở suất ( $\zeta$ ) của Al cao hơn Cu 1,36 lần).

- Nếu so sánh 2 dây dẫn của Đồng và Nhôm cùng chiều dài và điện trở thì dây nhôm vẫn nhẹ hơn dây đồng 2,2 lần. Điều này rất có ý nghĩa khi sử dụng dây nhôm làm đường dây tải điện trên không.

### **2.2.2. Tính chất**

- Các tạp chất có ảnh hưởng đáng kể đến điện trở suất của nhôm (các tạp chất là Ni, Zn, Ag, Cu... làm tăng điện trở suất ( $\zeta$ ) có trong nhôm).

- Tính chất cơ học của nhôm cũng phụ thuộc vào công nghệ gia công.

+ Nhôm cứng: dùng để sản xuất các chi tiết, thanh dẫn.

+ Nhôm mềm: dùng để sản xuất dây dẫn, dây quấn.

- Nhôm bị oxy mạnh trong không khí, lớp ôxit tạo ra khá mỏng có tác dụng bảo vệ nhôm không bị oxy hoá tiếp theo nhưng nó gây trở ngại cho các mối hàn nối và các mối nối tiếp xúc...

- Nhôm bị ăn mòn điện hoá khá nhanh ở chỗ tiếp xúc với đồng nhất là khi độ ẩm không khí cao. Kết quả là nhôm bị phá huỷ, do vậy cần có các biện pháp bảo vệ mối nối.

### **2.2.3. Công dụng**

Nhôm được ứng dụng làm dây dẫn, dây quấn, điện cực, vỏ tụ điện, cáp điện, các thanh góp và chi tiết cho trang thiết bị điện. Các lá nhôm để làm tụ điện, để làm máy biến áp...

#### **2.2.4. Chú ý**

Không nên nối dây dẫn bằng nhôm với đồng, nhất là các mối nối này lại ở môi trường ẩm ướt.

### **III. CÁC VẬT LIỆU CÓ ĐIỆN TRỞ SUẤT CAO**

#### **3.1. Kim loại**

##### **3.1.1. Vonfram**

###### *a) Sản xuất và điều chế*

Vonfram (hay Tungsten) tìm thấy trong thiên nhiên dạng mỏ Vonframit ( $\text{FeOMnO}$ ) $\text{WO}_3$ , quặng Sêlit ( $\text{CaOWO}_3$ ).

Thông qua các phản ứng hoá học, các quặng này chuyển thành Triôxit Vonfram ( $\text{WO}_3$ ). Từ đây người ta lấy Vonfram dưới dạng bụi, với tỷ lệ tinh khiết  $99,6 \div 99,7\%$ , sản xuất bằng phương pháp điện phân Vonframit hay Sêlit ở nhiệt độ  $1050 \div 1300^\circ\text{C}$ .

###### *b) Đặc điểm*

Vonfram là kim loại rắn, nặng, nhiệt độ nóng chảy cao, chịu mài mòn và hồ quang. Nhược điểm của Vonfram là bị ôxy hoá mạnh trong không khí, đặc biệt ở nhiệt độ cao, khó gia công.

###### *c) Ứng dụng*

Vonfram được dùng trong kỹ thuật điện với nhiệt độ làm việc đến  $2000^\circ\text{C}$ , làm dây tóc bóng đèn, có trong thành phần tiếp điểm...

##### **3.1.2. Niken**

Niken hay còn được gọi là kền, ở trong thiên nhiên Niken tồn tại dưới dạng mỏ.

###### *a) Đặc tính*

- Niken là kim loại có màu trắng - xám tro, rực sáng và nó được bảo vệ trong không khí ẩm.

- Không bị ôxy hoá trong không khí và nước ở nhiệt độ thông thường, chỉ bị ôxy hoá ở nhiệt độ trên  $500^\circ\text{C}$ . Ở nhiệt độ  $500^\circ\text{C}$ , Niken có tính hơi giòn, sức bền cơ khí giảm.

- Trong chân không Niken bắt đầu sẽ bay hơi ở  $750^\circ\text{C}$

- Là kim loại bền, dễ dát mỏng và vuốt dẫn. Ở trạng thái lỏng nó có độ chảy lỏng nhỏ và hấp thụ nhiều khí.

- Niken từ hoá ít hơn sắt, ở nhiệt độ  $350^\circ\text{C}$  nó mất tính chất từ tính.

***b) Ứng dụng***

Niken có nhiều ứng dụng trong kỹ thuật điện.

- Trong kỹ thuật chân không.
- Để chế tạo các nhiệt ngẫu.
- Để chế tạo một số tiếp điểm điện làm việc trong môi trường của hydro cacbua có điện áp lớn và dòng điện nhỏ.
- Dùng để chế tạo các điện trở phát nóng đến nhiệt độ 900°C.
- Dùng như vật liệu bảo vệ: mạ Niken cho những chi tiết bằng thép bằng phương pháp điện phân.
- Để chế tạo các điện cực dương Anôt cho các ác-quy kiềm.

**3.2. Hợp kim và than kỹ thuật điện**

***3.2.1. Các loại hợp kim***

***a) Constantan***

- Chứa 60% Cu và 40% Ni. Dễ gia công, có khả năng dát mỏng tốt.
- Constantan dễ hàn và dính. Hệ số biến đổi của điện trở suất theo nhiệt độ thấp.
- Được dùng để làm biến trở và dụng cụ đốt nóng bằng điện có nhiệt độ làm việc không quá 450°C. Vì ở nhiệt độ này Constantan sẽ bị oxy hoá. Nó không dùng cho các dụng cụ đo được vì điện áp tiếp xúc của nó với các kim loại khác khá lớn nên gây sai số cho các dụng cụ đo.
- Constantan có sức nhiệt điện động lớn nếu nó được dùng để chế tạo các ngẫu nhiệt điện để đo nhiệt độ.

***b) Crôm - Niken***

**\* Đặc điểm**

- Có sức bền tốt ở nhiệt độ cao, điện trở suất lớn và hệ số biến đổi theo nhiệt độ nhỏ.
- Có thể sử dụng đến nhiệt độ 1000 ÷ 1100°C.

**\* Ứng dụng**

- Để làm các dây dẫn mảnh có đường kính  $d = 0,01 \div 0,3$  mm.
- Để làm các dây dẫn và dây băng có chiều dày 1,5 mm trở lên.

## GIÁO TRÌNH VẬT LIỆU ĐIỆN

- Được sử dụng rộng rãi trong các dụng cụ gia nhiệt như: mỏ hàn, bếp điện, lò điện, tủ sấy... có điện trở suất  $\zeta = 1,0 \div 1,2 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ .

### *c) Crôm - Nhôm*

- Được dùng trong các lò điện có công suất lớn, so với hợp kim Crôm - Niken hợp kim này cứng và giòn hơn, khó kéo thành sợi và băng được. Có điện trở suất  $\zeta = 1,2 \div 1,5 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ .

- Nhiệt độ làm việc của Crôm - Nhôm có thể lên tới  $900^\circ\text{C}$ . Nó có thể làm việc tốt ở trong không khí ở nhiệt độ cao.

### **3.2.2. Than kỹ thuật điện**

#### *a) Công dụng*

Than kỹ thuật điện được dùng nhiều trong kỹ thuật điện làm chổi quét máy điện, các điện cực lò điện... Dùng than kỹ thuật điện để chế tạo các điện trở có trị số cao hoặc các biến trở, điện trở trong các thiết bị điện tử viễn thông.

#### *b) Chế tạo*

Thành phần của than kỹ thuật điện có thể dùng bồ hóng, than chì hoặc than gầy tự nhiên sau khi được nghiền mịn, cho vào chất kết dính (thủy tinh lỏng hoặc nhựa than đá) được đem định hình thành sản phẩm rồi nung ở nhiệt độ cao từ  $800 \div 3000^\circ\text{C}$ . Quá trình nung sẽ quyết định dạng của cacbon trong sản phẩm. Ở nhiệt độ cao, cacbon được chuyển sang dạng Graphit.

#### *c) Đặc điểm*

- Than kỹ thuật điện có hệ số nhiệt độ điện trở suất âm. Để có điện trở suất ( $\zeta$ ) nhỏ, điện áp tiếp xúc nhỏ người ta cho thêm bột kim loại vào thành phần của than.

- Tất cả các sản phẩm là than kỹ thuật điện đều có  $\alpha_\zeta < 0$ . Khi nhiệt độ tăng thì điện trở suất  $\zeta$  giảm.

## **IV. CÁC VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN KHÁC**

### **4.1. Chì**

#### **4.1.1. Sản xuất và chế tạo**

Được khai thác từ các mỏ Galen ( $\text{PbS}$ ), Xeruzit ( $\text{PbCO}_3$ ), Anglêzit ( $\text{PbSO}_4$ )... và qua nhiều phương pháp để thu được chì thô. Sau đó qua tinh luyện hoặc theo nhiều phương pháp để loại bỏ tạp chất để có được chì tinh khiết ( $99,5 \div 99,994\%$ ).

#### **4.1.2. Tính chất**

- Chì là kim loại có màu tro sáng ngả, hơi xanh da trời.
- Có sức bền đối với thời tiết xấu.
- Không bị tác dụng của axit HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>, xút...
- Dễ hoà tan trong axit Nitric, axit Axêtic pha loãng. Bền với muối Amoni, Clorua, dầu..., không bền với chất kiềm.
- Là kim loại dễ dát mỏng, dễ chảy.
- Sự bay hơi của chì rất độc hại.
- Điện dẫn suất và nhiệt dẫn suất của chì nhỏ.

#### **4.1.3. Ứng dụng**

- Dùng làm lớp vỏ bảo vệ ở cáp điện.
- Dùng để chế tạo các ắc-quy điện.
- Sử dụng như vật liệu bảo vệ đối với sự hấp thụ tia Xquang (X).

### **4.2. Thiếc**

#### **4.2.1. Sản xuất và chế tạo**

Sản xuất bằng phương pháp khô hay phương pháp điện phân.

#### **4.2.2. Tính chất**

- Thiếc là kim loại màu trắng-bạc, sáng, có sức bền tốt đối với môi trường, oxy hoá chậm.
- Không bị tác dụng của axit, chất kiềm, trừ trường hợp các chất này ở trạng thái đậm đặc và nung nóng.
- Là kim loại dễ dát mỏng, dẻo.
- Ở nhiệt độ 200°C thiếc trở nên giòn.
- Điện trở suất của thiếc rất bé.

#### **4.2.3. Ứng dụng**

- Để chế tạo đồng thanh, để làm dây chảy cầu chì.
- Để chế tạo các tụ điện giấy hay Mica.

### **4.3. Kẽm**

#### **4.3.1. Sản xuất và chế tạo**

- Làm khô thông qua sự sàng lọc bằng lưới ở nhiệt độ  $850 \div 900^{\circ}\text{C}$ .
- Thông qua điện phân.

#### **4.3.2. Tính chất**

- Là kim loại có màu tro xám hơi ngả màu trắng.
- Có cấu trúc tinh thể. Ở nhiệt độ bình thường ít chịu dãn nở, ở nhiệt độ  $100 \div 150^{\circ}\text{C}$  tính dãn nở tăng. Ở nhiệt độ  $200 \div 250^{\circ}\text{C}$ , kẽm trở nên giòn, có thể đập vỡ thành bột.
- Dễ bị tác dụng của axit và chất kiềm.
- Điện dẫn suất đứng sau bạc, đồng, nhôm và magiê.

#### **4.3.3. Ứng dụng**

Để làm dây dẫn, thanh góp, điện cực...

## **CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG III**

1. Nêu các tính chất cơ bản của vật liệu dẫn điện.
2. So sánh các đặc điểm và tính chất của nhôm và đồng.
3. Nêu đặc điểm, công dụng và cách chế tạo than kỹ thuật điện.
4. Nêu công dụng, tính chất của chì, thiếc và kẽm.

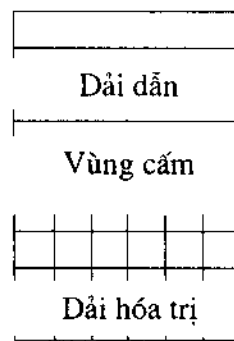
## *Chương IV*

# VẬT LIỆU BÁN DẪN

### I. KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1. Định nghĩa

Vật liệu bán dẫn là những chất có vùng cấm hẹp, vùng này có thể được khắc phục nhờ tác động năng lượng từ bên ngoài.



#### 1.2. Phân loại

\* Theo tính chất của bán dẫn chia ra 3 loại sau:

- Bán dẫn tinh khiết: Là loại bán dẫn có mật độ điện tử tự do bằng mật độ lỗ trống.
- Bán dẫn loại P: Là loại bán dẫn có mật độ điện tử nhiều hơn mật độ lỗ trống.
- Bán dẫn loại N: Là loại bán dẫn có mật độ điện tử ít hơn mật độ lỗ trống.

\* Theo vật liệu cấu tạo nên có 2 loại:

- Bán dẫn thuần. Ví dụ: Germani, Silic, Selen... Các bán dẫn loại này có ý nghĩa khá quan trọng trong kỹ thuật hiện đại.

- Bán dẫn hợp chất: Là hợp chất của các nguyên tố thuộc các nhóm khác nhau trong bảng tuần hoàn và một vài oxit cộng với một số chất có thành phần phức tạp khác.

### **1.3. Đặc điểm và công dụng**

#### **1.3.1. Đặc điểm**

- Các chất bán dẫn thì có tính dẫn điện, nằm trung gian giữa vật liệu dẫn điện và vật liệu cách điện.

+ Điện trở suất:  $\zeta = 10^{-6} \div 10^8 \Omega \text{ cm}$ .

+ Điện dẫn suất:  $\sigma = 10^{-4} \div 10^6 \Omega \text{ cm}$ .

+ Điện trở cách điện:  $r > 10^4$  có thể đạt tới  $10^{18} \Omega \text{ cm}$ .

- Điện dẫn của vật liệu bán dẫn thì phụ thuộc nhiều ở các đối tượng ở bên ngoài như: nhiệt độ, ánh sáng hay các lực cơ học... Ngoài ra, chỉ cần một lượng cực nhỏ tạp chất trong chất bán dẫn cũng gây ra độ dẫn điện đáng kể.

- Các thiết bị điện được chế tạo từ vật liệu bán dẫn có ưu điểm là thời gian làm việc lâu dài, kích thước, trọng lượng nhỏ gọn, làm việc chắc chắn, tin cậy, độ bền cơ học tốt, tiêu thụ công suất nhỏ.

#### **1.3.2. Công dụng**

- Vật liệu bán dẫn dùng nhiều trong chế tạo các linh kiện điện tử.

- Tính điều khiển được điện dẫn của chất bán dẫn bằng nhiệt độ, độ chiếu sáng, điện trường, lực cơ học là cơ sở của nguyên lý làm việc của các nhiệt điện trở, điện trở quang, điện trở phi tuyến, điện trở cảm biến...

- Khi có tiếp giáp P - N trong bán dẫn sẽ xuất hiện lớp chắn gây ra hiệu ứng nắn điện đối với dòng điện xoay chiều. Ứng dụng hiện tượng trên để làm chỉnh lưu công suất lớn cũng như công suất nhỏ, khuếch đại và phát nóng.

## **II. ĐẶC TÍNH DẪN ĐIỆN CỦA CHẤT BÁN DẪN**

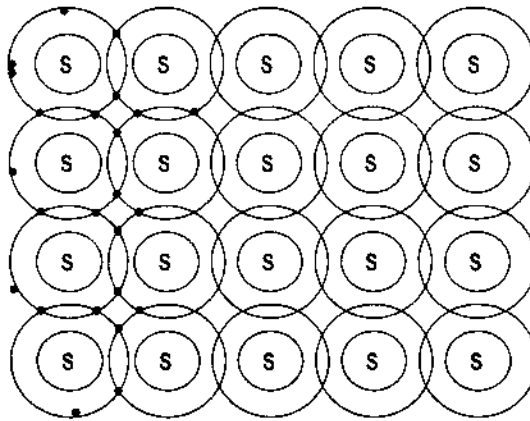
### **2.1. Các loại bán dẫn điện**

#### **2.1.1. Bán dẫn tinh khiết**

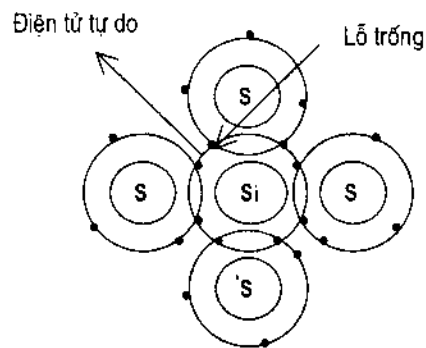
Đặc điểm của chất bán dẫn tinh khiết là mật độ điện tử tự do bằng mật độ lỗ trống.

Xét một chất bán dẫn tinh khiết điển hình Si

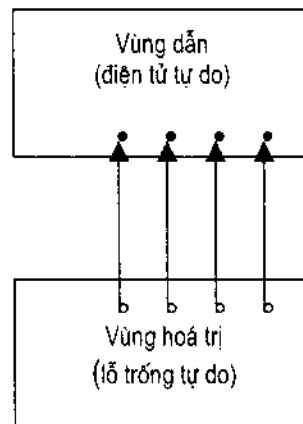
Cấu trúc mạng tinh thể (hình 4.1), cấu trúc vùng năng lượng (hình 4.2) và cơ chế sinh hạt dẫn (hình 4.3) thể hiện trên hình sau:



Hình 4.1. Cấu trúc mạng tinh thể



Hình 4.2. Cấu trúc vùng năng lượng



Hình 4.3. Cơ chế sinh hạt dẫn

- Ta thấy trên hình 4.3 giống như vật liệu cách điện, cấu trúc vùng năng lượng của chất bán dẫn có dạng 3 vùng tách biệt:

+ Vùng cấm nằm giữa.

+ Vùng dẫn là vùng có nhiều mức năng lượng cao còn bỏ trống.

