

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

CẤU KIỆN ĐIỆN TỬ

(Dùng cho sinh viên hệ đào tạo đại học từ xa)

Lưu hành nội bộ

HÀ NỘI - 2007

CẤU KIỆN ĐIỆN TỬ

Biên soạn : THS. TRẦN THỊ CẨM

LỜI NÓI ĐẦU

Tập giáo trình "Cấu kiện điện tử" được biên soạn để làm tài liệu giảng dạy và học tập cho các sinh viên chuyên ngành kỹ thuật Điện tử - Viễn thông, đồng thời giáo trình cũng có thể được sử dụng cho các sinh viên chuyên ngành Công nghệ thông tin, và làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư chuyên ngành Điện tử - Viễn thông.

Giáo trình được viết theo chương trình đề cương môn học "Cấu kiện điện tử và quang điện tử" của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Nội dung của giáo trình được trình bày một cách rõ ràng, có hệ thống các kiến thức cơ bản và hiện đại về vật liệu và các cấu kiện điện tử - quang điện tử đang sử dụng trong ngành kỹ thuật điện tử và kỹ thuật viễn thông.

Giáo trình "Cấu kiện điện tử" gồm 8 chương.

+ **Chương 1** Giới thiệu chung về cấu kiện điện tử và vật liệu điện tử. Trong chương này đã đưa ra định nghĩa và các cách phân loại của cấu kiện điện tử, các đặc tính và các tham số kỹ thuật của các loại vật liệu sử dụng trong kỹ thuật điện tử - viễn thông như chất cách điện, chất dẫn điện, chất bán dẫn và vật liệu từ.

+ **Chương 2** trình bày về các cấu kiện điện tử thụ động như điện trở, tụ điện, cuộn dây và biến áp, cùng các đặc tính và tham số cơ bản của các cấu kiện này, cách nhận biết và cách đọc các tham số của các linh kiện thực tế.

+ **Chương 3** trình bày về điốt bán dẫn. Trong chương này, giáo trình đã nêu lên tính chất vật lý đặc biệt của lớp tiếp xúc P - N, đồng thời trình bày chi tiết về cấu tạo và nguyên lý hoạt động cũng như các đặc tuyến, tham số kỹ thuật của điốt bán dẫn. Ngoài ra, trong chương 3 còn trình bày về các chế độ làm việc của điốt bán dẫn và giới thiệu một số loại điốt thông dụng và đặc biệt.

+ **Chương 4** trình bày về cấu tạo và nguyên lý hoạt động của tranzito lưỡng cực (BJT). Đồng thời, trong chương này cũng trình bày cụ thể về ba cách mắc cơ bản của tranzito trong các sơ đồ mạch khuếch đại, các đặc tính và đặc điểm của từng cách mắc. Đồng thời ở chương 4 cũng trình bày về các cách phân cực và các mạch tương đương của tranzito.

+ **Chương 5** giới thiệu chung về tranzito hiệu ứng trường (FET) và phân loại tranzito trường. Trong chương trình bày cụ thể về cấu tạo và nguyên lý hoạt động cũng như các cách phân cực cho tranzito trường loại JFET và MOSFET.

+ **Chương 6** giới thiệu về cấu kiện thuộc họ thyristo như chỉnh lưu silic có điều khiển, triac, diac; nêu cấu tạo và nguyên lý hoạt động cũng như ứng dụng của chúng. Đồng thời, chương 6 cũng trình bày về cấu tạo và nguyên lý hoạt động của tranzito đơn nối (UJT).

