

## CHƯƠNG 8

### PHÓNG ĐIỆN TRONG ĐIỆN MÔI

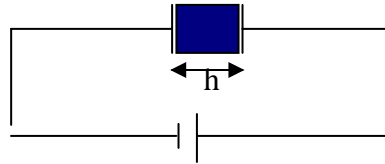
#### I. Khái niệm chung

Ở các chương trước, khi có điện áp tác dụng vào  $\rightarrow$  phân cực, dòng điện và gây tổn thất điện môi.  $\rightarrow$  chưa đề cập đến tác dụng của  $U$  đến tính chất dẫn điện của điện môi

Bất kì một điện môi nào khi ta tăng dần điện áp đặt trên điện môi, đến một lúc nào đó xuất hiện dòng điện có giá trị lớn chạy qua điện môi từ điện cực này sang điện cực khác. Điện môi mất đi tính chất cách điện của nó  $\rightarrow$  đánh thủng điện môi.

#### 1.1 Định nghĩa phóng điện trong điện môi:

Là hiện tượng điện môi bị mất tính chất cách điện khi điện áp đặt vào vượt quá ngưỡng cho phép. Hiện tượng đó được gọi là hiện tượng đánh thủng điện môi hay là hiện tượng phá huỷ điện môi



Khi điện môi phóng điện, điện áp giảm đi một ít và tại vị trí điện môi bị chọc thủng ta quan sát thấy tia lửa điện hay hồ quang, có thể gây ra nóng chảy, làm nứt điện môi hay điện cực

Sau khi điện môi bị phá huỷ thì tùy điện môi, ta đưa điện môi ra khỏi điện trường tùy loại điện môi sẽ có đặc điểm khác nhau

Rắn: quan sát được vết chọc thủng và nếu tiếp tục cung cấp  $U$ , sẽ bị đánh thủng tại vị trí cũ và  $U$  thấp hơn.  $\Rightarrow$  cần sửa chữa nghiêm túc

Lỏng và khí: ngược lại với chất rắn

Trị số điện áp mà tại đó điện môi bắt đầu xảy ra đánh thủng gọi là điện áp đánh thủng điện môi  $U_{dt}$  [kV].  $U_{dt}$  phụ thuộc phi tuyến vào bề dày điện môi.

$U_{dt}$  phụ thuộc vào (độ dày, bản chất điện môi)  $\Rightarrow$  là cơ sở để đưa ra tham số của vật liệu cách điện và xác định  $E_{dt}$

#### 1.2 Độ bền điện của điện môi:

Cường độ điện trường tương ứng với điện áp đánh thủng tại vị trí và thời điểm đánh thủng gọi là cường độ điện trường đánh thủng hay là độ bền điện của điện môi, kí hiệu là  $E_{bd}$ .  $E_{bd}$  được xác định bằng tỷ số giữa điện áp tại thời điểm đánh thủng  $U_{dt}$  [kV] và bề dày điện môi tại vị trí đánh thủng  $h$  [m]

$$E_{bd} = \frac{U_{dt}}{h} \text{ [kV/m]} \quad (5.1) \text{ mang tính chất trung bình}$$

Edt phụ thuộc vào các yếu tố:

- \* Nhiệt độ độ ẩm, tầng số và thời gian đặt U..
- \*  $E_{bd}$  phụ thuộc phi tuyến theo bề dày của điện môi
- \*  $E_{bd}$  phụ thuộc vào bản chất của vật liệu làm điện môi

Sau đây là  $E_{bd}$  của một số điện môi:

Tên vật liệu	Edt(MV/m)
Mica	100 - 300
Cao su	30 - 50
Dầu biến áp	15 - 25
Không khí ở điều kiện thường áp suất và nhiệt độ	2 - 5

### Nhận xét:

Khi điện môi rắn đặt giữa 2 điện cực thì tình trạng phóng điện bề mặt diễn ra trước. Với điện môi rắn xốp có chứa nhiều bọt khí > so với không chứa lỗ xốp. Nếu điện môi xốp được tẩm bằng điện môi lỏng hoặc rắn sẽ cải thiện nhiều.

Ví dụ: cáp giấy không tẩm  $E_{ct}=3-5MV/m$  khi tẩm bằng dầu nhựa thông  $E_{ct}=40-80MV/m$

=> để điện môi làm việc với độ tin cậy cao thì điện áp làm việc  $U_p < U_{ct}$ .  $k=U_p/U_{ct}$  được gọi là hệ số dự trữ độ bền cách điện

## II Phóng điện trong điện môi khí :

### 2.1 Hiện tượng Ion hoá và kích thích của nguyên tử trong chất khí:

Theo mẫu nguyên tử bor:

-Nguyên tử là thành phần nhỏ nhất cấu tạo nên vật chất, nguyên tử gồm có 2 thành phần: hạt nhân và lớp vỏ điện tử

-Mỗi điện tử cd trên quỹ đạo nhất định, có năng lượng nhất định  $W = \frac{q^2}{2.r}$

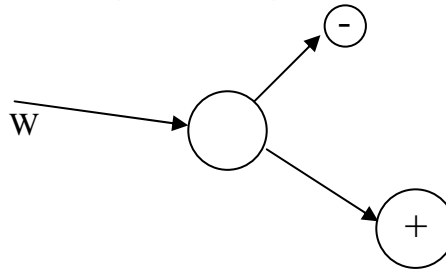
-Ở trạng thái bình thường nguyên tử không thu hoặc phát ra năng lượng

