

## Chương 2

### CÁC LINH KIỆN ĐIỆN TỬ THỤ ĐỘNG

Nhìn vào phần mạch điện thực của một thiết bị điện tử ta thấy có những mạch đơn giản chỉ gồm mười linh kiện, nhưng có những mạch điện cực kỳ phức tạp làm ta có cảm giác như lạc vào một rừng điện tử. Các linh kiện trong một mạch điện tử phần lớn là các điện trở, tụ điện, cuộn cảm, bóng bán dẫn, diot bán dẫn, các vi mạch (IC) và các linh kiện khác. Các linh kiện vừa nêu trên là những linh kiện thông dụng, chiếm đa số các linh kiện trong máy. Chương này giới thiệu các loại linh kiện điện tử thụ động trong các mạch điện tử là điện trở, tụ điện và cuộn cảm.

#### 2.1. CƠ SỞ VẬT LÝ CỦA CÁC LINH KIỆN ĐIỆN TỬ.

Các vật liệu được sử dụng để chế tạo các linh kiện điện tử bao gồm các chất dẫn điện, cách điện, bán dẫn, vật liệu từ ... Khi sử dụng các vật liệu để chế tạo các linh kiện điện tử ta không chỉ quan tâm đến các tính chất điện từ của chúng mà còn phải quan tâm đến các đặc tính cơ - lý - hoá của vật liệu dưới tác động của các thông số môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, mức phóng xạ, chịu lực nén, lực uốn, chịu va đập, độ mài mòn, mức biến dạng... Điều đó đặc biệt quan trọng đối với các máy điện tử sử dụng trong điều kiện nhiệt độ nóng ẩm như ở nước ta. Để thấy rõ được các quá trình vật lý diễn ra trong các linh kiện cần sơ lược điểm lại cơ sở vật lý của chúng. Ta sẽ nghiên cứu tóm tắt trạng thái vĩ mô của vật chất và đặc điểm cấu trúc của chất rắn.

##### 2.1.1. Trạng thái vĩ mô của vật chất.

Vật lý kinh điển chia vật chất trong ba trạng thái : khí, lỏng và rắn. Còn trạng thái Plasma có thể coi là trạng thái thứ 4 của vật chất.

Ở thể khí trong điều kiện áp suất bình thường của khí quyển trong  $1\text{m}^3$  có  $2,3 \cdot 10^{25}$  phân tử khí lý tưởng. Khoảng cách giữa các phân tử khí lớn hơn mười lần kích thước phân tử. Các phân tử khí chuyển động tự do và không động chạm đến phân tử bên cạnh. Các chất khí chưa bị ion hoá đều là các chất điện môi (cách điện).

Ở thể lỏng các phân tử xích lại gần nhau hơn nhiều so với thể khí. Chúng luôn kết hợp lại với nhau rồi lại tách ra tạo thành trạng thái không bền vững của chất lỏng. Các phân tử của chất lỏng có thể ở trạng thái trung tính hoặc phân cực thành những ion. Các chất lỏng hoặc dung dịch có liên kết ion đều dẫn điện, còn khi chúng ở trạng thái trung tính hoặc phân cực yếu thì chúng là chất điện môi.

Ở thể rắn các phân tử vật chất liên kết chặt chẽ với nhau. Cần nhấn mạnh rằng phần lớn các linh kiện điện tử được chế tạo từ các vật liệu ở thể rắn.

Trạng thái Pasma có thể coi là trạng thái thứ tư của vật chất. Nó được tạo thành trong điều kiện của các điện trường cực mạnh hoặc đốt các chất khí ở nhiệt độ cao. Ở trạng thái này vật chất bao gồm các ion dương, các ion âm và các điện tử tự do. Các điện tử này được giữ trong điện trường của các điện tích khối dương của các nguyên tử đã mất trung hoà về điện.

### 2.1.2. Đặc điểm cấu trúc và sự phân bố của điện tử trong chất rắn.

Sự phân bố của điện tử trong chất rắn quyết định tính chất điện của chất rắn đó. Chất rắn có thể có cấu trúc tinh thể, vô định hình, dạng thủy tinh hoặc cấu trúc phức hợp. Phần lớn các chất rắn sử dụng các linh kiện có cấu trúc tinh thể, ở đó các nguyên tử hoặc các ion được sắp xếp một cách đều đặn theo một quy luật tuần hoàn nhất định.

Sự phân bố của điện tử trong vật rắn tuân theo thuyết cấu tạo nguyên tử, ở đó điện tử chuyển động xung quanh hạt nhân mang cả tính chất sóng lẫn hạt. Quỹ đạo của các điện tử là quỹ đạo elíp. Mỗi quỹ đạo đặc trưng cho một mức năng lượng của điện tử trong nguyên tử. Khi chuyển động xung quanh hạt nhân điện tử đặc trưng bởi momen lượng tử. Người ta dùng 4 số lượng tử đặc trưng như sau :

+ Số lượng tử chính  $n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) Xác định mức năng lượng của một quỹ đạo quay của điện tử

$$W = \frac{m_e q_e^2}{8 \epsilon_0^2 h^2 n^2} \quad (2.1)$$

Trong đó:  $m_e$  - Khối lượng của điện tử  
 $q_e$  - điện tích của điện tử  
 $h$  - Hằng số Plăng

Theo các mức năng lượng ứng với  $n = 1, 2, 3, \dots$  người ta đặt tên tương ứng là các mức năng lượng K, L, M ....

+ Số lượng tử phụ ( số lượng tử momen quỹ đạo) : Đối với một hệ gồm nhiều điện tử thì mức năng lượng cho phép của mỗi điện tử theo lý thuyết Pauli lại phân thành nhiều mức nhỏ đặc trưng bằng số lượng tử phụ, ký hiệu là  $l$ .

$l = 0, 1, 2, 3, \dots$ ; lớp có  $l = 0$  là lớp S; lớp có  $l = 1$  là lớp p lớp có  $l = 2$  là lớp d.