+ **Chương 7** đề cập đến sự phát triển tiếp theo của kỹ thuật điện tử là vi mạch tích hợp. Trong chương này trình bày về khái niệm, phân loại cũng như sơ lược về công nghệ chế tạo vi mạch bán dẫn, là loại vi mạch được sản xuất và sử dụng rộng rãi hiện nay. Ngoài ra, trong chương 4 còn trình bày đặc tính và tham số của trình bày về đặc điểm cũng như tham số của hai loại vi mạch: vi mạch tuyến tính và vi mạch số. Trong đó giới thiệu chi tiết về vi mạch khuếch đại thuật toán (OA), đây là loại vi mạch vạn năng được sử dụng rộng rãi ở nhiều chức năng khác nhau.

+ **Chương 8** trình bày về các cấu kiện quang điện tử. Chương này trình bày khá tỉ mỉ và hệ thống về các loại cấu kiện quang điện tử bán dẫn và không bán dẫn đang được sử dụng trong kỹ thuật điện tử và kỹ thuật viễn thông. Ở đây trình bày về các cấu kiện quang điện tử sử dụng trong kỹ thuật điện tử và thông tin quang:

- Các linh kiện phát quang: LED chỉ thị, LED hồng ngoại, LASER, và mặt chỉ thị tinh thể lỏng LCD.

CẤU KIỆN ĐIỆN TỬ

- Các linh kiện thu quang: điện trở quang, điôt quang, tranzito quang, thyristo quang, tế bào quang điện và pin mặt trời.

Trong tập giáo trình này tác giả đã sử dụng nhiều tài liệu tham khảo và biên soạn theo một trật tự logic nhất định. Tuy nhiên, tập giáo trình không tránh khỏi những thiếu sót và hạn chế. Chúng tôi rất mong nhận được sự góp ý của các nhà chuyên môn, các bạn đồng nghiệp và những ai quan tâm đến chuyên ngành này để bổ sung và hoàn chỉnh tập giáo trình "Cấu kiện điện tử" được tốt hơn.

Các ý kiến đóng góp xin gửi đến bộ môn Kỹ thuật điện tử - Khoa Kỹ thuật điện tử I, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, km 10 đường Nguyễn Trãi Hà Nội - Hà Đông.

Xin chân thành cảm ơn!

CHƯƠNG 1

GIỚI THIỆU CHUNG VỀ CẤU KIỆN ĐIỆN TỬ

GIỚI THIỆU CHƯƠNG

Chương 1 giới thiệu khái niệm chung về cấu kiện điện tử, giúp cho sinh viên chuyên ngành Điện tử Viễn thông có khái niệm ban đầu bao quát về những linh kiện điện tử được sử dụng trong các mạch điện tử. Đồng thời trong chương 1 cũng giới thiệu về các đặc tính vật lý điện của các vật liệu cơ bản dùng trong kỹ thuật điện tử.

Học xong chương 1, sinh viên phải nắm được khái niệm chung về cấu kiện điện tử, khái niệm sơ bộ về mạch điện tử. Sinh viên cũng phải hiểu được các đặc tính kỹ thuật của các loại vật liệu dùng trong lĩnh vực kỹ thuật điện tử, một số loại vật liệu thông dụng thường dùng và ứng dụng chúng.

NỘI DUNG

1.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Cấu kiện điện tử là môn học về cấu tạo, nguyên lý hoạt động và một số ứng dụng của các linh kiện được sử dụng trong các mạch điện tử để thực hiện một chức năng kỹ thuật nào đó của một bộ phận trong một thiết bị điện tử chuyên dụng cũng như thiết bị điện tử dân dụng.

Cấu kiện điện tử có rất nhiều loại thực hiện các chức năng khác nhau trong mạch điện tử. Muốn tạo ra một thiết bị điện tử chúng ta phải sử dụng rất nhiều các linh kiện điện tử, từ những linh kiện đơn giản như điện trở, tụ điện, cuộn dây... đến các linh kiện không thể thiếu được như diode, tranzito... và các linh kiện điện tử tổ hợp phức tạp. Chúng được đấu nối với nhau theo các sơ đồ mạch đã được thiết kế, tính toán khoa học để thực hiện chức năng của thiết bị thông thường như máy radiocassettes, tivi, máy tính, các thiết bị điện tử y tế... đến các thiết bị thông tin liên lạc như tổng đài điện thoại, các trạm thu - phát thông tin hay các thiết bị vệ tinh vũ trụ v.v... Nói chung cấu kiện điện tử là loại linh kiện tạo ra các thiết bị điện tử do vậy chúng rất quan trọng trong đời sống khoa học kỹ thuật và muốn sử dụng chúng một cách hiệu quả thì chúng ta phải hiểu biết và nắm chắc các đặc điểm của chúng.

