

Giáo trình vật liệu

Chương 1: CẤU TẠO VÀ PHÂN LOẠI VẬT LIỆU

I. CẤU TẠO CỦA VẬT LIỆU

1.1. Cấu tạo nguyên tử:

Tất cả các chất tồn tại ở 3 trạng thái rắn, lỏng, khí đều được cấu tạo bằng 3 hạt cơ bản: proton, notron và electron.

Nguyên tử gồm :

- Hạt nhân mang điện tích dương.
- Lớp vỏ gồm các điện tử (electron e) mang điện tích âm (-q) chuyển động xung quanh hạt nhân theo một quỹ đạo nhất định, tùy theo mức năng lượng các điện tử mà sắp xếp thành lớp.

Hạt nhân nguyên tử bao gồm:

- Proton mang điện tích dương +q (với $q = 1,601 \cdot 10^{-19}C$)
- Notron không mang điện tích.

⇒ Điện tích hạt nhân là điện tích của các proton : $Z \cdot q$

Trong đó: Z - số hiệu nguyên tử

Về khối lượng:

$$m_p = m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ (kg)} \gg m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ (kg)}$$

⇒ Khối lượng nguyên tử xem như bằng khối lượng hạt nhân.

Về số lượng:

- Số hạt proton bằng số hạt electron (=Z)

⇒ Ở trạng thái bình thường, nguyên tử trung hoà về điện.

- Số khối: $A = \text{số proton} + \text{số notron}$.

* *Năng lượng điện tử:*

$$W = -\frac{q^2}{2r}$$

Trong đó: q - Điện tích điện tử

r - Bán kính nguyên tử

- Mỗi điện tử của nguyên tử có một mức năng lượng nhất định.

- Năng lượng tỉ lệ nghịch với bán kính quỹ đạo chuyển động của điện tử.

- Để di chuyển điện tử từ quỹ đạo bán kính r ra xa vô cùng cần phải cung cấp cho nó năng lượng $W \geq \frac{q^2}{2r}$.

- *Năng lượng ion hoá (Wi)*: năng lượng tối thiểu cung cấp cho điện tử để điện tử tách khỏi nguyên tử trở thành điện tử tự do.

Nguyên tử trung hòa về điện

nhận e

mất e

ion âm

ion dương

- *Quá trình ion hoá*: quá trình biến nguyên tử thành ion dương và điện tử tự do.

- Trong một nguyên tử, năng lượng ion hoá của các lớp điện tử khác nhau cũng khác nhau, các điện tử ở lớp ngoài cùng có mức năng lượng ion hoá thấp nhất vì chúng cách xa hạt nhân nhất.

1.2. Cấu tạo phân tử:

Phân tử là phần nhỏ nhất của một chất ở trạng thái tự do mà có thể mang đầy đủ tính chất của chất đó.

Trong phân tử các nguyên tử liên kết với nhau bằng liên kết hóa học.

1. Liên kết đồng hoá trị:

- Đặc trưng bởi sự dùng chung điện tử của các nguyên tử trong phân tử.

⇒ Mật độ đám mây điện tử giữa các hạt nhân trở thành bão hoà.

⇒ Liên kết phân tử bền vững.

Ví dụ: Phân tử Clo.

Mỗi nguyên tử Clo có 7 electron lớp ngoài cùng, khi 2 nguyên tử Clo lại gần nhau, mỗi nguyên tử góp 1 electron để tạo thành cặp điện tử dùng chung.



Hình 1-1: Liên kết đồng hoá trị trong phân tử Clo

- Mỗi liên kết cộng hóa trị xảy ra giữa các nguyên tử các nguyên tố hóa học có tính chất gần giống nhau, ví dụ Ar, He, O₂, H₂, H₂O, CO₂, NH₃ ...

- Tùy theo cấu trúc các phân tử đối xứng hay không đối xứng mà ta chia các phân tử ra làm 2 loại:

- Phân tử trung tính: phân tử có trọng tâm của các điện tích dương và âm trùng nhau.

- Phân tử cực tính (hay lưỡng cực): phân tử có trọng tâm của các điện tích dương và điện tích âm không trùng nhau, cách nhau một khoảng cách “l” nào đó.

Phân tử cực tính được đặc trưng bởi Momen lưỡng cực:

$$P_e = q.l$$

Trong đó: q: điện tích

l: có chiều từ -q đến +q, độ lớn là chiều dài l.

2. Liên kết ion:

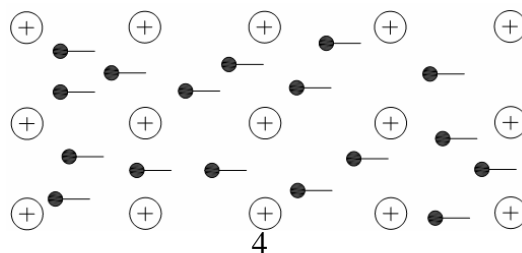
- Là mỗi liên kết được tạo nên bởi lực hút giữa ion dương và ion âm. Liên kết này chỉ xảy ra giữa các nguyên tử của các nguyên tố hóa học có tính chất khác nhau.

- Đặc trưng cho dạng liên kết kim loại là liên kết giữa kim loại với phi kim để tạo thành muối. Cụ thể là halogen và kim loại kiềm gọi là muối halogen của kim loại kiềm.

- Những chất rắn có cấu tạo liên kết ion thường rất bền vững về nhiệt và được tạo ra dạng tinh thể khác nhau.

Ví dụ: Liên kết giữa Natri và Clo trong muối NaCl là liên kết ion (vì Na có 1 electron lớp ngoài cùng nên dễ nhường 1 electron thành Na⁺, Clo có 7e lớp ngoài cùng nên dễ nhận 1e và tạo thành Cl⁻. Hai ion trái dấu này sẽ hút lẫn nhau và tạo thành phân tử NaCl), muối NaCl có tính chất hút ẩm, t_{nc} = 800°C, t_{sôi} < 1450°C.

- Khả năng tạo nên một chất hoặc hợp chất mạng không gian nào đó phụ thuộc chủ yếu vào kích thước nguyên tử và hình dáng lớp điện tử hoá trị ngoài cùng.



Hình 1-2: Sơ đồ cấu tạo kim loại

3. Liên kết kim loại:

- Kim loại chỉ có thể tồn tại dưới dạng nguyên tử riêng biệt khi ở dạng khí. Khi ở thể rắn hoặc lỏng, kim loại trở thành ion dương và điện tử tự do chuyển đổi hỗn loạn. Các điện tử này gắn các ion kim loại lại với nhau tạo thành liên kết kim loại. Dạng liên kết này giải thích được những tính chất đặc trưng của kim loại:

- Tính nguyên khối (rắn): Lực hút giữa các ion dương và các điện tử tạo nên tính nguyên khối, kim loại thường ở dạng tinh thể (mạng lực giác).
- Tính dẻo: do sự dịch chuyển và trượt lên nhau của các ion.
- Do tồn tại các điện tử tự do nên kim loại thường có ánh kim, dẫn điện và dẫn nhiệt cao.

⇒ Liên kết bền vững.

4. Liên kết Vandec-Van:

- Đây là dạng liên kết yếu, cấu trúc mạng tinh thể không vững chắc.

1.3. Khuyết tật trong cấu tạo vật rắn:

Trong thực tế các mạng tinh thể có cấu trúc đồng đều hoặc không đồng đều. Tuy nhiên trong kỹ thuật ta sử dụng những vật liệu có cấu trúc đồng đều và cả không đồng đều.

Mạng tinh thể có trường tĩnh điện biến đổi có chu kỳ gọi là mạng tinh thể đồng đều, ngược lại gọi là không đồng đều hay gọi là khuyết tật trong vật liệu.

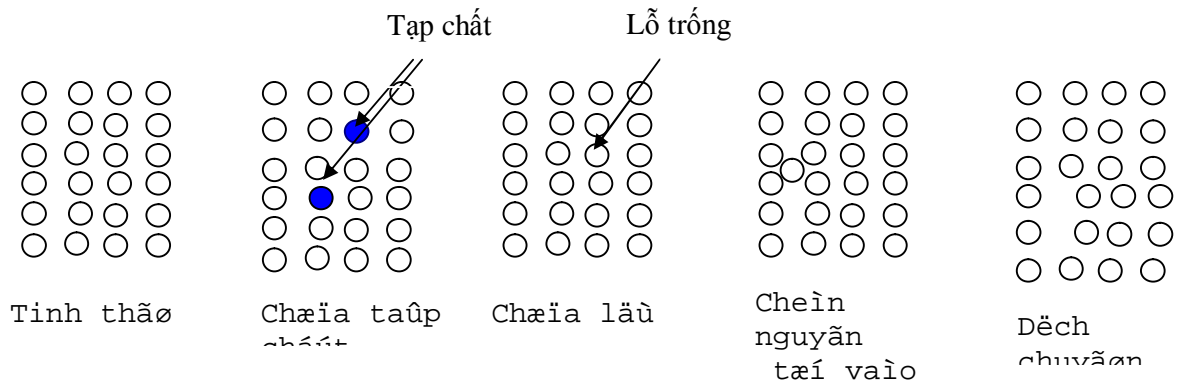
Khuyết tật trong vật rắn là bất kỳ hiện tượng nào phá vỡ tính chất chu kỳ của trường tĩnh điện mạng tinh thể:

- Phá vỡ thành phần hợp thức.
- Sự có mặt của các tạp chất lạ.
- Áp lực cơ học.
- Các lượng tử của dao động đàn hồi-phônôn.
- Mặt tinh thể phụ-đoạn tầng.
- Khe rãnh, lỗ xóp...

Khuyết tật trong vật rắn sẽ làm thay đổi các đặc tính cơ học, lý học, hóa học và các tính chất về điện của vật liệu.

- Khuyết tật \rightarrow tính năng đặc biệt tốt
 \rightarrow làm kém tính chất của vật liệu

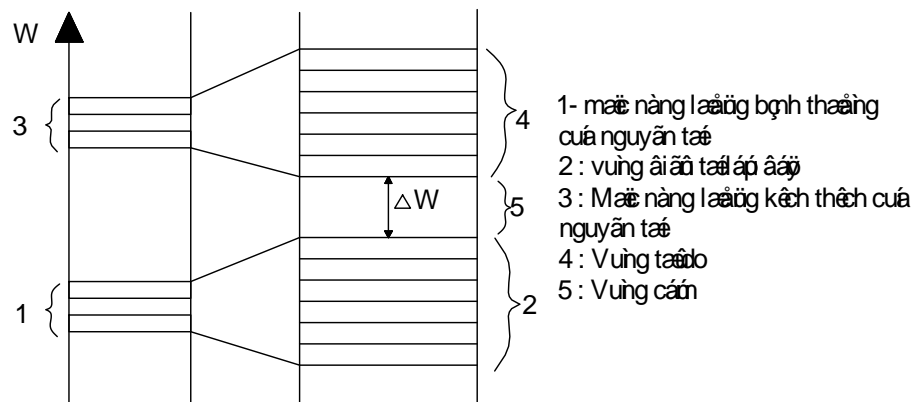
Ví dụ: chất bán dẫn n-p, các hợp kim điện tử ...



1.4. Lý thuyết phân vùng năng lượng trong vật rắn:

Nguyên tử của mỗi chất được đặc trưng bởi những đường quang phổ hoàn toàn xác định.

\Rightarrow Các nguyên tử khác nhau có những trạng thái năng lượng hay mức năng lượng khác nhau.



Tất cả các vật liệu đều thuộc 3 nhóm: Bán dẫn, dẫn điện và cách điện (điện môi). Sự khác nhau của các chất được giải thích nhờ vào thuyết phân vùng năng lượng.

Thuyết phân vùng năng lượng:

- Các nguyên tử có mức năng lượng xác định khác nhau.
- Các nguyên tử ở trạng thái bình thường (không bị kích thích), 1 số mức năng lượng được các điện tử lấp đầy còn các mức năng lượng khác, điện tử chỉ có thể có mặt khi bị kích thích. Các nguyên tử bị kích thích có xu hướng trở lại trạng thái bình thường, lúc đó chúng sẽ phát ra năng lượng dưới dạng photon ánh sáng.
- Trong các vật rắn, do các nguyên tử ở gần nhau, các mức năng lượng bị xô dịch tạo thành các vùng năng lượng.

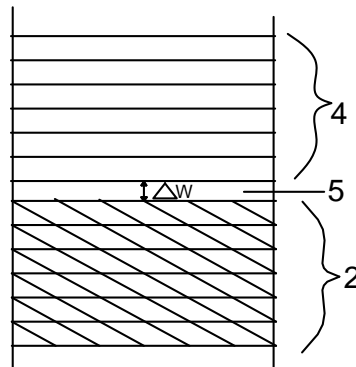
Giải thích tính chất của các nhóm:

1. Đối với kim loại (vật dẫn):

- Khoảng cách giữa vùng lấp đầy và vùng tự do rất nhỏ:

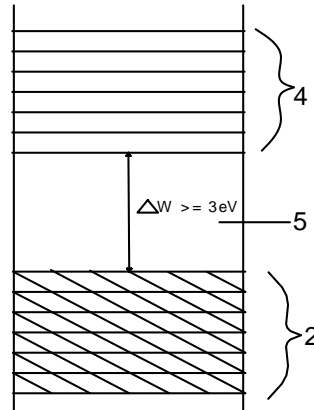
$$\Delta W \leq 0.2eV$$

Trong trường hợp này, dưới tác dụng của chuyển động nhiệt, điện tử ở vùng lấp đầy dễ dàng nhảy lên vùng tự do và trở thành điện tử tự do tham gia dẫn điện. Vì vậy, đối với vật liệu này tính dẫn điện cao và điện trở suất $\rho = 10^{-6} \rightarrow 10^{-3} \Omega.m$.



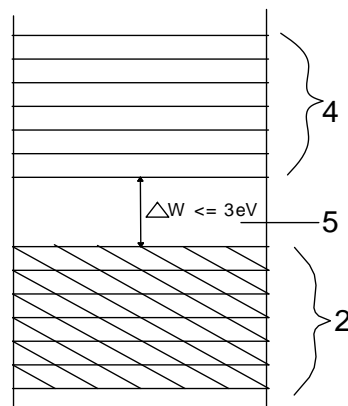
2. Đối với vật liệu cách điện (điện môi)

Bề rộng vùng cấm $\Delta W \geq 1.5 \text{ eV}$, do đó để 1 điện tử vùng hóa trị lên vùng tự do phải cung cấp 1 năng lượng tương đối lớn nên khó có điện tử chuyển từ vùng hóa trị lên vùng tự do, nên khả năng dẫn điện kém, thể hiện bởi $\rho = 10^9 \rightarrow 10^{18} \Omega \cdot \text{m}$.



3. Đối với vật liệu bán dẫn:

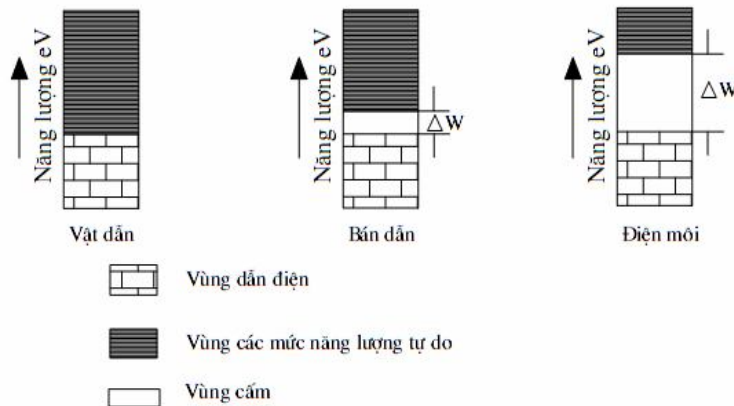
Vật liệu này có bề rộng vùng cấm nằm giữa vật dẫn và vật cách điện $0.2 < \Delta W < 1.5 \text{ eV}$, nên ngay ở nhiệt độ bình thường một số điện tử trong vùng lấp đầy với sự tiếp xúc nhiệt đã có thể di chuyển tới vùng tự do để hình thành tính dẫn điện của vật liệu.



Đễ dàng nhận thấy rằng, số lượng điện tử ở vùng tự do phụ thuộc vào nhiệt độ. Nhiệt độ càng cao tính dẫn điện của vật liệu càng lớn.

Khi một điện tử nào đó thoát khỏi vùng lấp đầy thì tại đó hình thành “lỗ trống”. Lỗ trống này lập tức được lấp kín bởi các điện tử của nguyên tử lân cận. Điện tử này sẽ để lại một lỗ trống, lỗ trống đó cũng bị tràn ngập bởi điện tử của nguyên tử lân cận khác.

Như vậy sẽ hình thành những cặp “điện tử - lỗ trống” trong chất bán dẫn. Sự di chuyển của cặp điện tử - lỗ trống này sẽ tạo nên tính dẫn điện của vật liệu. Điện dẫn của loại vật liệu này nằm trong khoảng $\rho = 10^{-4} \rightarrow 10^8 \Omega$.



Hình 1-3: Sơ đồ phân bố vùng năng lượng của vật rắn ở $0^\circ K$

II. PHÂN LOẠI VẬT LIỆU

1.1. Phân loại theo khả năng dẫn điện:

- Dựa trên cơ sở giản đồ năng lượng.

■ Điện môi:

- Ở điều kiện bình thường, sự dẫn điện bằng điện tử không xảy ra.

- Các điện tử hóa trị được cung cấp thêm năng lượng của chuyển động nhiệt nhưng vẫn không thể di chuyển đến vùng tự do để tham gia vào dòng điện dẫn.

$$\Delta W = 1,5 \div \text{vài điện tử von (eV)}.$$

■ **Bán dẫn :**

- Vùng cấm có thể thay đổi nhờ tác động năng lượng từ bên ngoài.

- Ở nhiệt độ bình thường, một số điện tử hóa trị trong vùng đầy được tiếp sức của chuyển động nhiệt có thể di chuyển đến vùng tự do để tham gia vào dòng điện dẫn. $\Delta W = 0,2 \div 1,5$ (eV)

■ **Vật dẫn :**

- Vùng tự do nằm sát với vùng đầy, thậm chí có thể chồng lên vùng đầy.
- Số lượng điện tử tự do rất lớn, ở nhiệt độ bình thường, các điện tử hóa trị có thể chuyển qua vùng tự do rất dễ dàng. Dưới tác dụng của lực điện trường, các điện tử này tham gia vào dòng điện dẫn.

$$\Delta W < 0,2 \text{ (eV)}$$

1.2. Phân loại theo từ tính:

- Nghịch từ: Độ từ thẩm $\mu < 1$ và không phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài.

- Thuận từ : Độ từ thẩm $\mu > 1$ và không phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài.

Chất thuận từ và chất nghịch từ có $\mu \approx 1$.

- Chất dẫn từ: Độ từ thẩm $\mu > 1$ và phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài.

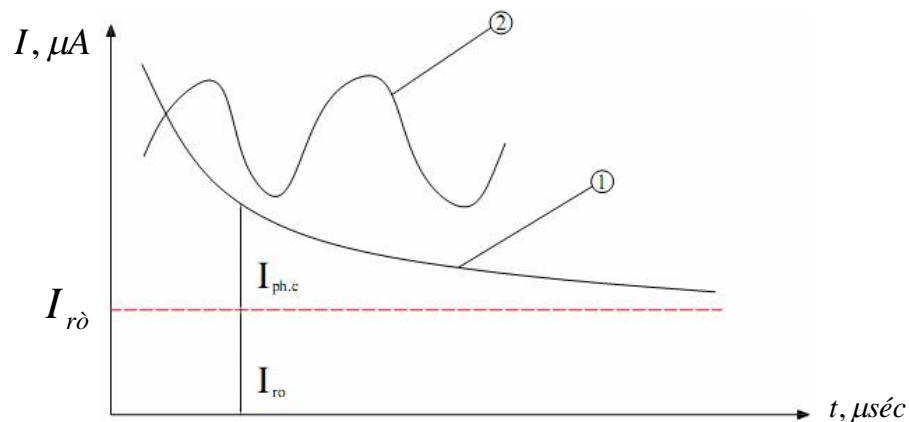
Phần 1: VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN
Chương II: TÍNH DẪN ĐIỆN CỦA ĐIỆN MÔI
2.1. Khái niệm chung về điện dẫn của điện môi:

Khi đặt điện môi vào trong điện trường E, điện áp U thì dòng điện đi qua điện môi biến thiên theo thời gian. Dòng điện qua điện môi có thể tăng hoặc giảm theo thời gian, tùy theo cấu tạo của điện môi. Nếu dòng điện tăng theo thời gian thì sẽ phá hủy tính chất cách điện của điện môi.

Dòng điện đi trong điện môi gồm 2 thành phần:

$$I = I_{r\grave{o}} + I_{ph.c}$$

(2-1)



Hình 2-1: Quan hệ giữa dòng điện với thời gian

1. Dòng điện đo ở điện áp một chiều; 2. Điện áp đo ở dòng điện xoay chiều

- Dòng điện phân cực:

- Ở điện áp một chiều, dòng điện phân cực chỉ tồn tại trong thời gian quá trình quá độ khi đóng hay ngắt điện.
- Ở điện áp xoay chiều, dòng điện phân cực tồn tại trong suốt thời gian đặt điện áp.

- Dòng điện rò: có trị số bé thì cách điện tốt, nếu trị số lớn thì tính chất cách điện của vật liệu kém.

Tính chất của vật liệu cách điện được xác định qua:

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

(2-2)

Trong đó: γ - Điện dẫn xuất

ρ - Điện trở xuất

- Điện trở cách điện của khối điện môi:

(2-3)

Trong đó: U - Điện áp một chiều

- Đối với điện môi rắn:

+ Điện trở suất khối:

$$\rho_v = R_v \cdot \frac{S}{h} \quad [\Omega \cdot cm]$$

(2-4)

Trong đó: R_v - điện trở khối của mẫu [Ω]

S - diện tích của điện cực đo [cm^2]

h - chiều dày khối điện môi [cm]

+ Điện trở suất mặt:

$$\rho_s = R_s \cdot \frac{d}{l} \quad [\Omega]$$

(2-5)

Trong đó: R_s - điện trở mặt của mẫu [Ω]

d - chiều dài điện cực [cm]

l - khoảng cách giữa 2 cực [cm]

- Điện dẫn suất khối: $\gamma_v = \frac{1}{\rho_v} \quad [\Omega.cm]^{-1}$

(2-6)

- Điện dẫn suất mặt: $\gamma_s = \frac{1}{\rho_s} \quad [\Omega]^{-1} \quad [S]$

hay

(2-7)

Điện dẫn toàn phần: $\gamma = \frac{1}{R_{cd}} = \gamma_v + \gamma_s$

(2-8)

- Hằng số thời gian tự phóng điện của tụ điện: $\tau_0 = R_{cd} \cdot C$

(2-9)

Ta có: $U = U_0 \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau_0}}$ (2-10)

10)

Trong đó:

C - điện dung của tụ điện

U - điện áp trên các cực của tụ điện sau thời gian τ từ lúc ngắt tụ ra khỏi nguồn điện áp.

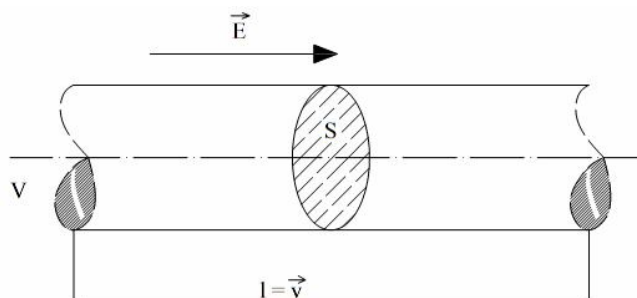
U_0 - điện áp đạt được do tụ tích điện ($\tau = 0$).

R_{cd} - điện trở cách điện.

2.2. Điện dẫn của điện môi:

Mật độ dòng điện chạy trong điện môi tính bằng tổng các điện tích chuyển động qua một đơn vị diện tích vuông góc với phương điện trường trong một đơn vị thời gian.

Xét mô hình điện môi có dạng hình trụ với tiết diện là S, chiều dài l, vận tốc trung bình của các điện tích bên ngoài bằng vận tốc trung bình của các điện trường E .



Hình 2-2: Mô hình điện môi

Gọi: n - mật độ điện tích tự do có trong điện môi

q - điện tích mỗi phân tử

I - dòng điện qua điện môi

Tổng các điện tích chuyển động qua tiết diện S :

$$Q = n \cdot q \cdot V = n \cdot q \cdot S \cdot \bar{v} = I$$

Mà: $I = jS$

\Rightarrow Mật độ dòng điện: $\mathbf{j} = \mathbf{n} \cdot \mathbf{q} \cdot \bar{\mathbf{v}}$ [A/m^2]

(2-11)

Với $n_{(+)}$ - mật độ điện tích dương

$n_{(-)}$ - mật độ điện tích âm

K - độ linh hoạt của các điện tích

- Tốc độ trung bình của điện tích dương: $\bar{v}_{(+)} = K_{(+)} \cdot E$

(2-12)

- Tốc độ trung bình của điện tích âm: $\bar{v}_{(-)} = K_{(-)} \cdot E$

(2-13)

Thay (2-12) và (2-13) vào (2-11) ta có:

$$\mathbf{j} = n_{(+)} q_{(+)} \bar{v}_{(+)} + n_{(-)} q_{(-)} \bar{v}_{(-)} = [n_{(+)} q_{(+)} K_{(+)} + n_{(-)} q_{(-)} K_{(-)}] \cdot E$$

Theo định luật Ohm: $\gamma \mathbf{j} = \mathbf{E}$

\Rightarrow **Điện dẫn của điện môi:**

$$\gamma = n_{(+)} q_{(+)} K_{(+)} + n_{(-)} q_{(-)} K_{(-)} \quad (2-$$

14)

Dựa vào dòng điện dẫn chia điện dẫn thành **3 loại**:

- **Điện dẫn điện tử**: gồm các điện tử tự do chứa trong điện môi.
- **Điện dẫn ion**: gồm các ion dương và ion âm. Các ion sẽ chuyển động đến điện cực khi có điện trường tác động, tại điện cực các ion sẽ được trung hòa về điện và tích lũy

dẫn trên bề mặt điện cực giống như quá trình điện phân. Vì vậy, điện dẫn ion còn gọi là điện dẫn điện phân.

- *Điện dẫn điện di* (điện dẫn mólion): gồm các nhóm phân tử hay tạp chất được tích điện tồn tại trong điện môi, chúng được tạo nên bởi ma sát trong quá trình chuyển động nhiệt.

2.3. Điện dẫn của điện môi khí:

Trong điện môi khí tồn tại song song:

- Quá trình tái hợp: là quá trình kết hợp giữa các điện tích trái dấu tạo thành phân tử trung hòa.
- Quá trình ion hóa tự nhiên: Là quá trình biến đổi nguyên tử thành ion dương và điện tử tự do. Quá trình này luôn xảy ra trong điện môi khí khi điều kiện môi trường thay đổi.

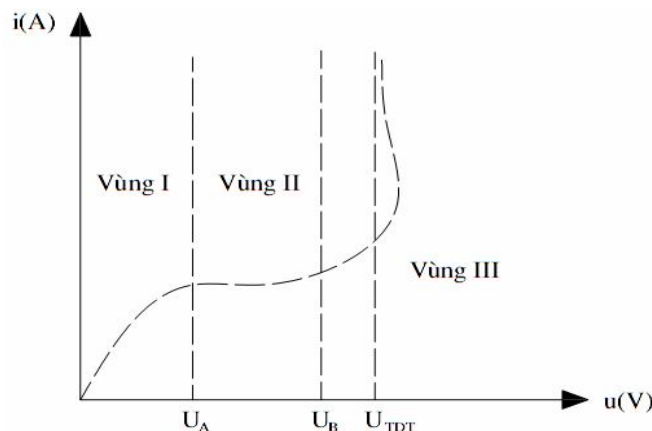
Trạng thái cân bằng của điện môi đạt được khi số điện tích xuất hiện do ion hóa cân bằng với số điện tích bị tái hợp.

2 quá trình không cân bằng \Rightarrow tồn tại lượng điện tích tự do nhất định.

- Dưới tác dụng của điện trường bé, các điện tích được sinh ra bởi quá trình ion hóa tự nhiên sẽ chuyển động tạo nên dòng điện dẫn trong điện môi khí: “*dòng điện dẫn không tự duy trì*”.

- Khi cường độ điện trường đặt lên điện môi đủ lớn, những điện tích có trong điện môi nhận được năng lượng và tăng tốc độ chuyển động, khi va chạm với phân tử trung hòa sẽ gây nên ion hóa va chạm \Rightarrow số lượng điện tích tạo nên tăng theo hàm số mũ \Rightarrow dòng điện dẫn tăng: “*dòng điện dẫn tự duy trì*”.

Hình 2-3 biểu diễn mối quan hệ giữa dòng điện trong điện môi khi điện áp đặt vào nó thay đổi: *Đặc tính Von - Ampe (V - A)*



Hình 2-3: Quan hệ giữa dòng điện và điện áp đối với chất khí

- Vùng I: trong chất khí có thể xem số lượng ion dương và âm không đổi, điện áp tăng từ 0 đến U_A tương ứng với miền của định luật Ôm. Khi điện áp đặt lên hai đầu cực

tăng \Rightarrow cường độ điện trường ($E = \frac{U}{d}$) tăng lên \Rightarrow lực điện trường tác dụng lên các điện tích tăng ($F = qE$) \Rightarrow tốc độ chuyển động của các điện tích tăng \Rightarrow mật độ dòng điện tăng và dòng điện sẽ tăng tuyến tính với điện áp tuân theo định luật Ôm.

- Vùng II: ứng với khu vực điện trường có dòng điện bão hòa. Khi điện áp tăng cao, cường độ điện trường đủ lớn, tốc độ chuyển động của các điện tích lớn, các ion chưa kịp tái hợp đã bị kéo đến điện cực. Do đó có bao nhiêu điện tích sinh ra thì có bấy nhiêu điện tích đi về các điện cực trung hòa. Nhưng số lượng điện tích sinh ra bởi ion hóa tự nhiên không đổi dòng điện đạt tới trị số bão hòa mặc dù điện áp tăng nhưng dòng điện không tăng - ứng với đoạn nằm ngang của đồ thị.

- Vùng III: ứng với khu vực có cường độ điện trường mạnh - dòng điện tăng nhanh không theo định luật Ôm. Điện trường lớn \Rightarrow hiện tượng ion hóa do va chạm tăng \Rightarrow mật độ điện tích lớn gây nên phóng điện tạo thành dòng plasma nối liền 2 điện cực \Rightarrow chất khí trở thành vật liệu dẫn điện, dòng điện tăng theo hàm số mũ. Song với nguyên lý bảo toàn năng lượng và do công suất nguồn có hạn, để duy trì dòng điện phóng điện, điện áp sẽ không tăng mà giảm tới điện áp tự duy trì (U_{TDT}).

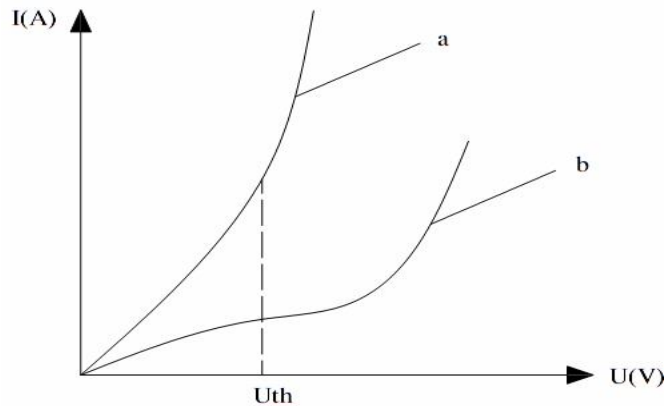
2.4. Điện dẫn của điện môi lỏng:

Dòng điện trong điện môi lỏng là dòng chuyển dời của các ion hay các phân tử mang điện tích.

Có 2 loại điện dẫn:

2.4.1. Điện dẫn ion của các điện môi lỏng:

Điện tích tự do xuất hiện do: - Ion hoá tự nhiên
- Phân ly bản thân chất lỏng và tạp chất.



Hình 2-4: Quan hệ giữa dòng điện và điện áp

a - Đặc tính V - A của điện môi lỏng có chứa tạp chất : không có thành phần dòng điện bão hòa, dòng điện tăng tuyến tính với điện áp đến giá trị điện áp tới hạn (U_{th}). Sau đó xuất hiện quá trình ion hóa va chạm, điện tích tăng lên theo hàm mũ, dòng điện cũng tăng nhanh và dẫn đến phóng điện trong điện môi lỏng.

b - Đặc tính V - A của điện môi lỏng tinh khiết: có một đoạn nhỏ giống như đoạn bão hòa của điện môi khí (chất lỏng sạch giới hạn).

