

Phần IV

VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN

- Khi đặt điện môi trong điện trường, trong điện môi diễn ra 2 hiện tượng cơ bản sau:

+ Trên bề mặt điện môi xuất hiện các điện tích trái dấu với điện tích trên bề mặt bản cực.

Hiện tượng này gọi là hiện tượng phân cực điện môi.

+ Trong điện môi xuất hiện sự chuyển dời của các điện tích tự do tạo thành dòng điện có trị số nhỏ chạy từ bản cực này sang bản cực kia. Hiện tượng này gọi là hiện tượng dẫn điện của điện môi.

Ngoài ra, do ảnh hưởng của 2 hiện tượng cơ bản trên, trong điện môi còn diễn ra 2 hiện tượng:

+ Khi có điện trường đặt vào sẽ làm cho một phần năng lượng điện sẽ biến thành nhiệt năng, sau một thời gian làm điện môi đốt nóng lên. Hiện tượng này gọi là hiện tượng tổn hao điện môi.

+ Ở điều kiện t^0, P, f nhất định, điện môi có 1 điện áp giới hạn, nếu ta đặt vào điện môi đó 1 điện áp vượt quá nó thì sẽ xảy ra hiện tượng đánh thủng điện môi. Khi đó điện môi mất tính cách điện

- Dựa vào U_{dt} ta xác định được độ bền điện của điện môi E_{bd} , E_{bd} là khả năng chịu đựng của vật liệu khi điện áp đặt vào mà không bị phá huỷ, nó đặc trưng bằng cường độ điện trường tại điểm đánh thủng

$$E_{bd} = E_{dt} = \frac{U_{dt}}{h}$$

h : bề dày điện môi tại điểm đang đánh thủng,

U_{dt} : điện áp đánh thủng

Chương 5

SỰ PHÂN CỰC ĐIỆN MÔI

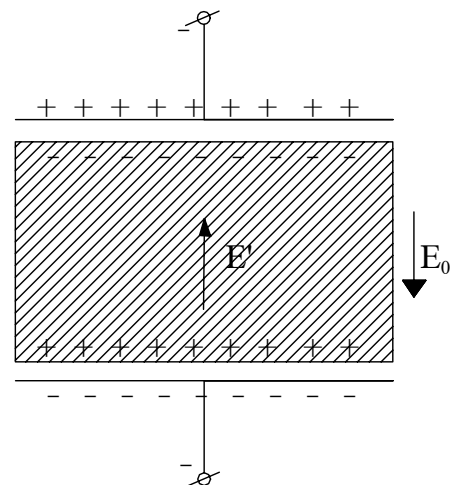
I. Khái Niệm Chung

1.1 Sự phân cực điện môi :

1.1.a Định nghĩa : Phân cực điện môi là sự dịch chuyển có giới hạn các điện tích liên kết hoặc sự định hướng của các lưỡng cực dưới tác dụng của điện trường

1.1.b Cơ chế phân cực điện môi

Các phân tử không phân cực bình thường không có cực tính nhưng dưới tác dụng của cường độ điện trường, lớp vỏ điện tử và hạt nhân sẽ dịch chuyển theo tác dụng của điện



trường (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.

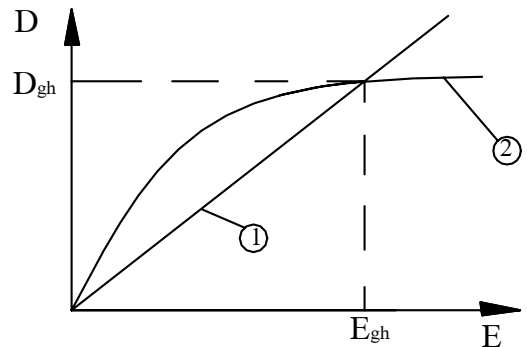
Các chất có cấu tạo lưỡng cực: bình thường các lưỡng cực chuyển động hỗn loạn theo chuyển động nhiệt, khi có tác dụng của cường độ điện trường các lưỡng cực định hướng 1 phần theo chiều điện trường.

Các chất có cấu tạo ion: dưới tác dụng của cường độ điện trường các ion sẽ dịch chuyển theo 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 bên trong điện môi một cường độ điện trường phụ E' ngược chiều với điện trường ngoài. Đây chính là quá trình tích điện của tụ điện.