1.2. PHÂN LOẠI CẤU KIỆN ĐIỆN TỬ.

Có nhiều cách phân loại cấu kiện điện tử dựa theo những tiêu chí khác nhau. Ở đây chúng ta kể đến một số cách phân loại thông thường:

1.2.1. Phân loại dựa trên đặc tính vật lý:

Dựa vào các đặc tính vật lý cấu kiện điện tử có thể chia làm 2 loại:

- Các cấu kiện điện tử thông thường: Đây là các linh kiện điện tử có đặc tính vật lý điện - điện tử thông thường. Chúng hoạt động dưới tác dụng của các sóng điện từ có tần số từ cực thấp ($f = 1\text{Khz} \div 10\text{Khz}$) đến tần số siêu cao tần ($f = 10\text{Ghz} \div 100\text{Ghz}$) hoặc sóng milimet.
- Cấu kiện quang điện tử: Đây là các linh kiện điện tử có đặc tính vật lý điện - quang Chúng hoạt động dưới tác dụng của các sóng điện từ có tần số rất cao ($f = 10^8$ đến 10^9 Ghz) thường được gọi là ánh sáng.

1.2.2. Phân loại dựa theo lịch sử phát triển của công nghệ điện tử:

Người ta chia cấu kiện điện tử ra làm 5 loại:

- Cấu kiện điện tử chân không: là các cấu kiện điện tử mà sự dẫn điện xảy ra trong môi trường chân không.

- Cấu kiện điện tử có khí: là các cấu kiện điện tử mà sự dẫn điện xảy ra trong môi trường khí trơ.
- Cấu kiện điện tử bán dẫn: là các cấu kiện điện tử mà sự dẫn điện xảy ra trong môi trường chất bán dẫn.
- Cấu kiện vi mạch: là các chip bán dẫn được tích hợp từ các cấu kiện bán dẫn theo sơ đồ mạch đã thiết kế trước và có một hoặc một số chức năng nhất định.
- Cấu kiện nano: đây là các cấu kiện có kích thước nanomet được chế tạo theo công nghệ nano nên nó có các tính chất cũng như khả năng tiện ích vô cùng đặc biệt, khác hẳn với các cấu kiện có kích thước lớn hơn thông thường (từ μm trở lên).

1.2.3. Phân loại dựa trên chức năng xử lý tín hiệu:

Dựa theo chức năng xử lý tín hiệu người ta chia cấu kiện điện tử thành 2 loại là cấu kiện điện tử tương tự (điện tử analoge) và cấu kiện điện tử số (điện tử digital).

- Cấu kiện điện tử tương tự là các linh kiện có chức năng xử lý các tín hiệu điện xảy ra liên tục theo thời gian.
- Cấu kiện điện tử số là các linh kiện có chức năng xử lý các tín hiệu điện xảy ra rời rạc, không liên tục theo thời gian.

1.2.4. Phân loại dựa vào ứng dụng của cấu kiện điện tử:

Dựa vào ứng dụng của cấu kiện điện tử người ta chia cấu kiện điện tử ra làm 2 loại là các cấu kiện điện tử thụ động và các cấu kiện điện tử tích cực:

- Cấu kiện điện tử thụ động là các linh kiện điện tử chỉ có khả năng xử lý và tiêu thụ tín hiệu điện
- Cấu kiện điện tử tích cực là các linh kiện điện tử có khả năng biến đổi tín hiệu điện, tạo ra và khuếch đại tín hiệu điện.