-Khi điện tử nhận được năng lượng  $W$  đưa điện tử chuyển động ở quỹ đạo xa hạt nhân

-Khi điện tử chuyển từ quỹ đạo xa hạt nhân về quỹ đạo gần hạt nhân thì sẽ phát ra năng lượng đúng bằng độ chênh lệch giữa 2 mức năng lượng

**2.1.1 Hiện tượng ion hoá:** là hiện tượng mà điện tử trong nguyên tử hoặc phân tử nhận được năng lượng bên ngoài để tách ra khỏi nguyên tử phân tử

Điện tử tách ra khỏi lực hút hạt nhân gọi là điện tử tự do  
 Phần còn lại của nguyên tử mất cân bằng điện tích gọi là ion dương  
 Vẽ hình minh hoạ



Các hạt mang điện tạo ra trong quá trình ion hoá chất khí, sẽ tiếp tục khuếch tán trong môi trường khí dưới tác dụng điện trường, trong quá trình khuếch tán nếu các hạt mang điện tích trái dấu gặp nhau sẽ xảy ra quá trình tái hợp, năng lượng trả lại dưới dạng các photon ánh sáng. Năng lượng photon  $hf=dW$ . Cả hai hiện tượng trên đều làm cho mật độ hạt mang điện bị giảm đi.

Muốn thực hiện được quá trình ion hoá chất khí, yêu cầu năng lượng cung cấp vào phân tử trung hoà phải lớn hơn năng lượng ion hoá  $W > W_i$  (5.2)

$W_i$  là năng lượng ion hoá, là năng lượng cần thiết để thắng được lực hút hạt nhân  
 Trong lý thuyết phóng điện ta thường gặp các dạng ion hoá điện sau đây:

**2.1.1.1. Ion hoá va chạm:** là hiện tượng va chạm giữa hạt mang điện và phân tử trung hoà, khi đó động năng chúng trao đổi cho nhau, gây nên hiện tượng ion hoá.

**2.1.1.2 Ion hoá quang:** Năng lượng cung cấp là năng lượng photon ánh sáng  
 $W=h.f$

**2.1.1.3 Ion hoá nhiệt:** Năng lượng cung cấp để gây ion hoá là năng lượng nhiệt  
 $W = \frac{3.K.T}{2}$

**2.1.1.4 Ion hoá từng cấp:** Năng lượng cung cấp là năng lượng tổng hợp của nhiều lần va chạm hoặc kết hợp giữa các dạng ion hoá ở trên.

**2.1.1.5 Ion hoá bề mặt :** phụ thuộc vào công thoát của kim loại làm điện cực  
 bức xạ nhiệt  
 bức xạ quang

## 2.1.2 Hiện tượng kích thích

Là hiện tượng điện tử chuyển sang một quỹ đạo xa hạt nhân hơn nhưng vẫn nằm trong phạm vi kiểm soát của hạt nhân. Khi nguyên tử nhận được năng lượng bên ngoài

**Điều kiện gây nên hiện tượng kích thích:**  $W < W_i$

Đặc điểm của phân tử ở trạng thái kích thích: khi phân tử khí trung tính chuyển về trạng thái kích thích, sau một thời gian ngắn sẽ trở về lại trạng thái bình thường và năng lượng lúc đầu trả lại dưới dạng photon ánh sáng

$$W' - W_0 = hf$$

## 2.2 Diễn biến quá trình phóng điện trong chất khí:

**2.2.1 Định nghĩa phóng điện trong điện môi khí:** Phóng điện là sự hình thành dòng điện liên tục giữa các điện cực. Như vậy môi trường khí trước kia là cách điện bây giờ biến thành dẫn điện (môi trường plasma)

Vậy phóng điện trong chất khí là quá trình hình thành dòng plasma

### 2.2.2 Một số giả thuyết ban đầu:

Ban đầu, bên trong khe hở giữa các điện cực tồn tại ít nhất 1 điện tử tự do (giải thích sự tồn tại các điện tử tự do)

Không xét đến hiện tượng ion hoá nhiệt, quang

Không xét đến hiện tượng ion hoá từng cấp

### 2.2.3 Giải thích quá trình phóng điện:

#### 2.2.3.1 Số lần va chạm:

Xét 1 điện tử có bán kính  $r_0$  duy chuyển trong môi trường khí có bán kính phân tử  $r$  và mật độ phân tử  $N$

Để có hiện tượng va chạm xảy ra thì khoảng cách giữa 2 tâm (phân tử khí và điện tử)

$$A \leq (r + r_0)$$

Cho điện tử duy chuyển trong môi trường đó 1cm thì số lần va chạm

$$S = \pi \cdot (r + r_0)^2 \cdot 1 \cdot N \quad (5.3)$$

Như vậy trung bình điện tử chỉ dịch chuyển đoạn đường

$$\lambda_{tb} = \frac{1}{S} = \frac{1}{\pi \cdot (r + r_0)^2 \cdot N} \text{ cm thì sẽ có 1 lần va chạm xảy ra. Tức } \lambda_{tb} \text{ là khoảng cách}$$