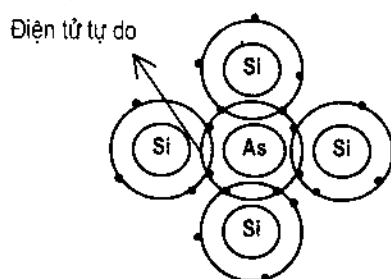
+ Vùng hoá trị là vùng các mức năng lượng đã bị hạt chiếm đầy việc hình thành cơ chế dẫn điện gắn liền với quá trình sinh từng cặp hạt dẫn tự do là điện tử trong vùng dẫn và lỗ trống trong vùng hoá trị nhờ việc ion hoá một nguyên tử Silic.

Kết quả là dòng điện sinh ra trong chất bán dẫn tinh khiết gồm 2 thành phần tương đương nhau (do các cặp sinh đôi điện tử tự do - lỗ trống) đóng góp. Muốn đạt được điều này, cần một năng lượng kích thích đủ lớn (vài eV) để gây quá trình nhảy mức của electron từ vùng hoá trị qua vùng cấm lên vùng dẫn.

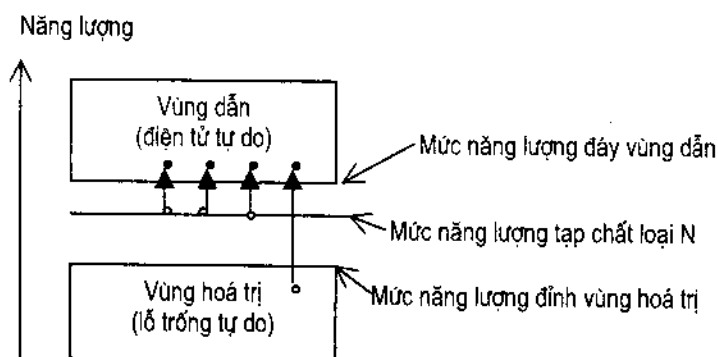
## 2.1.2. Bán dẫn loại N

- Là loại chất bán dẫn có mật độ điện tử nhiều hơn mật độ lỗ trống.

- Khi ta pha các nguyên tố có 5 điện tử hoá trị (Ví dụ: Asen, phot pho...) vào mạng tinh thể của chất bán dẫn tinh khiết (Si, Ge) ta sẽ được bán dẫn loại mới có khả năng dẫn điện chủ yếu bằng điện tử - bán dẫn loại N.



Hình 4.4. Mô hình cấu trúc mạng tinh thể



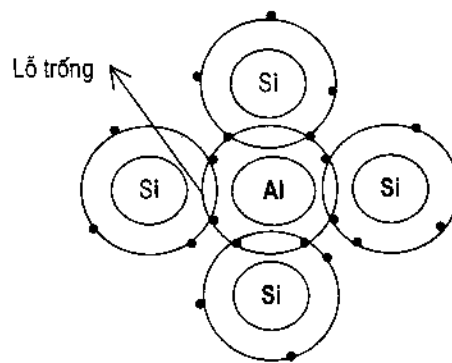
Hình 4.5. Đồ thị năng lượng của chất bán dẫn loại N

- Dòng điện trong chất bán dẫn loại N gồm điện tử và lỗ trống đóng góp việc hình thành các hạt đa số thực hiện dễ dàng trong điều kiện bình thường với năng lượng kích thích nhỏ.

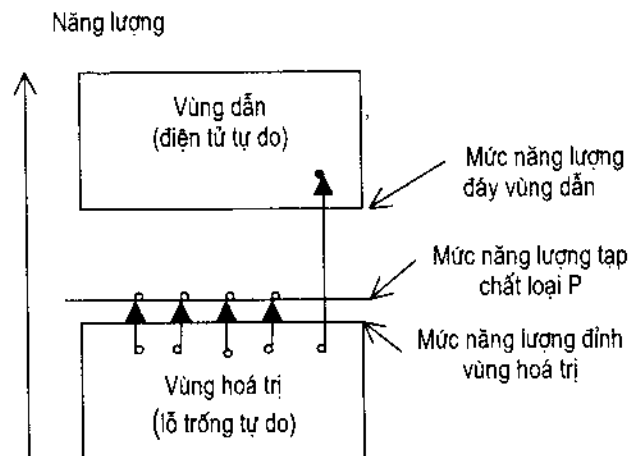
### 2.1.3. Bán dẫn loại P

- Bán dẫn loại P được tạo thành khi ta pha nguyên tố thuộc nhóm 3 (Al, Ga, B...) vào mạng tinh thể Silic.

- Mức năng lượng tạp chất nằm sát đỉnh vùng hoá trị tạo cơ hội nhảy mức cho các điện tử hoá trị và hình thành một cặp ion tạp chất. Không tham gia dòng điện và lỗ trống (là hạt dẫn đa số) điện tử trong cơ chế này là loại hạt thiểu số.



Hình 4.6. Mô hình cấu trúc mạng tinh thể



Hình 4.7. Đồ thị năng lượng của chất bán dẫn loại P

## 2.2. Sự hình thành lớp tiếp giáp

### 2.2.1. Khi chưa có điện trường ngoài

Khi chưa có tác động của điện trường ngoài (hình 4.8a) hệ thống tiếp xúc P - N ở cân bằng động và không có dòng điện qua nó. Các ion dương (bên N) và ion âm (bên P) tạo nên một điện trường cục bộ  $E_{ix}$  hướng từ N sang P làm cân bằng giữa dòng điện khuếch tán (của các hạt dẫn đa số) do chênh lệch nồng độ và dòng điện gia tốc của các hạt dẫn thiểu số, do điện trường nội bộ  $E_{ix}$  gia tốc.

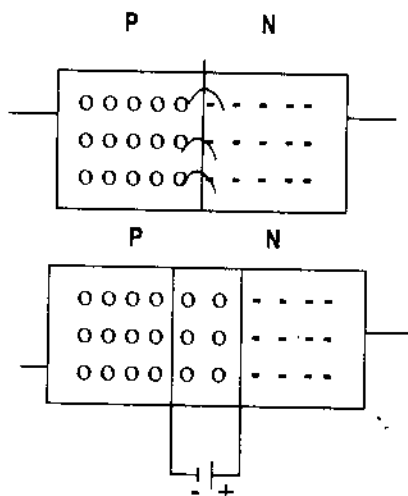
### 2.2.2. Khi có điện trường ngoài

- Khi tác động  $E_{ngoài}$  cùng chiều với  $E_{ix}$  (hướng từ trường ngoài từ vùng N sang vùng P - hình 4.8c) trạng thái cân bằng ban đầu bị phá vỡ, dòng khuếch tán bị cản tới giá trị 0, dòng gia tốc tăng lên nhưng không đáng kể vì do các hạt dẫn thiểu số đóng góp nhanh tới một giá trị bão hoà (cỡ  $10^{-7} \div 10^{-9}A$ ). Ta nói trong trường hợp này tiếp xúc P - N bị khoá (phân cực ngược) và qua nó chỉ có dòng điện ngược nhỏ chạy từ vùng N sang vùng P.

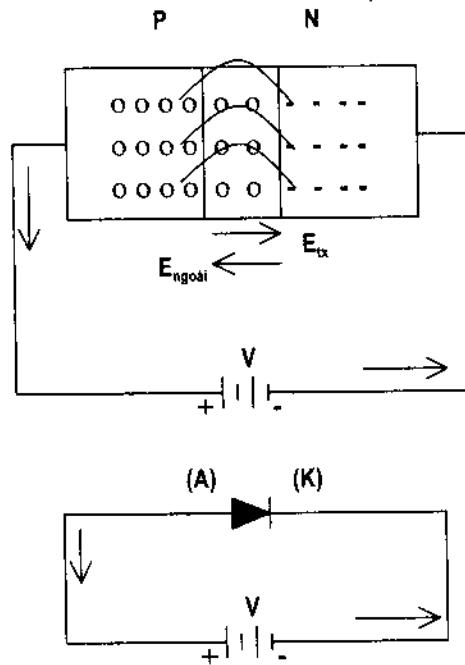
- Khi tác động của  $E_{ngoài}$  ngược chiều  $E_{ix}$  (chiều  $E_{ngoài}$  hướng từ P sang N - hình 4.8b) trạng thái cân bằng cũng bị phá vỡ. Dòng khuếch tán của các hạt đa số tăng mạnh (có giá trị lớn) và dòng gia tốc giảm tới 0. Ta nhận được một tiếp xúc P - N phân cực thuận (được mở).

#### \* Kết luận

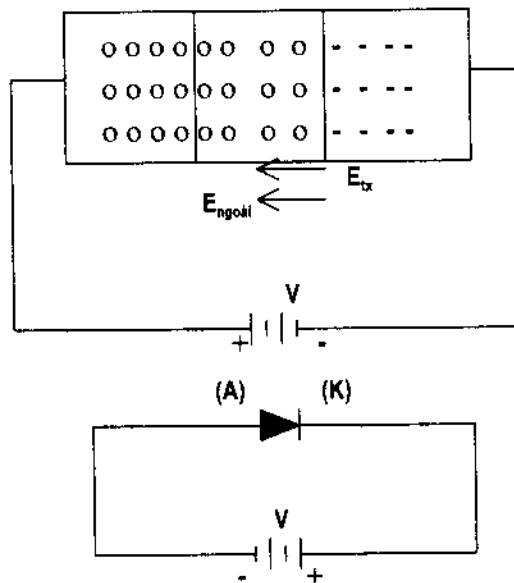
Khi bị khoá, dòng qua nó nhỏ trong khi điện áp đặt vào (hướng từ N sang P) có giá trị lớn (khoảng vài chục Vôn), do đó tiếp xúc có điện trở tương đối lớn. Khi được mở, tiếp xúc dẫn điện tốt với đặc trưng dòng qua nó chạy từ P sang N lớn trong khi điện áp rơi trên nó nhỏ, có chiều từ P sang N, giá trị khoảng vài phần Vôn.



a) Khi chưa có điện trường ngoài



b) Khi có điện trường ngoài ngược chiều  $E_{tx}$



c) Khi có điện trường ngoài cùng chiều  $E_{tx}$

Hình 4.8. Các chế độ cơ bản của tiếp xúc công nghệ P - N

### **III. CÁC NGUYÊN TỐ CÓ TÍNH BÁN DẪN**

#### **3.1. Gecmani**

##### **3.1.1. Sản xuất và cấu tạo**

- Gecmani có trong thiên nhiên dưới dạng mỏ, Ác-gi rôđit ( $9\text{GeS}_2 \cdot 4\text{Ag}_2\text{S}$ ), can findit ( $4\text{Ag}_2(\text{GeSn})\text{S}_2$ ), ( $\text{Cu}_3\text{GeS}$ ).

- Gecmani kim loại sản xuất bằng cách làm giảm ôxy hoá của gecmani đioxit ( $\text{GeO}_2$ ) hay gecmani đisunfua ( $\text{GeS}_2$ ) bằng cacbon, hydro hay magie hoặc có thể sản xuất bằng cách điện phân muối  $\text{K}_2(\text{GeFe})$  nóng chảy hay hoà tan  $\text{GeO}_2$  trong Criolit.

##### **3.1.2. Tính chất**

- Điện trở suất của Gecmani phụ thuộc vào nhiệt độ.

$$\rho = 150 \div 200^\circ\text{C} - \delta_{\max}; \quad \rho = 600 \div 800^\circ\text{C} - \delta_{\min}$$

- Điện dẫn suất thay đổi trong giới hạn động từ  $10^{+3} \Omega^{-1}\text{cm}^{-1} \div 10^{-2} \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ .

- Là một kim loại có màu xám tro sáng, không bị ôxy hoá trong không khí và không bị phân huỷ bởi nước, hoà tan chậm trong chất kiềm ở  $t^\circ > 200 \div 250^\circ\text{C}$  nó phản ứng mạnh với halôgen.

##### **3.1.3. Ứng dụng**

Dùng để chế tạo các bộ tách sóng, các bộ chỉnh lưu phẳng, các Tranzito và các bộ khuếch đại.

#### **3.2. Selen**

##### **3.2.1. Sản xuất và chế tạo**

- Selen được thu từ bùn cặn của việc sản xuất axit Sunfuaric và từ cặn của tinh chế đồng.

- Selen kỹ thuật có độ tinh khiết 90%, người ta luyện tinh theo phương pháp thăng hoa.

##### **3.2.2. Tính chất**

- Điện dẫn suất của Selen nhỏ, ở  $20^\circ\text{C}$  là  $0,083 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$

- Điện trở suất khá lớn, ở  $20^\circ\text{C}$  là  $12 \Omega\text{cm}$  và thay đổi tùy theo mức độ % tinh khiết.

- Selen được trình bày dưới nhiều dạng: vô định hình, dạng tan được, dạng tinh thể màu đỏ, dạng trong suốt...

### **3.2.3. Ứng dụng**

Selen được sử dụng trong kỹ thuật điện để chế tạo tế bào quang điện, chỉnh lưu khô và việc sản xuất điôt selen để tách dòng điện ở tần số cao.

## **3.3. Silic**

### **3.3.1. Sản xuất và chế tạo**

- Được sản xuất bằng cách tổng hợp trong lò điện một hỗn hợp cát thạch anh và than cốc hoặc cát và Cacbua canxi ( $\text{CaC}_2$ ).

### **3.3.2. Tính chất**

- Điện dẫn suất của nó biến đổi trong giới hạn rộng ( $7.10 \div 10^2$ )  $\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$  (Silic thuần khiết).
- Sự biến đổi điện trở suất của Silic theo nhiệt độ tùy thuộc vào mức độ tinh khiết của Silic.
- Silic được thể hiện dưới dạng vật chất tinh thể, có màu tro xám giống như thép với phản chiếu hơi trắng.
- Silic rất dễ bị bể vụn và không được phép gia công dưới áp lực.
- Silic vô định hình khó bị oxy hoá trong không khí như dễ cháy ở nhiệt độ  $700 \div 800^\circ\text{C}$ .
- Silic tinh thể thực tế không tan trong axit.

### **3.3.3. Ứng dụng**

- Silic trong hợp kim với sắt được dùng dưới dạng thép tấm làm lõi biến áp.
- Silic được dùng như chất khử oxy trong luyện kim.
- Silic tinh thể được dùng làm chất bán dẫn điện, sản xuất các loại máy tách sóng, được sử dụng như điện trở trong lĩnh vực tần số rộng hoặc trong những máy khuếch đại.

## **IV. MỘT SỐ LINH KIỆN BÁN DẪN**

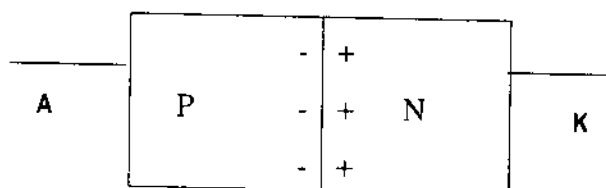
### **4.1. Điôt bán dẫn**

#### **4.1.1. Cấu tạo và ký hiệu**

##### **a) Cấu tạo**

- Điôt bán dẫn cấu tạo bởi 2 chất bán dẫn khác loại:
  - + Loại P: Hạt dẫn điện là lỗ trống.
  - + Loại N: Hạt dẫn điện là điện tử.

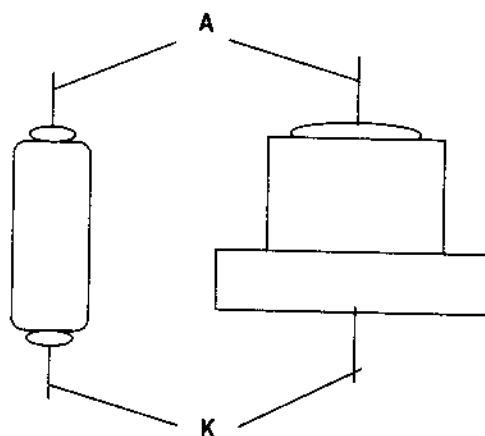
- Khi ghép 2 phiến tinh thể với nhau tạo một linh kiện gọi là diôt. Sự hình thành lớp tiếp giáp thể hiện trên hình 4.9.



**Hình 4.9. Sơ đồ ghép 2 phiến tinh thể**

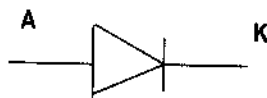
- Diôt có 2 điện cực dẫn ra là cực Anôt (A) ở miền P, cực Catôt (K) ở miền N. Bao quanh lớp tiếp giáp P - N là vỏ bọc bằng thủy tinh, bằng nhựa hoặc kim loại.

Hình dạng diôt được thể hiện trên hình 4.10



**Hình 4.10. Hình dạng của diôt**

b) Ký hiệu

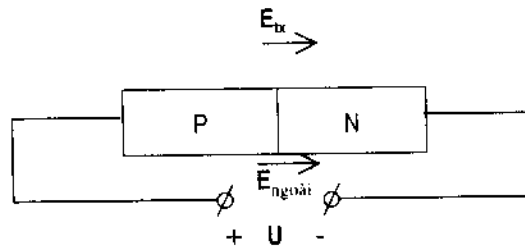


### **4.1.2. Nguyên lý làm việc, đặc tính Vôn - Ampe**

a) Nguyên lý làm việc

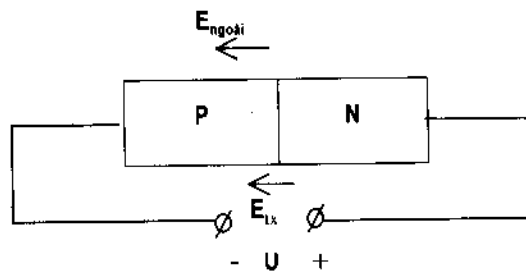
- Nếu ta đặt điện áp  $U$  chiều bên ngoài vào diôt theo chiều thuận: cực (+) vào phiến P, cực (-) vào phiến N. Do điện trường  $E_{ngoài}$  ngược chiều  $E_{ix}$  nên nó sẽ xoá bỏ hàng rào điện

thể dẫn đến các điện tử và lỗ trống tiếp tục khuếch tán sang nhau nên có dòng điện chạy qua linh kiện. Lúc này điốt ở chế độ làm việc.