1.3. KHÁI NIỆM VỀ MẠCH ĐIỆN VÀ HỆ THỐNG ĐIỆN TỬ

1.3.1. Mạch điện:

Mạch điện là một tập hợp gồm có nguồn điện (nguồn áp hoặc nguồn dòng) và các cấu kiện điện tử cùng dây dẫn điện được đấu nối với nhau theo một sơ đồ mạch đã thiết kế nhằm thực hiện một chức năng nào đó của một thiết bị điện tử hoặc một hệ thống điện tử. Ví dụ như mạch tạo dao động hình sin, mạch khuếch đại micro, mạch giải mã nhị phân, mạch đếm xung, hoặc đơn giản chỉ là một mạch phân áp,...

1.3.2. Hệ thống điện tử

Hệ thống điện tử là một tập hợp các mạch điện tử đơn giản có các chức năng kỹ thuật riêng thành một thiết bị điện tử có chức năng kỹ thuật nhất định hoặc một hệ thống điện tử phức tạp có chức năng kỹ thuật riêng như máy thu hình, máy hiện sóng, hệ thống phát thanh truyền hình, trạm truyền dẫn vi ba, hệ thống thông tin quang...Mạch điện tử hay một hệ thống điện tử bao giờ cũng có nguồn điện cung cấp một chiều (DC) để phân cực cho các cấu kiện điện tử hoạt động đúng chế độ và nguồn tín hiệu cần xử lý trong mạch.

1.4. VẬT LIỆU ĐIỆN TỬ.

Các vật liệu sử dụng trong kỹ thuật điện tử rất đa dạng và rất nhiều. Chúng được gọi chung là vật liệu điện tử để phân biệt với các loại vật liệu sử dụng trong các lĩnh vực khác. Tùy theo mục đích sử dụng và yêu cầu kỹ thuật mà lựa chọn vật liệu sao cho thích hợp đảm bảo về các chỉ tiêu kỹ thuật, dễ gia công và giá thành rẻ

- Dựa vào lý thuyết vùng năng lượng người ta chia vật chất ra làm ba loại là chất cách điện, chất bán dẫn và chất dẫn điện. Theo lý thuyết này thì các trạng thái năng lượng của

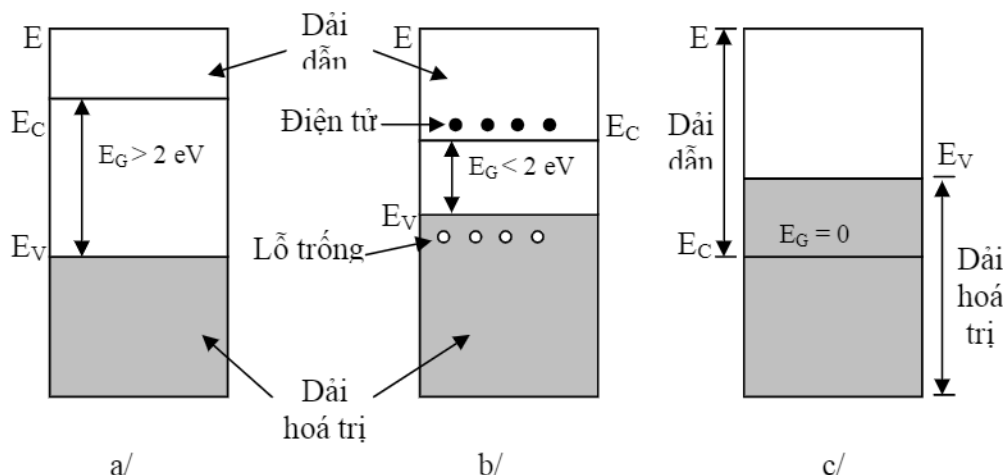
nguyên tử vật chất được phân chia thành ba vùng năng lượng khác nhau là: **vùng hóa trị**, **vùng dẫn** và **vùng cấm**. Mức năng lượng cao nhất của vùng hóa trị ký hiệu là E_V ; mức năng lượng thấp nhất của vùng dẫn ký hiệu là E_C và độ rộng vùng cấm ký hiệu là E_G .