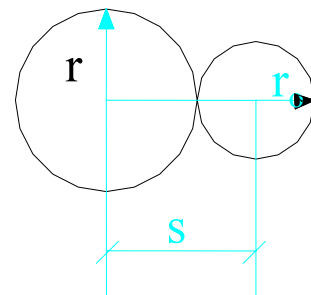
trung bình giữa 2 lần va chạm liên tiếp nhau

$$\text{Với điện tử, } r_0 \ll r \text{ nên } \lambda_{tb}^e = \frac{1}{\pi \cdot (r)^2 \cdot N} \quad (5.4)$$

$$\text{còn với ion } r_0 \approx r \text{ nên } \lambda_{tb}^{ion} = \frac{1}{\pi \cdot (2 \cdot r)^2 \cdot N} \quad (5.5)$$

$$\Rightarrow \lambda_{tb}^e = 4 \cdot \lambda_{tb}^{ion}$$

Công thức (5.3)  $\rightarrow$  (5.5) cho ta khái niệm cơ bản về cách tính trị số đoạn đường tự do trung bình. Đoạn đường thực tế có thể bé hoặc lớn hơn đoạn đường tự do trung bình và phân bố theo qui luật nhất định.

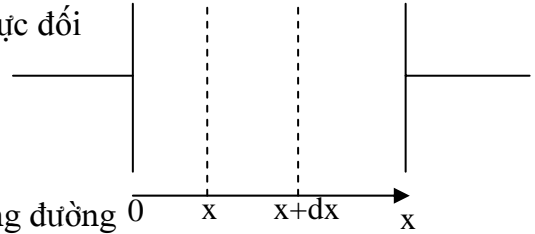


### 2.2.3.2 Qui luật phân bố đoạn đường tự do:

Để khảo sát qui luật đó ta xét 1 khe hở, và xây dựng hệ trục toạ độ như hình vẽ

giả thuyết tại  $x=0$ , có  $n_0$  phân tử chuyển động về cực đối diện

tại vị trí  $x$  còn  $n$  phân tử chưa va chạm  
 $x+dx$  còn  $n-dn$  phân tử



**Như vậy:**  $dn$  là số hao hụt do sự va chạm trên quãng đường  $dx$  và cũng chính là số lần va chạm trên đoạn đường này

$$dn = -n \cdot \frac{1}{\lambda} \cdot dx$$

$$n = n_0 \cdot e^{-\frac{x}{\lambda}}$$

Tuy nhiên không phải không phải khi nào va chạm cũng đều xảy ra hiện tượng ion hoá mà trong  $S$  lần va chạm thì trung bình chỉ có  $\alpha$  lần đủ điều kiện để gây nên hiện tượng ion hoá. Hệ số  $\alpha$  là hệ số ion hoá

### 2.2.3.3 Hệ số ion hóa va chạm

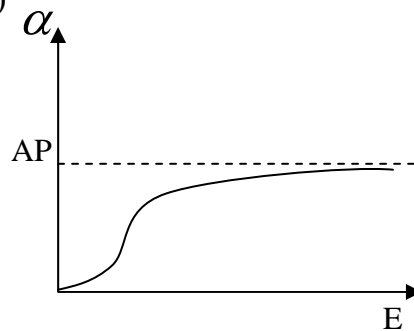
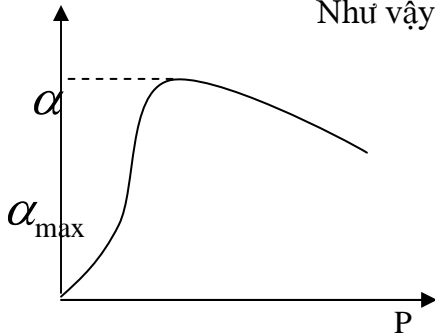
Hệ số ion hóa va chạm là số lần va chạm mà gây được ion hóa khi 1 điện tử đi 1 đơn vị chiều dài trong môi trường khí.

Như vậy khi điện tử di chuyển 1cm  $\alpha = S \cdot P(\lambda > x_i) = \frac{1}{\lambda_{tb}} \cdot e^{-x_i/\lambda_{tb}} = \pi \cdot r^2 \cdot N \cdot e^{-x_i \cdot \pi \cdot r^2 \cdot N}$

$$x_i = W_i / E_q, N = P / K \cdot T$$

$$\Rightarrow \alpha = A \cdot P \cdot e^{-B \cdot P / E_q}$$

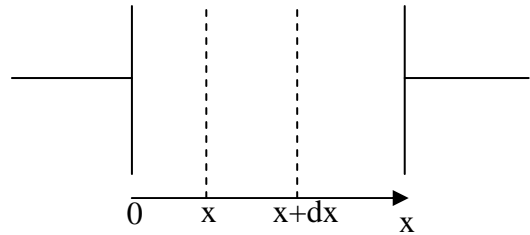
Như vậy  $\alpha = f(P, E)$



### 2.2.3.4 Qui luật tăng số điện tích giữa 2 bản cực:

Giả thuyết ban đầu ở phía âm cực có tồn tại 1 điện tử tự do. Dưới tác dụng của điện trường, điện tử tự do sẽ dịch chuyển về phía cực dương. Trong quá trình di chuyển đó sẽ gây ion hoá va chạm với các phân tử khí trung hoà với hệ số ion hoá va chạm  $\alpha$ . Các điện tử mới sinh ra này lại tiếp tục dịch chuyển, cũng gây nên hiện

tượng ion hoá va chạm, hay là số điện tử sinh ra giữa 2 bản cực càng ngày càng nhiều