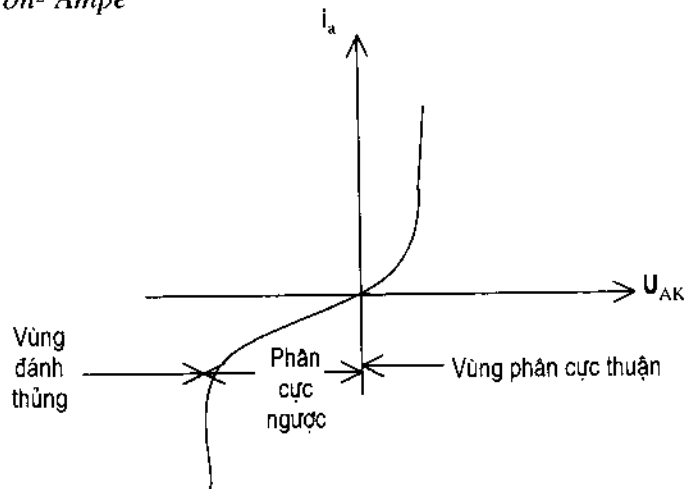
Hình 4.11. Sơ đồ đặt điện áp thuận chiều (có dòng điện chạy qua điốt)

- Nếu đặt điện áp 1 chiều bên ngoài  $E_{ngoài}$  vào điốt theo chiều ngược: cực (+) bên N, cực (-) bên P dẫn đến  $E_{ngoài}$  cùng chiều với  $E_{tx}$  - nó sẽ làm cho hàng rào điện thế vững chắc hơn - các điện tử và lỗ trống không khuếch tán sang nhau được - Điốt phân cực ngược không cho dòng chạy qua.



Hình 4.1.2. Sơ đồ đặt điện áp ngược chiều  
(Không có dòng điện chạy qua điốt)

b) Đặc tính Vôn- Ampe



Hình 4.13. Đồ thị đặc tính điện cực điốt

- Trường hợp phân cực thuận, dòng điện tăng mạnh theo hàm số mũ - điôt có tính dẫn điện rất mạnh.

- Trường hợp phân cực ngược, dòng điện bão hoà, mà dòng điện này quá nhỏ - coi như điôt không dẫn điện.

### 4.1.3. Ứng dụng của điôt bán dẫn

- Dựa vào tính chất dẫn điện theo một chiều của điôt tạo nên mạch tách dòng, mạch chỉnh lưu, mạch hạn chế.

### 4.1.4. Sử dụng và bảo quản

\* Khi sử dụng điôt cần chú ý tới 3 số liệu sau:

- Dòng điện thuận cho phép, nếu dòng điện qua điôt vượt quá giới hạn cho phép thì điôt sẽ cháy.

- Nếu điện áp ngược đặt vào điôt quá lớn, điôt thông cả hai chiều và điôt sẽ bị hỏng.

- Tần số làm việc của điôt: Điôt có thể nắn dòng ở tần số thấp, có thể tách dòng ở tần số cao khác nhau. Ví dụ: Tách sóng âm tần ở máy thu thanh, thu hình, tách sóng hình. Mỗi vị trí cần điôt thích hợp về tần số.

\* Bảo quản

Để nơi khô ráo, thoáng mát. Trước khi sử dụng phải kiểm tra xem điôt còn tốt không?

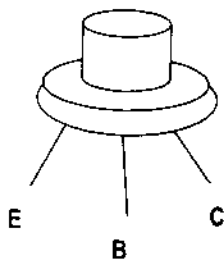
## 4.2. Tranzito

### 4.2.1. Cấu tạo và ký hiệu

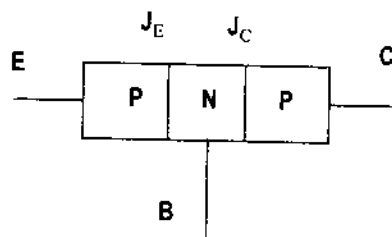
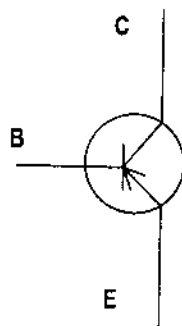
- Tranzito gồm 3 miền, bán dẫn P, N đặt xen kẽ nhau để tạo thành 2 lớp tiếp giáp.

- Tùy theo cách sắp xếp các miền P và N mà ta có 2 loại: Tranzito P-N-P và Tranzito N-P-N

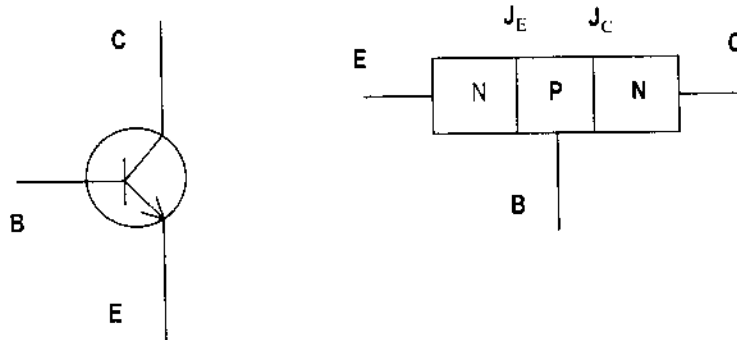
- Tranzito có 3 cực Êmitơ (E), Bazơ (B) và Colectơ (C) chúng có hình dạng và ký hiệu như hình 4.14.



a) Hình dạng chung



b) Tranzito P-N-P

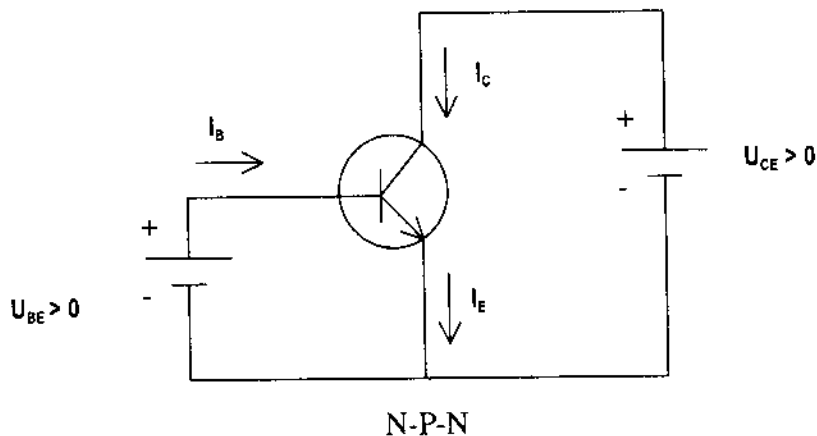


c) Tranzito N-P-N

Hình 4.14. Các dạng Tranzito

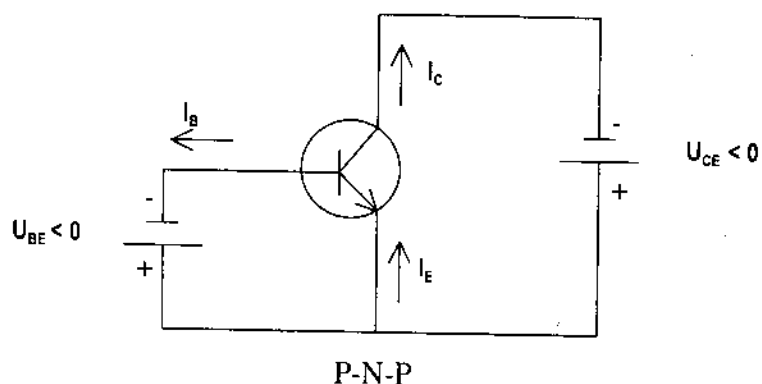
#### 4.2.2. Nguyên lý làm việc

- Để Tranzito làm việc, người ta phải đưa điện áp 1 chiều tới các cực của nó, gọi là phân cực của Tranzito.
- Đối với chế độ khuếch đại thì  $J_E$  phân cực thuận và  $J_C$  phân cực ngược.



Hình 4.15. Sơ đồ Tranzito N-P-N

\* Với Tranzito thuận (N-P-N): Do phân cực thuận, các hạt đa số (lỗ trống) từ miền E phun qua  $J_E$  tạo ra dòng Êmitơ ( $I_E$ ). Chúng tới vùng bazơ tạo thành hạt thiểu số và tiếp tục khuếch tán sâu vào vùng bazơ hướng tới  $J_C$ . Trên đường khuếch tán một phần nhỏ bị tái hợp với hạt đa số của bazơ tạo nên dòng điện cực bazơ  $I_B$ . Do cấu tạo miền bazơ mỏng nên gần như toàn bộ các hạt khuếch tán tới được bờ của  $J_C$  và bị từ trường gia tốc (do  $J_C$  phân cực ngược) cuốn qua tới được miền Colector tạo nên dòng Colector ( $I_C$ ). Vậy  $I_E = I_B + I_C$



**Hình 4.16. Sơ đồ Tranzito P-N-P**

#### **4.2.3. Công dụng**

Tranzito thường được dùng trong các mạch điều khiển, mạch dao động, mạch khuếch đại...

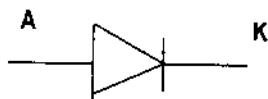
#### **4.2.4. Cách sử dụng**

- Khi sử dụng cần chú ý đến các thông số kỹ thuật như công suất cực đại, tần số làm việc, hệ số khuếch đại, điện áp chịu đựng của các cực, dòng điện cực đại.
- Khi làm việc điện áp dòng điện, công suất vượt quá giới hạn cho phép Tranzito sẽ cháy, sai tần số Tranzito sẽ không làm việc hoặc làm việc không tốt.

### **4.3. Bài tập nhận biết và đo các linh kiện "điốt bán dẫn và Tranzito"**

#### **4.3.1. Điốt bán dẫn**

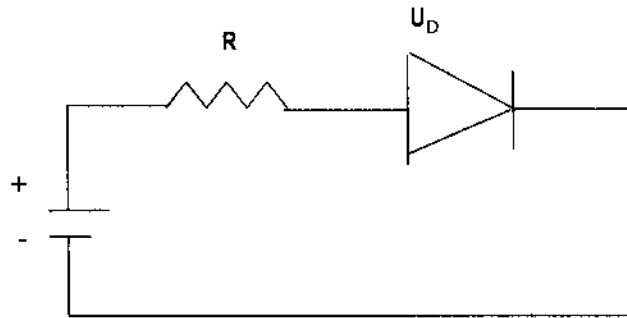
a) Ký hiệu



b) Hình dạng



c) Phân cực

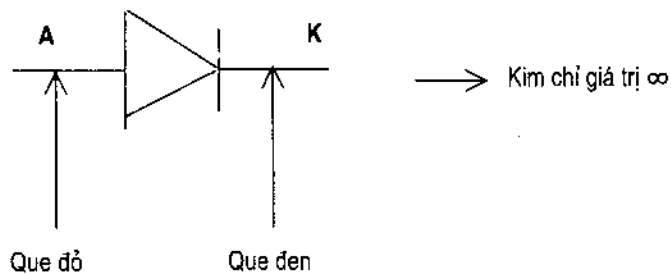
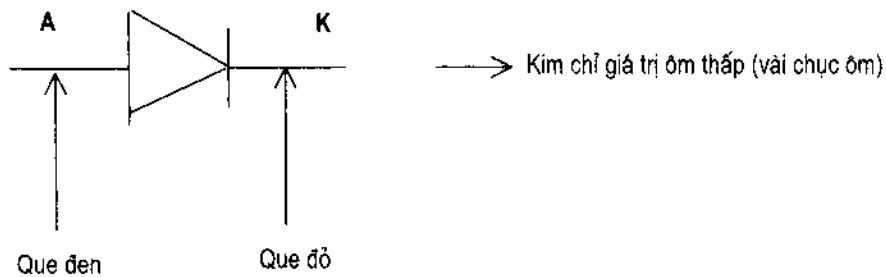


d) Cách đo

- Sử dụng VOM cơ khí.

- Que đen nối với cực (+) của pin đồng hồ, que đỏ nối với cực (-) của pin đồng hồ.

Núm vặn đồng hồ để ở thang đo X1, X10, X100, X1K...

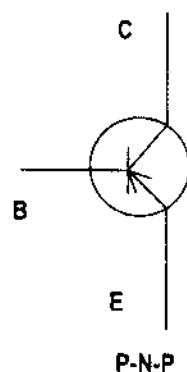
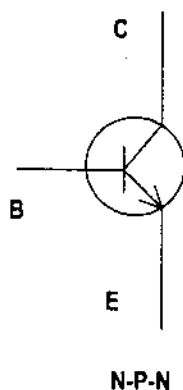


e) Ứng dụng

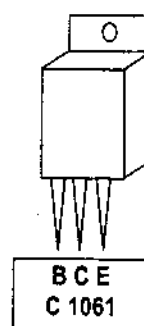
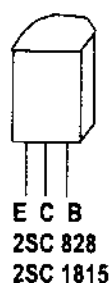
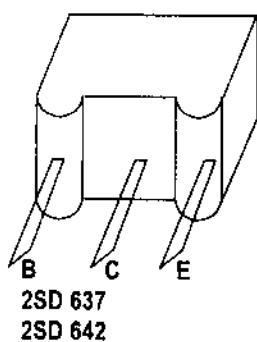
Dùng để chỉnh lưu

### 4.3.2. Tranzito

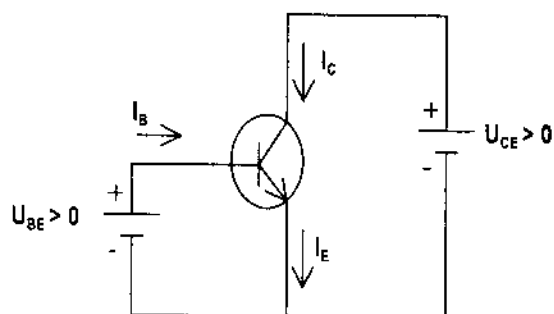
#### a) Ký hiệu



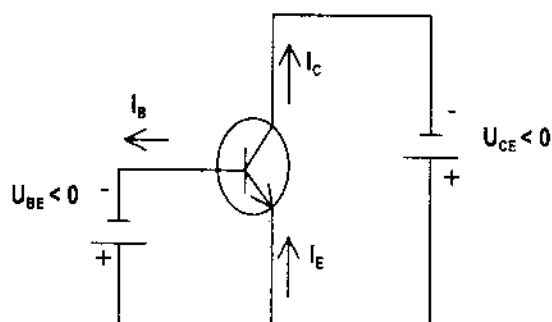
#### b) Hình dạng



#### c) Phân cực



Với Tranzito N-P-N



Với Tranzito P-N-P

d) Cách đo

Dùng thang đo X1, X10, X100.

\* Đối với Tranzito N-P-N

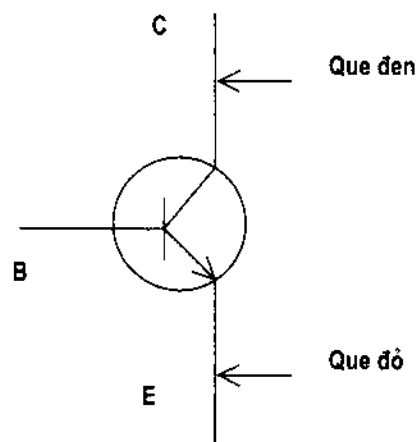
- Que đen nối với B.
- Que đỏ lần lượt nối với C, E => Kim chỉ số ôm thấp trong cả hai lần đo.
- Các trường hợp khác: Kim chỉ số đến  $\infty$  ôm.

\* Đối với Tranzito P-N-P

- Que đỏ nối với B.
- Que đen lần lượt nối với C, E => Kim chỉ số ôm thấp trong cả hai lần đo.
- Các trường hợp khác: Kim chỉ số đến  $\infty$  ôm.

\* Kiểm tra đặc tính khuếch đại dòng của Tranzito.

- Với Tranzito N-P-N: Sử dụng thang đo X10K

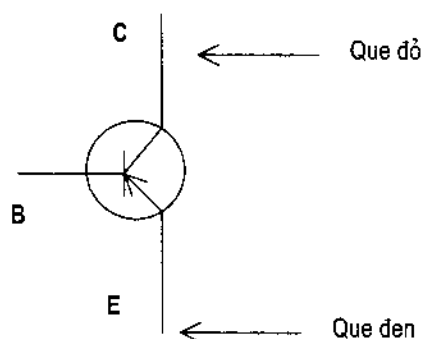


+ Que đen nối với C.

+ Que đỏ nối với E.

+ Dùng tay chạm giữa C và B => Kim chỉ số ôm càng thấp thì hệ số khuếch đại dòng càng cao.

- Với Tranzito P-N-P: Sử dụng thang đo X10K



+ Que đen nối với E.

+ Que đỏ nối với C.

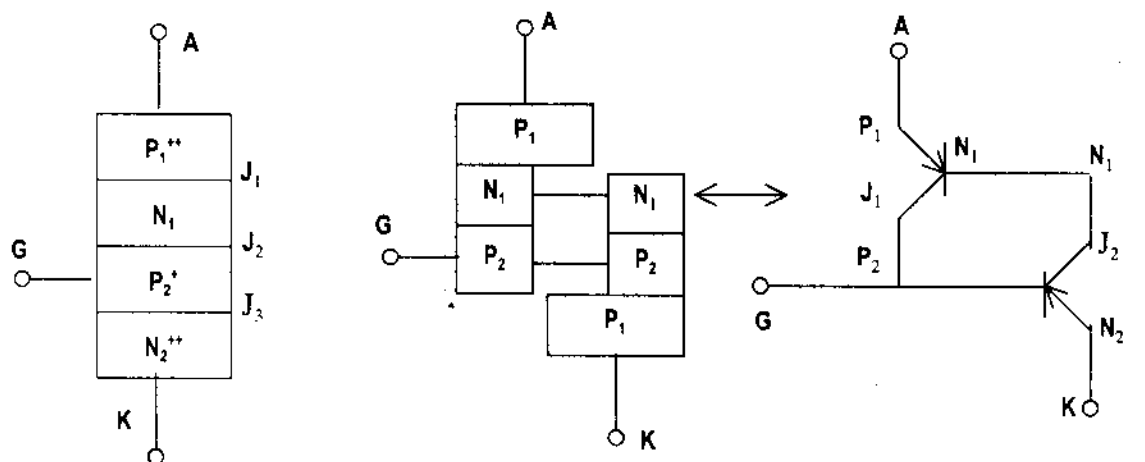
+ Dùng tay chạm giữa C và B => Kim chỉ số ôm càng thấp thì hệ số khuếch đại dòng càng cao.