+ Chất cách điện:

Cấu trúc vùng năng lượng của chất cách điện được mô tả trong hình 1-1a. Độ rộng vùng cấm E_G có giá trị đến vài eV ($E_G \geq 2\text{eV}$).

+ Chất bán dẫn:

Chất bán dẫn có độ rộng vùng cấm rất nhỏ ($E_G < 2\text{eV}$), xem hình 1-1b.



Hình 1- 1: Cấu trúc dải năng lượng của vật chất
a- Chất cách điện; b- Chất bán dẫn; c- Kim loại

+ Kim loại:

Cấu trúc vùng năng lượng của tinh thể không có vùng cấm, do đó vùng hóa trị hòa vào vùng dẫn (hình 1-1c) nên điện tử hóa trị chính là các điện tử tự do.

- Dựa vào ứng dụng, các vật liệu điện tử thường được phân chia thành 4 loại là chất cách điện (hay chất điện môi), chất dẫn điện, chất bán dẫn và vật liệu từ.

1.4.1. Chất cách điện (hay chất điện môi).

a. Định nghĩa.

Chất cách điện, hay còn gọi là chất điện môi. Chất cách điện có điện trở suất cao vào khoảng $10^7 \div 10^{17} \Omega\text{m}$ ở nhiệt độ phòng.

Chất cách điện gồm phần lớn các vật liệu vô cơ cũng như hữu cơ. Chúng có thể ở thể khí, thể lỏng và thể rắn.

b. Các tính chất của chất điện môi.

- *Độ thẩm thấu điện tương đối (hay còn gọi là hằng số điện môi):*

Hằng số điện môi ký hiệu là ϵ , nó biểu thị khả năng phân cực của chất điện môi và được xác định bằng biểu thức:

$$\epsilon = \frac{C_d}{C_0} \quad (1. 1)$$

Trong đó: C_d là điện dung của tụ điện sử dụng chất điện môi; C_0 là điện dung của tụ điện sử dụng chất điện môi là chân không hoặc không khí.

- *Độ tổn hao điện môi (P_a):*

Độ tổn hao điện môi là công suất điện chi phí để làm nóng chất điện môi khi đặt nó trong điện trường và được tính theo công thức tổng quát sau:

$$P_a = U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta \quad (1.2)$$

Trong đó:

- P_a là độ tổn hao điện môi đo bằng oát (w)
- U là điện áp đặt lên tụ điện đo bằng vôn (V)
- C là điện dung của tụ điện dùng chất điện môi đo bằng Farad (F)
- ω là tần số góc đo bằng rad/s
- $\operatorname{tg} \delta$ là góc tổn hao điện môi

- *Độ bền về điện của chất điện môi ($E_{đ.t}$):*

Nếu ta đặt một chất điện môi vào trong một điện trường mà nó bị mất khả năng cách điện - ta gọi đó là hiện tượng đánh thủng chất điện môi. Trị số điện áp khi xảy ra hiện tượng đánh thủng chất điện môi gọi là điện áp đánh thủng $U_{đ.t}$ thường đo bằng KV, và cường độ điện trường tương ứng với điểm đánh thủng gọi là độ bền về điện.

Độ bền về điện ký hiệu là $E_{đ.t}$ và được tính theo công thức:

$$E_{đ.t} = \frac{U_{đ.t}}{d} \quad [\text{KV/mm}; \text{KV/cm}] \quad (1.3)$$

Trong đó: $U_{đ.t}$ - là điện áp đánh thủng chất điện môi

d - là bề dày của chất điện môi bị đánh thủng

- *Nhiệt độ chịu đựng:*

Là nhiệt độ cao nhất mà ở đó chất điện môi giữ được các tính chất lý hóa của nó.