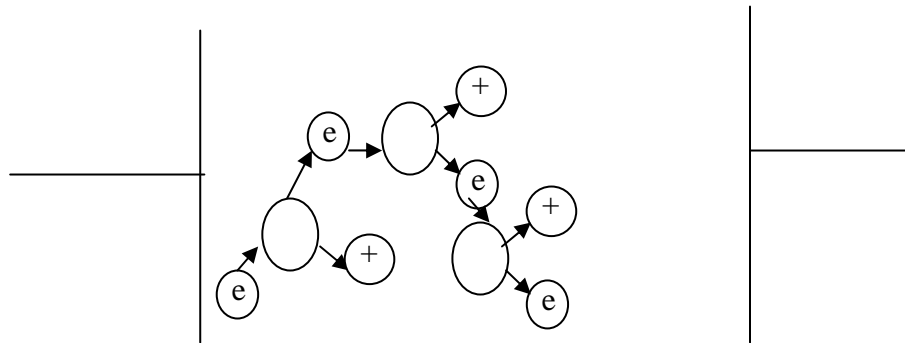
Giả sử ở tọa độ  $x$  có  $n$  điện tử, ở tọa độ  $x+dx$  có  $n+dn$  điện tử. Như vậy số điện tử sinh ra trong quãng đường  $dx$  là :

$$dn = n \cdot \alpha \cdot dx \Rightarrow \frac{dn}{dx} = n \cdot \alpha \Rightarrow n = e^{\alpha \cdot x}$$

$\alpha = f(P, E)$ . Nếu  $P, E$  là hằng số thì  $\alpha$  cũng là hằng số

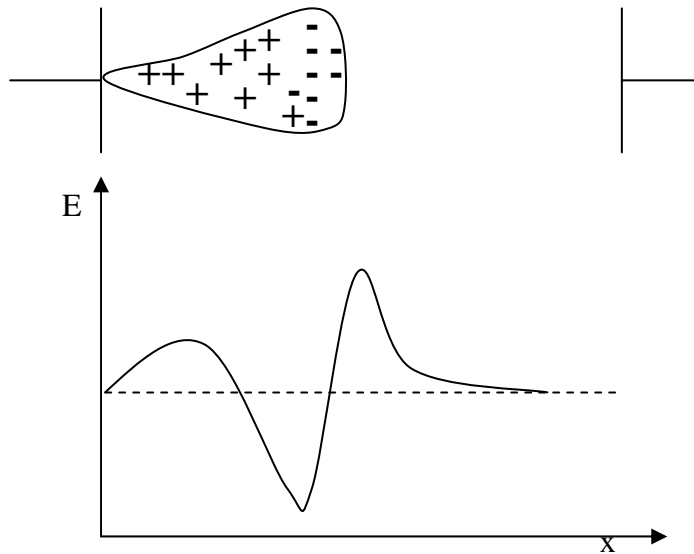
$$\Rightarrow n = e^{\int_0^x \alpha \cdot dx}$$

như vậy qui luật tăng điện tích là qui luật hàm số mũ. Song song với quá trình phát sinh điện tử cũng sinh ra các ion dương cùng khối lượng và chúng tập hợp lại tạo thành thác điện tử



Các điện tử có khối lượng nhẹ nên duy chuyển với tốc độ lớn đồng thời dễ khuếch tán nên tập trung về phía đầu thác và chím. 1 khoảng không gian rộng lớn, trong khi đó các ion dương có khối lượng lớn nên chuyển động với tốc độ chậm hơn electron nên tập trung ở vùng đuôi thác. Sự tồn tại thác điện tử này sẽ làm biến dạng về cường độ điện trường

Ở đầu thác,  $E$  được tăng cường nên có thể gây nên các hiện tượng ion hoá. Ngay phía sau đầu thác trường giảm đột ngột do đó sẽ có hiện tượng tái hợp, năng lượng trả lại dưới dạng photon. Như vậy đầu thác và đuôi thác là nơi sản sinh ra các photon. Các photon này có khả năng gây ion hoá phân tử khí hoặc giải thoát điện tử từ bề mặt điện cực



### 2.2.3.5 Quá trình hình thành môi trường Plasma

Dưới tác dụng của điện trường thì thác này kéo dài ra nối liền khoảng cách giữa các điện cực, lúc này thác sẽ bị triệt tiêu và các điện tích sẽ bị trung hoà trên các điện cực. Quá trình này chưa thể gọi là phóng điện vì chưa thể hình thành dòng điện liên tục giữa các điện cực. Muốn có hiện tượng phóng điện xảy ra cần phải đảm bảo:

Có nhiều thác điện tử trong khe hở

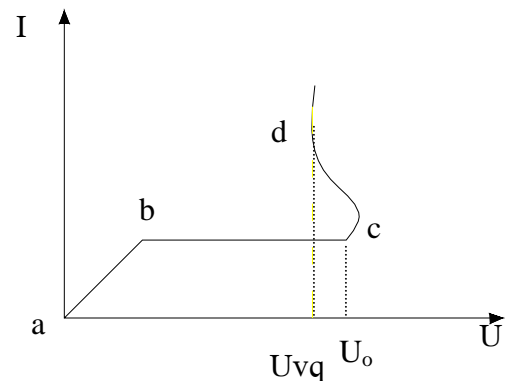
Thác thế hệ sau phải sản sinh ra sau thác thế hệ trước triệt tiêu

Mỗi thác điện tử đều đòi hỏi phải có 1 điện tử tác dụng ban đầu, điện tử tác dụng ban đầu thế hệ sau phải được sản sinh ra ngay trong nội bộ khe hở khí dựa vào hiện tượng ion hoá quang ở áp suất cao hoặc dựa vào ion hoá bề mặt ở áp suất thấp

### 2.3 Đặc tính V-A của chất khí:

Khi đặt điện áp 1 chiều lên khe hở, và cho điện áp tăng dần từ thấp đến cao thì chúng ta xây dựng được đặc tính V-A

**Giai đoạn ab:** Các điện tử tự do có sẵn trong khe hở khí sẽ dịch chuyển dưới tác dụng của điện trường về điện cực đối diện. Khi điện áp càng tăng tốc độ dịch chuyển càng tăng lên do đó ít có khả năng kết hợp với nhau, nên hầu hết các điện tích đều đến được các điện cực nên dòng tăng lên và quan hệ dòng áp lúc này là



quan hệ tuyến tính

**Giai đoạn bc:** áp tăng nhưng dòng không tăng vì số lượng điện tích tự do là có hạn nên dòng không đổi

**Giai đoạn cd:** khi điện áp đạt đến giá trị  $U_0$  thì trong không khí xảy ra quá trình ion hoá va chạm, nên số lượng điện tử tăng lên và dòng điện tăng vọt. Nếu sau khi khối khí phóng điện mà vẫn duy trì điện áp thì điện áp tụt xuống  $U_{hq}$  để duy trì hồ quang

#### **2.2.4 Các dạng phóng điện trong chất khí:**

**2.2.4.1 Phóng điện toả sáng:** xảy ra ở áp suất thấp, Plasma không thể có điện dẫn lớn vì mật độ phân tử bé. Phóng điện toả sáng thường chیم toàn bộ không gian các điện cực

**2.2.4.2 Phóng điện tia lửa:** xảy ra ở áp suất lớn, plasma không chیم hết toàn bộ khoảng không gian mà chỉ là một dòng nhỏ nối liền giữa các điện cực. Mật độ ion trong Plasma rất lớn nên có thể dẫn được dòng điện lớn nhưng không lớn quá vì bị giới hạn bởi công suất nguồn

**2.2.4.3 Phóng điện hồ quang:** Tương tự như phóng điện tia lửa nhưng ở đây công suất nguồn lớn và tác dụng trong thời gian dài. Dòng điện hồ quang rất lớn đốt nóng dòng plasma làm cho điện dẫn tăng lên và do đó dòng điện hồ quang càng tăng lên. Dòng sẽ tăng đến mức ổn định khi có sự cân bằng giữa phát nóng và toả nhiệt của khe hồ quang

**2.2.4.4 Phóng điện vàng quang:** là một dạng phóng điện đặc biệt chỉ tồn tại trong điện trường không đồng nhất và xuất hiện trong khu vực xung quanh điện cực. Dạng phóng điện này không hoàn toàn vì dòng plasma không nối liền giữa 2 điện cực và do đó không có dòng điện lớn. Phóng điện vàng quang chưa làm mất hẳn tính chất cách điện của khe hở nhưng cũng không nên để gây phóng điện vàng quang vì có nhiều tác hại khác. Phóng điện vàng quang cũng có thể quan sát bằng mắt thường và dễ dàng thấy trên đường dây tải điện cao áp khi thời tiết xấu.

#### **2.5 Phóng điện trong chất khí ở điện trường đều:**

- Ở áp suất thấp : Để duy trì phóng điện trong chất khí việc giải thoát điện tử dựa vào hiện tượng ion hoá bề mặt âm cực do ion dương và các photon bức xạ của thác thứ nhất

- Ở áp suất cao: Điện tử thứ cấp được tạo nên bởi sự ion hoá quang trong khối khí, Sau khi thác thứ nhất kết thúc ,điện tử thác mới bị điện tích dương của thác thứ nhất kéo về và vì điện trường trong không gian điện tích khối không lớn nên các điện tử dễ hút vào và phân tử trung tính trở thành ion âm. Các ion âm cùng với ion



dương có sẵn tạo thành dòng plasma. Quá trình phóng điện hoàn toàn khi dòng plasma phát triển nối liền giữa các điện cực

### 2.6 Phóng điện ở điện trường gần đồng nhất:

Quá trình phóng điện diễn ra tương tự như điện trường đồng nhất

### 2.7 Phóng điện trong điện trường không đồng nhất:

Do cường độ điện trường ở phía điện cực có bán kính cong bé được tăng cường, nên mọi quá trình ion hoá phóng điện cũng bắt đầu từ đó