+ Đa số các điện môi có đặc điểm: Giữa cảm ứng điện D và cường độ điện trường E tạo ra bên trong điện môi phụ thuộc tuyến tính $\vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E}$

+ Ngoài ra có 1 số điện môi khi \vec{E} thay đổi thì cảm ứng điện \vec{D} cũng biến đổi không tuyến tính với \vec{E} . Khi \vec{E} tăng đến 1 giá trị nào đó thì D không thay đổi. Những chất này gọi là điện môi "Xenhit" muối xenhit : $\text{NaK C}_4\text{H}_4\text{O}_6(\text{H}_2\text{O})_6$



1 : Khi E và D quan hệ tuyến tính
2 : Quan hệ phi tuyến của E và D (điện môi xenhit)

1.2) Hằng số điện môi:

Trong tụ điện, môi trường giữa 2 điện cực là điện môi. Khi đặt lên tụ điện 1 điện áp U thì trên bản cực sẽ có 1 điện tích Q . Giữa Q và U ta có quan hệ sau

$$Q = C \cdot U \text{ với } C \text{ là điện dung của tụ điện (1)}$$

Trong đó Q gồm 2 thành phần :

$$Q = Q_0 + Q'$$

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

Q' : thành phần điện tích tăng thêm trên bề mặt bản cực do quá trình phân cực ở bên trong điện môi tạo ra

Từ đó người ta đưa ra tỷ số giữa Q và Q_0 , tỷ số đó gọi là hằng số điện môi tương đối

$$\epsilon = \frac{Q}{Q_0} = \frac{Q_0 + Q'}{Q_0} = 1 + \frac{Q'}{Q_0} \geq 1 \quad (2)$$

$\implies \epsilon$: bất kì một chất nào cũng lớn hơn 1, trừ trường hợp điện môi là chân không $\epsilon = 1$.

Hằng số điện môi tuyệt đối: $\epsilon_0 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9}$ (F/m)

Từ (1) và (2) ta có : $\varepsilon = \frac{Q}{Q_0} \Rightarrow Q = \varepsilon \cdot Q_0 \Rightarrow C.U = \varepsilon \cdot C_0 \cdot U$
 $\Rightarrow \varepsilon = \frac{C}{C_0}$

Vậy ta định nghĩa : Hằng số điện môi của 1 chất điện môi nào đó được xác định bằng tỷ số giữa điện dung tụ điện có điện môi làm bằng chất đó và điện dung của tụ điện có cùng kích thước nhưng điện môi là chân không.

1.3 Các dạng phân cực điện môi :

1.3.1 Phân loại theo thời gian phân cực:

Dựa theo thời gian phân cực có 2 dạng phân cực sau :

Dạng phân cực nhanh: Bao gồm các dạng phân cực được thực hiện trong điện môi dưới tác dụng của điện trường một cách tức thời, đàn hồi hoàn toàn và không gây tổn hao năng lượng.

Dạng phân cực chậm: Bao gồm các dạng phân cực được thực hiện trong điện môi dưới tác dụng của điện trường một cách chậm chạp, có thời gian, và phát tán năng lượng làm điện môi nóng lên.

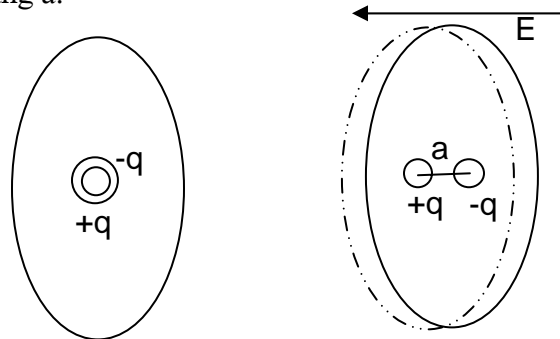
1.3.2 Phân loại theo phần tử tham gia phân cực:

Dựa theo phần tử tham gia phân cực, ta có các loại phân cực sau:

1.3.2.1 Phân cực điện tử nhanh :

Là sự dịch chuyển đàn hồi và sự 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 điện tích dương. Khi đặt điện trường vào thì điện tử sẽ dịch chuyển ngược chiều với điện trường, hạt nhân dịch chuyển cùng chiều điện trường. Kết quả tâm điện tích dương và âm lệch nhau một khoảng a .