- *Dòng điện trong chất điện môi (I):*

Dòng điện trong chất điện môi gồm có 2 thành phần là dòng điện chuyển dịch và dòng điện rò.

- Dòng điện chuyển dịch $I_{C.M}$ (hay gọi là dòng điện phân cực):

Quá trình chuyển dịch phân cực của các điện tích liên kết trong chất điện môi sẽ tạo nên dòng điện phân cực $I_{C.M}$. Khi ở điện áp xoay chiều dòng điện chuyển dịch tồn tại trong suốt thời gian chất điện môi nằm trong điện trường. Khi ở điện áp một chiều dòng điện chuyển dịch chỉ tồn tại ở các thời điểm đóng hoặc ngắt điện áp.

- Dòng điện rò $I_{rò}$:

Dòng điện rò là dòng điện được tạo ra do các điện tích tự do và điện tử phát xạ ra chuyển động dưới tác động của điện trường.

Dòng điện tổng qua chất điện môi sẽ là:

$$I = I_{C.M} + I_{rò}$$

- *Điện trở cách điện của chất điện môi:*

Điện trở cách điện được xác định theo trị số của dòng điện rò:

$$R_{c.d} = \frac{U}{I - \sum I_{C.M}} \quad (1.4)$$

Trong đó: I - Dòng điện nghiên cứu

$\Sigma I_{C.M}$ - Tổng các thành phần dòng điện phân cực**c. Phân loại và ứng dụng của chất điện môi.**

Chất điện môi được chia làm 2 loại là chất điện môi thụ động và chất điện môi tích cực.

- Chất điện môi thụ động còn gọi là vật liệu cách điện và vật liệu tụ điện. Bảng 1.1 giới thiệu một số chất điện môi thông dụng và đặc tính của chúng.

- Chất điện môi tích cực là các vật liệu có thể điều khiển được như:

- + Về điện trường có gốm, thủy tinh,...
- + Về cơ học có chất áp điện như thạch anh áp điện
- + Về ánh sáng có chất huỳnh quang
- + Electric hay cái châm điện là vật chất có khả năng giữ được sự phân cực lớn và lâu dài.

Bảng 1.1. Giới thiệu đặc tính của một số chất điện môi thụ động thông dụng

Vật liệu	E_{at} KV/mm	ϵ	$tg\delta$	ρ (Ωm)	Tỷ trọng KG/m ³	Ứng dụng
Mi ca	50 ÷ 200	6 ÷ 8	0,0004	10^{15}	$2,8 \cdot 10^3$	Tụ điện, cách điện
Sứ	15 ÷ 30	6,3 ÷ 7,5		$3 \cdot 10^{14}$		Giá đỡ, tụ điện..
Gốm làm tụ		12 ÷ 900 1700 ÷ 4500	0,002 ÷ 0,025 0,0006		$4 \cdot 10^3$	Tụ cao tần, tụ tần thấp..
Nhựa tổng hợp	10 ÷ 40	4 ÷ 4,6	0,05 ÷ 0,12		$1,2 \cdot 10^3$	Cách điện
Bìa cách điện	9 ÷ 12	3 ÷ 4	0,15		$1,6 \cdot 10^3$	Cách điện
Giấy	30	3 ÷ 4				Tụ điện, cách điện
Lụa	8 ÷ 60	3,8 ÷ 4,5	0,04 ÷ 0,08		$1,5 \cdot 10^3$	Cách điện
Sáp	20 ÷ 35	2,8 ÷ 2,9				Tấm chống ấm
Paraphin	20 ÷ 30	2,2 ÷ 2,3	0,0003 ÷ 0,0007.	10^{16}		Tấm chống ấm
Nhựa thông	10 ÷ 15	3,5	0,01			Làm sạch mối hàn
Polime	15 ÷ 20	2,3 ÷ 2,4	$1 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-4}$	10^{15} $\div 10^{17}$	$0,9 \cdot 10^3$	Cách điện ở cao tần
Cao su	20 ÷ 30	3 ÷ 7	0,02 ÷ 0,1	10^{15}	$1,6 \cdot 10^3$	Vỏ dây dẫn
Dầu tụ điện	20	2,2	0,002 ÷ 0,005			Tụ điện, cách điện