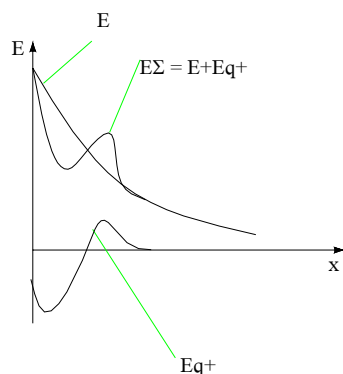
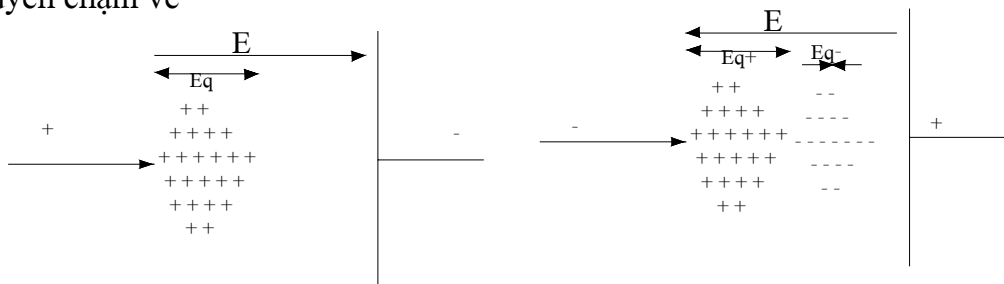
#### 2.7.1 Phóng điện vầng quang:

##### 2.7.1.1 Khi mũi nhọn mang cực tính dương:

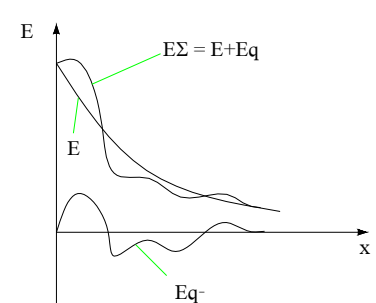
Do mũi nhọn có điện trường lớn nên trước khi xảy ra hiện tượng vầng quang thì ở đây đã xảy ra hiện tượng ion hoá chất khí và tạo nên thác điện tử, các thác này dịch chuyển về phía mũi nhọn, khi tới điện cực các điện tử của thác này sẽ đi vào điện cực để lại các ion dương tạo nên lớp điện tích không gian dương ở gần mũi nhọn. Trường của lớp điện tích không gian dương  $E'$  sẽ làm biến dạng điện trường chung và kết quả là bên phải điện trường tăng cường, phía bên trái mũi nhọn điện trường giảm nên hạn chế quá trình ion hoá và gây khó khăn cho việc hình thành vầng quang

##### 2.7.1.2 Khi mũi nhọn có cực tính âm:

Thác điện tử hình thành phía cực âm, các điện tử di chuyển về phía cực dương nhưng càng di chuyển về phía cực dương, điện trường giảm dần nên các điện tử sẽ bám vào các phân tử trung tính, tạo thành các ion âm. Ở cực âm, các ion dương di chuyển chậm về



Phóng điện vầng quang khi mũi nhọn dương



Phóng điện vầng quang khi mũi nhọn âm

điện cực và tạo thành điện tích khối. Chính điện tích dương này sẽ làm cho trường phía mũi nhọn càng tăng thêm làm cho quá trình phát sinh vàng quang càng được tăng cường

## 2.7.2 Phóng điện chọc thủng

### 2.7.2.1 Mũi nhọn cực tính dương

Lớp điện tích không gian dương ở khu vực mũi nhọn làm giảm gây khó khăn cho quá trình phóng điện vàng quang nhưng nếu ta tiếp tục tăng điện áp, đến mức tạo nên thác mới, điện tử củ thác mới kết hợp với ion dương của lớp không gian tạo nên dòng plasmabams vào mũi nhọn, trong khi đó các ion dương ở khu vực đầu dòng plasma. Quá trình trên tương đương với việc kéo dài mũi và cứ tiếp hình thành thác mới và được kéo dài về phía cực bản với tốc độ tăng dần