- Điện môi lỏng cực tính bao giờ cũng có điện dẫn suất cao hơn điện môi lỏng trung tính.

- Tạp chất dễ phân ly hơn phân tử điện môi chính:

$$\gamma_{dml} = \gamma_{dmc} + \gamma_{tc}$$

⇒

Trong đó: γ_{dml} - điện dẫn của điện môi lỏng

γ_{dmc} - điện dẫn của điện môi chính

γ_{tc} - điện dẫn của tạp chất

- **Nước** là dạng tạp chất phổ biến nhất trong điện môi lỏng. Nước tồn tại trong điện môi lỏng dưới 3 dạng:

- Nước hoà tan
- Nước huyền phù (nhũ tương)
- Nước lắng đọng

Nước trong điện môi lỏng có thể chuyển từ dạng này sang dạng khác tùy thuộc vào nhiệt độ. Nhiệt độ tăng \Rightarrow phần nước lắng đọng chuyển sang dạng nhũ tương, hoặc từ dạng nhũ tương chuyển sang hòa tan. Khi nhiệt độ giảm, quá trình xảy ra ngược lại.

- Điện dẫn ion của điện môi lỏng phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ. Nhiệt độ tăng \Rightarrow chuyển động nhiệt các phân tử điện môi lỏng tăng, điện môi lỏng có sự dẫn nở nhiệt, lực liên kết giữa các phân tử giảm đi, độ nhớt sẽ giảm, mức độ phân ly các phân tử do nhiệt tăng lên \Rightarrow Điện dẫn điện môi lỏng tăng.

2.4.2. Điện dẫn điện di (điện dẫn môtion) :

- Là dòng chuyển động có hướng của các phân tử mang điện tích dưới tác dụng của điện trường ngoài.

Điện môi lỏng thường chứa các tạp chất (các hạt keo, sợi, bụi bẩn ... lơ lửng bên trong). Do quá trình chuyển động nhiệt \Rightarrow tạp chất ma sát với phân tử điện môi lỏng \Rightarrow tạp chất nhiễm điện. Tùy vào hằng số điện môi:

- $\epsilon_{tc} > \epsilon_{dm}$: tạp chất nhiễm điện tích (+)
- $\epsilon_{tc} < \epsilon_{dm}$: tạp chất nhiễm điện tích (-)

Dưới tác dụng của điện trường, các khối điện tích của tạp chất sẽ chuyển động:

- Khối điện tích (+) đi về cực âm.
- Khối điện tích (-) đi về cực dương.

\Rightarrow *Dòng điện dẫn điện di* là sự chuyển động của các khối mang điện tích dưới tác dụng của điện trường.

- Quá trình làm sạch điện môi:

- Đóng vào nguồn điện áp 1 chiều: khi tiếp cận với các điện cực, các điện tích của tạp chất sẽ được trung hòa về điện \Rightarrow xung quanh điện cực tập trung số lượng lớn tạp

chất \Rightarrow mật độ tạp chất trong điện môi giảm \Rightarrow điện dẫn của điện môi lỏng giảm.

- Đóng vào nguồn điện áp xoay chiều: không có hiệu ứng làm sạch vì có sự chuyển hướng liên tục các tạp chất theo tần số của điện áp.

GIÁ TRỊ ĐIỆN TRỞ SUẤT ρ VÀ HẰNG SỐ ĐIỆN MÔI ε

Tên chất lỏng	Đặc điểm cấu tạo	Điện trở suất ρ_v [$\Omega.cm$] đo ở $t = 20^\circ C$	Hằng số điện môi ε
- Benzen	Trung tính	$10^{13} \div 10^{14}$	2,2
- Dầu biến áp	Trung tính	$10^{12} \div 10^{15}$	2,2
- Xăng	Trung tính	$10^{12} \div 10^{15}$	2,0
- Xô vôn	Cực tính yếu	$10^{10} \div 10^{12}$	4,5
- Thầu dầu	Cực tính yếu	$10^{10} \div 10^{12}$	4,6
- Axêton	Cực tính mạnh	$10^6 \div 10^7$	22
- Rượu Êtilic	Cực tính mạnh	$10^6 \div 10^7$	33
- Nước cất	Cực tính mạnh	$10^5 \div 10^6$	82

Nhận xét: điện dẫn của điện môi lỏng phụ thuộc vào tính chất cực tính của điện môi, điện dẫn sẽ tăng khi hằng số điện môi tăng.

2.5. Điện dẫn của điện môi rắn:

2.5.1. Điện dẫn khối của điện môi rắn:

Điện môi rắn có rất nhiều loại \Rightarrow điện dẫn của điện môi rắn rất phức tạp.

- Điện dẫn trong điện môi rắn là do sự chuyển dịch của:

+ ion của bản thân điện môi + ion tạp chất +
điện tử tự do
dưới tác dụng của điện trường.
(ρ_v)

- Điện trở suất khối ρ_v : Là điện trở của khối vật liệu hình lập phương có cạnh là 1cm khi dòng điện chạy qua hai mặt đối diện của khối điện môi đó. $\rho_v = \frac{R \cdot V}{l}$

(2-

15)

Quan hệ giữa điện dẫn suất (điện trở suất) của điện môi rắn với nhiệt độ: $\gamma = \gamma_0 e^{\alpha t}$ $\rho = \rho_0 e^{-\alpha t}$ hay

Trong đó: $\gamma_0; \rho_0$ - điện dẫn suất và điện trở suất đo ở 20°C
 α - hệ số nhiệt độ của vật liệu.

- Điện môi hữu cơ trung tính không kết tinh (các thủy tinh vô cơ) có điện dẫn suất nhỏ. Độ dẫn điện của thủy tinh liên quan rất chặt chẽ với thành phần hóa học trong nhiều trường hợp nhận được giá trị điện dẫn suất định trước.

GIÁ TRỊ ρ CỦA MỘT SỐ LOẠI THỦY TINH

Tên gọi thủy tinh	Điện trở suất khối ρ_v đo ở $t = 200^\circ\text{C} \cdot \Omega \cdot \text{cm}$
- Pirêch natri (thủy tinh chịu nhiệt)	$2 \cdot 10^8$
- Pirêch kali	$8 \cdot 10^{11}$
- Thủy tinh chì	$2 \cdot 10^{12}$

- Điện dẫn suất của các điện môi xốp khi bị hút ẩm, thậm chí với một lượng không đáng kể cũng tăng lên rất mạnh.

GIÁ TRỊ ρ_v CỦA MỘT SỐ ĐIỆN MÔI RẮN XÓP Ở TRONG CÁC ĐỘ ẨM KHÔNG KHÍ KHÁC NHAU

Tên vật liệu	Điện trở suất khối $\rho, \Omega \cdot \text{cm}$		
	Ở độ ẩm tương đối 0% và $t = 20^\circ\text{C}$	Ở độ ẩm tương đối 70% và $t = 20^\circ\text{C}$	Ở độ ẩm tương đối 0% và $t = 100^\circ\text{C}$
Đá hoa	$10^{14} - 10^{16}$	$10^8 - 10^{10}$	$10^{12} - 10^{14}$
Gỗ	$10^{13} - 10^{14}$	$10^8 - 10^9$	$10^{12} - 10^{13}$
Phíp	$10^{13} - 10^{14}$	$10^8 - 10^9$	$10^{10} - 10^{11}$

2.6. Điện dẫn mặt của điện môi rắn:

Trên bề mặt điện môi tồn tại các điện tích của bản thân điện môi và do các bụi bẩn, lớp nước bẩn gây nên. Chúng tạo nên:

- Điện dẫn suất^(mặt) $\rho_s = \frac{\rho_s}{\gamma_s}$
- Điện trở suất^(mặt)

(2-16)

- Do bề mặt điện môi không phải là phẳng hoàn toàn nên trên bề mặt điện môi luôn tồn tại lớp bẩn và hơi ẩm. Chính lớp này sẽ tạo ra các điện tích tự do và sinh ra dòng rò chạy trên bề mặt điện môi \Rightarrow Điện môi có điện dẫn mặt.

- Điện dẫn mặt phụ thuộc vào các yếu tố:

- Bản chất vật liệu
- Trị số độ ẩm tương đối
- Cực tính vật liệu
- Bề mặt vật liệu

- Điện dẫn suất mặt càng thấp khi cực tính vật liệu càng yếu, bề mặt điện môi càng sạch và nhẵn.

Phân loại vật liệu theo điện dẫn mặt:

2.6.1. Điện môi không hoà tan trong nước:

- Các điện môi trung tính và cực tính yếu không bị thấm nước: gồm các chất: parafin, polistirol; hồ phách, lưu huỳnh.
- Các điện môi cực tính bị thấm nước: gồm một số loại gốm.
- Đặc điểm: điện trở suất bề mặt cao, ít phụ thuộc vào độ ẩm môi trường.

2.6.2. Các điện môi hòa tan một phần trong nước:

- Bao gồm phần lớn các thủy tinh kỹ thuật. Loại vật liệu này có điện trở suất mặt thấp hơn và phụ thuộc nhiều vào độ ẩm.

2.6.3. Điện môi rắn có cấu tạo xốp:

- Bao gồm các vật liệu sợi (hữu cơ và vô cơ), đá hoa, clorit hoạt thạch và đa số các chất dẻo.
- Do cấu tạo xốp nên trong môi trường ẩm, các vật liệu này có điện dẫn suất mặt lớn.

GIÁ TRỊ ĐIỆN TRỞ SUẤT MẶT CỦA MỘT SỐ VẬT LIỆU

Ở ĐỘ ẨM TƯƠNG ĐỐI 70%

Tên điện môi	ρ_s khi bề mặt chưa làm sạch, Ω	ρ_s sau khi làm sạch bề mặt, Ω
- Kính cửa sổ	$2 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^{11}$
- Thạch anh	$2 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^{13}$
nóng chảy	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^{13}$
- Micaléc		

Kết luận:

- Điện dẫn suất mặt phụ thuộc vào độ ẩm là do trên bề mặt điện môi có các chất hút ẩm và phân ly thành ion. Hơi ẩm hấp thụ bởi bề mặt gây nên các chất đó.
- Nếu các chất này ngẫu nhiên rơi trên bề mặt của điện môi thì bằng cách lau sạch ta có thể nhận được điện trở suất mặt cao ở bất kỳ độ ẩm nào của không khí.
- Nếu các chất đó thuộc thành phần của vật liệu thì điện suất bề mặt sẽ giảm mạnh khi độ ẩm tăng.

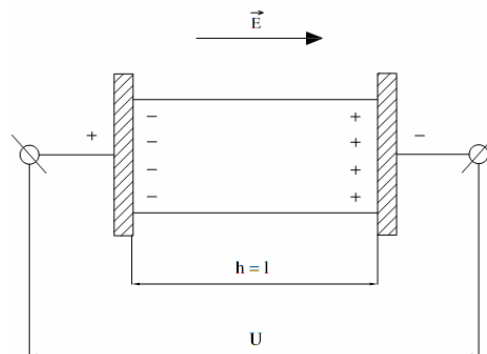
CHƯƠNG 3

SỰ PHÂN CỰC CỦA ĐIỆN MÔI

3.1. Khái niệm về sự phân cực và hằng số điện môi:

1. Khái niệm:

Đặt điện môi vào trong điện trường E , trong điện môi xảy ra quá trình phân cực: Trên bề mặt điện môi phía điện cực dương xuất hiện các điện tích âm, ngược lại phía điện cực âm xuất hiện các điện tích dương trái dấu bên ngoài.



Hình 3-1

⇒ Định nghĩa:

Phân cực điện môi là: + sự chuyển dịch có giới hạn của các điện tích ràng buộc

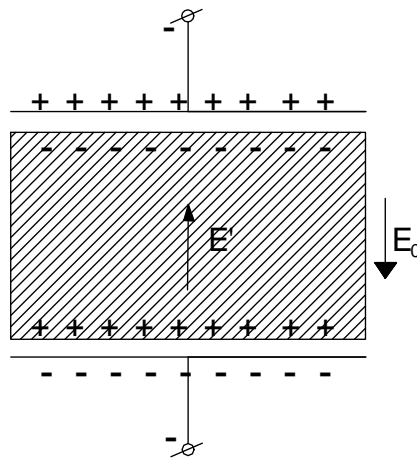
+ sự định hướng của các phân tử lưỡng cực dưới tác dụng của lực điện trường.

* Cơ chế phân cực của điện môi:

Các phân tử không phân cực: bình thường không có cực tính nhưng dưới tác dụng của điện trường, lớp vỏ điện tử và hạt nhân sẽ dịch chuyển (lớp vỏ điện tử chuyển động ngược chiều điện trường, hạt nhân chuyển động cùng chiều điện trường). Điện trường càng lớn thì sự dịch chuyển càng mạnh làm cho phân tử bị phân cực.

Các chất có cấu tạo lưỡng cực: bình thường chúng chuyển động hỗn loạn theo chuyển động nhiệt. Khi có tác dụng của điện trường, các lưỡng cực định hướng một phần theo chiều điện trường.

Các chất có cấu tạo ion: dưới tác dụng của điện trường, các ion sẽ dịch chuyển theo cùng hoặc ngược chiều tác dụng của điện trường.



Kết quả: Trên bề mặt điện môi sẽ xuất hiện các điện tích trái dấu với điện tích trên bản cực, và tạo nên một cường độ điện trường phụ E' ngược chiều với điện trường ngoài. Đây chính là quá trình tích điện của tụ điện.

- Khi xảy ra phân cực, trên bề mặt điện môi xuất hiện điện tích trái dấu với dấu của điện cực bên ngoài, do đó điện môi tạo thành 1 tụ điện có điện tích:

$$Q = CU \quad (3-1)$$

Trong đó: C - điện dung của tụ điện

U - điện áp đặt vào tụ điện

Điện tích Q gồm 2 thành phần: $Q = Q_0 + Q'$
(3-2)

Trong đó: Q_0 - điện tích trên bản cực của tụ điện khi điện môi bên trong tụ là chân không.

Q' - điện tích tạo nên trên bản cực do sự phân cực bên trong điện môi.

2. Hằng số điện môi:

- Là tỷ số giữa điện tích Q của tụ điện chế tạo từ loại điện môi khi điện áp đặt vào có giá trị nào đó với Q_0 là điện tích của tụ điện khi điện môi là chân không.

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_0} = \frac{Q_0 + Q'}{Q_0} = 1 + \frac{Q'}{Q_0} \quad (3-3)$$

Ta có: $\varepsilon \geq 1$

- Giá trị hằng số điện môi tương đối của một chất bất kỳ không phụ thuộc vào việc chọn hệ đơn vị. Chỉ hằng số điện môi của chân không phụ thuộc hệ đơn vị: $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \text{ F/m}$

+ Hệ CGSE $\varepsilon_0 = 1$

+ Hệ SI:

Từ (3-1) và (3-3): $Q = Q_0 \varepsilon = CU = C_0 \varepsilon U$
(3-4)

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{C}{C_0}$$

(3-5)

Trong đó: C_0 - điện dung của tụ điện chân không

Kết luận: Hằng số điện môi của một điện môi bất kỳ có thể xác định bằng tỷ số giữa điện dung tụ điện của điện môi đó với điện dung tụ điện cùng kích thước điện cực khi điện môi là chân không.

3.2. Các dạng và loại phân cực xảy ra trong điện môi:

Theo thời gian xác lập phân cực: 2 dạng chính

1. Phân cực nhanh:

- Xảy ra trong một thời gian rất nhanh khi điện môi bị tác dụng bởi điện cực bên ngoài ($10^{-12} \div 10^{-15}$ giây).
- Đàn hồi hoàn toàn, không sinh ra tổn hao điện môi (không phát sinh nhiệt).

- Biểu diễn:

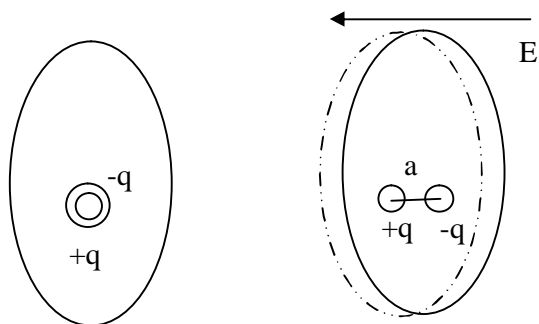


diễn:

- 2 loại phân cực chính:

- Phân cực điện tử nhanh: Là sự dịch chuyển đàn hồi và định hướng của lớp vỏ điện tử của nguyên tử trong phân tử hoặc ion.

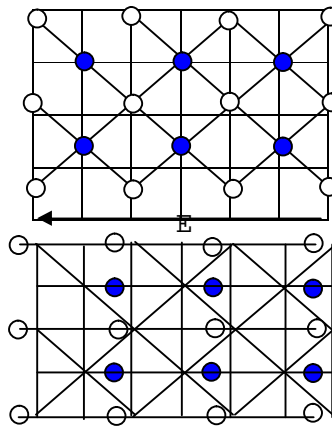
Ví dụ: Ở nguyên tử khi chưa đặt điện trường, điện tử chuyển động xung quanh hạt nhân, tâm của điện tích âm trùng với tâm của điện tích dương. Khi đặt điện trường vào thì điện tử sẽ dịch chuyển ngược chiều điện trường, còn hạt nhân chuyển động cùng chiều điện trường, kết quả làm tâm điện tích âm và dương lệch nhau một khoảng a .



Đặc điểm:

- Thời gian phân cực diễn ra rất bé $\tau = 10^{-15}$ (s)
- Quá trình phân cực không phát tán năng lượng, không tổn hao nên thuộc dạng phân cực thứ nhất.
- Những chất có phân cực điện tử chủ yếu thì $\epsilon = n^2$ (n - hệ số khúc xạ ánh sáng).
- Khi nhiệt độ tăng thì sự phân cực tăng.
- Phân cực điện tử thường xảy ra với chất khí.
- Phân cực ion nhanh: Đặc trưng cho các điện môi có cấu trúc tinh thể ion, được tạo ra nhờ sự dịch chuyển đàn hồi của các ion liên kết dưới tác dụng của điện trường ngoài. Do dịch chuyển đàn hồi mà không phát tán năng lượng.

Ví dụ: Tinh thể ion



Chưa âm
điện
trường

NaCl

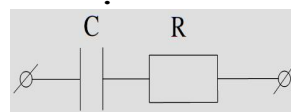
Khi âm
điện
trường

Đặc điểm:

- Thời gian phân cực diễn ra rất bé $\tau = 10^{-12}$ (s).
- Do diễn ra tức thời, không phát tán năng lượng nên thuộc dạng phân cực thứ nhất.
- Khi nhiệt độ tăng thì phân cực tăng.
- Thường thấy ở chất có cấu tạo ion liên kết chặt chẽ.

2. Phân cực chậm:

- Xảy ra chậm (10^{-10} giây, hàng phút, hàng giờ, nhiều giờ).
- Gây tổn hao điện môi.
- Biểu diễn:



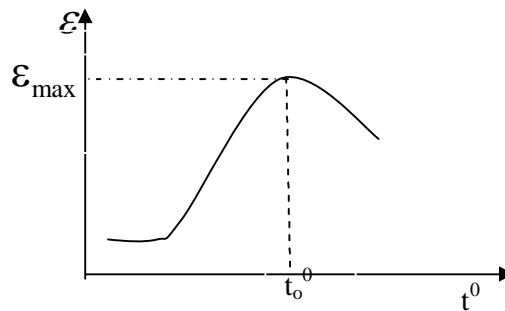
diễn:

- 5 loại phân cực chính:
 - Phân cực lưỡng cực chậm: được tạo nên bởi sự định hướng một phân tử lưỡng cực dưới tác dụng của cường độ điện trường trong khi đang chuyển động nhiệt hỗn loạn.

Đặc điểm:

- Thời gian phân cực lớn.
- Tổn hao năng lượng lớn nên thuộc dạng phân cực chậm.

- Khi nhiệt độ thay đổi thì phân cực cũng thay đổi nheng quan hệ giữa nhiệt độ và phân cực rất phức tạp, thể hiện qua quan hệ: $\epsilon = f(t^0)$



- Phân cực điện tử chậm: được tạo nên bởi các điện tử khuyết tật do tạp chất.

Đặc điểm:

- Thời gian phân cực lớn và tiêu tốn năng lượng.
- Thuộc dạng phân cực thứ hai.
- Xảy ra ở các chất có chiết suất ánh sáng lớn nên $\epsilon = n^2$ lớn.
- Phân cực ion chậm: được tạo nên bởi các chuyển động thừa của các nút ion dưới tác dụng của điện trường trong khi đang chuyển động nhiệt hỗn loạn quanh vị trí cân bằng.

Đặc điểm:

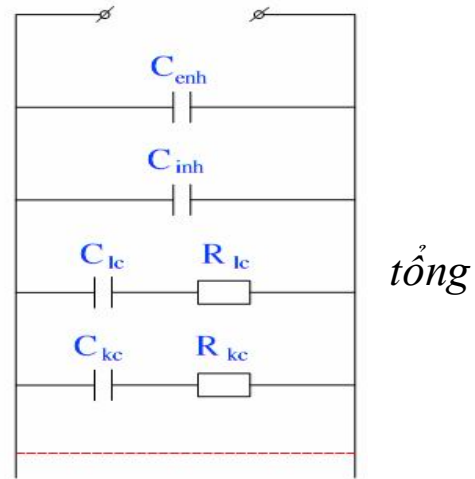
- Có thời gian và tổn hao năng lượng.
- Đặc trưng cho các chất có liên kết ion không chặt chẽ.
- Phân cực kết cấu: Là phân cực phụ xảy ra trong các vật liệu rắn có cấu tạo không đồng nhất và có tạp chất. Bản chất của sự phân cực này là sự dịch chuyển của các ion liên kết yếu dưới tác dụng của điện trường ngoài, tạo thành điện tích không gian trên ranh giới tiếp xúc giữa các miền khác nhau.

Đặc điểm:

- Xảy ra ở tần số thấp, kèm theo tổn hao năng lượng lớn.

- Xảy ra có thời gian.
- Phân cực tự phát.

Hình 3-2: Sơ đồ đẳng trị
quát
các loại phân cực điện môi



3.3. Phân loại điện môi theo dạng phân cực:

1. Nhóm thứ nhất:

- Bao gồm các điện môi chủ yếu chỉ có loại phân cực điện tử nhanh:

- + Các chất trung tính ở trạng thái rắn.
- + Một số chất cực tính yếu có cấu trúc tinh thể, cấu trúc không định hình.

Ví dụ: parafin, lưu huỳnh, polistirol, benzon, hydro, dầu máy biến áp, dầu tụ điện ...

2. Nhóm thứ 2:

- Gồm các điện môi có phân cực điện tử nhanh và phân cực lưỡng cực chậm:

- + Các chất hữu cơ cực tính ở trạng thái nửa lỏng nửa rắn.
- Ví dụ: hỗn hợp dầu côlôfan, êpôcxi, xenlulô, hydrocacbon bị clo hóa ...

3. Nhóm thứ 3:

- Bao gồm các điện môi rắn vô cơ có phân cực điện tử và ion nhanh, phân cực điện tử và ion chậm:

- Đặc tính cách điện khác nhau Nhóm tách thành 2 phân nhóm vật liệu:

+ Điện môi có phân cực điện tử và ion nhanh: gồm các tinh thể có ion ràng buộc chặt chẽ. Ví dụ: thạch anh, corundum, mica, bột đá mài, muối mỏ, kim cương, rutil ...

+ Điện môi có phân cực điện tử và ion cả nhanh lẫn chậm: gồm có thủy tinh vô cơ, vật liệu sứ, mica lách và các điện môi có cấu tạo tinh thể ràng buộc yếu.

4. Nhóm thứ 4:

- Gồm các điện môi xécnhét được đặc trưng bởi phân cực tự phát, phân cực điện tử và ion nhanh, phân cực điện tử chậm.

Ví dụ: muối xécnhét, titanatbari, các chất có từ tính ...

3.4. Hằng số điện môi của chất khí:

Các chất khí có:

- Mật độ phân tử rất nhỏ so với chất lỏng và rắn

- Khoảng cách giữa các phân tử lớn hơn nhiều so với bán kính của chúng

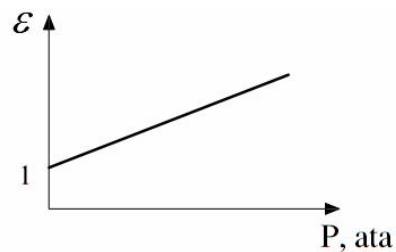
⇒ Lực tương tác giữa các phân tử khí không đáng kể ⇒ Sự phân cực trong chất khí không đáng kể, ..

Ví dụ: Đo không khí ở nhiệt độ $t = 20^{\circ}\text{C}$, áp suất $P = 1 \text{ ata}$.

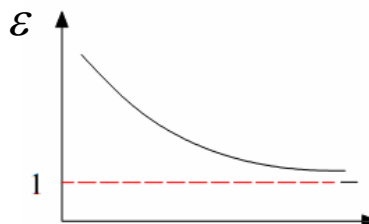
3.4.1. Điện môi khí trung tính:

- Chỉ tồn tại loại phân cực điện tử nhanh.

- ϵ tỉ lệ nghịch với nhiệt độ và tỉ lệ thuận với áp suất khối điện môi khí.



Hình 3-3: Quan hệ giữa ϵ với áp suất P khi $T = \text{const}$



Hình 3-4: Quan hệ giữa ε với áp suất T khi $P = \text{const}$
 - ε của các chất khí tăng khi bán kính phân tử càng lớn.

Bảng 3-1: **HÀNG SỐ ĐIỆN MÔI CỦA CÁC CHẤT KHÍ**

Tên gọi chất khí	Bán kính phân tử, A^0	Hệ số khúc xạ ánh sáng, n	n^2	ε khi $t = 20^\circ\text{C}$ và $P = 760 \text{ mm}$ cột thủy ngân
Hêli	1,12	1,000035	1,00007	1,000072
Hyđrô	1,35	1,000140	1,00028	1,000270
Ôxy	1,82	1,000270	1,00054	1,000550
Argon	1,83	1,000275	1,00055	1,000560
Nitơ	1,91	1,000300	1,00060	1,000600
Axit cacbonic	2,3	1,000500	1,00100	1,000960
Êtilen	2,78	1,000650	1,00130	1,001380

Bảng 3-2: **QUAN HỆ GIỮA ε VỚI ÁP SUẤT CỦA MỘT SỐ CHẤT KHÍ**

Không khí		Axit Cacbonic		Nitơ	
Áp suất, at	ε	Áp suất, at	ε	Áp suất, at	ε
1	1,00058	1	1,00098	1	1,0006
20	1,0108	20	1,020	20	1,0109
40	1,0218	40	1,050	100	1,055

Bảng 3-3: **QUAN HỆ GIỮA ε CỦA KHÔNG KHÍ VỚI NHIỆT ĐỘ**

Nhiệt độ, $^\circ\text{C}$	ε_{kk}
+60	1,00052
+20	1,00058
-60	1,00081

- Ảnh hưởng của độ ẩm không khí đối với hằng số điện môi không đáng kể ở nhiệt độ bình thường, nhưng nó tăng rõ rệt ở nhiệt độ cao.

Bảng 3-4: **QUAN HỆ GIỮA ϵ CỦA KHÔNG KHÍ VỚI ĐỘ ẨM**

Độ ẩm không khí, φ %	ϵ
0	1,00058
50	1,00060
100	1,00064

3.4.2. Điện môi khí cực tính:

- Tồn tại 2 loại phân cực chính:

Phân cực điện tử nhanh (chủ yếu)

Phân cực lưỡng cực

- Khi nhiệt độ tăng, khả năng định hướng của các lưỡng cực giảm ϵ giảm. Khi nhiệt độ vô cùng lớn thì ϵ có giá trị của phân cực điện tử nhanh vì khi đó, chuyển động nhiệt lớn làm cản trở sự định hướng của các phân tử lưỡng cực.

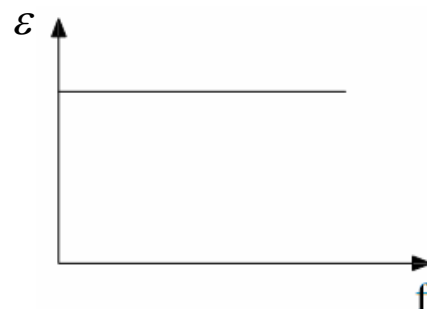
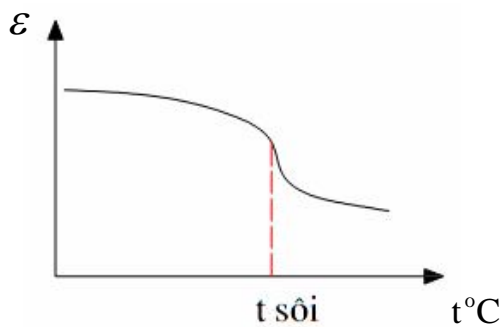
3.5. Hằng số điện môi của điện môi lỏng:

3.5.1. Điện môi lỏng trung tính:

- Chủ yếu là phân cực điện tử nhanh.

- ϵ của điện môi lỏng trung tính phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ nhưng không bị ảnh hưởng của áp suất: Khi nhiệt độ tăng thì điện môi lỏng giãn nở nhiệt \Rightarrow khoảng cách giữa các phân tử tăng \Rightarrow mật độ phân tử giảm $\Rightarrow \epsilon$ giảm.

- ϵ của điện môi lỏng trung tính không phụ thuộc vào tần số \Rightarrow điện môi lỏng trung tính có thể sử dụng ở bất cứ tần số nào.



Hình 3-5a

Quan hệ giữa ϵ với nhiệt độ
với tần số

Hình 3-5b

Quan hệ giữa ϵ với tần số

Bảng 3-5: ϵ CỦA CÁC CHẤT LỎNG TRUNG TÍNH VÀ CỰC TÍNH YẾU

Tên chất lỏng	n^2	ϵ
Benzen	2,25	2,218
Toluen	2,25	2,294
Têtraclorua	2,135	2,163

Nhận xét: Với chất lỏng trung hòa hay cực tính yếu thì $\epsilon < 2,5$.

3.5.2. Điện môi lỏng cực tính:

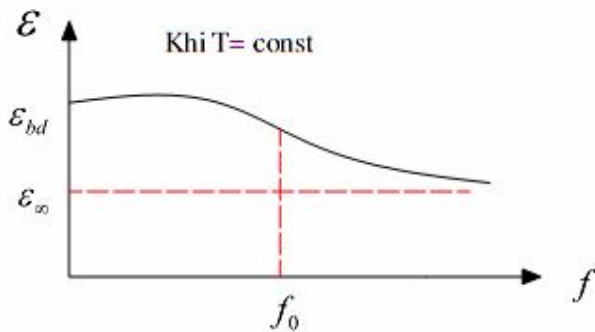
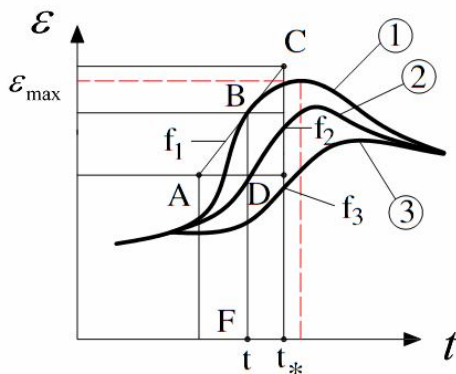
- Có 2 dạng phân cực:

Phân cực điện tử nhanh

Phân cực lưỡng cực

- Phân tử có cực tính càng mạnh (trị số Mômen lưỡng cực lớn) và mật độ phân tử cao thì ϵ càng lớn \Rightarrow nước, rượu êtilic (những chất dẫn điện yếu bằng ion) ... có cực tính mạnh \Rightarrow không thể ứng dụng là điện môi do độ dẫn điện lớn.

- ϵ phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ.



Hình 3-6

Quan hệ $\epsilon = f(t^o)$ khi $f_1 < f_2 < f_3$
tần số

Hình 3-7

Quan hệ giữa ϵ với tần số

Nhận xét: Đường 1 ở tần số f_1 :

+ Khi nhiệt độ tăng, lực liên kết giữa các phân tử chất lỏng giảm (do có sự giãn nở nhiệt) \Rightarrow sự xoay hướng của các phân tử lưỡng cực dễ dàng hơn $\Rightarrow \epsilon$ tăng.

+ Khi ở nhiệt độ cao, chuyển động nhiệt của các phân tử lớn \Rightarrow cản trở sự xoay hướng của các phân tử lưỡng cực $\Rightarrow \epsilon$ giảm.