Điện tử quay quanh hạt nhân có momen động lượng  $M$  tính theo công thức:

$$M = \frac{h}{2\pi} \sqrt{l(l+1)} \quad (2.2)$$

+ Số lượng tử từ (ký hiệu  $M_z$ ), nó là hình chiếu của momen quỹ đạo lên một phương z nào đó:

$$M_z = m_z \frac{h}{2} \quad (2.3)$$

$$m_z = 0, 1, 2, 3, \dots, \ell$$

+ Số lượng tử Spin : đặc trưng cho momen quay của điện tử xung quanh trục của nó, ký hiệu là  $M_{sz}$ :

$$M_{sz} = m_s \frac{h}{2} \quad (2.4)$$

$$m_s \text{ có giá trị } +\frac{1}{2} \text{ hoặc } -\frac{1}{2} .$$

Theo ý nghĩa của số các lượng tử trên thì 3 số lượng tử đầu  $n, \ell, m_z$  xác định vị trí của điện tử trong nguyên tử : còn số  $m_s$  chỉ rõ chiều quay của điện tử xung quanh trục của nó. Theo lý thuyết Pauli thì trong một nguyên tử không bao giờ tồn tại hai điện tử có cùng 4 số lượng tử như nhau. Như vậy với giá trị  $n$  ( lớp vỏ điện tử ) tổng số mức năng lượng , hay tổng số điện tử có thể chiếm chỗ là :

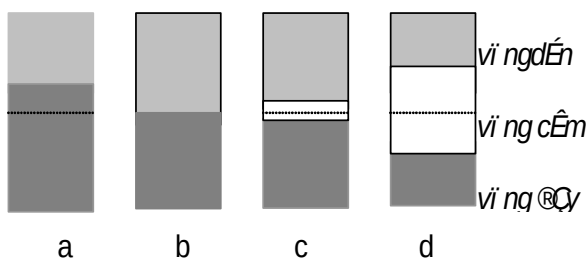
$$N = \sum_{\ell=1}^{n-1} \frac{1}{2} (2\ell+1) = 2n^2 \quad (2.5)$$

Theo thuyết năng lượng có những vùng mà mọi mức năng lượng đều đã bị điện tử chiếm chỗ gọi là *vùng đầy*. Thông thường vùng đầy là vùng có mức năng lượng nhỏ nhất trong nguyên tử, đó là các quỹ đạo gần hạt nhân nhất. Vùng không có năng lượng nào gọi là *vùng cấm* ( tức là vùng không có điện tử). Ngoài hai vùng trên còn có vùng mà nhiều mức năng lượng có thể chiếm chỗ nhưng chưa có điện tử hoặc có rất ít điện tử chiếm chỗ gọi là *vùng dẫn*. Vùng này đặc trưng cho các quỹ đạo xa hạt nhân của nguyên tử.

Người ta dùng giản đồ năng lượng để chia vật liệu làm ba nhóm : dẫn điện, bán dẫn và cách điện.

+ Vật liệu dẫn điện (hình 2.1a,b), điển hình là kim loại, không có vùng cấm ;vùng đầy và vùng dẫn có thể chụm phủ lên nhau hoặc xít nhau. Có điện tử ở bên bờ có thể dễ dàng nhảy lên vùng dẫn để trở thành điện tử tự do dẫn điện.

Vật liệu bán dẫn : Có vùng cấm nhưng vùng này hẹp nên các điện tử ở bờ của vùng đầy khi được kích thích năng lượng có thể vượt qua vùng cấm để nhảy lên vùng dẫn (hình 2.2c)



Hình 2.1 Mô hình cấu trúc năng lượng của kim loại, bán dẫn và cách điện

Vật liệu cách điện : (hình 2.2d) Giữa vùng đầy và vùng dẫn có vùng cấm rất rộng nên các điện tử ở vùng đầy khó có thể vượt lên vùng dẫn .

Theo Fecmi - Dirac sự phân bố của điện tử có thể xác định theo sự phân bố của năng lượng trong vật rắn như sau:

$$\frac{dn}{dw} = \frac{4\pi}{h^3} (2m_e)^{\frac{3}{2}} \frac{\sqrt{w}}{1 + e^{\frac{w - w_F}{kT}}} \quad (2.6)$$

Trong đó :  $m_e$  - khối lượng của điện tử

$h$  - Hằng số Plăng

$k$  - Hằng số Bosman

$T$  - Nhiệt độ Kenvin

$n$  - Số điện tử

$w$  - Mức năng lượng tính theo (2.1)

$w_F$  - Mức năng lượng Fecmi ( là mức năng lượng khi  $w > w_F$  thì xác suất tìm thấy điện tử bằng 0)

Biểu thức (2.6) cho ta thấy số nguyên tử trong một đơn vị thể tích nằm trong khoảng mức năng lượng từ  $w$  đến  $w + dw$ .

$w_{F0}$  là mức năng lượng Fecmi lớn nhất ở nhiệt độ 0 độ Kenvin ( $0^\circ K$ )

$$w_{F0} = \frac{h^2}{2m_e} \left( \frac{3n}{8\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.7)$$

### 2.1.3. Đặc tính cơ - lý - hoá của vật chất

Các thiết bị điện tử làm việc có bền hay không phụ thuộc vào độ bền của từng linh kiện trong máy. Độ tin cậy của mỗi linh kiện điện tử lại được quyết định bởi các đặc tính cơ - lý - hoá của vật liệu chế tạo chúng . Ta xét một số đặc tính cơ bản sau:

*Đặc tính vật lý:*

Trước hết người ta quan tâm tới tính chất dẫn điện và cách điện của vật chất. Chúng được đặc trưng bởi điện trở suất , góc tổn hao tg .