#### 4.4. Thyristor

Thyristor là một phần tử chỉnh lưu bằng vật liệu bán dẫn Silic có điều khiển được.

##### 4.4.1. Cấu tạo

Thyristor được cấu tạo từ 4 lớp bán dẫn  $P_1 - N_1 - P_2 - N_2$  đặt xen kẽ nhau (trên đế  $N_1$  điện trở cao, tạo ra 2 lớp  $P_1^{++}$  và  $P_2^+$ , sau đó tiếp  $N_2^{++}$ ) giữa các lớp bán dẫn này hình thành các chuyển tiếp P - N lần lượt là  $J_1, J_2, J_3$  và lấy ra 3 cực là Anôt (A), Catôt (K) và cực khống chế G.

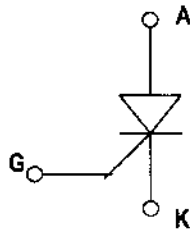


a, b) Cấu trúc 4 lớp P-N của Thyristor

c) Sơ đồ tương đương

Hình 4.17. Sơ đồ cấu trúc Thyristor

\* Ký hiệu:

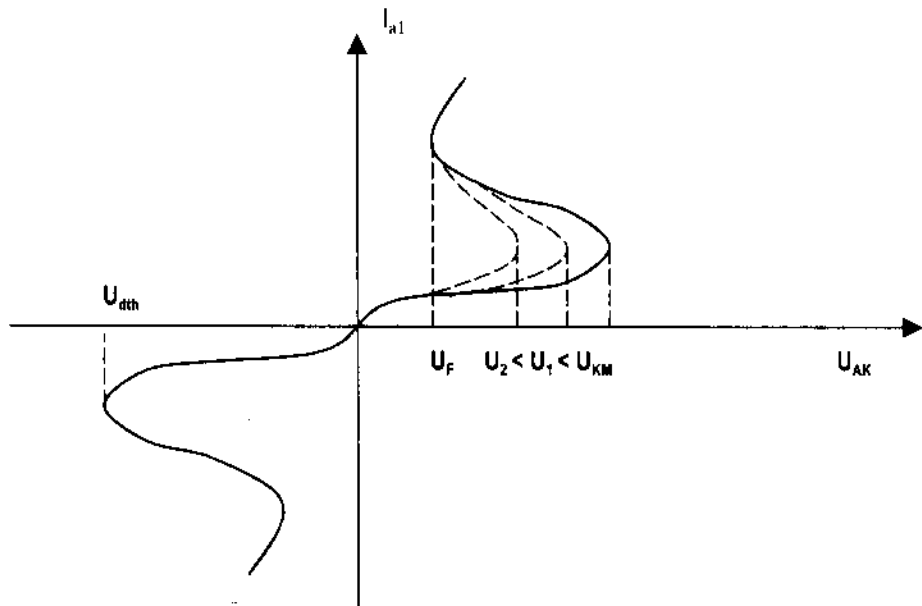


#### 4.4.2. Nguyên lý làm việc

- Khi cực G hở mạch ( $i_G = 0$ ).

+ Nếu  $U_{AK} < 0$  lúc này tiếp giáp  $J_1$  và  $J_3$  được phân cực ngược, còn  $J_2$  được phân cực thuận. Dòng  $I_A < 0$  và có trị số âm rất nhỏ. Chỉ khi  $U_{AK} < U_{dth}$  thì dòng ngược qua đèn tăng nhanh.

+ Nếu  $U_{AK} > 0$  chuyển tiếp  $J_1, J_3$  lúc này được phân cực thuận còn  $J_2$  phân cực ngược nên  $U_{AK}$  được đặt cả nên tiếp giáp  $J_2$ . Khi  $U_{AK}$  đủ lớn (bằng giá trị điện áp kích mở) tiếp giáp  $J_2$  bị đánh thủng đèn chuyển sang trạng thái mở hoàn toàn - điện áp trên 2 cực của đèn hạ xuống trị số cực tiểu là bằng  $U_F$ .



Hình 4.18. Đồ thị đường đặc tuyến Vôn - Ampe của Thyristor

- Khi  $I_G > 0$  (đặt  $U_{AK} > 0$ ) đèn được mở ở các điện áp nhỏ hơn  $U_{KM}$ ,  $I_G$  càng lớn điện áp đèn càng nhỏ (như trên đường đặc tuyến).

\* Kết luận:

Có 2 phương pháp kích mở Thyristor:

- + Phương pháp kích mở tự nhiên: không sử dụng cực điều khiển G.
- + Phương pháp kích mở dùng cực điều khiển: có sử dụng cực điều khiển G.

### 4.4.3. Công dụng

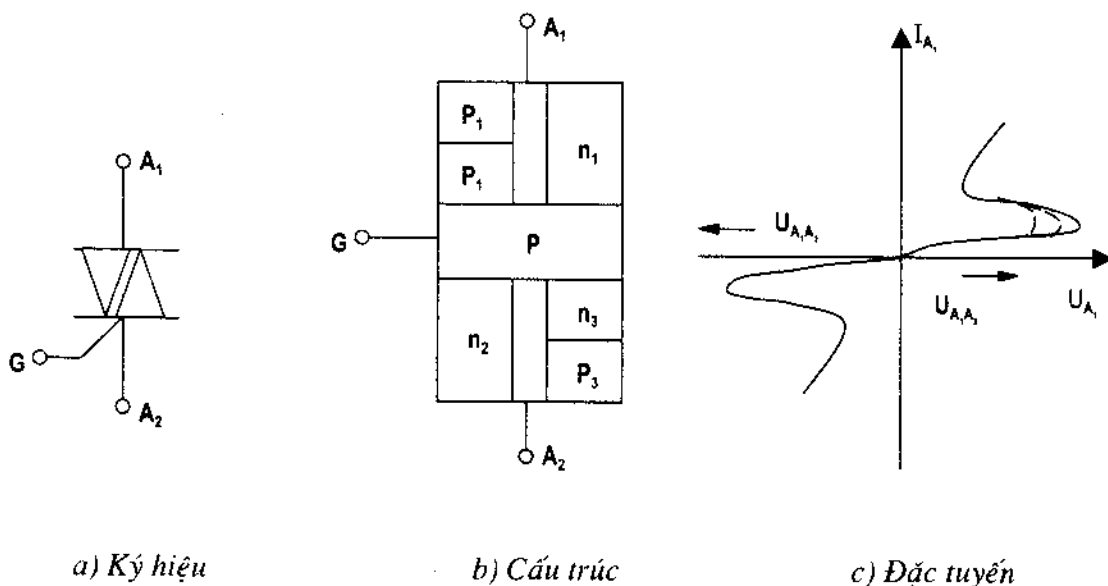
- Ứng dụng nhiều trong kỹ thuật điện tử với các mạch chỉnh lưu có khống chế kiểu pha sung, mạch khống chế pha.
- Dùng để điều khiển dòng điện qua đèn.

## 4.5. Triac

### 4.5.1. Đặc điểm

Triac có khả năng dẫn điện theo cả 2 chiều.

### 4.5.2. Cấu tạo



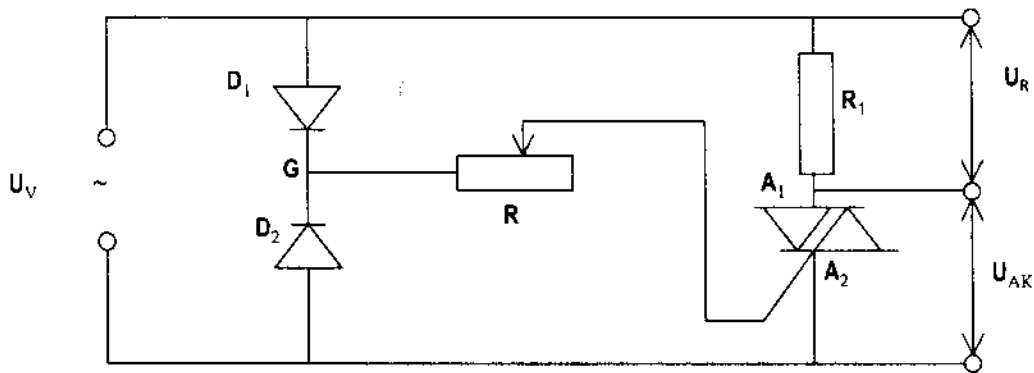
Hình 4.19. Ký hiệu, cấu tạo và đường đặc tuyến Triac

- Triac có cấu trúc như hình 4.19b, qua đó ta thấy Triac có cấu tạo tương đương với hai Thyristor mắc song song ngược chiều nhau nhưng có chung cực điều khiển G, vì vậy ngoài cực điều khiển hai cực còn lại được gọi là  $A_1$  và  $A_2$ .  $A_1$  và  $A_2$  vừa đóng vai trò là Anôt, vừa đóng vai trò là Catôt, phụ thuộc vào điện áp phân cực  $U_{A_1,A_2}$ .

- + Khi  $U_{A_1A_2} > 0$  thì  $A_1$  là Anôt,  $A_2$  là Catôt.
- + Khi  $U_{A_1A_2} < 0$  thì  $A_1$  là Catôt,  $A_2$  là Anôt.
- Đặc tuyến Vôn-Ampe của Triac giống như nhánh thuận đặc tuyến Vôn-Ampe của Thyristor và ở cả góc thứ 3 khi  $U_{A_1A_2} < 0$ .

#### 4.5.3. Ứng dụng

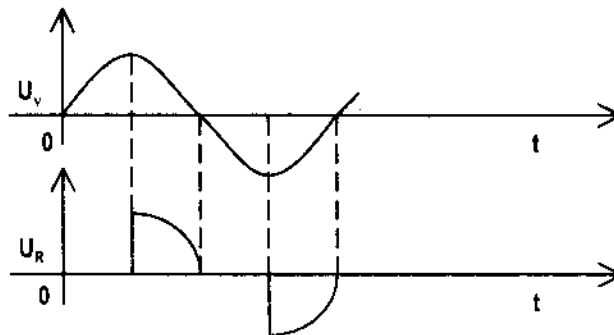
- Ứng dụng phổ biến trong các bộ biến đổi xoay chiều hoặc như một công tắc không tiếp điểm.
- Sơ đồ ứng dụng của Triac trong bộ biến đổi xoay chiều 1 pha được trình bày như sau:



Hình 4.20. Sơ đồ ứng dụng Triac trong bộ biến đổi xoay chiều

#### Nguyên lý làm việc

- Ở nửa chu kỳ cực (+) của điện áp xoay chiều đầu vào  $D_1$  mở,  $D_2$  khoá, dòng điều khiển qua  $D_1$ , qua R, qua cực G (cực G dương so với  $A_2$ ).
  - Ở nửa chu kỳ cực (-) thì  $D_1$  khoá,  $D_2$  mở, dòng điều khiển qua  $D_2$ , qua R, qua cực G.
- Điều chỉnh  $R_1$  sẽ khống chế được điểm bắt đầu mở của Triac.



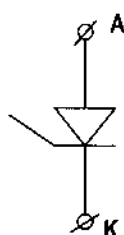
Hình 4.21. Đồ thị nguyên lý làm việc của Triac

## 4.6. Một số dụng cụ bán dẫn đặc biệt

### 4.6.1. Điốt ổn áp

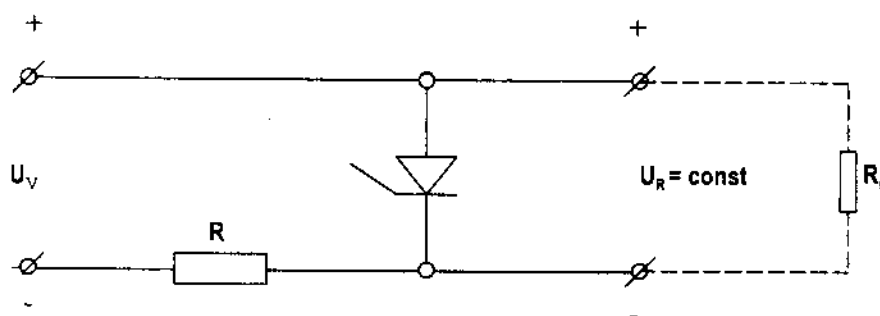
- Nhiệm vụ của điốt ổn áp là để ổn định điện áp 1 chiều.
- Điốt ổn áp có cấu tạo cơ bản giống như các điốt thường

Ký hiệu



Sử dụng

Thường được mắc hay nối ở đâu ra nguồn điện 1 chiều



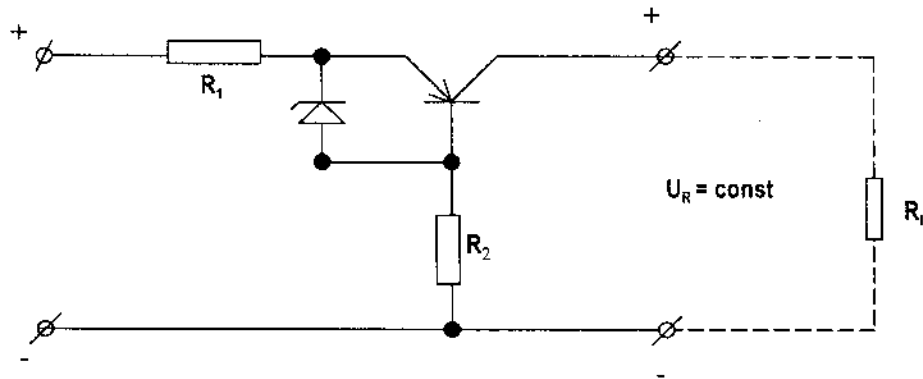
**Hình 4.22. Sơ đồ cách mắc điốt ổn áp**

$U_V$  có thể thay đổi nhưng  $U_R$  luôn có giá trị ổn định.

Chú ý:

- Khi chọn điốt ổn áp phải căn cứ vào các yêu cầu sau:
  - + Điện áp ổn áp nhỏ nhất 5V, 6V, 9V, 12V, 24V
  - + Dòng điện chạy qua ổn áp định mức ( $I_{DM}$ ) là dòng ngược có tính chất ổn định lâu dài.
  - + Khi mắc thì không được nối vào phía cực (+), Anốt được nối vào phía cực (-).
  - + Khi sử dụng mạch thông thường như trên thì nó đáp ứng ổn định điện áp là 10%.

- Để có giá trị điện áp ổn định ở dải rộng hơn ta dùng kết hợp diốt ổn áp với Tranzito (với dạng này điện áp ổn định là 30%).

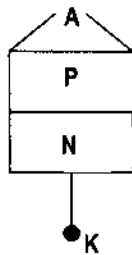


Hình 4.23. Sơ đồ mắc diốt ổn áp kết hợp với Tranzito

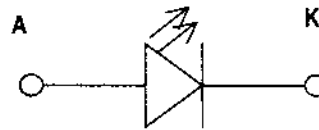
#### 4.6.2. Diốt phát quang (LED)

- LED là một linh kiện phổ thông của quang điện tử, nó có các ưu điểm là: tần số hoạt động cao, thể tích nhỏ, công suất tiêu hao ít.

\* Cấu tạo:



\* Ký hiệu



- LED không cần tinh lọc mà vẫn cho ra ánh sáng màu, sự phát sinh ánh sáng của LED dựa trên nguyên tắc hoàn toàn khác với bóng đèn sợi đốt và bóng đèn neon.

- Trong LED, proton được phóng thích nhờ quá trình tác hợp giữa điện trở và lỗ trống. LED có cấu trúc là một lớp chuyển tiếp P-N và cũng có đặc trưng kỹ thuật như các diốt thông thường, như có chiều dẫn điện và có chiều không dẫn điện. Tuy nhiên, LED có điện áp mở cao (1,63V) và điện áp ngược thấp (350V).

- Các vật liệu quan trọng để cho ra ánh sáng thấy được.

+ Gali Asen (GaAs): Cho ánh sáng hồng ngoại đỏ.

+ Gali Asen phot pho (GaAsP): Cho ánh sáng đỏ vàng.

+ Gali phot pho (GaP): Cho ánh sáng đỏ, vàng và cam.

Ngoài các LED có độ sáng bình thường người ta còn chế tạo ra các LED cực sáng cho các mục đích đặc biệt.

Ví dụ: GaN cho ánh sáng xanh lá cây cực sáng.

AlInGaP cho ánh sáng vàng cực sáng.

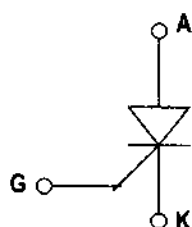
Ứng dụng:

- LED trong các bộ ghép quang, dùng để cách ly quá tải.
- LED nhấp nháy với điện áp 220V cho mạch, đèn trang trí.
- LED trong mạch báo điện áp ắc - quy thấp.