+ ϵ_{\max} ở nhiệt độ t_* \Rightarrow khi sử dụng điện môi lỏng cực tính cần tránh vùng nhiệt độ lân cận t_* .

- Tần số của điện trường làm thay đổi ϵ :

+ Ở tần số thấp, các lưỡng cực xoay kịp theo hướng của điện trường \Rightarrow các phân cực có thể xảy ra trọn vẹn $\Rightarrow \epsilon$ lớn và gần bằng ϵ_{bd} - hằng số điện môi khi đo ở điện áp 1 chiều.

+ Ở tần số tăng cao, các phân tử cực tính không kịp định hướng theo sự biến đổi của trường \Rightarrow phân cực xảy ra không trọn vẹn $\Rightarrow \epsilon$ giảm và tiến đến trị số ϵ_{∞} - hằng số điện môi đo ở tần số cao vô cùng.

Kết luận: Hằng số điện môi cực đại giảm khi tần số tăng và ở nhiệt độ cao hơn.

\Rightarrow Muốn có phân cực trọn vẹn cần phải tăng nhiệt độ để giảm lực liên kết giữa các phân tử và khi đó các phân tử cực tính kịp xoay theo tần số của điện trường.

Bảng 3-6: ϵ CỦA CÁC CHẤT LỎNG CỰC TÍNH

Tên chất lỏng	ϵ với $t = 20^\circ\text{C}$ và $f = 50\text{Hz}$
Thầu dầu	4,5
Xôvôn	5,0
Xốvtôn	3,2

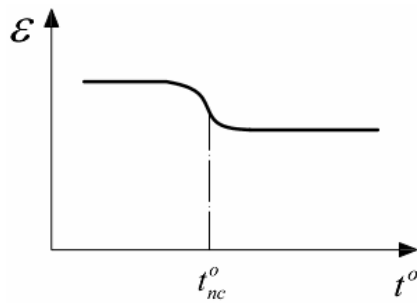
3.6. Hằng số điện môi của điện môi rắn:

Do đặc điểm cấu tạo đa dạng về cấu trúc và thành phần $\Rightarrow \epsilon$ của điện môi rắn có giá trị nằm trong phạm vi rộng.

3.6.1. Hằng số điện môi của chất rắn trung tính:

- Chỉ tồn tại phân cực điện tử nhanh.

- ϵ giảm khi nhiệt độ tăng (do chất rắn giãn nở nhiệt nên mật độ phân tử giảm).



Hình 3.8: Quan hệ $\varepsilon = f(t^\circ)$ của parafin

Bảng 3-7 : ε CỦA MỘT SỐ ĐIỆN MÔI RẮN TRUNG TÍNH

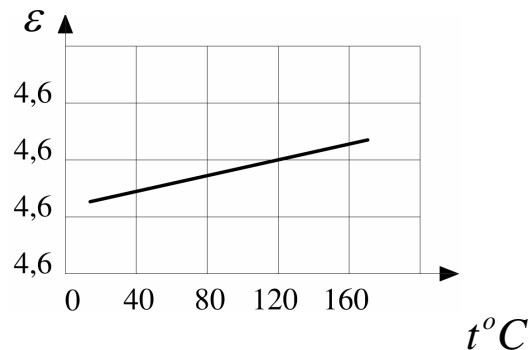
Tên vật liệu	$\varepsilon(t = 20^\circ C, f = 50Hz)$
Parafin	1,9 ÷ 2,2
Polistirol	2,4 ÷ 2,6
Lưu huỳnh	3,6 ÷ 4,0
Kim cương	5,6 ÷ 5,8

3.6.2. Hằng số điện môi của chất rắn có kết cấu tinh thể ion:

a. Điện môi rắn có cấu tạo ion liên kết chặt chẽ :

- Có phân cực điện tử nhanh và ion nhanh.
- ε nằm trong phạm vi rộng.
- Khi nhiệt độ tăng:
 - Mật độ phân tử giảm
 - Xảy ra hiện tượng tăng khả năng phân cực của các ion.

Ảnh hưởng tăng mạnh hơn nhiều so với sự giảm mật độ $\Rightarrow \varepsilon$ tăng theo nhiệt độ.



Hình 3.9: Quan hệ $\epsilon = f(t^{\circ}C)$ của tinh thể KCl

Bảng 3-8 : ϵ CỦA CÁC
TINH THỂ ION

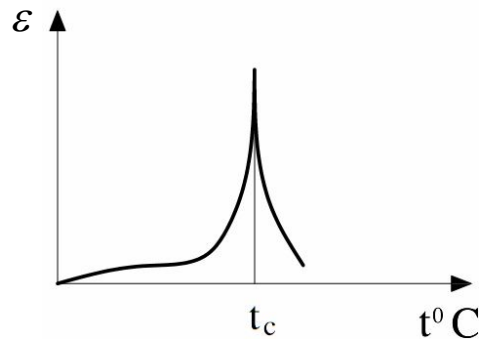
Tên gọi tinh thể	ϵ
Muối mỏ (NaCl)	6
Cương ngọc (Al_2O_3)	10
Rutin (TiO_2)	110
Canxi Titanat ($CaO.TiO_2$)	150

b. Điện môi rắn có cấu tạo ion liên kết không chặt chẽ :

- Ngoài phân cực điện tử và ion nhanh còn có phân cực ion chậm.
- Hằng số điện môi không cao.

3.6.3. Hằng số điện môi của thủy tinh vô cơ:

- ϵ nằm trong phạm vi tương đối hẹp, $\epsilon = 4 \div 20$.
- Tồn tại 2 loại phân cực: điện tử nhanh và ion nhanh.



Hình 3.10: Quan hệ $\epsilon = f(t^{\circ}C)$ của thủy tinh

Nhận xét:

- Ở vùng nhiệt độ thấp $t < t_c$ (t_c - nhiệt độ thủy tinh hóa hay nhiệt độ nóng chảy), ϵ tăng khi nhiệt độ tăng.
- Tại gần nhiệt độ t_c , thủy tinh bị thay đổi cấu trúc biến thành chất lỏng $\Rightarrow \epsilon$ đạt cực đại, có trị số hàng nghìn.

- Khi $t > t_c$, ở nhiệt độ cao chuyển động nhiệt rất mạnh \Rightarrow thay đổi phân tử và cản trở sự phân cực $\Rightarrow \epsilon$ giảm mạnh.

Bảng 3-9 :

ϵ CỦA THỦY

TINH VÔ CƠ

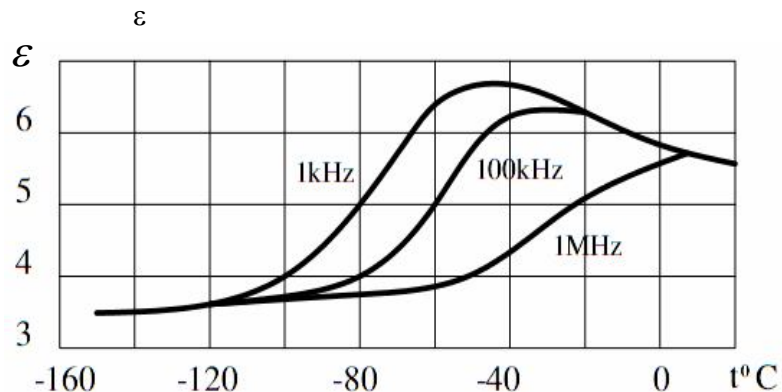
Tên gọi các thủy tinh vô cơ	ϵ
Thạch anh nóng chảy	4,5
Thủy tinh Kiềm	6,5
Thủy tinh barit	10,0

3.6.4. Hằng số điện môi của điện môi rắn hữu cơ cực tính:

- Ngoài phân cực điện tử nhanh còn có phân cực lưỡng cực chậm.

- ϵ phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ và tần số của điện trường theo quy luật như các chất lỏng cực tính.

\Rightarrow Khi sử dụng các điện môi rắn cực tính trong điều kiện nhiệt độ và tần số thay đổi cần lưu ý tính toán cho phù hợp để điện môi không bị phá hủy.



Hình 3.11: Quan hệ $\epsilon = f(t^o, f)$ của sáp galovac

Bảng 3-10 :

ϵ CỦA CÁC

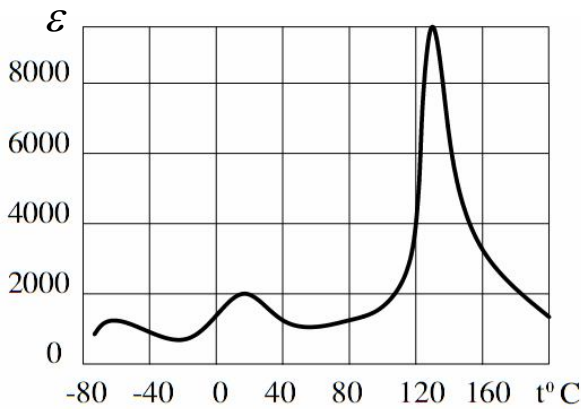
DIỆN MÔI RẮN CỰC TÍNH

Tên điện môi rắn	ϵ
Nhựa phenol fôcmandehit	4,5
Sáp galovac	5,0

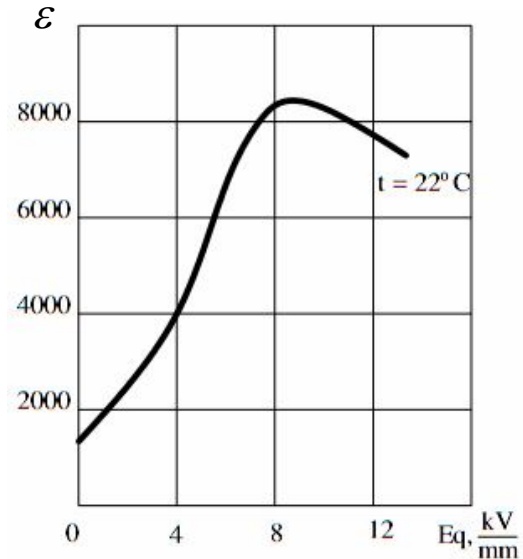
Xenlulô	6,5
Êpôcxì	3÷4
Silic hữu cơ	3÷5

3.6.5. Hằng số điện môi của các điện môi xécnhét (có từ tính):

- ϵ nằm trong dải rất rộng, từ vài đơn vị đến vài trăm.
- ϵ phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ và cường độ điện trường.



Hình 3.12: Quan hệ $\epsilon = f(t^0, f)$ của gốm TitanatBari ($BaTiO_3$)



Hình 3.11: Quan

hệ $\epsilon = f(E)$ của chất xécnhét

Nhận xét:

- ϵ đạt cực đại ngay tại một số điểm nhiệt độ thấp \Rightarrow cấu trúc của tinh thể ion thay đổi khi nhiệt độ thay đổi.
- Điểm Quyri : là nhiệt độ mà tại đó ϵ đạt trị số cực đại.
- Trong miền nhiệt độ cao hơn điểm Quyri :
 - Thuộc tính xécnhét của vật liệu không còn.
 - Đặc biệt, ϵ không còn phụ thuộc vào điện trường nữa.

Bảng 3-11:

ϵ CỦA CÁC ĐIỆN MÔI XÉCNHÉT Ở $t = 20^{\circ}\text{C}$ TRONG ĐIỆN TRƯỜNG YẾU

Tên vật liệu	ϵ
Muối xécnhét	500 ÷ 600
Titanat Bari	1000 ÷ 1500
Titanat Bari có thêm chất phụ	7000 ÷ 9000

3.6.5. Hằng số điện môi của tổ hợp các chất cách điện rắn:

Xét tổ hợp cách điện gồm 2 chất với hằng số điện môi là ϵ_1, ϵ_2 . Tỷ lệ tương đối của các thành phần tương ứng là X_1 và X_2 :
 $X_1 + X_2 = 1$.

Hằng số điện môi của tổ hợp 2 cách điện :

$$\epsilon^k = X_1 \epsilon_1^k + X_2 \epsilon_2^k$$

(3-6)

Trong đó: k - hệ số mũ nói lên đặc điểm sắp xếp của các thành phần.

- Nếu 2 điện môi đặt vuông góc với phương của điện trường (mắc nối tiếp):

$$k = -1 \Rightarrow \frac{1}{\epsilon} = \frac{X_1}{\epsilon_1} + \frac{X_2}{\epsilon_2}$$

(3-7)

- Nếu 2 điện môi đặt song song với phương của điện trường (mắc song song):

$$k = 1 \Rightarrow \epsilon = X_1 \epsilon_1 + X_2 \epsilon_2$$

(3-8)

- Nếu 2 chất trộn đều vào với nhau:

$$k \rightarrow 0 \Rightarrow \ln \epsilon = X_1 \ln \epsilon_1 + X_2 \ln \epsilon_2$$

(3-9)

CHƯƠNG IV: TỒN HAO TRONG ĐIỆN MÔI

4.1. Khái niệm về tổn hao điện môi

Khi điện trường tác dụng lên điện môi, trong điện môi xảy ra quá trình dịch chuyển các điện tích tự do và điện tích ràng buộc \Rightarrow trong điện môi xuất hiện dòng điện dẫn và dòng điện phân cực \Rightarrow tác dụng lên điện môi làm cho điện môi nóng lên, tỏa nhiệt và truyền nhiệt vào môi trường.

Phần năng lượng nhiệt này không sinh ra công \Rightarrow tổn hao điện môi.

- Ở điện áp một chiều: trong điện môi không có sự phân cực theo chu kỳ \Rightarrow năng lượng tiêu hao chỉ do dòng điện rò gây nên \Rightarrow dùng điện trở suất xác định chất lượng của vật liệu.

- Ở điện áp xoay chiều: trong điện môi ngoài dòng điện rò còn có dòng điện do phân cực gây nên \Rightarrow phải dùng các đặc tính khác để xác định chất lượng vật liệu cách điện.

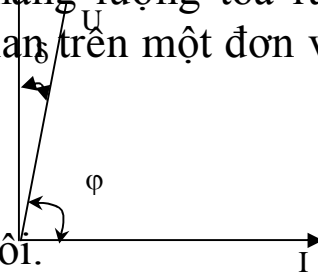
* Các định nghĩa:

- Công suất tổn hao điện môi: là phần năng lượng tỏa ra bên trong điện môi trong một đơn vị thời gian làm cho điện môi nóng lên khi có điện áp đặt vào điện môi.

Kí hiệu: $P[W]$

- Suất tổn hao điện môi: là phần công suất điện môi tính cho một đơn vị thể tích điện môi, tức là năng lượng tỏa ra bên trong điện môi trong một đơn vị thời gian trên một đơn vị thể tích khi có điện áp tác dụng vào.

- Góc tổn hao điện môi: là góc phụ của góc lệch pha giữa dòng điện chạy trong điện môi và điện áp tác dụng lên điện môi.



Kí hiệu: δ với $\delta = 90^\circ - \varphi$ (độ).

• Điện áp một chiều:

Tổn hao điện môi:

$$P = R.I^2 = \frac{U^2}{R} \quad (4-1)$$

Trong đó: R- điện trở vật liệu (Ω)

I- dòng điện qua vật liệu (A)

U- điện áp đặt lên vật liệu (V)

• Điện áp xoay chiều:

Tổn hao điện môi:

$$P = U.I.\cos\varphi = U.I_R = U.I_C.\operatorname{tg}\delta = U \cdot \frac{U}{X_C} \operatorname{tg}\delta = U^2 \cdot \omega C \operatorname{tg}\delta \quad (4-2)$$

Trong đó:

P- công suất tổn hao

U- điện áp đặt vào vật thể

ω - tần số góc ($\omega = 2\pi f$)

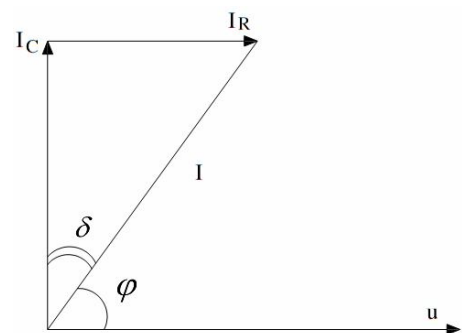
φ - góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp

Hình 4.1

C- điện dung của tụ

▪ Điện môi lý tưởng: $\varphi = 90^\circ$, $\delta = 0 \Rightarrow P = 0$.

\Rightarrow Khi φ càng bé thì P càng lớn. Để xác định khả năng phát tán năng lượng của điện môi trong điện trường: dùng góc tổn hao điện môi δ và $\operatorname{tg}\delta$.



- (4-2) \Rightarrow Khi điện áp và tần số không đổi, P tỉ lệ với $\text{tg } \delta$.

$$\text{tg } \delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{P}{Q} \quad \text{Q - công suất phản kháng}$$

(4-3)

- So sánh 2 điện môi có cùng kích thước dưới cùng một giá trị điện áp:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{U^2 \omega C_1 \text{tg } \delta_1}{U^2 \omega C_2 \text{tg } \delta_2} = \frac{C_0 \varepsilon_1 \text{tg } \delta_1}{C_0 \varepsilon_2 \text{tg } \delta_2} = \frac{\varepsilon_1 \text{tg } \delta_1}{\varepsilon_2 \text{tg } \delta_2}$$

(4-4)

\Rightarrow Tổn hao điện môi thường có quan hệ với hằng số điện môi ε và $\text{tg } \delta$ của chất đó.

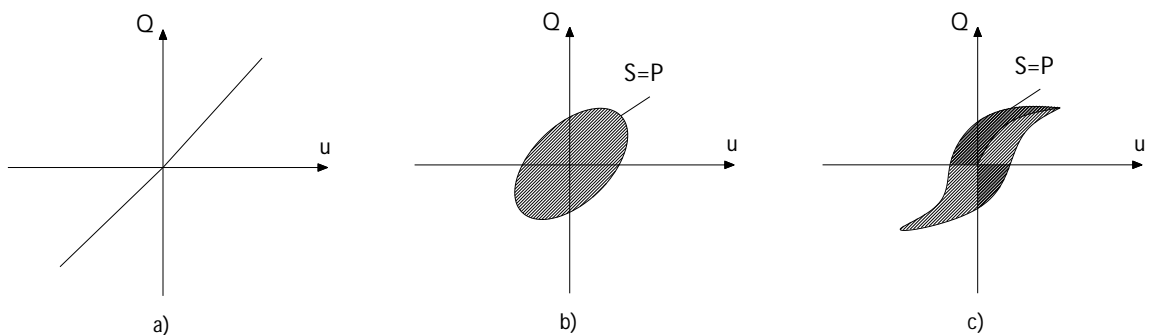
\Rightarrow Hệ số tổn hao điện môi: $\varepsilon' = \varepsilon \text{tg } \delta$

(4-5)

\Rightarrow khái niệm chính xác hơn khả năng phát nhiệt của điện môi: vừa cho biết khả năng phân cực của điện môi (ε), vừa cho biết giá trị tổn hao điện môi ($\text{tg } \delta$).

- P lớn \Rightarrow nhiệt độ phát nóng trong điện môi tăng dần lên, khi vượt quá giá trị cho phép \Rightarrow điện môi bị phân hủy nhiệt \Rightarrow điện môi bị mất tính cách điện: *phóng điện do nhiệt gây nên*.
- Nếu U đặt lên điện môi không đủ lớn để tạo nên độ nóng quá mức cho phép tổn hao điện môi gây ra \Rightarrow tổn thất điện môi vẫn đưa ra những tác hại nghiêm trọng:
 - Tăng điện dẫn của điện môi
 - Các tham số vật liệu thay đổi
 - Sơ đồ mạch điện thay đổi.

Do tổn hao điện môi liên quan trực tiếp đến sự phân cực điện môi \Rightarrow có thể xét tổn hao điện môi theo mối quan hệ giữa điện tích Q trên cực của tụ điện và điện áp tác dụng U:



Hình 4-2: Quan hệ $Q = f(U)$

a) Điện môi không có tổn hao (Điện môi trung tính)

b) Điện môi cực tính; c) Điện môi xécnhéc

- Hình 4-2a: Khi tổn hao điện môi không phải do hiện tượng phân cực gây nên, điện tích phụ thuộc vào điện áp theo quan hệ đường thẳng ($Q = CU$).
 - Hình 4-2b: Nếu trong điện môi có hiện tượng phân cực chậm liên quan với tổn thất năng lượng thì đường cong quan hệ điện tích theo điện áp có dạng elip. Diện tích của hình elip (S) tỉ lệ với năng lượng tiêu tổn trong điện môi với một chu kỳ biến đổi điện áp (P): $S \equiv P$
 - Hình 4-2c: Đường cong quan hệ điện tích theo điện áp có dạng đường cong từ trễ của vật liệu từ. Diện tích của chu trình tỉ lệ với tổn thất năng lượng trong một chu kỳ: $S \equiv P$
- \Rightarrow Trong thực tế, khi xác định tổn hao điện môi của một mẫu vật liệu:

- Xác định diện tích S của quan hệ giữa Q và U .
- So sánh với tổn hao của một vật mẫu.

4.2. Các dạng tổn hao trong điện môi:

1. Tổn hao điện môi do dòng điện rò:

Điện môi kỹ thuật luôn tồn tại các điện tích và điện tử tự do. Dưới tác dụng của điện trường, các điện tích kể trên sẽ tham gia vào dòng điện dẫn và tạo nên dòng điện rò. Dòng điện rò này kết hợp với điện trở điện môi gây nên tổn thất nhiệt.

- Điện môi rắn: dòng điện rò đi trên bề mặt và trong khối điện môi.
 - Điện môi khí và lỏng: chỉ có dòng điện khối.
- Nếu dòng điện rò lớn thì tổn hao trong điện môi có trị số đáng kể.

$$tg\delta = \frac{1,8 \cdot 10^{12}}{\varepsilon \cdot f \cdot \rho}$$

(4-6)

Trong đó: f - tần số của điện trường (Hz)

ρ - điện trở suất [$\Omega \cdot cm$]

⇒ Tổn hao điện môi dạng này phụ thuộc vào tần số của điện trường. $Tg\delta$ giảm theo quy luật Hyperbolic khi tần số tăng.

Khi nhiệt độ tăng lên, điện dẫn của điện môi tăng theo quy luật hàm mũ ⇒ tổn hao điện môi cũng tăng theo quy luật này:

$$P_t = P_0 e^{\alpha t}$$

(4-8)

Trong đó: P_t - tổn hao công suất ở nhiệt độ $t^\circ C$

P_0 - tổn thất ở nhiệt độ $20^\circ C$

α - hằng số mũ của vật liệu / hệ số nhiệt

t - nhiệt độ, $^\circ C$

2. Tổn hao điện môi do phân cực:

- Xảy ra ở các chất phân cực chậm:

- cấu tạo lưỡng cực
- cấu tạo ion ràng buộc không chặt chẽ.

- Do sự phá hủy chuyển động nhiệt của các phân tử dưới tác động của cường độ điện trường ⇒ phát sinh năng lượng tiêu tán và điện môi bị phát nóng.

- Tổn hao điện môi tăng dần theo tần số của điện áp đặt lên điện môi (rõ nhất ở tần số vô tuyến và tần số siêu cao). Khi ở các tần số cao, tổn hao điện môi có trị số lớn tới mức phá hủy vật liệu ⇒ không dùng điện môi cực tính mạnh ở tần số cao trong kỹ thuật điện.

- Ở một nhiệt độ nào đó đặc trưng cho mỗi loại vật liệu, quan hệ của τ_{gs} với nhiệt độ của các điện môi cực tính có giá trị cực đại.

3. Tổn hao điện môi do ion hóa:

- Xảy ra trong các điện môi khí.
- Xuất hiện trong các điện trường không đồng nhất khi cường độ điện trường cao hơn trị số bắt đầu ion hóa của điện môi.

Ví dụ: không khí ở xung quanh dây dẫn của đường dây tải điện trên không điện áp cao, đầu cực các thiết bị cao áp, bọt khí trong điện môi rắn hoặc lỏng khi chịu điện áp cao...

- Tổn hao do ion hóa:

$$P_i = Af(U - U_0)^3 \quad (4-$$

9)

Trong đó: A - hằng số đối với từng loại chất khí

f - tần số của điện áp đặt vào

U - điện áp đặt vào

U_0 - điện áp tương ứng với điểm bắt đầu ion hóa.

U_0 phụ thuộc vào: Loại chất khí

Nhiệt độ làm việc

Áp suất làm việc

Mức độ đồng nhất của điện trường

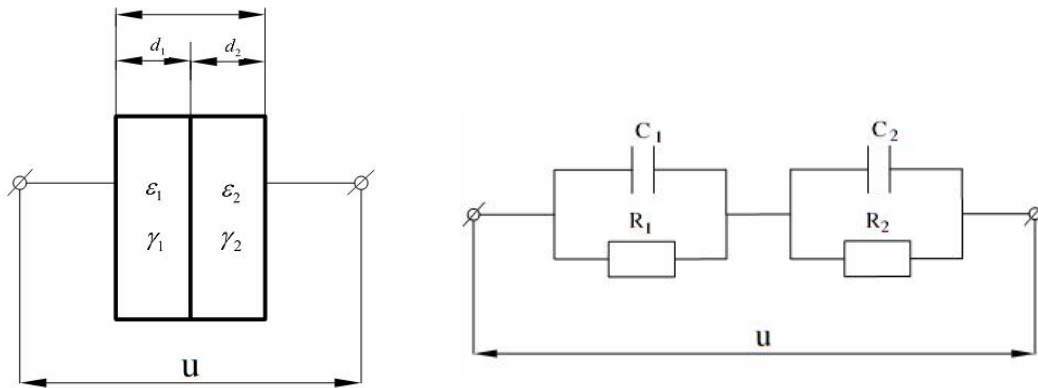
- Ion hóa \Rightarrow các phân tử khí tiếp thu năng lượng điện trường \Rightarrow nhiệt độ điện môi khí tăng lên \Rightarrow sinh ra tổn hao ion hóa \Rightarrow trong chất khí có thêm nhiều điện tích và điện tử tự do \Rightarrow điện dẫn chất khí tăng lên \Rightarrow góp phần tạo nên tổn hao điện môi lớn.

Lưu ý: Trong không khí chứa O_2 , khi bị ion hóa biến thành O_3 kết hợp với N_2 và H_2O biến thành axit Nitric. Quá trình ion hóa liên tục \Rightarrow nồng độ axit HNO_3 tăng lên \Rightarrow ăn mòn vật liệu \Rightarrow tuổi thọ vật liệu giảm.

4. Tổn hao hiện môi do cấu tạo không đồng nhất:

- Vật liệu cách điện của các thiết bị điện thường có cấu trúc không đồng nhất \Rightarrow loại tổn hao này có rất nhiều ý nghĩa trong thực tế.

- Do tính chất đa dạng về cấu trúc và thành phần của vật liệu cách điện \Rightarrow để đơn giản xem điện môi không đồng nhất có dạng 2 lớp nối tiếp nhau:



Hình 4-3: Sơ đồ thay thế điện môi

a) Sơ đồ điện môi mắc nối tiếp đẳng trị

b) Sơ đồ

Ta có:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\omega^2 n + m}{\omega M + \omega^2 N} \quad (4-10)$$

10)

Trong đó:

$$m = R_1 + R_2$$

$$n = C_2^2 R_2^2 R_1 + C_1^2 R_1^2 R_2$$

$$M = C_1 R_1^2 + C_2 R_2^2$$

$$N = C_2^2 R_2^2 C_1 R_1^2 + C_1^2 R_1^2 C_2 R_2^2$$

- Nếu C_1, C_2, R_1, R_2 không phụ thuộc vào tần số: tổn hao chỉ do điện dẫn gây nên \Rightarrow giải phương trình đạo hàm (4-10):

- $\operatorname{tg} \delta$ đạt cực đại tại:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{Mn - 3Nm + \sqrt{\Delta}}{2Nn}} \quad (4-11)$$

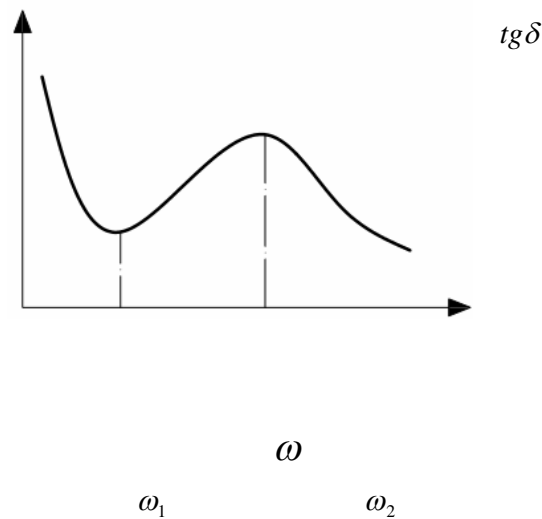
11)

- $\operatorname{tg} \delta$ đạt cực tiểu tại:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{Mn - 3Nm - \sqrt{\Delta}}{2Nn}} \quad (4-12)$$

12)

Trong đó: $\Delta = (Mn - 3Nm)^2 - 4MNmn$



Hình 4-4: Quan hệ $tg \delta = f(\omega)$

- Điện môi nhiều lớp mắc nối tiếp:

$$tg \delta = \frac{\sum_{i=2}^N C_i tg \delta_i}{\sum_{i=1}^N C_i} \quad (4-$$

13)

Trong đó: $tg \delta_i$ - tang góc tổn hao điện môi các lớp tương ứng với tần số đã cho.

4.3. Tổn hao điện môi trong các sơ đồ thay thế:

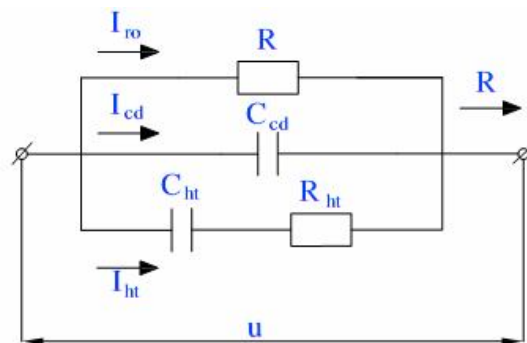
Khi điện áp đặt lên điện môi, trong điện môi xuất hiện:

$$I = I_{r0} + I_{cd} + I_{ht}$$

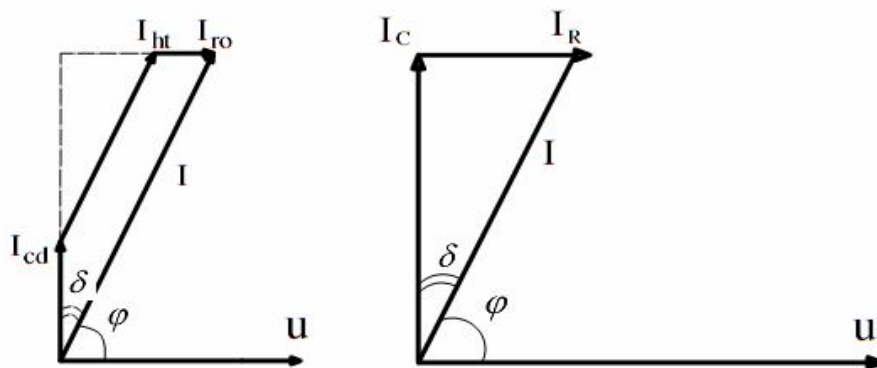
(4-14)

Trong đó:

- I_{r0} - dòng điện rò
- I_{cd} - dòng điện chuyển dịch do phân cực nhanh.
- I_{ht} - dòng điện hấp thụ do phân cực chậm.



Hình 4-5: Sơ đồ thay thế điện môi



Hình 4-6: Biểu đồ vector giữa điện áp và dòng điện

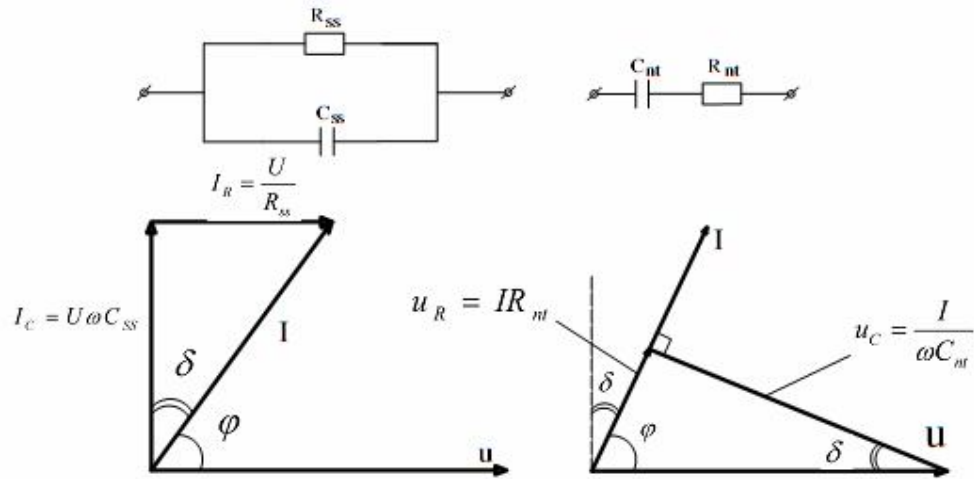
Biểu diễn điện môi bằng sơ đồ thay thế gồm 2 thành phần: điện dung C và điện trở R.