Tiếp theo người ta quan tâm đến khả năng chịu nhiệt của vật chất : Khi nhiệt độ thay đổi đột ngột hoặc chịu nhiệt độ cao hơn hoặc thấp hơn trong một thời gian dài mà linh kiện vẫn không bị hư hỏng. Hệ số nhiệt cũng là đặc tính quan trọng của vật liệu: hệ số giãn nở nhiệt theo chiều dài, hệ số nhiệt của điện trở suất, hệ số nhiệt của hằng số điện môi, hệ số nhiệt của độ từ thẩm. Ngoài ra cần quan tâm đến khả năng cách nhiệt, dẫn nhiệt của vật liệu .

Nước ta là nước nhiệt đới nóng ẩm nên cần quan tâm đến khả năng hút ẩm của vật chất. Nói chung các vật liệu đều hút ẩm, nhất là các vật liệu điện môi (cách điện). Các vật liệu cách điện khi hút ẩm, các thông số của chúng sẽ xấu đi rất nhiều, vì vậy các linh kiện cần được nhiệt đới hoá.

Ngoài các lý tính nêu trên, khi chọn vật liệu chế tạo các linh kiện cần quan tâm đến các tính chất cơ học như *sức chịu lực căng, lực nén, độ rắn, độ*

uốn, độ ròn và các hoá tính như tính ổn định hoá học, tính hoà tan và độ hoà tan...

## 2.2 .CÁC THAM SỐ CỦA LINH KIỆN ĐIỆN TỬ

Các linh kiện điện tử có các tham số sau:

- Giá trị danh định.
- Cấp chính xác và sự tản mạn của các tham số.
- Độ tin cậy.
- Tính chịu ẩm, chịu nhiệt, chịu rung xóc, va đập.

Sau đây ta xét một số tham số đặc trưng.

### 2.2.1. Giá trị danh định và cấp chính xác.

Giá trị danh định của linh kiện là trị số của tham số linh kiện được xác định trong điều kiện tiêu chuẩn. Giá trị đó thường được ghi ngay trên mặt linh kiện.

Cấp chính xác: Các tham số của linh kiện khi chế tạo thường sai lệch so với trị số danh định . Độ sai lệch đó phụ thuộc vào kỹ thuật - công nghệ chế tạo. Người ta phân cấp chính xác theo bảng (2.1) . Các linh kiện có độ sai lệch càng nhỏ thì giá thành càng cao vì vậy sử dụng loại linh kiện nào là tùy thuộc vào độ chính xác cần thiết với giá thành hợp lý, chức năng của mạch ở trong từng loại thiết bị điện tử .

### 2.2.2. Độ tin cậy.

Độ tin cậy là khả năng làm việc không hỏng của linh kiện trong thời gian nhất định. Nó được đặc trưng bởi thời gian nhất định mà tham số của nó vẫn được giữ nguyên giá trị.

Sự hư hỏng của linh kiện xuất hiện một cách ngẫu nhiên; người ta dùng lý thuyết xác suất để đánh giá hư hỏng.

Giả sử trong một mớ linh kiện đã sản xuất ta lấy ra  $N_0$  chiếc cho việc thử (thử nghiệm). Nếu  $T_i$  là thời gian làm việc không hỏng của linh kiện thứ  $i$  thì kỳ vọng toán học của thời gian làm việc không hỏng của các linh kiện ( cùng loại ) gọi là thời gian không hỏng trung bình  $T_{Tb}$  của loại linh kiện đó :

$$T_{Tb} = \frac{\sum_{i=0}^{N_0} T_i}{N_0} \quad [\text{giờ}] \quad (2.8).$$

$T_{Tb}$  tính bằng giờ.

Bảng 2.1

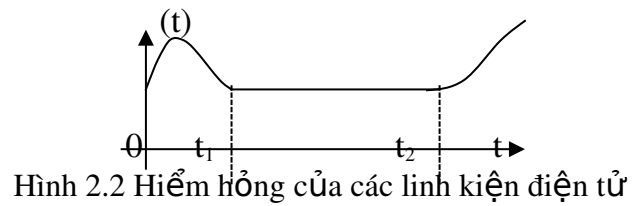
Phân cấp chính xác của linh kiện

Cấp chính xác	Độ sai lệch
cấp 00	1%
cấp 0	2%
cấp I	5%
cấp II	10 %
cấp III	20 %

Đại lượng nghịch đảo của  $T_{Tb}$  đặc trưng cho khả năng xuất hiện hư hỏng của linh kiện, ta gọi là hiểm hỏng (t).

$$(t) = \frac{1}{T_{Tb}} \text{ (1/giờ)} \quad (2.9)$$

(t) cho ta biết trong một giờ có thể có bao nhiêu linh kiện



bị hư hỏng trong số linh kiện cùng loại. Ví dụ  $\lambda = 10^{-5}$  thì trong một giờ làm việc sẽ có 1/100.000 linh kiện bị hư hỏng, nghĩa là nếu có 1000 linh kiện làm việc trong 100 giờ thì trung bình sẽ có một linh kiện bị hỏng. Trên thực

### Hiểm hỏng của một số loại linh kiện điện tử

Bảng 2.2

Loại linh kiện	$\lambda$ (1/giờ)	Loại linh kiện	$\lambda$ (1/giờ)
Điôt bán dẫn Ge	$0,006 \cdot 10^{-3}$	Tụ giấy	$0,0015 \cdot 10^{-3}$
Điôt bán dẫn Si	$0,007 \cdot 10^{-3}$	Tụ mica	$0,003 \cdot 10^{-3}$
Tranzisto tần số thấp	$0,006 \cdot 10^{-3}$	Tụ gốm	$0,015 \cdot 10^{-3}$
Tranzisto tần số cao	$0,007 \cdot 10^{-3}$	Tụ hoá	$0,002 \cdot 10^{-3}$
Tranzisto công suất	$0,01 \cdot 10^{-3}$	Tụ xoay	$0,0006 \cdot 10^{-3}$
Điện trở than 0,5W	$0,001 \cdot 10^{-3}$	Cuộn cảm	$0,0063 \cdot 10^{-3}$
Điện trở than 1W	$0,002 \cdot 10^{-3}$	Cuộn chặn	$0,00025 \cdot 10^{-3}$
Điện trở dây cuốn 10W	$0,006 \cdot 10^{-3}$	Biến áp xung	$0,0008 \cdot 10^{-3}$
Điện trở dây cuốn 50W	$0,002 \cdot 10^{-3}$	Rơle	$0,001 \cdot 10^{-3}$
Biến trở dây cuốn	$0,014 \cdot 10^{-3}$	Motơ điện	$0,03 \cdot 10^{-3}$
	$0,016 \cdot 10^{-3}$	Đầu đo đồng hồ	$0,06 \cdot 10^{-3}$