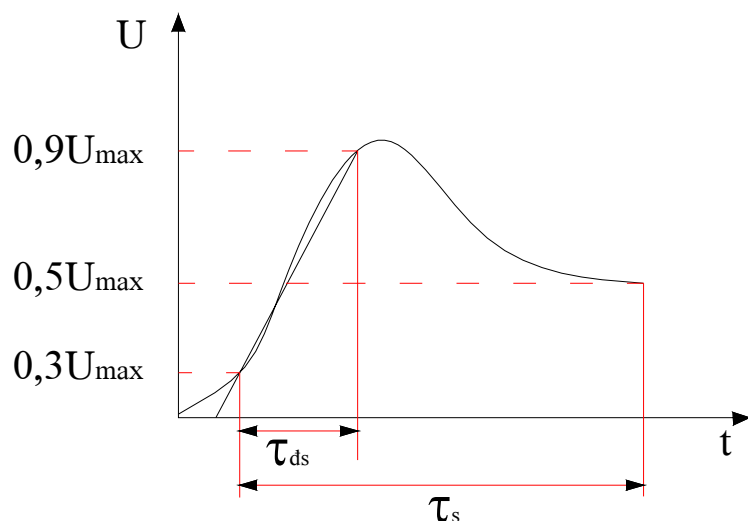
### 2.7.2.2 Mũi nhọn cực tính âm

Vì trường ở phía mũi nhọn tăng cường cho nên cùng 1 lúc tạo ra rất nhiều thác điện tử, nên tạo nên 1 lớp plasma rộng bao quanh mũi nhọn. Phía bên trái plasma trường được tăng cường và bên phải trường được giảm suit. Bên trái plasma quá trình ion hoá được phát triển mãnh liệt. Nếu tiếp tục tăng điện áp thì trong giai đoạn đầu quá trình ion hoá vẫn xảy ra mãnh liệt ở bên trái plasma. Nếu điện áp cứ tiếp tục tăng đến trị số đủ lớn thì sẽ tiếp tục ion hoá và hình thành thác mới. Quá trình tiếp tục tăng và kết quả là lớp plasma tiếp tục kéo dài về phía cực bản. So với cực tính dương, quá trình phóng điện khó khăn hơn do đó điện áp phóng điện lớn hơn

## 2.8 Phóng điện trong chất khí ở điện áp xung

### 2.8.1 Điện áp xung và mạch tạo điện áp xung

Trong thực tế cách điện có thể chịu tác dụng của loại điện áp xung kích như quá điện áp khí quyển gây nên bởi các phóng điện sét trên đường dây



Hình dạng sóng xung kích: Điện áp tăng nhanh từ không đến trị số cực đại và sau đó giảm dần về giá trị không

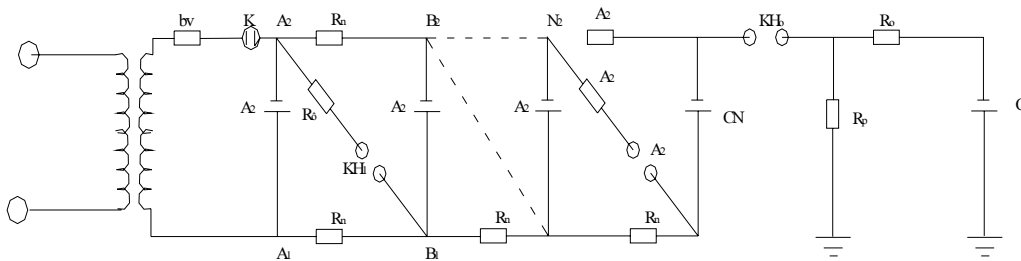
Phần đầu sóng không có ý nghĩa về mặt phóng điện nên được thay thế bằng đường xuyên góc có tung độ  $0,3U_{\max}$  và  $0,9U_{\max}$

$\tau_{ds}$  là thời gian sóng tăng từ 0 đến giá trị cực đại

$\tau_s$  là thời gian từ khi xuất hiện sóng cho đến khi sóng đạt  $0,5U_{\max}$  ở đuôi sóng.

Sau khi đạt  $50\%U_{\max}$  về sau không còn có ý nghĩa về mặt phóng điện nên không quan tâm

Mạch tạo điện áp xung:



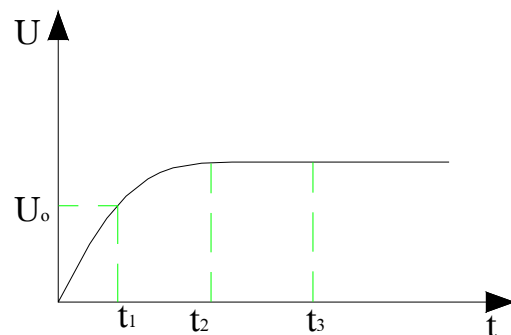
Giai đoạn nạp: Qua T và chỉnh lưu K các tụ điện CA, CB, CN được nạp đến điện áp U, khi quá trình nạp kết thúc thì  $A_2, B_2, \dots, N_2$  có điện thế U còn các điểm  $A, B_1, \dots, N_1$  có điện thế bằng 0

Giai đoạn phóng điện: Nếu chọn khoảng cách KH1 sao cho điện áp U1 có thể phóng điện được thì sau khi phóng điện thế  $B_1$  tăng vọt lên đến U và  $B_2$  sẽ 2U, chọn khe hở KH2 phóng ở 2U thì  $C_2$  tăng 3U. Nếu dùng n cấp tụ điện trong giai đoạn phóng điện được ghép nối tiếp nhau qua khe hở KH1, KH2... thì điện áp xung ở đầu máy phát có thể đạt nU

### 2.8.2 Thời gian phóng điện:

Ở điện áp 1 chiều hoặc xoay chiều  $U_{pd}$  không phụ thuộc vào thời gian tác dụng của điện áp. Đối với điện áp xung thời gian tồn tại có ý nghĩa rất lớn đến  $U_{pd}$ . Cho tác dụng lên khe hở điện áp có dạng như hình vẽ và giả thuyết tại  $U_0$  điện áp phóng điện tự duy trì được thực hiện

Trước thời điểm  $t_1$  và ngay cả thời điểm  $t_1$  cũng chưa có phóng điện vì chưa xuất hiện điện tử tác dụng ban đầu ở phía âm cực. Như



vậy quá trình phóng điện không thể bắt đầu tại  $t_1$  mà phải chờ đến  $t_2=t_1+t_{tk}$