- Sơ đồ song song : khi có điện áp cần phải tính dòng điện I_c và I_R
- Sơ đồ nối tiếp: khi có dòng điện cần tính điện áp U_c và U_R .

Điều kiện chọn sơ đồ thay thế:

1. Công suất tổn hao trong sơ đồ phải bằng công suất tiêu hao trong điện môi.
2. Góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp trong sơ đồ phải bằng góc lệch pha trong thực tế điện môi khi có cùng điện áp và tần số:

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \delta_{\text{sơ đồ}} = \operatorname{tg} \delta_{\text{thực tế}}$$



a) b)
 Hình 4-7: a) Sơ đồ mắc song song R_{ss} với C_{ss}
 b) Sơ đồ mắc nối tiếp R_{nt} với C_{nt}

- Xét sơ đồ song song:
 Theo định luật Kirchoff:

$$\vec{I} = \frac{\vec{U}}{R_{ss}} + j\vec{U}C_{ss}\omega$$

$$tg\delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{1}{\omega C_{ss} R_{ss}} = \frac{g}{b} \quad (4-$$

15)

Với: $g = \frac{1}{R_{ss}}$ $b = \omega C_{ss}$

$\Rightarrow tg\delta$ giảm khi tần số tăng.

Công suất tổn hao: $P_{ss} = UI \cos\varphi = U^2 g = U^2 b \cdot tg\delta = U^2 \omega C tg\delta$

(4-16)

- Xét sơ đồ nối tiếp:
 Theo định luật Kirchoff:

$$\vec{U} = \vec{I} \cdot R_{nt} - j\vec{I} \frac{1}{C_{nt}\omega}$$

$$tg\delta = \frac{u_R}{u_C} = \omega \cdot C_{nt} \cdot R_{nt} = \frac{R_{nt}}{X_{nt}} \quad (4-$$

17)

Với: $X_m = \frac{1}{\omega C_m}$

$\Rightarrow \text{tg} \delta$ phụ thuộc tuyến tính với tần số ω của điện áp.

Công suất tổn hao:

$$P_m = I^2 R_m = R_m \frac{U^2}{(R_m^2 + \frac{1}{C_m^2 \omega^2})} = R_m (\omega C_m)^2 \frac{U^2}{(R_m C_m \omega)^2 + 1} = \omega C_m U^2 \frac{\text{tg} \delta}{1 + \text{tg}^2 \delta} \quad (4-18)$$

18)

- Điều kiện tương đương: Cùng thay thế cho một khối điện môi thì :

$$P_m = P_{ss} = P \quad \text{và} \quad \text{tg} \delta_{nt} = \text{tg} \delta_{ss}$$

\Rightarrow Công thức chuyển đổi:

Đối với điện môi, mạch có tính dung lớn nên $\text{tg} \delta \ll 1$:

$$\begin{cases} C_{ss} = \frac{C_m}{1 + \text{tg}^2 \delta} \approx C_m \\ R_{ss} = R_m (1 + \frac{1}{\text{tg}^2 \delta}) \gg R_m \end{cases} \quad (4-19)$$

19)

4.4. Những yếu tố ảnh hưởng đến tổn hao điện môi:

- Tần số của điện trường: $\omega = 2\pi f$
- Nhiệt độ làm việc của điện môi.
- Độ ẩm của điện môi và điện trường.
- Trị số điện áp hay cường độ điện trường tác dụng lên điện môi.

4.5. Tổn hao điện môi trong điện môi khí:

- Chủ yếu do dòng điện rò gây ra (tổn hao do phân cực hầu như không đáng kể vì mật độ phân tử thấp).
- Điện dẫn của chất khí có trị số rất bé \Rightarrow tổn hao điện môi thấp, đặc biệt là ở tần số cao. Khi đó, góc tổn hao điện môi xác định theo công thức :

$$\text{tg} \delta = \frac{1,8 \cdot 10^{12}}{\epsilon \cdot f \cdot p}$$

Ví dụ: không khí có điện dẫn khoảng $10^{-18} (\Omega \text{cm})^{-1}$, $\epsilon \approx 1$, $f = 50 \text{Hz} \Rightarrow \text{tg} \delta \leq 4 \cdot 10^{-8}$.

- Ở điện áp cao và điện trường không đồng nhất, khi cường độ điện trường vượt quá trị số tới hạn, các phân tử khí bị ion hóa \Rightarrow Xuất hiện tổn hao do ion hóa:

$$P_i = A.f.(U - U_i)^3 \quad (4-$$

20)

Trong đó: A - hằng số

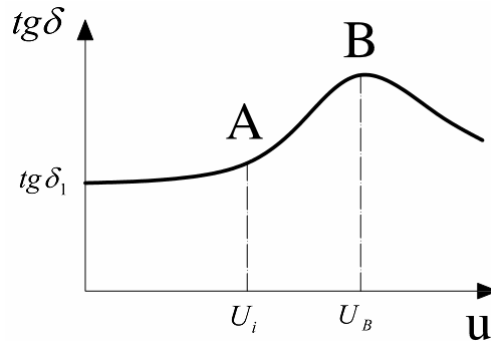
f - tần số

U_i - điện áp bắt đầu gây nên ion hóa

U - điện áp đặt lên điện môi

$\Rightarrow \operatorname{tg} \delta$ là hàm phụ thuộc vào điện áp.

- Đường cong ion hóa:



Hình 4-8: Quan hệ $\operatorname{tg} \delta = f(U)$

Nhận xét:

- Khi $U < U_i$, tổn hao tăng khi điện áp tăng.
 - Khi $U \geq U_B$, trong chất khí xảy ra quá trình ion hóa và chạm, tạo ra số lượng điện tích tự do lớn nên $\operatorname{tg} \delta$ tăng lên.
 - Khi $U > U_B$, hầu hết các phân tử khí đã được ion hóa \Rightarrow số phân tử tham gia ion hóa giảm $\Rightarrow \operatorname{tg} \delta$ có trị số giảm.
- Ở tần số cao, hiện tượng ion hóa và tổn thất năng lượng tăng lên đáng kể \Rightarrow các vật liệu cách điện bị cháy và phá hủy.
- Các đường dây tải điện trên không, điện áp cao và siêu cao gây:
- Phóng điện vàng quang (ion hóa) chất khí xung quanh dây dẫn

- Tồn hao năng lượng
- ⇒ Giảm hiệu suất đường dây.
- ⇒ Phải thay đổi điện trường bằng cách:
- Tăng tiết diện dây dẫn
 - Phân pha: phân dây pha thành các dây nhỏ nối với nhau tạo nên đường kính lớn.

4.6. Tồn hao điện môi trong điện môi lỏng:

- Điện môi lỏng tinh khiết trung tính: tồn hao chỉ do dòng điện dẫn gây nên, điện dẫn có trị số bé ⇒ tồn hao điện môi có trị số bé.

Ví dụ: Tồn hao điện môi của dầu tụ đã được lọc sạch:

$$tg\delta = \frac{1,8 \cdot 10^{12}}{\varepsilon \cdot f \cdot \rho}$$

Ví dụ: Dầu MBA có $\rho = 10^{15} (\Omega \cdot cm)$, $\varepsilon \approx 2,2$; $f = 50Hz \Rightarrow tg\delta \leq 1,8 \cdot 10^{-5}$

- Điện môi lỏng cực tính mạnh:

Tồn hao điện môi là do:

- Dòng điện dẫn
- Phân cực lưỡng cực chậm

⇒ có trị số lớn.

- Tồn hao điện môi phụ thuộc vào:

- Độ nhớt của chất điện môi: Hướng theo sự biến đổi điện trường, các phân tử lưỡng cực quay trong môi trường nhớt ⇒ tồn hao điện năng do ma sát tỏa nhiệt.
 - Độ nhớt lớn ⇒ phân tử không kịp xoay theo sự biến đổi điện trường ⇒ sự phân cực lưỡng cực bị mất đi ⇒ tồn hao điện môi nhỏ.
 - Độ nhớt rất nhỏ và sự định hướng các phân tử xảy ra không có ma sát ⇒ tồn hao do phân cực lưỡng cực bé.
 - Độ nhớt trung bình: tồn hao lưỡng cực có thể có trị số đáng kể và đạt trị số cực đại tại:

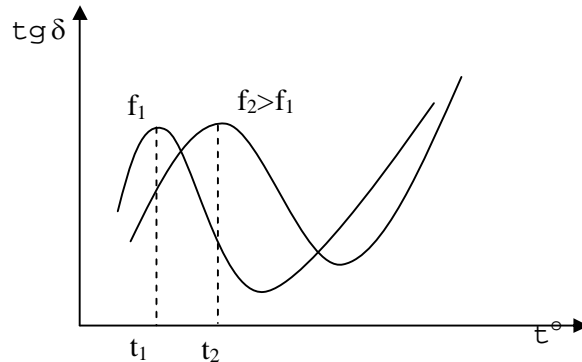
$$\omega \approx \frac{1}{\tau_0} \quad (4-$$

21)

Trong đó: ω - tần số góc của điện áp

τ_0 - thời gian xác lập phân cực, phụ thuộc vào độ nhớt \Rightarrow phụ thuộc vào nhiệt độ.

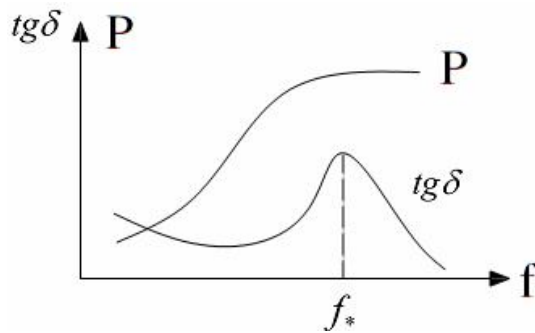
- Nhiệt độ: do độ nhớt và điện dẫn phụ thuộc vào nhiệt độ.



Hình 4-9: Quan hệ $tg\delta = f(t^0)$ ở các tần số khác nhau của chất lỏng cực tính

Nhận xét:

- Ở tần số cao, hằng số thời gian để nhận được góc tổn hao cực đại bé hơn, nhưng muốn giảm thời gian phân cực thì phải giảm độ nhớt \Rightarrow phải tăng nhiệt độ \Rightarrow Khi tăng tần số, điểm cực đại của $tg\delta$ dịch chuyển về phía nhiệt độ cao hơn.
- $tg\delta$ đạt trị số nhỏ nhất tại nhiệt độ mà tại đó độ nhớt của chất lỏng nhỏ đến mức sự định hướng của các lưỡng cực xảy ra không có ma sát \Rightarrow tổn hao nhỏ
- Nhiệt độ tăng \Rightarrow điện dẫn tăng \Rightarrow $tg\delta$ tăng theo nhiệt độ \Rightarrow tổn hao điện môi tăng.
- Tần số: khi điện môi cực tính làm việc dưới điện áp xoay chiều tần số cao, tổn hao điện môi do phân cực lưỡng cực gây nên rất lớn.



Hình 4-10: Quan hệ $tg\delta = f(f)$ và $P = f(f)$ của chất lỏng cực tính

Nhận xét:

- Tổng hao điện môi P tăng theo tần số cho đến khi sự phân cực theo kịp sự biến đổi điện trường.
- Khi tần số lớn đến mức các phân tử lưỡng cực không còn kịp định hướng theo chiều của điện trường $\Rightarrow tg\delta$ giảm, P không đổi.

\Rightarrow Đặc điểm biến thiên của tổng hao năng lượng theo tần số không tương ứng với đặc tuyến tần số của $tg\delta$.

Bảng 4-1: TRỊ SỐ $tg\delta$ CỦA MỘT SỐ ĐIỆN MÔI LỎNG

Tên điện môi	ϵ	$tg\delta$ ở $f = 10^6$ Hz và $t = 20^\circ\text{C}$	Ghi chú
Dầu tụ điện	2,2	< 0,0002	Chất lỏng trung tính
Dầu thầu dầu	4,5	0,01	Chất lỏng cực tính

4.7. Tổng hao điện môi trong điện môi rắn:

1. Tổng hao điện môi trong các điện môi có cấu tạo phân tử:

- Điện môi trung tính tinh khiết: tổng hao chỉ do dòng điện rò gây nên \Rightarrow không đáng kể \Rightarrow dùng làm cách điện ở cả tần số thấp và tần số cao.

Ví dụ: lưu huỳnh, parafin, pôlietilen, pôlitetrafloetilen, Teflon-4, polistirol ...

- Điện môi cực tính: tổn hao lớn do phân cực lưỡng cực, nhất là ở tần số vô tuyến \Rightarrow không dùng ở tần số cao.

Ví dụ: Các chất hữu cơ được sử dụng chủ yếu trong kỹ thuật: giấy, bìa cactong, thủy tinh hữu cơ, poliamit, poliuretan, cao su, êbonic, bakelit ...

2. Tổn hao điện môi của chất rắn có cấu tạo :

- Điện môi có cấu tạo ion chặt chẽ:

- Tinh khiết: Ở nhiệt độ cao xuất hiện tổn thất do điện dẫn \Rightarrow tổn hao điện môi có trị số rất nhỏ.

Ví dụ: các hợp chất tinh thể vô cơ trong sản xuất gốm, như corumđum.

- Có tạp chất: mạng tinh thể bị biến dạng \Rightarrow tổn hao điện môi tăng lên nhiều.

Ví dụ: muối mỏ.

- Điện môi có cấu tạo ion không chặt chẽ: đặc trưng bởi 2 loại phân cực chậm làm tăng tổn hao điện môi.

Ví dụ: mulit, oxit nhôm, khoáng xilicon...

- τ_g tăng lên không có giá trị cực đại khi nhiệt độ tăng.

3. Tổn hao điện môi trong điện môi xécnhét:

- Tổn hao điện môi cao hơn các loại điện môi khác do có hiện tượng phân cực tự phát.

- Tổn hao điện môi ít biến đổi theo nhiệt độ ở vùng phân cực tự phát và giảm đột ngột sau điểm Quyri.

4. Tổn hao điện môi trong chất rắn có cấu tạo không đồng nhất:

- Tổn hao điện môi thường cao hơn so với tổn hao điện môi của các thành phần.

Ví dụ: Gốm, sứ, thủy tinh ... có chứa bọt khí; Vật liệu lẫn với chất bán dẫn trong gốm; Mica; giấy tẩm hỗn hợp dầu nhựa thông...

CHƯƠNG V : SỰ PHÓNG ĐIỆN TRONG ĐIỆN MÔI

5.1. Khái niệm:

- Khi cường độ điện trường đặt lên điện môi vượt quá một giới hạn nào đó \Rightarrow xảy ra hiện tượng *phóng điện chọc thủng điện môi* - sự phá hủy độ bền điện của điện môi \Rightarrow điện môi bị mất hoàn toàn tính chất cách điện.

- Điện áp đánh thủng (U_{dt}): là trị số điện áp mà ở đó xảy ra đánh thủng điện môi.

- Cường độ đánh thủng hay cường độ điện trường cách điện của điện môi (E_{dt}): điện áp đánh thủng điện môi trên một milimet chiều dày điện môi.

$$E_{dt} = \frac{U_{dt}}{h} \left[\frac{kV}{mm} \right]$$

(5-1)

Trong đó: h - chiều dày của điện môi

- Chọn chiều dày điện môi của thiết bị làm việc:

$$h = K \frac{U_{dm}}{E_{dt}} [\text{mm}]$$

(5-2)

5.2. Sự phóng điện trong điện môi khí:

Các chất khí (không khí) thường được dùng làm cách điện của các thiết bị điện làm việc trong không khí và của đường dây tải điện trên không.

Không khí (có thể phối hợp với các điện môi khác) làm nhiệm vụ cách điện giữa các pha hoặc giữa pha với đất.

⇒ Nếu chất khí mất khả năng cách điện ⇒ ngắn mạch ⇒ các sự cố trong các thiết bị điện và hệ thống điện.

Trong điện môi rắn và lỏng thường tồn tại các bọt khí, chúng thường bị hư hỏng từ các quá trình phóng điện của bọt khí.

⇒ Đặc tính cách điện của chất khí có ý nghĩa rất quan trọng trong kỹ thuật điện cao áp.

⇒ Nghiên cứu ⇒ khắc phục và loại trừ sự cố trong thiết bị điện và hệ thống điện.

5.2.1. Yêu cầu chung đối với chất khí cách điện:

1. Là khí trơ: không gây ra các phản ứng hóa học với các chất cách điện khác trong cùng kết cấu cách điện hoặc với các kim loại của thiết bị điện.
2. Có cường độ cách điện cao ⇒ giảm kích thước của kết cấu cách điện và của thiết bị điện.
3. Nhiệt độ hóa lỏng thấp ⇒ có thể sử dụng ở trạng thái áp suất cao.
4. Rẻ tiền, dễ tìm kiếm và chế tạo.
5. Tản nhiệt tốt.
6. Dẫn nhiệt tốt ⇒ làm mát (trong máy điện).

Bảng 5.1: ĐẶC TÍNH CỦA MỘT SỐ CHẤT KHÍ CÁCH ĐIỆN

Tên chất khí	Thành phần hóa học	Cường độ cách điện tương đối so với không khí	Nhiệt độ hóa lỏng °C
--------------	--------------------	---	----------------------

Không khí		1	
Êlegaz	SF ₆	2,5	-62
Freon	CCl ₂ F ₂	2,5	-30
Tetraclorua cacbon	CCl ₄	6,3	+76

5.2.2. Các dạng ion hóa xảy ra trong chất khí:

- Quá trình ion hóa tự nhiên: trong không khí dưới tác dụng của các yếu tố bên ngoài (tia cực ngắn của mặt trời, tia vũ trụ, tia tử ngoại, nhiệt độ...) thường xảy ra mấy chục lần ion hóa trong 1 giây.

- Quá trình ion hóa: là quá trình biến một phân tử trung hòa thành ion dương và điện tử tự do.

- Năng lượng ion hóa (W_i): năng lượng cần thiết để cung cấp cho phân tử trung hòa để phân tử đó bị ion hóa. Năng lượng ion hóa của các chất khác nhau, phụ thuộc vào năng lượng liên kết giữa hạt nhân và điện tử của phân tử chất khí đó.

- Các dạng ion hóa:

1. Ion hóa va chạm:

Khi các phân tử đang chuyển động va chạm nhau, động năng của chúng sẽ chuyển cho nhau và ion hóa xảy ra nếu:

$$W = \frac{mv^2}{2} \geq W_i$$

(5-3)

Trong đó: m - khối lượng phân tử

v - tốc độ chuyển động của phân tử.

2. Ion hóa quang:

Năng lượng cần thiết để ion hóa:

$$W = h\nu \geq W_i$$

(5-4)

Hoặc:

$$\lambda \leq \frac{ch}{W_i}$$

(5-5)

Trong đó: λ - độ dài sóng của sóng ngắn, $\lambda = \frac{c}{\nu}$
 ν - tần số bức xạ của sóng ngắn
 c - tốc độ ánh sáng.

3. Ion hóa nhiệt:

Năng lượng nhiệt và nhiệt độ cần thiết để xảy ra quá trình ion hóa:

$$W = \frac{3}{2}kT \geq W_i$$

(5-6)

Trong đó: T - nhiệt độ tuyệt đối của chất khí

$k = 1,37 \cdot 10^{-16}$ erg/°K - hằng số Boltzomal

3 dạng ion hoá trên xảy ra trong chất khí.

4. Ion hóa bề mặt:

- Xảy ra trên bề mặt điện cực kim loại (katod).
- Để giải thoát điện tử ra khỏi bề mặt điện cực cần một năng lượng nhất định - “công thoát” điện tử, phụ thuộc vào vật liệu làm điện cực và trạng thái bề mặt cực.

Bảng 5-2: **TRỊ SỐ CÔNG THOÁT CỦA KIM LOẠI**

Tên kim loại	Công thoát (eV)
Nhôm	1,8
Đồng	3,9
Sắt	3,9

- Ngược lại với quá trình ion hóa là quá trình kết hợp: các ion dương và các điện tử hay ion âm kết hợp với nhau để tạo nên phân tử trung hòa. Năng lượng ion hóa sẽ được trả lại dưới dạng bức xạ có độ dài sóng:

$$h\nu = W_i + \Delta W_k$$

(5-7)

Trong đó: h - hằng số Plank, $h = 6,5 \cdot 10^{-27}$

ΔW_k - sự chênh lệch tổng năng lượng của phân tử trước và sau khi va chạm.

- Nếu cung cấp $W < W_i$: kích thích dao động của điện tử trong phân tử, sau một thời gian ngắn các phân tử bị kích thích trở

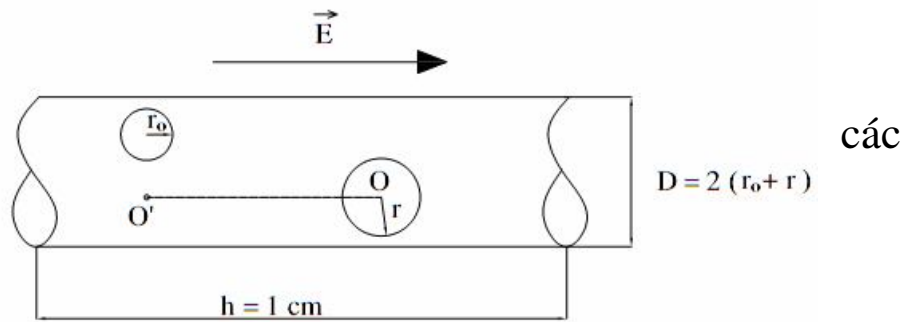
lại trạng thái bình thường và trả lại năng lượng dưới dạng bức xạ như trên.

5.2.3. Quá trình ion hóa và hệ số ion hóa chất khí khi ở trong điện trường:

Dưới tác dụng của điện trường, các điện tích tự do có sẵn trong nội bộ chất khí sẽ chuyển động, tích lũy năng lượng và tăng tốc độ, khi va chạm với các phân tử khí *có thể* làm cho phân tử đó bị ion hóa.

Xét điện môi có dạng hình trụ, chiều cao hình trụ $h = 1\text{ cm}$,

đường kính $D = 2(r_0 + r)$, điện tích chuyển động trong điện



trường đều có đường sức của từ trường song song với nhau.

Hình 5.1

Để xảy ra va chạm giữa các điện tích: $d \leq r + r_0$

Với d - khoảng cách giữa 2 tâm của 2 điện tích.

- Số lần va chạm điện tử:

$$S_e = \frac{1}{\lambda_e} = A.P$$

(5-8)

Với: $A = \frac{\pi.r^2}{KT}$

Trong đó: P - áp suất khí

T - nhiệt độ °K

K - hằng số Bônzoman

⇒ S_e tỷ lệ thuận với P, r, và tỷ lệ nghịch với T và K.

- Hệ số ion hóa:

$$\alpha = A.P.e^{\frac{B.P}{E}}$$

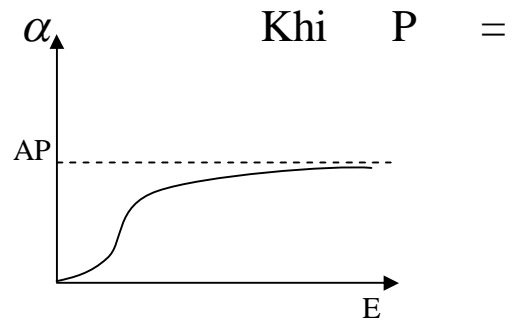
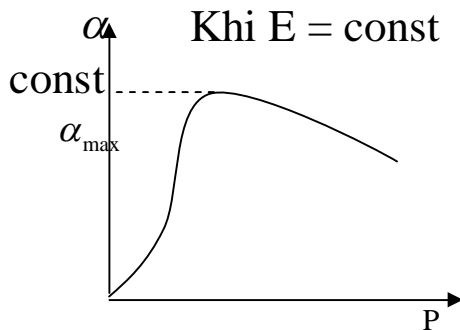
Trong đó: E - điện trường đặt vào đầu các điện môi khí

P- áp suất chất khí

A, B - hệ số.

Bảng 5-3: HỆ SỐ A, B CỦA CÁC LOẠI CHẤT KHÍ

Loại khí	A (V/cm.mmHg)	B (V/cm.mmHg)	Phạm vi của E/P (V/cm.mmHg)
Không khí	14,6	365	150 ÷ 600
Không khí	8,5	250	20 ÷ 150
Ar	1,85	52	20 ÷ 510
He	4,8	9	20 ÷ 100



Hình 5.2: Quan hệ $\alpha = f(P)$ khi $E = const$

Hình 5.3: Quan hệ

$\alpha = f(E)$ khi $P = const$

5.2.4. Quá trình hình thành thác điện tử và sự phóng điện trong điện môi khí:

Xét quá trình ion hóa chất khí giữa 2 điện cực với nguồn điện áp 1 chiều. Điện trường bên ngoài \vec{E} có chiều từ cực (+) đến cực (-).

Khi trường đồng nhất $E = \text{const}$: $\alpha = \text{const}$

Ta có: Số điện tử sinh ra bởi quá trình ion hóa:

$$n = e^{\alpha x} \quad (5-9)$$

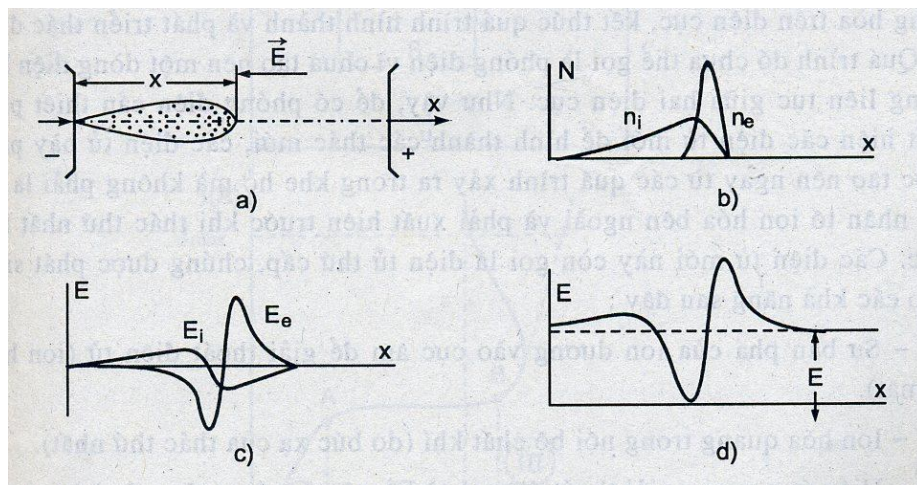
Hoặc:

$$n = n_0 e^{\alpha x}$$

(5-10)

\Rightarrow Số lượng điện tử tăng theo hàm mũ.

Song song với sự phát sinh điện tử là sự phát sinh ra các ion dương với cùng số lượng. Chúng tập hợp thành thác điện tích - thác điện tử.



Xét mô hình thác điện tử phát triển đến độ dài x .

Hình 5.4: Thác điện tử và sự biến dạng của trường

- Hình 5.4a: Do điện tử bé và nhẹ nên có tốc độ lớn và dễ khuếch tán dồn về phía đầu thác và rải trên khoảng không gian rộng. Các ion dương có khối lượng lớn nên di chuyển với tốc độ chậm hơn (bằng khoảng 1/100 tốc độ điện tử) phân bố ở khu vực thân và đuôi thác.
- Hình 5.4b: Sự phân bố điện tử tự do (n_e) và ion dương (n_i).
- Hình 5.4c: Thác điện tử tạo nên điện trường phụ E_e và E_i làm biến dạng điện trường ngoài E .
- Hình 5.4d: Tổng điện trường bên ngoài E và các điện trường phụ. Ta thấy đầu thác trường tăng nhiều nhưng phía sau đầu thác trường giảm đột ngột.

- Đầu thác trường tăng cao hơn điện trường ngoài \Rightarrow dễ dàng gây nên ion hóa phân khí tiếp theo \Rightarrow tạo nên các thác điện tử mới hướng về phía điện cực đối diện.
- Mặt khác do trường tăng cao làm cho các phân tử khí ở gần bị kích thích \Rightarrow khi trở lại trạng thái bình thường sẽ trả lại năng lượng dưới dạng photon. Đồng thời, phía sau đầu thác do trường giảm đột ngột nên xảy ra hiện tượng kết hợp \Rightarrow trả lại năng lượng dưới dạng photon.

Các photon này có khả năng gây nên ion hóa quang các phân tử khí hoặc giải thoát điện tử từ bề mặt điện cực \Rightarrow tăng số lượng điện tích và để kế tiếp vào thác điện tử đầu tiên.

Dưới tác dụng của điện trường, thác điện tử càng được phát triển và kéo dài ra. Khi tiếp cận các điện cực, các điện tích của thác sẽ trung hòa trên điện cực \Rightarrow kết thúc quá trình hình thành và phát triển thác điện tử : Chưa gọi là phóng điện vì chưa tạo nên dòng điện lưu thông liên tục giữa 2 điện cực.

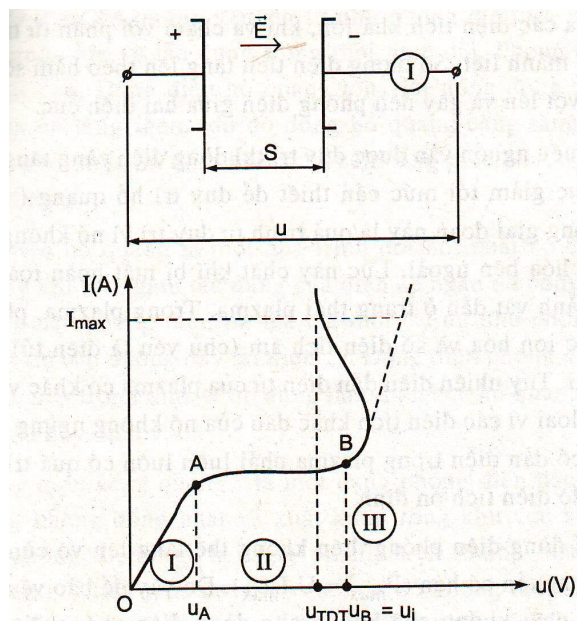
Để hình thành phóng điện cần phải xuất hiện các điện tử mới để hình thành các thác mới, các điện tử này phải được hình thành ngay từ các quá trình xảy ra trong khe hở mà không phải do các nhân tố ion hóa bên ngoài và phải xuất hiện trước khi thác thứ nhất kết thúc - điện tử thứ cấp. Chúng được phát sinh do:

- Sự bắn phá của ion dương vào cực âm để giải thoát điện tử (ion hóa bề mặt).
- Ion hóa quang trong nội bộ chất khí (do bức xạ của thác thứ nhất).
- Hiệu ứng quang giải thoát điện tử từ bề mặt cực âm (do bức xạ của thác thứ nhất).

Khi thác điện tích có mật độ lớn (khoảng 10^{12} ion/cm³) và gần tiếp cận với cực dương, toàn bộ điện áp giữa 2 điện cực dồn đặt lên một khe hở hẹp, tại đó cường độ điện trường lớn làm bứt các ion dương từ cực dương chuyển động theo chiều ngược lại của thác điện tử. Khi chúng hòa nhập làm một sẽ gây nên phóng điện chọc thủng chất khí tạo thành dòng plazma kết thúc bằng quá trình phóng điện.

5.2.5. Đặc tính Vôn - Ampe:

Cho điện áp một chiều tác dụng lên 2 điện cực, tăng dần trị số điện áp.