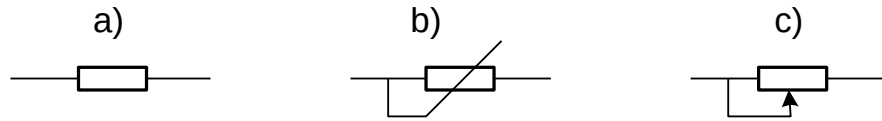
thực nghiệm thì hiểm hỏng có dạng như ở hình 2.2.

Theo đồ thị hình 2.2 thì khoảng thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$  là thời gian làm việc bình thường ( tuổi thọ ) của linh kiện. Khoảng thời gian trước  $t_1$  khả năng hỏng tăng do linh kiện được hiệu chỉnh, sửa chữa và các tham số ổn định dần. Sau thời gian  $t_2$  các linh kiện bị lão hoá và hiểm hỏng tăng lên.

Hiểm hỏng của một số loại linh kiện điện tử cho ở bảng 2.2 (ở điều kiện tiêu chuẩn):

### 2.3 ĐIỆN TRỞ

Điện trở là loại linh kiện được sử dụng rất rộng rãi trong các mạch điện tử. Tính chất của nó là cản trở dòng điện đi qua và trực tiếp biến đổi năng lượng thành nhiệt năng. Nó có chức năng điều chỉnh hoặc phân phối năng lượng điện ở trong mạch điện.



Hình 2.3 Ký hiệu điện trở a) Điện trở không đổi b) Điện trở phi tuyến c) Điện trở nhiệt

Điện trở có nhiều loại: Tuyến tính (ký hiệu hình 2.3a), phi tuyến - hình 2.3b- tùy theo đặc tuyến V-A là tuyến tính hay phi tuyến; điện trở không đổi, điện trở biến đổi tức thời áp (ký hiệu hình 1.3c). Điện trở có thể chế tạo từ bột than ép, dây cuốn hoặc kim loại.

### 2.3.1. Các tham số điện trở.

#### a. Trị số danh định:

Mỗi điện trở không đổi được sản xuất với một trị số danh định. Ví dụ như 1,5K ; 2,2 K ; 100 ...

Các nước trên thế giới sản xuất các điện trở với các trị số danh định cho ở bảng 2.3 (hai số đầu):

Trị số điện trở từ 10<sup>1</sup> đến 10M<sup>7</sup>; là hai chữ số trong bảng 2.3 nhân với 1, 10, 10<sup>2</sup>, 10<sup>3</sup>, 10<sup>4</sup>...

Trị số danh định của điện trở có thể ghi ngay trên điện trở hoặc ký hiệu bằng các vạch màu hoặc chấm màu như ở hình 2.4

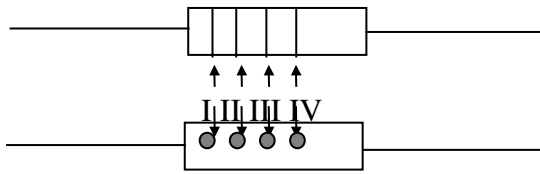
Trị số danh định của điện trở

Bảng 2.3

Cấp chính xác		1	1	1		1	1	2		2		3	
I		1	2	3		6	8	0		4		0	
II		1				5			2		2		
III													
I			3		4		5		6		7		9
II			6		3		1		2		5		1
II		3		3		4		5		6			
	3		9		7		6		8				

Khi ký hiệu bằng các vạch màu (hoặc các chấm màu) thì hai vạch đầu chỉ 2 số có trị số của linh kiện ứng với bảng 2.3, vạch thứ III chỉ số số 0 đứng sau hai số trên, vạch thứ IV chỉ cấp chính xác.

Ba vạch màu đầu có trị số ứng với các màu như sau :



Hình 2.4 Các vạch hoặc chấm màu ghi trị số của điện trở

Đen -	Black	0
Nâu -	Brown	1
Đỏ -	Red	2
Cam -	orange	3
Vàng -	Yellow	4
Lục -	Green	5
Lam -	Blue	6
Tím -	Violet	7
Xám -	Gray	8
Trắng -	White	9

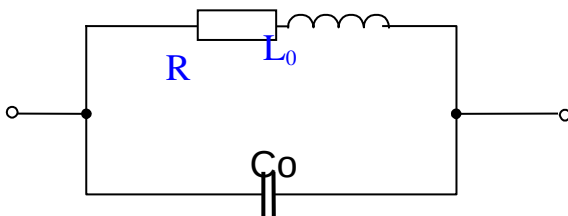
Vạch thứ IV chỉ cấp chính xác : màu vàng 5%, màu nhũ bạc 10%, không màu 20% Ví dụ xét 2 điện trở như sau:

Đỏ - đỏ - cam - nhũ bạc: 22000 = 22k 10%

Vàng - đỏ - nâu - vàng 420 5%

**b - Công suất danh định :** Tính chịu nhiệt và diện tích tỏa nhiệt của điện trở quyết định công suất danh định của điện trở. Khi làm việc công suất làm việc của nó  $P = R.I^2$  phải nhỏ hơn công suất danh định của nó. Người ta chế tạo các điện trở với các công suất 0,05w; 0,12w ; 0,25w; 0,5w ; 1w; 2w; 5w; 10w; 15w; 20w; 30w; 50w; 100w....