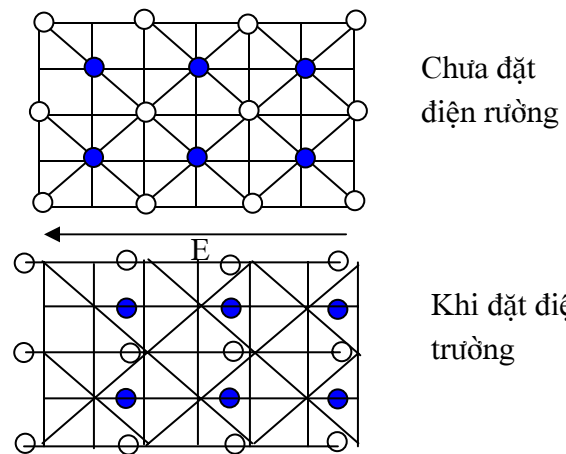
Đặc điểm:

- Thời gian phân cực diễn ra rất bé $t = 10^{-15}$ (s)
- Quá trình phân cực không phát tán năng lượng ,không tổn hao => thuộc dạng phân cực thứ nhất
- Những chất có phân cực điện tử chủ yếu thì $\varepsilon = n^2$ (n hệ số khúc xạ ánh sáng)
- Khi nhiệt độ tăng thì sự phân cực tăng
- Phân cực điện tử thường xảy ra đối với chất khí

1.3.2.2 Phân cực ion nhanh

Phân cực ion 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, nhờ dịch chuyển đàn hồi mà không phát tán năng lượng.

Ví dụ: tinh thể ion NaCl:



Đặc điểm:

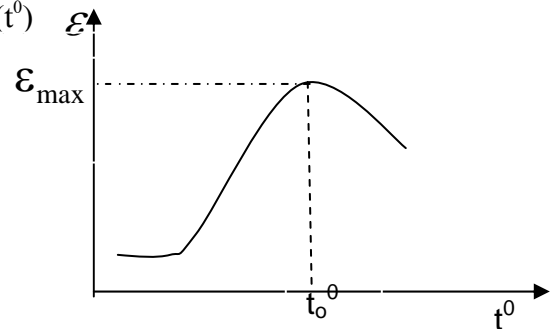
- Thời gian phân cực diễn ra rất bé $t = 10^{-12}$ (s)
- Do diễn ra tức thời, không phát tán năng lượng nên phân cực ion thuộc dạng phân cực thứ nhất.
- Khi nhiệt độ tăng thì phân cực càng tăng
- Phân cực ion thường thấy ở chất có cấu tạo ion liên kết chặt chẽ

1.3.2.3 Phân cực lưỡng cực chậm :

Phân cực này được tạo nên bởi sự định hướng 1 phần của 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 nên thuộc dạng phân cực chậm
- Khi nhiệt độ thay đổi thì phân cực cũng thay đổi nhưng quan hệ giữa nhiệt độ và phân cực rất phức tạp thể hiện qua quan hệ $\epsilon = f(t^0)$



1.3.2.4 Phân cực ion chậm :

Phân cực 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

- Quá trình phân cực này có thời gian và tổn hao năng lượng nên thuộc dạng phân cực chậm.
- Đây là phân cực đặc trưng cho các chất có liên kết ion không chặt chẽ

1.3.2.5 Phân cực điện tử chậm

Phân cực này được tạo nên bởi các điện tử khuyết tật do tạp chất,

- Thời gian phân cực lớn và tiêu tốn năng lượng
- Thuộc dạng phân cực thứ hai

- Những chất có phân cực điện tử chậm có chiết suất ánh sáng lớn nên $\varepsilon = n^2$ lớn

1.3.2.6 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 bên ngoài, tạo thành điện tích không gian trên ranh giới tiếp xúc giữa các miền khác nhau.

Loại phân cực này thường xảy ra ở tầng số thấp và kèm theo tổn hao năng lượng lớn, xảy ra có thời gian \Rightarrow phân cực kết cấu thuộc dạng phân cực thứ hai.