Hình 5.5: Đặc tính Vôn-Ampe của chất khí

Nhận xét:

- *Giai đoạn từ O đến A* ($u = 0 \div u_A$), các ion và điện tử tự do có sẵn trong chất khí (do yếu tố ion hóa bên ngoài) dưới tác dụng của điện trường sẽ chuyển động về các điện cực và tạo nên dòng điện.
 - Khi điện áp tăng \Rightarrow cường độ điện trường giữa 2 điện cực tăng ($E = \frac{U}{d}$) \Rightarrow lực tác dụng lên các điện tích sẽ tăng ($F = qE$) \Rightarrow tốc độ chuyển động của các điện tích tăng \Rightarrow theo định luật Ôm, dòng điện sẽ tăng tuyến tính (vùng I).
 - Trong vùng I: các điện tích dương và âm có thể kết hợp với nhau thành phân tử trung hòa.
 - Tại A: điện áp cao \Rightarrow tốc độ chuyển động của các điện tích lớn, toàn bộ các điện tích đều tới được điện cực \Rightarrow quá trình tăng dòng điện chấm dứt.
- *Giai đoạn từ A đến B* - giai đoạn bão hòa ($u = u_A \div u_B$): vùng II, do số lượng điện tích sinh ra bởi nhân tố ion hóa bên ngoài có hạn \Rightarrow dòng điện vẫn được duy trì nhưng không tăng. Tốc độ chuyển động của các điện tích khá cao, toàn bộ các điện tích sinh ra đều đi về các điện cực (không còn sự kết hợp) và dòng điện đạt trị số bão hòa.
- *Giai đoạn sau điểm B* ($u > u_B = u_i$):
 - Nếu u tăng \Rightarrow cường độ điện trường tăng cao \Rightarrow tốc độ chuyển động của các điện tích khá lớn \Rightarrow khi va chạm với các phân tử trung hòa sẽ gây ra ion hóa mãnh liệt \Rightarrow số lượng điện tích sẽ tăng theo hàm mũ \Rightarrow dòng điện tăng vọt \Rightarrow phóng điện giữa 2 điện cực.
 - Nếu nguồn vẫn được duy trì thì dòng điện càng tăng và điện áp giữa 2 điện cực giảm tới mức cần thiết để duy trì hồ quang (u_{TDT}). Lúc này quá trình ion hóa là quá trình tự duy

trì vì nó không phụ thuộc vào nhân tố ion hóa bên ngoài \Rightarrow chất khí bị mất hoàn toàn tính chất cách điện trở thành vật dẫn ở trạng thái plasma.

Trong plasma, phần lớn các phân tử khí được ion hóa và số điện tích âm (chủ yếu là điện tử) đã tạo nên điện dẫn chất khí. Tuy nhiên, điện dẫn điện tử của plasma khác với điện dẫn điện tử của kim loại vì các điện tích trái dấu của nó không ngừng kết hợp với nhau \Rightarrow để có dẫn điện trong plasma phải luôn luôn có quá trình ion hóa để giữ cho mật độ điện tích ổn định.

Trong thực tế, dòng điện phóng điện không thể tăng lên vô cùng lớn bởi vì công suất nguồn có hạn ($P_{\max} = U \cdot I_{\max}$) \Rightarrow để bảo vệ nguồn điện áp cao, người ta phải khống chế không cho dòng điện phóng điện vượt quá I_{\max} bằng cách lắp rơle dòng điện bên sơ cấp \Rightarrow khi quá dòng, rơle tác động cắt nguồn điện bên sơ cấp \Rightarrow điện áp bên thứ cấp (cao áp) sẽ bị cắt \Rightarrow dòng điện phóng điện bị triệt tiêu.

Kết luận:

Quá trình phóng điện trong chất khí là quá trình hình thành dòng plasma trong toàn bộ hay một phần khoảng không gian giữa 2 điện cực.

5.2.6. Các dạng phóng điện trong chất khí:

- Phóng điện tỏa sáng: xảy ra khi áp suất thấp, plasma không thể có điện dẫn lớn vì số lượng phân tử khí quá ít. Phóng điện tỏa sáng thường chiếm toàn bộ khoảng không gian giữa 2 điện cực.
- Phóng điện tia lửa: xảy ra khi áp suất lớn, plasma không chiếm hết toàn bộ không gian mà chỉ là một tia dòng nhỏ nối liền các điện cực. Mật độ điện tích trong dòng plasma lớn \Rightarrow có thể dẫn được dòng điện lớn nhưng không lớn quá vì giới hạn bởi công suất nguồn.
- Phóng điện hồ quang: tương tự như phóng điện tia lửa nhưng công suất nguồn lớn và tác dụng *trong thời gian dài* \Rightarrow dòng điện hồ quang lớn \Rightarrow đốt nóng dòng plasma \Rightarrow điện dẫn tăng

lên \Rightarrow dòng hồ quang càng tăng, và đạt được mức ổn định khi có sự cân bằng giữa phát nóng và tỏa nhiệt của khe hồ quang.

- Phóng điện vầng quang: Là sự ion hóa chất khí và quá trình kết hợp giữa các ion trái dấu để trở lại trạng thái bình thường \Rightarrow 2 quá trình đều trả lại năng lượng dưới dạng quang năng. Nó chỉ tồn tại trong trường không đồng nhất và xuất hiện trong khu vực xung quanh điện cực. Đây là dạng phóng điện không hoàn toàn vì dòng plasma không nối liền giữa 2 điện cực \Rightarrow không thể có dòng điện lớn \Rightarrow không làm mất hẳn tính chất cách điện của chất khí nhưng cũng gây tổn thất năng lượng lớn.

5.3. Sự phóng điện trong điện môi lỏng:

Các lý thuyết cơ bản giải thích cơ cấu của sự phóng điện chất lỏng:

1. Lý thuyết về nhiệt:

- Áp dụng cho chất lỏng kỹ thuật, thường chứa bọt khí, nước, tạp chất cơ học, chất dẫn điện, bán dẫn...
- Phóng điện là do sự phát nóng cục bộ và sự sôi cục bộ ở bên trong chất lỏng ở những nơi có nhiều tạp chất \Rightarrow hình thành một cầu dẫn điện giữa 2 cực. Khi điện áp tác dụng tăng, lúc đầu sẽ có sự ion hóa trong các bọt khí \Rightarrow các bọt khí có nhiệt độ và độ dẫn điện tăng, dưới tác dụng của điện trường nó sẽ bị kéo dài ra và gây nên phóng điện giữa 2 cực.

2. Lý thuyết ion hóa:

- Áp dụng đối với điện môi lỏng đã được lọc sạch tạp chất.
- Sự phóng điện giống với sự ion hóa chất khí, nhưng mật độ phân tử lớn hơn nhiều \Rightarrow đoạn đường chuyển động tự do của điện tử bé \Rightarrow năng lượng tích lũy trên đoạn đường này bé \Rightarrow khó gây ion hóa lớn \Rightarrow Chất lỏng có cường độ cách điện cao hơn nhiều so với chất khí.

3. Lý thuyết phóng điện do điện thuận túy:

- Áp dụng đối với chất lỏng tinh khiết.
- Sự phóng điện là do các điện tử thoát ra từ mặt điện cực bằng kim loại do:

- Tác dụng của cường độ điện trường mạnh.
- Sự phân hủy của bản thân chất lỏng.

Thực tế thường kết hợp cả 3 lý thuyết trên.

Cường độ cách điện của chất lỏng phụ thuộc các yếu tố:

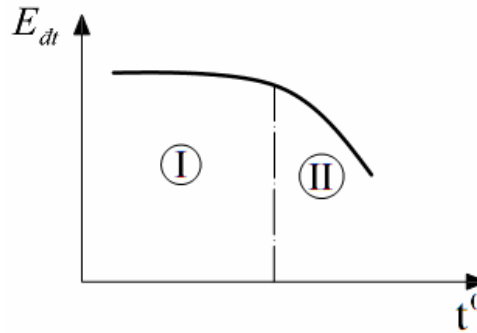
- Nước
- Sợi bần
- Nhiệt độ
- Áp suất
- Thời gian tác dụng điện áp

5.4. Sự phóng điện trong điện môi rắn:

5.4.1. Phóng điện đánh thủng:

$$E_{dt} = f(t^o)$$

Hình 5.6: Quan hệ



Khi xét quan hệ cường độ điện trường với nhiệt độ, ta thấy:

- Vùng I: Ở nhiệt độ thấp, cường độ điện trường ít phụ thuộc vào nhiệt độ \Rightarrow phóng điện do điện gây nên.
- Vùng II: Ở nhiệt độ cao, cường độ điện trường giảm nhiều khi nhiệt độ tăng \Rightarrow phóng điện do nhiệt gây nên.

So sánh:

Phóng điện do điện	Phóng điện do nhiệt
- Xuất hiện khi cường độ điện trường lớn và xảy ra trong thời gian ngắn ($10^{-7} \div 10^{-8}$ giây).	- Xảy ra trong thời gian dài để có thời gian làm tăng nhiệt độ.
- Cường độ cách điện không phụ thuộc vào chiều dày điện môi.	- Cường độ cách điện phụ thuộc vào chiều dày điện môi. E_{dt} giảm khi chiều dày tăng vì

- Ít phụ thuộc vào nhiệt độ.	cách điện thường đi đôi với cách nhiệt.
- Xảy ra ở nơi yếu nhất và có cường độ điện trường lớn nhất.	- Phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ, $E_{đt}$ giảm khi ở nhiệt độ cao. - Xảy ra ở nơi nào trong điện môi có sự phát nhiệt lớn nhất, sự truyền nhiệt và làm mát kém nhất.

Bảng 5-4: TRỊ SỐ $E_{đt}$ CỦA MỘT SỐ ĐIỆN MÔI RẮN

Tên vật liệu	Độ bền điện trong trường đồng nhất tần số 50Hz ($E_{đt}$) kV/mm	Đặc điểm cấu tạo
Thủy tinh Muối mỏ Mica Giấy tằm Polistirol	100 ÷ 300 100 ÷ 150 100 ÷ 300 100 ÷ 300 90 ÷ 120	Điện môi đồng nhất và nhiều lớp nếu trường vuông góc với các lớp
Gôm Micalêch Chất xơ có độ (chất dẻo amin)	10 ÷ 30 10 ÷ 15 10 ÷ 15	Điện môi cấu tạo không đồng nhất có mao quản kín hoặc nhỏ nối thông với nhau
Đá hoa Gôm xốp Gỗ Giấy cáp không tằm	4 ÷ 5 1,5 ÷ 5 4 ÷ 6 7 ÷ 10	

5.4.2. Phóng điện bề mặt điện môi rắn:

Điện môi rắn đặt trong môi trường khí hay dầu máy biến áp thường xảy ra hiện tượng phóng điện men theo mặt ngoài

của điện môi với trị số điện áp phóng điện bé hơn nhiều so với trị số điện áp chọc thủng của khe hở khí hay dầu cũng như của bản thân điện môi rắn \Rightarrow không làm hư hỏng cách điện nhưng có thể dẫn đến sự cố ngắn mạch trong hệ thống điện \Rightarrow cần hạn chế không để xảy ra.

- Điện môi đặt trong điện trường đồng nhất:

Trong trường đồng nhất, điện áp phóng điện mặt ngoài giảm thấp do:

- Do tiếp xúc giữa điện môi và các điện cực không tốt \Rightarrow giữa chúng có lớp không khí mỏng. Điện trường lớp không khí mỏng rất lớn và sớm có quá trình ion hóa \Rightarrow các ion dương và điện tử sinh ra sẽ phân bố trên mặt ngoài của điện môi tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình phóng điện.
- Do tính hút ẩm của điện môi nên mặt ngoài điện môi hình thành 1 màng ẩm mỏng có điện dẫn ion \Rightarrow dưới tác dụng của điện trường, các ion di chuyển chậm chạp về các điện cực trái dấu \Rightarrow trên mặt điện môi gần điện cực sẽ tích tụ một số ion cùng dấu với điện cực đó \Rightarrow làm thay đổi sự phân bố điện áp trên bề mặt điện môi \Rightarrow trường trở nên không đồng nhất \Rightarrow điện áp phóng điện giảm thấp.

Trị số điện áp phóng điện mặt ngoài phụ thuộc vào các yếu tố:

- Độ ẩm của không khí:
 - Độ ẩm tương đối $< 60 - 70\%$: trị số điện áp phóng điện bề mặt tương đối ổn định.
 - Độ ẩm tương đối $> 60 - 70\%$: trị số điện áp phóng điện bề mặt giảm nhiều do khi độ ẩm cao hơn gây nên sự ngưng tụ khí ẩm trên bề mặt điện môi.
- Thời gian tác động điện áp: do tốc độ di chuyển của các ion trên bề mặt điện môi bé nên tích tụ điện tích cùng dấu ở các điện cực diễn ra tương đối chậm nên cần có thời gian.

- Tính hút ẩm của điện môi: điện môi cực tính có tính hút ẩm mạnh nên điện áp phóng điện thấp, Parafin có tính hút ẩm bé nên có điện áp phóng điện cao.
- Điện môi đặt trong trường không đồng nhất có thành phần trường dọc theo bề mặt:

Khi điện môi đặt trong điện trường có thành phần tiếp tuyến lớn, do mặt ngoài ẩm và trường không đồng nhất \Rightarrow trị số phóng điện còn giảm thấp hơn so với khi đặt trong điện trường đồng nhất:

Trên bề mặt điện môi có bụi bẩn, tạp chất. Khi trời ẩm, có mưa nhỏ hay sương mù \Rightarrow hình thành lớp dẫn điện trên bề mặt điện môi. Nếu trong bụi có thành phần muối hòa tan thì điện dẫn tăng cao \Rightarrow tạo dòng điện rò lớn đốt nóng bề mặt điện môi

Do độ dày và thành phần hóa học của các lớp bụi khác nhau \Rightarrow điện trở trên bề mặt điện môi luôn thay đổi ở các vị trí khác nhau \Rightarrow sự phát nóng cũng mãnh liệt theo đường phóng điện.

Nếu sấy khô 1 vùng nào đó, điện trở nơi đó tăng lên \Rightarrow chịu điện áp lớn \Rightarrow trường tăng cục bộ \Rightarrow phóng điện cục bộ \Rightarrow dòng điện rò tăng lên.

Tiếp tục sấy khô đoạn còn lại \Rightarrow xuất hiện phóng điện cục bộ. Nếu tăng điện áp thì phóng điện cục bộ xuất hiện càng nhiều và xuất hiện cùng lúc ở nhiều nơi khác nhau trên bề mặt điện môi \Rightarrow khi được nối liền với nhau thì phóng điện toàn bộ.

\Rightarrow Quá trình phóng điện xảy ra tương đối chậm, không liên tục \Rightarrow phụ thuộc vào thời gian tác dụng điện áp.

- Điện môi đặt trong trường không đồng nhất có thành phần pháp tuyến lớn.

* Biện pháp hạn chế phóng điện bề mặt:

- ✚ Tăng chiều dài phóng điện bề mặt.
- ✚ Cải thiện phân bố trường
- ✚ Vệ sinh theo định kỳ hoặc phủ lên bề mặt điện môi lớp men hay vật liệu cách điện có tính chống bám bụi và hơi ẩm.

CHƯƠNG 6: TÍNH CHẤT CƠ-LÝ-HÓA CỦA ĐIỆN MÔI

6.1. Tính hút ẩm của điện môi:

- Vật liệu hút ẩm: tính chất cách điện của điện môi giảm nhiều.
- Vật liệu không hút ẩm: trên bề mặt điện môi ngưng tụ một lớp ẩm \Rightarrow dòng rò bề mặt tăng \Rightarrow điện áp phóng điện dọc bề mặt giảm \Rightarrow có thể gây nên sự cố cho các thiết bị điện.

6.1.1. Độ ẩm của không khí:

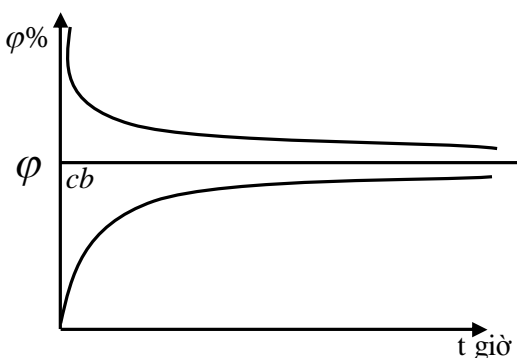
- Độ ẩm tuyệt đối của không khí: khối lượng của hơi nước (mgram) trong 1 đơn vị thể tích không khí (m^3).
Ứng với mỗi nhiệt độ, không khí có một độ ẩm bão hòa nhất định, tăng khi nhiệt độ tăng nhưng không vượt quá một trị số nhất định vì hơi nước sẽ rơi xuống dạng sương.
- Độ ẩm tương đối: tỷ số giữa độ ẩm tuyệt đối với độ ẩm tuyệt đối tối đa.

$$\varphi\% = \frac{m}{m_{\max}} \cdot 100\%$$

(6-1)

6.1.2. Độ ẩm của vật liệu:

- Là lượng hơi nước chứa trong vật liệu.



Hình 6.1: Sự biến đổi độ ẩm φ của vật liệu hút ẩm (a) và sấy khô (b)

Nhận xét:

- Đường dưới: Vật liệu tương đối khô đặt trong không khí ẩm \Rightarrow vật liệu hút ẩm từ không khí. Thời gian điện môi đặt trong không khí tăng lên \Rightarrow độ ẩm vật liệu tăng dần đến độ ẩm cân bằng tương ứng độ ẩm không khí φ_{kk} .
- Đường trên: Vật liệu có độ ẩm lớn đặt trong môi trường môi trường không khí có độ ẩm tương đối φ_{kk} , sau một thời gian vật liệu được sấy khô (tự nhiên) \Rightarrow độ ẩm vật liệu giảm xuống và tiệm cận dần tới độ ẩm cân bằng.

- Độ ẩm của vật liệu:

$$\varphi_{vl} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \cdot 100\%$$

(6-2)

Trong đó: M_1, M_2 - trọng lượng của vật liệu trước và sau khi bị ẩm

6.1.3. Tính thấm ẩm:

- Là khả năng cho hơi nước đi qua bản thân vật liệu.
- Lượng hơi ẩm (microgram) trong thời gian τ (giờ) đi qua mặt phẳng S (cm_2) của lớp vật liệu cách điện dày h (cm) dưới tác dụng của hiệu số áp suất hơi nước P_1 và P_2 (mmHg) ở 2 phía bề mặt vật liệu:

$$m = \phi \frac{(P_1 - P_2)S}{h} \tau$$

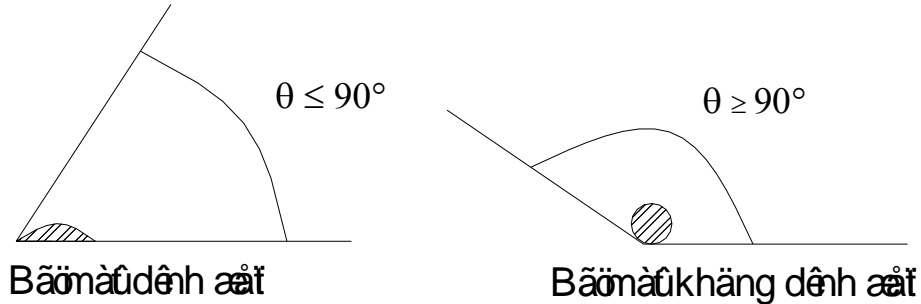
(6-3)

Trong đó: ϕ - độ thấm ẩm của vật liệu.

6.1.4. Sự hấp thụ nước trên bề mặt điện môi:

- Vật liệu không thấm ẩm khi đặt vào trong môi trường có độ ẩm cao thì trên mặt vật liệu hình thành màng ẩm hay bị ngưng tụ lớp nước: sự hấp thụ nước của vật liệu.
- Lớp nước hấp thụ phụ thuộc:
 - Độ ẩm: càng lớn thì bề dày lớp nước hấp thụ lớn.
 - Cấu trúc bề mặt:

- Vật liệu có kết cấu ion hay cực tính mạnh \Rightarrow lực tác dụng giữa phân tử vật liệu với phân tử nước lớn \Rightarrow khả năng hấp thụ mạnh.
 - Vật liệu trung tính hay cực tính yếu \Rightarrow lực hút nhỏ \Rightarrow khả năng hấp thụ yếu.
- “Góc biên dính nước” θ : đặc trưng cho khả năng dính ướt của điện môi. Góc θ càng nhỏ, sự dính nước càng mạnh.



Hình 6-2: Giọt chất lỏng trên bề mặt vật liệu

6.2. Tính chất cơ học của điện môi:

* **Độ bền chịu nén (σ_n), chịu kéo (σ_k) và uốn (σ_u):**
[kG/cm] hoặc [N/m²]

$$1\text{N/m}^2 = 10^{-5}\text{kG/cm}$$

- Äü bãõn kéõ laì kháí nãng cháúõg laũ taĩc duõng cuía læúc bãõ ngoaì maì khãng bê phaĩ hoĩng.

Khi coĩ læúc taĩc duõng læúc kéõ læn váũt liãũ:

$$\delta_{\text{ãiĩt}} = \frac{P_{\text{max}}}{A_0} \quad (\text{kG/cm}^2)$$

P_{max} laì læúc kéõ læĩn nhãũt maì khãng ãiĩt

A_0 : laì tiãũt diãũn

- Äü bãõn neĩn: laì kháí nãng cháúõg laũ taĩc duõng cuía læúc neĩn bãõ ngoaì.

$$\sigma_{\text{nen}} = \frac{[P_{\text{max}}]_{\text{nen}}}{A_o}$$

- Ứng suất nén: chúng ta dùng

$$\sigma_{\text{uon}} = \frac{[P_{\text{max}}]_{\text{uon}}}{A_o}$$

*** Tính giòn:**

- Là vật liệu có độ bền cao đối với tải tĩnh nhưng dễ bị phá hủy bởi tải động bất ngờ đặt vào.

- Ứng suất dai va đập σ_{vd} :

$$\sigma_{vd} = \frac{A}{S} \quad [\text{kG.cm/cm}^3] \quad \text{hoặc} \\ [\text{J/m}^2]$$

Trong đó: A - Năng lượng tiêu tốn để bẻ gãy vật mẫu có tiết diện ngang S.

$$1 \text{J/m}^2 = 10^{-3} \text{kG.cm/cm}^2$$

*** Độ cứng:**

- Là khả năng của bề mặt vật liệu chống lại biến dạng gây nên bởi lực nén truyền từ vật có kích thước nhỏ vào nó.

*** Độ nhớt:**

- Độ nhớt động lực học η - hệ số ma sát bên trong của chất lỏng:

Tốc độ chuyển động của hòn bi rắn bán kính r trong môi trường không giới hạn có độ nhớt động lực học η dưới ảnh hưởng của lực F không lớn tác động liên tục lên hòn bi là không đổi và có trị số xác định theo định luật Stóc:

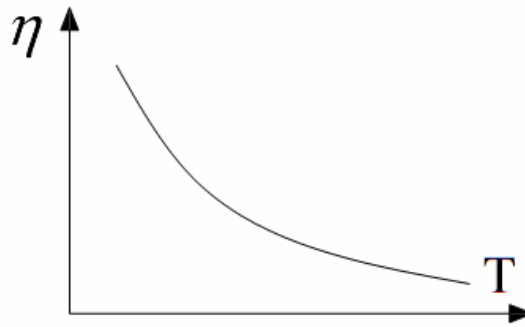
$$v = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{F}{6\pi \cdot r} \\ (6-4)$$

- Độ nhớt động học ν : $\nu = \frac{\eta}{\rho}$

(6-5)

Trong đó: η - độ nhớt động lực học của chất lỏng

ρ - mật độ chất lỏng



Hình 6.3: Sự biến thiên của độ nhớt theo nhiệt độ

Nhận xét:

Tất cả các chất lỏng không bị biến đổi hóa học khi nung nóng có độ nhớt giảm nhiều khi nhiệt độ tăng, theo quy luật:

$$\eta = A.e^{\frac{W}{KT}}$$

(6-6)

Trong đó: *A - hằng số đặc trưng của chất lỏng

$$A = \frac{6KT}{f.l^3}$$

Với: f - tần số dao động nhiệt phân tử, $f = 10^{12} \div 10^{13} l / giây$

l - khoảng cách giữa các phân tử

* W - năng lượng kích thích bằng công chuyển phân tử từ trạng thái ổn định này sang trạng thái ổn định khác.

6.3. Tính chất nhiệt của điện môi:

6.3.1. Độ bền nhiệt:

- Là khả năng của vật liệu cách điện và các chi tiết chịu đựng không bị hỏng trong thời gian ngắn cũng như lâu dài dưới tác động của nhiệt độ cao và sự thay đổi đột ngột nhiệt độ.

- Độ bền chịu nóng phụ thuộc vào loại vật liệu:

- Điện môi vô cơ: nhiệt độ xuất hiện sự biến đổi tính chất vật liệu.

- Điện môi hữu cơ: điểm bắt đầu gây biến dạng cơ học (kéo, uốn, độ lún sâu của kim loại dưới áp lực khi nung nóng điện môi).
- Điện môi lỏng:
 - Nhiệt độ chớp nháy: là nhiệt độ của chất lỏng khi nung nóng đến nhiệt độ đó, hỗn hợp hơi của nó với không khí sẽ bốc cháy khi đưa lửa vào gần.
 - Nhiệt độ cháy: là nhiệt độ cao hơn mà tại đó khi đưa ngọn lửa lại gần bản thân chất lỏng thử nghiệm bắt đầu cháy.

Bảng 6-1: PHÂN CẤP VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN THEO ĐỘ BỀN CHỊU NÓNG

Ký hiệu cấp chịu nhiệt	Nhiệt độ làm việc lớn nhất cho phép, °C
Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	> 180

6.3.2. Độ dẫn nhiệt:

- Là mức độ chuyển nhiệt xuyên qua bề dày lớp cách điện ra môi trường xung quanh.

- Phương trình Furiê:

$$\Delta P_N = \gamma_N \cdot \frac{dT}{dl} \cdot \Delta S$$

(6-7)

Với: ΔP_N - căng suất dòng nhiệt qua diện tích vuông góc với dòng năng lượng ΔS

$\frac{dT}{dl}$ - gradient nhiệt độ

γ_N - nhiệt dẫn suất

Bảng 6-2: NHIỆT DẪN SUẤT CỦA MỘT SỐ ĐIỆN MÔI

Tên gọi vật liệu	γ_N (W/cm độ)
- Không khí	0,00025
- Nhựa đường	0,0007
- Giấy	0,0010
- Vải sơn	0,0013
- Hêtinắ	0,0035
- Nước	0,0058
- Thạch anh nóng chảy	0,0125
- Sứ	0,016
- Steatite	0,022
- Thạch anh kết tinh	0,125
- Ôxit nhôm	0,300

6.3.3. Sự giãn nở nhiệt:

- Các điện môi vô cơ có hệ số dẫn nở dài bé \Rightarrow các chi tiết chế tạo từ vật liệu vô cơ có kích thước ổn định khi nhiệt độ thay đổi.

- Các điện môi hữu cơ có hệ số dẫn nở dài lớn gấp trăm lần so với điện môi vô cơ.

Bảng 6-3: HỆ SỐ DẪN NỞ DÀI THEO NHIỆT ĐỘ CỦA MỘT SỐ ĐIỆN MÔI

Tên vật liệu	$\alpha_l \cdot 10^6$ (độ ⁻¹)
Chất vô cơ:	
- Thủy tinh thạch anh	0,55
- Sứ cao tần	4,5
- Steatít	7
Chất hữu cơ:	
- Phenolfocmaldehit và các chất dẻo có độn khác	25 - 70
- Tấm chất dẻo clorua polyvinyl	70
- Polistirol	60 - 80
	100

6.4. Tính chất hóa học của điện môi và tính năng của nó dưới tác động của phát xạ

có năng lượng cao:

6.4.1. Tính chất hóa học của điện môi:

- Độ tin cậy của vật liệu phải được đảm bảo khi làm việc lâu dài: vật liệu không bị phân hủy để giải thoát ra các sản phẩm phụ và không ăn mòn kim loại tiếp xúc với nó, không phản ứng với các chất khác (nước, khí, acid, kiềm, dung dịch muối...).
- Độ hòa tan của vật liệu rắn:
 - o Là khối lượng vật liệu chuyển sang dung dịch trong một đơn vị thời gian từ một đơn vị diện tích tiếp xúc giữa vật liệu với dung môi.
 - o Là khối lượng lớn nhất của chất có thể hòa tan trong dung dịch (nồng độ của dung dịch bão hòa).
- Khi tăng nhiệt độ thì độ hòa tan tăng lên.

6.4.2. Tác động của bức xạ năng lượng cao:

- Các vật liệu bền vững đối với bức xạ phải có 2 thuộc tính:
 - Khả năng hấp thụ năng lượng mà không bị ion hóa lớn.
 - Khả năng tạo mối liên kết kép với mức độ lớn hơn sự phá hủy liên kết đó.
- Dưới tác dụng của bức xạ, chất trùng hợp có thể chuyển từ trạng thái này sang trạng thái cấu trúc khác.

CHƯƠNG VII: VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN THỂ KHÍ

7.1. Không khí:

- Không khí được sử dụng để rộng rãi để làm cách điện chủ yếu của các đường dây tải điện trên không, cách điện của các thiết bị điện làm việc trong không khí, hoặc phối hợp với các cách điện rắn và lỏng.
- Đối với cách điện của máy điện, cáp điện, máy biến áp, tụ điện..., nếu quá trình tẩm không được cẩn thận sẽ còn có những bọt khí ở bên trong \Rightarrow khi cách điện làm việc dưới điện áp cao hay điện trường lớn, bọt khí sẽ thành ổ phát sinh vầng quang, phát sinh ra nhiệt \Rightarrow làm giảm chất lượng cách điện.

Bảng 7-1: SO SÁNH ĐẶC TÍNH CỦA KHÔNG KHÍ VỚI CÁC CHẤT KHÍ

Các đặc tính tương đối	Không khí	Nitơ N ₂	Cácbonic CO ₂	Hydro H ₂
- Tỷ trọng	1	0,97	1,52	0,07
- Nhiệt dẫn suất	1	1,08	0,64	6,69
- Tỷ nhiệt	1	1,05	0,85	14,35
- Hệ số tỏa nhiệt từ vật	1	1,03	1,13	1,61
- Độ bền nhiệt	1	1,00	0,90	0,60

\Rightarrow Cường độ cách điện của các chất khí đều kém hơn không khí.

7.2. Nitơ:

- Có ái lực bão hòa ái lực tăng theo nhiệt độ khô, ái lực sẽ duy trì lại cách ái lực cho tuôn khô.

7.3. SF₆ (êlêgaz):

- Có ái lực bão hòa ái lực cao gấp 2,5 lần khô, khối lượng riêng cao gấp

5,1 lăön khăng khê, nhiăút âăü săi thăúp -64°C, coi thăø nein ăi nhiăút âăü thăêng tăi 2MPa mại khăng bẻ hoăi loíng. Elegas khăng âăüc, âăü băön văing hoăi hoüc cao, khăng bẻ phán huyí ăi nhiăút âăü 800°C.

7.4. CCl₂F₂ (Freon):

- Coi âăü băön âiăün xăúp xẻ Elegas, nhiăút âăü săi 247,7°K(-30,5°C), khê Freon-12 gáy àn moin măt săú âiăün mại hăi cាំ.

7.5. CF₂, C₂F₆, C₃F₈. . .

- Coi âăü băön âiăün ráút cao 8->10 lăön so văi khăng khê, âăü băön âiăün tẻng âẻng văi chăút loíng nhẻng coi khăi lẻng riẻng noi hản chăút loíng, tẻnh chẻ nhiăút cao, băön văing chăúng giại cỏi.

7.6. Khê H₂:

- Nheü, tẻnh dăùn nhiăút vại nhiăút dung cao

- Laim caich âiăün cho mại âiăün cẻng suăút lăin(giaim ma săit, trănh oxi hoăi, hoăi hoăün khi chăüm chăúp cuăün dăy...)

7.7. Khê tră: âẻüc dùng laim caich âiăün cho caic băü phoẻng âiăün khê. Caic khê tră coi nhiăút dăùn thăúp, âăü băön âiăün keim, Kc, Kr vại Xe âẻüc dùng trong cẻng nghiăúp chăú taü âẻin huyẻnh quang.

CHƯƠNG 8: VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN THỂ LỎNG

8.1 Dầu mỡ cách điện (Dầu biến thủy):

- Làm mất vai cách điện của máy biến áp
- Làm cách điện vai dầu tốt hơn quang trong máy cắt dầu.
- Dầu máy biến áp còn ảnh hưởng ra của cáp, biến tải, vai rớt nhiều thiếp bề khác.

*** Yêu cầu:**

- Coi ảnh hưởng cách điện cao, trong trường hợp dầu chất lượng cao coi thể ảnh hưởng tới 160kV/cm , $\epsilon = 2,2 \div 2,3$
- Dầu coi thể phân hủy ảnh hưởng
- Coi thể xâm nhập vào các khe rãnh hẹp.