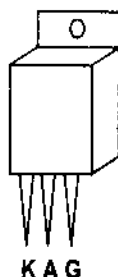
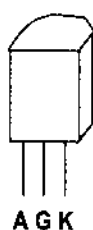
### 4.7. Bài tập nhận biết và đo các linh kiện: Thyristor, triac và diôt ổn áp

#### 4.7.1. Thyristor

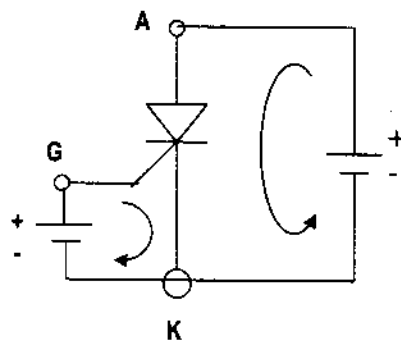
a) Ký hiệu



b) Hình dạng



c) Phân cực



- Để Thyristor hoạt động dẫn điện thì cần phân cực thuận cho nó. Tức  $U_{AK} > 0$  và cần một xung điều khiển có  $U_{GK} > 0$ .

- Khi tạo tác động mất nguồn điều khiển, Thyristor vẫn duy trì ở trạng thái dẫn. Để Thyristor ngưng dẫn, dòng điện qua mối nối AK phải thấp hoặc bằng 0 hoặc phải đặt điện áp phân cực ngược  $U_{AK} < 0$ .

*d) Cách đo*

- Dùng thang đo X1, X10, X100, X1K. Đặt que đen tới G, que đỏ tới K thì kim chỉ số ôm nhỏ.

- Đảo chiều que đo và đo các cặp chân kim đều nằm ở vị trí  $\infty$  ( $\Omega$ ). Khi gán que đen với chân A, que đỏ với chân K, dùng tay kích tại G hoặc dùng chính kim đồng hồ kích tại A và G (nối tắt A - G tức thời) thì kim đồng hồ chỉ số ôm nhỏ. Điều đó chứng tỏ Thyristor còn tốt.

Chú ý: Chỉ số ôm nhỏ này vẫn duy trì mặc dù ta ngưng kích vào chân G.

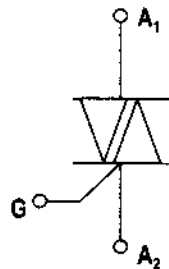
*e) Ứng dụng*

Sử dụng để thực hiện:

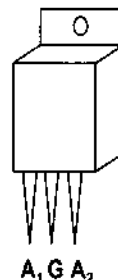
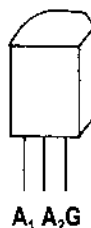
- Làm khóa điện có điều khiển.
- Dùng trong mạch bảo vệ.

**4.7.2. Triac**

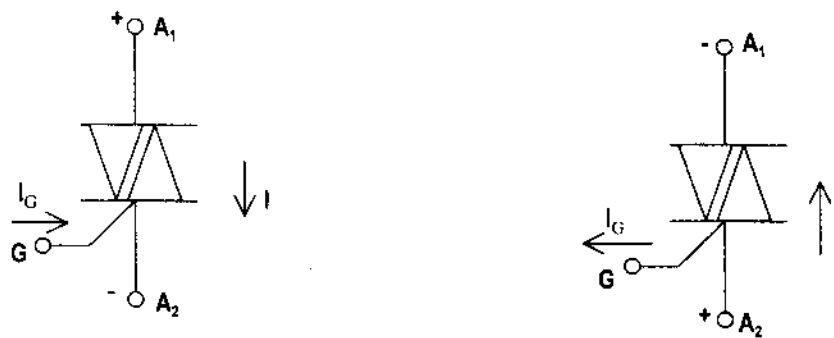
*a) Ký hiệu*



*b) Hình dạng*



*c) Phân cực*



a)  $I_G > 0$  Triac dẫn dòng từ  $A_1$  đến  $A_2$

b)  $I_G < 0$  Triac dẫn dòng từ  $A_2$  đến  $A_1$

**Hình 4.24. Sơ đồ dòng điện chạy trong Triac**

- Nếu dòng điện kích  $I_G$  dương (+) (hình 2.24a) thì Triac cho dòng điện chạy từ  $A_1$  đến  $A_2$  nếu  $U_{A_1} > U_{A_2}$ .

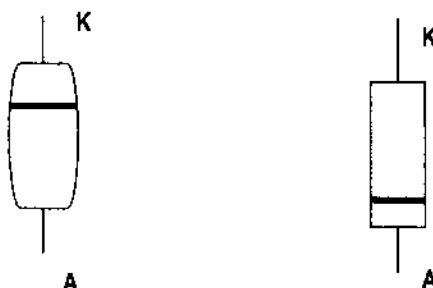
- Nếu dòng điện kích  $I_G$  âm (-) (hình 2.24b) thì Triac cho dòng điện chạy từ  $A_2$  đến  $A_1$  nếu  $U_{A_1} < U_{A_2}$ .

**4.7.3. Điốt ổn áp (Điốt zener)**

*a) Ký hiệu*



*b) Hình dạng*

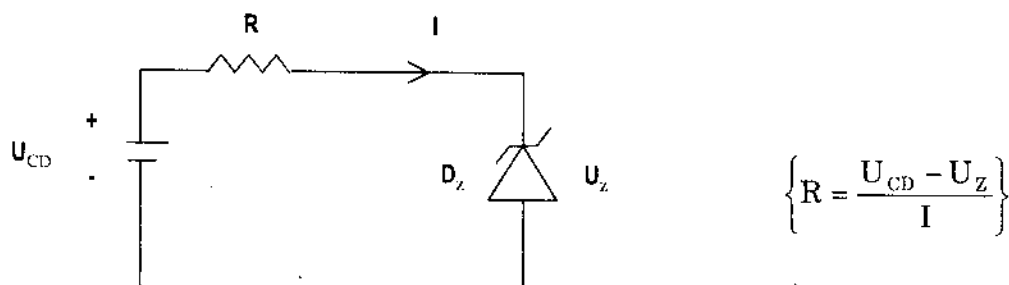


BZ 12

V dụ: BZ 12 là zener có điện áp nghịch đánh thủng là 12V (ổn áp 12V).

c) Phân cực diốt Zener

- Khi được phân cực ngược, Zener sẽ hoạt động với chức năng ổn áp



- Đối với diốt Zener có công suất nhỏ, để diốt Zener hoạt động mà không sai hỏng thì tính toán cho dòng điện qua nó nhỏ hơn 20mA (dòng này còn phụ thuộc vào giá trị  $U_Z$  của từng diốt).

- Các diốt Zener có  $U_Z$  lớn thì chọn dòng điện I nhỏ hơn loại có  $U_Z$  nhỏ (do cùng một công suất chịu đựng).

d) Cách đo diốt zener

Cách đo giống như một diốt thường nhưng đối với Zener có  $U_Z$  thấp, độ rỉ khi đo chiều nghịch (đen nối với K, đỏ nối với A) cao hơn diốt Zener có  $U_Z$  cao.

e) Ứng dụng

Sử dụng trong các thiết bị điện để bảo vệ như: ổn áp, bảo vệ mạch...

## V. MỘT SỐ LINH KIỆN KHÁC

### 5.1. Điện trở

#### 5.1.1. Phân loại, cấu tạo, công dụng

a) Phân loại

Theo giá trị của điện trở trong quá trình làm việc có 2 loại sau:

- Điện trở không đổi là các điện trở có giá trị xác định ( $\Omega$ ,  $K\Omega$ ,  $M\Omega$ ).
- Điện trở biến đổi là các điện trở có giá trị thay đổi được.

+ Điện trở thay đổi theo nhiệt độ (Thermisto), còn gọi là phần tử cảm biến nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng thì R giảm.

+ Điện trở thay đổi theo điện áp (Varistor), còn gọi là biến trở.

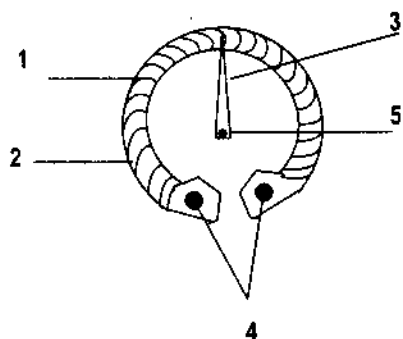
Theo vật liệu cấu tạo ta có: điện trở than, điện trở màng kim loại, điện trở ôxit kim loại, điện trở dây quấn.

### b) Cấu tạo

\* Điện trở không đổi: Làm bằng màng kim loại, bột than và bằng sợi kim loại.

- Loại màng kim loại và bột than có cấu tạo giống nhau, gồm: ống gốm, ngoài ống có một lớp màng kim loại hoặc bột than, các vành kim loại ở hai đầu, các cực ra. Lớp ngoài cùng là men hoặc sơn bảo vệ điện trở.

- Loại làm bằng sợi kim loại gồm: Sợi kim loại (thường làm bằng Constantan hoặc Nicrom) quấn trên một lõi gốm. Lớp men chống bẩn và ôxy hoá.



1. Ống chất dẻo hình móng ngựa  
2. Lớp màng dẫn điện  
3. Con trượt

4. Các cực ra của điện trở  
5. Trục

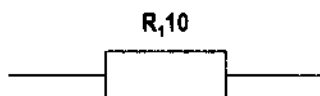
**Hình 4.25. Cấu tạo biến trở**

### \* Biến trở

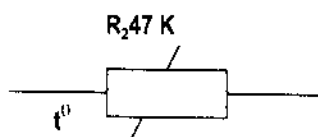
Biến trở gồm lớp màng dẫn điện (2) (là hỗn hợp Graphit với một số chất khác) phủ lên bản chất dẻo hình móng ngựa (1); con trượt (3) quay quanh trục (5), một đầu tì lên màng dẫn điện (2); các điện cực (4) (hình 4.25).

### Ký hiệu

- Điện trở không đổi.



- Điện trở thay đổi theo nhiệt độ.



- Điện trở thay đổi theo điện áp



### c) Công dụng

- Tạo ra sụt áp khi cần thiết. Ví dụ: Dùng trong mạch mở máy động cơ không đồng bộ.
- Để phân áp phù hợp với các yêu cầu sử dụng.
- Để cấp các nguồn tín hiệu cho các linh kiện bán dẫn.

### 5.1.2. Cách xác định trị số của điện trở

#### a) Ghi trực tiếp giá trị của điện trở

- Đơn vị  $\Omega$  thường không ghi hoặc ghi tắt là E.
- Đơn vị  $K\Omega$  ghi tắt là K.
- Đơn vị  $M\Omega$  ghi tắt là M.

Ví dụ: Trên phân ký tự ta có:  $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 47K\Omega$ ,  $R_3 = 47M\Omega$ ,  $R_4 = 10 K\Omega$

#### b) Ghi gián tiếp qua các vòng màu

Bảng quy ước các vòng màu

| Màu    | Vòng 1, 2 chỉ con số có nghĩa | Vòng 3 chỉ hệ số nhân | Vòng 4 chỉ sai số % |
|--------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Đen    | 0                             | $\times 10^0$         |                     |
| Nâu    | 1                             | $\times 10^1$         |                     |
| Đỏ     | 2                             | $\times 10^2$         |                     |
| Da cam | 3                             | $\times 10^3$         |                     |
| Vàng   | 4                             | $\times 10^4$         |                     |

| Màu               | Vòng 1, 2 chỉ con số có nghĩa | Vòng 3 chỉ hệ số nhân | Vòng 4 chỉ sai số % |
|-------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Xanh lục          | 5                             | $\times 10^5$         |                     |
| Xanh lơ           | 6                             | $\times 10^6$         |                     |
| Tím               | 7                             | $\times 10^7$         |                     |
| Xám               | 8                             | $\times 10^8$         |                     |
| Trắng             | 9                             | $\times 10^9$         |                     |
| Kim nhũ           |                               | $\times 10^{-1}$      | 5%                  |
| Bạc               |                               | $\times 10^{-2}$      | 10%                 |
| Màu thân điện trở |                               |                       | 20%                 |

Cách đọc giá trị điện trở theo quy ước màu

- Vòng màu 1,2 chỉ con số có nghĩa.
- Vòng màu 3 chỉ hệ số nhân.
- Vòng màu 4 chỉ sai số %.

*Ví dụ:* Một điện trở có các vòng màu 1-Vàng , 2 - Tím, 3 - Đỏ, 4 - Bạc. Vậy trị số của điện trở đó là  $4700 \Omega$  với sai số 10%.

### **5.1.3. Sử dụng**

- Sử dụng điện trở cần đảm bảo đúng trị số và công suất.
- Để tạo ra các giá trị trung gian ta mắc nối tiếp hoặc song song các điện trở lại tùy theo yêu cầu sử dụng.

*Ví dụ:* Cần có một điện trở có giá trị  $1K\Omega$ , công suất 2W nhưng chỉ có các điện trở  $2K\Omega$ , 1W. Vậy ta phải mắc song song điện trở với nhau.

- Khi sử dụng phải biết dùng Ôm kế để đo điện trở. Nếu số đo điện trở lớn vô cùng thì chứng tỏ điện trở đã cháy. Nếu số đo điện trở lớn hơn nhiều so với giá trị ghi trên điện trở là điện trở hỏng.

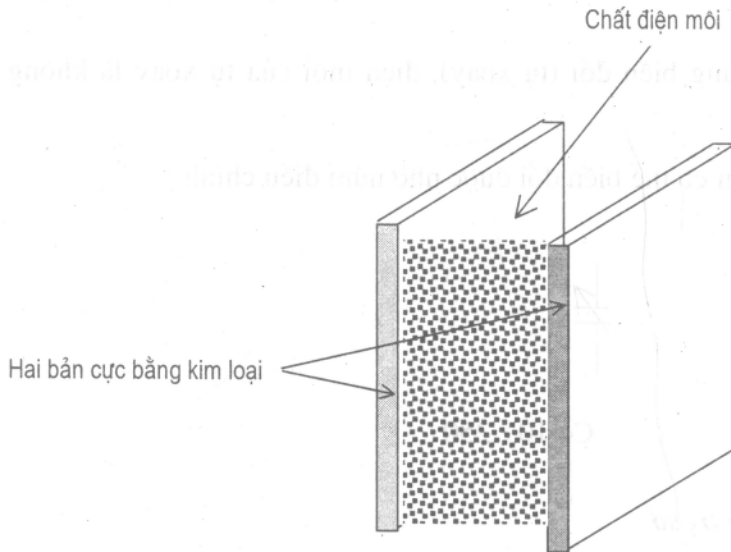
## **5.2. Tụ điện**

### **5.2.1. Công dụng**

Tụ điện dùng để phân đường tín hiệu, để nối các tầng khuếch đại, để lọc nguồn và dùng trong các mạch dao động.

### 5.2.2. Cấu tạo

Tụ điện gồm 2 bản cực, giữa 2 bản cực cách điện với nhau bằng chất điện môi như: dầu, giấy hoá học, mica, ...

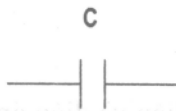


Hình 4.26. Cấu tạo tụ điện

### 5.2.3. Phân loại và ký hiệu tụ điện

- Tụ giấy: có kích thước nhỏ dùng để phân đường tín hiệu, ngăn nối tầng lọc trong các mạch khác nhau (tần số thấp) có điện áp 1 chiều và xoay chiều. Chất cách điện trong tụ giấy làm bằng nhiều loại giấy mỏng cách điện, không thấm nước, còn đầu lấy ra làm bằng các lá kim loại rất mỏng,  $R_{cd}$  của tụ lớn, khoảng  $500M\Omega$ .

Ký hiệu



- Tụ hoá: lớp điện môi là lớp ôxít phủ trên kim loại là một bản của tụ điện (cực dương), bản thứ 2 (cực âm) của tụ làm bằng chất điện phân nối tiếp giáp với lớp ôxít. Kim loại làm cực dương bằng lá nhôm hay Titan. Đặc điểm của tụ hoá là có điện dung lớn với kích thước bé nhưng tổn hao lớn và dòng rò qua tụ tương đối lớn.

Ký hiệu:



+ Tụ hoá dùng trong các bộ nắn điện, dùng để chắn và ghép trong các mạch tần số thấp cũng như trong các bộ khuếch đại bằng bán dẫn, tụ hoá dùng chủ yếu trong các mạch một chiều và xung.

+ Khi sử dụng tụ hoá phải mắc đúng cực tụ hoá với các nguồn điện, nếu mắc ngược tụ hoá sẽ hỏng.

- Tụ điện có điện dung biến đổi (tụ xoay), điện môi của tụ xoay là không khí hay bằng chất điện môi cứng.

Điện dung của tụ điện có thể biến đổi được nhờ núm điều chỉnh.

Ký hiệu



C4 10 ÷ 250

### **5.2.4. Cách xác định trị số**

- Trên sơ đồ, cạnh ký hiệu tụ điện có các chữ và số kèm theo với nội dung.

+ Cn: Linh kiện là tụ điện thứ n. Con số đứng sau Cn là số đo điện dung của tụ điện. Sau số đo là đơn vị đo.

- Điện dung của tụ điện ký hiệu là C, đơn vị đo là Fara, ký hiệu là F nhưng thường dùng là pF, nF,  $\mu$ F.

$$1\text{pF} = 10^{-6}\text{F}$$

Ví dụ: Tụ điện C4 10 ÷ 250, C4 chịu điện áp 10 ÷ 250.

### **5.2.5. Sử dụng**

- Khi sử dụng cần chú ý đến điện dung của tụ điện và điện áp chịu đựng của tụ.

- Khi sử dụng phải biết kiểm tra chất lượng của tụ bằng Ôm kế, xác định được cực âm (-) và cực dương (+) của tụ hoá.

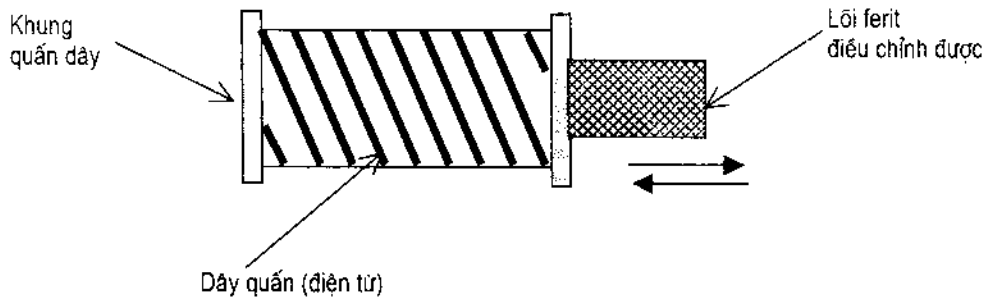
## **5.3. Cuộn cảm**

### **5.3.1. Công dụng**

Cuộn cảm thường dùng để ghép các tầng khuếch đại, dùng trong các mạch dao động, mạch lọc...