II Hằng số điện môi của chất khí :

Chất khí có đặc điểm sau :

Mật độ phân tử bé, khoảng cách giữa các phân tử lớn do đó sự phân cực trong chất khí không đáng kể. Nói chung $\varepsilon = 1$

Sự phân cực trong chất khí chủ yếu là phân cực điện tử nhanh, $\varepsilon \approx n^2$ với n là hệ số khúc xạ ánh sáng

Bảng số liệu về ε của 1 số khí

Tên gọi khí	Bán kính phân tử (A°)	n	n ²	ε (t°=20°C P=1atm)
He	1,12	1,000035	1,00007	1,000072
H ₂	1,35	1,00014	1,00028	1,00027
O ₂	1,82	1,00027	1,00054	1,00055
CO ₂	2,3	1,0005	1,001	1,00096

Mối quan hệ giữa hằng số điện môi và áp suất $\varepsilon = f(P)$

P(at)	k ²	CO ₂	N ₂
1	1,00058	1,00098	1,0006
20	1,0108	1,02	1,0101
40	1,0218	1,05	1,055

Mối quan hệ giữa hằng số điện môi và nhiệt độ $\varepsilon = f(t^\circ)$

t°C	ε
60	1,00052
20	1,00058
-60	1,00081

Nhận xét:

Bán kính phân tử càng lớn thì ε càng lớn

Áp suất càng lớn thì ε càng lớn

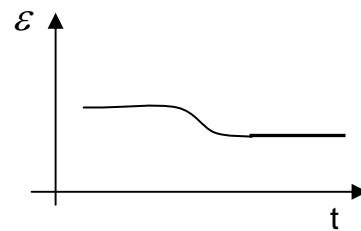
Nhiệt độ tăng thì ε giảm (do mật độ phân tử giảm)

III Hằng Số Điện Môi Lỏng

3.1 Đối với chất lỏng trung hoà (không có cực tính):

Đối với những chất này chủ yếu là phân cực điện tử nhanh vì vậy ε tỷ lệ với n²

Khi nhiệt độ tăng thì ε giảm vì khi nhiệt độ tăng mật độ phân tử giảm



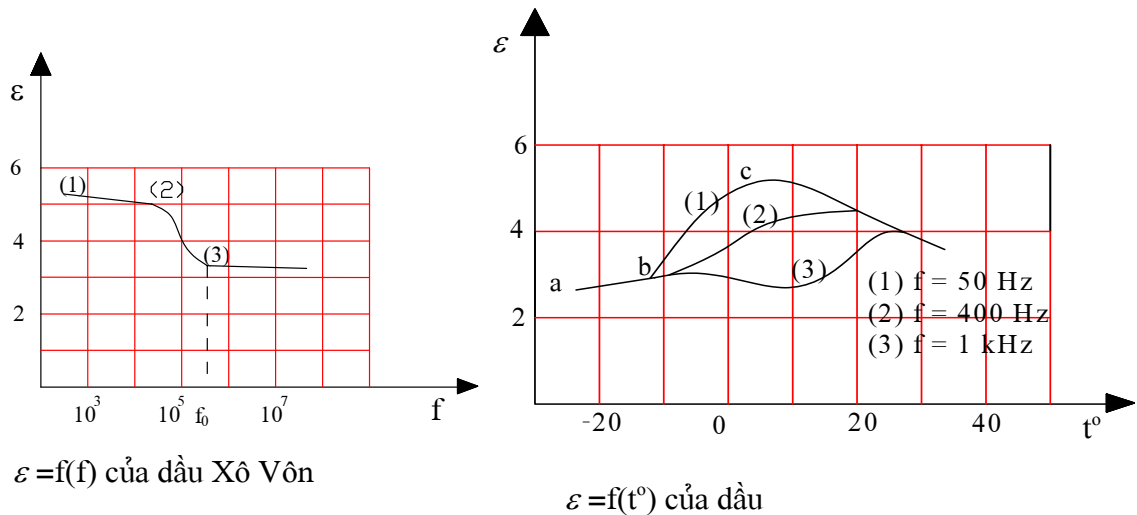
Bảng số liệu ϵ của chất lỏng trung hoà và cực tính yếu