*** Nhược điểm:**

- Dầu nhựa cứng cao và tập chất vai ảnh hưởng
- Ảnh hưởng ảnh hưởng dầu tạo nên bột khô => ảnh hưởng thể phân hủy cách điện vai làm mất ảnh hưởng giảm sút
- Dầu cháy vai khi cháy sẽ phát sinh ra khói đen, ảnh hưởng bức xạ hồng ngoại cùng và ảnh hưởng thể làm thành nên ảnh hưởng

Dầu biến thủy coi các thể chất sau:

- Tập chất trong dầu làm giảm sút rớt ảnh hưởng ảnh hưởng của dầu. Vết vấy trên khi cho dầu vào máy, phải làm sạch rớt kế vai khuếch trong chân không
- Ảnh hưởng thể chất của dầu khoảng $10^{14} \div 10^{16} (\Omega.cm)$

-Làm viãúc dài haùn ảỉ nhiãủt ảủ
 $90 \pm 95^\circ\text{C}$

- Ầöng xuíc taíc nhanh quãi trçnh oxy hoãi trong dầu .

8.2. Dầu tuũ ảỉũn:

- Táøm cho tuũ giẩy làm tàng ϵ vai E_{ct}
 \Rightarrow tàng ảỉũn dung, giẩm kçch thẩic vai giẩi thảnh của tuũ.

8.3. Dầu dùng cho caíp:

- Táøm trong caíp giẩy \Rightarrow làm maít vai tàng ảủ bãön ảỉũn.

- Ầö táøm cho caíp dểi 35kV coi voi nhãm hoũc chç dùng loaũ dầu coi ảủ nhẩt cao, khãng noi hản $23\text{mm}^2/\text{s}$ ảỉ nhiãủt ảủ 100°C . Ầö tàng ảủ nhẩt ngểi ta coi thãm nhểu thãng vào dầu.

Ầö táøm cho caíp tể 110kV-220kV dùng dầu coi ảủ nhẩt thẩp hản $\eta \leq 3,5\text{mm}^2/\text{s}$ ảỉ nhiãủt ảủ 100°C , $\eta \leq 10\text{mm}^2/\text{s}$ ảỉ nhiãủt ảủ 50°C , $\eta \leq 40\text{mm}^2/\text{s}$ ảỉ nhiãủt ảủ 20°C

8.4. Mẩt sẩ chẩt loíng hểu cả

8.4.1 Dầu Sovol ($\text{C}_{12}\text{H}_5\text{Cl}_5$): ($f=50\text{Hz}$,
 $t=20^\circ\text{C}$ $\epsilon=5$; khi $t=90^\circ\text{C}$ $\epsilon=4,1$)

-Khãng chẩy nhãng ráút ảủc.

-Do coi cểc nãn tểh caích ảỉũn của noi bể ảính hểing ráút nhiãủ bẩi taũp chẩt

-Khi nhiãủt ảủ giẩm hầng sẩ ảỉũn mẩ giẩm nãn ảỉũn dung của tuũ giẩm.

8.4.2 Chẩt loíng silic hểu cả:

- Coi tgđ thẩp, huít nểic vai tểh chể nhiãủt cao, giẩi thảnh cao, hầng

său âiăun măi biăún âăøi lâın, nhiăút
âăü laım viăúc lău dài 250°C.

c. Chăút loíng Flor hæıu cả:

-Coı tênh chêu nhiăút cao, tgs thăúp,
âăü băön âiăun cao, hải cuía chăút loíng
Flor băön văıng áı thăø khê.

-Ăăü nhăıt thăúp năn ráút dăù táøm cho
văıt liăúu xăúp, coı âăü năı nhiăút cao
vài háúc hải maınh năn thiăút bễ chăıa
chăút loíng Flor pháıi ráút kên.

-Tăın nhiăút cao hăn đăöu biăún aıp vài
chăút loíng Silic hæıu cả.

-Khăng chăıy vài chêu âăăüc hăö
quang.

-Giaı thăınh cao.

CHƯƠNG 9: VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN THỂ RẮN

9.1. Điện môi hữu cơ cao phân tử:

9.1.1. Cấu tạo và phân loại điện môi hữu cơ:

- Vật liệu hữu cơ là các hợp chất của cacbon với các nguyên tố khác.
- Cấu trúc phân tử có ảnh hưởng chính đến những tính chất của các chất hữu cơ:
 - Một số vật liệu cách điện hữu cơ thấp phân tử có số lượng nguyên tử tham gia vào phân tử của chất này không nhiều.
 - Vật liệu cách điện hữu cơ cao phân tử: có phân tử rất lớn, đôi khi trong một phân tử có hàng chục ngàn nguyên tử; khối lượng phân tử có thể lên đến 1 triệu, kích thước hình học lớn \Rightarrow không hòa tan được, hoặc tạo thành dung dịch keo. Có 2 loại:
 - Vật liệu nhân tạo: chế biến hóa học những chất cao phân tử có sẵn trong tự nhiên.
 - Vật liệu cao phân tử được tạo nên bởi sự tổng hợp các chất thấp phân tử.
- Phản ứng trùng hợp: là phản ứng tạo thành polime từ monome.
 \Rightarrow Thay đổi tính chất các chất:
 - Khối lượng phân tử tăng lên.
 - Nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ sôi tăng.
 - Độ nhớt tăng trong quá trình trùng hợp.

- Chuyển trạng thái: khí, lỏng → lỏng đặc, rắn.
- Độ hòa tan giảm.

- Phân loại polime:

Theo cấu trúc: gồm 2 nhóm:

- Polime đường thẳng:
 - Hình chuỗi xích hoặc sợi chỉ ⇒ tỉ số giữa kích thước chiều dài và chiều ngang rất lớn.
 - Khá mềm, co giãn tốt ⇒ chế tạo các những sợi mảnh, dẻo và bền ⇒ sản xuất vật liệu dệt, màng mỏng.
 - Nhiệt độ tăng lên vừa phải ⇒ hóa dẻo rồi nóng chảy.
 - Có khả năng hòa tan trong các dung môi thích hợp.
- Polime không gian:
 - Phát triển đều hơn theo các hướng khác nhau ⇒ Hình dáng gọn hơn, giống hình cầu.
 - Rất cứng ⇒ không thể sản xuất sợi dẻo hay màng dệt.
 - Chỉ hóa dẻo ở nhiệt độ rất cao. Một số bị phá hủy về mặt hóa học khi chưa đạt đến nhiệt độ hóa dẻo.
 - Khó hòa tan.

Theo thực tế: gồm 2 nhóm:

- Vật liệu nhiệt dẻo:
 - Ở nhiệt độ thấp: trạng thái rắn, đốt nóng ⇒ mềm và dễ biến dạng.
 - Có khả năng hòa tan trong các dung môi thích hợp.
 - Sau khi nung nóng đến nhiệt độ tương ứng với trạng thái dẻo, làm nguội lại, các vật liệu vẫn giữ được các đặc tính trên: Khi đốt nóng ⇒ thay đổi tính chất phục hồi được.

- Vật liệu nhiệt cứng:

- Khi đốt nóng ⇒ thay đổi tính chất không phục hồi được: bị cứng lại - độ bền cơ học và độ cứng sẽ lớn hơn nhiều, mất tính hòa tan và tính nóng chảy.

Ví dụ: Vật liệu nhiệt dẻo: polime đường thẳng → polime đường thẳng.

Vật liệu nhiệt cứng: polime đường thẳng → polime không gian.

9.1.2. Nhựa cách điện:

A - NHỰA TỔNG HỢP

1. Nhựa PE:

- Đặc tính cơ tốt, độ trong suốt cao.
- Chịu được axit và kiềm.
- Sản xuất cách điện cho cáp điện tần số cao và cáp điện lực điện áp cao làm việc trong môi trường ẩm.
- Chịu nhiệt kém.

2. Nhựa Polipropilen:

- Rất dẻo.
- Khả năng cách điện tương đương polyeten.
- Độ bền nhiệt cao hơn PE nhiều.

3. Nhựa Poliizobutilen: $(-CH_2-$

$C(CH_3)_2-)_n$

-Coi tên chất giống cao su, coi tên keio daın, aain hãoi.

-Coi tên chũu laũnh cao vai aũũ bãon vãng giãung PE.

-Coi tên huıt ăøm thăúp.

4. Nhựa Polistirol: $(-CH_2-CH(C_6H_5)-)_n$

-Gioin ải nhiãũt aũũ thăúp vai taũũ vãũt nãũt trãn bãũ mãũt

-Chũu nhiãũt thăúp.

-Cuĩng nhũ PE, Poliizobutilen, Polistirol lai nhũa coi tên caĩch aĩũũn cao vai tên huıt nãũc thăúp => Ęĩng duũng trong kũ thăũt aĩũũn cao tãũng.

5. Nhựa PVC $(-CH_2-CH(Cl)-)_n$:

- Âm hưởng mãi mãi
- Tên cách âm hưởng bản âm hưởng mãi mãi
- Êt chều taic âm hưởng của âm hưởng, bản hưởng của taic âm hưởng của nhạc, kiêu, axit, rêu, nổi dùng làm cách âm hưởng haù aip, lập với báo vũ

6. Nhựa Poliacrilat (H₂C=CH-COOH):

- Chều lạnh, chều dầu mỡ vai kiêu.
- Âm hưởng cho poliacrilat nổi là Metimetylacrilat (CH₂=C(CH₃)-COO-CH₃): gọi là thủy tinh hữu cơ, có tên trong suốt. Dải taic dùng của hời quang thực nổi sinh khí CO, H₂, H₂O và CO₂ có taic dùng dấp tốt hời quang => chầu taic các thiêu bề chầu seít.

B - NHỰA THIÊN NHIÊN

1. Cánh kiến:

- Nhựa do côn trùng tiết ra trên các cành cây ở xứ nóng nhiệt đới.
- Thành phần: axit hữu cơ phức tạp.
- Dễ hòa tan trong rượu, cồn nhưng không hòa tan trong hydrocarbon.
- Dùng ở dạng sơn dán để chế tạo micanit.

2. Nhựa thừng:

- Giòn, âm hưởng trái suốt cao $10^{12} \div 10^{13} \Omega m$, âm hưởng cao $E_{ct} = 10-15 MV/m$, nhiệt âm hưởng nóng chảy 50-70°C, dấp dấp bề oxi hoá
- Nhựa thừng tan trong dầu mỡ, dùng âm hưởng cho các

9.1.3. Âm hưởng mãi mãi (Saip):

-Dầu nhờn chảy, coi cấu tạo tinh
thảo, dầu nhờn cả học yếu vai ténh huít
nhiệt thấp các vật liêu này dùng
để tẩm hoặc rít lớp kei hải, nhng
se co rít nhiều khi nguôi ai

1. Parafin: reí, khng cæc, khng
dnh æít, dầu nhờn aiên ãn ænh, $t_{nc}=$
 $50-55^{\circ}\text{C}$, $\text{tg}\delta=3-7.10^{-4}$, $\epsilon=1,5-2,3$. Parafin coi
khi dùng tẩm cho giáy của tuu aiên
coi aiên aip thấp, tẩm cây vai giáy
carton, để rít lớp kei hải cuên dý
mày aiên coi nhiệt dầu làm viêc
thấp

2. Xerezin: Nhiệt dầu nhờn chảy
cao, nhờn vãi khng khê, aiên trái
suýt lãn vai $\text{tg}\delta$ thấp hãn => làm tuu
giáy.

3. Vazelin: Mang ténh chát chung của
saip, ai nhiệt dầu thng ai dng nĩa
lóng, sai dng để tẩm giáy tuu.
Vazelin là hùn hũp của carbua hydro
lóng vai rãn

Thng sá	20°C	100°C
ρ [Ωm]	5.10^{12}	5.10^9
$\text{tg}\delta$	0,0002	0,002

9.1.4. Sản cách aiên vai hùn hũp cách đien:

1. Sản cách aiên: dung dch keo
bitum vai dầu búc hải. Khi sáy kh thç
ai trng thãi rãn vai tuu thnh lãp
mng mng. Yếu cấu sản phải cách
aiên vai khng æc huít áom.

3 loại:

-Sản tằm: tằm caich lầu moüt hoàuc caich âiãun daung sảui(giáúy, carton,vaíi,caich âiãun cuãun dáy maỷ âiãun).

-Sản che phuí: taúo ra mầut lầip coi ãũ bãon cả hoüc, bàong phầong vai khầng thầum nằic trần bão mầut âiãun mầi. Sản Emay coiñ sản trầuc tiầúp lần dáy dầun laim caich âiãun hoàuc caich lai theip trong maùch tặi maỷ biầún aíp.

-Sản kầut dềnh: Duềng ãũ kầut dềnh caich lầip cuía âiãun mầi hoàuc giãia âiãun mầi vầi kim loaúi.

Một số sơn cách điện thường dùng trong kỹ thuật điện: :
dung dềch nhầu tầong hầp hay nhầu thiần nhiần gầom caich loaúi sau:

+ Sản bakelit: dung dềch cuía bakelit trong rầũu. Sản này duềng ãũ kầut dềnh, coi ãũ bãon cả hoüc cao, êt deío, dầu bẻ giai coi do nhiầut.

+ Sản Gliftan: dung dềch nhầu gliftan trong hầun hầp rầũu vầi hydro cacbua loíng. Duềng kầut dềnh mica, coi tềnh uầun deío tầut hần bakelit nhầng tềnh chều áom keím hần.

+ Sản silic: cáon sầuy ái nhiầut ãũ cao, noi coi tềnh chều nhiầut vai chầng áom tầut.

+Sản Policlovinil: chều ãũ dầou mầi vai nhiầou vầut chầut kầic, duềng ãũ sản phuí cho caich âiãun hoầt ãũng ái mầi trầing axit

+Sản xenlulo: quan troềng nhầut lai Nitroxenlulo noi coi ãũ bãon cả hoüc cao, chều ãũng ãũ taic ãũng cuía khầng khề nhầng khầng baím vaio kim

loaûi. Vç vâûy, pháí sản bàõng gliftan
vaìo kim loaûi räöi mãii sản
Nitroxenlulo.

+ **Sản dáõu:** coỉ nguãõn gảúc tặi dáõu tặu
khả vaì thẩm thầnh pháõn laìm tàng tặuc
ầũ khả cuía dáõu. Sản naỳ duìng ầũ
saín xuáút giáúy sản, vaìi sản vaì táøm
cho cuãun dáy maỳ ầiầun, sản caìch ầiầun
cho caìc laỉ theip maỳ biầún ầip.

+**Sản ầen:** thầnh pháõn chềnh laỉ bitum,
noỉ reỉ hản coỉ tềnh huít ầøm thắúp vaì
coỉ ầũ caìch ầiầun cao nhặng khặng chều
ầũng ầũc xầng dáõu vaì chều nhiầút
thắúp.

2. Hầun hầup caìch ầiầun: laỉ hầun
hầup caìc loaûi nhầu khầic nhau bitum,
saíp, dáõu, nầún.

*Tắøm cho giáúy caìch ầiầun coỉ
nguãõn gảúc tặi dáõu moỉ, vaì nhầm tàng
ầũ nhẩt cuía hầun hầup, ngặi ta thẩm
nhầu thắng hay nhầu tầng hầup nhán
taũ.

*Lắúp ầũy caìc mầng sang reỉ nhầnh,
mầng sang ầũ cuầi ầũ trầnh caíp
tiầúp xuíc vầi khặng khề. Hầun hầup
lắúp ầũy coỉ thầnh pháõn chuí yầu laỉ
bitum vaì dáõu thắng.

9.1.5. Vầut liầu sầi: Reỉ, ầũ bầõn cả
hoức cao, coỉ tềnh deío, dầu gia cầng
nhặng nhầc ầiầm laỉ ầũ bầõn ầiầun
thắúp, vaì dầu huít ầøm

- **Gầu:** laỉ caìch ầiầun quan troừng trong
kyỉ thắút ầiầun, ầũ nắng cao tềnh chắút
caìch ầiầun cuía gầu ngặi ta táøm bàõng
caìc loaûi sản khầic

- **Giáúy vai carton caïch âiãûn:** âæãüc chãú taôu tæi xenlulo vai âæãüc hoai tan trong dung dëch kiãöm

- **Giáúy caïp:** coi thãø chãú taôu cho caïp cáúp 110kV hoauc cao hãn. Giáúy caïp dùng cho caïp læuc coi caic kyï hiãûu: KB, KM, KBY, KBM. . .(K: caïp, M: nhiãöu læip, B: cao aïp, Y: giáúy coi äãü khët cao)

Caïp læuc coi caïch âiãûn yãúu nhãút lai chãu kêi hãí cuía tæing læip giáúy vai vç váúy cáön pháíi táøm bàng dáöu thãng vai nhæua tæu khã. Loaúi nay dùng cho cáúp âiãûn aïp khãng quai 35kV. Áí cáúp cao hãn dùng caïp dáöu.

9.1.6 Vãút liãûu âain häöi:

- **Cao su thiãn nhiãn(C_5H_8)_n:** Áí nhiãút äãü 50°C cao su äai bë noing cháíy vai áí nhiãút äãü thãúp coi tênh gioin. Cao su hoai tan trong dung mãi carbua hydro. Äãø tàng tênh chëu nhiãút chëu laúnh ngæãli ta tiãún hành læu hoai cao su

- **Cao su læu hoai:** ngoai tàng tênh chëu nhiãút chëu laúnh cao su læu hoai còn tàng äãü bãön cá hoüc, bãön væing vãii caic dung dëch. Nhãng dãu bë giai coi do nhiãút, khãng bãön væing bë taic äãüng cuía cháút loíng khãng cæuc.

- **Cao su nhãn taôu:**

+ Cao su butan($-CH_2-CH=CH-CH_2-$)_n: lai âiãûn mãi khãng cæuc, coi $\rho = 10^{15} \Omega m$, $tg\delta = 5^{-4}$

+Cao su butan- Stiol: lai polime hoai äãöng thãli Polistirol vai butan, tênh cháút caïch âiãûn gãön giãúng nhæ cao su

thiãn nhiên nhæng chều nhiãút, chều dấu
mãi, xàng ráút cao

+ Cao su silic hæiu cả: Chều nhiãút cao
250°C chều laũnh tãii -100°C nhæng coi äãũ
bãön cả keĩm, tênh bãön væĩng hoai hoüc
khãng cao vai giaĩ thaĩnh cao

9.2. Điện môi vô cơ:

9.2.1. Thuyí tinh:

-Khäúi læãũng riãng:lãĩn tãii 2-8Mg/m³,

thuyí tinh nãũng chãĩa nhiãõu chệ

-Tênh cháút cả hoüc:Äãũ bãön neĩn lãĩn
hãn ráút nhiãõu so vãii äãũ bãön

keĩo(6000-21000Mpa >100-300Mpa)

-Tênh cháút nhiãút: Nhiãút noĩng cháiy
cuía thuyí tinh nãũm trong giãii haũn
400-1600°C

Tuyì theo cãng duĩng ngããii ta chia ra
lãĩm cãĩc loaũi thuyí tinh nhæ sau:

Thuyí tinh duĩng cho tuũ äiãũn, trong bãũ
loũc cao táõng, mãiy phaĩt xũng, mãũch
dao äãũng.. .Noĩ cãõn coi tĩđ nhoĩ vai ϵ
cao

Thuyí tinh thiãút bẽ: Duĩng äãø chhãũ
taũo cãĩc thiãút bẽ, linh kiãũn sæĩ.

Loaũi thuyí tinh nãiy yãũ cãõu coi äãũ
bãön cả hoüc cao, tênh cãĩch äiãũn tãũt.

Thuyí tinh kiãõm: coi chãĩa nhiãõu kim
loaũi nãũng, loaũi thuyí tinh nãiy coi ϵ
cao vai tĩđ thãũp duĩng lãĩm tuũ äiãũn

Thuyí tinh trung tênh: Thuyí tinh thaũch
anh coi äãũ trong suãút cao, duĩng trong
kệ thuãũt quang vai loaũi nãiy coi tênh
cãĩch äiãũn cao

9.2.2. Vãũt liãũu gãũm sæĩ:

-Là vật liệu cấu trúc quan trọng trong KTT, dùng để chế tạo các thiết bị điện tử. Các sản phẩm tiêu biểu như: các loại tụ điện, các loại linh kiện điện tử khác. Các sản phẩm này có tính năng tốt, độ bền cao, giá thành thấp.

-Góc tạo nên các loại vật liệu khác nhau theo nhiệt độ

Các loại gốm sứ như sau:

*Gốm sứ trắng: thành phần chủ yếu là SiO_2

*Sứ radio: có thành phần oxit kim loại nặng

*Sứ cao tần: chế tạo thành phần Al_2O_3 , sứ này có nhiệt độ nóng chảy cao, chịu được nhiệt độ cao.

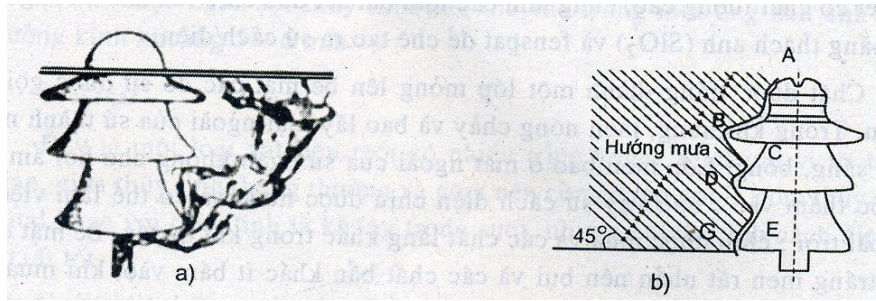
*Stealit: thành phần chủ yếu là Silic mangie

*Gốm sứ trắng: Thành phần chủ yếu là TiO_2 , loại này dùng để chế tạo các thiết bị điện tử, các thiết bị khác. Vật liệu có độ bền cao.

Phạm vi sử dụng: chế tạo các thiết bị điện tử, các thiết bị khác. Các thiết bị này có tính năng tốt, độ bền cao, giá thành thấp. Các thiết bị này có tính năng tốt, độ bền cao, giá thành thấp.

Một số cách điện bằng sứ:

Do sứ cách điện có chiều dày lớn và cường độ cách điện cao \Rightarrow khó xảy ra phóng điện chọc thủng mà chỉ xảy ra phóng điện trên bề mặt sứ.



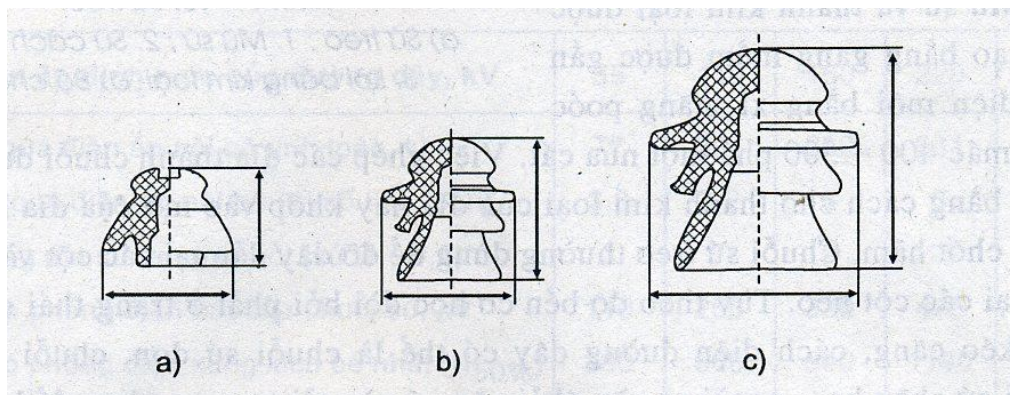
a. *Sứ cách điện đường dây:*

- Yêu cầu:

- Cách điện của đường dây phải chịu được tác dụng của phần lớn các loại quá điện áp nội bộ.
- Đối với quá điện áp khí quyển, phải giải quyết cho hợp lý cả về mặt kinh tế lẫn kỹ thuật:
 - Đường dây 110kV trở lên: chỉ cần có các biện pháp bảo vệ chống sét tương đối đơn giản.
 - Đường dây 35kV trở xuống: cách điện phải tăng cao \Rightarrow rất tốn kém \Rightarrow cách điện đường dây chỉ cần chọn tới mức cần thiết hợp lý rồi kết hợp với các biện pháp hạn chế sự cố do sét: nối đất cột điện, dùng cuộn dập hồ quang...

- Gồm:

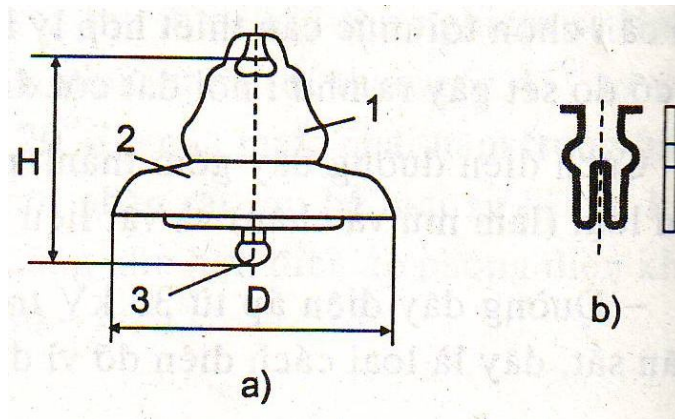
- Thành phần điện môi (sứ, thủy tinh...)
- Bộ phận kim loại (mũ, chân)
- Vật liệu gắn liền giữa điện môi với bộ phận kim loại.



Hình 9.1: Sứ đường dây kiểu đứng

b. Sứ treo:

- Dùng trên đường dây tải điện có điện áp đạt đến mức cao nhất.
- Nhiều đĩa sứ ghép liên tiếp thành chuỗi bằng cách cho thanh kim loại của đĩa này khớp với mũ của đĩa khác và dùng chốt hãm, treo riêng biệt thành nhiều chuỗi.
- Dùng để đỡ dây dẫn tại các cột và để kéo dây tại các cột néo.



Hình 9.2: Sứ treo

a. Sứ treo: 1. Mũ sứ; 2. Sứ cách điện; 3. Lõi bằng kim loại; b, Bộ chốt

- Số lượng bát sứ trong chuỗi sứ được xác định theo điện áp làm việc của đường dây tải điện.

Ví dụ: Đường dây 35kV - chuỗi 3 bát sứ.

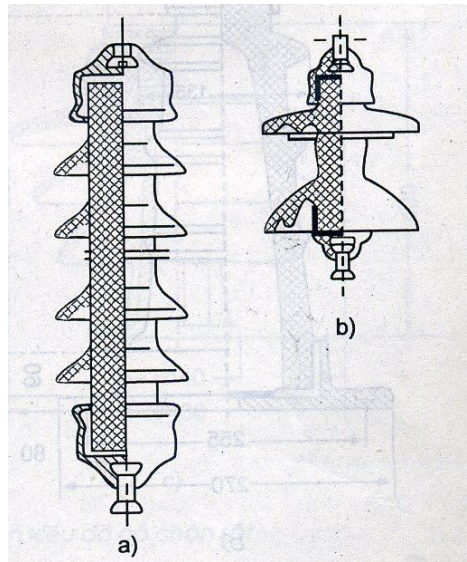
110kV - chuỗi 7 bát sứ.

150kV - chuỗi 9 bát sứ.

220kV - chuỗi 13 bát sứ.

330kV - chuỗi 16 bát sứ.

- Thanh sứ treo đường dây tải điện cao áp ngoài trời: vật liệu gốm mới có độ bền cơ và độ bền kéo đứt cao.

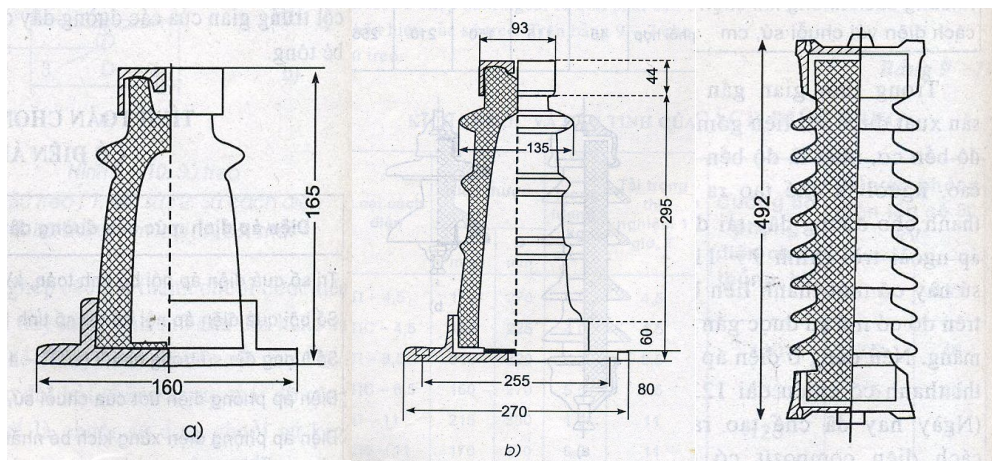


Hình 9.3: Thanh sứ treo đường dây có vỏ hình chuông đơn giản (a) và vỏ hình chuông mở rộng bề mặt (b)

c. Sứ cách điện dùng trong trạm biến áp và nhà máy điện:

* Cách điện đỡ kiểu thanh:

- Dùng trong nhà.
- Điện áp 3-10kV và 35kV.
- Bên trong rỗng theo kết cấu đơn giản nhất.
- Đế và mũ gang được gắn với thân sứ bằng xi măng.

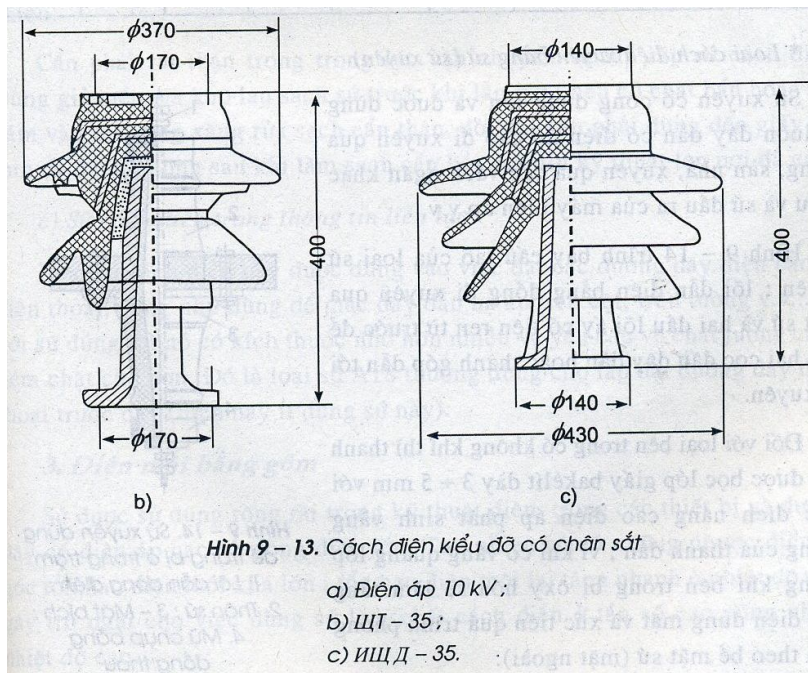
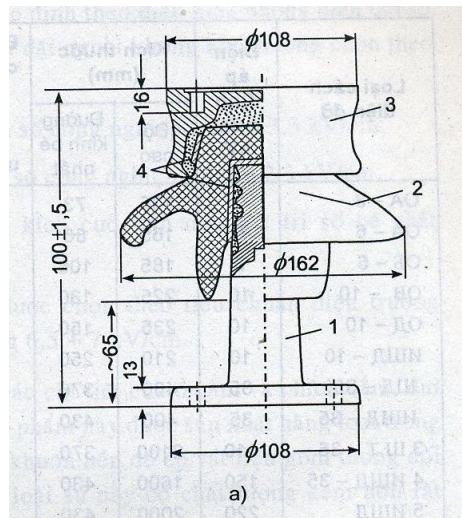


Hình 9.4: Cách điện đỡ kiểu thanh

a. Điện áp 6kV; b. Điện áp 35kV dùng trong nhà; c. Điện áp 35kV dùng ngoài trời

* Cách điện đỡ kiểu có chân sắt:

- Đặt ngoài trời.
- Có đai kim loại ở đầu sứ để bắt dây dẫn.



Hình 9 – 13. Cách điện kiểu đỡ có chân sắt

a) Điện áp 10 kV ;

b) ШТ – 35 ;

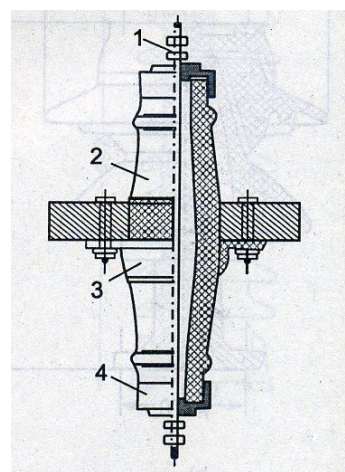
c) ИЩД – 35.