**c - Tính chất tần số của điện trở**



Hình 2.5 Sơ đồ tương đương của điện trở ở vùng tần số cao

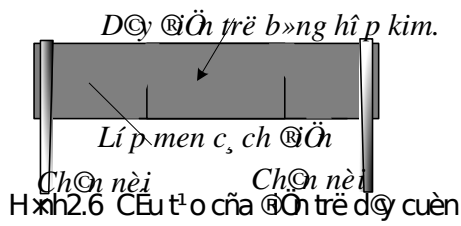
Khi làm việc ở tần số cao cần chú ý đến điện dung ký sinh và điện cảm ký sinh của điện trở. Lúc đó sơ đồ tương đương của một điện trở có dạng như hình 2.5

Trị số  $L_0$  phụ thuộc vào cấu trúc của điện trở, còn điện dung  $C_0$  phụ thuộc vào hằng số điện môi của vật liệu làm đế ( lõi ), hình dáng vị trí dây dẫn, cấu trúc và lớp sơn phủ ngoài của điện trở. Như vậy ở tần số cao hàng trăm Mhz điện trở tương đương với một khung cộng hưởng song song với  $C_0 < 1$  pF và  $L_0 < 1$  H. Ngoài ra khi cần còn phải tính đến độ ổn định nhiệt và tạp âm của điện trở.

### 2.3.2. Điện trở không đổi.

**a . Điện trở dây cuốn không đổi:** Được cuốn bằng dây hợp kim crom - niken trên lõi sứ, lõi nhựa hoặc lõi thủy tinh. Lớp dây cuốn có phủ sơn bảo vệ. Cấu tạo của điện trở dây cuốn trình bày trên hình 2.6.





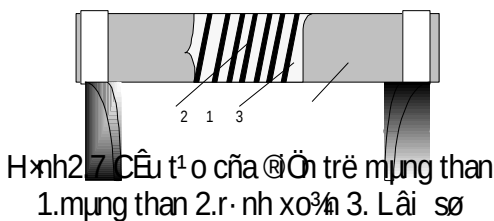
Điện trở dây cuộn có trị số không lớn lắm (  $< 50k$  ) nhưng có công suất tỏa nhiệt lớn ( có thể tới vài trăm w), cấp chính xác khá cao ( 0,1%, 1%), độ ổn định cao, chịu nhiệt tốt. Điện trở dây cuộn thường dùng ở các mạch gần công suất

danh định lớn, độ chính xác cao nhưng tần số làm việc không lớn lắm.

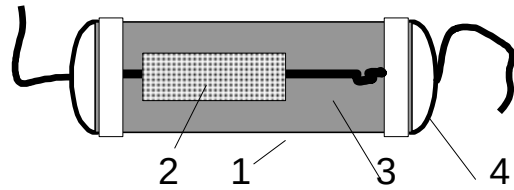
**b. Điện trở màng than:** được chế tạo bằng cách cho khí than ngưng đọng thành màng dày 0,04 - 10mm theo rãnh xoắn trên lõi sứ trong môi trường chân không (Hình 2.7). Muốn có trị số lớn lớp màng than phải mỏng, dài và tiết diện ngưng phải nhỏ. Điện trở màng than có thể chế tạo với trị số danh định từ 10 đến 10M, công suất danh định từ 0,05w đến 5w, cá biệt có thể chế tạo đến 25w, 50w hoặc 100w, trị số  $L_0$  và  $C_0$  nhỏ, độ ổn định nhiệt khá tốt nên có thể sử dụng ở vùng tần số cao.

**c. Điện trở màng kim loại:** Điện trở màng kim loại có cấu trúc gần giống như điện trở màng than. Nó được chế tạo bằng cách cho hợp kim hoặc oxyt kim loại bốc hơi ngưng đọng trong môi trường chân không hoặc bằng phương pháp phân huỷ catốt để tạo một lớp màng mỏng bao quanh lõi (sứ, thủy tinh hoặc chất dẻo) hình trụ ( hình 2.8)

Người ta thay đổi thành phần hợp kim và độ dày của màng kim loại để thay đổi trị số danh định của điện trở từ 20 đến 1000. Muốn có trị số điện



Hình 2.7 Cấu tạo của điện trở màng than  
1. màng than 2. rãnh xoắn 3. Lõi sứ



Hình 2.8 Cấu tạo của điện trở màng kim loại  
1. màng sứ 2. điện trở 3. sứ cách điện  
4. thủy tinh cách điện

trở

lớn hơn phải dùng màng rãnh xoắn như ở điện trở màng than. Lúc đó có thể tạo điện trở cỡ M. Điện trở màng kim loại thường chế tạo với công suất 0,125w - 2w.

Điện trở màng kim loại có hình dáng bề ngoài giống như điện trở màng than nhưng thường phủ lớp sơn màu đỏ, có loại được bọc kín bằng ống thủy tinh hoặc ống sứ.

**d. Điện trở hỗn hợp:**

Vật liệu chế tạo điện trở hỗn hợp gồm ba thành phần ở dạng bột và keo :

- Thành phần dẫn điện là mỗ hóng hoặc than trì (graphit) ở dạng bột.
- Chất độn là bột mica, bột sứ hoặc bột thạch anh dùng để tạo cho điện trở có thể tích nhất định, tăng khả năng dẫn nhiệt, nâng cao điện trở suất của vật liệu

hỗn hợp và tăng độ bền cơ học.

- Chất keo để liên kết các thành phần vật liệu thành một khối .

Vật liệu hỗn hợp được nén trong ống sứ, ống thuỷ tinh tạo nên điện trở. Bên ngoài điện trở bọc một lớp vật liệu có độ bền cơ học cao. Điện trở hỗn hợp thường được chế tạo dưới dạng hình trụ và dùng vạch màu để chỉ trị số danh định của nó. Hiện nay điện trở hỗn hợp đang được sử dụng rộng rãi vì giá thành rẻ, quy trình sản xuất đơn giản.