$T_{tk}$  là thời gian hình thành điện tử tác dụng ban đầu

Quá trình phóng điện có thể hình thành ở thời điểm  $t_3=t_2+t_{ht}$

$T_{ht}$ : là thời gian hình thành dòng plasma nối liền giữa 2 bản cực

Tổng hợp 3 thành phần thời gian nói trên sẽ được thời gian phóng điện

$$T_p=t_1+t_2+t_{ht}$$

**2.8.2.1 Thời gian chậm trễ thống kê:** Vì thời gian này rất tản mạn và chỉ có thể xác định bằng phương pháp thống kê thực nghiệm

xét n khe hở khí, điện áp đặt lên n khe hở phóng điện, trong 1 đơn vị thời gian có  $\tau$  khe hở phóng điện

giả sử tại thời điểm t còn có n khe hở chưa phóng điện và  $t+dt$  còn có  $n-dn$  khe hở chưa phóng điện

$$dn=-nK.dt$$

$$n=n_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

$$P\{t_{tk}>t\} = e^{-t/\tau}$$

Các yếu tố ảnh hưởng đến  $t_{tk}$ :

Công thoát của vật liệu làm điện cực

Phân bố trường

Điện áp tác dụng

**2.8.2.2 Thời gian hình thành phóng điện:** bao gồm thời gian hình thành thác điện tử dòng plasma và thời gian phóng điện ngược chỉ tồn tại trong điện trường không đều

yếu tố ảnh hưởng đến thời gian hình thành phóng điện: điện áp càng tăng thì thời gian hình thành phóng điện giảm

Vậy U là yếu tố ảnh hưởng đến thời gian phóng điện

Quan hệ giữa U và thời gian phóng điện qua đường đặc tính V-S của cách điện

**2.8.3 Đặc tính V-S của cách điện:**

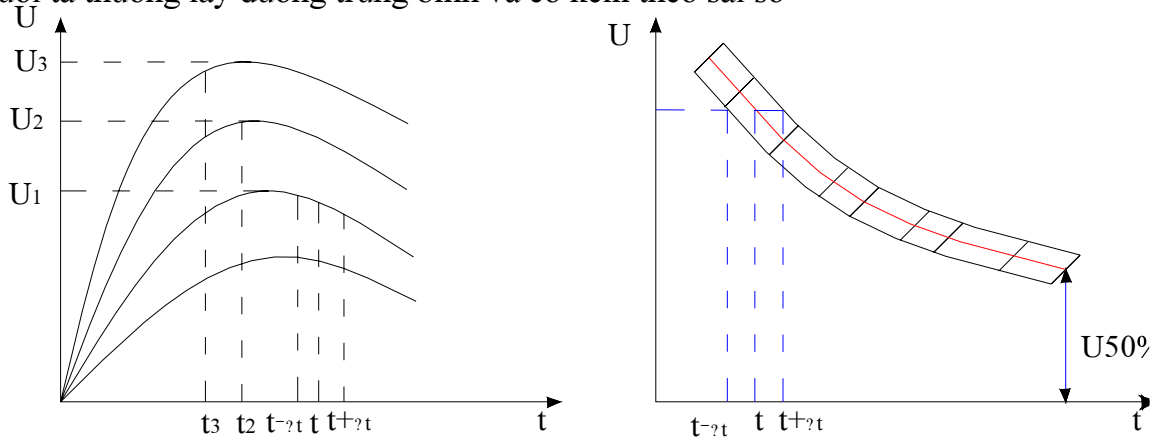
**2.8.3.1 Cách xây dựng**

Xét 1 khe hở khí có bề dày d

Điện áp đặt lên bề dày là xung điện áp tiêu chuẩn có  $\tau_{ds} / \tau_s =$  hằng số nhưng biên độ tăng dần

- Với sóng xung có biên độ là  $U_0$  thì lớp không khí này đã phóng điện với thời điểm  $t_1$ . Cũng với xung này ta đặt lên khe hở lần thứ 2, thứ 3 thì khe hở chọc thủng vào các khoảng thời gian  $t_1 \pm \Delta t$

- Khi tăng xung lên giá trị  $U_1 > U_0$  thì khe hở phóng điện ở thời điểm  $t_2$  với  $t_2 < t_1$ . Tiến hành thí nghiệm 3 lần thì ta cũng xác định được 3 thời điểm phóng điện khác nhau
- Tương tự như vậy, ta tiếp tục tăng biên độ ta xác định được các thời điểm phóng điện khác nhau
- Nối các điểm lại với nhau ta có được đặc tính V-S
- Nhận xét đặc tính V-S của khe hở không khí gồm nhiều đường nằm sát nhau. Người ta thường lấy đường trung bình và có kèm theo sai số



### 2.8.3.2 Công dụng của đường đặc tính V-S

Sử dụng đường đặc tính V-S để tiến hành phối hợp cách điện của thiết bị và bảo vệ. Giả sử, thiết bị cần bảo vệ có đặc tính V-S như hình vẽ, thì ta cần thiết bị bảo vệ (CSV) có đặc tính V-S phải thấp hơn đặc tính V-S của cách điện thiết bị được bảo vệ. Nếu đặc tính V-S của thiết bị bảo vệ cắt đặc tính V-S của thiết bị cần bảo vệ thì khi xảy ra quá điện áp trong thời gian ngắn thì cách điện thiết bị sẽ bị chọc thủng trước khi thiết bị bảo vệ làm việc