Hình 9.5: Cách điện đỡ kiểu có chân sắt

* Sứ xuyên:

- Dùng để luồn dây dẫn có điện áp cao đi xuyên qua tường, sàn nhà, vách ngăn, sứ đầu ra của MBA...

- Cấu tạo:



Hình 9.6: Sứ xuyên

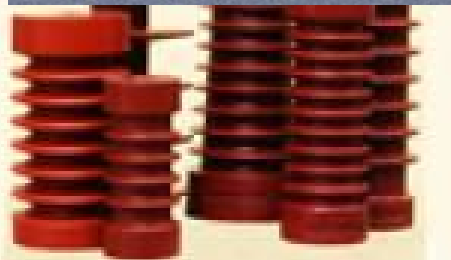
1. Lõi dẫn dòng điện;

2. Thân sứ;

3. Mặt bích;

4. Mũ chụp bằng đồng thau

- Lõi dẫn điện bằng đồng đi xuyên qua ruột sứ, 2 đầu lõi có tiện ren để làm 2 cọc đầu dây dẫn hoặc thanh góp dẫn tới sứ xuyên.







**Phần 2: VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN,
 VẬT LIỆU BÁN DẪN, VẬT LIỆU TỬ**
Chương X: VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN
10.1. Phân loại và các tính chất cơ bản của vật liệu dẫn điện:

- Vật liệu dẫn điện thể rắn (kim loại, hợp kim): 2 loại
 - Loại có điện dẫn cao: làm dây dẫn điện, cáp điện, dây quấn MBA, máy điện...
 - Loại có điện trở cao: dùng trong các dụng cụ đốt nóng bằng điện, đèn thấp sáng, biến trở, điện trở mẫu...
- Vật liệu dẫn điện thể lỏng (kim loại nóng chảy, dung dịch điện phân): chỉ có thủy ngân là kim loại được sử dụng trong thực tế kỹ thuật.

*** Tính dẫn điện:**

- Kim loại rắn và lỏng: cơ cấu của sự dẫn điện là do các điện tử tự do chuyển động \Rightarrow vật liệu có điện dẫn điện tử - vật dẫn loại một.
- Các chất điện phân (dung dịch acid, bazơ, muối): cơ cấu của sự dẫn điện là do sự dịch chuyển của các ion dưới tác dụng của điện trường \Rightarrow thành phần dung dịch sẽ bị thay đổi dần dần, trên các điện cực xuất hiện các sản phẩm điện phân - vật dẫn loại hai.

*** Các đại lượng cơ bản của vật dẫn siêu dẫn:**

- **Âiãûn tráí:** lài quan hãu giãia âiãûn thãu khãng ääøi äät lân váút vai doing âiãûn chaý qua trong váút dãn äøi.

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

ρ : âiãûn tráí suát cuía váút liãûu ($\Omega.m$)

l: lài chiãöu dài dãn dãn

s: tiãút diãûn dãn dãn

- **Âiãûn dãn:** lài ääøi læüing nghëch äáo cuía âiãûn tráí.

$$G = 1/R \quad (1/\Omega)$$

- **Âiãûn tráí suát ρ :** lài âiãûn tráí cuía dãn dãn chiãöu dài lài 1 ään vë vai tiãút diãûn lài 1 ään vë.

Kê hiãûu: ρ

- **Âiãûn dãn suát:** lài ääøi læüing nghëch äáo vãi âiãûn tráí suát cuía dãn dãn.

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

Âiãûn tráí suát vai âiãûn dãn suát thay ääøi ráút lân theo nhiãût ääü.

Bảng 10-1: CÁC ĐẶC TÍNH VẬT LÝ CHỦ YẾU CỦA KIM LOẠI Ở 20°C

Kim	Khố	Nhiệ	Nhiệt	Nhiệt	Hệ số	Điện	Hệ số	Cô
-----	-----	------	-------	-------	-------	------	-------	----

loại	i lượn g riên g, g/cm ₃	t độ nón g chảy °C	dung riêng, W/(m. độ)	dẫn riêng, W/(m. độ)	nhiệt độ dẫn nở dài, $\alpha_l \cdot 10^6, \text{độ}^{-1}$	trở suất, $\Omega \text{mm}^2 / \text{m}$	nhiệt điện trở suất, độ ⁻¹ , α_p	ng tho át điệ n tử, eV
Đồng							0,004	4,3
Nhôm	8,9	1083	385	390	16,5	0,017	3	5
Vonfram	2,7	657	922	209	21	2	0,004	4,3
Molipden	19,3	3380	138	168	4,4	0,028	2	4,5
Tantan	10,2	2620	264	151	5,1	0,055	0,004	4,2
Niobi	16,6	2977	142	54	6,5	0,057	6	4,1
Titan	8,6	2415	272	50	7,2	0,135	0,004	3,9
Ziriconi	4,5	1725	577	15	8,1	6	0,003	6
Reni	6,5	1815	276	17	5,4	0,18	8	9
Vàng	21	3145	138	71	4,7	0,42	0,003	3,8
Bạc	19,3	1063	126	293	14,2	0,41	0	4
Platin	10,5	961	234	415	19,3	0,21	0,004	4,8
Paladin	21,4	1770	134	71	9	0,024	4	4,8
Sắt	12	1555	213	72	11,9	0,016	0,004	4,4
Niken	7,8	1535	452	73	11	0,105	0,004	4,4
Coban	8,9	1455	444	95	13	0,110	5	5
Chì	8,7	1492	435	79	12,5	0,098	0,003	5,3
Thiếc	11,4	327	130	35	29	0,073	2	4,2
Kẽm	7,3	232	226	65	23	0,062	0,003	8
Cadmi	7,1	420	390	111	31	0,21	8	4,5
Indi	8,6	321	230	93	30	0,12	0,004	5
Gali	7,3	157	243	25	24,8	0,059	0	-
Thủy ngân	5,9	29,8	381	-	18,3	0,076	0,003	-
	13,6	-39	138	10	61	0,09	9	4,4
						0,56	0,003	4,4
						0,958	8	-
							0,006	-
							0,006	-

							5	4,5
							0,006	
							0,003	
							7	
							0,004	
							4	
							0,004	
							0,004	
							2	
							0,004	
							7	
							-	
							0,000	
							9	

*** Hệ số nhiệt của điện trở suất:**

- Điện trở suất của kim loại phụ thuộc nhiệt độ.

$$\rho_t = \rho_o(1 + \alpha_\rho \cdot \Delta t) \quad (10-1)$$

Trong đó: ρ_t - điện trở suất của vật liệu đo ở nhiệt độ t° .

ρ_o - điện trở suất ở nhiệt độ ban đầu t_o .

α_ρ - hệ số nhiệt của điện trở suất.

*** Nhiệt dẫn suất:**

- Quan hệ với điện dẫn suất:

$$\frac{\lambda_v}{\gamma} = aT \quad (10-2)$$

Với: a - hằng số Videman Froux

Bảng 10-2: HẰNG SỐ VIDEMAN FRAUTX CỦA MỘT SỐ KIM LOẠI

Kim loại	$a \cdot 10^8 \text{ W}^2/\text{độ}^2$
- Nhôm	2,5

- Đồng	2,5
- Bạc	2,6
- Kẽm	2,9
- Chì	2,1
- Thiếc	2,25
- Platin	2,35
- Sắt	2,45

*** Sức điện động:**

- Khi cho 2 kim loại khác nhau tiếp xúc, do:

- Công thoát điện tử của chúng khác nhau.
- Số điện tử tự do khác nhau

⇒ áp lực khi điện tử ở kim loại khác nhau có thể không giống nhau ⇒ giữa chúng phát sinh hiệu điện thế.

- Hiệu điện thế tiếp xúc giữa 2 kim loại A và B:

$$u_{AB} = u_B - u_A + \frac{KT}{e} \ln \frac{n_{oA}}{n_{oB}} \quad (10-3)$$

Trong đó: u_A, u_B - điện thế tiếp xúc của kim loại A và B.

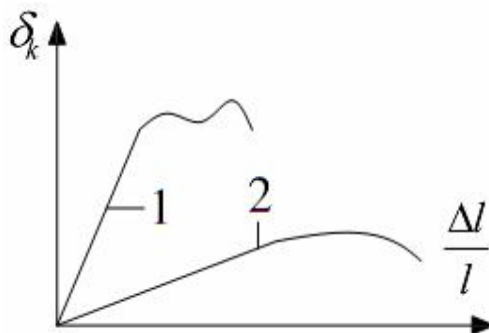
n_{oA}, n_{oB} - mật độ điện tử trong kim loại A và B.

*** Hệ số nhiệt độ dẫn nở dài :**

- Kim loại có giá trị α_l cao thì nóng chảy ở nhiệt độ thấp.
- Kim loại có giá trị α_l nhỏ thì khó nóng chảy.

*** Tính chất cơ học của vật dẫn:**

- Đặc trưng bằng giới hạn bền kéo và độ dẫn dài tương đối khi đứt $\Delta l/l$.



Hình 10.1: Quan hệ giữa ứng suất cơ khi kéo dây dẫn với độ dẫn dài tương đối.

Nhận xét: Đường thứ hai ứng với dây đã được ủ \Rightarrow làm giảm giới hạn bền kéo 1,5÷2 lần và tăng độ dẫn dài tương đối khi đứt lên 15-20 lần so với dây sản xuất bằng cách kéo nguội - đường thứ nhất.

10.2. Váút liãúu coi äiãün dãùn cao:

10.2.1. Äãöng:

- Là váút liãúu được sử dụng rộng rãi trong ké thuáút äiãün.

- Ưu điểm:

- Điện trở suất nhỏ.
- Độ bền cơ tương đối cao.
- Tính chống ăn mòn tốt.
- Khả năng gia công tốt: cán thành tấm, thanh, kéo thành sợi.
- Hàn và gắn tương đối dễ dàng.

- Đồng tiêu chuẩn là đồng ở trạng thái ủ, ở 20°C có:

$$\gamma = 58m / \Omega.mm^2$$

$$\rho = 0,017241\Omega.mm^2 / m$$

- Äiãün tráí suáút cuía äãöng bë áính hæáíng báíi mäic äãü taúp cháút, gia căng cả khê vai sæi lýi nhiãút.

- Ag và Cd làm giảm rất ít äiãün ááùn suáút nhøng tàng äãü cãng cuía Äãöng nãn äãüüc dùng làm cãø goïp mãỹ äiãün.

- P, Si, Fe và As làm giảm nhiãöu äiãün dãùn suáút cuía Äãöng.

Vãø cả khê: Sæu daít móíng, keío khi nguãüi cuáít äãöng äiãün phán seí làm giảm äiãün dãùn suáút cuía noi. Äiãün tráí suáút giảm äãöng thài vãi sæu giảm cuía äãüing kênh.

Vãø xæi lýi nhiãút: Sæu thay äãøi äiãün tráí suáút tuyì theo nhiãút äãü nung

noing trái laui.Nung noing giaia 200 - 300 °C seı cho kăıt quai lai aiăın dăın suăıt noı hăn nhiăıu so văıi 400 - 500 °C.

10.2.2. Nhăm:

- Nhăm lai văıt liăıu kyı thuăıt quan troıng thứ hai sau đōng trong kyı thuăıt aiăın.

- Ưu điêm:

- Nhăm coi aiăın dăın cao, troıng læăıng beı , tēnh chăıt văıt lyı vai hoăı hoıc coi khai năng duıng laım dăy dăın aiăın.
- Hē số nhiệt độ dăn nở dài, nhiệt dung và nhiệt độ nóng chảy đēu lớn hơn đōng.
- Nhôm coi khai năng dăıt moıng, vuăıt uăın dăı dăıng năn dăı gia căng.
- Giá thành hạ.
- Trọng lượng nhẹ⇒ chế tạo các đưōng dăy tải điēn trên khōng. Đē những dăy này có điēn trở nhỏ, đưōng kính dăy phải lớn⇒ giảm đưōc hiēn tươg phōng điēn văng quang.

- Nhăăıc aiăım :

- Khai năng chēu keıo, neın, va chăım cuıa nhăm keım .
- Dăı bē àn moın.
- Cūng một tiēt điēn và độ dài, nhôm có điēn trở cao hơn đōng 1,63 lần.
- Khó hàn nối hơn đōng, chỗ nối tiếp xúc khōng hàn đē hình thành lớp oxit có điēn trở cao, phá hũy chỗ tiếp xúc.
- Khi cho nhôm và đōng tiếp xúc nhau, nếu bị ẩm sẽ hình thành pin cục bộ có trị số suăıt điēn đōng khá cao, đōng điēn đi từ nhôm sang đōng phá hũy mōi tiếp xúc rất nhanh.

- Áiãûn tráí suáút cuía nhám tinh khuyãút áí nhiãút ääü 20°C laì 0,0263($\Omega\text{mm}^2/m$)
Áiãûn dáùn suáút 38($m/\Omega\text{mm}^2$)
- Sæic bãön cá khê cuía nhám phuû thuãüc vaìo cáic yãúu táú: mæic ääü tinh khuyãút , pháøng thæic gia cáng, xæi lýi nhiãút vaì nhiãút ääü laìm viãüc
- Äãø sæi duøng nhám laìm dáý dáùn ngæài ta pháíi kãút háúp vãi theip äãø tàng cáøng ääü bãön cá khê cho dáý dáùn

2.3 Sàõt:

- Sàõt laì kim loaúi reí, dáù saín xuáút, coí sæic bãön cao \Rightarrow cuíng äæãüc duíng äãø laìm váút dáùn
- Áiãûn tráí suáút cao hãn äãøng vaì nhám: 0,1($\Omega\text{mm}^2/m$)
- Theip (Sàõt coí cháia cacbon vaì cáic nguyãn táú kháic) coí äiãûn tráí suáút cao.
- Ở doíng äiãûn xoay chiãöu trong theip coí hiãúu æíng bãö màüt vaì coí táøn hao do tàì tráù.
- Äãø laìm váút äáùn thæåìng duíng loaúi theip màù coí 0,1-0,15% cacbon, coí giãii haùn chêu keío 70-75kG/mm², ääü dàì tương ðoí khi äæít 5-8%, äiãûn dáùn suát beí hãn 6-7 lần so vãi äãøng \Rightarrow dùng làm đường dây tải điện trên không với công suất tương ðối nhỏ.
- Nhược ðiểm: Theip dáù bë àn moín hoãi hoüc ngay áí nhiãút ääü thæåìng, nháút laì laìm viãüc trong máì træåìng coí ääü áøm cao \Rightarrow phải ðược mạ kẽm ðể bảo vệ cho thép khỏi bị gỉ.

10.3. Các kim loại khác, thuốc hàn và chất làm chảy:

1. Vonfram:

- Kim loại rắn, rất nặng, màu xám, có nhiệt độ nóng chảy cao nhất trong các kim loại.
- Ưu điểm:
 - Ổn định lúc làm việc.
 - Độ mài mòn cơ nhỏ.
 - Khó nóng chảy \Rightarrow có khả năng chống tác dụng của hồ quang, không làm dính các tiếp điểm.
 - Độ ăn mòn bề mặt nhỏ.
- Nhược điểm:
 - Khó gia công.
 - Ở điều kiện khí quyển tạo thành màng axit.
 - Cần có áp lực tiếp xúc lớn để có trị số điện trở tiếp xúc nhỏ.

2. Molipden:

- Là kim loại, bề ngoài giống Vonfram.
- Dùng nhiều trong kỹ thuật chân không, ở nhiệt độ thấp hơn Vonfram.
- Được dùng làm tiếp điểm điện.
- Phân biệt với Vonfram:
 - Molipden có khối lượng riêng nhỏ hơn gần 2 lần so với Vonfram.
 - Đốt dây cần thử trên ngọn đèn cồn, nếu có khói trắng \Rightarrow Molipden (bị oxy hóa).

3. Vàng:

- Kim loại có màu sáng chói, có tính dẻo cao, giới hạn bền kéo 15kG/mm^2 , độ dẫn nở dài khi đứt là 40%.
- Dùng làm lớp mạ chống ăn mòn, điện cực của tế bào quang điện...
- Nhược điểm: Đắt tiền.

4. Bạc:

- Kim loại màu trắng, không bị oxy hóa ở nhiệt độ bình thường.
- Có điện trở suất nhỏ nhất trong các kim loại.

- Giới hạn bền kéo 20kG/mm^2 , độ dẫn nở dài khi đứt là 50%.
- Dùng làm các tiếp điểm dòng điện nhỏ, cực bản trong tụ gốm, tụ mica...
- Nhược điểm:
 - Trong môi trường ẩm và nhiệt độ cao: bạc chui vào trong điện môi mà nó được gắn vào.
 - Độ bền hóa học thấp.

5. Bạch kim:

- Kim loại không kết hợp với oxy, rất bền đối với thuốc thử hóa học.
- Dễ gia công, kéo sợi.
- Giới hạn bền kéo 15kG/mm^2 , độ dẫn nở dài khi đứt là 30-35%.
- Nhược điểm: đắt tiền.

6. Chì:

- Kim loại màu xám, dễ bị oxy hóa bề mặt.
- Có điện trở suất cao.
- Ưu điểm:

- Khả năng chống ăn mòn cao.
- Bền vững đối với tác dụng của nước, HCl, H₂SO₄, ...

Nhược điểm: Chì và hợp chất của nó rất độc \Rightarrow vỏ chì của cáp được thay bằng chất dẻo Polivinyliclorua.

7. Thủy ngân:

- Là kim loại duy nhất ở thể lỏng ở nhiệt độ thường.
- Dùng làm catod lỏng trong chỉnh lưu thủy ngân, đèn thủy ngân và các dụng cụ phóng điện chứa khí, các đèn chiếu sáng ban ngày; làm tiếp điểm trong rơle.
- Nhược điểm: Thủy ngân, hơi và hợp chất của nó rất độc \Rightarrow chú ý an toàn.

8. Chất hàn:

- Hợp kim đặc biệt dùng khi hàn \Rightarrow tạo chỗ nối có độ bền cơ hay để có độ kín, hoặc để tiếp xúc điện với điện trở nhỏ.
- 2 nhóm:

- Mềm:
 - Là hợp kim chì - thiếc (18-90% thiếc).
 - Điện dẫn suất: 9-13% điện dẫn suất của đồng tinh khiết.
 - Hệ số giãn nở dài: $(26-27) \cdot 10^{-6} \text{ độ}^{-1}$.
 - Nhiệt độ nóng chảy 400°C .
- Cứng:
 - Hợp kim đồng - kẽm và bạc.
 - Nhiệt độ nóng chảy 500°C .

9. Chất giúp chảy:

- Là vật liệu để mối hàn được đảm bảo.

- Yêu cầu:

- Hòa tan, khử oxit và chất bẩn ở bề mặt kim loại được hàn.
- Bảo vệ bề mặt kim loại và chất hàn nóng chảy khỏi bị oxy hóa trong quá trình hàn.
- Giảm lực căng mặt ngoài chất hàn nóng chảy.
- Cải thiện tính chảy và dính của chất hàn với bề mặt hàn.

10.4. Các hợp kim điện trở cao:

- Vật liệu này thường được sử dụng làm điện trở, hầu số biến đổi điện trở theo nhiệt độ phải bề mặt bảo vệ làm việc ở nhiệt độ của điện trở phải chịu được nhiệt độ

- Phân loại:

+ Vật liệu dùng làm điện trở chèn vào cho các dụng cụ đo

+ Vật liệu dùng làm biến trở khả năng

+ Vật liệu dùng để các khe hở của sứ nóng và sứ nguội

3.1 Mangannin:

- Dùng cho các thiết bị nung và làm các điện trở màu. Nó là hợp kim

gäúc ääöng, coi thãø keïo thaình säüi hoäuc taüo thaình caïc bàng daìy.

3.2 Constantan

- Hãüp kim cuía ääöng vai Niken, tuyì haìm læäüng cuía Niken maì hãüp kim naìy coi ρ khaiç nhau.

- Coi thãø keïo thaình säüi hoäuc bàng giäüng Mangannin.

- Constantan dùng äãø laìm caïc biäún trái , pháön táí cuía caïc düng cuü nung.

- Dùng äãø laìm câüp nhiãüt ngáùu.

3.3 Hãüp kim Cräm- Niken

- Laìm caïc pháön táí trong bãúp nung, loi äiãün, mói haìn.

- Hãüp kim naìy coi thãø keïo thaình säüi hoäuc bàng.

3.4 Hãüp kim Cräm - Nhäm

Hãüp kim Cräm - Nhäm lai hãüp kim ráút reí dùng äãø cháú taüo caïc thiãút bë nung lãin, loi câng nghiãüp.

CHƯƠNG XI:

VẬT LIỆU BÁN DẪN

11.1. Khái niệm chung:

- Bán dẫn là nhóm các loại vật chất có điện dẫn điện tử mà trị số điện trở suất của chúng nằm trong khoảng giữa điện trở suất của vật dẫn và điện môi (ở nhiệt độ bình thường).

Bảng 11-1: **ĐIỆN TRỞ SUẤT CỦA CÁC LOẠI VẬT LIỆU Ở 20°C, ĐIỆN ÁP 1CHIỀU**

Loại vật liệu	$\rho, \Omega.cm$	Số bậc trị số của ρ	Dấu α_ρ trong khoảng nhiệt độ rộng	Loại điện dẫn
Dẫn điện	$10^{-6} \div 10^{-3}$	3	Dương	Điện tử
Bán dẫn	$10^{-4} \div 10^{+10}$	14	Âm	Điện tử
Điện môi	$10^{+9} \div 10^{+18}$	9	Âm	Điện tử và ion

- Chất bán dẫn có 2 loại điện dẫn:

- Điện dẫn “điện tử”: n
- Điện dẫn “điện tử - lỗ”: p

⇒ Tạo ra các sản phẩm bán dẫn với tiếp giáp p-n.

- Dụng cụ chế tạo vật liệu bán dẫn có các ưu điểm sau:

- Thời gian làm việc lâu dài.
- Kích thước và trọng lượng nhỏ.
- Cấu trúc đơn giản và chắc chắn, độ bền cơ tốt.

- Chỉnh lưu bằng bán dẫn thay thế đèn điện tử, không cần máy biến áp đốt, công suất tiêu thụ ít và có quán tính nhỏ.
- Sản xuất hàng loạt theo dây chuyền tự động hóa ⇒ hiệu quả kinh tế cao.

11.2. Điện dẫn của bán dẫn:

11.2.1. Các bán dẫn thuần:

Bảng 11-2: CÁC NGUYÊN TỐ BÁN DẪN VÀ BỀ RỘNG VÙNG CẤM

Nguyên tố	Thuộc nhóm (bảng tuần hoàn Mendeleep)	Bề rộng vùng cấm, eV
Bo	III	1,1
Silic	IV	1,12
Giecmani	IV	0,72
Photpho	V	1,5
Asen	V	1,2
Lưu huỳnh	VI	2,5
Selen	VI	1,7
Telua	VI	0,36
Iốt	VII	1,25

- Theo sơ đồ năng lượng của bán dẫn, ứng với một nhiệt độ nào đó, ở vùng dẫn đã có một vài điện tử chuyển qua ⇒ tạo nên vùng hóa trị một số lỗ trống.

- Với mỗi một sự chuyển dời điện tử, trong bán dẫn đồng thời tạo ra 2 hạt mang điện trái dấu ⇒ Tổng số hạt mang điện bằng 2 lần số điện tử ở vùng dẫn :

$$n_{oi} = P_{oi} ; n_{oi} + P_{oi} = 2n_{oi} \quad (11-1)$$

Với : Chỉ số i - kí hiệu các hạt mang điện của bán dẫn thuần.

- Điện dẫn suất : $\gamma = en_{oi}u_n + eP_{oi}u_p$ (11-2)

- Do có cả quá trình kích thích và kết hợp, ở một nhiệt độ xác định nồng độ các hạt mang điện sẽ cân bằng :

- Nồng độ điện tử:

$$n_{oi} = 2N_{td} e^{-\frac{\Delta W}{2KT}} \quad (11-3)$$

- Nồng độ lỗ trống:

$$P_{oi} = 2N_{lt} e^{+\frac{\Delta W}{2KT}} \quad (11-4)$$

Trong đó: ΔW - bề rộng vùng cấm của bán dẫn
 N_{td}, N_{lt} - số mức trong đơn vị thể tích của bán dẫn trong vùng

tự do (vùng dẫn) và vùng hóa trị.

Hệ số 2 - chỉ khả năng mỗi mức có thể có 2 điện tử.

- Độ linh hoạt của các điện tử và lỗ trống trong (11-2) không bằng nhau \Rightarrow Khi chuyển động trong trường của mạng tinh thể thì điện tử và lỗ trống có quán tính khác nhau - khối lượng hiệu dụng m_n và m_p khác nhau ($m_n < m_p$) \Rightarrow Điện dẫn thuần của bán dẫn có đặc tính điện tử nổi trội hơn một chút.

11.2.2. Bán dẫn tạp:

- Trong khoảng độ làm việc, nguồn cung cấp hạt dẫn điện tự do là tạp chất.

- Tạp chất :

- Trong bán dẫn thuần: các nguyên tử kim loại.
- Trong bán dẫn hợp chất hóa học:
 - Nguyên tử khác loại.
 - Nguyên tử thừa của chính nguyên tố đó có trong thành phần hợp thức.
 - Các khuyết tật trong mạng tinh thể: nút khuyết, nguyên tử hay ion nằm giữa các nút, khe nút vị mô...

- Hạt mang điện có nồng độ lớn hơn trong chất bán dẫn gọi là hạt mang điện cơ bản, hạt có nồng độ nhỏ hơn là không cơ bản:

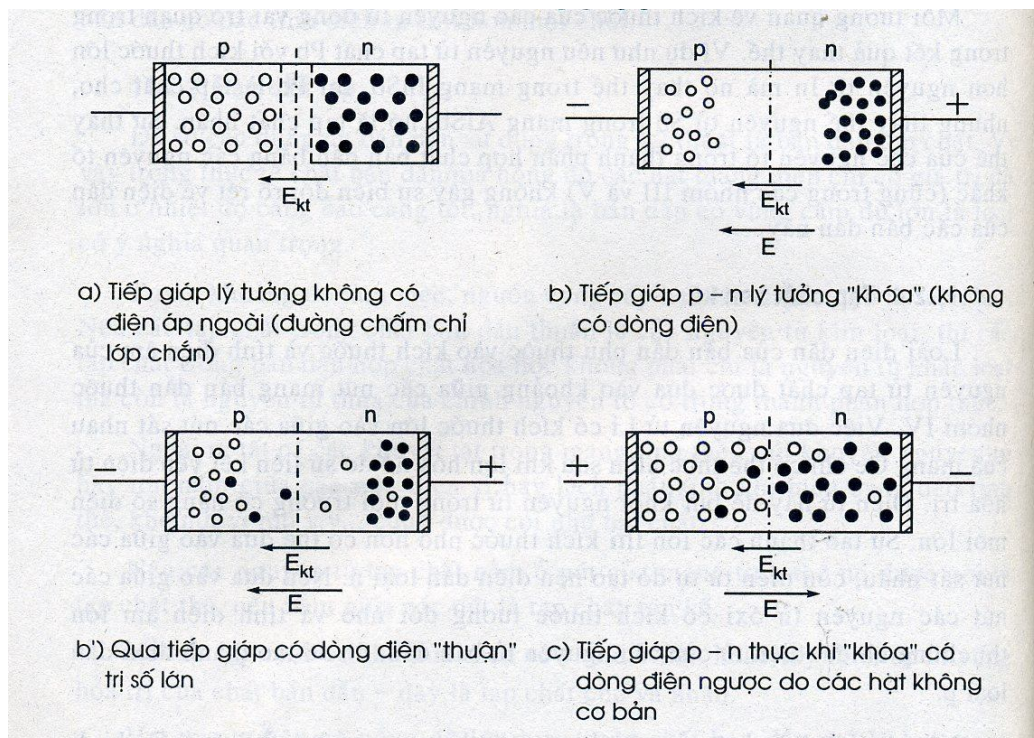
- Bán dẫn loại n: điện tử là hạt mang điện cơ bản, lỗ mang điện là không cơ bản.

- Bán dẫn loại p: ngược lại.
- Tạp chất: 2 loại
 - Tạp chất thế: có nguyên tử tạp chất nằm ở nút mạng tinh thể.
 - Tạp chất xen kẽ: có nguyên tử tạp chất nằm giữa các nút mạng tinh thể.
- Các tạp chất có thể đưa điện tử vào dải dẫn hoặc lấy điện tử từ vùng hóa trị của chất bán dẫn được gọi là tạp chất cho và nhận.
- Điện dẫn bán dẫn tạp đòi hỏi năng lượng tác động nhỏ hơn bán dẫn thuần \Rightarrow có thể tạo ra ở nhiệt độ thấp hơn.

11.3. Tiếp giáp điện tử - lỗ trống:

- Khi dòng điện chạy qua hai vùng tiếp xúc của các chất bán dẫn có điện dẫn lỗ và điện dẫn điện tử sẽ có hiệu ứng điện dẫn một chiều.
- Nguyên lý điện dẫn 1 chiều:

Xét phiến bán dẫn có 1 nửa là bán dẫn loại p, 1 nửa là loại n. Từng nửa một hoàn toàn trung hòa vì có sự cân bằng giữa các điện tích di động và đứng yên. Để đơn giản, trên hình không thể hiện các điện tích đứng yên. Giới hạn giữa các vùng p và n gọi là tiếp giáp p-n.



Hình 11.1: Nguyên lý chỉnh lưu dòng điện xoay chiều bằng tiếp giáp p-n

Đối với các chỉnh lưu lý tưởng:

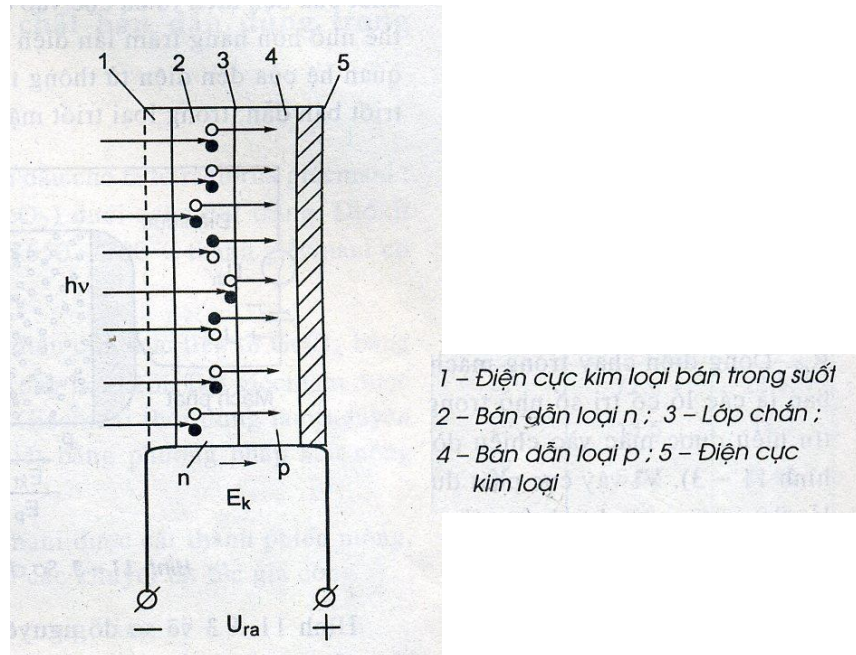
- Hình 11.1a: Nồng độ điện tử tự do trong vùng n lớn hơn vùng p và ngược lại \Rightarrow dưới tác dụng nhiệt một số điện tử khuếch tán sang vùng p, một số lỗ trống sang vùng n:
 - Vùng p ở gần tiếp giáp tích điện âm.
 - Vùng n ở gần tiếp giáp tích điện dương. \Rightarrow tạo nên trường khuếch tán \Rightarrow làm ngừng sự chuyển dịch tiếp theo của các điện tích di động \Rightarrow Khi không có điện trường ngoài nó tạo nên lớp chắn dày cỡ 10^{-5} cm.
- Hình 11.1b: Đặt điện áp ngoài tạo nên điện trường trùng với trường khuếch tán \Rightarrow tiếp giáp sẽ “khóa” \Rightarrow dòng điện không chạy qua được.
- Hình 11.1c: Thay đổi cực tính điện áp ngoài, trường ngoài ngược chiều trường khuếch tán \Rightarrow tiếp giáp bão hòa điện tích, điện trở của nó giảm đột ngột - có dòng điện một chiều trị số lớn chạy qua tiếp giáp.