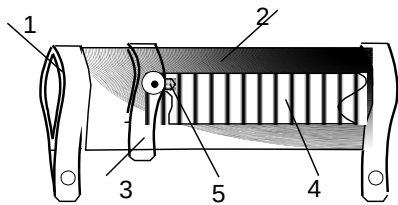
### 2.3.3. Điện trở biến đổi và triết áp.

**a. Điện trở biến đổi:** Chế tạo như điện trở dây cuốn không đổi nhưng có thêm con chạy trượt trên các vòng dây để thay đổi trị số của điện trở - Hình 2.9

Điện tử biến đổi có trị số đến mười k $\Omega$  , kích thước lớn, chủ yếu dùng trong các phòng thí nghiệm .

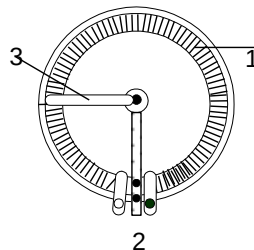
**b. Triết áp:** Vật liệu, phương pháp chế tạo, đặc tính kỹ thuật của triết áp cũng giống như điện trở tương ứng ,nhưng ở triết áp con trượt luôn chạy trên bộ phận dẫn điện nên độ bền thấp và tạp âm lớn .

Triết áp dây cuốn, cấu tạo triết áp dây cuốn trình bày trên hình 2.10. Ở đây con chạy kim loại trượt trên dây cuốn để thay đổi điện trở ra. Triết áp dây cuốn chế tạo có điện trở không quá 20k $\Omega$  , công suất danh định 3 - 5w.



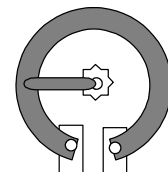
Hình 2.9. Cấu tạo của điện trở dây cuốn có con chạy biến đổi

1. Vòng sứ 2. S-n C, ch 3. Con chạy 4. Dây cuốn 5. Tiếp điểm



Hình 2.10. Cấu tạo của triết áp dây cuốn

1. Dây cuốn 2. Tiếp điểm 3. Tiếp điểm



Hình 2.11. Cấu tạo triết áp bột than

Triết áp hỗn hợp: Trên bề mặt của đế cách điện người ta phủ một lớp vật liệu chế tạo phần dẫn của điện trở từ hỗn hợp bột than - hình 2.11.

Tuỳ theo dạng của vùng dẫn điện mà sự biến thiên của điện trở sẽ tuân theo quy luật hàm mũ hoặc hàm lôgarit. Triết áp than hỗn hợp có điện trở danh định  $R_{max} = 10 - 10M\Omega$  với công suất danh định 0,1w - 2w, được sử dụng rất rộng rãi trong các mạch điện tử. Triết áp dùng lâu thì trên mặt dẫn thường có

bụi than làm chất lượng giảm. Trong thực tế có thể lau sạch vết bụi than để khôi phục lại chất liệu trên.

## 2.4 TỤ ĐIỆN

Tụ điện là loại linh kiện tích lũy năng lượng dưới dạng điện trường. Trị số điện dung của tụ điện là lượng điện tích mà tụ điện tích trữ được khi đặt vào hai má của tụ điện một hiệu điện thế 1 v. Một tụ điện gồm có hai điện cực (hai má tụ) và lớp điện môi đặt giữa hai cực. Trị số điện dung của tụ điện tỷ lệ với diện tích S của điện cực và hằng số điện môi, tỷ lệ nghịch với khoảng cách giữa hai cực.

### 2.4.1. Phân loại của tụ điện.

*Tụ điện có thể phân loại theo cấu trúc:*

- Tụ không đổi: Có trị số điện dung C không đổi.
- Tụ bán chuẩn (Primor): Trị số C biến thiên được trong một khoảng hẹp.

- Tụ xoay: Trị số C biến thiên trong một khoảng tương đối rộng.

- Tụ phi tuyến: Trị số C phụ thuộc vào điện áp đặt trên hai má tụ.

*Tụ điện có thể phân loại theo chất điện môi:*

- Tụ không khí: Giữa hai má tụ là không khí hoặc chân không.
- Tụ dầu: Chất điện môi là một loại dầu tổng hợp không dẫn điện.
- Tụ vô cơ: Chất điện môi là các chất rắn vô cơ như mica, sứ (gốm), thủy tinh.

- Tụ hữu cơ: Chất điện môi là giấy, chất dẻo tổng hợp.

- Tụ hoá: Chất điện môi là ôxít kim loại được hình thành trong quá trình điện phân. Loại tụ này có trị số điện dung lớn nhưng nó có phân cực dương và âm nên chỉ dùng trong các mạch một chiều (lọc nguồn) hoặc truyền các tín hiệu âm tần.

Tụ có cấu trúc dạng phẳng, dạng ống hoặc cuộn tròn như ở hình 2.13.

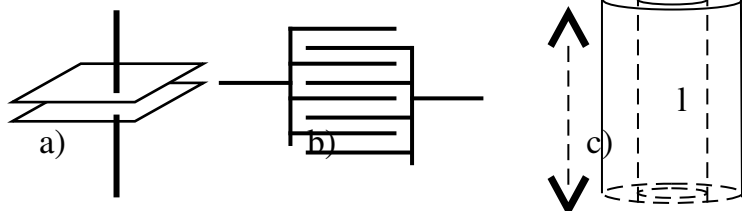
Đối với tụ phẳng hình 2.13a thì trị số điện dung xác định theo công thức:

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{3,6\pi d} \quad (\text{pF}) \quad (2.10)$$

- hằng số điện môi.

S- Diện tích hiệu dụng của một má tụ (cm<sup>2</sup>).

d - Khoảng cách giữa hai má tụ (cm).