1.4.2. Chất dẫn điện**a. Định nghĩa.**

Chất dẫn điện là vật liệu có độ dẫn điện cao. Điện trở suất của chất dẫn điện nằm trong khoảng $10^{-8} \div 10^{-5} \Omega m$. Trong tự nhiên chất dẫn điện có thể là chất rắn, chất lỏng hoặc chất khí.

b. Các tính chất của chất dẫn điện.

- Điện trở suất:

$$\rho = R \frac{S}{l} \quad [\Omega.m] , [\Omega.mm] , [\mu\Omega.m] \quad (1.5)$$

trong đó: S - tiết diện ngang của dây dẫn [mm²; m²]
 l - chiều dài dây dẫn [mm; m]
 R - trị số điện trở của dây dẫn [Ω]

Điện trở suất của chất dẫn điện nằm trong khoảng từ:

$\rho = 0,016 \mu\Omega.m$ (của bạc Ag) đến
 $\rho = 10 \mu\Omega.m$ (của hợp kim sắt - crôm - nhôm)

- Hệ số nhiệt của điện trở suất (α):

Hệ số nhiệt của điện trở suất biểu thị sự thay đổi của điện trở suất khi nhiệt độ thay đổi 1^oC. Khi nhiệt độ tăng thì điện trở suất cũng tăng lên theo quy luật:

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t) \quad (1.6)$$

trong đó: ρ_t - điện trở suất ở nhiệt độ t (°C)
 ρ_0 - điện trở suất ở nhiệt độ 0^oC
 α - hệ số nhiệt của điện trở suất [K⁻¹]

Đề cho kim loại nguyên chất thì hệ số nhiệt của chúng hầu như đều bằng nhau và bằng:
 $\alpha = 1/273,15 \text{ K}^{-1} = 0,004 \text{ K}^{-1}$.

- Hệ số dẫn nhiệt : λ

Lượng nhiệt truyền qua diện tích bề mặt S trong thời gian t là:

$$Q = \lambda \frac{\Delta T}{\Delta l} S t \quad (1.7)$$

Trong đó:

λ - là hệ số dẫn nhiệt [w/ (m.K)].

$\Delta T/\Delta l$ - là gradien nhiệt độ (ΔT là lượng chênh lệch nhiệt độ ở hai điểm cách nhau một khoảng là Δl)

S - là diện tích bề mặt

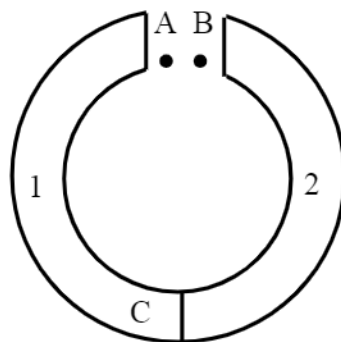
t - là thời gian

- Công thoát của điện tử trong kim loại:

Năng lượng cần thiết cấp thêm cho điện tử để nó thoát ra khỏi bề mặt kim loại được gọi là công thoát của kim loại. E_w

- Điện thế tiếp xúc:

Nghiên cứu hai chất kim loại tiếp xúc với nhau như tiếp xúc C trong hình 1- 2.



Hình 1- 3 : Hai kim loại có tiếp xúc C.