Tên chất	n^2	ϵ
Benzen	2,25	2,18
Tôluen	2,25	2,294
Carbon tetra Clorua	3,125	2,163

Nhận xét : Đối với chất lỏng trung hoà hay có cực tính yếu thì $\epsilon < 2,5$

3.2 Điện môi lỏng có cực tính :

- Sự phân cực của các chất lỏng có cực tính được xác định đồng thời bởi phân cực điện tử và phân cực lưỡng cực chậm
- Phân tử có cực tính càng mạnh (momen phân cực càng lớn) thì hằng số điện môi càng cao
- Một số chất có hằng số điện môi lớn (rượu, H_2O), không thể xem các chất này cách điện được mà là những chất dẫn điện yếu bằng ion
- Quan hệ giữa ϵ và nhiệt độ rất phức tạp
- Quan hệ giữa ϵ với tần số f



$\epsilon = f(f)$ của dầu Xô Vôn

$\epsilon = f(t^\circ)$ của dầu

- Hằng số điện môi của một số chất lỏng

Tên chất lỏng	ϵ ($t = 20^\circ C$; $P = 1$ atm)
Thầu dầu	4,5
Xô vôn	5,0
Xov tôn	3,2

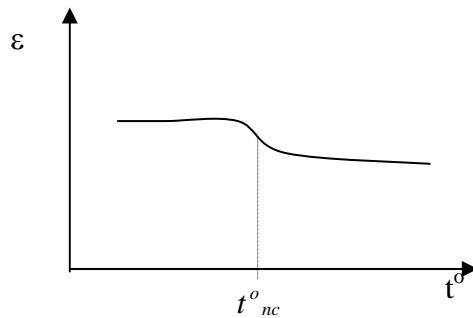
IV Hằng số điện môi của chất rắn:

Do chất rắn có cấu tạo đa dạng và phức tạp hằng số điện môi có giá trị nằm trong phạm vi rộng

4.1 Chất rắn có cấu tạo phân tử trung hoà :

Chủ yếu là phân cực điện tử nhanh $\epsilon \approx n^2$

Khi nhiệt độ tăng, ϵ giảm (do chất rắn giãn nở vì nhiệt nên mật độ phân tử giảm)



Hằng số điện môi của một số chất rắn

Chất rắn	n	n ²	$\epsilon[t = 20^\circ C]$
Parafin	1,43	2,06	1,9 ÷ 2,2
Polistirol	1,55	2,4	2,4 ÷ 2,6
Lưu huỳnh	1,96	3,62	3,6 ÷ 4,0

4.2 Chất rắn có cấu tạo ion liên kết chặt chẽ:

Có phân cực điện tử nhanh và ion nhanh

Hầu hết đều có hệ số nhiệt độ ($T_{K\epsilon} = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{d\epsilon}{dt} > 0$), riêng một số chất có chứa Titan có hệ số

$T_{K\epsilon} < 0$ và có giá trị lớn

Chất	Đặc điểm	ϵ	$T_{K\epsilon}$
NaCl	$T_{K\epsilon} < 0$	6	$150 \cdot 10^{-6}$
Al_2O_3		10	$100 \cdot 10^{-6}$
TiO_2	$T_{K\epsilon} < 0$		$-750 \cdot 10^{-6}$
$CaOTiO_2$			$-1500 \cdot 10^{-6}$

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

- Phân cực điện tử nhanh và phân cực ion chậm
- Có hằng số nhiệt độ $T_{K\epsilon} > 0$ và có giá trị không cao

4.4 Điện môi rắn có cấu tạo từ các phân tử cực tính :

- Phân cực điện tử và phân cực lưỡng cực chậm
 - Hằng số điện môi: Phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ và tăng số giống như chất lỏng lưỡng cực
- Các chất thuộc loại này bao gồm : Xenlulô và các sản phẩm chế biến từ giấy , xơ ,đay ..., các chất trùng hợp cao phân tử có cực tính và Sapgalovac và nước đá
- Đặc tính $\epsilon = f(t)$ của Sap galovac

- a: $f=10\text{kHz}$
- b: $f=100\text{kHz}$
- c: $f=1\text{MHz}$