Nếu tụ được nhiều má như hình 2.12b

thì: 
$$C = \frac{S(n-1)}{2,6 d} \quad (\text{pF}) \quad (2.11).$$

Hình 2.12 a) tụ phẳng b) tụ phẳng nhiều tấm  
c) tụ hình ống.

n - Tổng số má tụ của hai nhóm.  
 Nếu tụ hình ống như hình 1.12c thì :

$$C = \frac{2,41 l}{\ln \frac{D_2}{D_1}} \quad (\text{pF}) \quad (2.12).$$

$D_1, D_2$  - Đường kính ống trong và ống ngoài(cm).

l - Độ dài ống kim loại (cm).

#### 2.4.2. Các tham số cơ bản của tụ.

a. **Trị số danh định:** Trị số điện dung danh định được ghi rõ trên tụ với cả sai số. Trong thực tế thường dùng đơn vị F (microphara); nF(nanophara) và pF(picophara).

$$1\text{pF} = 10^{-12}\text{F} = 10^{-6} \text{ F} = 10^{-3}\text{nF}.$$

$$1\text{F} = 10^{12}\text{pF} = 10^9\text{nF} = 10^6 \text{ F}.$$

Người ta sản xuất tụ điện với các cấp chính xác:

Cấp 00	sai số	1%
Cấp 0	sai số	2%
Cấp I	sai số	5%
Cấp II	sai số	10%
Cấp III	sai số	20%
Cấp IV	sai số	+20% -10%
Cấp V	sai số	+30% -20%
Cấp VI	sai số	+50% -20%

Cấp IV, V, và VI là cấp chính xác của tụ hoá. Ngoài ra còn có các tụ với cấp chính xác rất cao dùng trong các thiết bị đặc biệt:

Cấp 001	sai số	0,1%
Cấp 002	sai số	0,2%
Cấp 005	sai số	0,5%

Các tụ có kích thước nhỏ phải dùng vạch màu để ghi trị số . Cách đọc vạch màu cũng tương tự như ở điện trở .

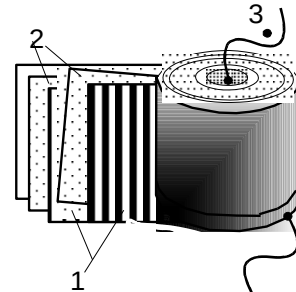
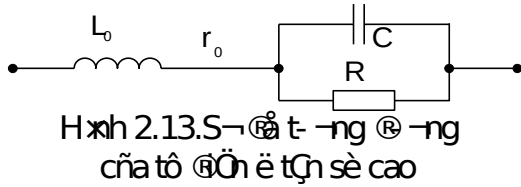
b. **Độ bền điện :** Khi đặt lên tụ điện áp lớn tụ sẽ bị đánh thủng . Điện áp đánh thủng phụ thuộc vào phẩm chất và bề dày lớp điện môi. Trên tụ điện có ghi trị số điện áp danh định một chiều. Khi sử dụng tụ trong mạch xoay chiều hoặc mạch xung phải đảm bảo thành phần một chiều cộng với biên độ xoay chiều hoặc biên độ xung không được vượt quá trị số điện áp danh định.

c. **Tổn hao trong tụ điện :** Trong tụ điện có tổn hao năng lượng trong chất điện môi, do điện trở dây dẫn, tổn hao do vỏ bọc, tổn hao do chất tẩm phủ...Năng lượng tổn hao làm tụ nóng lên ảnh hưởng đến các tham số của tụ. Tổn hao được đánh giá bằng tg ( - góc tổn hao) hoặc hệ số phẩm chất Q:

$$Q = \frac{1}{\text{tg}} \quad (2.13)$$

Tụ mica, tụ thuỷ tinh có chất lượng cao, tổn hao nhỏ:  $\text{tg} = 0,001$ . Tụ có phẩm chất trung bình thì  $\text{tg}$  cỡ khoảng 0,01 ; Tụ hoá có tổn hao lớn  $\text{tg} = 0,1$ .

**d. Tính chất tần số của tụ điện**



Hình 2.14 Cấu tạo của tụ giấy  
 1. lõi trục kim loại  
 2. giấy cách điện  
 3. dây dẫn ngoài

Ở tần số cao sơ đồ tương đương của một tụ có dạng đầy đủ như ở hình 2.13

$L_0$ - điện cảm riêng của tụ bao gồm điện cảm tập tán của các má tụ và hai dây dẫn nối với má tụ.

$r_0$ - điện trở tổn hao trong kim loại má tụ.

R- điện trở tổn hao (điện trở rò) chất điện môi .

Như vậy tụ có tần số cộng hưởng nối tiếp riêng.

**2.4.3. Cấu trúc của tụ điện.**

**a. Tụ giấy**

Hình 2.14 cho thấy cấu tạo của tụ giấy :

- 1- Điện cực bằng giấy kim loại
- 2- Điện cực bằng giấy cách điện ( thường gọi là giấy tụ )
- 3- Đầu dây dẫn nối ra ngoài.

**b. Tụ màng mỏng:** Để khắc phục phần nào nhược điểm của tụ giấy người ta thay giấy cách điện bằng màng chất dẻo, do vậy tăng được độ cách điện, khả năng chịu nhiệt, giảm được tổn hao.

**c. Tụ mica, tụ thuỷ tinh, tụ sứ** (gốm). Nhóm tụ này sử dụng lớp điện môi vô cơ nên có đặc tính cứng, giòn, có khả năng chịu nhiệt cao.

Cấu tạo của một tụ mica có lớp điện môi là những tấm mica có  $\epsilon = 6,5 - 8,5$  . Tụ mica là loại tụ có chất lượng tốt, trị số trong khoảng 51pF - 30.000pF, điện áp danh định 250V - 2500V.

Tụ thuỷ tinh chỉ khác tụ mica là lớp điện môi là thuỷ tinh, nó có đặc điểm là có thể làm việc ở nhiệt độ cao ( 125°C)

Tụ sứ làm bằng gốm sứ có độ bền khá cao. Có thể tạo được tụ sứ chịu được điện áp hàng chục kV.