### 5.3.2. Cấu tạo

Cuộn cảm là cuộn dây quấn bằng dây điện từ. Để tăng độ tự cảm người ta đặt vào trong lòng khung một lõi ferit. Điều chỉnh độ tự cảm của cuộn cảm bằng cách điều chỉnh vị trí của lõi ferit.



Hình 4.27. Cấu tạo cuộn cảm

### 5.3.3. Phân loại và ký hiệu

#### a) Theo trị số

- Cuộn cảm có điện cảm không đổi.

Ký hiệu:



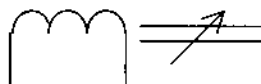
- Cuộn cảm có điện cảm thay đổi.

Ký hiệu:



- Cuộn cảm có lõi điều chỉnh.

Ký hiệu:



### *b) Theo cấu tạo*

- Cuộn cảm có lõi.
- Cuộn cảm không có lõi.

### *c) Theo công dụng*

- Cuộn cảm dao động (dùng trong các mạch dao động).
- Cuộn cảm cao tần.
- Cuộn cảm âm tần.
- Cuộn cảm ghép.

### **5.3.4. Tính chất**

- Điện cảm của cuộn cảm đặc trưng cho điện trường tạo ra từ trường và quá trình trao đổi tích lũy những từ trường cuộn dây.

- Điện cảm của cuộn cảm phụ thuộc chủ yếu vào kích thước hình dạng và số vòng dây. Kích thước, số vòng càng lớn điện cảm càng lớn.

- Ngoài ra, lõi và màn chắn cũng ảnh hưởng nhiều đến trị số điện cảm. Lõi sẽ làm tăng điện cảm, màn chắn sẽ làm giảm điện cảm.

## CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG IV

1. So sánh tính chất của bán dẫn loại N và bán dẫn loại P.
2. Trình bày sự hình thành lớp tiếp giáp.
3. Nêu cấu tạo, nguyên lý làm việc, ký hiệu và ứng dụng của điốt bán dẫn.
4. Nêu cấu tạo, nguyên lý làm việc, ký hiệu và ứng dụng của Tranzitor.
5. Nêu cấu tạo, nguyên lý làm việc, ký hiệu và ứng dụng của Thyristor.
6. Nêu cấu tạo, nguyên lý làm việc, ký hiệu và ứng dụng của Triac.
7. Trình bày cách xác định trị số của điện trở. Lấy ví dụ minh họa.
8. Trình bày các loại tụ điện và ký hiệu của chúng.
9. Nêu cấu tạo, công dụng và ký hiệu của cuộn cảm.

## *Chương V*

# VẬT LIỆU DẪN TỪ

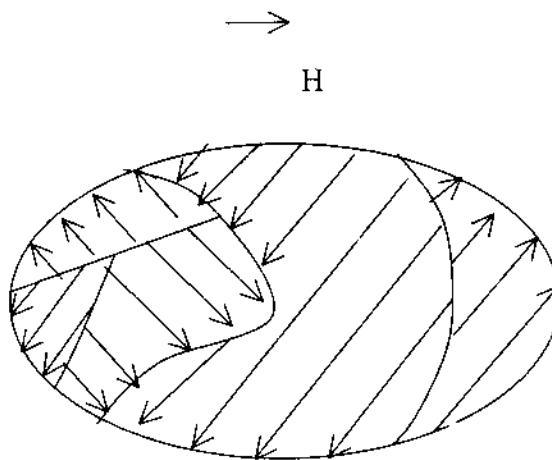
### I. KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1. Đặc điểm

- Nguyên nhân chủ yếu gây nên từ tính của vật liệu là trong vật liệu luôn tồn tại các dòng điện vòng: Đó là chuyển động quay của các điện tử xung quanh hạt nhân, sự tự quay của điện tử. Đặc trưng cho các chuyển động quay đó là các mômen, với mỗi nguyên tử hay phân tử tổng hợp các mômen đó gọi là các mômen từ của nguyên tử hay phân tử.

- Hiện tượng sắt từ là do trong một số vật liệu ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ Quyri, trong vật liệu đã tồn tại sẵn những vùng vĩ mô mà trong từng vùng ấy các mômen từ đã định hướng song song với nhau. Các vùng ấy gọi là các đômen từ hay vùng từ hoá tự phát (kích thước của các đômen là  $10^{-5} \div 10^{-2}$  cm).

- Tính chất đặc trưng cho trạng thái sắt từ của các chất đó là nó có độ nhiễm từ tự phát ngay cả khi có từ trường ngoài. Tuy nhiên các mômen từ của các đômen lại có hướng rất khác nhau, tổng hợp các đômen đó trong vật liệu bằng 0, nên không có từ trường ra không gian xung quanh.



*Hình 5.1. Bề mặt vật liệu sắt từ trong môi trường từ hoá*

(Nếu đem từ hoá một mẫu vật liệu sắt từ có bề mặt nhẵn bóng ta có thể phát hiện thấy trên bề mặt của vật liệu những vân hoa điển hình tạo bởi sự kết tủa bột sắt từ tại biên giới các đômen).

### 1.2. Phân loại

\* Căn cứ vào tính chất từ của vật liệu, người ta chia vật liệu từ thành:

- Vật liệu từ mềm: Là vật liệu có chu trình từ trễ hẹp, độ từ thẩm cao,  $B_{bh}$  nhỏ.
- Vật liệu từ cứng: Là vật liệu có chu trình từ trễ rộng,  $B_{dr}$  cao.
- Vật liệu từ có công dụng đặc biệt.

\* Căn cứ vào độ từ thẩm  $\mu$ , chia vật liệu dẫn từ ra làm 3 loại:

- Vật liệu thuận từ có  $\mu > 1$ . Ví dụ: nhôm, thiếc, mangan.
- Vật liệu nghịch từ có  $\mu < 1$ . Ví dụ: đồng, bạc, kẽm.
- Vật liệu sắt từ có  $\mu$  rất lớn. Ví dụ: vật liệu từ cứng, vật liệu từ mềm.

## II. QUÁ TRÌNH TỪ HOÁ VẬT LIỆU SẮT TỪ

### 2.1. Những hiện tượng xuất hiện khi từ hoá một mẫu vật liệu sắt từ dưới tác dụng của từ trường ngoài

- Sự tăng thể tích của các đômen mà có hướng tạo với hướng của từ trường ngoài một góc nhỏ  $I$  và giảm thể tích của các đômen khác.

- Quay các véc tơ mômen từ hoá theo hướng từ trường ngoài (quá trình định hướng).

- Khi thể tích của các đômen không tăng nữa và mômen từ của tất cả các đômen đã trùng với hướng của từ trường ngoài thì lúc đó có bão hoà từ.

- Trong một số trường hợp khi từ hoá vật liệu sắt từ thì kích thước của chúng có thay đổi, gọi là hiện tượng từ giãn.

### 2.2. Đặc trưng cơ bản của vật liệu sắt từ dưới tác dụng của từ trường ngoài

- Đường cong từ hoá: Quan hệ B-H.

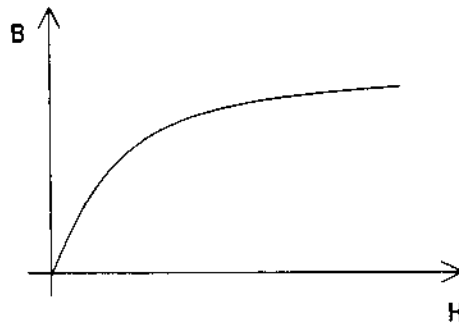
- Các vật liệu sắt từ có dạng đường cong từ hoá gần giống nhau (hình 5.2) .

+ Độ từ thẩm tương đối ( $\mu$ ):

$$\mu = B / \mu_0 H$$

Trong đó:  $\mu_0$ : Độ từ thẩm tuyệt đối của chân không

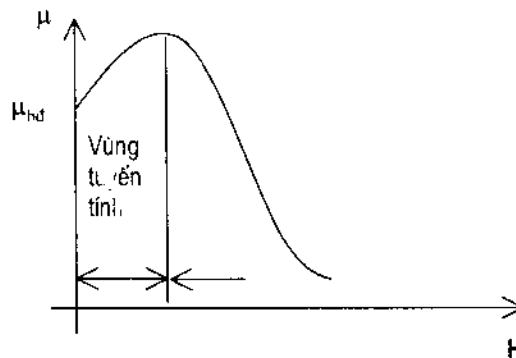
$$(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m})$$



Hình 5.2. Đồ thị đường cong từ hoá quan hệ  $B - H$

+  $\mu_{bd}$  được xác định ở giá trị lân cận 0.  $\mu$  đạt cực đại tại gần vùng bão hoà (hình 5.3)

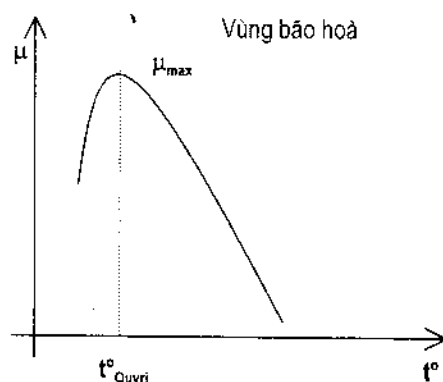
+ Giá trị độ từ thẩm  $\mu$  phụ thuộc vào  $t^0$  (hình 5.3) khi nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ Quyri thì việc tăng nhiệt độ sẽ làm tăng khả năng dẫn từ  $\mu$ . Khi nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ Quyri thì các vùng từ hoá tự phát (các đômên) bị phá huỷ dẫn đến vật liệu mất từ tính.



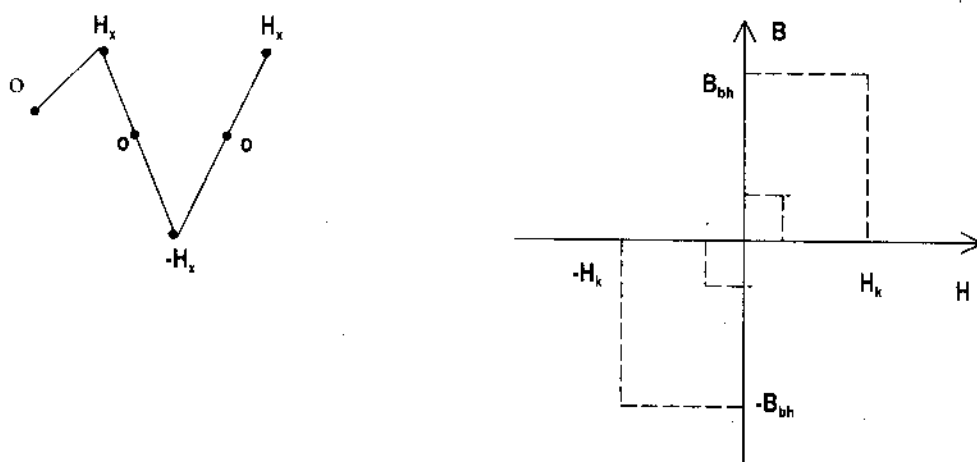
Hình 5.3. Đồ thị độ từ thẩm từ

- Chu trình từ hoá (vòng từ trễ):

Là quan hệ  $B - H$  theo vòng kín. Nếu đem từ hoá vật liệu sắt từ theo một chu trình kín thì  $H$  sẽ tăng từ 0 đến  $H_x$ , rồi giảm từ 0 đến  $-H_x$ , rồi lại tăng từ  $-H_x \rightarrow 0 \rightarrow H_x$ , khi đó ta thu được quan hệ  $B - H$  theo vòng kín gọi là vòng từ trễ (hình 5.5).



**Hình 5.4. Đồ thị độ thẩm từ phụ thuộc vào nhiệt độ ( $t^\circ$ )**



**Hình 5.5. Chu trình từ hoá**

Vòng từ trễ lớn ứng với  $B = B_{bh}$  gọi là vòng từ trễ giới hạn.

- Trên vòng từ trễ giới hạn điểm ứng với  $H = 0$  là  $B = \pm B_{dr}$  là từ cảm dư  $B = 0$  là  $H = H_k$  là lực kháng từ hay cường độ từ trường khử từ.

- Quá trình từ hoá vật liệu sắt từ dưới tác dụng của từ trường xoay chiều bao giờ cũng gây nên tổn thất năng lượng: Gồm tổn thất do dòng xoáy và tổn thất do từ trễ.

+ Tổn thất do từ trễ tỷ lệ với diện tích chu trình từ trễ và tần số dòng điện.

+ Tổn thất do dòng xoáy phụ thuộc vào điện trở suất của vật liệu sắt từ và tỷ lệ với bình phương tần số nguồn.

- Tính chất của vật liệu từ bị thay đổi khi chịu tác dụng của các tác động cơ học như: cán, kéo, rèn, dập...

### III. CÁC VẬT LIỆU TỪ

#### 3.1. Vật liệu từ mềm

##### 3.1.1. Tính chất

- Vật liệu từ mềm có độ từ thẩm cao, lực kháng từ và tổn hao từ trễ nhỏ.
- Được dùng nhiều làm lõi máy biến áp, máy điện quay và mạch từ cho nhiều loại thiết bị khác.

##### 3.1.2. Thép lá kỹ thuật điện

###### a) Đặc điểm và tính chất, sử dụng

- Thép lá kỹ thuật điện là vật liệu từ mềm được ứng dụng rộng rãi. Nó là hợp kim của Sắt và Silic (hàm lượng Silic chiếm từ 1 ÷ 5%). Việc đưa Silic vào thành phần của thép làm tăng điện trở suất do đó làm giảm được tổn hao do dòng điện xoáy, đồng thời còn cải thiện được tính chất từ của thép như làm tăng  $\mu_{bd}$ , giảm được lực kháng từ  $H_k$  do đó giảm được tổn hao từ trễ. Tuy nhiên việc đưa Silic vào thành phần của thép sẽ làm ảnh hưởng xấu đến cơ tính của thép, như tăng độ giòn, khó cán kéo thành tấm (thép với hàm lượng Silic > 5% trở nên rất giòn).

- Thép lá kỹ thuật điện có thể cán thành tấm bằng phương pháp cán nóng hoặc cán nguội với bề dày từ 0,1 ÷ 1mm và nó được phủ sơn hai mặt (có thể một mặt) nhằm giảm tổn thất do dòng điện xoáy. Thép cán nóng có đặc điểm là tính dẫn từ theo hướng cán cao, nên được dùng để làm mạch từ của máy điện quay và nhiều thiết bị khác. Thép cán nguội có đặc điểm là khả năng dẫn từ theo hướng cán cao (các tính chất từ khác của thép cán nguội cao hơn thép cán nóng). Do đó, thép cán nguội được dùng làm mạch từ của máy biến áp điện lực.

###### b) Ký hiệu

Một số ký hiệu của thép lá kỹ thuật điện (Liên Xô cũ):

Thép cán nóng:

Э 11, Э 21, Э 31, Э 41, Э 42, Э 48

Thép cán nguội:

Э 310, Э 320, Э 330 và Э 330A...

Trong đó:

+ Chữ Э chỉ thép lá kỹ thuật điện.

+ Con số đầu chỉ hàm lượng Silic theo %, khi hàm lượng Silic tăng thì khối lượng riêng giảm, điện trở suất tăng.

- + Con số thứ hai chỉ các tính chất từ và điện của thép (về tổn hao theo tần số, giá trị  $\mu_{hd}...$ ).
- + Con số 0 thứ ba chỉ thép là thép cán nguội. Chữ A chỉ thép có tổn hao đặc biệt thấp.

### 3.1.3. Ferit

#### a) Ký hiệu

Ferit là hỗn hợp của ôxit sắt với kim loại hai giá trị theo công thức:



Trong đó: X: Ký hiệu kim loại hoá trị hai

n: Hàm lượng của các thành phần.

Ví dụ:  $mNiO.Fe_2O_3, nZnO.Fe_2O_3, \dots$

#### b) Tính chất

Ferit là vật liệu rắn, giòn, chỉ có thể gia công bằng phương pháp mài, điện trở suất cao và rất cao. Độ từ thẩm thường cao nhưng phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ và cường độ từ trường.

#### c) Phân loại - Sử dụng

Ferit gồm các loại

- Ferit từ mềm: Vật liệu này có độ từ thẩm cao, từ cảm bão hoà có thể hơn 300 Gaus, lực kháng từ nhỏ khoảng 0,2 oersted, điện trở suất cao, độ từ thẩm phụ thuộc vào nhiệt độ. Ferit có độ từ thẩm ban đầu lớn thì điểm Quyri càng thấp.

Loại Ferit này dùng làm lõi cuộn cảm, màn từ, lõi biến áp xung...

+ Ferit từ cao tần: Được dùng trong phạm vi tần số (5000 ÷ 20000) MHz.

+ Ferit từ có vòng từ trễ hình chữ nhật : Loại này có  $B_{dr}$  và  $B_{bh}$  gần bằng nhau, loại này được sử dụng làm các chuyển mạch không tiếp điểm.

+ Ferit từ cứng: Được sử dụng nhiều là ferit bari ( $BaO.6Fe_2O_3$ ). Các nam châm bari có tính ổn định cao đối với tác dụng của từ trường ngoài, chịu được sốc, va đập, khối lượng riêng tương đối nhỏ, điện trở suất rất lớn nên được dùng ở tần số cao.

Nhược điểm của nam châm bari là rất giòn, tính chất từ phụ thuộc vào nhiệt độ.