Chỉnh lưu thực tế:

- Hình 11.1b': Tại mỗi vùng luôn có 1 lượng nhỏ các hạt dẫn điện không cơ bản (điện tử tự do đối với vùng p, lỗ trống đối với vùng n) \Rightarrow Khi tiếp giáp khóa vẫn có dòng điện nhỏ chạy qua do chuyển động của các hạt dẫn điện không cơ bản.

Ứng dụng:

1. Tế bào quang điện bán dẫn có lớp chắn:



Hình 11.2: Sơ đồ hình thành sức quang điện động khi chiếu sáng tiếp giáp p-n

Khi chiếu ánh sáng lên tiếp giáp p-n, các lượng tử phát xạ (năng lượng $h\nu$) đi qua điện cực kim loại bán trong suốt (1) tới lớp mỏng bán dẫn loại n (2). Tại đây, năng lượng của chúng bị tiêu hao \Rightarrow tạo ra điện tử tự do và lỗ trống.

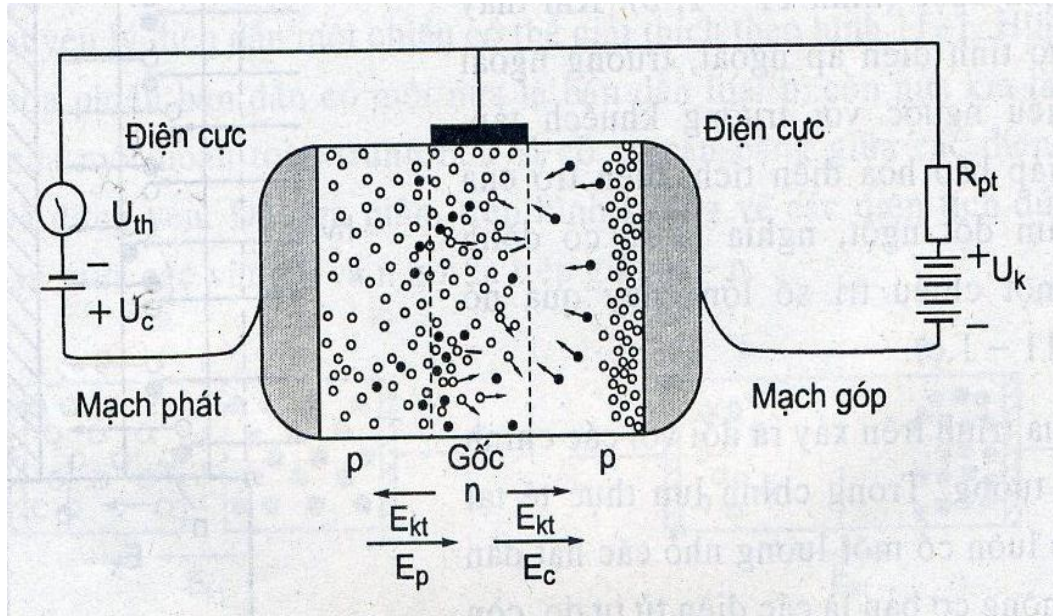
Trường khuếch tán (nếu có) kéo các lỗ qua lớp chắn (3) vào bán dẫn loại p (4) \Rightarrow Điện cực (5) tích điện dương, điện cực (1) tích điện âm.

2. Tranzito (triot bán dẫn):

- Là phiên bản bán dẫn, trong đó giữa 2 vùng bán dẫn cùng loại điện dẫn có vùng điện dẫn khác loại.

- 2 loại:

- Loại p-n-p
- Loại n-p-n



Hình 11.3: Sơ đồ nguyên lý triot mặt p-n-p.

- Xét triot p-n-p:

- Bán dẫn loại n (Ge) được làm nóng chảy giữa 2 lớp kim loại (Indi có hóa trị thấp hơn bán dẫn chính) \Rightarrow tạo thành vùng điện dẫn loại p và các điện cực tiếp xúc.
- Trong mạch góp mắc vào chiều khóa của tiếp giáp p-n điện trở phụ tải R_{pt} . Dòng điện chạy trong mạch này tạo bởi các phân tử dẫn điện không cơ bản (lỗ trống) có trị số nhỏ trong miền gốc.
- Mạch điện cực có pin và nguồn tín hiệu được mắc vào chiều dòng điện thuận của tiếp giáp p-n (bên trái) \Rightarrow Cực

phát đưa vào vùng gốc một số lỗ phụ, một phần các lỗ không kịp kết hợp với các điện tử vì mật độ điện tích chuyển động trong bán dẫn. Các lỗ này trong thời gian sống dưới tác dụng của khuếch tán nhiệt có thể chạy qua vùng gốc mỏng nhờ điện trường cực góp - qua tiếp giáp p-n cực góp, và khi điện áp cực góp không đổi, nó sẽ làm biến đổi trị số dòng điện trong mạch.

⇒ Việc điều khiển dòng điện mạch góp được thực hiện nhờ dòng điện mạch phát.

- Bán dẫn với các loại điện dẫn khác nhau có thể dùng để biến đổi trực tiếp nhiệt năng thành điện năng và để làm mát, vì ở chỗ nối tiếp 2 bán dẫn khác loại khi có dòng điện chạy qua, nó có thể thu nhiệt hay phát nhiệt tùy thuộc vào chiều dòng điện.

11.4. Các hợp chất hóa học bán dẫn và các vật liệu dẫn suất cùng gốc :

11.4.1. Cácbit Silic :

- Là hợp chất của Silic (70,045%) và Cacbon (29,955%).

- Dùng để :

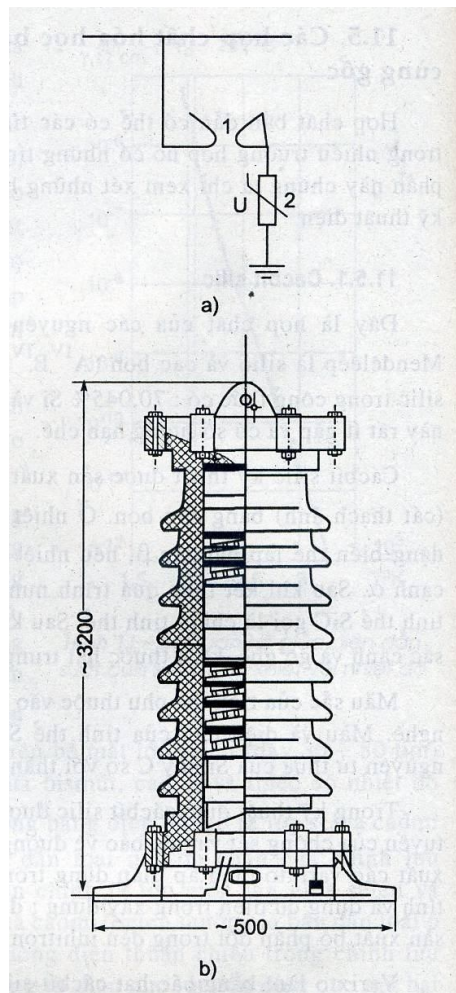
- Chế tạo các tấm Varixto điện trở phi tuyến của chống sét van ⇒ bảo vệ đường dây tải điện và các thiết bị điện.
- Sản xuất các Varixto điện áp thấp dùng trong các thiết bị tự động, kỹ thuật máy tính, dụng cụ điện trong xây dựng...
- Sản xuất bộ phận đốt trong đèn inhitron.

- Chống sét van :

- Là bộ phóng điện có một hay nhiều khe hở phóng điện lắp nối tiếp với varixto (phụ thuộc vào cấp điện áp làm việc của CSV).
- Nguyên lý :
 - Khi có sóng quá điện áp trên đường dây, khe hở bị phóng điện chọc thủng, các đĩa varixto giảm điện trở đột ngột dưới tác dụng của điện áp lớn tạo thành

đường nối đất để cho dòng điện xung chạy qua chống sét xuống đất (vài chục đến vài trăm μs).

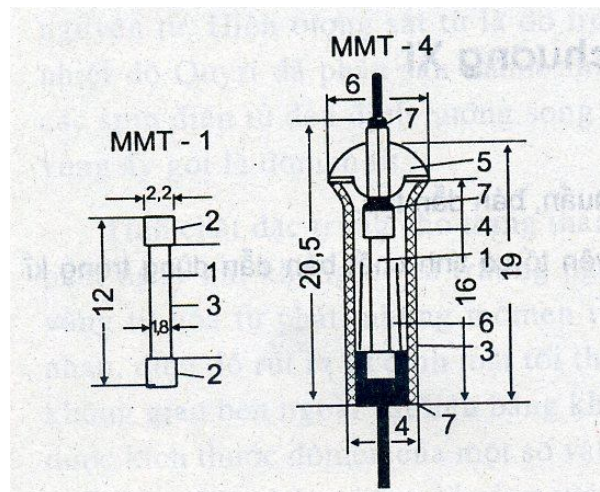
- Sau đó, điện áp làm việc của đường dây vẫn duy trì trong chống sét một dòng điện tần số làm việc. Khi dòng điện này qua trị số 0 lần đầu tiên hồ quang bị dập tắt \Rightarrow đường dây tách khỏi mặt đất, đĩa điện trở phục hồi trị số điện trở của nó, khe hở phóng điện chấm dứt ion hóa. Bảo vệ đường dây tự động phục hồi và có thể thu sóng quá điện áp mới.



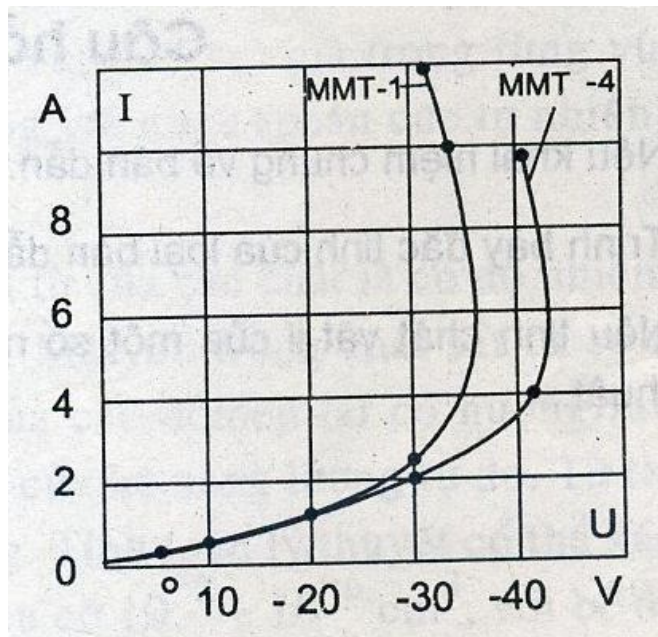
Hình 11.4 : Sơ đồ nguyên lý và dạng bên ngoài của chống sét van.

11.4.2. Nhiệt điện trở :

- Được chế tạo thành thanh, phiến hay viên bằng phương pháp công nghệ gốm.
- Nhiệt điện trở đồng - mangan :
 - MMT-1 : làm việc ở chỗ kín khô.
 - MMT-4 : được bọc kín \Rightarrow có thể làm việc trong không khí có độ ẩm cao hoặc chất lỏng.
- Điện trở định mức : $(1000 \div 200000) \Omega$ ở 20°C .
- Làm việc ổn định, có độ bền cơ và chịu đốt tốt.
- Dùng trong thiết bị đo lường, điều chỉnh nhiệt độ và bù nhiệt, dùng để ổn áp, giới hạn xung dòng ban đầu, đo nhiệt dẫn chất lỏng, dùng làm biến trở không tiếp điểm và role dòng điện.



Hình 11.5 : Cấu tạo các nhiệt điện trở :
1-Thân điện trở ; 2-Nắp tiếp xúc ; 3-Lớp men sơn ; 4-Lớp kim loại bọc ;
5-Thủy tinh cách điện; 6-Lá kim loại; 7-Lớp thiếc.



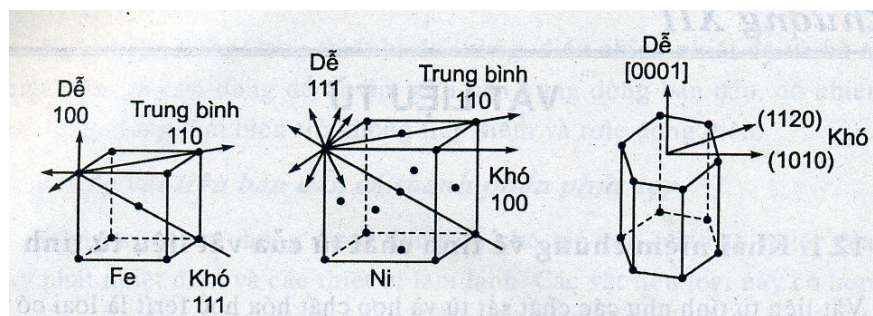
Hình 11.6 : Đặc tính Vôn-Ampe của nhiệt điện trở lấy trong không khí yên tĩnh ở 20°C, $R_{đầu} = 25 \text{ k}\Omega$.

CHƯƠNG XII:

VẬT LIỆU TỪ

12.1. Khái niệm chung về tính chất từ của vật liệu từ tính:

- Nguyên nhân chủ yếu gây nên tính từ của vật liệu là do các mômen từ chuyển động ngẫu nhiên theo quỹ đạo khi ta cho nam châm đồng trục quay. Các mômen từ xoay quanh trục của chúng - spin mômen từ xoay theo quỹ đạo của các mômen từ trong nguyên tử.
- Hiện tượng sắt từ: do trong một số vật liệu ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ Curie đã phân sẵn thành những vùng vĩ mô mà trong từng vùng ấy các spin điện tử đều định hướng song song với nhau (phân cực tự nhiên). Các vùng ấy gọi là đômen từ.
- Tính chất đặc trưng cho trạng thái sắt từ là có độ nhiễm từ tự phát ngay khi không có từ trường ngoài.
- Các chất sắt từ đơn tinh thể có khả năng từ hóa dị hướng - theo các trục khác nhau, mức từ hóa khó hay dễ cũng khác nhau.



Hình 12-1: Hướng từ hóa dễ và khó trong đơn tinh thể

a) Sắt; b) Niken; c) Coban.

Nhận xét:

- Đơn tinh thể sắt:
 - Hướng từ hóa dễ là cạnh hình lập phương.
 - Hướng khó nhất là đường chéo.
 - Ô mạng Niken: hướng dọc theo cạnh khối lập phương là hướng khó từ hóa nhất.
- Quá trình từ hóa vật liệu sắt từ dưới ảnh hưởng của từ trường ngoài gồm các hiện tượng sau:
- Tăng thể tích của các đômên có mômen từ tạo với hướng từ trường góc nhỏ nhất và giảm kích thước của các đômên khác (quá trình chuyển dịch mặt phân cách của các đômên).
 - Quay các vecto momen từ hóa theo hướng từ trường ngoài (quá trình định hướng).

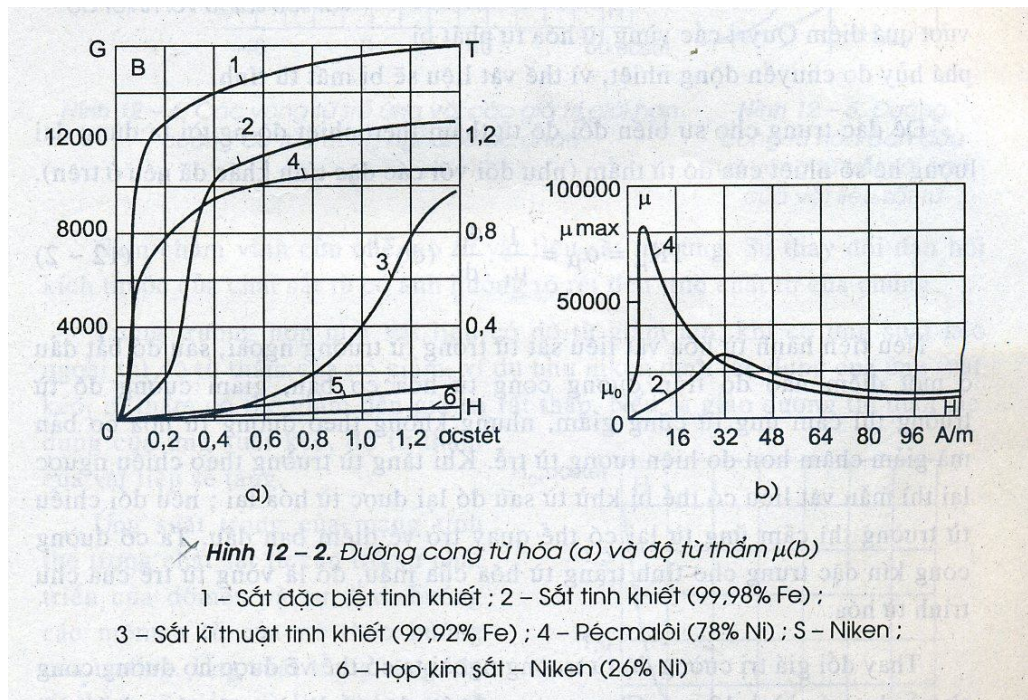
Khi thể tích các đômên không tăng được nữa và mômen từ của tất cả các miền vi mô đã trùng với hướng của từ trường là lúc bão hòa.

- Hiện tượng từ giảo: là hiện tượng kích thước sắt từ thay đổi khi từ hóa chúng.

- Quá trình từ hóa vật liệu sắt từ có thể đặc trưng bằng đường cong từ hóa $B = f(H)$.

- Độ từ thẩm: tỷ số giữa cảm ứng từ B và cường độ từ trường H ở điểm xác định trên đường cong từ hóa cơ bản.

Trong hệ SI: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m.



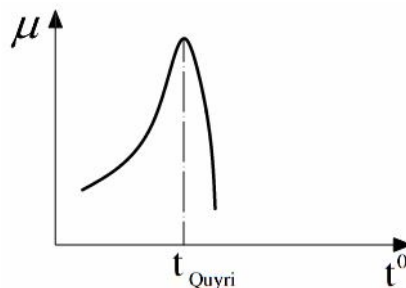
- Hệ số từ thẩm động $\mu \approx$: là đại lượng đặc trưng cho vật liệu sắt từ trong từ trường xoay chiều.

$$\mu \approx \frac{B_{\max}}{H_{\max}} \quad (12-1)$$

Trong đó: B - biên độ cảm ứng từ

H - biên độ cường độ từ trường

- Với sự tăng của tần số từ trường xoay chiều, $\mu \approx$ giảm vì quán tính của các quá trình từ.
- $\mu \approx$ phụ thuộc vào nhiệt độ:



Hình 12.3: Quan hệ của μ vật liệu sắt từ với nhiệt độ

Nhận xét:

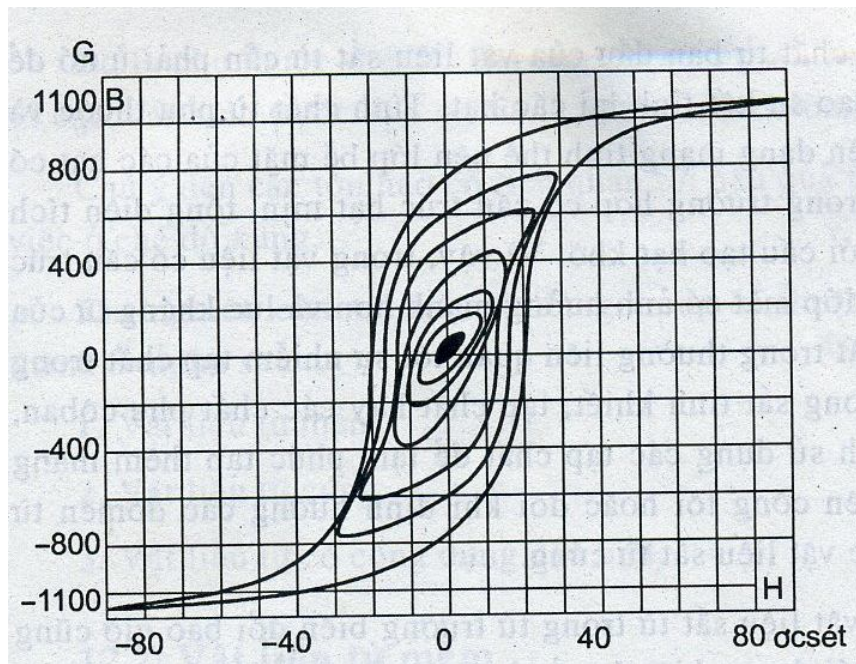
1. μ đạt giá trị lớn nhất tại nhiệt độ gần điểm Quyri.
2. Khi $t > t_{\text{Quyri}}$: các vùng từ hóa tự phát bị phá hủy do chuyển động nhiệt \Rightarrow vật liệu mất từ tính.

- Vòng từ trễ của chu trình từ hóa:

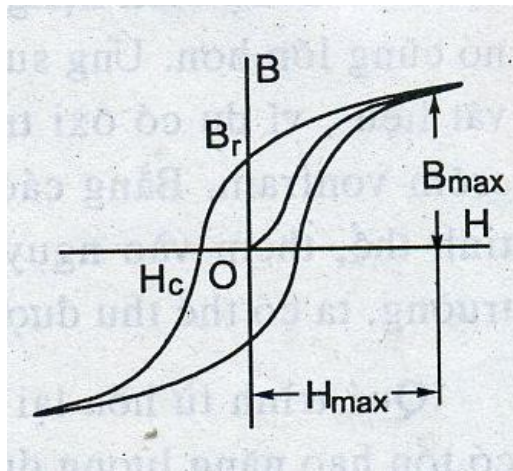
Tiến hành từ hóa vật liệu sắt từ trong từ trường ngoài. Từ một điểm nào đó trên đường cong từ hóa cơ bản:

- Giảm cường độ từ trường thì cảm ứng từ giảm, nhưng không theo đường từ hóa cơ bản mà giảm chậm hơn do hiện tượng từ trễ.
- Khi tăng từ trường theo chiều ngược lại, mẫu vật liệu có thể bị khử từ, sau đó được từ hóa lại; nếu đổi chiều từ trường thì cảm ứng từ lại có thể quay trở về điểm ban đầu.

\Rightarrow Ta có đường cong kín đặc trưng cho trình trạng từ hóa của mẫu - vòng từ trễ của chu trình từ hóa.



Hình 12.4: Các vòng từ trễ ứng với các giá trị giới hạn cường độ từ trường khác nhau.



Hình 12.5: Đường cong từ hóa ban đầu và vòng từ trễ giới hạn của vật liệu sắt từ

- Quá trình từ hóa lại vật liệu sắt từ trong từ trường biến đổi bao giờ cũng có tổn hao năng lượng dưới dạng nhiệt do tổn hao từ trễ và tổn hao động học:

- **Tổn hao động học:**
 - Do dòng điện xoáy cảm ứng trong khối sắt từ, tỷ lệ nghịch với điện trở.
 - Một phần do hiệu ứng hậu quả từ hóa hay độ nhớt từ.

- **Tổn hao từ trễ:**

Tổn hao từ trễ sau 1 chu trình trong 1 đơn vị thể tích:

$$P_{h,l} = \eta B_{\max}^n \quad (12-$$

2)

Trong đó: η - hệ số phụ thuộc vào vật liệu
 B_{\max} - cảm ứng từ lớn nhất đạt được trong 1 chu kỳ

n - số mũ, $n = 1,6-2$.

Công suất tổn hao từ trễ:

$$P_h = \eta \cdot f \cdot B_{\max}^n V \quad (12-3)$$

Trong đó: f - tần số dòng điện

V - thể tích chất sắt từ

Công suất tổn hao dòng điện xoáy:

$$P_h = \xi \cdot f^2 \cdot B_{\max}^2 V \quad (12-4)$$

Trong đó: ξ - hệ số phụ thuộc vào loại (điện trở suất) và hình dáng chất sắt từ.

12.2. Vật liệu từ mềm:

- Ấu thãm tæi cao, læuc khaiing tæi nhoi, tæon thæut træu cuia caic væt liæuu nayi nhoi laim cho chuing thêch æing væi caic loii cuia maïy biæun aïp, caic thiæut bæ æo læiing vai mæut sæu æing duing khaiic, æi vë trê mai noi æææuc yæu caou ææun caim æing cao nhæut væi tæon thæut cæng suæut thæup nhæut.

- Ấæo giaim bæit tæon thæut do doiing æiæun xoæy trong caic maûch tæi cuia maïy biæun aïp, caic loii thæiing æææuc phuï chæong læn mæut læip væt liæuu tæi mæom moing coi sæn veïcnicæich æiæun nhæom laim tàng æiæun træi suæut.

12.2.1. Sæot (thæip carbon thæup) :

- Sæot thuong chæia mæut lææung nhoi taup chæut (C, sulfua, Mn, Si...vai caic yæuu tæu khaiic) laim giaim æi nhæing tænh tæi tænh cuia noi.

- Aĩũn trấi suấut cuĩa noĩ tæång äũi thấúp, sắttinh khiếtkỹ thuậttủ yếudùng làm mạch từ từ thông không đỏi.

Bảng 12-1: THÀNH PHẦN VÀ TÍNH CHẤT CỦA CÁC NHÃN HIỆU SẮT

Vật liệu	Tập chất %		Tính chất từ		
	C	O ₂	Ảnh hưởng tại		Lực kéo tại H _k (σ _{cstet})
			Ban đầu μ_{bd}	Lần nhất μ_{max}	
Sắt kỹ thuật tinh khiết	0,02	0,06	250	7000	0,8
Sắt ôxi phân	0,02	0,01	600	15000	0,35
Sắt cacbonyl	0,005	0,005	3300	21000	0,08
Sắt ôxi phân nóng chảy lâu hạn	0,01	-	-	61000	0,09
Sắt tinh chế trong nhà	0,005	0,003	6000	200000	0,04
Sắt tinh chế cao trong nhà	-	-	20000	340000	0,03
Tinh thể của sắt tinh khiết được ủ trong	-	-	-	1430000	0,015

12.2.2. Theip:

- Là vật liệu từ mềm được sử dụng rộng rãi nhất.
- Viãuc tầng thãm Si nhòm tầng âiãün trái suáút của noĩ vai vç thấu làm giảm tãøn thấut ðoing xoaiy. Äãong thài làm tầng äü thấum ban ääou vai giảm læuc khiing tãi vai tãøn thấut năng læüing do tãi trãu.
- Mãüt äü vai äiãün trái suáút của theip äiãün phuü thuäüc vào thành phãön Si.

Bảng 12-2: SỰ PHỤ THUỘC CỦA KHỐI LƯỢNG RIÊNG VÀ ĐIỆN TRỞ SUẤT THÉP LÁ KỸ THUẬT ĐIỆN VÀO HÀM LƯỢNG SILIC

Cáúp äü theip	Mæic äü hãüp kim hóa theip vãi Si	Hàm lượng Si, %	Khối lượng riêng (Mg/m ³)	Äiãün trái suáút ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)
1	Hãüp kim hóa thấúp	0,8 ÷ 1,8	7,80	0,25
2	Hãüp kim hóa vãi	1,8 ÷ 2,8	7,75	0,40
3	Hãüp kim hóa tăng cao	2,8 ÷ 3,8	7,65	0,50
4	Hãüp kim hóa cao	3,8 ÷ 4,8	7,55	0,60

- Táúm theip thành phãön Si cao äæäüc dùng cho các lõi mãy biãün (tôn silic).
- Thép có thớ dị hướng được dùng để chế tạo lõi thép cuộn của máy biến áp.
- ⇒ Giảm trọng lượng và kích thước máy biến áp (20-25%).

- Tiêu chuẩn cả bán của thép kỹ thuật ô tô:
 - Cấm ứng tải B (A/cm).
 - Tổng suất tổn hao công suất dòng điện xoay chiều tính bằng W trên 1 kg thép đặt trong từ trường xoay chiều, ký hiệu P với con số ở dạng phân số:
 - Tử số: giá trị biên độ cảm ứng từ tính thép kilogram.
 - Mẫu số: tần số (Hz).
 -

Bảng 12-3: GIÁ TRỊ GIỚI HẠN CẢM ỨNG TỪ VÀ SUẤT TỔN HAO THÉP KỸ THUẬT

Nhãn hiệu thép	Dày	B ₂₅ -B ₃₀₀ k.gaus, không nhỏ hơn	P _{10/50} - P _{15/50} W/kg, không lớn hơn	B ₅ -B ₂₅ k.gaus, không nhỏ hơn	P _{7,5} - P _{10/400} W/kg, không lớn hơn
ø 11-ø 43A (cán nóng)	0,35- 1	14,4-20	0,9-14,4	-	-
ø 1100 - ø 3200	0,5	14,8-20	1,5-7,5	-	-
ø 310- ø 330A	0,35- 0,5	17,5-20	0,5-2,45	-	-
ø 44 và ø 430	0,1- 0,35	-	-	11,9-17	6-19

Bảng 12-4: GIÁ TRỊ CẢM ỨNG TỪ CỦA MỘT SỐ LOẠI THÉP KỸ THUẬT

Nhãn hiệu thép	Dày, mm	B _{0,002} -B _{0,009} gaus, không nhỏ hơn	B _{0,1} -B ₁₀ gaus, không nhỏ hơn
ø 45 - ø 46	0,2-0,35	1,2-8,8	-
ø 47-ø 48	0,2-0,35	-	0,3-1,3
ø 370 và ø 380	0,2-0,5	-	1,4-1,7

12.3. Vật liệu từ cứng:

- Xuất phát từ thành phần , trạng thái vai kế thuật sản xuất, các vật liệu này được chia làm các loại sau:

+ Thế hấp kim hóa, được tôi đến trạng thái mactenxit.

+ Hấp kim aust

+ Nam châm vĩnh cửu

+ Ferrit từ cứng

- Các tham số đặc trưng:

- Lâu khi từ

- Từ dư

- Năng lượng cực đại của nam châm vĩnh cửu tạo ra không gian.

- Ảnh hưởng của nam châm vĩnh cửu giúp hạn chế nam châm mềm, lâu khi từ cứng càng cao thì ảnh hưởng từ cứng càng giảm.

12.3.1. Thế hấp kim hóa, được tôi đến trạng thái mactenxit:

- Là vật liệu rắn giải nhiệt vai cơ sở sản xuất những nam châm vĩnh cửu. Nội lai hấp của vonfram, crom, molybden và cobalt.

12.3.2. Hấp kim aust:

- Là hấp kim cơ 3 nguyên tử Al-Ni-Fe gọi là Aluni.

- Chuông cơ năng lượng từ lớn .

- Cobalt và silic được thêm vào hấp kim này nhằm cải thiện thêm từ tính: alunico, alunisi.

- Từ cứng từ tính phụ thuộc vào cấu trúc tinh thể và cấu trúc từ.

- Tất cả các vật liệu từ cứng đạt được tính chất từ tốt khi có sự biến dạng mạng tinh thể lớn.

- Nhược điểm:

- Khó chế tạo các chi tiết có kích thước chính xác.
- Do hợp kim giòn và cứng nên chỉ có thể gia công bằng phương pháp mài.

12.3.3. Nam châm bột:

- Vì hợp kim đúc sắt-niken-nhôm không thể chế tạo sản phẩm nhỏ có kích thước chính xác \Rightarrow chế tạo nam châm vĩnh cửu bằng phương pháp luyện kim bột.

- Có 2 loại:

- Nam châm bột kim loại gồm: chế tạo bằng cách ép bột nghiền từ các hợp kim từ cứng, sau đó thiêu kết ở nhiệt độ cao tương tự quá trình nung gốm \Rightarrow các chi tiết nhỏ có kích thước tương đối chính xác, không cần gia công thêm.
- Nam châm bột có các hạt gắn bằng chất kết dính: chế tạo giống ép các chi tiết chất dẻo nhưng chất độn ở đây nghiền từ hợp kim cứng.

12.3.4. Ferit từ cứng:

- Phãø biãún nháút laì ferit bari ($\text{BaO}_6\text{Fe}_2\text{O}_3$).

* **Ưu điểm:**

- Có tính ổn định cao đối với tác dụng của từ trường ngoài, chịu được sốc, va đập.

- Điện trở suất của ferit bari lớn hơn của hợp kim từ cứng kim loại đúc hàng triệu lần.

- Nhẹ, giá thành rẻ, có thể dùng ở tần số cao.

* **Nhược điểm:**

- Độ bền cơ thấp, độ dòn lớn, tính chất từ phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ.

- Sau khi được làm lạnh từ nhiệt độ phòng đến nhiệt độ thấp (-60°C) rồi lại làm nóng đến nhiệt độ ban đầu, nó có tính chất từ không thuận nghịch.