**d. Tụ hoá:** Tụ hoá có hình dạng như ở hình 2.15a

Cấu tạo bên trong mô phỏng đơn giản như ở hình 2.15b

1- Dung dịch điện phân 2- Lớp ôxit nhôm 3- Điện cực bằng nhôm.  
Lớp ôxit nhôm  $Al_2O_3$  bám trên bề mặt cực dương có  $\epsilon = 7 - 10$  và chịu được điện trường cao.

Tụ hoá có trị số điện dung từ vài F đến hàng ngàn F. Tính dẫn điện của chất điện phân không đối xứng nên tụ hoá có cực dương và cực âm. Tụ hoá có điện cực là nhôm hoặc tantal, còn chất điện phân có thể là ôxyt nhôm như trên hoặc các chất khác ở thể lỏng hoặc thể khô.

Khi sử dụng tụ hoá phải mắc đúng điện cực và điện áp đặt lên tụ phải nhỏ hơn điện áp danh định, mặt khác cần lưu ý là tụ hoá tích năng lượng lớn có thể gây nguy hiểm ngay cả sau khi tắt máy.

## 2.5. CUỘN CẢM .

Cuộn cảm tích lũy năng lượng dưới dạng từ trường. Nó được cấu tạo từ các vòng dây điện từ cuộn một lớp hay nhiều lớp, có lõi sắt từ hoặc không lõi, có thể bọc kim hoặc không bọc kim.

*Cuộn cảm được đặc trưng bởi các tham số cơ bản sau:*

**a. Trị số điện cảm L,** hay còn gọi là hệ số tự cảm. Điện cảm L của một cuộn cảm cuộn một lớp trên lõi cách điện tròn tính theo công thức :

$$L = \frac{.D^2 .W^2}{4l} \quad [ H] \quad (2.16)$$

- Độ từ thẩm của lõi từ

D - Đường kính lõi cách điện [cm]

l - Chiều dài của cuộn cảm [cm]

W - Số vòng dây

Cuộn cảm nhiều lớp không lõi từ tính theo công thức gần đúng sau đây:

$$L = \frac{0,8 . D_{tb}^2 w^2}{3 D_{tb} 9l 10t} \quad [ H] \quad (2.17)$$

Trong đó  $D_{tb}$  -đường kính trung bình lớp dây cuốn -cm;t-bề dày lớp dây cuốn-cm.

Trong kỹ thuật vô tuyến điện tử người ta sử dụng các cuộn cảm có trị số nằm trong khoảng từ vài phần ngàn microhenri ( H) đến vài henri. Người ta dùng các cuộn cảm có lõi ( lõi có thể là sắt từ hoặc đồng, nhôm...) để thay đổi trị số điện cảm L.

**b. điện dung riêng  $C_o$  :**



Hình 2.15

- a) Cấu tạo của tụ hoá.  
1-Dung dịch điện phân  
2-Lớp ôxyt nhôm  
3-Siêu cực  
b) Hình ảnh của tụ hoá.

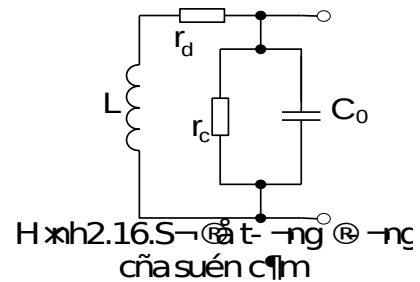
Sơ đồ tương đương đầy đủ của một cuộn cảm có dạng như ở hình 2.16. Ở đây  $r_d$  - điện trở tổn hao của dây cuốn,  $r_c$  - điện trở tổn hao trong chất cách điện,  $C_0$  - điện dung riêng của cuộn cảm. Chính điện dung riêng hạn chế tần số làm việc ở dải cao của cuộn cảm.

Điện dung riêng  $C_0$  bao gồm điện dung giữa các vòng dây, điện dung giữa các vòng dây với vỏ bọc cuộn cảm và đế máy. Nó có thể lên tới vài chục pF.

Cuộn cảm phải làm việc ở tần số  $f < \frac{1}{3} \cdot f_0$

trong đó

$$f_0 = \frac{1}{2 \sqrt{LC_0}} \quad (2.16)$$



Hình 2.16 Sơ đồ tương đương của cuộn cảm

c. **Hệ số phẩm chất:** xác định theo công thức:

$$Q = \frac{L}{R} \quad (2.18)$$

Trong đó  $R = r_f + r_d + r_{bk} + r_t$

$r_f$  - Điện trở tổn hao của cuộn dây đối với dòng cao tần.

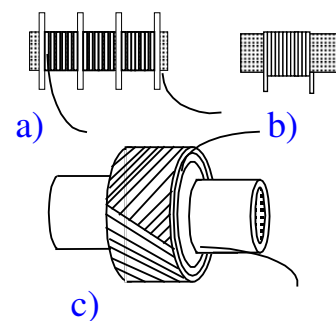
$r_d$  - Điện trở tổn hao điện môi trong khung của cuộn cảm và bọc cách điện của dây dẫn cuộn cảm.

$r_{bk}$  - Điện trở tổn hao tính đến năng lượng tổn hao điện từ trường trong hộp bọc kim.

$r_t$  - Điện trở tổn hao tính đến tổn hao trong lõi của cuộn cảm

Hệ số phẩm chất của một cuộn cảm không chỉ phụ thuộc vào tần số mà còn phụ thuộc vào cấu tạo ( vật liệu dẫn điện, cách điện, kết cấu ), kích thước hình học của cuộn cảm. Để tăng hệ số phẩm chất của cuộn cảm người ta chập dây thành nhiều sợi để cuốn cuộn cảm.

Cuộn cảm được cuốn trên đế hình ống bằng giấy hoặc bằng nhựa thành từng ngăn (Hình 2.17a), hoặc cuốn trơn (Hình 2.17b) hoặc nhiều lớp "tổ ong" (Hình 2.17c).



Hình 2.17 Hình dạng các cuộn dây thường gặp trong kỹ thuật