### 3.2. Vật liệu từ cứng

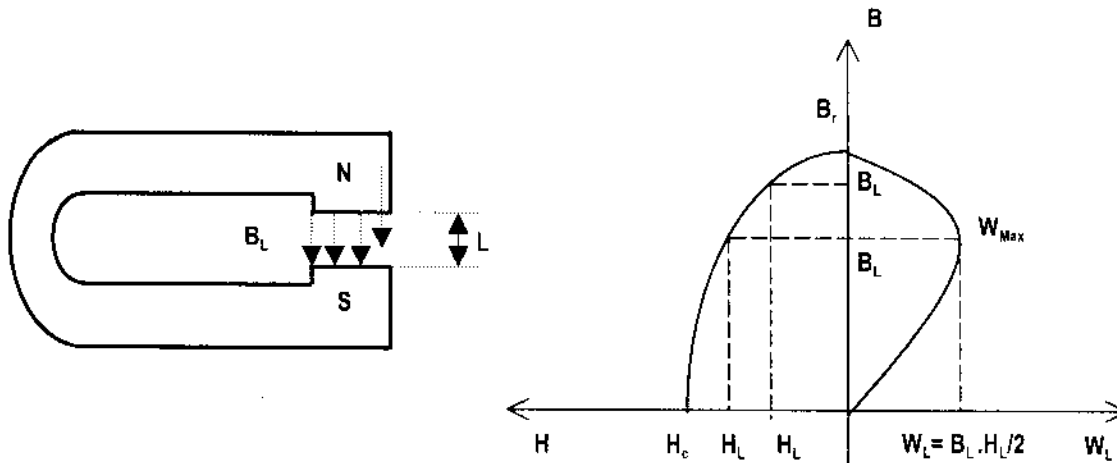
Vật liệu từ cứng là vật liệu từ có lực kháng từ lớn, từ cảm dư cao, độ từ thẩm thấp hơn vật liệu từ mềm nhiều, ( $H_k$  càng cao thì  $\mu$  càng nhỏ) được sử dụng nhiều làm nam châm vĩnh cửu. Vật liệu từ cứng dùng làm nam châm được đặc trưng bằng các tham số;  $H_k$ ,  $B_{du}$ , và năng lượng lớn nhất đưa ra không gian khe hở.

Một nam châm kín (khe hở bằng không) thì không đưa năng lượng ra không gian bên ngoài. Khi có khe hở thì năng lượng được đưa ra không gian khe hở, giá trị năng lượng phụ thuộc vào chiều dài khe hở. Từ cảm trong khe hở  $B_L$  nhỏ hơn  $B_{du}$  do tác động khử từ của các cực từ nam châm.

Năng lượng đưa vào một đơn vị thể tích không gian khe hở không khí được biểu diễn bằng công thức sau:

$$W_L = H_L \cdot B_L / (8\pi)$$

- Với nam châm kín ( $L = 0$ )  $B_L = B_{du}$ ,  $H_L = 0$  nên  $W_L = 0$ .



Hình 5.6. Đồ thị năng lượng của nam châm vĩnh cửu

- Khi khe hở lớn ( $L = \infty$ ) độ khử từ của các cực từ càng lớn:  $H_L \rightarrow H_k$ ,  $B_L \rightarrow 0$ ,  $W_L \rightarrow 0$ .  
 Vậy tồn tại một khe hở  $L$  mà ở đó  $W$  đạt giá trị cực đại.

- Giá trị năng lượng  $W_{max}$  xác định mức độ sử dụng nam châm là tốt nhất và cũng là giá trị đặc trưng cho chất lượng vật liệu làm nam châm vĩnh cửu.

### 3.2.1. Hợp kim từ cứng đúc

- Đây là những hợp kim có năng lượng từ lớn.

- Điển hình là dây Aluni, nó là hợp kim của ba nguyên tố Fe - Ni - Al, khi cho thêm silic vào thì gọi là Alunisi, nếu cho thêm Coban vào thì gọi là Alunicô. Hợp kim Alunicô có hàm lượng Coban lớn nhất gọi là Macnicô.

- Tính chất từ của hợp kim từ cứng phụ thuộc vào cấu tạo tinh thể và do đó phụ thuộc vào biện pháp gia công. Các nam châm hợp kim Macnicô nhẹ hơn nam châm Aluni cùng năng lượng 4 lần.

- Nhược điểm của các hợp kim dây Aluni là cứng, giòn, khó chế tạo các chi tiết có kích thước chính xác, chỉ có thể gia công bằng phương pháp mài sau khi đúc xong.

### 3.2.2. Các nam châm bột

Các nam châm bột bao gồm: nam châm bột kim loại gốm và nam châm bột kim loại dẻo

#### a) Nam châm bột kim loại gốm

Được chế tạo bằng cách ép bột nghiền của các hợp kim từ cứng sau đó đem thiêu kết ở nhiệt độ cao. Các chi tiết được chế tạo bằng phương pháp này có kích thước chính xác, không cần phải gia công thêm.

#### b) Nam châm bột kim loại dẻo

Được chế tạo bằng cách ép hỗn hợp bột nghiền của các hợp kim từ cứng với chất dính kết nào đó.

Các nam châm bột kim loại gốm có năng lượng tích lũy và từ dư nhỏ hơn  $15 \div 20\%$  so với nam châm đúc từ cùng hợp kim đó nhưng có độ bền cơ học lớn hơn  $3 \div 6$  lần. Tính chất từ của các nam châm bột kim loại dẻo kém nhiều so với nam châm đúc:  $B_{ur}$  giảm  $35 \div 50\%$ , năng lượng tích lũy giảm  $40 \div 60\%$ , sự giảm tính chất từ này là do hàm lượng chất dính kết không từ tính thường khá cao (đến  $30\%$ ). Song chính nhờ chất kết dính mà nam châm bột kim loại dẻo có điện trở suất lớn, nó có thể sử dụng trong từ trường biến đổi với tần số cao được.

## CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG V

1. Nêu các đặc điểm của vật liệu dẫn từ.
2. Phân loại vật liệu dẫn từ và đặc điểm của nó.
3. Trình bày các đặc trưng cơ bản của vật liệu sắt từ dưới tác dụng của từ trường ngoài.
4. Khi từ hoá một vật liệu sắt từ dưới tác dụng của từ trường ngoài sẽ có các hiện tượng gì xảy ra?
5. Nêu các tính chất của vật liệu từ mềm và ứng dụng của nó.
6. Nêu đặc điểm, tính chất và ứng dụng của thép lá kỹ thuật điện.
7. Nêu tính chất của ferit. Có những loại ferit nào? Tính chất của từng loại.
8. Nêu đặc điểm của vật liệu từ cứng. Vẽ và giải thích đồ thị năng lượng của nam châm vĩnh cửu.

## *Chương VI*

# **DÂY DẪN VÀ CÁP**

### **I. CÁC LOẠI DÂY DẪN**

#### **1.1. Dây trần**

##### ***1.1.1. Đặc điểm và phân loại***

###### ***a) Đặc điểm***

- Đối với việc truyền tải điện thường sử dụng dây trần không bọc cách điện. Dây dẫn trong quá trình vận hành phải chịu đựng được các tác động của các hiện tượng khí hậu, thời tiết khác nhau (như: nhiệt độ môi trường, gió bão, độ ẩm...), tác động hóa học do độ ẩm môi trường, tác động của hơi muối biển, chất thải công nghiệp cũng như tải trọng cơ học.

- Từ những yêu cầu, đặc điểm làm việc nêu trên cho nên dây dẫn phải có độ dẫn điện cao, đủ độ bền cơ học, chịu đựng được các tác động của môi trường và giá thành thấp.

###### ***b) Phân loại***

- Theo vật liệu chính cấu tạo nên dây dẫn ta có:

+ Dây nhôm. Thông thường người ta dùng lõi thép để tăng cường độ bền cơ học cho dây nhôm.

+ Dây đồng.

+ Dây thép. Dây thép có độ bền cơ học cao, giá thành tương đối thấp. Để bảo vệ dây thép tránh tác động của môi trường, dây thép sẽ được mạ kẽm.

- Theo cấu tạo của dây dẫn ta có:

+ Dây đơn: dây chỉ có một sợi.

+ Dây vặn xoắn: gồm nhiều sợi tổ hợp từ 2 kim loại.

##### ***1.1.2. Dây đồng***

###### ***a) Đặc điểm và công dụng***

- Độ dẫn điện tốt nhất, có độ bền cơ học cao, dẻo, dễ kéo sợi, dát mỏng, ổn định đối với tác động hóa học.

- Là vật liệu quý hiếm nên ngày nay người ta không sử dụng để truyền tải điện.

- Dây đồng chỉ dùng cho các đường cáp hoặc dùng để kéo đường điện gia đình. Được dùng nhiều trong ngành điện làm dây quấn máy điện và các chi tiết khí cụ điện đòi hỏi phải có độ bền về cơ học.

*b) Ký hiệu*

- Đồng tinh chế

+ Cu E: 99,95% Cu.

+ Cu 9: 99,9% Cu.

+ Cu 5: 99,5% Cu.

+ Cu 0: 99,0% Cu.

- Đồng thanh: Bz.

- Đồng thau: Am.

**1.1.3. Dây nhôm**

*a) Phân loại, đặc điểm và công dụng*

**\* Phân loại**

Dây nhôm có hai loại:

- Dây nhôm không có lõi thép

- Dây nhôm có lõi thép

**\* Đặc điểm và công dụng**

- Dây nhôm có độ dẫn điện và độ bền cơ học kém hơn dây đồng nhưng có khối lượng riêng nhỏ, giá thành rẻ và không phải là vật liệu quý hiếm nên dây nhôm được dùng rộng rãi trên các đường dây truyền tải điện.

- Khi để ngoài không khí dây nhôm tác dụng với không khí tạo nên một lớp mỏng Alumin, do đó chống được sự tác dụng của oxy trong không khí. Dây nhôm có độ bền kéo kém, được sử dụng để làm tụ điện, thiết bị điện, đúc rô-to lồng sóc...

- Dây nhôm có lõi thép có độ dẫn điện kém hơn dây nhôm không có lõi thép nhưng có độ bền cơ học cao hơn. Bề mặt các sợi không được có vết nứt, rạn, bề mặt của lõi thép phải mạ kẽm.

- Được dùng làm dây dẫn, dây truyền tải với mạng điện cao thế.

*b) Ký hiệu*

- Dây nhôm không có lõi thép

| Ký hiệu | Tiết diện tính toán dây dẫn (mm <sup>2</sup> ) |
|---------|------------------------------------------------|
| A - 16  | 15,9                                           |
| A - 25  | 24,7                                           |
| A - 35  | 34,4                                           |
| A - 50  | 49,5                                           |
| A - 70  | 69,3                                           |
| A - 95  | 93,3                                           |

- Dây nhôm có lõi thép

| Ký hiệu | Tiết diện tính toán dây dẫn (mm <sup>2</sup> ) |          |
|---------|------------------------------------------------|----------|
|         | Phần nhôm                                      | Lõi thép |
| AC - 10 | 10,1                                           | 1,13     |
| AC - 16 | 15,3                                           | 2,5      |
| AC - 25 | 22,8                                           | 3,8      |
| AC - 35 | 36,9                                           | 6,2      |
| AC - 50 | 48,3                                           | 8,6      |
| AC - 70 | 68,0                                           | 11,3     |
| AC - 95 | 95,4                                           | 15,9     |

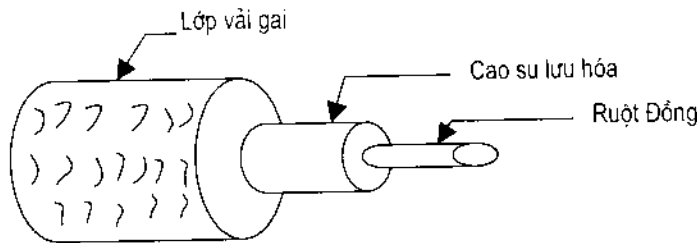
## 1.2. Dây bọc

Dây bọc thường dùng trong gia đình. Lõi có thể bằng đồng hoặc nhôm, gồm một sợi hoặc nhiều sợi bện lại với nhau. Tùy theo yêu cầu cách điện bên ngoài mà ta có một số loại dây sau:

### 1.2.1. Dây idôlê

- Dây idôlê là loại dây lõi chỉ có một sợi cứng, có cách điện bằng cao su lưu hoá và bên ngoài là một lớp vải gai (vải tằm nhựa đường).

- Loại dây này được dùng rất phổ biến để dẫn điện trong nhà và được sản xuất với tiết diện không quá  $10 \text{ mm}^2$ .

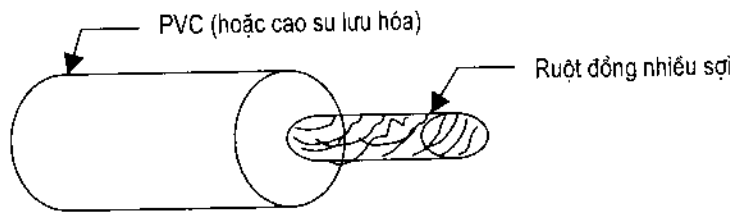


**Hình 6.1. Cấu tạo dây Idôle**

### **1.2.2. Dây súp**

- Dây súp là loại dây có lõi gồm nhiều sợi nhỏ bện lại với nhau.
- Dây súp gồm hai loại: dây súp đơn và dây súp đôi.

+ Dây súp đơn: Là loại dây dẫn có bọc cách điện bằng nhựa PVC hoặc cao su lưu hóa, có ruột bằng đồng, gồm có nhiều sợi nhỏ có đường kính  $0,2 \text{ mm}$  xoắn lại nên rất mềm, dẻo.

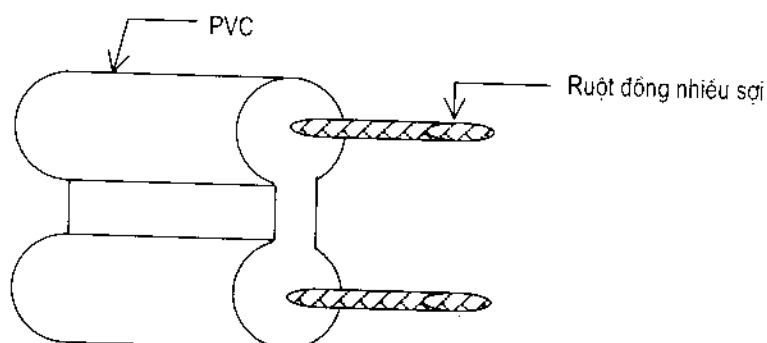


**Hình 6.2. Cấu tạo dây súp đơn**

Dây này được sử dụng đi dây trong bảng phân phối điện, các đầu dây ra ngoài các máy điện, dây dẫn điện trên ô tô....

- Dây súp đôi: Là 2 dây dẫn ruột đồng, mềm, được bọc cách điện song song với nhau, chất cách điện là nhựa PVC hoặc cao su lưu hóa. Nhờ dây dẫn được cấu tạo bởi nhiều sợi có đường kính nhỏ  $0,2 \text{ mm}$  nên mềm dẻo, dễ di động.

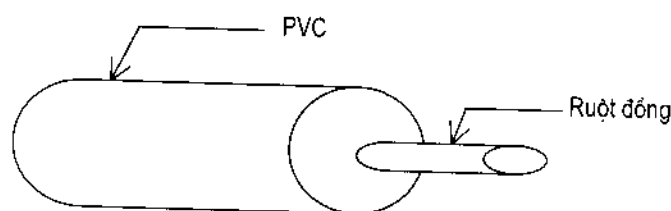
Loại dây dẫn này được dùng dẫn điện cho các thiết bị điện cần di động, không cố định, đồ dùng điện trong sinh hoạt như: quạt để bàn, tủ lạnh, máy thu thanh, thu hình...



**Hình 6.3. Cấu tạo dây cáp đôi**

### **1.2.3. Dây bọc PVC**

Dây bọc PVC là dây cứng một ruột có tiết diện từ 1,5 đến 10 mm<sup>2</sup>, có cách điện bằng nhựa PVC.



**Hình 6.4. Cấu tạo dây bọc PVC**

## **1.3. Dây điện từ**

Dây điện từ thường được dùng để quấn máy điện và khí cụ điện, có thể làm bằng dây đồng hoặc dây nhôm, bên ngoài được bọc lớp cách điện. Dựa vào lớp cách điện bên ngoài có các loại sau:

### **1.3.1. Dây émay**

#### **a) Đặc điểm**

- Dây émay có lõi được làm bằng đồng bên ngoài có bọc một lớp émay. Lớp émay này có màu: vàng, sẫm, hoặc nâu.
- Có tiết diện tròn, đường kính từ 0,05 ÷ 5 mm<sup>2</sup>.
- Có điện trở cách điện lớn hơn dây cốt-tông.

*b) Ứng dụng*

Dây cốt-tông được dùng chủ yếu trong quần máy điện nói chung.

**1.3.2. Dây cốt-tông**

*a) Đặc điểm*

- Dây cốt-tông có lõi bằng đồng, bên ngoài có bọc một lớp sợi tổng hợp (sợi gai hoặc sợi thủy tinh).

- Đường kính lõi dây khoảng từ  $0,05 \div 5 \text{mm}^2$ .

- Có điện trở cách điện thấp.

*b) Công dụng*

Dây cốt-tông chủ yếu được dùng trong máy điện để quấn máy biến thế.

**1.3.3. Dây émay - cốt-tông**

*a) Đặc điểm*

- Dây émay - cốt-tông là loại dây có điện trở cách điện cao nhất vì bên ngoài lõi đồng được bọc một lớp émay và một lớp sợi tổng hợp.

*b) Công dụng*

Dây émay - cốt-tông được ứng dụng chủ yếu để quấn máy điện một chiều.

**II. CÁP**

**2.1. Đặc điểm**

- Cáp là loại dây dẫn tải dòng điện lớn, có bọc cách điện cao su lưu hóa hoặc chất nhựa PVC.

- Ruột bằng đồng hoặc nhôm kỹ thuật, được cấu tạo bởi nhiều dây đơn nên có thể mềm hơn để lắp đặt đường dây.

- Cáp có thể được treo trên cột hoặc chôn ngầm dưới đất.

- Vỏ cáp có thể được làm bằng chì, nhôm hoặc chất dẻo tổng hợp có các lớp phủ.

- Các lớp phủ bảo vệ được dùng để bảo vệ cáp tránh các hư hỏng về cơ học, tránh các tác động của các axit hữu cơ, kiềm và các dòng điện ăn mòn trong cáp vỏ chì, vỏ nhôm.

- Để bảo vệ vỏ cáp tránh bị ăn mòn, vỏ cáp được phủ một lớp bằng giấy hoặc sợi đay, sợi gai tẩm Bitum (nhựa đường) hoặc dùng lớp bọc nhựa cách điện PVC.

## 2.2. Cấu tạo chung

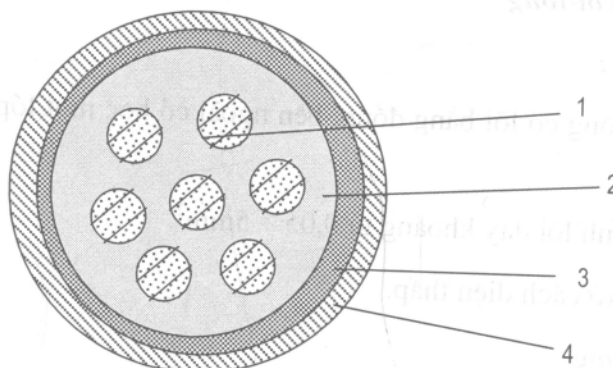
- Dây cáp điện gồm: dây dẫn điện, cách điện, vỏ bọc kín và lớp bọc bảo vệ ở ngoài. (hình 6.5).

1. Lõi cáp điện

2. Lớp cách điện

3. Vỏ sợi gai

4. Vỏ chì



Hình 6.5. Cấu tạo dây cáp

- Tùy theo số lượng dây dẫn, cáp điện gồm các loại một lõi hay nhiều lõi. Dây dẫn làm bằng đồng hay nhôm. Dây cáp điện lực được chế tạo theo những tiết diện tiêu chuẩn sau: 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150 185; 240; 300 mm<sup>2</sup> và lớn hơn.

- Dây cáp điều khiển có tiết diện là: 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10 mm<sup>2</sup>.

- Vỏ cách điện dùng để cách điện giữa các dây dẫn với nhau và giữa dây dẫn với đất. Vật liệu dùng để làm cách điện là giấy tẩm hỗn hợp đặc biệt (côlôphan trộn lẫn với dầu mỡ, cao su).

- Vỏ bảo vệ kín dùng để bảo vệ cáp khỏi bị ẩm. Vỏ bọc kín thường làm bằng chì hay nhôm, chất dẻo hay cao su.

- Để tránh hư hỏng về cơ khí người ta bọc ngoài cáp bằng hai băng sắt hoặc bằng dây sắt có tiết diện tròn hay dẹt tráng kẽm.

## 2.3. Sử dụng và ký hiệu

### 2.3.1. Ký hiệu

Nhận hiệu của cáp được mã hóa như sau:

- Dây cáp điện lực có tẩm giấy cách điện là Cσ và Aσ. Chữ C và A chỉ chất làm vỏ bảo vệ (C là chì, A là nhôm), chữ σ chỉ lớp vỏ bảo vệ ngoài cùng là bó sợi tẩm và các băng thép. Lõi dẫn điện bằng đồng thì không cần ký hiệu, còn lõi Nhôm thì ký hiệu bằng chữ A ở đằng trước (Aσ và AAσ). Cáp dùng để đặt thẳng đứng thì ký hiệu là chữ B như: CσB,

ACΓB... Chữ Γ chỉ cáp trần nghĩa là cáp không có lớp phủ vỏ bảo vệ. Chữ B không ghi ở sau chỉ cách điện bằng Pôlivinylclorua, chữ P chỉ vỏ bằng cao su.

Ví dụ: ABPΓ là cáp lõi nhôm, có vỏ cách điện bằng cao su, trần

| Số TT | Ký hiệu | Đặc tính cấu tạo                                                                              | Phạm vi sử dụng                                                                                                                                     |
|-------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Cσ      | Cáp có cách điện lõi bằng giấy tẩm dầu, vỏ chỉ có hai lớp bằng thép và dây gai tẩm nhựa.      | Đặt được ở nơi chịu tổn hại về cơ nhưng lực kéo ít, chôn sâu xuống đất hay chôn theo ven tường.                                                     |
| 2     | CPΓ     | Cáp có cách điện lõi bằng cao su trong vỏ chỉ, trần.                                          | Đặt trong nhà, trong rãnh đường hầm, ở những nơi không chấn động, không có sự tác động cơ khí lên cáp và trong môi trường trung tính so với vỏ chỉ. |
| 3     | CPσ     | Cáp có cách điện lõi bằng cao su trong vỏ chỉ bọc bằng hai lớp bằng thép và có lớp phủ ngoài. | Đặt trong đất (hầm) nhưng không chịu lực kéo lớn.                                                                                                   |
| 4     | CPσΓ    | Cáp có cách điện bọc bằng hai bằng thép không có lớp phủ ngoài.                               | Đặt trong nhà, trong rãnh, đường hầm, nhưng không chịu lực F kéo lớn.                                                                               |
| 5     | BPΓ     | Cáp cách điện lõi bằng cao su trong vỏ bằng chất dẻo Pôlivinylclorua, trần                    | Khi nhiệt độ từ 30 ÷ 40°C có thể đặt trong các căn phòng có thiết bị sưởi. Không được dùng trong các căn nhà dễ nổ.                                 |

### 2.3.2. Sử dụng

- Dây cáp điện có số hiệu nào là phụ thuộc vào cấu tạo chất cách điện, vỏ bảo vệ của chúng và đặc tính của môi trường xung quanh. Cáp điện có cách điện bằng cao su gồm có: dây dẫn bằng đồng bọc cao su cách điện và được bọc một lớp vỏ bằng chất dẻo Pôlivinylclorua, chì hay cao su bên ngoài.

- Dây cáp kiểm tra dùng trong lưới điện có điện áp từ 500V trở xuống với điện xoay chiều và 1000V với điện 1 chiều. Vỏ cáp làm bằng chì, nhôm, chất dẻo Pôlivinylclorua hay ống cao su lõi mạ chì của Liên Xô (cũ) CPA, CPΓ... hay cáp có vỏ Pôlivinylclorua cách điện bằng cao su BPσ, BPΓ.

## CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG VI

1. So sánh đặc tính dẫn điện và ứng dụng của dây nhôm, dây đồng và dây thép .
2. So sánh cấu tạo, đặc điểm của các loại dây bọc .
3. Trình bày cấu tạo và chú ý khi sử dụng cáp điện .

## *Chương VII*

# **VẬT LIỆU BÔI TRƠN - VẬT LIỆU HÀN**

## **I. DUNG DỊCH BÔI TRƠN**

### **1.1. Tác dụng của dầu mỡ**

- Làm giảm ma sát giữa các bề mặt tiếp xúc của các chi tiết máy, nhờ đó làm giảm sự mài mòn chi tiết và hạn chế được sự tiêu hao năng lượng vì ma sát.
- Làm mát các chi tiết trong quá trình máy làm việc, nhất là dầu vì dầu có tác dụng truyền dẫn nhiệt ra ngoài nhờ hệ thống dẫn dầu chuyển động liên tục.
- Làm sạch bề mặt của các chi tiết máy, nhờ đó làm hạn chế sự mài mòn của các chi tiết.
- Làm kín bề mặt tiếp xúc giữa các chi tiết ở một số bộ phận máy.

*Ví dụ:* Trong động cơ đốt trong, màng dầu mỏng trên vách xi-lanh ngoài tác dụng bôi trơn còn có tác dụng làm kín khe hở giữa xéc-măng và pít-tông đảm bảo cho hỗn hợp khí cháy không bị rò ra ngoài.

- Tạo lớp bảo vệ chống ăn mòn kim loại.

### **1.2. Dầu nhờn**

- Dầu nhờn được chế biến từ dầu mỏ, có màu đen, màu lục hoặc màu nâu.
- Có nhiều loại dầu nhờn. Dầu nhờn được phân chia thành các nhóm chủ yếu sau:
  - + Dầu nhờn cho động cơ (bôi trơn cho động cơ máy bay, các cầu của ô tô, máy kéo...).
  - + Dầu truyền động (dùng để bôi trơn các loại hộp số, các cầu của ô tô, các hộp truyền lực, hộp giảm tốc...).
  - + Dầu công nghiệp.
  - + Dầu đặc biệt (dầu Tuabin, dầu biến thế...).

### **1.3. Mỡ**

- Mỡ là chất bôi trơn thể đặc, có màu vàng nhạt, màu nâu sẫm hoặc màu đen.
- Mỡ thường được dùng để bảo quản dụng cụ, chi tiết máy trong lúc vận chuyển hoặc chờ sử dụng. Mỡ cũng được sử dụng để bôi trơn các bộ phận khó giữ dầu, khó tra dầu, hoặc lâu mới phải thay chất bôi trơn.
- Có nhiều loại mỡ, khi sử dụng cần phải chú ý chọn cho đúng.

*Ví dụ:*

- + Mỡ để bảo quản kim loại, chi tiết máy, dụng cụ. Thường dùng CFI - 1, CFI - 2 hoặc YCT - 1.
- + Mỡ bôi trơn bánh răng cầu trục, bánh răng tốc độ chậm. Thường dùng mỡ Graphit (YCA).
- + Mỡ bôi trơn trục động cơ điện, máy phát điện, trục máy cán. Thường dùng mỡ công nghiệp Stanlin ITB - 1 - 13.

## **II. CHẤT HÀN VÀ CHẤT TRỢ HÀN**

### **2.1. Chất hàn**

#### **2.1.1. Khái niệm và phân loại**

##### *a) Khái niệm*

Chất hàn là hợp kim đặc biệt dùng để hàn.

##### *b) Phân loại*

Chất hàn gồm 2 nhóm:

- Chất hàn mềm: Có nhiệt độ nóng chảy  $\leq 400^{\circ}\text{C}$ , thường là hợp kim của chì, thiếc và có thể là thêm một số chất phụ gia khác như: Bismut, Cadimi.
- Chất hàn cứng: Có nhiệt độ nóng chảy  $\geq 500^{\circ}\text{C}$ , phổ biến là đồng, kẽm, bạc.

Độ bền của chất hàn cứng tốt hơn chất hàn mềm, chất hàn được chọn theo kim loại được hàn.

#### **2.1.2. Đặc điểm và công dụng**

Chất hàn tạo cho mối nối có độ bền cơ học tốt, độ tiếp xúc cao. Nhiệt độ nóng chảy của chất hàn tạo cho mối nối có độ bền cơ học tốt, độ tiếp xúc cao. Nhiệt độ nóng chảy của chất hàn nhỏ hơn nhiều so với nhiệt độ nóng chảy của vật hàn. Khi hàn chất hàn nóng chảy,

điền đầy vào mối nối, bám dính vào vật hàn, tạo cho mối nối liên kết được chắc chắn và có độ tiếp xúc cao.

### **2.2. Chất trợ hàn**

#### **2.2.1. Khái niệm - Phân loại**

##### *a) Khái niệm*

Chất trợ hàn là chất giúp cho mối hàn được đảm bảo.

##### *b) Phân loại*

Chất trợ hàn bao gồm:

- Chất giúp chảy axit: Thành phần cơ bản là HCl hoặc các hợp chất florua, nó có tác dụng hòa tan lớp ôxit trên bề mặt vật hàn rất mạnh (làm sạch bề mặt vật hàn). Nhược điểm của nó là nếu còn sót lại sau khi hàn thì nó tiếp tục ăn mòn vật hàn và mối nối, vì vậy phải tẩy sạch nó sau khi hàn.

- Nhựa thông và chất giúp chảy gốc nhựa thông

- Chất giúp chảy chống gỉ: Thành phần chủ yếu là  $H_3PO_4$  với các tạp chất hữu cơ và dung môi phụ khác, nó không gây ăn mòn.

#### **2.2.2. Đặc điểm và công dụng**

- Hòa tan và khử lớp ôxit ở bề mặt kim loại được hàn.

- Bảo vệ bề mặt kim loại được hàn trong quá trình hàn và chất hàn nóng chảy trong quá trình hàn không bị ôxy hóa.

- Làm tăng độ linh động của chất hàn nóng chảy, độ ngấu của mối hàn.

## **CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG VII**

1. Trình bày các tính chất cơ bản của dầu, mỡ.
2. Trình bày cách chọn dầu, mỡ.
3. Nêu công dụng và đặc điểm của chất trợ hàn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Vật liệu kỹ thuật điện*, Nguyễn Xuân Phú - Hồ Xuân Thanh, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, năm 2001.
2. *Vật liệu cơ khí*, Trần Mão - Phạm Đình Sùng, Nhà xuất bản Giáo dục, năm 1998.
3. *Giáo trình linh kiện điện tử và ứng dụng*, Nguyễn Việt Nguyên, Nhà xuất bản Giáo dục, năm 2002.
4. *Giáo trình kỹ thuật lắp đặt điện*, Phan Đăng Khải, Nhà xuất bản Giáo dục, năm 2002.
5. *Hướng dẫn thực hành thiết kế lắp đặt điện nhà*, Trần Duy Phụng, Nhà xuất bản Đà Nẵng, năm 1999.
6. *Cơ khí đại cương*, Hoàng Tùng, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, năm 2000.
7. *Monitor vi tính, Nguyên lý - phân tích mạch điện. Pan - phương pháp tìm Pan*, Phạm Đình Bảo, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, năm 2003.

## MỤC LỤC

|                                               | <i>Trang</i> |
|-----------------------------------------------|--------------|
| <b>Lời nói đầu</b>                            | 3            |
| <b>CHƯƠNG I. VẬT LIỆU CƠ KHÍ</b>              | 5            |
| I.    Khái niệm về kim loại                   | 5            |
| II.   Khái niệm về hợp kim                    | 7            |
| III.  Kim loại và hợp kim đen                 | 10           |
| IV.  Kim loại và hợp kim màu                  | 17           |
| V.    Ăn mòn kim loại và bảo vệ chống ăn mòn  | 19           |
| <i>Câu hỏi ôn tập chương I</i>                | 25           |
| <b>CHƯƠNG II. VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN</b>          | 26           |
| I.    Tính chất cơ bản của vật liệu cách điện | 26           |
| II.   Vật liệu cách điện thể khí              | 28           |
| III.  Vật liệu cách điện thể lỏng             | 29           |
| IV.  Vật liệu nhựa và sáp                     | 33           |
| V.    Vật liệu sợi - Mica                     | 35           |
| VI.   Vật liệu dẻo, vật liệu đàn hồi          | 38           |
| VII.  Sứ cách điện                            | 40           |
| <i>Câu hỏi ôn tập chương II</i>               | 41           |
| <b>CHƯƠNG III. VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN</b>          | 42           |
| I.    Phân loại và các tính chất cơ bản       | 42           |

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| II. Kim loại và hợp kim có điện trở suất thấp       | 44  |
| III. Các vật liệu có điện trở suất cao              | 46  |
| IV. Các vật liệu dẫn điện khác                      | 48  |
| <i>Câu hỏi ôn tập chương III</i>                    | 50  |
| <b>CHƯƠNG IV. VẬT LIỆU BÁN DẪN</b>                  | 51  |
| I. Khái niệm chung                                  | 51  |
| II. Đặc tính dẫn điện của chất bán dẫn              | 52  |
| III. Các nguyên tố có tính bán dẫn                  | 58  |
| IV. Một số linh kiện bán dẫn                        | 59  |
| V. Một số linh kiện khác                            | 77  |
| <i>Câu hỏi ôn tập chương IV</i>                     | 84  |
| <b>CHƯƠNG V. VẬT LIỆU DẪN TỪ</b>                    | 85  |
| I. Khái niệm chung                                  | 85  |
| II. Quá trình từ hóa vật liệu sắt từ                | 86  |
| III. Các vật liệu từ                                | 89  |
| <i>Câu hỏi ôn tập chương V</i>                      | 93  |
| <b>CHƯƠNG VI. DÂY DẪN VÀ CÁP</b>                    | 94  |
| I. Các loại dây dẫn                                 | 94  |
| II. Cáp                                             | 99  |
| <i>Câu hỏi ôn tập chương VI</i>                     | 101 |
| <b>CHƯƠNG VII. VẬT LIỆU BÔI TRƠN - VẬT LIỆU HÀN</b> | 102 |
| I. Dung dịch bôi trơn                               | 102 |
| II. Chất hàn và chất trợ hàn                        | 103 |
| <i>Câu hỏi ôn tập chương VII</i>                    | 104 |
| <i>Tài liệu tham khảo</i>                           | 105 |

# **GIÁO TRÌNH VẬT LIỆU ĐIỆN**

---

**NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI**

**41B Lý Thái Tổ, Hà Nội**

**Điện thoại: 04.9350581-9346024**

**Fax: 9.348283**

---★---

*Chịu trách nhiệm xuất bản:*

**NGUYỄN ĐÌNH THIÊM**

*Chịu trách nhiệm nội dung:*

**NGUYỄN BÁ NGỌC**

*Biên tập và sửa bản in:*

**TRẦN MINH HÙNG**

**ĐÌNH THANH HOÀ**

**ĐÌNH THỊ HUẾ**

*Trình bày bìa:*

**THANH HUYỀN**

---

In 1.000 bản, khổ 19 x 27 (cm), tại Xí nghiệp In Nhà xuất bản Lao động - Xã hội. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 48-85/XB-QLXB của Cục Xuất bản cấp ngày 21/01/2005.

In xong và nộp lưu chiểu Quý I/2006.

# NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI

TẦNG 6, 41B LÝ THÁI TỔ, HÀ NỘI

TEL: 04.9346024 -9344313

FAX: 04.9348283

## \* CÁC SÁCH ĐÃ XUẤT BẢN:

