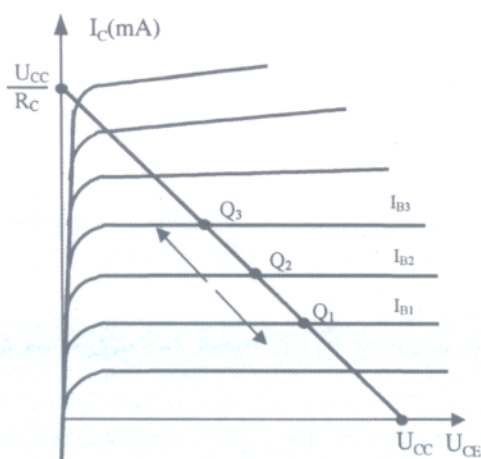
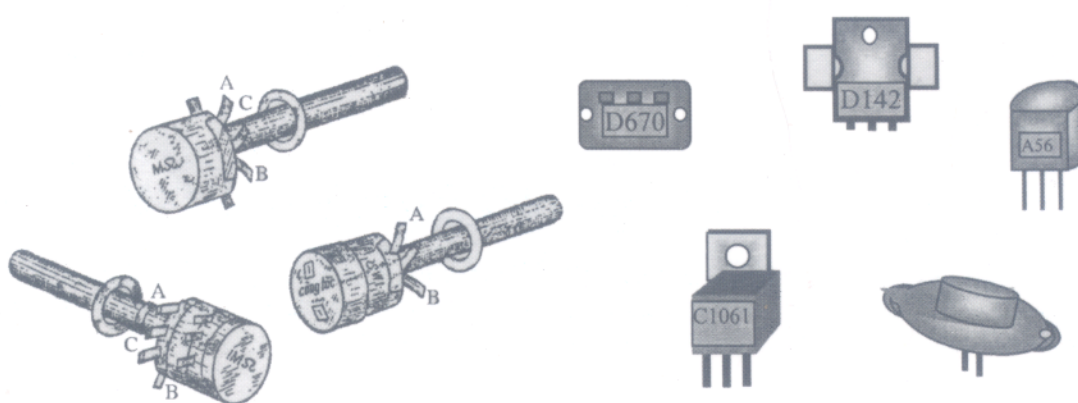
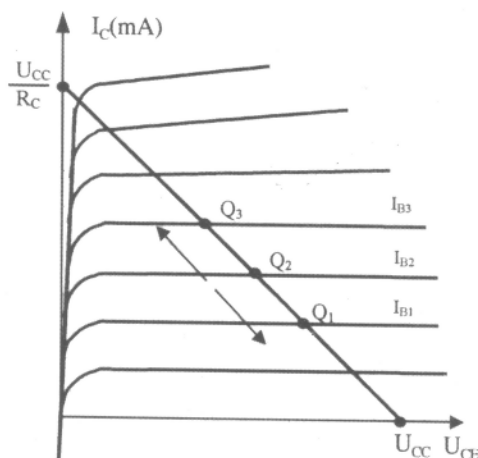
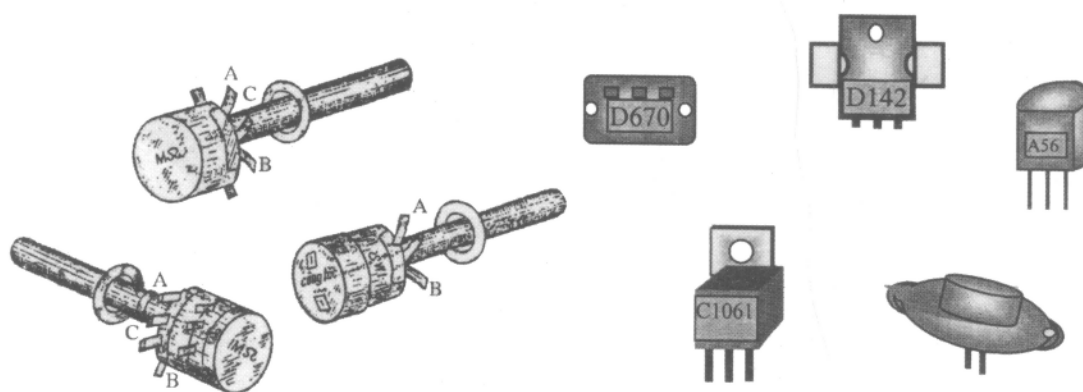


LINH KIỆN ĐIỆN TỬ



LINH KIỆN ĐIỆN TỬ



LỜI NÓI ĐẦU

Khoa học và công nghệ ngày càng phát triển trên thế giới. Chúng ta cần cung cấp kiến thức khoa học công nghệ cho công nhân trẻ, những người mong muốn được học tập và nghiên cứu để tiếp tục sự nghiệp phát triển nền công nghiệp Việt Nam.

Để đáp ứng nhu cầu trên, dự án “**Tăng cường Khả năng Đào tạo Công nhân kỹ thuật tại trường Cao đẳng Công nghiệp Hà Nội**” đã được thành lập và bắt đầu hoạt động từ ngày 1 tháng 4 năm 2000 theo thoả thuận hợp tác kỹ thuật giữa hai chính phủ Việt Nam và Nhật Bản. Đây là dự án hợp tác kỹ thuật về dạy nghề trên 3 lĩnh vực: gia công kim loại tấm, điều khiển điện và gia công cơ khí.

Cuốn giáo trình “**Linh kiện điện tử**” được viết với sự hỗ trợ của chuyên gia Nhật Bản dài hạn là một trong những hoạt động của Dự án.

Cuốn giáo trình này giới thiệu các linh kiện điện tử thụ động, tích cực, linh kiện quang, cho đến các mạch tổ hợp, nó giúp cho độc giả có kiến thức cơ sở, làm nền móng cho các môn học khác thuộc lĩnh vực điện tử như: kỹ thuật mạch điện tử, kỹ thuật số...nó còn là một tài liệu tham khảo bổ ích cho các giáo viên ở các trường dạy nghề.

Chúng tôi hy vọng cuốn giáo trình này sẽ được sử dụng hữu ích trong việc phát triển khả năng nghề của học viên tại môi trường làm việc công nghiệp đích thực.

Tháng 2 năm 2003

BAN ĐIỀU KHIỂN ĐIỆN

Dự án JICA-HIC

MỤC LỤC

Chương I	
Linh kiện điện tử.....	18
Chương II	
Điốt bán dẫn	24
Chương III	
Tranzito lưỡng cực	40
Chương IV	
Tranzito hiệu ứng trường.....	52
Chương V	
Bán dẫn có hai trạng thái bền.....	63
Chương VI	
Linh kiện quang.....	80
Chương VII	
Mạch tổ hợp.....	86
Tài liệu tham khảo.....	95

CHƯƠNG I

LINH KIỆN THỤ ĐỘNG

1. CÁC LOẠI ĐIỆN TRỞ THƯỜNG DÙNG

1.1. Đặc tính kỹ thuật

Các loại điện trở thường dùng có những đặc tính kỹ thuật sau:

1.1.1. Trị số danh định: Trị số này tính bằng ôm, thường được ghi trên thân điện trở bằng chữ số hoặc bằng màu. Trị số điện trở có thể từ vài ôm đến vài triệu ôm.

1.1.2. Dung sai: Dung sai là độ sai số của điện trở, có 3 cấp thường dùng là: 20%, 10% và 5%. Ngoài ra loại điện trở sản xuất đặc biệt dùng cho các máy đo có độ dung sai rất nhỏ cỡ 1%.

Một điện trở 100 Ω có độ dung sai 5% thì trị số thực tế có thể từ 95 Ω đến 105 Ω (tức là $100 \Omega \pm 5 \Omega$).

1.1.3. Công suất danh định: Công suất danh định là công suất tối đa có thể tiêu tán trên điện trở, mà không làm hư hỏng điện trở đó khi nhiệt độ của không khí xung quanh ở 20°C. Công suất này bao giờ cũng phải lớn hơn hoặc bằng công suất tiêu thụ của điện trở $P = RI^2$ (với I là dòng điện qua điện trở và R là trị số điện trở).

Ngoài những đặc tính trên, người ta còn chú ý tới điện cảm, điện dung ký sinh, mức độ tạp âm gây nên bởi điện trở và độ ổn định trị số khi nhiệt độ làm việc thay đổi.

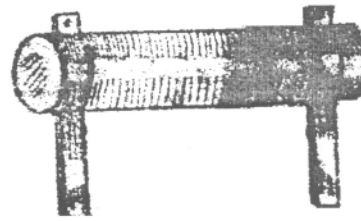
Trong thực tế, ta chỉ cần chú ý đến 3 đặc tính chủ yếu trên.

1.2. Các loại điện trở cố định

1.2.1. Điện trở dây quấn: Điện trở dây quấn làm bằng dây hợp kim có điện trở suất cao, quấn trên lõi bằng vật liệu cách điện chịu được nhiệt độ cao như sứ, amiăng, mica...

Bên ngoài có thể để trần hoặc quét một lớp sơn cách điện hay phủ một lớp men để chống ẩm. Trị số điện trở được ghi trên lớp sơn này.

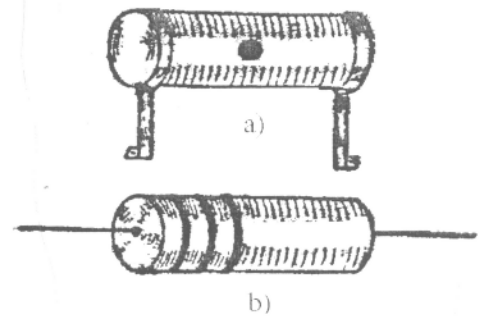
Điện trở dây quấn giá đắt, nhưng có độ ổn định cao và thường có công suất danh định lớn từ vài oát đến vài trăm oát. Do làm bằng dây quấn lại, nên điện cảm của bản thân điện trở khá lớn. Vì vậy, người ta ít dùng nó trong mạch cao tần mà chỉ dùng nó trong mạch âm tần và mạch điện một chiều.



Hình 1-1: Điện trở dây cuốn

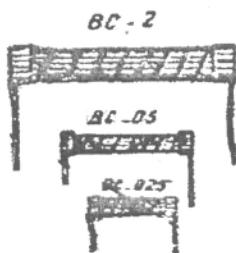
1.2.2. Điện trở than ép: Điện trở than ép làm bằng bột than chì trộn lẫn với lớp keo cách điện theo tỉ lệ thích hợp, để có trị số cần thiết, rồi đem ép lại thành từng thỏi. Hai đầu có cuốn hai sợi dây kim loại để hàn vào mạch điện. Có hai loại điện trở than ép: loại có đuôi cuốn tròn (hình 1- 2a) và loại có đuôi xuyên trục (hình 1- 2b).

Trị số danh định của điện trở thường được ghi bằng ký hiệu màu trên thân điện trở. Điện trở than ép có trị số từ vài chục đến vài triệu ôm, độ dung sai lớn (20%), công suất khoảng một vài oát, độ ổn định kém. Loại điện trở này rất



Hình 1-2: Điện trở than ép

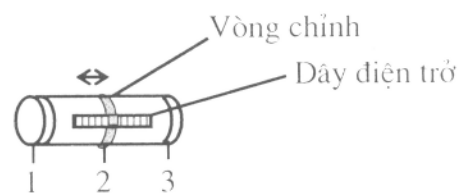
rẻ nên rất thông dụng.



Hình 1-3: Điện trở than phun. Trị số từ vài chục ôm đến vài chục triệu ôm và được ghi bằng số trên thân điện trở, công suất khoảng một vài oát, độ dung sai từ 5% đến 10% (hình 1-3).

1.3. Các loại điện trở thay đổi

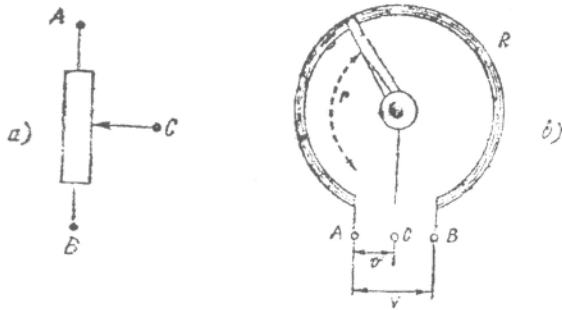
1.3.1. Điện trở thay đổi là điện trở dây quấn: Dọc theo chiều dài điện trở người ta chừa một rãnh không phun sơn cách điện và



Hình 1-4: Điện trở thay đổi

ở giữa có một vòng kim loại, bắt chặt bởi một ốc. Nới ốc này cho vòng lỏng ra, ta có thể xê dịch vòng tới chỗ có trị số điện trở thích hợp thì xiết chặt ốc lại (hình 1-4).

1.3.2. Biến trở: Biến trở là một điện trở có thể biến đổi tùy theo yêu cầu. Biến trở thường gặp nhất là chiết áp. Có hai loại chiết áp: chiết áp dây quấn và chiết áp than phun. Chiết áp được ký hiệu trên sơ đồ như hình 1-5a.



Hình 1-5: Chiết áp

Chiết áp dây quấn:

Người ta quấn dây dẫn điện có điện trở suất cao, đường kính nhỏ trên một lõi nhựa cách điện mỏng hình chữ nhật, hai đầu hàn vào hai chốt dẫn điện A và B, rồi cuộn bằng đó thành hình vòng cung. Tất cả bọc vào trong một vỏ bọc kim loại có nắp đậy. Trượt trên

bằng dây dẫn là một con chạy có trục điều khiển ăn ra ngoài nắp hộp. Con chạy được hàn ra chốt dẫn điện C.

Chiết áp dây quấn được sản xuất với các trị số từ vài chục ôm đến vài ngàn ôm có công suất danh định khá lớn (vài oát đến vài chục oát).

Chiết áp than phun:

Người ta phun trên miếng nhựa mỏng một lớp than mỏng hình vòng cung, hai đầu lớp than nối với hai “chốt” A và B. Trên lớp than vòng cung có một con chạy bằng đồng tỳ lên. Con chạy được hàn ra “chốt” dẫn điện C.

Khi quay trục thì con chạy trượt trên lớp than và ta lấy ra được giữa A và C hoặc B và C một điện trở biến đổi.

Chiết áp than phun được sản xuất với các trị số từ vài nghìn ôm đến vài triệu ôm và có công suất danh định nhỏ (cỡ 1 oát).

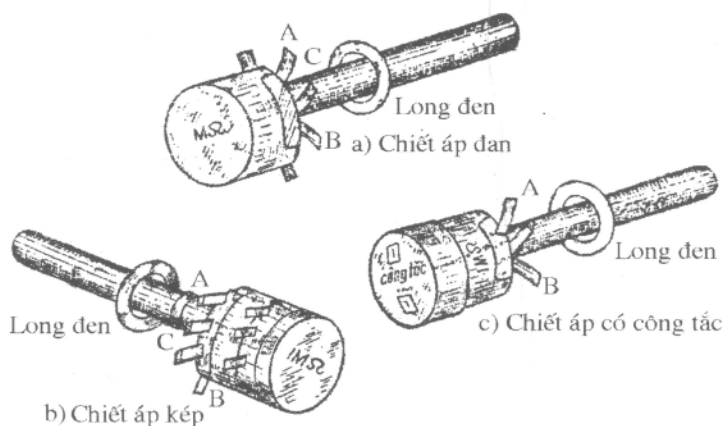
Trong hình 1-5b, hai “chốt” A và B là hai đầu, còn “chốt” C là điểm giữa của hai chiết áp. Khi đấu chiết áp vào mạch điện, ta cần lưu ý sao cho khi xoay trục điều khiển con chạy theo chiều thuận của kim đồng hồ thì âm lượng tăng. Vỏ bọc kim loại của chiết áp cần được hàn xuống bộ máy, để tránh ảnh hưởng của các từ trường và điện trường xoay chiều.

Người ta còn chia chiết áp thành 3 loại khác nhau, tùy theo cách biến đổi trị số điện trở khi ta quay con chạy theo chiều thuận của kim đồng hồ.

+ Loại biến đổi theo đường thẳng thì khi ta quay con chạy, trị số điện trở tăng tỷ lệ thuận với góc quay.

+ Loại phổ biến theo quy luật logarit thì khi ta quay con chạy, lúc đầu điện trở tăng nhanh theo góc quay, sau đó tăng chậm dần.

+ Loại biến đổi theo quy luật hàm số mũ thì khi ta quay con chạy, lúc đầu điện trở tăng chậm, rồi sau đó tăng nhanh. Trong máy tăng âm và máy thu thanh, người ta thường dùng chiết áp biến đổi theo hàm số mũ làm cái điều chỉnh âm sắc và chiết áp biến đổi theo hàm số logarit làm cái điều chỉnh âm lượng. Hình 1- 6 là hình dạng của một số kiểu chiết áp.



Hình 1- 6: Các loại chiết áp

Ta thấy loại chiết áp kép gồm hai chiết áp và có chung một trục điều khiển con chạy và loại chiết áp có hãm đóng mở. Hãm này sẽ cắt điện từ nguồn vào máy. Khi ta vận trục quay ngược chiều kim đồng hồ, tới lúc nghe thấy một tiếng “tách” nhỏ là ta đã cắt điện vào máy, khi ta vận núm theo chiều thuận của kim đồng hồ tới khi cũng nghe một tiếng “tách” nhỏ là điện nguồn đã được đưa vào máy.

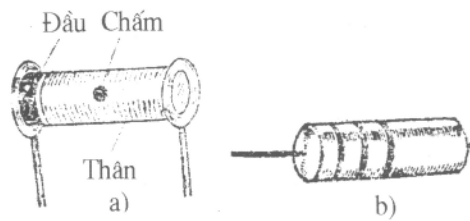
1.4. Cách đọc trị số của điện trở và ước lượng công suất của điện trở

Điện trở dây quấn và điện trở than phun có trị số điện trở và công suất danh định ghi bằng chữ số trên thân điện trở. Điện trở than ép có trị số điện trở danh định ghi theo ký hiệu màu. Có hai cách ghi:

Cách của Châu Âu ghi theo luật “thân đầu chấm”.

Cách của Mỹ ghi theo luật vòng màu.

1.4.1. Cách ghi theo luật “thân đầu chấm” (Hình 1-7a).



Màu sơn trên toàn thân điện trở là chữ số thứ nhất. Màu sơn trên một trong hai đầu của điện trở là chữ số thứ hai, chấm sơn ở giữa thân điện trở là số con số không.

Hình 1-7: Cách ghi trị số điện trở theo màu sắc

Trị số của các màu sơn tính theo bảng quy ước về luật như sau:

Đen	= 0	Xanh lá cây	= 5
Nâu	= 1	Xanh lơ	= 6
Đỏ	= 2	Tím	= 7
Cam	= 3	Xám	= 8
Vàng	= 4	Trắng	= 9

Nếu chấm là đen thì có nghĩa là không có số 0 nào theo sau.

Ví dụ: Điện trở có thân màu nâu, đầu màu đen, chấm màu đen thì trị số là 10Ω.

- Điện trở có thân màu đỏ, đầu màu xanh lá cây, chấm màu vàng thì trị số là 250.000 Ω hoặc 250 KΩ.
- Điện trở có thân màu nâu, đầu màu đen, chấm màu đỏ thì có trị số là 1000 Ω hoặc 1 KΩ.

1.4.2. Cách ghi theo vòng (hình 1-7b)

Toàn thân sơn một màu (màu này không tính), sau đó ở một trong hai đầu điện trở có sơn liên tiếp ba vòng bằng màu (hình 1-7b).

Trị số điện trở được đọc theo thứ tự tính từ vòng gần đầu điện trở. Vòng thứ một và thứ hai là các số ghi thẳng theo trị số của màu sơn, còn vòng thứ ba là

số lượng số 0 cần thêm vào hai số trên.

Độ dung sai được ghi bằng vòng thứ tư, theo quy ước về màu như sau:

Màu kim nhũ là dung sai 5%.

Màu ngân nhũ là dung sai 10%.

Dung sai là 20% thì chỉ có 3 vòng màu.

Thí dụ: một điện trở có vòng thứ 1 màu vàng, vòng thứ 2 màu tím, vòng thứ 3 màu đỏ, vòng thứ 4 màu kim nhũ thì có trị số là $4700\ \Omega$ và độ dung sai là 5%.

Khi vòng thứ 3 sơn màu đen thì có nghĩa là không có số không theo sau.

Thí dụ: một điện trở có vòng thứ nhất màu đỏ, vòng thứ 2 màu xanh lá cây, vòng thứ 3 màu đen thì có trị số là $25\ \Omega$ và dung sai là 20%.

Để ghi trị số của điện trở dưới $10\ \Omega$, người ta sơn vòng thứ 3 bằng kim nhũ hoặc ngân nhũ. Màu kim nhũ thì nhân với 0,1 ; màu ngân nhũ thì nhân với 0,01 .

Ví dụ : Vòng thứ 1 đỏ, vòng thứ hai đen, vòng thứ 3 kim nhũ, vòng thứ 4 ngân nhũ thì đọc là $2\ \Omega$ và độ dung sai là 10%.

Công suất danh định của điện trở than có thể ước lượng theo kích thước như sau:

Chiều dài	Đường kính	Công suất
10 mm	3 mm	0,25 oát
20 mm	4 mm	0,5 oát
20 mm	8 mm	1 oát
40 mm	8 mm	2 oát

2. CÁC LOẠI TỤ ĐIỆN THƯỜNG DÙNG

2.1. Đặc tính kỹ thuật thường dùng

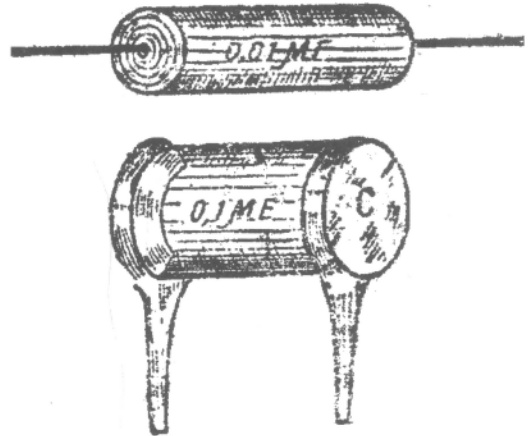
Đặc tính kỹ thuật chủ yếu của tụ điện là trị số điện dung tính bằng đơn vị picrofara (một phần triệu triệu fara) hoặc bằng đơn vị microfara (một phần

triệu fara) và trị số điện áp làm việc tính bằng vôn. Nếu sử dụng các chế độ điện áp lớn hơn, tụ điện sẽ bị đánh thủng.

2.2. Phân loại tụ điện

Người ta phân loại tụ điện theo chất điện môi dùng trong tụ điện (tụ mica, tụ gốm, tụ giấy, tụ không khí, ...).

2.2.1. Tụ giấy: gồm 2 băng kim loại rất mỏng dùng làm 2 má tụ điện. Giữa 2 má là băng giấy cách điện mỏng bằng giấy bóng tẩm dầu. Tất cả được cuộn lại thành ống tròn, bên ngoài có bọc ống giấy hay ống thủy tinh, ở 2 đầu có đồ nhựa bịt kín. Mỗi băng kim loại được hàn ra một đầu dây dẫn (hình 1-8), để nối các mạch điện trong máy. Tụ điện giấy giá rất rẻ và tuy có kích thước nhỏ nhưng có điện dung khá lớn (từ vài vạn picrofara đến vài microfara). Điện áp làm việc tương đối lớn, từ vài trăm vôn đến vài nghìn vôn. Trị số điện dung của tụ có sai số từ 10% đến 20%. Tụ điện giấy thường được dùng trong các mạch điện tần số thấp.

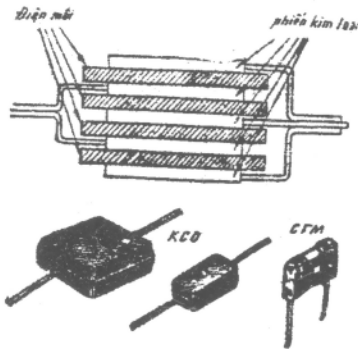


Hình 1-8: Tụ điện giấy

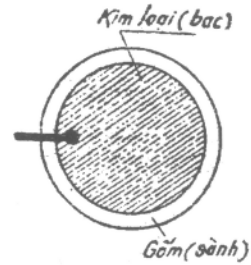
2.2.2. Tụ mica: Gồm những lá kim loại rất mỏng xen kẽ với những lá mica rất mỏng, đặt trong một vỏ nhựa (hình 1-9). Các lá kim loại lẻ nối với nhau và nối vào một đầu ra thứ nhất. Các lá kim loại chẵn nối với nhau và nối vào một đầu ra thứ hai. Tụ điện mica thường có trị số từ vài chục đến vài nghìn picrofara, điện áp làm việc từ 250 V- 5000 V. Tụ điện mica có tính năng kỹ thuật tốt hơn tụ điện giấy, nhưng giá thành đắt hơn. Người ta thường dùng tụ điện mica trong các mạch cao tần.

2.2.3. Tụ gốm: Làm bằng một miếng gốm hình ống nhỏ hay hình tròn dẹt và mỏng như chiếc khay áo, ở hai bên mặt có tráng kim loại bạc, hình thành hai má của tụ điện (hình 1-10). Trị số của tụ điện vào khoảng từ vài picrofara đến vài chục nghìn picrofara. Điện dung rất ổn định và có hệ số nhiệt âm, nghĩa là khi nhiệt độ tăng thì điện dung giảm. Người ta thường dùng tụ gốm vào các mạch tần số cao.

2.2.4. *Tụ hoá học*: Gồm hai má là hai lá nhôm mỏng, ở giữa hai má có chất hoá học. Khi nối hai má tụ với nguồn một chiều, thì chất hoá học sẽ làm cho mặt nguồn nhôm bị bao phủ một màng mỏng oxit nhôm. Màng mỏng oxit nhôm này là chất điện môi của tụ.



Hình 1-9: Tụ điện mica

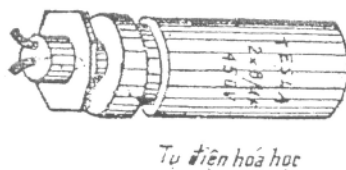


Hình 1-10: Tụ điện gốm

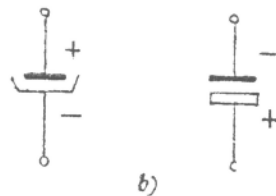
Ưu điểm của tụ hoá là có trị số điện dung lớn. Loại có trị số điện áp làm việc cao từ 100 V- 500 V thì có trị số từ vài microfara đến vài chục microfara.

Loại có trị số điện áp làm việc thấp từ vài vôn đến vài chục vôn thì có trị số khá lớn, từ hàng chục đến hàng nghìn microfara. Tụ hoá thường có dạng hình trụ và được bọc kín, để cho dung dịch hoá học khỏi mau khô, vì khi dung dịch bị khô thì trị số của tụ bị giảm đi. Hình dáng tụ hoá như hình 1-11a.

Tụ hoá có hai cực dương và âm rõ rệt, nên chỉ dùng vào mạch có điện một chiều, khi đấu tụ hoá vào mạch điện một chiều phải chú ý đến cực dương của tụ về phía cực dương của nguồn, cực âm của tụ về cực âm của nguồn.



Tụ điện hoá học



b)

Hình 1-11: Tụ điện hoá học

Nếu đấu ngược, tụ hoá sẽ bị hỏng. Khi dùng ôm mét để kiểm tra tụ hoá cũng cần lưu ý điểm này thì kết quả kiểm tra mới chính xác. Đồng thời mới tránh được hư hỏng có thể xảy ra cho loại tụ có điện áp làm việc thấp. Tụ hoá có dòng điện rò lớn và khi nhiệt độ tăng thì dòng điện rò cũng tăng theo. Vì thế lúc bố trí tụ hoá trong máy, cần lưu ý để tụ ở xa những nơi có nhiệt độ cao.

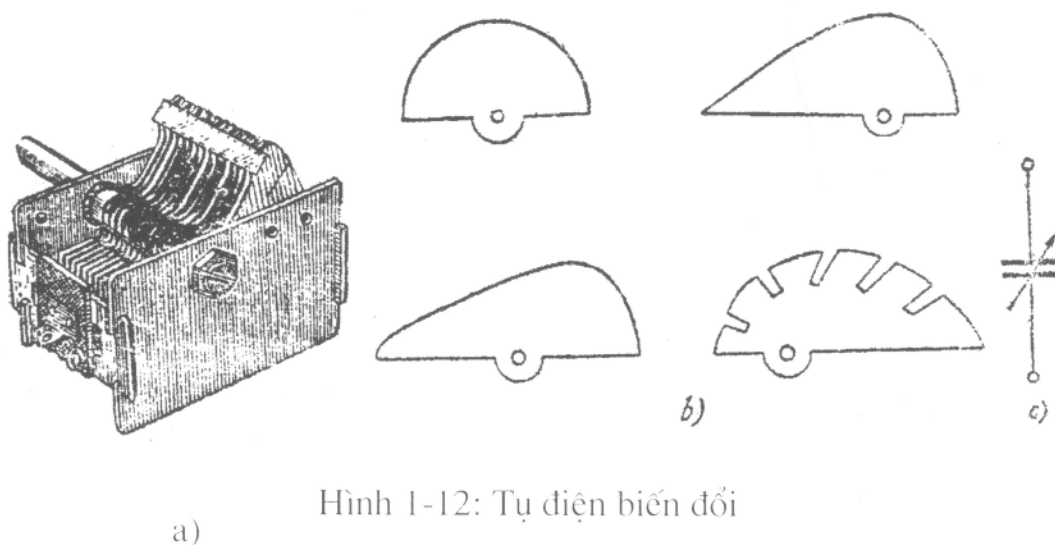
Khi để lâu không dùng thì trị số điện dung của tụ hoá bị giảm. Vì vậy, tụ cất giữ lâu ngày thì khi đem ra dùng không nên mắc ngay tụ vào điện áp cao. Lúc đầu phải mắc tụ vào điện áp thấp, rồi mới đưa vào điện áp bình thường.

Ký hiệu tụ hoá trong sơ đồ hình 1-11b.

2.2.5. *Tụ biến đổi*: Tụ biến đổi còn được gọi là tụ xoay, là loại tụ có thể thay đổi được trị số, tùy theo yêu cầu sử dụng, bằng cách xoay núm vận trục của tụ.

Loại tụ này có điện môi là không khí, có trị số từ 15 picrofara đến 500 picrofara, thường được dùng trong các mạch cộng hưởng cao tần của máy thu và máy phát vô tuyến điện.

Tụ gồm một má tĩnh và một má động, mỗi má do nhiều phiến kim loại hợp thành và sắp xếp xen kẽ nhau theo lối cài răng lược. Má tĩnh được bắt vào một miếng cách điện bằng mica hay sứ cao tần, còn má động được hàn vào một trục quay có tiếp xúc điện với khung tụ. Hai ổ bi nhỏ ở hai đầu trục cho phép ta quay trục dễ dàng (hình 1-12a).



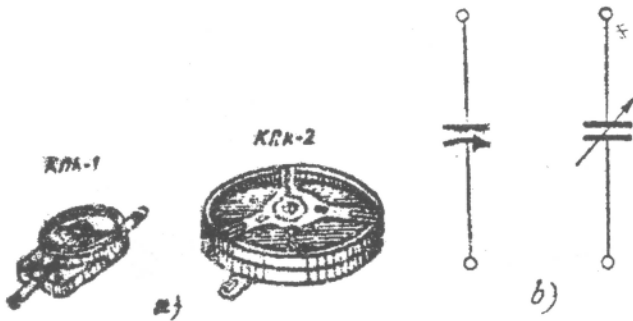
Hình 1-12: Tụ điện biến đổi

Lúc lắp tụ vào mạch cộng hưởng, người ta thường đấu má động ra bề mặt, còn má tĩnh hàn với đầu trên của cuộn cảm. Các phiến kim loại của tụ được làm theo nhiều kiểu có hình thù khác nhau, như các hình 1-12b nhằm đạt những mục đích kỹ thuật riêng biệt trong việc khắc mặt chia độ dò đài ở mặt kính của máy thu thanh. Trị số tụ thay đổi theo độ ghép giữa các má động và các má tĩnh của nó. Ta thường dùng các loại tụ xoay một ngăn, hai ngăn và ba ngăn.

Phiến cuối cùng của mỗi ngăn tụ được cắt khía thành nhiều phần, để lúc đồng chỉnh máy thì ta có thể dễ dàng uốn, nhằm thay đổi trị số điện dung theo yêu cầu từng đoạn tần số.

Ký hiệu tụ xoay trong sơ đồ hình 1-12c.

2.2.6. *Tụ nửa biến đổi*: hay là tụ biến đổi nhỏ có điện môi bằng gốm hoặc mica, có trị số từ 10 picrofara đến 60 picrofara. Loại này cũng có một má tĩnh và một má động. Người ta thường mắc song song tụ này với tụ xoay trong các mạch cộng hưởng song song, để đạt được trị số điện dung cần thiết thật chính xác, tụ nửa biến đổi có hình dáng và ký hiệu trên sơ



Hình 1-13: Tụ điện nửa biến đổi

đồ như hình 1-13 a) và b).

3. CÁC LOẠI CUỘN CẢM THƯỜNG DÙNG

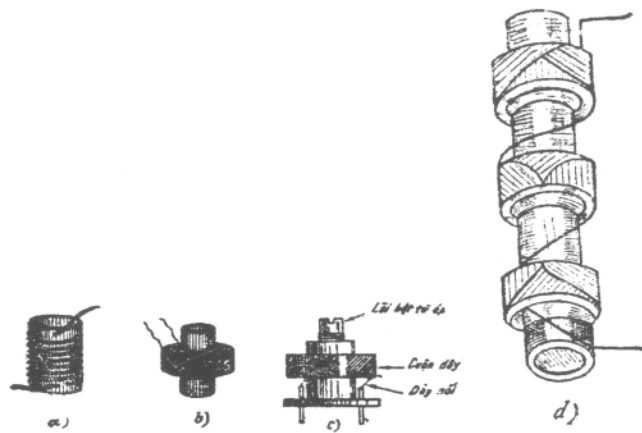
3.1. Phân loại

Có nhiều cách phân loại cuộn cảm. Có thể phân loại theo kết cấu như cuộn cảm một lớp, cuộn cảm nhiều lớp, cuộn cảm có lõi không khí, cuộn cảm có lõi bột sắt, cuộn cảm có lõi sắt... Có thể phân loại theo nhiệm vụ như cuộn cảm trong mạch cộng hưởng, cuộn cảm chặn cao tần, cuộn cảm chặn âm tần... Cũng có thể phân loại theo tần số làm việc như cuộn cảm cao tần, cuộn cảm âm tần...

3.2. Kết cấu của cuộn cảm

3.2.1. Cuộn cảm một lớp, lõi không khí:

Thường được dùng trong các mạch dao động và mạch cộng hưởng, gồm một số vòng dây quấn vòng nọ sát với vòng kia và cách nhau một hay vài lần đường kính sợi dây (hình 1-14a). Dây có thể cuốn trên khung đỡ bằng vật liệu cách điện cao tần hay nếu cuộn dây đủ cứng thì có thể không cần khung đỡ, mà chỉ cần hai kẹp giữ hai bên.



Hình 1-14: Cuộn cảm

Muốn có hệ số phẩm chất tốt thì chiều dài cuộn dây chỉ nên bằng hoặc gấp một lần rưỡi đường kính của lõi mà thôi.

3.2.2. Cuộn cảm nhiều lớp, lõi không khí:

Khi trị số cuộn cảm lớn, cần có số vòng dây nhiều, nếu quấn một lớp thì chiều dài cuộn dây quá lớn và điện dung ký sinh quá nhiều. Để kích thước được hợp lý và giảm được điện dung ký sinh, người ta quấn các vòng của cuộn dây thành nhiều lớp chồng lên nhau theo kiểu tổ ong, như hình 1-14b.

Vì dòng điện cao tần chỉ chạy bên ngoài mặt của các dây dẫn, nên người ta thường dùng loại dây làm bằng nhiều sợi nhỏ tết lại. Các sợi dây nhỏ này đều được tráng men hoặc có vỏ bọc tơ, cách điện với nhau.

3.2.3. Cuộn cảm có lõi bột sắt từ

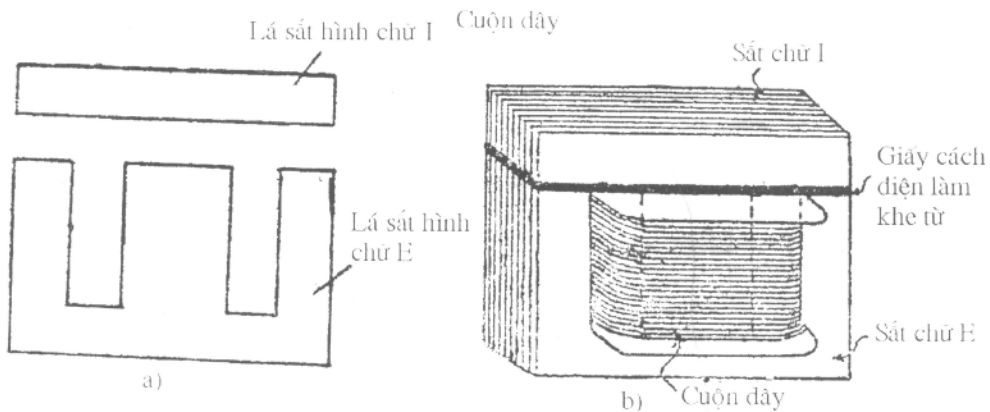
Ta có thể tăng trị số phẩm chất, đồng thời rút bớt được kích thước của hai kiểu cuộn cảm trên bằng cách lồng vào giữa nó một lõi ferit. Thân lõi có răng xoáy ốc. Hai đầu có khía hai rãnh. Người ta dùng một cái quay vít nhựa điều chỉnh lõi lên xuống trong lòng cuộn dây, để tăng giảm trị số của cuộn dây đó (hình 1-14c).

3.2.4. Cuộn cảm nhiều đoạn hay cuộn cảm ngăn cao tần

Cũng là cuộn cảm nhiều lớp dây, nhưng quấn lại thành nhiều đoạn trên một lõi cách điện, đoạn nọ cách đoạn kia độ vài minimét. Quấn như vậy điện dung ký sinh giảm đi rất nhiều lần (hình 1-14d).

3.2.5. Cuộn cảm âm tần

Cuộn cảm âm tần được dùng trong các mạch điện âm tần và trong các bộ lọc của nguồn điện máy thu thanh, máy phát thanh, máy tăng âm....Trị số của nó vào khoảng vài Henry tới vài chục Henry. Các vòng dây được quấn thành từng lớp đều đặn, vòng nọ xít với vòng kia, lớp nọ cách lớp kia bằng một lớp giấy bóng cách điện. Khung đỡ cuộn dây làm bằng bìa pret-xpan. Lõi từ là các lá thép silic mỏng cắt thành hình chữ E và I. Mỗi lớp E và I xếp lại với nhau thành một mạch từ kín như hình 1-15a, b.



Hình 1-15: Cuộn cảm âm tần

Nếu cuộn cảm dùng trong mạch có dòng điện một chiều chạy qua thì cần xếp tất cả các chữ E về một bên, tất cả các chữ I về một bên và ngăn cách giữa hai bên E và I bằng một tờ giấy cách điện có tác dụng làm khe từ. Độ dày của tờ giấy tùy thuộc theo yêu cầu.

4. CÁC LOẠI BIẾN ÁP THÔNG THƯỜNG

4.1. Cấu tạo

Mỗi biến áp gồm có một cuộn dây sơ cấp và một hoặc vài cuộn dây thứ cấp cùng quấn trên một khung đỡ bằng giấy cách điện hoặc bằng nhựa bakelit.

Cuộn sơ cấp là cuộn mà ta cho dòng điện ở nguồn điện vào. Cuộn thứ cấp là cuộn dây ta lấy ra dòng điện đã biến đổi để sử dụng.

Khi ta cho dòng điện xoay chiều hoặc dòng điện một chiều có gợn sóng vào bên cuộn thứ cấp thì từ trường sinh ra ở xung quanh cuộn dây sẽ luôn luôn biến đổi theo cùng nhịp điệu với sự biến đổi của dòng điện sơ cấp. Tại hai đầu cuộn thứ cấp sẽ có một điện áp cảm ứng có cùng tần số với tần số của điện áp bên sơ cấp.

4.2. Tỷ số biến áp

Tỷ số biến áp ký hiệu bằng chữ n , là tỷ số giữa điện áp thứ cấp và điện áp sơ cấp:

$$n = \frac{U_2}{U_1}$$

U_1 : điện áp sơ cấp

U_2 : điện áp thứ cấp

Ví dụ: Một biến áp, khi đưa vào cuộn sơ cấp điện áp 110 V và lấy ra được ở cuộn thứ cấp 220 V thì hệ số n của nó bằng:

$$n = \frac{220 \text{ V}}{110 \text{ V}} = 2$$

Trong biến áp tần số thấp tỷ số biến áp được biểu diễn theo tỷ lệ số vòng thứ cấp và sơ cấp:

$$n = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1}$$

N_1 : số vòng sơ cấp.

N_2 : số vòng thứ cấp.

Khi đấu một trở kháng vào thứ cấp thì trở kháng bên sơ cấp bị ảnh hưởng bởi hệ số n này theo quan hệ:

$$Z_1 = n^2 Z_2$$

Z_1 : trở kháng bên sơ cấp.

Z_2 : trở kháng bên thứ cấp.

Khi cuộn thứ cấp bị hở, hai đầu không nối vào đâu cả thì cuộn sơ cấp đối với nguồn điện chỉ là một cuộn cảm đơn thuần.

4.3. Phân loại biến áp

Người ta thường phân loại biến áp theo tần số làm việc, như biến áp cao tần hay biến áp trung tần làm việc với tần số từ hàng trăm Khz trở lên và biến áp âm tần làm việc với khoảng tần số thấp từ 50 Hz ~ 20000 Hz.

Người ta còn phân loại biến áp theo nhiệm vụ công tác như biến áp micro, biến áp nối tầng, biến áp đảo pha, biến áp ra...

4.4. Biến áp cao tần

Biến áp cao tần gồm hai cuộn dây dẫn quấn trên cùng một ống cách điện cao tần. Dây dẫn có thể làm bằng một dây đồng tráng men hay mạ bạc có đường kính lớn hoặc bằng nhiều sợi dây nhỏ tết lại và cách điện với nhau. Hai cuộn sơ cấp và thứ cấp có thể quấn chồng lên nhau, hoặc có thể quấn cách nhau một khoảng chừng vài ba milimet. Khoảng cách càng gần thì độ ghép càng lớn.

Người ta còn cho lõi ferit vào lòng các cuộn dây để tăng thêm hệ số tự cảm và hệ số phẩm chất của nó. Lõi này có thể điều chỉnh được, vì có ren răng ốc như ở cuộn cảm của lõi ferit.

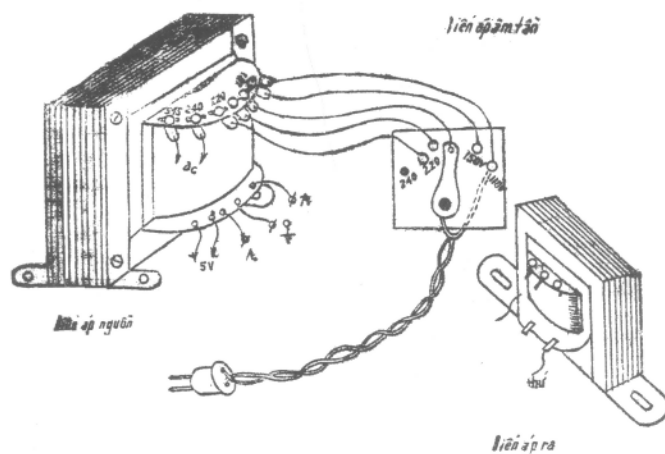
Để tránh ảnh hưởng ghép ký sinh giữa biến áp và các vật liệu xung quanh, người ta thường bọc kín nó lại bằng một hộp kim loại. Khi lắp vào mạch, vỏ hộp này được đấu ra bộ máy.

4.5. Biến áp âm tần

Tất cả các biến áp âm tần đều có lõi bằng các lá thép silic mỏng hoặc bằng vật liệu từ tính khác như pécmalôi v.v. Hình thức và cách bố trí lõi từ tương tự như cuộn cảm âm tần.

Các cuộn dây của biến áp đều được quấn trên một khung đỡ bằng chất cách điện như nhựa ba-kê-lit, tếch-tô-lít, bìa bret-xơ-pan. Các cuộn dây này cần được cách điện với nhau và với lõi sắt từ. Tùy theo điều kiện sử dụng, độ cách điện này phải vào khoảng vài trăm $K\Omega$ đến vài $M\Omega$.

Biến áp micro, biến áp nối tầng, biến áp ra, biến áp đường dây, biến áp loa...đều là những loại biến áp âm tần. Biến áp nguồn cung cấp cũng có cấu tạo như biến áp âm tần. Hình dáng biến áp âm tần như hình 1-16.



Hình 1-16: Biến áp âm tần và biến áp nguồn cung cấp

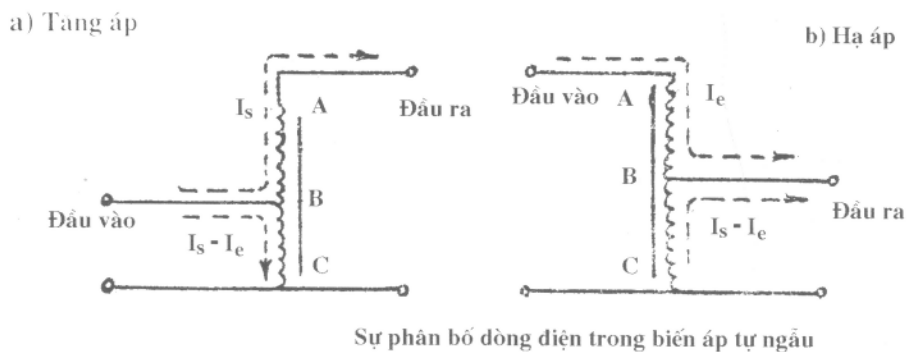
4.6. Biến áp tự ngẫu

Biến áp tự ngẫu thường dùng để tăng giảm điện áp có tần số công nghiệp 50Hz của lưới điện thành phố.

Trong các biến áp thường dùng, cuộn sơ cấp và thứ cấp là hai cuộn riêng biệt. Dòng điện từ ngoài vào chỉ chạy trong cuộn sơ cấp. Còn dòng điện lấy ra sử dụng chỉ chạy trong cuộn thứ cấp. Trong biến áp tự ngẫu, điện áp vào và điện áp ra đều lấy trên cùng một cuộn dây, nghĩa là biến áp không có cuộn sơ cấp và thứ cấp riêng rẽ nữa.

Trên cùng một đoạn của cuộn dây, có cả hai dòng điện thứ cấp và sơ cấp cùng chạy (hình 1-17).

Ưu điểm của biến áp tự ngẫu là có thể tích nhỏ, trọng lượng dây ít, đoạn dây có hai dòng điện sơ cấp và thứ cấp cùng chạy có thể dùng dây có tiết diện nhỏ, mà vẫn đảm bảo, vì tại đây hai dòng điện này trừ khử lẫn nhau.



Hình 1-17: Biến áp tự ngẫu

Nhược điểm của biến áp tự ngẫu là:

Mạch vào và mạch ra dùng chung cuộn dây, nên ở các máy móc dùng nó thì bộ máy không được đấu thẳng xuống đất.

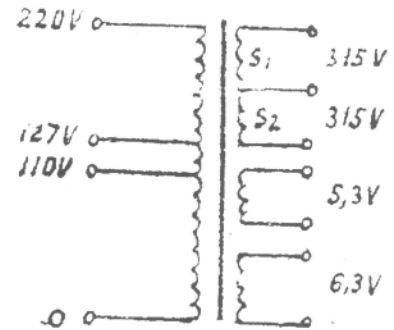
Để các cuộn dây khỏi bị hư hỏng vì ẩm ướt, sau khi quấn xong, người ta đem sấy cho hết hơi ẩm, rồi quét sơn cách điện phủ kín các cuộn dây hoặc nhúng vào hỗn hợp parafin – nhựa thông đun nóng, để khí ẩm bốc hơi đi và chất hỗn hợp ngấm vào phủ kín các cuộn dây. Làm như vậy thì sau này biến áp sẽ không bị hơi ẩm thấm vào nữa.

Một số biến áp đường dây truyền thanh sau khi đã nhúng tẩm rồi, người ta còn đặt vào trong hộp sắt, rồi đổ đầy hỗn hợp nhựa đường, nhựa thông. Hỗn hợp

này chịu được nhiệt độ cao, nên không bị chảy ra bởi sức nóng của mùa hè khi đặt biến áp trên đường dây ngoài trời.

4.7. Biến áp cung cấp

Biến áp cung cấp biến điện áp xoay chiều của nguồn điện thành nhiều điện áp khác nhau, để cung cấp cho các đèn của máy vô tuyến điện. Ví dụ: Một biến áp cung cấp của máy thu thanh (Hình 1-18) có 5 cuộn dây: một cuộn sơ cấp và bốn cuộn thứ cấp. Bên sơ cấp có bốn đầu dây ra để máy có thể dùng điện 110 V, 127V và 220 V. Nó gồm ba cuộn dây riêng rẽ



Hình 1-18: Các cuộn dây của biến áp nguồn cung cấp

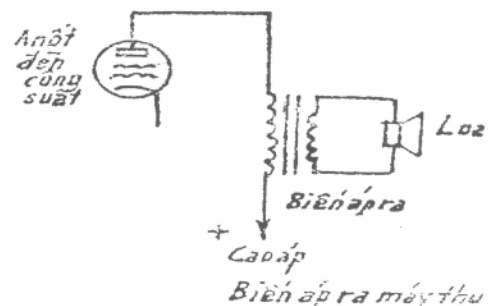
Cuộn S_1 và S_2 nối tiếp nhau, có một đầu chung, mỗi cuộn có 1260 vòng để cung cấp cho cao áp 315 V của đèn nắn điện. Cuộn S_3 có 22 vòng để cung cấp cho hạ áp 5,3 V nung sợi đèn nắn và cuộn S_4 có 28 vòng để cung cấp hạ áp 6,3 V để nung sợi các đèn khác trong máy.

Ta lưu ý là điện áp bên thứ cấp thường được thiết kế lớn hơn 5% điện áp cần dùng cho đèn, vì còn để chừa ra phần sụt áp trong các cuộn dây thứ cấp khi đèn tiêu thụ điện.

Ta thấy điện áp bên thứ cấp lệ thuộc vào tỷ số vòng dây n giữa cuộn thứ cấp và cuộn sơ cấp. Cuộn thứ cấp nào có nhiều vòng hơn thì lấy ra được điện áp cao hơn. Ngược lại, cuộn thứ cấp nào có ít vòng hơn thì lấy ra được điện áp thấp hơn.

4.8. Biến áp ra

Biến áp ra là biến áp âm tần đặt tầng cuối cùng của máy thu hoặc máy tăng âm, giữa đèn công suất và loa. Cuộn sơ cấp đấu vào anốt đèn và cao áp một chiều, còn cuộn thứ cấp được đấu vào



Hình 1-19: Biến áp ra

loa. Khi trong cuộn sơ cấp có điện áp thay đổi thì trong cuộn thứ cấp cũng có điện áp thay đổi làm cho loa kêu.

Biến áp ra là biến áp hạ áp. Cuộn dây sơ cấp nhiều vòng hơn cuộn dây thứ cấp. Chẳng hạn, biến áp ra của máy thu thanh có cuộn sơ cấp 1800 vòng và cuộn thứ cấp 46 vòng (Hình 1-19).

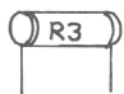
5. CÁC CHÚ Ý KHI SỬ DỤNG LINH KIỆN THỤ ĐỘNG

5.1. Điện trở

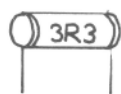
5.1.1. Ghép điện trở

- Khi ghép nối tiếp hay ghép song song các điện trở với nhau, cần chọn các loại điện trở có cùng công suất nhiệt.
- Khi thay thế điện trở, ta cần lưu ý phải cùng công suất nhiệt. Ví dụ: đo mạch thấy hỏng điện trở 10 Ω , ta phải thay thế một điện trở mới có giá trị đúng 10 Ω và kích thước phải đảm bảo tối thiểu bằng điện trở cũ nếu không sẽ bị cháy!

5.1.2. Hình dáng thực tế và cách đọc trị số của một số điện trở



$$R = 0\Omega 3$$



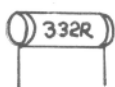
$$R = 3\Omega 3$$



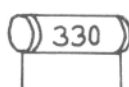
$$R = 0,3K\Omega$$



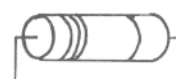
$$R = 3,3M\Omega$$



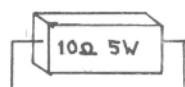
$$R = 33 \cdot 10^2 \Omega = 3K3$$



$$R = 330\Omega$$



Các vòng màu
đọc trị số



Loại công suất lớn

5.1.3. Đo điện trở bằng đồng hồ vạn năng: Thang đo Ω

- Ta có các thang đo: x1, x10, x100, x1K, x10K là khu vực để đo điện trở.

Khi vặn núm chọn thang đo ở vị trí nào thì giá trị thực của điện trở chính bằng giá trị đọc được trên vạch chia của đồng hồ nhân với giá trị của thang đo.

- Trước khi đo điện trở, ta lưu ý chấp hai que đo lại và quan sát kim đồng hồ chỉ ở vạch $0\ \Omega$, nếu bị lệch phải chỉnh nút ADJ cho đúng. Nếu chỉnh nút ADJ rồi mà vẫn không làm kim đồng hồ về $0\ \Omega$ được ta phải thay pin nuôi trong đồng hồ.
- Lúc đo điện trở lưu ý không được chạm tay vào hai đầu que đo sẽ gây ra sai số, bởi vì thực tế bản thân con người ta cũng có điện trở khoảng vài chục $K\Omega$ tùy khu vực tiếp xúc của cơ thể.

5.1.4. Các loại điện trở đặc biệt:

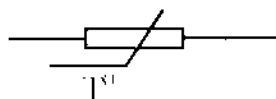
- Điện trở nhiệt:

Loại điện trở này được chế tạo từ chất bán dẫn có trị số điện trở thay đổi theo nhiệt độ.

Khi nhiệt độ tăng làm tăng điện trở $\rightarrow$ nhiệt trở dương.

Khi nhiệt độ tăng làm giảm điện trở $\rightarrow$ nhiệt trở âm.

Ký hiệu:



Điện trở nhiệt được sử dụng trong các ứng dụng liên quan đến nhiệt độ. Ví dụ trong Y khoa (giữ nhiệt độ ổn định phòng mổ), hoặc quân sự (giữ nhiệt độ ổn định cho kho vũ khí) hoặc hoá học (giữ không đổi nhiệt độ phản ứng).

- Quang trở:

Là linh kiện bán dẫn đơn tinh thể hoặc màng mỏng, tùy theo lượng ánh sáng hấp thụ được sẽ làm cho giá trị điện trở thay đổi ít hay nhiều.

Ký hiệu:



Ứng dụng: Phát hiện người vào cửa tự động.

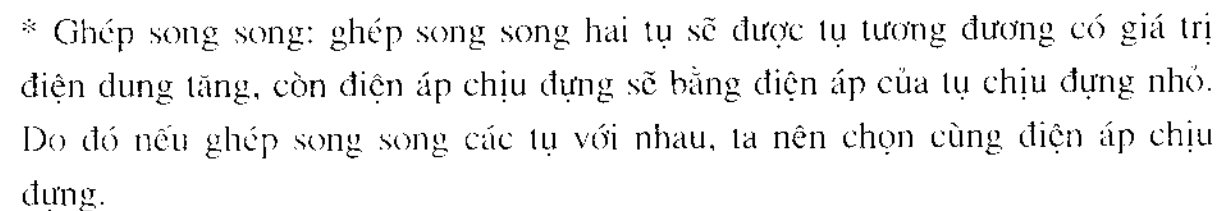
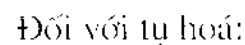
Điều chỉnh độ sáng, độ nét tự động ở camera.

Điều chỉnh độ sáng ở màn hiển thị LED.

5.1.5. Những lực hồng thường gặp ở điện trở:

- ## 5.2. Tự Điện

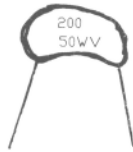
Đối với tụ thường:



5.2.2. Hình dáng thực tế và cách đọc trị số:



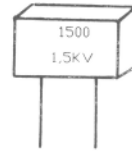
$$C = 20 \cdot 10^3 \text{ pF} \\ = 20 \text{ nF} \\ U = 25 \text{ V}$$



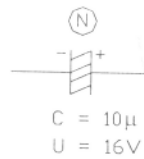
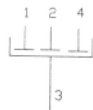
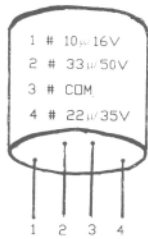
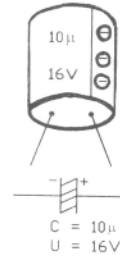
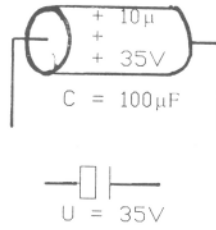
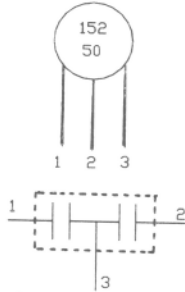
$$C = 200 \text{ pF} \\ U = 50 \text{ V}$$



$$C = 0,01 \text{ } \mu\text{F} \\ U = 25 \text{ V}$$

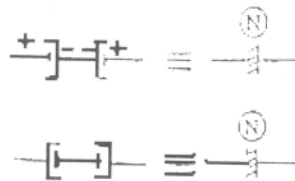


$$C = 1500 \text{ pF} \\ U = 1,5 \text{ KV}$$



: Loại tụ hoá không phân cực

Ở khu vực mạch điện có hai đầu bằng điện thế với nhau, khi cần ghép tụ giá trị $> 1\mu\text{F}$ ta phải dùng tụ hoá học loại không phân cực để ghép. Nếu ta không có sẵn tụ không phân cực để thay thế thì có thể giải quyết vấn đề bằng cách ghép hai tụ hoá loại phân cực với nhau để tạo nên như sau:



5.2.3. Cách đo kiểm tra tụ:

* Sử dụng đồng hồ vạn năng ở thang đo Ω , sử dụng các thang đo thích hợp sau:

- x1 khi đo tụ $> 100 \mu\text{F}$
- x10 khi đo tụ $10 \mu\text{F} - 100 \mu\text{F}$
- x1K khi đo tụ $10^4 - 10 \mu\text{F}$
- x10K khi đo tụ $10^2 - 10^4$
- x1M khi đo tụ $100 \text{ pF} - 10^2$

* Đo hai lần có đổi que đo:

- Nếu kim vọt lên rồi trả về hết $\rightarrow$ khả năng nạp, xả của tụ còn tốt
- Nếu kim vọt lên 0Ω $\rightarrow$ tụ bị nối tắt (hay là bị đánh thủng, bị chập)
- Nếu kim vọt lên, nhưng trả về không hết $\rightarrow$ tụ bị gỉ.
- Nếu kim vọt lên và trả về lơ lơ $\rightarrow$ tụ bị khô
- Nếu kim không lên $\rightarrow$ tụ đứt. Chú ý với trường hợp đo các giá trị < 1 mà ta vặn thang đo $< 1\text{K}$ $\rightarrow$ không đủ kích thích cho tụ nạp, xả được.

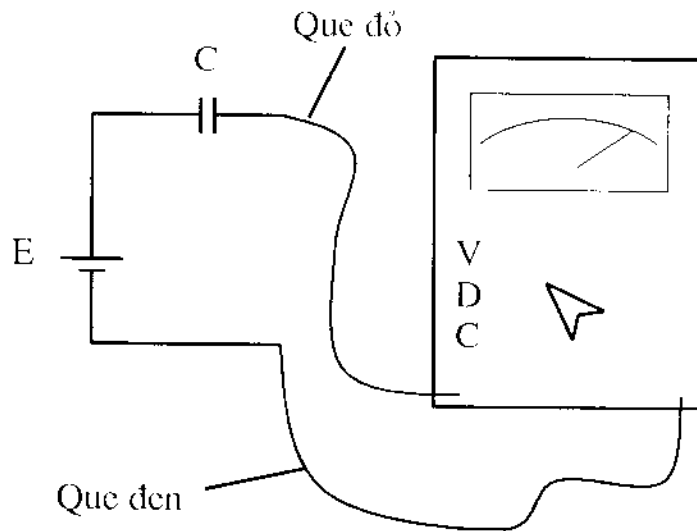
Lưu ý:

Cách đo trên, lợi dụng nguồn pin bên trong đồng hồ ở thang đo Ω để thực hiện nạp, xả (đo đổi đầu que đo) cho tụ, qua đồng hồ chỉ cho độ chính xác tương đối mà thôi.

Ta cần chú ý như sau:

- Nếu đo tụ có áp chịu đựng $> 50 \text{ V}$ ta nên thực hiện phương pháp đo nóng.
- Đo tụ theo phương pháp nạp, xả ở thang đo Ω (đo ngược) ta nên dùng VOM có nội trở $< 10 \text{ K}$
- Phương pháp đo nóng tụ: - dùng nguồn DC có giá trị gần bằng áp chịu đựng ghi trong thân tụ rồi ghép nối tiếp với tụ (nếu là tụ hoá ta nhớ lưu ý cực tính +, -)

- Đặt đồng hồ vạn năng ở thang đo VDC (cao hơn nguồn E) rồi đặt que đỏ và que đen đúng như hình vẽ:

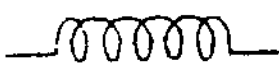


- Nếu kim vọt lên rồi trả về → tốt
- Nếu kim vọt lên bằng giá trị nguồn cấp và không trả về → tụ bị nối tắt
- Nếu kim vọt lên nhưng trả về không hết → tụ bị gỉ
- Nếu kim vọt lên rồi trả về lơ dờ → tụ bị khô
- Nếu kim không lên → tụ đứt

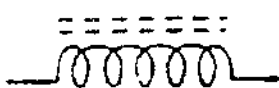
5.3. Cuộn dây

Khi sử dụng cuộn dây ta lưu ý điều rất quan trọng đó là sự chịu đựng dòng điện đi qua nó: nếu dòng điện qua mạnh thì tiết diện dây phải lớn. Chính vì vậy mà trong thực tế, cuộn dây được chế tạo với nhiều kích thước lớn, nhỏ khác nhau...

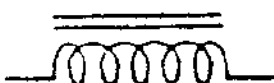
5.3.1. Ký hiệu quy ước



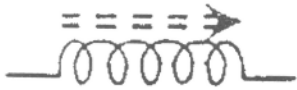
Cuộn dây không có lõi, loại này hoạt động ở tần số cao >10 MHz (gọi là cao tần).



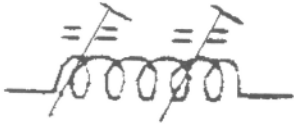
Cuộn dây có lõi bụi sắt (sắt + than ép), loại này hoạt động ở tần số trung bình (trung tần) từ 50 KHz đến 10 MHz.



Cuộn dây có lõi sắt cứng tôn silic, loại này hoạt động ở tần số thấp (Hạ tần hay âm tần) < 50 KHz.



Cuộn dây có vít điều chỉnh được

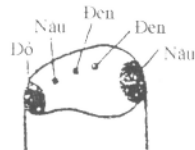
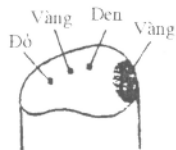
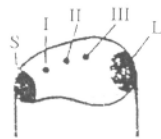
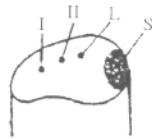


Cuộn dây có hai lõi điều chỉnh được

5.3.2. Hình dáng thực tế và cách đọc trị số:

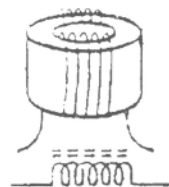
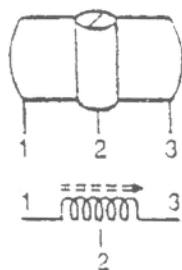
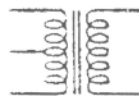
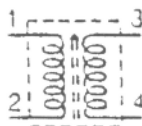
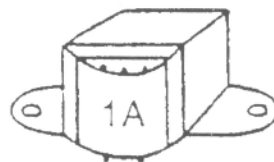
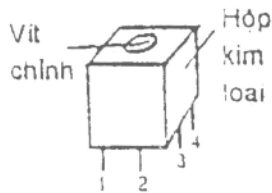
I, II, III : ghép số theo vòng màu qui ước giống như ở điện trở, đơn vị là μH .

L : số lũy thừa 10; S : sai số



$$L = 24 \times 10^0 \mu\text{H} \pm 4\% \\ = 24 \mu\text{H} \pm 4\%$$

$$L = 100 \times 10^{-1} \mu\text{H} \pm 2\% \\ = 1 \mu\text{H} \pm 2\%$$



CHƯƠNG II

ĐIỐT BÁN DẪN

1. CHẤT BÁN DẪN

1.1. Khái niệm chung về chất bán dẫn

Đặc tính dẫn điện của các chất phụ thuộc vào mật độ điện tử tự do và các ion có trong chất đó. Nguyên tố kim loại, có số điện tử lớp ngoài cùng ít (từ 1-2), chúng liên kết yếu với hạt nhân, do chuyển động nhiệt chúng dễ thoát ra khỏi mối liên kết, trở thành điện tử tự do, vì thế kim loại dẫn điện tốt bằng các điện tử. Các á kim có số điện tử lớp ngoài cùng gần đủ 8 điện tử, liên kết bền vững với hạt nhân, các điện tử này khó thoát khỏi mối liên kết trong nguyên tử, nên các á kim có ít điện tử tự do và cách điện tốt.

Điện trở suất của chất dẫn điện vào khoảng $10^{-8} \div 10^{-5} \Omega m$, còn của chất điện môi là $10^7 \div 10^{16} \Omega m$.

Nằm giữa lớp các chất dẫn điện và điện môi là một lớp các chất với tính dẫn điện trung gian, gọi là chất bán dẫn. Điện trở suất của chất bán dẫn vào khoảng $10^{-5} \div 10^7 \Omega m$ và phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Như vậy, đặc điểm cơ bản của chất bán dẫn là tính dẫn điện trung gian và mức độ dẫn điện phụ thuộc vào các yếu tố như thành phần tạp chất, nhiệt độ, ánh sáng, tia phóng xạ, cường độ điện trường...

1.2. Đặc tính dẫn điện của chất bán dẫn.

1.2.1. Đặc tính dẫn điện của bán dẫn tinh khiết:

Chất bán dẫn gồm cả đơn chất và hợp chất. Các nguyên tố nằm ở các nhóm giữa của bảng tuần hoàn như 3, 4, 5 phần lớn đều là chất bán dẫn điển hình là các nguyên tố ở nhóm bốn như Cacbon, Silic, Giecmani.

Ta xét một nguyên tố nhóm bốn là Giecmani chẳng hạn. Trong mạng tinh thể mỗi nguyên tử Giecmani có bốn điện tử lớp ngoài cùng nên cần bốn điện tử liên kết mới trở thành bền vững. Vì các nguyên tử bên cạnh cũng cần điện tử để tạo thành mối liên kết chứ không thừa để cho nên chúng liên kết với nhau bằng liên kết đồng hoá trị. Như vậy mỗi nguyên tử Giecmani liên kết với bốn

nguyên tử bên cạnh khác và các điện tử vừa đủ để tạo ra các mối liên kết trong mạng tinh thể nên không có điện tử tự do.

Tuy nhiên, nếu có một tác động nào đó như chuyển động nhiệt, tia bức xạ, phóng xạ, lực điện trường... đủ phá vỡ mối liên kết sẽ tạo ra một điện tử tự do thoát khỏi mối liên kết. Lúc đó ở chỗ vừa bị phá vỡ sẽ có một điểm thiếu điện tử gọi là lỗ trống hay lỗ. Bình thường nguyên tử ở trạng thái trung hoà. Khi nguyên tử mất một điện tử để lại một lỗ nó sẽ trở thành tích điện dương và mỗi lỗ trống ứng với một điện tích dương e^+ . Lỗ trống là nơi cần điện tử nên sẽ kích thích một điện tử ở mối liên kết nào đó bên cạnh nhảy đến "lấp lỗ" và để lại một lỗ mới. Đến lượt mình lỗ vừa được tạo thành sẽ kích thích một điện tử khác đến lấp lỗ tạo thành một lỗ mới. Cứ thế tiếp diễn ta thấy ứng với mỗi mối liên kết bị phá vỡ sẽ tạo ra một cặp điện tử lỗ trống di chuyển hỗn loạn trong khối tinh thể.

Nếu có nhiều mối liên kết bị phá vỡ thì mật độ điện tử tự do vào lỗ trống trong khối tinh thể tăng lên nhiều. Lúc đó nếu đặt khối tinh thể vào điện trường thì các điện tử sẽ chuyển động ngược chiều điện trường còn lỗ trống sẽ chuyển động cùng chiều điện trường tạo thành dòng điện. Như vậy dòng điện trong chất bán dẫn là dòng điện tử và dòng lỗ trống chuyển dời có hướng.

Mật độ điện tử và lỗ trống trong chất bán dẫn càng lớn thì nó dẫn điện càng tốt. Đối với bán dẫn tinh khiết tính dẫn điện chịu ảnh hưởng của các yếu tố sau đây:

- Nhiệt độ: Nhiệt độ tăng thì dao động của các nút mạng tinh thể tăng lên, dễ phá vỡ mối liên kết giữa các nguyên tử. Nhờ vậy tính dẫn điện của bán dẫn tăng lên. Ở gần 0°K các chất bán dẫn hầu như không dẫn điện.
- Các tia bức xạ như ánh sáng, tia tử ngoại... Khi chiếu vào khối tinh thể sẽ truyền năng lượng cho điện tử ở lớp ngoài làm cho nó dễ thoát ra trở thành điện tử tự do và tạo ra lỗ trống. Cường độ ánh sáng càng mạnh độ dẫn điện càng tăng.
- Cường độ điện trường sẽ tác dụng lực lên các điện tử. Khi lực tĩnh điện đủ mạnh sẽ phá vỡ mối liên kết và lúc đó bán dẫn trở thành dẫn điện tốt.

Ngoài ra các tia phóng xạ cũng gây ảnh hưởng đến tính dẫn điện của chất bán dẫn. Ở chất bán dẫn tinh khiết mật độ điện tử và lỗ trống luôn bằng nhau. Tính

dẫn điện này gọi là dẫn điện thuần. Nói chung mật độ điện tử và lỗ trống trong bán dẫn tinh khiết rất nhỏ nên chúng được gọi là các phân tử dẫn điện thiểu số hoặc phân tử dẫn điện không cơ bản.

1.2.2. Đặc tính dẫn điện của bán dẫn tạp

Nếu pha thêm tạp chất vào bán dẫn tinh khiết, tính dẫn điện sẽ thay đổi. Nếu tạp chất là nguyên tố quá bốn điện tử lớp ngoài cùng (nhóm 5, 6) ta gọi là tạp chất cho. Nếu nguyên tố tạp chất có ít hơn bốn điện tử ở lớp ngoài cùng ta gọi là tạp chất nhận (nhóm 3).

Ta xét diễn biến của mạng tinh thể bán dẫn khi lẫn tạp chất cho. Giả sử cho Asen (asen) vào tinh thể Giecmani. Nguyên tử asen có năm điện tử ở lớp ngoài cùng, trong mạng tinh thể nó chỉ cần bốn điện tử liên kết với bốn nguyên tử Giecmani lân cận, còn thừa ra một điện tử. Điện tử này liên kết yếu với hạt nhân và dễ dàng trở thành điện tử tự do và không để lại lỗ trống. Kết quả là mật độ điện tử tăng lên nhiều còn mật độ lỗ trống không đổi. Khi đó bán dẫn dẫn điện chủ yếu bằng điện tử nên gọi là bán dẫn điện tử hay bán dẫn loại N (Negative- nghĩa là “âm”). Phân tử dẫn điện chủ yếu gọi là phân tử cơ bản hay phân tử dẫn điện đa số. Ở bán dẫn loại N phân tử dẫn điện chủ yếu là điện tử.

Nếu tạp chất thuộc loại nhận, chẳng hạn như indi thì hiện tượng diễn ra ngược lại. Ta biết indi có ba điện tử ở lớp ngoài cùng. Trong mạng tinh thể nó cần bốn điện tử để liên kết với các nguyên tử bên cạnh. Như vậy mỗi nguyên tử indi tạo ra một lỗ trống mà lỗ trống này không kèm theo sự xuất hiện của điện tử tự do. Kết quả là mật độ lỗ trống tăng lên nhiều còn mật độ điện tử không đổi. Khi đó bán dẫn dẫn điện chủ yếu bằng lỗ nên gọi là bán dẫn lỗ hay bán dẫn loại P (Positive – nghĩa là “dương”). Phân tử dẫn điện đa số ở bán dẫn loại P là lỗ trống.

Việc pha tạp chất vào bán dẫn tinh khiết làm tăng độ dẫn điện của chúng đến hàng vạn lần. Chẳng hạn ở điều kiện thường mỗi cm^3 tinh thể Giecmani tinh khiết (có $4,2 \cdot 10^{22}$ nguyên tử) có chứa $2,5 \cdot 10^{13}$ điện tử dẫn và lỗ trống. Nếu pha thêm 0,001% asen thì trong tinh thể đó xuất hiện tới 10^{17} điện tử dẫn còn số lỗ không thay đổi. Nhờ vậy độ dẫn điện tăng lên một vạn lần.

1.2.3. Một số ứng dụng của chất bán dẫn

Bán dẫn có thể là đơn chất như: Silic, Giecmani, Selen... hoặc hợp chất như các

Oxit, Sunfua, Sêlêna, Tenua... Do các đặc tính dẫn điện như trên chúng có rất nhiều ứng dụng trong khoa học và kỹ thuật.

Nhờ tính dẫn điện thay đổi theo nhiệt độ, nên có thể ứng dụng trong chế tạo các điện trở nhiệt và nhiều ứng dụng khác. Điện trở nhiệt bằng bán dẫn có độ nhạy rất cao, vì hệ số nhiệt điện trở của nó lớn hơn nhiều so với kim loại. Chẳng hạn khi nhiệt độ tăng lên thêm 1°C điện trở kim loại tăng khoảng 0,4% còn điện trở bán dẫn giảm từ 4 – 8% nghĩa là lớn gấp hàng chục lần.

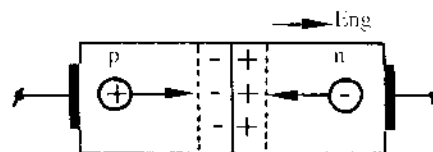
Các chất bán dẫn được ứng dụng làm các pin nhiệt điện, pin quang điện, tế bào quang điện, các vật liệu từ... Các ứng dụng này đều mang lại hiệu quả cao.

Đặc biệt các chất bán dẫn được ứng dụng để chế tạo các điốt, tranzitor... Đảm nhiệm các chức năng nắn điện, ổn áp, khuếch đại, tạo sóng và nhiều chức năng khác của đèn điện tử và đèn có khí. Các dụng cụ bán dẫn thay thế rất hiệu quả các loại đèn cổ điển lại có nhiều ưu điểm như tuổi thọ cao, cấu tạo đơn giản, gọn nhẹ, công suất tiêu thụ nhỏ, hiệu suất cao... Máy tính điện tử đã cho phép nâng cao tốc độ tính toán và dung lượng bộ nhớ lên cao gấp nhiều lần, công suất tiêu thụ ít hơn so với máy tính thế hệ cũ.

2. ĐIỐT BÁN DẪN

2.1. Cấu tạo điốt bán dẫn

2.1.1. Tiếp giáp P – N



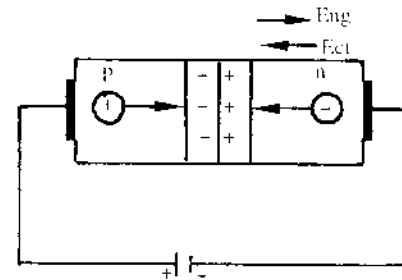
Hình 2-1: Cấu tạo của điốt bán dẫn

Khi cho hai lớp bán dẫn khác loại là bán dẫn loại P và bán dẫn loại N tiếp xúc với nhau giữa chúng sẽ hình thành lớp tiếp giáp P-N. Vì ở bán dẫn loại P, mật độ lỗ lớn hơn rất nhiều so với bán dẫn loại N và mật độ điện tử ở loại bán dẫn N lớn hơn rất nhiều so với bán dẫn loại P nên xảy ra hiện tượng khuếch tán điện tử từ N sang P và khuếch tán lỗ từ P sang N. Mật độ hai bên càng chênh lệch thì mức độ khuếch tán càng mạnh.

Khi có sự di chuyển các phân tử dẫn điện qua tiếp giáp P – N, sẽ xảy ra sự phân bố lại điện tích. Trước khi tiếp giáp các bán dẫn ở trạng thái trung hoà.

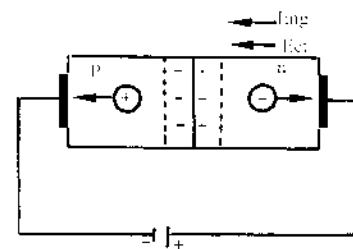
Bây giờ ở lớp N do mất bớt điện tử tích điện âm, nhận thêm lỗ tích điện dương, nên trở thành tích điện dương. Cũng vậy lớp P mất bớt lỗ, nhận thêm điện tử nên trở thành tích điện âm. Kết quả là lớp tiếp giáp có một điện trường gọi là điện trường chuyển tiếp ξ_{ct} . Điện trường này có tác dụng di chuyển lỗ từ lớp N về lớp P, di chuyển điện tử từ lớp P sang lớp N. Nói khác đi điện trường chuyển tiếp có tác dụng ngăn cản sự khuếch tán các phân tử dẫn điện đa số từ lớp nọ sang lớp kia. Khi lực tác dụng của điện trường chưa đủ cân bằng với lực khuếch tán, thì các phân tử dẫn điện đa số còn tiếp tục được phân bố lại, tức điện tử từ N tiếp tục sang lớp P và lỗ từ lớp P tiếp tục sang lớp N, cường độ điện trường tiếp tục tăng lên. Khi lực điện trường đủ cân bằng với lực khuếch tán, thì mật độ phân bố các phân tử đa số không thay đổi nữa, hệ thống đạt tới trạng thái cân bằng động: trong một đơn vị thời gian, có bao nhiêu phân tử đa số khuếch tán qua lớp ngăn, thì cũng có bấy nhiêu phân tử đa số được lực điện trường di chuyển trở lại và sẽ không có dòng điện tổng qua tiếp giáp. Vì thế tiếp giáp P - N còn gọi là lớp ngăn P - N.

Để tiếp giáp P - N vào một điện áp sao cho cực dương nối tới lớp P, cực âm nối tới lớp N. Điện áp này được gọi là điện áp phân cực thuận. Nó tạo ra điện trường ngoài ξ_{ng} hướng từ P tới N tức ngược chiều với điện trường chuyển tiếp. Điện trường ngoài có tác dụng khử điện trường lớp ngăn, vì các phân tử dẫn điện đa số có mật độ rất lớn, nên dòng điện có trị số lớn, gọi là dòng điện thuận. Điện trở của tiếp giáp P - N theo chiều thuận gọi là điện trở thuận có trị số nhỏ. Dòng điện thuận có chiều quy ước từ lớp P sang N.



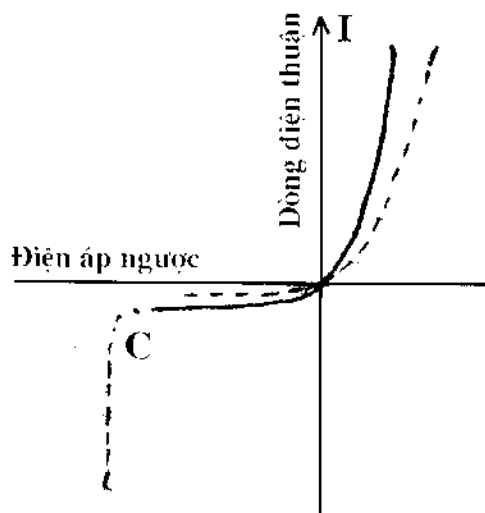
Hình 2-2: Sự dẫn điện khi phân cực thuận

Bây giờ đổi ngược điện áp ngoài tức là cực dương mắc vào lớp N, cực âm nối vào P, tiếp giáp sẽ chịu điện áp phân cực ngược hay điện áp ngược. Điện trường ngoài ξ_{ng} cùng chiều với điện trường lớp ngăn ξ_{ct} , nên



Hình 2-3: Sự dẫn điện khi phân cực ngược

sẽ làm tăng tác dụng ngăn cản sự di chuyển của các phân tử dẫn điện đa số. Dòng điện của các phân tử đa số sẽ bằng 0. Lúc đó chỉ còn lại sự di chuyển của các phân tử dẫn điện thiểu số, tức lỗ từ lớp N sang lớp P, điện tử từ lớp P sang lớp N. Đó là dòng điện của các phân tử thiểu số gọi là dòng điện ngược. Vì mật độ các phân tử dẫn điện thiểu số nhỏ hơn rất nhiều so với phân tử dẫn điện đa số, nên dòng điện ngược nhỏ hơn rất nhiều so với dòng điện thuận. Nói khác đi, điện trở ngược của tiếp giáp P - N lớn hơn rất nhiều lần so với điện trở thuận. Dòng điện ngược có chiều từ lớp N sang lớp P.



Hình 2- 4: Đường đặc tính V- A

Như vậy hệ thống tiếp giáp P - N cũng có đặc tính dẫn điện theo một chiều từ P sang N và không dẫn điện theo chiều ngược lại. Do đó hệ thống này tương tự như một van điện tử, gọi là điốt bán dẫn (ký hiệu là $\rightarrow$). Đường đặc tính vôn ampe như hình 2- 4.

Khi tăng điện áp ngược quá giới hạn cho phép (điểm C), lớp ngăn bị chọc thủng và dòng điện ngược đột ngột tăng lên, làm hỏng tiếp giáp (đánh thủng).

2.1.2. Đặc tính, phân loại và thông số điốt bán dẫn

* Ưu điểm của điốt bán dẫn so với đèn điện tử:

- Gọn, nhẹ, dễ lắp ráp
- Kết cấu đơn giản, chắc chắn, công nghệ sản xuất không phức tạp
- Tiêu tốn ít năng lượng vì không có mạch nung và không có sụt áp nên hiệu suất cao
- Thời gian khởi động nhanh, đóng mạch là có thể làm việc ngay (không cần thời gian đốt nóng katốt)
- Tuổi thọ lớn
- Điện dung nhỏ, đặc biệt là điốt tiếp xúc điểm dùng được ở mạch siêu cao

tần.

* Nhược điểm:

- Điện áp ngược cho phép nhỏ hơn đèn điện tử. Khi cần thiết phải mắc nối tiếp nhiều diốt để giảm điện áp ngược trên mỗi phân tử
- Điện trở ngược không bằng vô cùng mà vẫn có một giá trị giới hạn, nên vẫn có một dòng điện ngược, tuy rất nhỏ.
- Điện trở biến thiên theo nhiệt độ. Khi nhiệt độ giảm thì điện trở thuận và ngược đều tăng. Hình 2 - 4 có vẽ đường đặc tính $V - A$ ứng với nhiệt độ $+25^{\circ}\text{C}$ (đường nét liền) và -60°C (đường nét đứt) của cùng một loại diốt.
- Để đánh giá chất lượng diốt, người ta dùng hệ số nắn điện K_{nd} , đo bằng tỷ số giữa dòng điện thuận và dòng điện ngược:

$$K_{nd} = \frac{I_f}{I_{ng}} = \frac{R_{ng}}{R_f}$$

Hệ số nắn điện càng lớn thì diốt càng có chất lượng cao. I_f , I_{ng} là dòng điện thuận và ngược ứng với cùng một trị số điện áp.

* Phân loại:

Căn cứ theo vật liệu chế tạo người ta chia diốt thành các loại như diốt Germani, silic, selen, ôxít đồng ... Căn cứ theo công dụng, diốt chia ra loại diốt nắn điện (van điện) và diốt tách sóng. Theo dải tần số làm việc, có diốt tần số thấp và diốt tần số cao. Theo đặc điểm tiếp xúc, chia thành 2 loại diốt tiếp xúc điểm và diốt tiếp xúc bề mặt.

* Thông số cơ bản của diốt:

- Dòng điện thuận hay trị số trung bình của dòng điện nắn lớn nhất cho phép. Dòng điện này phụ thuộc vào diện tích lớp ngăn và mật độ dòng điện cao cho phép qua lớp ngăn, tức phụ thuộc vào nhiệt độ làm việc lớn nhất cho phép của diốt và điều kiện làm lạnh của diốt. Hiện nay người ta đã thấy rằng nếu làm lạnh tốt, các diốt silic có thể đạt mật độ dòng điện thuận cho phép tới hàng trăm A/cm^2 . Do đó đã mở ra một lĩnh vực kỹ thuật mới, gọi là kỹ thuật bán dẫn công suất lớn.
- Sự áp thuận trên diốt ứng với dòng điện thuận.

- Điện áp ngược lớn nhất cho phép: là điện áp lớn nhất đặt vào điốt theo chiều phân cực ngược, lớp tiếp giáp p – n không bị chọc thủng.
- Dòng điện ngược là dòng ứng với điện áp ngược lớn nhất cho phép. Dòng điện này càng nhỏ càng tốt.
- Trở kháng động hay độ dốc đường đặc tính V – A ở phần thuận.
- Dải tần số làm việc.
- Điện dung của điốt là điện dung của lớp ngăn p – n khi có điện áp ngược.

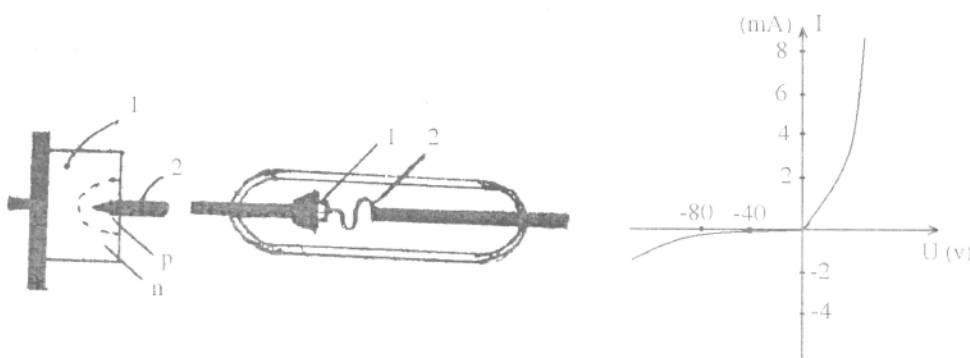
2.1.3. Cấu tạo điốt bán dẫn

* Điốt Gecmani và silic

Điốt Gecmani và Silic sử dụng chung một nguyên tắc tạo ra lớp ngăn p – n là: trên khối tinh thể Ge (hay Si) có dẫn điện loại P, người ta tạo ra một vùng có tính dẫn điện loại N, hay ngược lại. Các điốt này có thể là loại tiếp xúc điểm hay tiếp xúc mặt.

- Điốt Ge tiếp xúc điểm:

Gồm một vỏ bằng thủy tinh hay kim loại, đường kính vào khoảng 3 – 9 mm, 2 đầu có 2 dây dẫn ra. Ở đầu của một dây kia gắn một kim nhọn 2, mũi nhọn làm bằng indi. Lớp tiếp giáp P – N được tạo ra trong quá trình chế tạo, bằng cách phóng một dòng điện xung qua điốt. Lúc đó các nguyên tử Indi khuếch tán vào khối Ge, tạo thành một lớp bán dẫn loại P (Ge có tạp chất indi thuộc nhóm 3) do đó tiếp giáp P – N được hình thành.



Hình 2-5: Điốt tiếp xúc điểm (a) và đặc tính V-A (b)

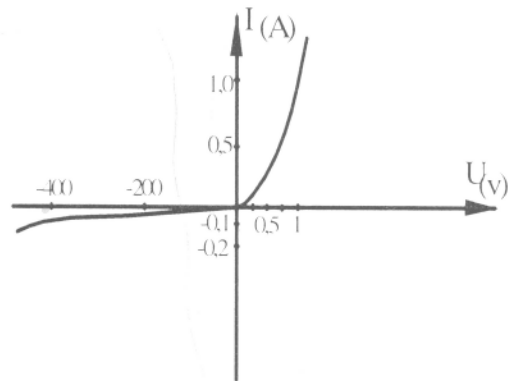
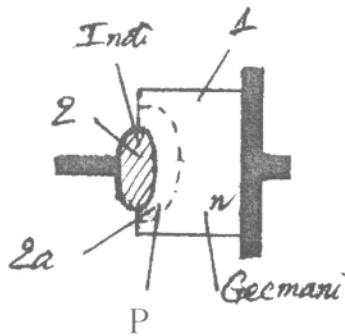
Dòng điện nắn của điốt Ge tiếp xúc điểm là 16 mA, điện áp ngược cho phép 50

V.

- Diốt Ge tiếp xúc mặt

Gồm tấm Ge 1 có pha một ít asen hoặc atimovan để có tính dẫn điện điện tử (n). Trên tấm Ge 2 là lớp indi nổi tới điện cực ra.

Khi chế tạo người ta đặt miếng indi lên mặt lớp Ge được nung tới nhiệt độ khoảng 500°C (cao hơn nhiệt độ nóng chảy của indi). Lúc đó indi nóng chảy và khuếch tán vào khối Ge tạo thành một lớp mỏng 2a có tính dẫn điện loại P. Nhờ vậy lớp tiếp giáp N – P được tạo thành.



Hình 2- 6: Diốt Ge tiếp xúc mặt

Hình 2-7: Đặc tính V-A của diốt Ge tiếp xúc mặt

So sánh 2 loại diốt tiếp xúc điểm và mặt, ta thấy: loại tiếp xúc mặt có diện tích lớn hơn nên có thể chịu được dòng điện lớn tới hàng chục và hàng trăm ampe, nên được sử dụng để nắn điện. Tuy nhiên do diện tiếp xúc lớn nên điện dung tiếp xúc lớn, tới hàng chục và hàng trăm PF, không thể làm việc được ở tần số cao. Loại tiếp xúc điểm có diện tiếp xúc nhỏ nên chỉ chịu được dòng nhỏ dưới 50 mA, nhưng có điện dung tiếp xúc chỉ vào khoảng 0,2 – 0,4 PF nên cho phép làm việc ở tần số rất cao tới 150 – 300 MHz.

Hiện nay, loại diốt Silic đang được sản xuất nhiều và sử dụng nhiều trong kỹ thuật bán dẫn công suất lớn.

So với diốt Ge, diốt Si có những ưu điểm sau:

- Điện áp ngược cho phép lớn hơn tới 700 – 800 V và hàng nghìn von, trong khi diốt Ge có điện áp ngược khoảng 400 V

- Nhiệt độ làm việc cao hơn, tới $125 - 150^{\circ}\text{C}$, trong khi điốt Ge làm việc ở nhiệt độ $50 - 75^{\circ}\text{C}$. Nếu chế tạo đặc biệt điốt Si có thể làm việc ở nhiệt độ 300°C
- Mật độ dòng cho phép lớn hơn tới $60 - 80 \text{ A/cm}^2$ tối đa có thể tới 200 A/cm^2 , trong khi điốt Ge chỉ làm việc với mật độ $20 - 40 \text{ A/cm}^2$, tối đa cũng chỉ tới 100 A/cm^2 .
- Dòng điện ngược của điốt Si nhỏ hơn của điốt Ge tới vài lần.

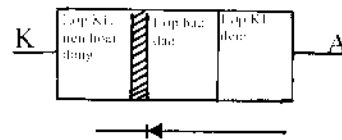
Nhược điểm của điốt Si là sụt áp trên điốt lớn hơn so với điốt Ge là $0,8\text{V}$.

* Điốt ôxit đồng

Trong kỹ thuật nắn điện xoay chiều thành một chiều, người ta sử dụng rất rộng rãi các van nắn điện bán dẫn tiếp xúc mặt, gồm nhiều phân tử, lắp ghép với nhau theo một sơ đồ nhất định, tạo thành cột nắn điện. Các nắn điện bán dẫn thường gặp là nắn điện ôxit đồng và nắn điện selen.

Về nguyên tắc cấu tạo, mỗi phân tử nắn điện loại này gồm có 3 lớp chính:

- Lớp kim loại nền dùng như một lớp bán dẫn loại N. Đó là vì bản chất kim loại dẫn điện bằng điện tử, giống như bán dẫn kim loại N.
- Lớp bán dẫn có tính dẫn điện loại P, giữa 2 lớp này sẽ hình thành lớp tiếp giáp P- N.



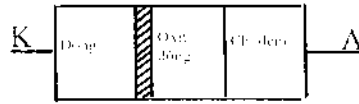
Hình 2-8: Nguyên tắc cấu tạo

- Lớp kim loại đệm mặt tiếp với lớp bán dẫn P, vừa có tác dụng bảo vệ, vừa để nối điện cực dẫn ra ngoài. Đôi khi lớp đệm cũng sử dụng làm cánh tản nhiệt. Chiều dẫn điện thuận hướng từ lớp bán dẫn về hướng kim loại nền (hình 2-8).

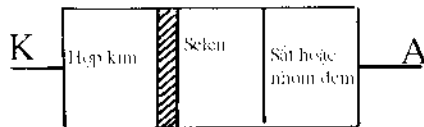
Hình 2-9 vẽ sơ đồ cấu tạo của một số điốt thường gặp:

- Là nguyên tắc cấu tạo điốt ôxit đồng. Nó gồm đồng là lớp kim loại nền, ôxit đồng là lớp bán dẫn (p) và lớp kim loại đệm bằng chì. Tiếp giáp P - N nằm giữa lớp đồng và lớp ôxit đồng.
- Là sơ đồ cấu tạo điốt selen. Nó gồm lớp hợp kim thiếc - cadimi - bitmit làm kim loại nền, lớp bán dẫn là selen (loại P), lớp kim loại đệm là đĩa sắt hoặc nhôm.

(c) Là sơ đồ cấu trúc của diốt manhêzi sunfit đồng. Ở đây lớp kim loại nền là manhêzi, lớp bán dẫn là sunfit đồng, còn lớp kim loại đệm làm bằng đồng. Khuyết điểm của diốt Sêlen là thông số không được ổn định theo thời gian.



a)



b)



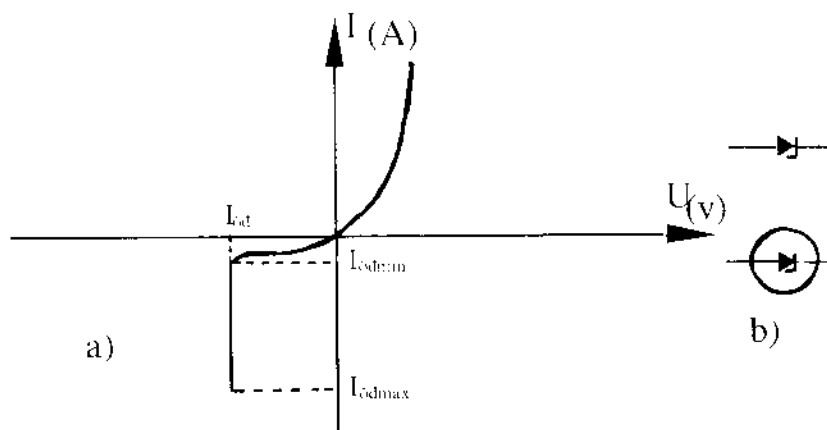
c)

Hình 2-9: Nguyên tắc cấu tạo của diốt ôxit đồng (a), diốt Sêlen (b) và diốt Manhêzi - Sunfat đồng (c)

3. MỘT SỐ ĐIỐT BÁN DẪN ĐẶC BIỆT

3.1. Diốt ổn áp

Diốt ổn áp ứng dụng hiện tượng zener, nên còn gọi là diốt zener, dùng để ổn định điện áp đặt vào tải, tương tự như đèn ổn áp có khí.



Hình 2-10: Đặc tính V- A của diốt Zener

Hình 2-10 a) là hình dạng đặc tính $V - A$ của diốt ổn áp. Phần thuận của đặc tính này cũng giống như các diốt thông thường. Phần ngược của đặc tính có khác. Nếu tăng điện áp ngược, lúc đầu dòng điện ngược cũng có giá trị rất bé như các diốt khác. Nhưng đến một trị số nhất định của U_{ng} (điểm A) sẽ xảy ra đột biến, dòng điện ngược tăng đột ngột, còn điện áp giữ gần như không đổi, đường đặc tính gần như song song với trục dòng điện (đoạn AB). Đó chính là đoạn ổn áp. Ở các diốt thông thường, hiện tượng đánh thủng sẽ xảy ra làm hỏng tiếp giáp và do đó diốt bị hỏng. Sở dĩ diốt Zener không bị đánh thủng tiếp giáp là vì khi chế tạo người ta đã tính toán đến tiếp giáp chịu được dòng điện ngược khi chọc thủng, sử dụng loại bán dẫn với mức tạp chất phù hợp. Các diốt Zener thường làm bằng Silic, là loại vật liệu có sức chịu nhiệt tốt. Hình 2-10 b) là ký hiệu của diốt Zener trên sơ đồ.

Giới hạn ổn định điện áp là dòng điện ngược bé nhất $I_{od,min}$, xác định theo điều kiện công suất tiêu tán cho phép P_{max} :

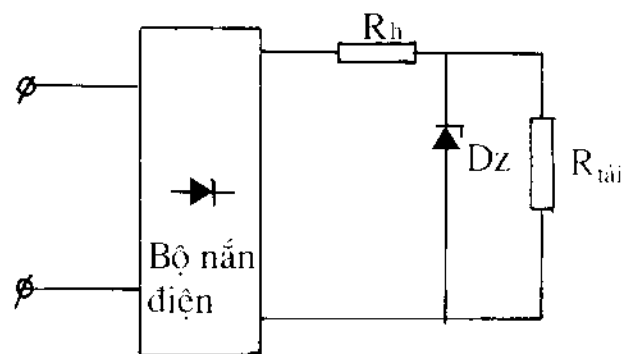
$$I_{od,min} = \frac{P_{max}}{U_{od}}$$

Nếu dòng điện làm việc nhỏ hơn $I_{od,min}$, điểm làm việc sẽ ở đoạn cong của đặc tính, diốt không ổn áp được. Nếu dòng điện làm việc lớn hơn $I_{od,max}$, công suất tiêu tán lớn sẽ làm hỏng diốt.

Giá trị lớn nhất của dòng điện ổn định từ 0,02 đến 2A. Điện áp ổn định từ 6 đến 100 V tùy theo loại diốt, điện trở động tức là tốc độ dốc của đoạn AB trên đường đặc tính $V - A$ là khoảng 20

- 50 Ω . Điện trở này càng nhỏ thì tác dụng ổn định càng nhạy, điện áp càng ít thay đổi.

Cũng như đèn ổn áp có khí, diốt Zener mắc song song với tải cần ổn định. Giữa diốt và nguồn có một điện trở hạn chế R_h . Chú ý là diốt được mắc phân cực ngược. Khi



Hình 2-11: Sơ đồ mắc diốt Zener để ổn áp cho tải.

điện áp nguồn thay đổi, dòng điện ngược qua diốt Zener D_Z sẽ thay đổi theo, do đó sụt áp trên R_h biến thiên tương ứng bù lại sự biến thiên của điện áp nguồn, giữ cho điện áp trên tải ổn định. Ngoài kiểu sơ đồ này diốt Zener phối hợp với tranzitor tạo nên nhiều sơ đồ ổn áp khác.

3.2. Diốt biến dung (diốt Varicap)

Diốt biến dung là diốt có điện dung của lớp ngăn P – N thay đổi theo trị số điện áp ngược, nên còn gọi là diốt varicap (vari: biến đổi; capacitance: điện dung).

Khi đặt tiếp giáp P – N vào điện áp ngược, hai mặt lớp ngăn hình thành một điện trường và do đó diốt tương đương như một tụ điện có hai cực là hai miền P, N còn điện môi là lớp ngăn P – N. Khi tăng điện áp ngược, bề dày lớp ngăn P – N tăng, cũng tương tự khoảng cách giữa hai điện cực tăng, do đó điện dung lớp ngăn giảm. Ngược lại giảm điện áp ngược thì điện dung tăng. Người ta lợi dụng đặc điểm đó để chế tạo diốt biến dung.

Diốt biến dung thường là diốt Silic, có dòng điện ngược nhỏ, điện áp chọc thủng lớn. Điện dung của diốt tỷ lệ nghịch với căn của điện áp ngược (còn gọi là điện áp định thiên của diốt):

$$C = C_0 \cdot n \sqrt{\frac{U_0}{U_0 + U_{ng}}}$$

Ở đây: - C_0 : trị số điện dung ban đầu (chưa có điện áp ngược)

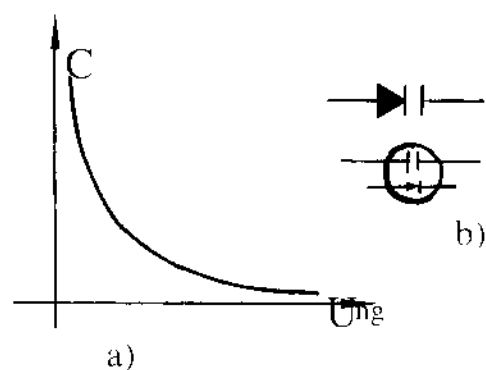
- n : hệ số khoảng 2 ~ 3

- U_0 : trị số điện áp một chiều, khoảng vài phần mười vôn

- U_{ng} : trị số điện áp ngược.

Diốt varicap sử dụng như một tụ điện biến đổi trong các sơ đồ điện trở.

Các thông số cơ bản của diốt biến dung là:



Hình 2-12: Đặc tính biến đổi điện dung theo điện áp ngược (a) và ký hiệu (b) của diốt biến dung

- Điện dung định mức ứng với điện áp định thiên định mức.
- Điện dung cực đại $C_{\max}$, cực tiểu $C_{\min}$ ứng với thiên áp cực tiểu và cực đại và hệ số biến đổi điện dung:

$$K_c = \frac{C_{\max}}{C_{\min}}$$

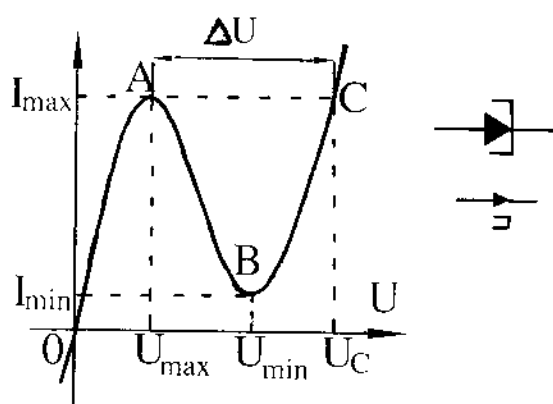
- Hệ số phẩm chất Q ở tần số làm việc: $Q = \frac{\omega_c}{r}$

Ở đây:

- C là điện dung định mức, ω là tần số làm việc, r là điện trở tổn hao của diốt.
- Hệ số biến thiên điện dung theo nhiệt độ và hệ số biến đổi phẩm chất Q theo nhiệt độ.
- Trị số biến thiên áp suất lớn nhất cho phép.

3.3. Diốt đường hầm

Diốt đường hầm còn gọi là diốt Tunen hay diốt Esaki (tên nhà bác học người Nhật phát minh ra) là diốt lợi dụng hiệu ứng đường hầm. Diốt đường hầm là diốt tiếp mặt có kết cấu đặc biệt, một bên là bán dẫn có nhiều tạp chất hơn bên kia, khiến cho lớp ngăn P – N rất mỏng. Đường đặc tính $V - A$ vẽ trên hình 2-13.



Hình 2-13: Đường đặc tính $V-A$ (a) và ký hiệu (b) của diốt đường hầm

Đặc điểm của đường đặc tính này là:

- Dòng điện ngược hầu như tỷ lệ với điện áp ngược, khác với các diốt

thông thường.

- Khi tăng điện áp thuận, dòng điện thuận lúc đầu tăng tỷ lệ với điện áp, đặc tính gần như thẳng (đoạn OA).
- Khi dòng và áp đạt tới giá trị max, dòng bắt đầu giảm trong khi điện áp tăng. Đoạn AB chính là hiệu quả của hiệu ứng đường hầm. ở đoạn này điện trở động và độ dốc của đường đặc tính có giá trị âm.
- Khi dòng đã giảm xuống giá trị I_{min} và điện áp ở giá trị U_{min} thì dòng điện lại tăng theo điện áp theo quy luật như diốt thông thường (đoạn BC).

Đặc điểm có đoạn đặc tính với độ dốc âm là đặc trưng của diốt đường hầm, được giải thích như sau: Nhờ tỷ lệ tạp chất cao, nên điện tích của lớp chuyển tiếp P – N tập trung trong một thể tích rất mỏng. Bề dày lớp ngăn chỉ vào khoảng 100 – 150 anstrom ($1 \text{ anstrom} = 10^{-8} \text{ cm}$).

Với kích thước mỏng như vậy, điện trường lớp ngăn rất mạnh. Nếu có điện áp ngược, thì điện trường lớp ngăn càng mạnh (vì cộng thêm với điện trường ngoài). Khi đó, lực điện trường có khả năng bứt các điện tử ra khỏi nguyên tử, trở thành điện tử tự do, đồng thời lỗ trống cũng được tạo thành. Lúc đó mật độ điện trở dẫn ở bán dẫn tăng lên giống như ở các mối tiếp xúc kim loại. Quá trình điện tử chuyển qua lớp ngăn như vậy gọi là hiệu ứng đường hầm.

Nếu đặt điện áp thuận vào diốt, điện trường lớp ngăn yếu đi một ít, nhưng vẫn đủ mạnh để duy trì hiệu ứng đường hầm và dòng điện vẫn tăng theo điện áp thuận (đoạn OA). Khi điện áp thuận đã khá lớn, điện trường lớp ngăn giảm nhiều và hiệu ứng đường hầm bắt đầu giảm dần đi. Lúc đó dòng điện thuận qua lớp ngăn giảm đi khi điện áp tăng làm xuất hiện miền đặc tính có độ dốc âm (đoạn AB).

Khi điện áp đã đạt đến trị số đủ giảm điện trường lớp ngăn đến mức không còn hiệu ứng đường hầm, thì hiện tượng trở lại như diốt thông thường, dòng điện tăng theo điện áp (đoạn BC).

Hiệu ứng đường hầm tồn tại ngay cả khi tần số cao đến hàng nghìn MHz. Nhờ đoạn đặc tính có điện trở âm, diốt được dùng để khuếch đại, tạo sóng và chuyển mạch (như một rơ le).

Ưu điểm của diốt đường hầm là nhiễu rất ít, kích thước hết sức nhỏ, ổn định nhiệt cao, dải nhiệt độ làm việc rộng từ -260°C đến $+500^{\circ}\text{C}$ và tần số làm việc

cao (tới 10 nghìn MHz).

Các thông số cơ bản của điốt đường hầm là:

- Dòng điện lớn nhất $I_{\max}$ và nhỏ nhất $I_{\min}$.
- Các điện áp tương ứng $U_{\max}$ và $U_{\min}$.
- Điện trở động âm ở đoạn AB
- Điện áp chuyển mạch cực đại $\Delta U = U_c - U_{\max}$.
- Điện dung của điốt.

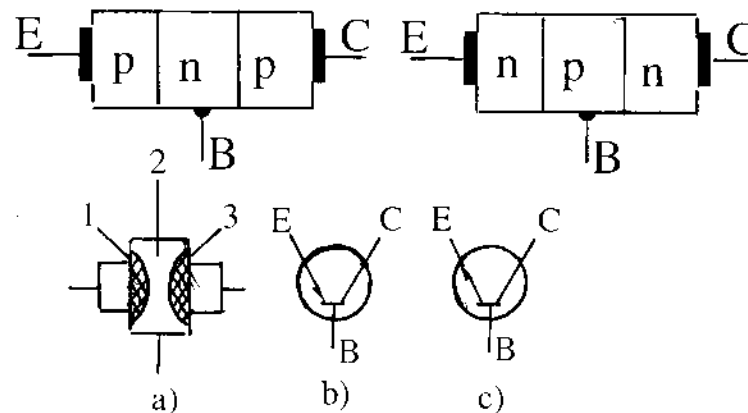
CHƯƠNG III

TRANZITOR LƯỜNG CỰC

1. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG

1.1. Nguyên lý

Về nguyên tắc, tranzitor gồm có ba lớp bán dẫn ghép liên tiếp với nhau

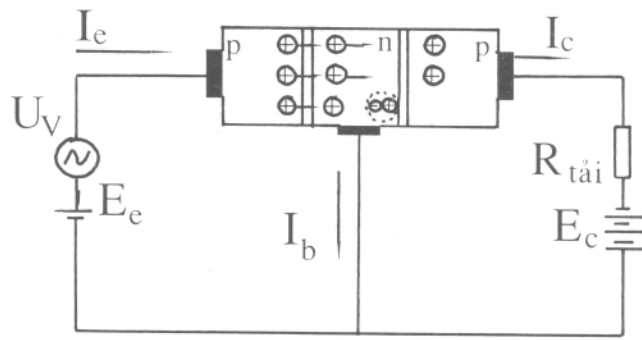


Hình 3-1: Cấu tạo và ký hiệu của tranzitor

Hai lớp ngoài cùng 1 và 3 cùng loại, lớp giữa 2 khác loại. Lớp 1 gọi là cực phát hay Emitơ, (E), lớp giữa gọi là cực gốc hay bazơ (B), lớp còn lại gọi cực góp hay Colectơ (C). Tùy theo các lớp là dẫn điện loại P hay N, ta có tranzitor p-n-p và tranzitor n-p-n. Ký hiệu của tranzitor gồm một vòng tròn, trong có một nét đậm ngang là cực gốc B, một mũi tên chỉ vào (loại p-n-p) hoặc chỉ ra (loại n-p-n) là cực phát E và nét thứ 3 là cực góp C. Trong chế tạo, người ta cho lớp phát có nhiều tạp chất hơn so với lớp gốc và do đó mật độ phân tử dẫn điện ở cực phát lớn hơn nhiều so với cực gốc. Đồng thời lớp gốc cần có kích thước mỏng.

Ta xét sự hoạt động của tranzitor p-n-p mắc theo sơ đồ cực gốc chung. Do có 3 lớp bán dẫn đặt liên nhau, nên tranzitor có hai tiếp giáp p - n là tiếp giáp phát gốc EB và tiếp giáp gốc góp BC. Đặt vào tiếp giáp gốc góp BC nguồn điện cực góp E_C theo chiều phân cực ngược. Lúc đó, qua tiếp giáp BC chỉ có dòng điện của các phân tử mang điện thiểu số (như dòng điện ngược ở diode) có trị số

nhỏ, gọi là dòng cực góp ban đầu I_0 . Nguồn E_c thông thường vào khoảng chục Vôn.



Hình 3-2: Sơ đồ hoạt động của tranzitor p-n-p mắc theo sơ đồ cực gốc chung.

Bây giờ đặt vào tiếp giáp phát gốc EB nguồn điện cực phát E_e (khoảng 1V), theo chiều phân cực thuận. Lúc này lỗ trống từ cực phát là phân tử dẫn điện đa số, có mật độ cao, sẽ dễ dàng qua tiếp giáp EB, tạo thành dòng điện cực phát I_e có trị số lớn (như dòng điện thuận ở diốt). Khi đến cực gốc, một phần lỗ trống sẽ tái hợp với điện tử và điện tử từ cực âm nguồn E_e sẽ đến cực gốc để bổ sung tạo thành dòng điện cực gốc I_b . Do mật độ điện tử ở cực gốc nhỏ hơn so với mật độ lỗ trống ở cực phát, nên các lỗ trống khi qua tiếp giáp EB chỉ có một số ít tái hợp với điện tử, còn phần lớn sẽ tiếp tục di chuyển qua cực gốc để đến tiếp giáp BC, tạo thành dòng điện cực góp I_c .

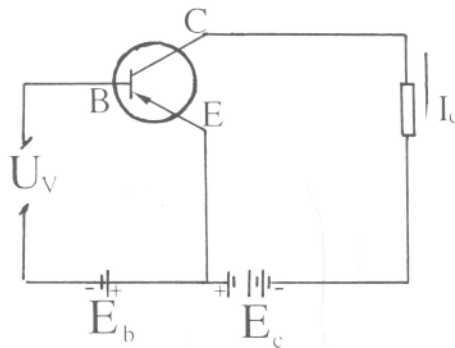
Như vậy dòng cực phát bằng tổng dòng cực gốc và cực góp: $I_e = I_b + I_c$

Vì mật độ điện tử ở cực gốc nhỏ hơn nhiều so với mật độ lỗ ở cực phát và lớp gốc rất mỏng, nên đa số lỗ từ cực phát qua gốc sẽ qua được tiếp giáp gốc góp tạo thành dòng I_c và xấp xỉ bằng dòng cực phát, vì cực này là nơi phát ra các phân tử dẫn điện đa số, tương tự như Katôt phát ra điện tử trong đèn điện tử. Còn cực góp là nơi thu nhận các phân tử này, giống như thu điện tử phát ra từ Katôt.

Nếu đặt vào hai cực E-B một điện áp tín hiệu biến thiên, thì mỗi biến thiên nhỏ của điện áp EB (tức điện áp vào U_V) cũng khiến dòng I_c biến thiên khá lớn (vì tiếp giáp EB phân cực thuận). Do dòng cực góp I_c xấp xỉ bằng cực phát I_e , nên mức độ biến thiên I_c sẽ làm cho điện áp lấy ra trên tải $V_{tài}$ (là $U_m = I_c \cdot R_{tài}$) biến thiên một lượng lớn. Kết quả là tranzitor có tác dụng khuếch đại điện áp.

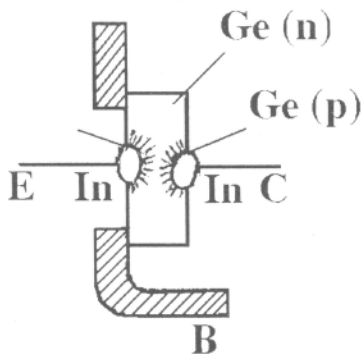
Nếu mắc tín hiệu vào ở ngay cực gốc, thì dòng điện tín hiệu cần khuếch đại sẽ là dòng cực gốc I_b . Lúc đó, mỗi biến thiên nhỏ của dòng cực gốc I_b cũng đủ gây ra sự biến thiên lớn của dòng cực góp I_c (là dòng điện ra) và tranzitor có tác dụng khuếch đại dòng điện.

Đối với tranzitor loại n-p-n nguyên lý hoạt động cũng tương tự, chỉ khác là các cực tính nguồn E_c và E_b phải đảo lại so với sơ đồ và phân tử dẫn điện đa số phát ra từ cực phát sẽ là điện tử chứ không phải lỗ.

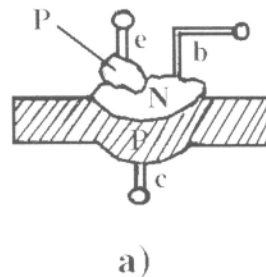


Hình 3-3: Tác dụng khuếch đại dòng điện của tranzitor

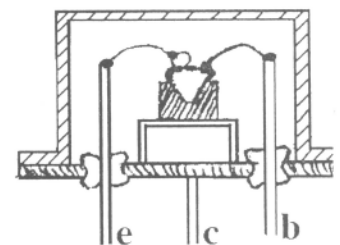
1.2. Cấu tạo tranzitor



Hình 3-4: Sự tạo thành các lớp tiếp giáp ở tranzitor hợp kim



a)



b)

Hình 3-5: Tranzitor cao tần chế tạo bằng phương pháp khuếch tán

Cũng như diốt bán dẫn, tranzitor có hai kiểu tiếp xúc, tiếp điểm và tiếp mặt. Hiện nay, tranzitor tiếp điểm ít được sử dụng. Các tranzitor tần số thấp hiện nay chủ yếu được sản xuất bằng phương pháp kéo và phương pháp hợp kim. Hình 3-4 vẽ cấu tạo 3 lớp bán dẫn của tranzitor hợp kim. Lớp bán dẫn Gecmani có tính dẫn điện loại N dùng làm cực gốc. Ở hai bên có gắn hai giọt

Indi. Sau đó, đem nung nóng đến nhiệt độ thích hợp để Indi nóng chảy ngấm vào lớp Ge tạo thành hai cực phát- góp. Loại tranzitor này có tần số làm việc dưới 30 Mhz và thông số không đồng đều. Để có tranzitor cao tần, cần tạo nên vùng gốc nhỏ, điện dung gốc góp nhỏ. Trong sản xuất hàng loạt tranzitor kéo và hợp kim, người ta không thể làm cho vùng gốc mỏng hơn 40 μ . Một trong các phương pháp nâng cao tần số làm việc là dùng phương pháp khuếch tán.

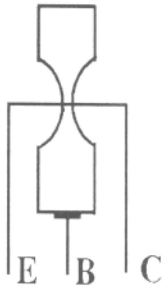
Tranzitor khuếch tán vẽ trên hình 3-5. Phiến Ge lại được dùng làm cực góp. Dem nung phiến này trong môi trường khí atimoan, để bề mặt Ge hấp thụ atimoan tạo nên lớp mỏng bán dẫn loại N. Đó chính là cực gốc. Sau đó gắn một giọt Indi lên trên lớp gốc và nung đến nhiệt độ nung chảy của Indi. Nhờ thế Indi xâm nhập vào Ge tạo thành lớp bán dẫn loại P giàu tạp chất. Đó là cực phát. Cấu tạo của tranzitor cao tần vẽ trên 3-5b

Loại này có tần số làm việc tới hàng trăm Mhz.

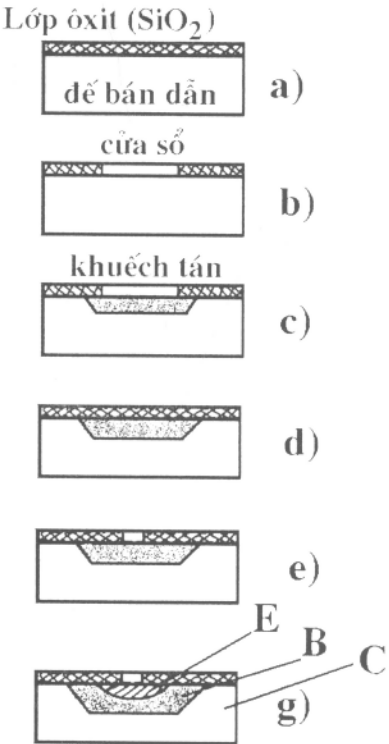
Để tăng tần số công tác của tranzitor lên cao hơn, người ta sản xuất ra các tranzitor mặt chắn, mặt bằng, mêza, sắp mặt, tranzitor trôi, tranzitor có lớp bán dẫn thuần khiết, tranzitor hai cực gốc.v.v..

Hình 3-6 là nguyên tắc cấu tạo của tranzitor mặt chắn. Dùng phương pháp điện phân bề dày vùng gốc bị ăn mòn chỉ còn vài micrôn. Sau đó, gắn hai lớp Indi vào hai mặt lõm và nung đến nhiệt độ nóng chảy để indi khuếch tán, tạo thành cực phát và cực góp. Tần số làm việc của loại này có thể tới 1000 Mhz.

Tranzitor mặt bằng (hình 3-7) được chế tạo bằng cách oxi hoá bề mặt phiến bán dẫn (a) rồi khoét một lỗ để khuếch tán tạo thành vùng gốc (b&c). Tiếp đó, lại oxi hoá (d) rồi khoét một lỗ nhỏ hơn để khuếch tán tạo thành vùng cực phát (e&g). Còn cực góp là phiến bán dẫn lúc đầu. Cách chế tạo này là cơ sở của



Hình 3-6: Cấu tạo tranzitor mặt chắn



Hình 3-7: Tranzitor mặt bằng

phương pháp chế tạo vi điện tử. Loại này có chất lượng khá tốt, thông số đồng đều, giá thành hạ. Phần lớn tranzitor cao tần được chế tạo theo phương pháp này.

Tranzitor mêza được chế tạo bằng cách khuếch tán để tạo ra cực gốc trên cực góp rồi dùng phương pháp hợp kim để tạo ra cực phát trên cực gốc. Sau đó vật bột vùng gốc để giảm điện dung gốc-góp và điện trở vùng gốc. Loại này có ưu điểm là tần số làm việc cao trong khi công suất tiêu tán khá lớn (tới 100 W)

2. ĐẶC TÍNH THÔNG SỐ TÍNH CỦA TRANZITOR

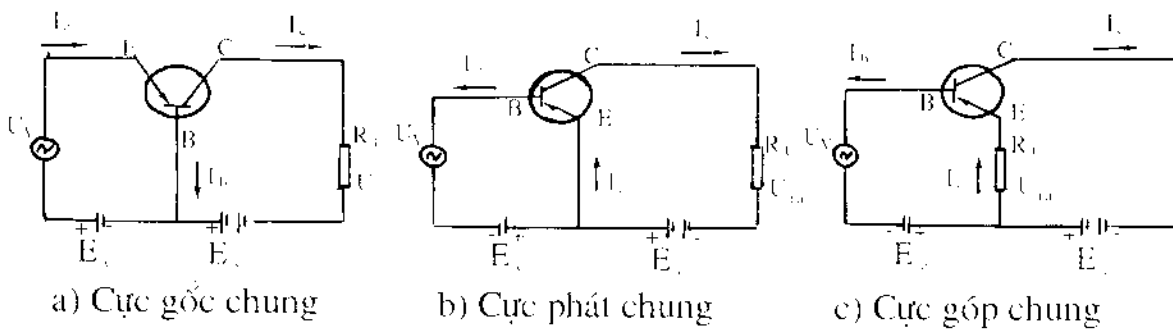
2.1. Các sơ đồ nối dây tranzitor

Cũng như đèn điện tử 3 cực, tùy theo cách mắc nguồn tín hiệu đưa vào và lấy ra, tranzitor có 3 sơ đồ nối dây cơ bản sau:

2.1.1. Sơ đồ cực gốc chung (hình 3-8a): trong đó tín hiệu vào đặt ở hai cực phát – gốc, tín hiệu ra lấy ở hai cực gốc góp. Dòng điện vào là dòng điện cực phát, còn dòng điện ra là dòng điện cực góp.

$$I_V = I_e$$

$$I_{ra} = I_c$$

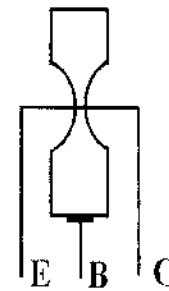


Hình 3-8: Sơ đồ nối dây tranzitor

Tín hiệu vào U_V sẽ làm thay đổi điện áp thuận trên tiếp giáp EB. Do đó có tác dụng khống chế dòng cực góp I_c và điện áp lấy ra trên R_L sẽ biến thiên theo

Indi. Sau đó, đem nung nóng đến nhiệt độ thích hợp để Indi nóng chảy ngấm vào lớp Ge tạo thành hai cực phát- góp. Loại tranzitor này có tần số làm việc dưới 30 Mhz và thông số không đồng đều. Để có tranzitor cao tần, cần tạo nên vùng gốc nhỏ, điện dung gốc góp nhỏ. Trong sản xuất hàng loạt tranzitor kéo và hợp kim, người ta không thể làm cho vùng gốc mỏng hơn 40 μ . Một trong các phương pháp nâng cao tần số làm việc là dùng phương pháp khuếch tán.

Tranzitor khuếch tán vẽ trên hình 3-5. Phiến Ge lại được dùng làm cực góp. Đem nung phiến này trong môi trường khí atimoan, để bề mặt Ge hấp thụ atimoan tạo nên lớp mỏng bán dẫn loại N. Đó chính là cực gốc. Sau đó gắn một giọt Indi lên trên lớp gốc và nung đến nhiệt độ nung chảy của Indi. Nhờ thế Indi xâm nhập vào Ge tạo thành lớp bán dẫn loại P giàu tạp chất. Đó là cực phát. Cấu tạo của tranzitor cao tần vẽ trên 3-5b



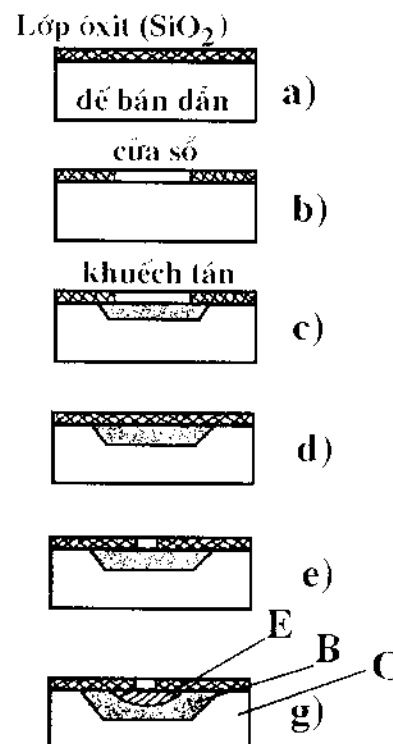
Hình 3-6: Cấu tạo tranzitor mặt chắn

Loại này có tần số làm việc tới hàng trăm Mhz.

Để tăng tần số công tác của tranzitor lên cao hơn, người ta sản xuất ra các tranzitor mặt chắn, mặt bằng, mêza, sắp mặt, tranzitor trôi, tranzitor có lớp bán dẫn thuần khiết, tranzitor hai cực gốc.v.v.,

Hình 3-6 là nguyên tắc cấu tạo của tranzitor mặt chắn. Dùng phương pháp điện phân bề dày vùng gốc bị ăn mòn chỉ còn vài micrôn. Sau đó, gắn hai lớp Indi vào hai mặt lõm và nung đến nhiệt độ nóng chảy để indi khuếch tán, tạo thành cực phát và cực góp. Tần số làm việc của loại này có thể tới 1000 Mhz.

Tranzitor mặt bằng (hình 3-7) được chế tạo bằng cách oxi hoá bề mặt phiến bán dẫn (a) rồi khoét một lỗ để khuếch tán tạo thành vùng gốc (b&c). Tiếp đó, lại oxi hoá (d) rồi khoét một lỗ nhỏ hơn để khuếch tán tạo thành vùng cực phát (e&g). Còn cực góp là phiến bán dẫn lúc đầu. Cách chế tạo này là cơ sở của



Hình 3-7: Tranzitor mặt bằng

quy luật của U_V , với biên độ lớn hơn nhiều. Như vậy, sơ đồ này có tác dụng khuếch đại điện áp. Dòng điện cực góp xấp xỉ bằng dòng điện cực phát, nên sơ đồ này không có tác dụng khuếch đại dòng điện.

2.1.2. Sơ đồ cực phát chung (hình 3-8b): trong đó, tín hiệu vào đặt ở hai cực gốc- phát, tín hiệu ra lấy trên hai cực phát- góp. Dòng điện vào là dòng điện cực gốc, còn dòng điện ra là dòng điện cực góp.

$$I_V = I_b$$

$$I_{ra} = I_c$$

Cũng như sơ đồ trên, điện áp vào làm thay đổi điện áp thuận trên tiếp giáp EB, và làm thay đổi dòng cực góp I_c . Nhờ vậy điện áp lấy ra trên điện trở tải R_L sẽ biến thiên theo quy luật của U_V với biên độ lớn hơn nhiều và sơ đồ này có tác dụng khuếch đại điện áp. Vì dòng điện gốc I_b nhỏ hơn nhiều so với dòng điện cực góp I_c , nên sơ đồ này có tác dụng khuếch đại dòng điện.

2.1.3. Sơ đồ cực góp chung (hình 3-8c): trong đó tín hiệu vào đặt ở hai cực gốc-góp, tín hiệu ra lấy trên hai cực phát - góp. Sơ đồ này còn gọi sơ đồ tải cực phát, vì điện trở tải đặt trên cực phát. Dòng điện vào là dòng điện cực gốc, còn dòng điện ra là dòng điện cực phát:

$$I_V = I_b$$

$$I_{ra} = I_c$$

Sơ đồ này tương tự sơ đồ tải Katôt của đèn điện tử 3 cực. Điện áp tín hiệu vào U_V qua R_L sẽ làm thay đổi điện áp thuận trên tiếp giáp EB và làm thay đổi dòng cực góp. Riêng điện áp ra trên R_L gần như lặp lại trị số điện áp vào, nên sơ đồ này không có tác dụng khuếch đại điện áp, nhưng hệ số khuếch đại dòng điện lớn.

Sơ đồ cực phát chung có hệ số khuếch đại dòng điện và điện áp đều lớn, nên được dùng rất rộng rãi. Sơ đồ tải cực phát, tức sơ đồ cực góp chung có ưu điểm là rất ổn định, vì thực hiện hồi tiếp âm sâu, nên cũng hay được dùng. Sơ đồ cực gốc chung chỉ được dùng trong lĩnh vực siêu cao tần, vì nó có dải tần số làm việc cao hơn so với các sơ đồ kia.

2.2. Các họ đặc tính tĩnh của tranzitor

Ở trạng thái tĩnh, tranzitor có 4 đặc tính sau:

- Đặc tính ra là quan hệ dòng điện ra biến thiên theo điện áp ra khi dòng điện vào giữ không đổi

$$I_{ra} = f(U_{ra}), \quad I_V = \text{const}$$

- Đặc tính vào là quan hệ điện áp vào biến thiên theo dòng điện vào khi điện áp ra giữ không đổi.

$$U_V = f(I_V), \quad U_{ra} = \text{const.}$$

- Đặc tính truyền dòng điện là quan hệ dòng điện ra biến thiên theo dòng điện vào khi điện áp ra giữ không đổi.

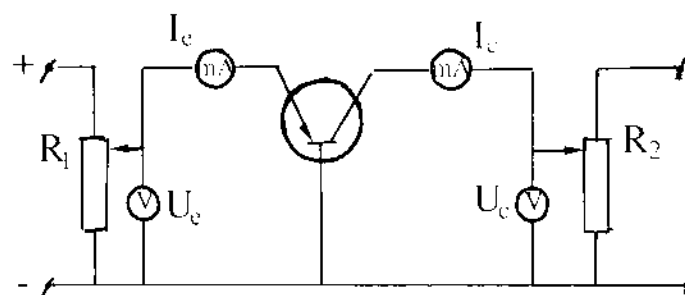
$$I_{ra} = f(I_V), \quad U_{ra} = \text{const}$$

- Đặc tính hồi tiếp điện áp là quan hệ điện áp vào biến thiên theo điện áp ra khi dòng điện vào giữ không đổi

$$U_V = f(U_{ra}), \quad I_V = \text{const.}$$

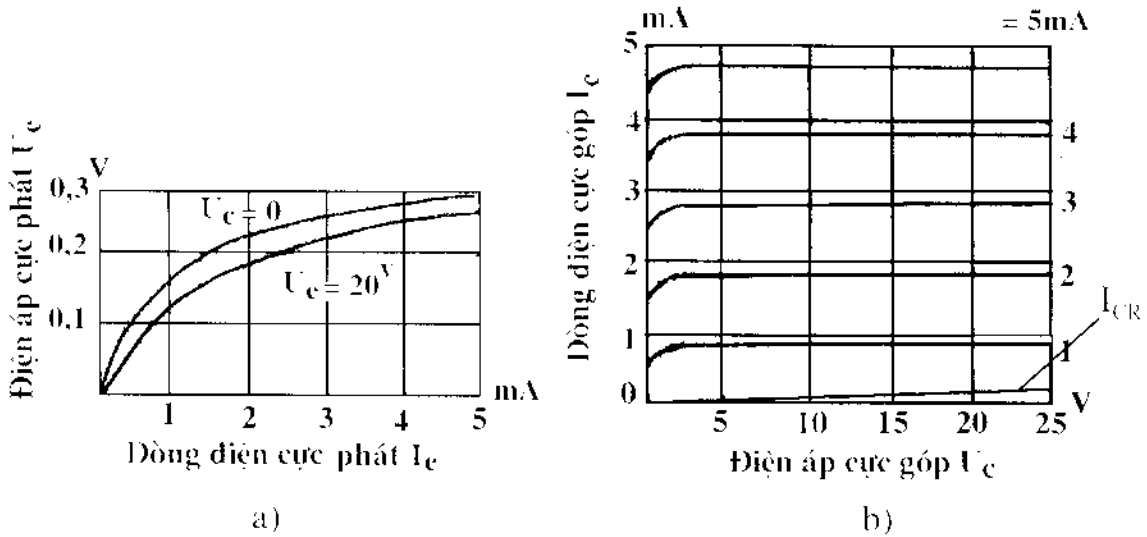
Trong bốn đặc trên, các đặc tính vào - ra là quan trọng nhất. Ta sẽ nghiên cứu họ đặc tính vào ra của tranzitor p-n-p mắc theo sơ đồ cực gốc chung và cực phát chung

2.2.1. Họ đặc tính tĩnh theo sơ đồ cực gốc chung:



Hình 3-9: Sơ đồ thí nghiệm lập đặc tính tĩnh của tranzitor theo sơ đồ cực gốc chung.

Đặc tính vào: Là quan hệ $U_c = f(I_c)$ khi $U_c = \text{const}$. Để lấy đặc tính bằng thí nghiệm ta mắc sơ đồ như hình 3-9. Giữ U_c ở một vị trí không đổi, điều chỉnh biến trở R_1 để thay đổi dòng cực phát I_c , đọc điện áp U_c tương ứng, và từ đó vẽ đường đặc tính vào. ứng với mỗi điện áp cực góp U_c , ta có một đường đặc tính vào tương ứng (hình 3-10a)



Hình 3-10: Họ đặc tính vào (a) và ra (b) của tranzitor mắc theo sơ đồ gốc chung

Vì lớp tiếp giáp E-B được phân cực thuận, nên đường đặc tính vào tương tự như đường đặc tính vôn - ampe của diốt bán dẫn được phân cực thuận. Do điện áp cực góp chủ yếu đặt vào tiếp giáp B-C nên ít ảnh hưởng đến dòng điện I_c và do đó đặc tính vào ít chịu ảnh hưởng của điện áp cực góp U_c .

Từ những hình vẽ ta thấy đặc tính vào rất cong, thể hiện tính phi tuyến mạnh.

Điện trở vào chính là độ dốc của đặc tuyến vào, nói chung là nhỏ, chỉ đạt từ 100 Ω trở xuống.

Đặc tính ra là quan hệ giữa $I_c = f(U_c)$ khi $I_c = \text{const}$.

Để lập đặc tính ta điều chỉnh R_1 để dòng cực phát I_c có giá trị cố định nào đó. Dùng R_2 để điều chỉnh điện áp U_c , đọc chỉ số I_c tương ứng. Từ đó, vẽ được đường đặc tính ứng với I_c đã chọn.

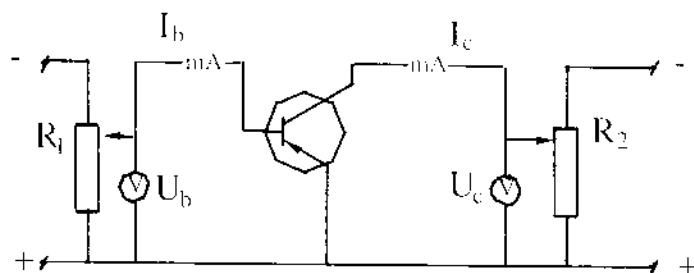
Khi dòng cực phát $I_c = 0$, thì tiếp giáp B - C đơn thuần là một diốt được phân cực ngược. Vì thế đường đặc tính ra có dạng là phân cực ngược của đường đặc

tính vôn ampe của diốt. Đó chính là dòng I_{CR}

Khi tăng dòng cực phát I_e , vì $I_c \approx I_e$ nên đặc tính vào gần như nằm song song với trục điện áp, với trị số xấp xỉ bằng dòng cực phát tương ứng.

2.2.2. Họ đặc tính tĩnh theo sơ đồ cực phát chung

Để lập đặc tính tĩnh, ta nối dây tranzitor theo sơ đồ 3-11.



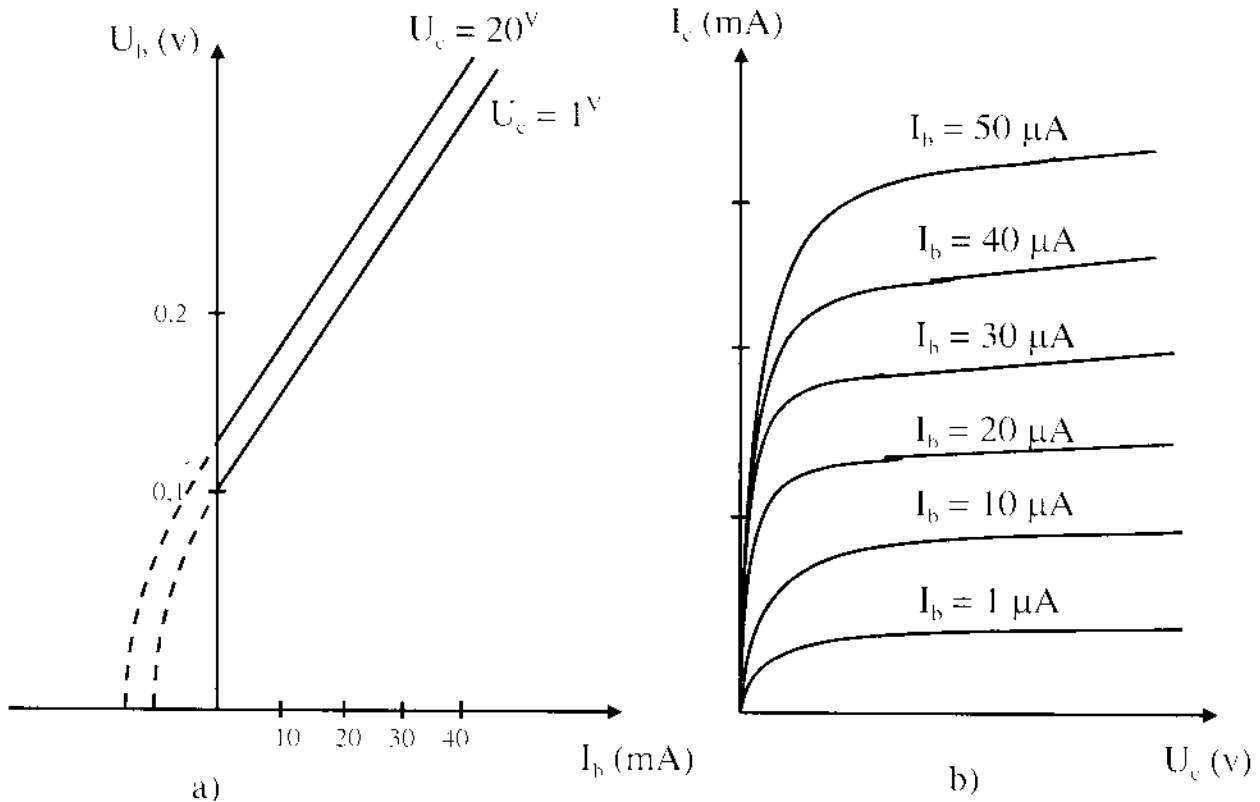
Hình 3-11: Sơ đồ thí nghiệm lập đặc tính tĩnh của tranzitor đấu cực phát chung

Đặc tính vào: Là quan hệ $U_b = f(I_b)$, $U_c = \text{const}$

Ta điều chỉnh biến trở R_2 để U_c ở vị trí cố định. Dùng biến trở R_1 điều chỉnh dòng cực gốc I_b , đọc trị số U_b tương ứng. Từ đó lập đặc tính $U_b = f(I_b)$

Thay đổi U_c , và tiến hành lại thí nghiệm. Ta sẽ được một đường đặc tính mới. Tập hợp các đường đặc tính này, ta có họ đặc tính vào.

Vì tiếp giáp E-B phân cực thuận, nên đặc tính vào có dạng như phần thuận của đường đặc tính V-A của diốt. Tuy nhiên do tác dụng của phần điện áp U_c , các phân tử dẫn điện đa số vừa từ cực phát sang cực gốc được hút sang cực góp, nên khi U_b còn nhỏ, dòng cực gốc chưa thể hình thành và đường đặc tính vào không xuất phát từ gốc, mà nằm cách gốc một đoạn trên trục điện áp. Điện áp càng lớn, thì đường đặc tính vào càng bị dịch về phía trên, nhưng nói chung sự dịch chuyển này rất bé, tức ảnh hưởng của U_c đến đặc tính vào rất yếu.



Hình 3-12: đặc tính vào a) và đặc tính ra b)

Độ dốc của đặc tính vào cũng là điện trở đầu vào, có trị số khoảng vài $k\Omega$, tức là lớn hơn hàng chục lần so với sơ đồ trước. Dạng đặc tính ở phần làm việc cũng bớt phi tuyến hơn.

Đặc tính ra:

Là quan hệ $I_c = f(U_c)$, $I_b = \text{const}$. Dùng biến trở R_1 để cố định I_b ở trị số nào đó, điều chỉnh R_2 để thay đổi U_c đọc I_c tương ứng từ đó lập đường đặc tính ra. Thay đổi I_b , ta sẽ có họ đặc tính ra (hình 3-12b). Khi U_c mới tăng từ 0 lên, I_c tăng rất nhanh, vì lúc đó vùng gốc đang sẵn các phân tử dẫn điện đa số từ vùng phát sang vùng gốc đã được hút sang hết vùng góp. Ta thấy dạng đường đặc tính ra rất giống đặc tính Anot của đèn 5 cực.

2.2.3. Hệ số khuếch đại dòng điện tĩnh

Hệ số khuếch đại dòng điện tĩnh là tỉ số giữa số gia dòng điện ra với số gia dòng điện vào, ứng với điện áp đầu ra không đổi.

Đối với sơ đồ cực gốc chung, hệ số khuếch đại dòng điện tĩnh xác định theo

biểu thức:

$$\left. \begin{array}{l} I_V = I_c \\ I_{in} = I_c \end{array} \right\} \alpha = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_c}, U_c = \text{const}$$

Biết $I_c = I_c + I_b$. Vì I_b nhỏ hơn nhiều so với I_c , nên thực tế I_c xấp xỉ I_c , do đó hệ số khuếch đại tĩnh $\alpha \approx 1$, đối với tranzitor tiếp mặt, α có trị số vào khoảng 0,9 đến 0,98 và luôn luôn nhỏ hơn 1. Nếu α càng gần 1, thì I_b càng nhỏ so với I_c , nghĩa là miền góc càng mỏng.

Đối với sơ đồ cực phát chung, ta có $I_V = I_b$, $I_{in} = I_c$ hệ số khuếch đại dòng điện tĩnh được định nghĩa theo công thức:

$$\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}, U_c = \text{const}$$

Vì $I_b \ll I_c$, nên β thường khá lớn, vào khoảng vài chục.

Quan hệ giữa α và β :

Ta có: $I_b = I_c - I_c$ và do đó $\Delta I_c - \Delta I_c = \Delta I_b$

$$\text{Và do đó } \beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_c - \Delta I_c}$$

$$\text{Chia tất cả cho } \Delta I_c \text{ ta có: } \beta = \frac{\Delta I_c}{1 - \frac{\Delta I_c}{\Delta I_c}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$\text{Rút ra: } \beta(1 - \alpha) = \alpha \text{ hay } \alpha(1 + \beta) = \beta \text{ hay } \alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} \quad (*)$$

Từ (*) ta thấy $\alpha \approx 1$ (α càng gần 1) thì β càng lớn.

Ví dụ: Tranzitor $\pi 17$ có $\alpha = 0,9$ còn $\pi 17A$ có $\alpha = 0,94$. Tìm hệ số β của tranzitor đó.

Giải:

Hệ số khuếch đại:

$$\beta_{\pi 17} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{0,9}{1 - 0,9} = 9$$

$$\beta_{\pi 17A} = \frac{0,94}{1 - 0,94} = 15,67$$

Ví dụ: Tranzitor $\pi 19$ có $\beta = 20$. Tìm hệ số khuếch đại tĩnh α ?

Giải:

$$\alpha_{\pi 19} = \frac{\beta}{1 + \beta} = \frac{20}{1 + 20} = 0,952$$

CHƯƠNG IV

TRANZITOR HIỆU ỨNG TRƯỜNG

(Field Effect Transistor – F.E.T)

Trong tranzitor thường (lưỡng cực) sự thay đổi dòng điện được diễn tiến theo quy luật khuếch tán điện tử. Trong tranzitor trường, sự thay đổi dòng điện do sự thay đổi cường độ điện trường.

Cơ sở vật lý của tranzitor trường là dòng điện chạy qua một môi trường bán dẫn có tiết diện dẫn điện thay đổi dưới tác dụng của điện trường thẳng góc với lớp bán dẫn đó. Thay đổi cường độ trường sẽ làm thay đổi điện dẫn của lớp bán dẫn, do đó làm thay đổi dòng điện đi qua.

Đặc điểm của tranzitor trường là:

- Điện trở vào rất lớn: Từ vài $M\Omega$ đến hàng triệu $M\Omega$. Điều này cho phép khuếch đại các nguồn tín hiệu công suất bé.
- Mức nhiễu nhỏ, nên chất lượng làm việc tốt.
- Hiệu ứng nhiệt đi theo chiều ngược so với các tranzitor thông thường: Nhiệt độ tăng thì dòng điện giảm chứ không tăng.

Tranzitor hiệu ứng trường được chia làm hai loại:

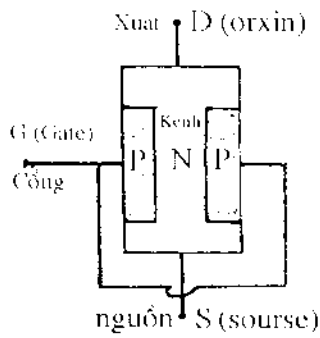
- * Tranzitor hiệu ứng trường có mối nối (Junction FET).
- * Tranzitor hiệu ứng trường cực cổng có oxid cách điện.
(M.O.S FET: metal oxide Semiconductor FET)

1. TRANZITOR HIỆU ỨNG TRƯỜNG CÓ MỐI NỐI (JUNCTION FET)

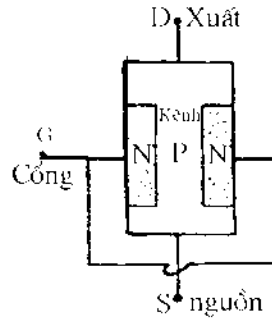
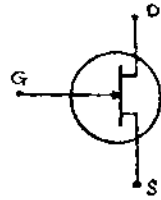
1.1. Cấu tạo:

Về phương diện cấu tạo, Tranzitor trường loại này gồm:

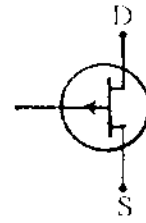
- Loại có điện lợ N (Kênh N)
- Loại có điện lợ P (Kênh P)



Hình 4-1: Cấu tạo FET kênh N
và ký hiệu



Hình 4-2: Cấu tạo FET kênh P
và ký hiệu



1.1.1. Loại có điện trở N:

Gồm một miếng bán dẫn chất Silicon loại N, áp sát ở hai cạnh đối diện là hai lớp bán dẫn loại P. Hai lớp bán dẫn loại P này được nối với nhau tạo thành một cực chung gọi là cực cổng (gate). Phần được giới hạn bởi hai chất bán dẫn P gọi là điện trở N (hay còn gọi là kênh N); hai đầu điện trở, một là cực xuất (Drain), một là cực nguồn (Source).

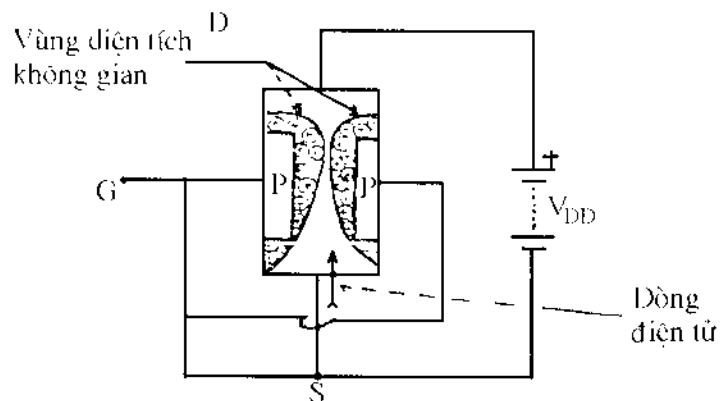
1.1.2. Loại có điện trở P:

Tương tự, nếu điện trở là chất bán dẫn loại P được áp giữa 2 phần N thì ta có tranzitor trường điện trở P.

1.2. Nguyên lý hoạt động của FET:

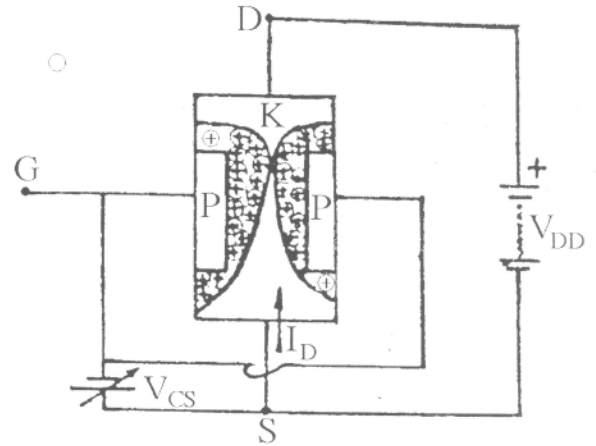
* Khi cực xuất D lấy điện thế dương, cực nguồn S lấy điện thế âm, điện thế tại cực cổng $G = 0$, DG phân cực nghịch, SG không phân cực. Vùng điện tích không gian tại D lớn hơn tại S, lúc này dòng qua điện trở lớn nhất.

$V_{SG} = 0$; I_D lớn nhất.

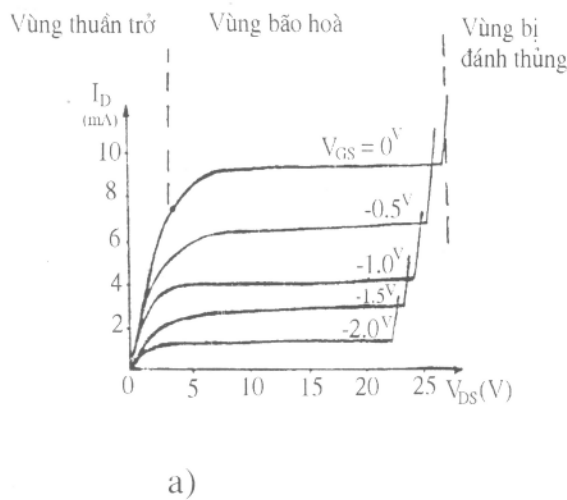


Hình 4-3: Sự hình thành vùng điện tích không gian

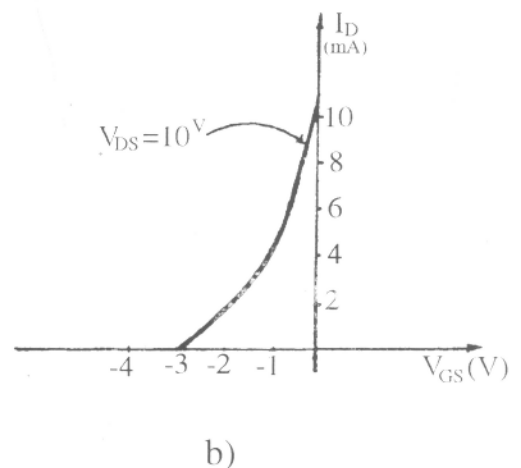
* Khi cực cổng G lấy điện thế âm, DG phân cực nghịch mạnh, vùng điện tích không gian bị lấn rộng ra. Điện thế tại cực cổng G càng âm, vùng điện tích không gian càng bị lấn rộng và tiếp xúc nhau tại K làm đóng điện lộ, lúc này dòng I_D qua điện lộ giảm. Dù thay đổi điện thế nguồn, dòng qua điện lộ cũng không tăng. Đây là hiện tượng bão hoà. Điện thế làm mất dòng qua điện lộ gọi là điện thế ngắt, viết tắt là V_p . Nếu tăng điện thế nguồn lên quá cao. FET sẽ bị đánh thủng.



Hình 4- 4: Sự thu hẹp điện lộ



a)



b)

Hình 4-5: a) Đặc tuyến ra của FET kênh N

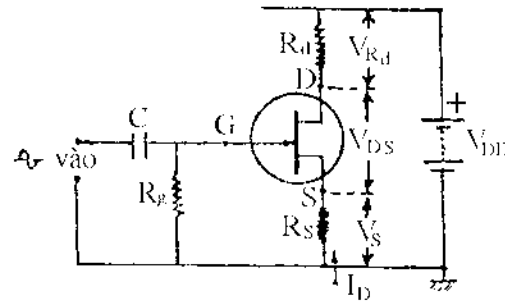
b) Đặc tuyến truyền đạt ứng với $V_{DS}=10^V$

1.3. Phân cực cho FET.

1.3.1. Phân cực tự động:

Trong mạch, dòng I_D qua R_S tạo ra điện thế phân cực tự động cho JFET, ta có:

$$V_S = R_S I_D$$



Hình 4-6: Phân cực cho FET

Ở cực cổng người ta mắc một điện trở R_g , khoảng vài $M\Omega$ xuống mass. Do dòng rỉ ở cổng rất nhỏ nên giảm thế qua R_g coi như không có. Lúc ấy điện thế ở cực G rất nhỏ coi như bằng điện thế mass, $V_G = 0$.

Để xác định ta cần biết V_{R_d} lúc này:
$$R_d = \frac{V_{R_d}}{I_D}$$

Ta biết: $V_{DD} = V_{R_d} + V_{DS} + V_S$ nên $V_{R_d} = V_{DD} - (V_{DS} + V_S)$

Trong hệ thức này, V_{DD} được chọn: $V_{DD} \approx 2V_{DS} + V_S$

V_{DS} có được nhờ đặc tuyến ra của J.FET (ví dụ đặc tuyến ra hình 4-5a) hoặc V_{DS} được xác định trong hệ thức:

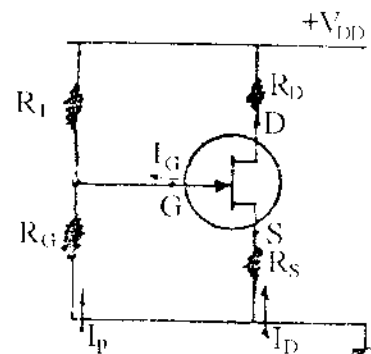
$$I_D = I_{DSS} \left(1 + \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

Với: I_{DSS} là dòng điện lúc $V_{GS} = 0$

V_P là điện thế ngắt.

1.3.2. Phân cực có tính ổn định nhiệt:

Trong mạch, điện trở tải R_D được mắc ở cực xuất, các điện trở R_1 , R_G dùng để xác lập V_G ở điều kiện tĩnh. Điện trở R_S sẽ tạo nên hồi tiếp âm dòng một chiều để ổn định điều kiện tĩnh khi nhiệt độ thay đổi hay do tính khác nhau của tham số



Hình 4-7: Phân cực có tính ổn định nhiệt cho FET

tranzitor khi thay thế.

Để xác định R_1 , R_G cần thỏa mãn điều kiện:

* R_G nhỏ hơn điện trở vào để loại trừ những thay đổi do tác dụng nhiệt, nhờ đó không làm ảnh hưởng đến sự khuếch đại. Chọn R_G khoảng vài trăm $K\Omega$ đến vài trăm $M\Omega$.

Từ $V_G = \frac{R_G}{R_1 + R_G} V_{DD}$ ta tính được $R_1 = \frac{V_{DD} - V_G}{V_G} R_G$

Chọn dòng I_p qua R_1 , R_G phải:

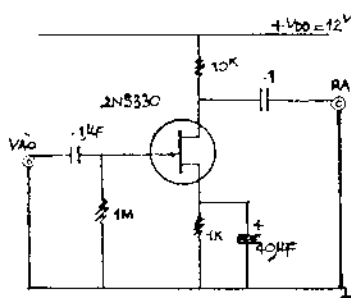
* $>$ dòng rỉ I_G

* $<$ dòng I_D .

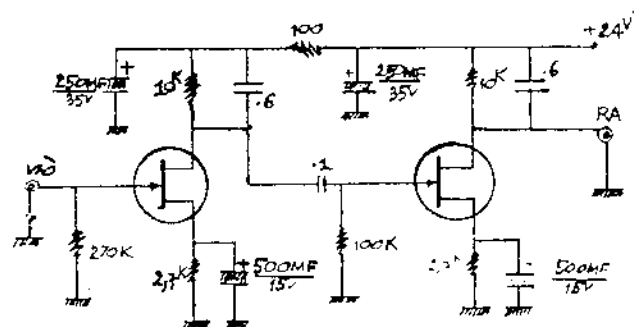
1.4. Ứng dụng của FET.

1.4.1. Tầng tiền khuếch đại dùng FET:

Ngày nay, các máy móc hiện đại, hầu như đều dùng FET ở các tầng tiền khuếch đại cao tần cũng như âm tần, sở dĩ như vậy vì tầng khuếch đại là tầng quan trọng, đòi hỏi một sự đưa dẫn tín hiệu ổn định cho mỗi tần số, và lại để đạt âm thanh trung thực, cần phải có một số điều kiện: tổng trở ngõ vào lớn, hệ số khuếch đại cao và tỉ lệ tiếng ồn thấp, điều mà tranzitor thường không thể đáp ứng được. FET thỏa mãn được các điều kiện trên, hơn thế nữa dòng tiêu thụ lại bé, nên tụ liên lạc có thể dùng loại có trị số nhỏ, biến trở ngõ vào dùng trị số lớn (tương tự dùng trong mạch đèn điện tử). Tổng trở ngõ vào của mạch dùng FET có thể đạt từ 5 $M\Omega$.



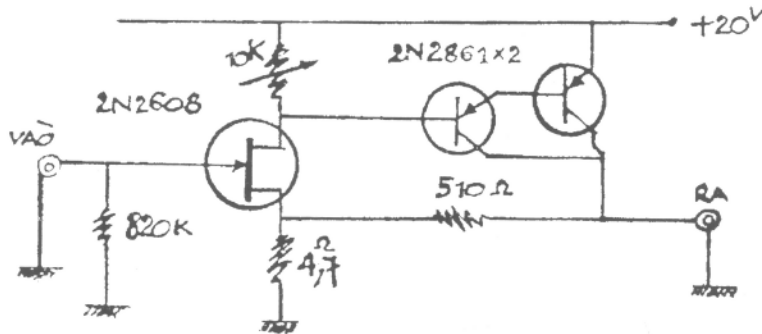
Hình 4-8: Mạch tiền khuếch đại dùng 1 FET



Hình 4-9: Mạch khuếch đại nối tầng dùng 2 FET

Người ta cũng kết hợp FET với tranzitor thường được ghép phức hợp (darlington)

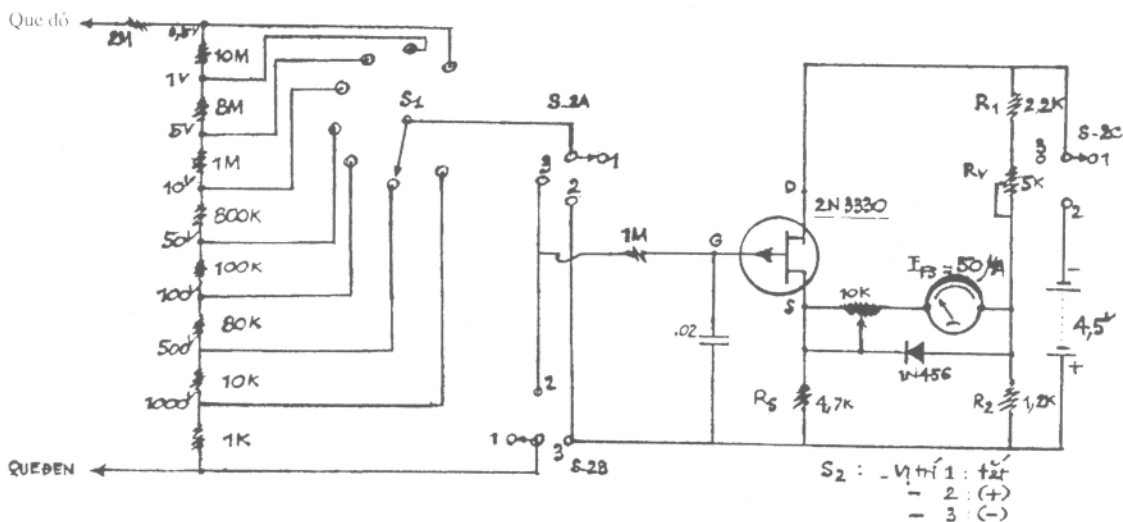
Trong trường hợp này hệ số khuếch đại cao lên hàng trăm, tổng trở ngõ vào > 500 K Ω . Đáp tuyến tần số lên tới 80 KC.



Hình 4-10: Mạch tiền khuếch đại dùng FET và Tranzitor ghép phức hợp

1.4.2. Máy đo dùng FET:

Do có tổng trở ngõ vào lớn, nguồn điện cung cấp thấp, nhạy và chính xác, FET thường được dùng để làm các máy đo đa năng rất tiện dụng. Dưới đây là một von - kế DC đơn giản dùng FET, có nội trở 22 M Ω , có 8 thang đo từ 0,5V đến 1000V



Hình 4-11: Mạch máy đo dùng FET

Nguyên lý hoạt động:

Khi điện thế ở hai đầu que đo là 0V, dòng I_D trong FET chảy qua R_S tạo điện

thế tại S, ta chọn điện trở của cầu phân thế R_1, R_2, R_V sao cho điện thế tại M bằng điện thế tại S, $V_M = V_S$, lúc ấy đồng hồ đo chỉ 0V.

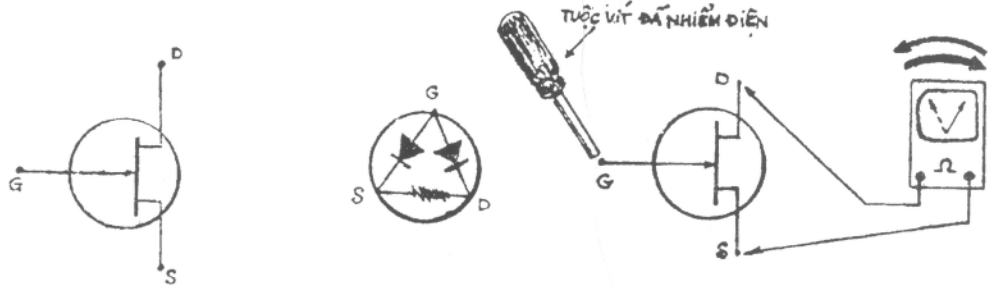
Khi đặt điện thế dương tại 2 que đo. I_D tăng, điện thế tại S âm hơn điện thế cố định tại M, nên mở dòng chạy từ S qua M làm lệch kim điện kế.

1.4.3. Các ứng dụng khác:

Người ta còn dùng FET để thực hiện những chức năng:

- Do tụ ký sinh trong FET không lệ thuộc vào dòng I_D khi có ảnh hưởng của nhiệt độ, nên FET được dùng làm mạch dao động.
- Dùng dòng điện bão hòa của FET để làm nguồn dòng ổn định (hàng).

1.5. Đo FET:



Hình 4-12: a) FET điện lộ. b) Diốt GS = Diốt GD. c) Kim Ω thay đổi vị trí.

- Thử tính diốt của 2 Diốt GS và GD - Phải còn tốt và cân nhau.
- Điện trở giữa D và S $\geq 10K\Omega$.
- FET hoạt động theo hiệu ứng điện trường.

Cách thử:

Dùng tuốc vít cọ sắt vào tóc để tích điện, khi đã nhiễm điện ta đặt gần cực G của FET, đo Ω tại D và nhận thấy số V có thay đổi theo sự gần, rồi xa của tuốc vít.

Bằng cách này cũng thử được với FET kênh P.

2. TRANZITOR HIỆU ỨNG TRƯỜNG LOẠI MOS:

Với tranzitor trường loại JFET điện trở ngã vào khoảng vài chục $M\Omega$ đến vài trăm $M\Omega$. Điều này đã có được tác dụng khuếch đại các nguồn tín hiệu công suất nhỏ, mức nhiễu cũng như tiếng ồn không còn đáng kể, chất lượng làm việc của các máy được cải thiện... Nhưng, để nâng cao hơn nữa, tranzitor trường loại MOS ra đời, với điện trở ngã vào thật lớn, có thể tới hàng chục hoặc hàng triệu $M\Omega$.

2.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động:

Tranzitor trường loại MOS được chia làm hai loại:

- * Loại có điện lộ hình thành do cảm ứng tĩnh điện.
- * Loại có điện lộ làm sẵn.

2.1.1. Loại có điện lộ hình thành do cảm ứng tĩnh điện: (loại giàu)

MOSFET loại này được chia ra :

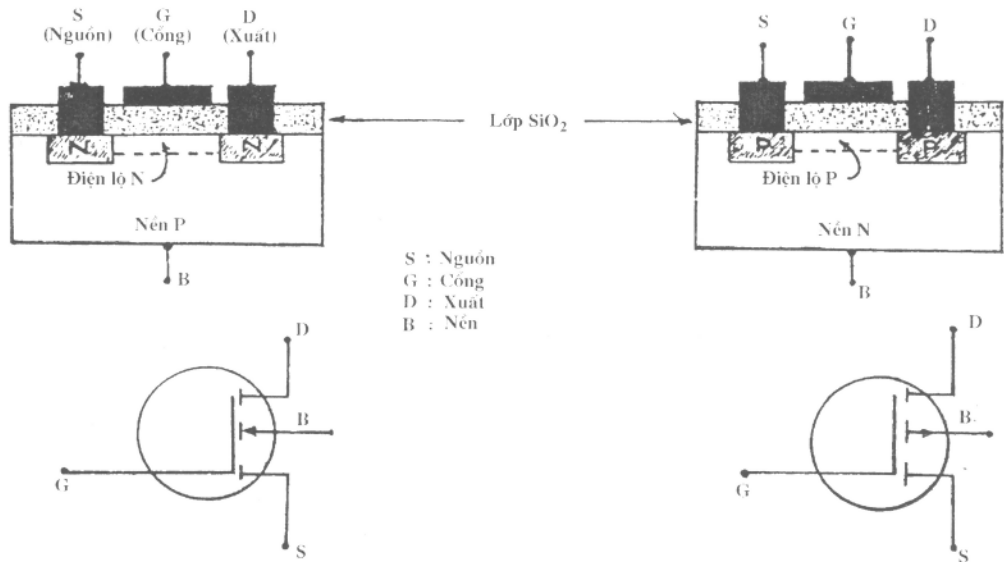
- MOSFET điện lộ N.
- MOSFET điện lộ P.

Giống như tranzitor J.FET, loại có điện lộ P, tranzitor MOS cũng vậy. Nhưng ở đây chỉ xét MOSFET có điện lộ N, còn loại P có cấu tạo chất bán dẫn, cũng như sự vận chuyển ngược lại.

Với điện lộ N, trên nền (còn được gọi là đế) là chất bán dẫn loại P có điện trở cao, người ta khuếch tán 2 vùng N điện trở thấp, sau đó phủ Dioxide Silicium (SiO_2) làm chất cách điện, rồi được dẫn ra bằng dây kim loại. Trên lớp SiO_2 này là một lớp nhôm mỏng nổi ra làm cực cổng G.

Ta nhận thấy trong MOSFET đã hình thành một tụ điện mà điện môi là lớp oxid.

Đặt một điện áp dương vào cực cổng G, ở má bên kia, các điện tử tự do trong nền chất P là những hạt tải thiểu số sẽ bị hút về, tạo nên một điện lộ giữa cực nguồn S và cực xuất D. Do những điện tử tự do làm phong phú hạt dẫn cho điện lộ nên điện trở của vật liệu giữa cực nguồn và cực xuất giảm xuống nhờ đó làm tăng dòng điện từ cực nguồn đến cực xuất. Chế độ làm việc này gọi là chế độ làm giàu của MOSFET.

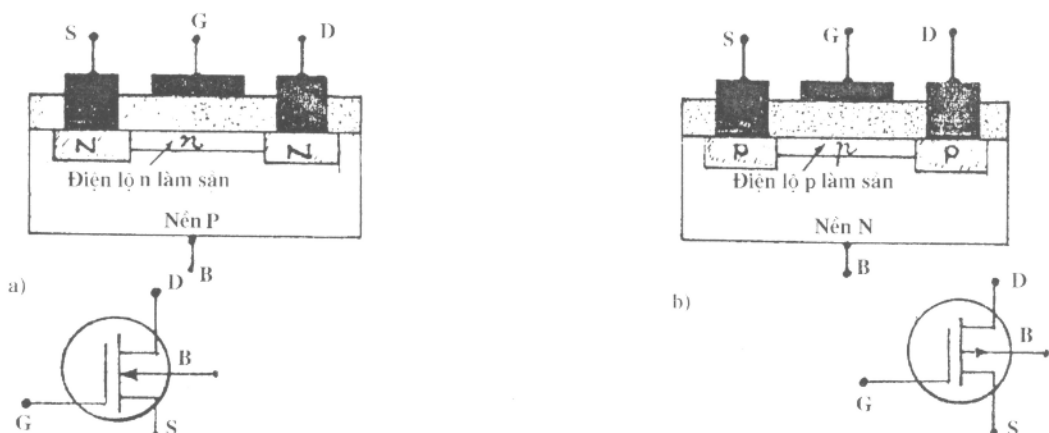


Hình 4-13: a) Cấu tạo và kí hiệu của MOSFET kênh N

b) Cấu tạo và kí hiệu của MOSFET kênh P

2.1.2. Loại có điện lộ làm sẵn: (loại nghèo)

Loại này có cấu trúc tương tự như loại có điện lộ hình thành do cảm ứng. Chỉ khác là, trong khi cấu tạo người ta thực hiện luôn việc khuếch tán lớp chất N làm điện lộ giữa cực nguồn và cực xuất (đối với loại có điện lộ N). Điện lộ loại này có điện trở suất nhỏ, khi đặt điện áp = 0 vào cực cổng, trong MOSFET có dòng điện chạy từ cực nguồn đến cực xuất. Khi đặt điện áp âm vào cực cổng,



Hình 4-14: Cấu tạo và kí hiệu MOSFET có điện lộ làm sẵn.

a) Loại có điện lộ N

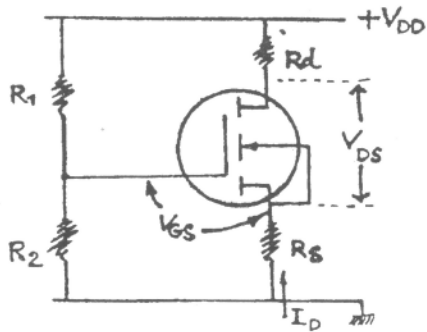
b) Loại có điện lộ P

một số điện tử trong điện lộ bị đẩy ra khỏi điện lộ chạy vào vùng nền làm cho dòng chảy giữa nguồn và xuất giảm. Điện áp tại cực cổng càng âm, điện tử trong điện lộ càng thiếu, dòng chảy càng giảm. Khi điện áp cực cổng âm đến giới hạn của điện thế cắt, dòng chảy sẽ ngưng. Đó là chế độ làm suy giảm hay làm nghèo của MOSFET.

Khác với MOSFET có điện lộ cảm ứng chỉ hoạt động ở chế độ giàu, loại MOSFET với điện lộ làm sẵn có thể hoạt động theo cả hai chế độ làm nghèo và làm giàu. Ở chế độ giàu, sự hoạt động xảy ra như sau: Khi đặt điện thế dương vào cổng, do điện tử ở nền P là hạt tải thiểu số, nên dễ dàng bị hút vào kênh, điều này làm giảm điện trở của kênh, do đó làm dòng qua cực xuất tăng cho đến trị số bão hòa. Chế độ này, do có dòng I_D quá lớn, ảnh hưởng đến công suất tiêu tán cực đại P_{DM} , nên không thích hợp trong các mạch khuếch đại.

2.2. Phân cực cho MOSFET:

2.2.1. Loại có điện lộ cảm ứng:

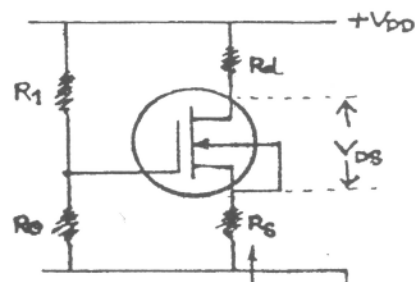
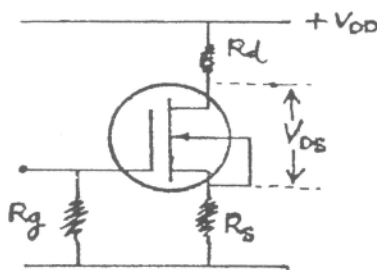


Cách tính toán này tương tự như JFET. Cần nhớ là, do điện thế ở cực cổng dương hơn cực nguồn nên loại này không thích hợp với mạch phân cực tự động.

Hình 4-15: Phân cực cho MOSFET

2.2.2. Loại có điện lộ làm sẵn

Cách phân cực tương tự như của JFET



Hình 4-16: a) Phân cực tự động.

b) Phân cực có tính ổn nhiệt

2.3. Ứng dụng của MOSFET:

MOSFET có tổng trở ngõ vào rất cao, tụ ký sinh nhỏ (vài PF) nên thường được dùng trong các mạch khuếch đại, các mạch cao tần và siêu cao tần, ngoài ra MOSFET còn được dùng làm phần tử chuyển mạch trong các thiết bị xung.

2.4. Bảo vệ và thử MOSFET:

Lớp dioxide Silicon (SiO_2) giữa cực cổng và điện lộ của MOSFET rất nhạy cảm với điện thế cao và hộp chứa bằng chất nhựa. Người ta bảo vệ MOSFET bằng một vòng ngắn mạch cột quanh các chân ra của nó trong suốt thời gian vận chuyển và chỉ được tháo ra sau khi đã hàn vào mạch điện. Do vậy, trước khi đo thử MOSFET, thiết bị đo và tay cầm phải được phóng hết điện xuống đất. Để kiểm tra sự rò rỉ hay sự đánh thủng của cực cổng, ta nên dùng đồng hồ đo Ω thang lớn nhất. Từ cực cổng đến các cực khác giá trị đo phải là lớn vô cùng, nếu đọc được giá trị thấp, có nghĩa là cực cổng không còn bị cách ly-MOSFET đã bị hỏng. Đo từ cực nguồn đến cực xuất, đồng hồ đo phải chỉ một giá trị điện trở xác định. Đây cũng là sự phân biệt đặc tính của một MOSFET. Vì cực cổng bọc kim bị cô lập khỏi cực nguồn và cực xuất bởi SiO_2 , nên nó không có điện trở thuận và nghịch của mối nối, mà phải có một điện trở rất cao giữa nó và các cực khác.

CHƯƠNG V

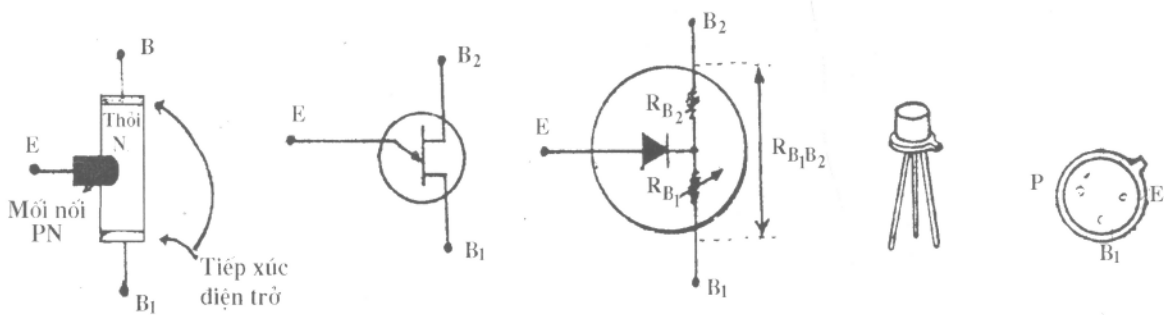
BÁN DẪN CÓ HAI TRẠNG THÁI BỀN

1. TRANZITOR ĐƠN NỐI

1.1. Cấu tạo:

Tranzitor đơn nối (UJT: Unijunction) gồm một thỏi Silicium bán dẫn loại N, có hai tiếp xúc điện trở là cực nền 1 (B_1) và cực nền 2 (B_2), người ta ghép một lớp chất bán dẫn loại P pha rất đậm tạo thành mặt ghép P - N. Cực có mẫu P gọi là cực phát (E).

1.2. Nguyên lý hoạt động:



Hình 4-17: a) Cấu tạo b) Ký hiệu c) Mạch tương đương d) vỏ ngoài và chân ra

Giữa cực nền 1 (B_1) và cực nền 2 (B_2) là một thuần trở gọi là điện trở $R_{B_1B_2}$. Với hai chiều đo của Ω , điện trở này thay đổi từ 4 K Ω đến 10K Ω và chịu ảnh hưởng của nhiệt độ, $R_{B_1B_2}$ là tổng trở của R_{B_1} và R_{B_2} . Ta có tỉ số η , tỉ số này phụ thuộc vào R_{B_1} và R_{B_2} tức phụ thuộc vào cấu tạo UJT.

$$\eta = \frac{R_{B_1}}{R_{B_1} + R_{B_2}} = \frac{R_{B_1}}{R_{B_1B_2}}$$

Trong đó: tỉ số η thay đổi từ 0,45 đến 0,9.

η đọc là êta.

Khi đặt ở hai đầu cực B_1 và B_2 một điện thế V_{BB} , điện trở $R_{B_1B_2}$ gồm R_{B_1} và R_{B_2}

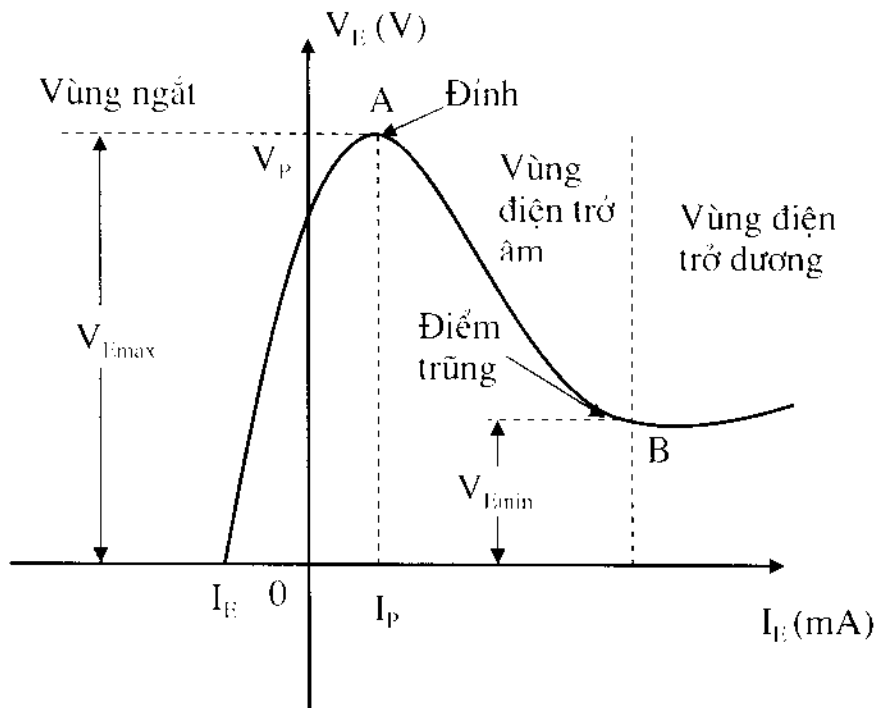
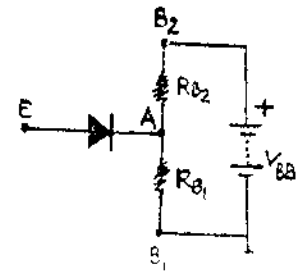
được xem như một cầu phân thế. Điện thế tại A được tính như sau:

$$V_A = \eta V_{BB}$$

Điện thế này rất quan trọng vì điốt chỉ thông khi $V_E > V_A$.

Trái lại nếu $V_E < V_A$, điốt phân cực nghịch, dòng qua điốt nhỏ, tổng trở ngã vào thật lớn, ta có vùng ngắt đặc tuyến.

Khi V_E hơi lớn hơn V_A , lúc này phần mối nối PN giữa E và B_1 phân cực thuận, các lỗ trống từ cực E (là chất bán dẫn loại P) tràn sang cực B_1 (có chất bán dẫn loại N) do tác dụng của điện trường. Dòng qua điốt D tăng lên làm giảm điện trở R_{B1} , kéo V_{B1} và V_E giảm theo. Kết quả ta có đoạn đặc tuyến đi xuống AB (hình 4-18).



Hình 4-18: Đặc tuyến của UJT

Đây là vùng điện trở âm của đặc tuyến. Trong khi đó mối nối PN giữa E và B_2 phân cực nghịch nên R_{B2} không thay đổi. Nhờ đoạn đặc tuyến có vùng điện trở âm này, UJT được coi như một rơle (Relay) tác động bởi một điện thế. Điện thế của cực E làm UJT bắt đầu hoạt động gọi là điện thế đỉnh V_P (peak Voltage), ta có:

$$V_P = \eta V_{BB} + V_D$$

V_D : điện thế rào của mối nối PN, với loại silicon $V_D \approx 0,6V$

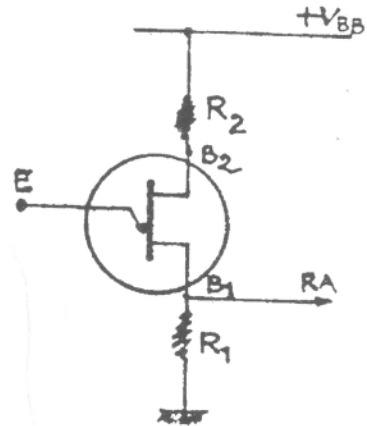
Ví dụ: chọn $\eta = 0,5$; $V_{BB} = 20^V$, để UJT hoạt động ta phải có:

$$V_A = V_B = 0,5 \times 20^V + 0,6^V = 10,6^V$$

Khi R_{B1} đã đạt trị số ổn định không giảm nữa, dòng I_E lại tăng theo V_E ta có đoạn đặc tuyến vùng điện trở dương BC.

1.3. Vấn đề ổn nhiệt:

Do điện thế rào của mối nối PN không ổn định theo nhiệt độ, một phần do sự thay đổi của η , điện thế đỉnh V_P cũng thay đổi. Người ta mắc thêm điện trở R_2 giữa nguồn V_{BB} và cực B_2 để ổn định nhiệt độ do đó ổn định được điện thế đỉnh. Trị số của điện trở R_2 thường được tìm bằng thực nghiệm, thường nằm trong khoảng vài trăm Ω đến vài $k\Omega$. ta có thể dùng công thức sau để xác định R_2 :



Hình 4-19: Ổn nhiệt cho UJT

$$R_2 = \frac{(0,4 \sim 0,8)(R_{B1} + R_{B2})}{V_{BB}} = \frac{(0,4 \sim 0,8)R_{BB}}{V_{BB}}$$

Điện trở R_2 còn dùng để hạn dòng khi V_{BB} tăng cao, do đó bảo vệ UJT không bị đánh thủng.

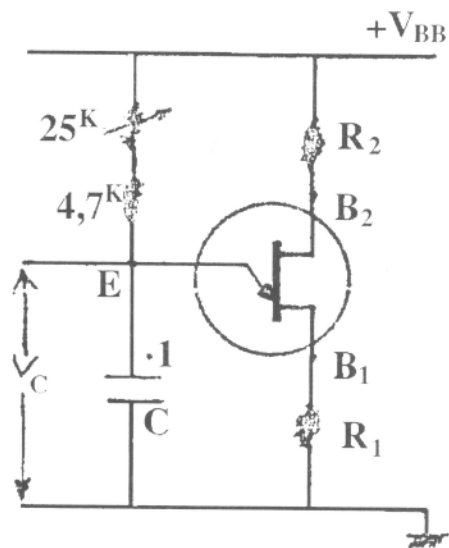
1.4. Ứng dụng

1.4.1. Mạch dao động nạp xả:

Do có dao động ổn định, có thể làm việc được với tần số rất thấp cũng như rất cao, mạch lại đơn giản, dạng xung lấy ra ở B_1 gần như lý tưởng để kích các mạch khác, UJT rất thích hợp để thực hiện các mạch dao động.

Mạch hoạt động như sau:

Khi tiếp điện, tụ C nạp dòng qua R_E và điện thế trên hai đầu tụ V_C tăng cao theo



Hình 4-20: Dao động dùng UJT

thời gian. Khi điện thế V_E đạt tới điện thế đỉnh V_p :

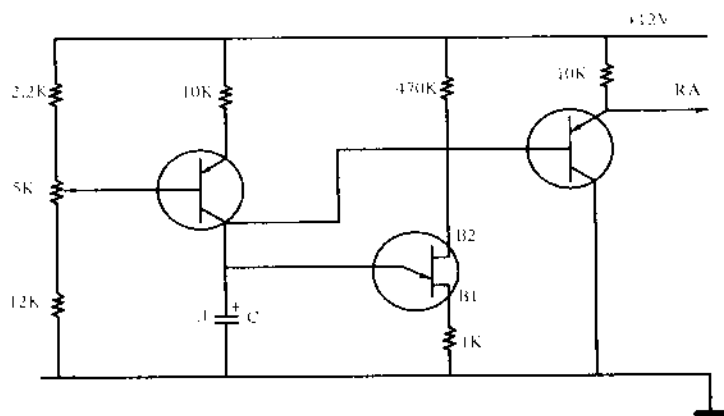
$$V_F = V_P = \eta V_{BB} + V_D$$

Thì cực E được phân cực thuận nên phun lỗ trống vào vùng B_1 làm giảm trị số điện trở R_{B1} nên tụ C xả điện qua mối nối B_1E , lúc này UJT làm việc trong vùng điện trở âm. Khi tụ C xả điện đến bằng điện thế trũng V_{lmin} thì mối nối B_1E lại phân cực nghịch, điện thế tại B_1 tăng cao, tụ lại một lần nữa nạp điện thế nguồn đến khi bằng V_p rồi lại xả điện.

Chu kỳ dao động là:

$$T = R_E C \ln \left(\frac{1}{1 - \eta} \right)$$

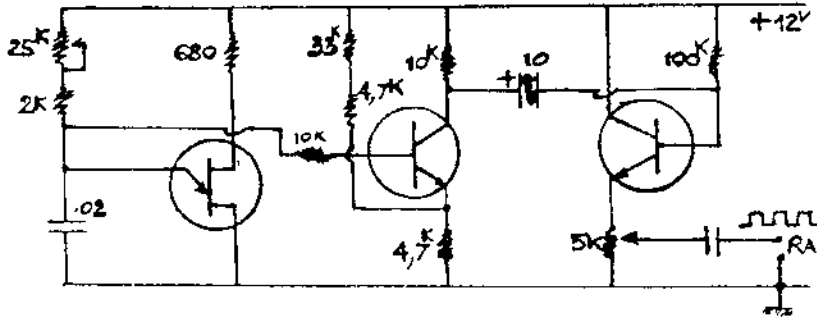
1.4.2. Mạch dao động tạo sóng răng cưa:



Hình 4- 21: Dao động dùng UJT tạo sóng răng cưa

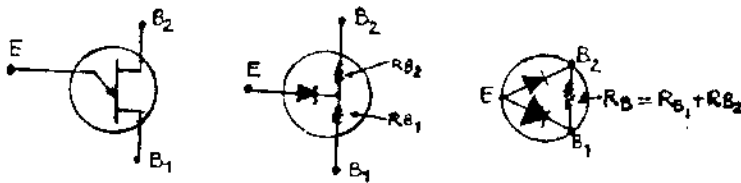
1.4.3. Mạch dao động tạo sóng vuông:

Dao động nạp xả dùng UJT để tạo sóng răng cưa, sóng này được đưa vào mạch đa hài (multivibrator) cho ra xung vuông cần thiết trong việc tạo tín hiệu quét ngang, quét dọc trong tivi, thử đáp tuyến của máy tăng âm, tạo xung nhịp trong máy tính, máy châm cứu...



Hình 4-22: Dao động tạo sóng vuông.

1.5. Đo UJT:



Hình 4-23: Đo thử UJT

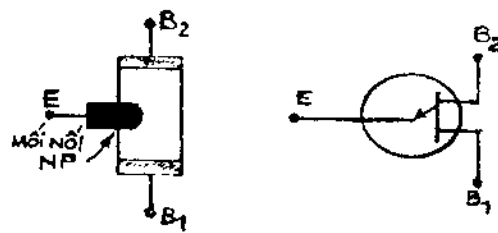
- UJT không chịu tác dụng của hiệu ứng điện trường.

- 2 diốt E_{B1} và E_{B2} không cân nhau.

- điện trở R_B khoảng 10 K

1.6. Tranzitor đơn nối bổ sung (Complementary unijunction)

Ngoài loại tranzitor đơn nối thường, người ta còn chế tạo loại tranzitor đơn nối bổ sung hay tranzitor đơn nối bù, viết tắt là C.UJT, có cấu tạo ngược lại loại tranzitor UJT với một lớp chất bán dẫn loại N, ghép vào thỏi P. Loại này có tần số hoạt động cao, tỉ số η thấp, điện thế hoạt động và điện trở bão hoà nhỏ, dễ bù nhiệt độ nên có ưu điểm hơn loại mặt ghép là chất N, nhưng xung ra ở cực B_1 âm nên khó sử dụng. Ngày nay loại C.UJT chỉ còn thấy trong mạch kết (IC).



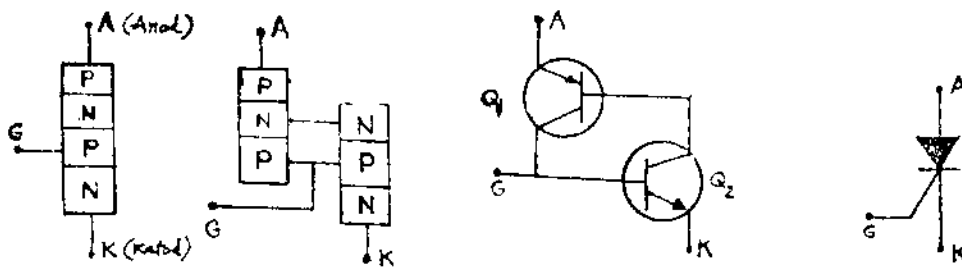
Hình 4-24: Cấu tạo và ký hiệu C.UJT

2. THIRIXTO

2.1. Cấu tạo:

Thirixto còn gọi là SCR (Silicon Controlled Rectifier).

Trên nền Si đa tinh thể, người ta tạo ra 4 lớp P-N-P-N. Cực A là dương cực, K là âm cực. G là cực điều khiển. Để dễ giải thích sự hoạt động, người ta có thể xem SCR được tạo ra từ 2 tranzitor PNP và NPN nối vào nhau.



Hình 4-25:

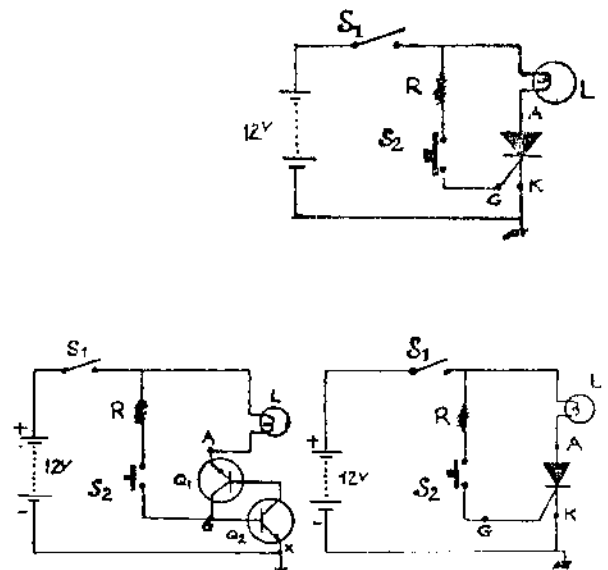
a) Cấu tạo SCR b) Mạch tương đương của SCR c) Ký hiệu của SCR

2.2. Nguyên lý hoạt động:

Đặt tại dương cực A một điện thế cao hơn tại âm cực K như cho các loại diốt thường. Cực điều khiển G cần điện áp dương hơn âm cực K gọi là điện thế khiển.

- Khi đóng S_1 , để hở S_2 , SCR được tiếp điện.

(A tiếp điện (+), K tiếp điện (-)). Trong mạch tương đương chúng ta thấy tại A và K có điện thế, nhưng do S_2 hở nên cực B của Q_2 trong mạch tương đương không có điện, Q_2 và Q_1 không thông nên SCR xem như hở mạch. Đèn L không cháy.



Hình 4-26: Hoạt động của SCR

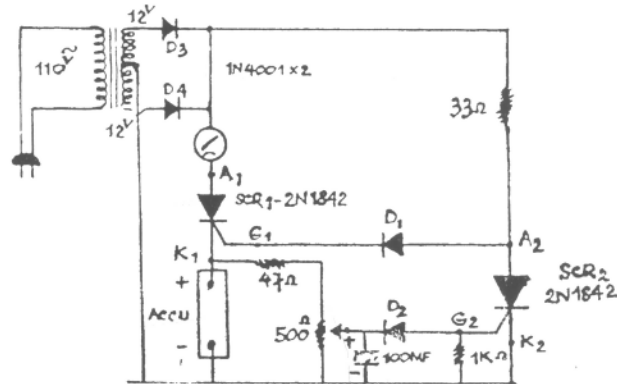
- Bây giờ, vẫn đóng S_1 , ấn S_2 để lấy điện, lúc này tại G có điện thế kích cho SCR thông. Đèn L cháy sáng. Khi SCR đã thông, dù ngắt điện thế tại cực

khiến G, SCR vẫn hoạt động như thường, ta nói SCR có tính tự giữ. Muốn tắt SCR (tắt đèn) ta tắt điện thế tại dương cực A.

2.3. Ứng dụng:

2.3.1. Mạch nạp bình ắc quy tự động:

Bình đang ở trạng thái hết điện, điện thế của bình giảm thấp, dòng điện qua điện trở $33\ \Omega$ và diốt D_1 kích cực G_1 làm SCR_1 dẫn điện, dòng điện nạp bình qua điện kế.



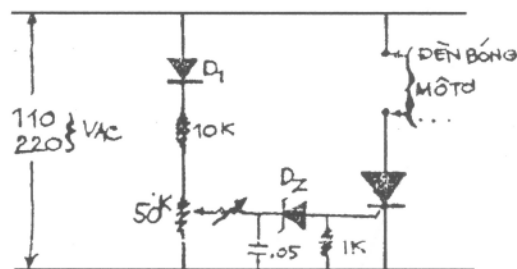
Hình 4-27: Mạch nạp bình tự động dùng SCR

Khi bình được nạp đầy, điện thế ở bình tăng lên làm tăng điện thế tại K_1 , điện thế này đủ để kích cho SCR_2 hoạt động, lúc này điện thế tại G_1 thấp hơn tại K_1 : Khi điện thế tại đầu diốt nắn điện D_3 đến mức $0V$, SCR tắt, cắt dòng nạp vào bình.

Tải có thể là: - Bóng đèn.

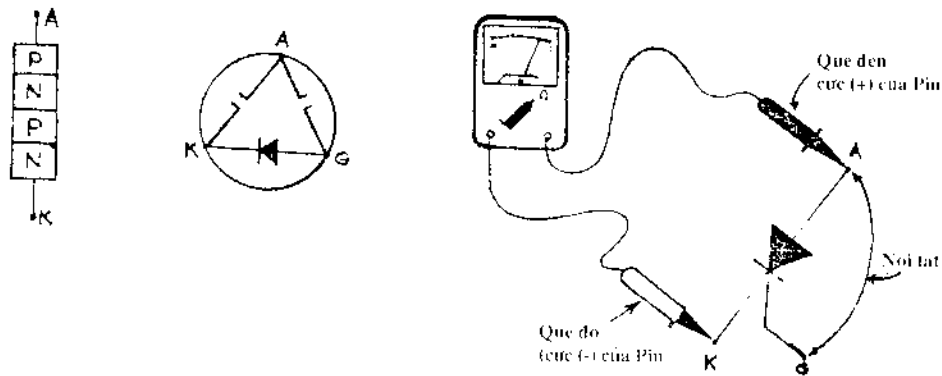
- Mô tơ..

Đối với SCR, dù Anod và Catod được phân cực thuận, mà cực cổng không được kích thì SCR vẫn không dẫn điện. Do đó dùng xung để kích cực cổng, có thể điều chỉnh được lượng điện trung bình lên tải.



Hình 4-28: Mạch điều chỉnh nguồn AC

2.4. Đo SCR:



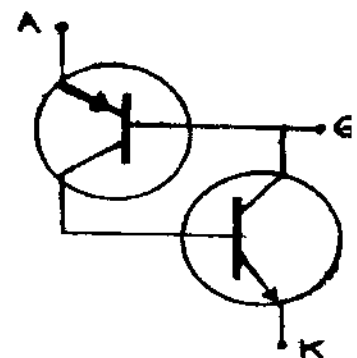
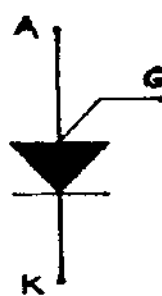
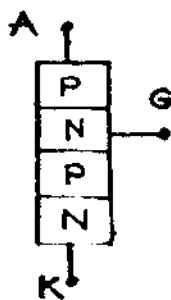
Hình 4-29: Đo SCR

- Đo Ω tại A và K, tại A và G phải hở mạch
- Đo Ω tại K và G có tính diốt.
- Que đỏ kẹp tại Katốt, que đen kẹp tại Anode. Nối tắt A và G, kim Ω kế phải lên, khi buông nối tắt ra mà kim vẫn giữ nguyên (không xuống) thì SCR còn tốt.

3. PUT

3.1. Cấu tạo:

PUT (viết tắt của Programmable unijunction transistor) gồm 4 lớp bán dẫn P-N-P-N có Anod, Katod, cực điều khiển G như SCR, nhưng ở PUT, cực G được lấy từ chất bán dẫn loại N.



Hình 4-30:

a) Cấu tạo

b) Ký hiệu

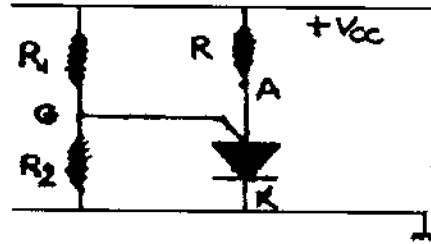
c) Mạch tương đương

Là một linh kiện có vùng điện trở âm nên PUT thường được dùng làm mạch dao động hay mạch so sánh điện áp. Mạch tương đương của PUT là hai tranzitor PNP và NPN ghép thành vòng kín.

4.2. Phân cực cho PUT:

- Điện thế tại A cao hơn điện thế tại K.
- Cầu phân áp R_1, R_2 xác định điện thế V_G .

$$V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

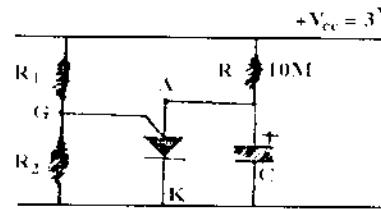


Hình 4- 31: Phân cực cho PUT

3.3. Ứng dụng:

- Dao động dùng PUT

Lúc mở điện, điện thế tại A thấp trong khi điện thế tại G cao hơn, PUT chưa thông. Tụ C nạp dòng qua R cho đến khi điện thế tại A cao hơn tại G, PUT thông mở đường cho tụ C xả mạnh làm điện thế tại A giảm xuống. PUT tắt, lại bắt đầu một chu kỳ mới.



Hình 4-32: Dao động dùng PUT

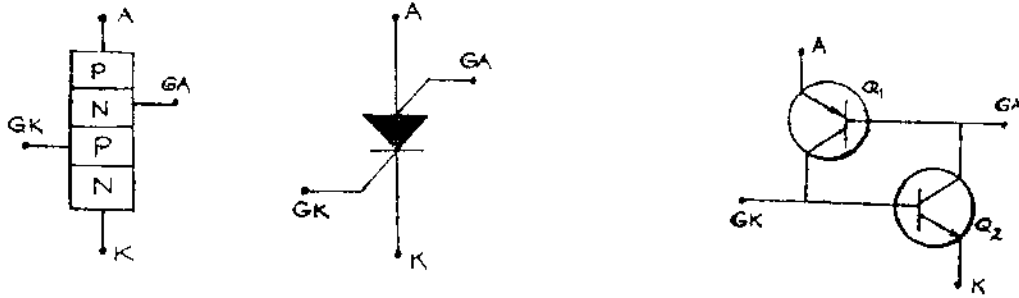
Chu kỳ dao động :

$$T = RCLn \frac{1}{1-\eta}$$

4. SCS

4.1. Cấu tạo và ký hiệu:

SCS viết tắt của Silicon controlled Switch, nghĩa là khoá điện silic có điều khiển, gồm 4 lớp bán dẫn P-N-P-N, có anod, katod, 2 cổng điều khiển. Cổng kế Anod gọi là cổng anod (G_A), cổng kế katod gọi cổng katod (G_K).



Hình 4-33:

a) Cấu tạo

b) Ký hiệu

c) Mạch tương đương

Đặc tính của loại này cũng giống như SCR nhưng có một vài điểm khác biệt:

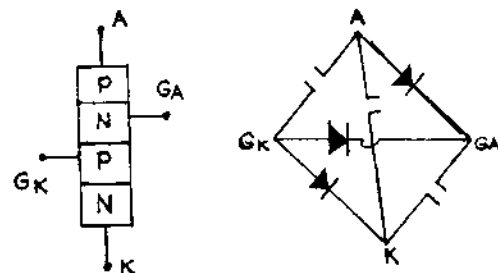
a) SCS có thể thông khi phân cực thuận một trong hai tiếp giáp A, G_A hoặc G_K , K có nghĩa là khi kích cực G_A bằng xung âm hoặc tích cực G_K bằng xung dương thì SCS sẽ dẫn.

b) Khi SCS đang dẫn, muốn cắt dòng qua nó, ta có thể đặt xung dương vào cực G_A hoặc xung âm vào cực G_K .

c) Phần lớn chế tạo có công suất nhỏ (vài trăm mW) nên SCS được dùng rất hạn chế, và do có công suất thấp, SCS có cổng rất nhạy, chỉ cần dòng kích cỡ μA là có thể kích được SCS

4.2. Đo SCS:

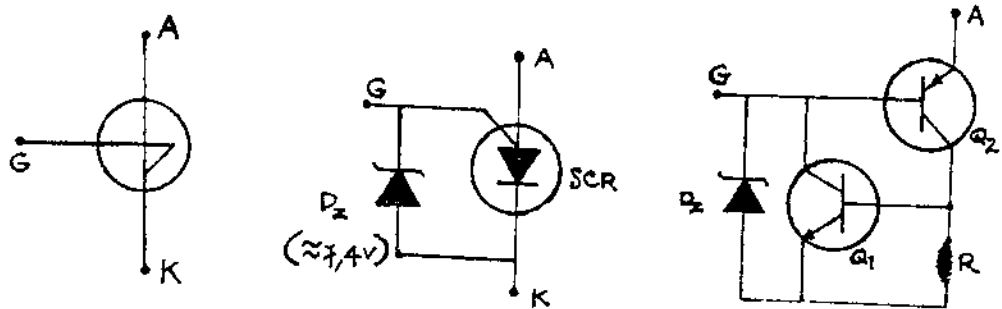
Cách đo: (dùng Ω kế R x 1)



Hình 4-34: Đo SCS

- A, G_A
 - G_K, G_A
 - G_K, K
 - A, K
 - A, G_K
 - K, G_A
- Kiểm tra tính thuận nghịch của diốt
- Hở mạch.

5. S.U.S



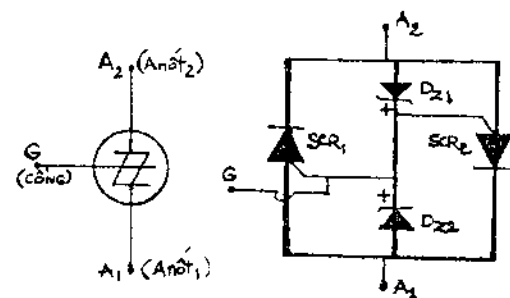
Hình 4-35: a) Ký hiệu

b) Mạch tương đương

SUS viết tắt của Silicon Unilateral Switch. Đây là khoá điện Silic có cực điều khiển ở một phía anode, có một diốt zener nằm ở giữa cực điều khiển (G) và Katốt (K). SUS sẽ dẫn điện khi điện thế dương trên anode đủ cao để đánh thủng diốt zener. Điện thế đánh thủng này tùy thuộc vào diốt zener, thông thường khoảng 6^V đến 10^V . Đưa xung âm vào cổng G, cũng kích được SUS.

6. S.B.S

SBS viết tắt của Silicon Bilateral Switch có nghĩa là khoá điện Silic ở hai phía. Loại này cũng tương tự như hai SUS ghép ngược, song song nhau. SBS được coi như một khoá điện, tác động bởi điện thế với một trong hai cực tính.



a) Ký hiệu

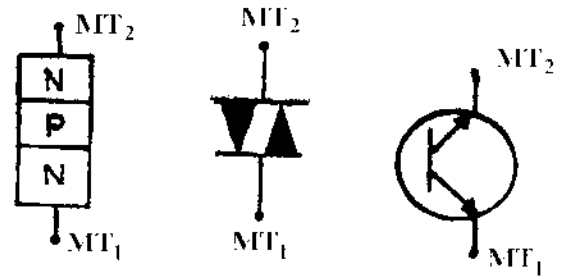
Hình 4-36:

b) Mạch tương đương

7. ĐIẮC

7.1. Cấu tạo và ký hiệu

Điắc (diode AC) được cấu tạo như một tranzitor không có cực B, do cấu tạo gần như đối xứng nên trong sử dụng ta mắc vào MT_1 hoặc MT_2 đều được.



Hình 37:

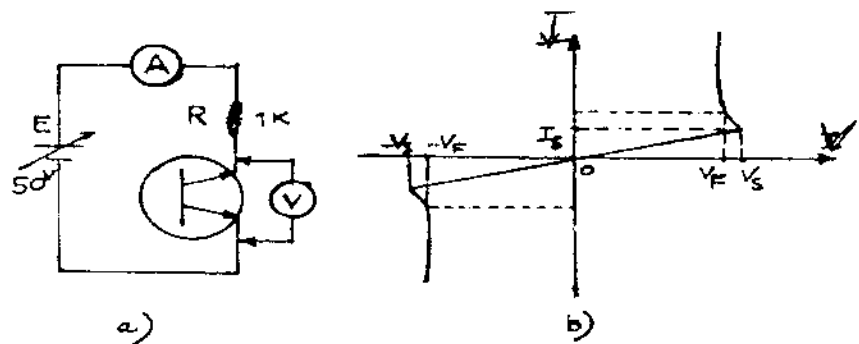
a) Cấu tạo b) Ký hiệu c) Tương đương

7.2. Nguyên lý hoạt động:

Qua điện trở hạn dòng R , ta thay đổi điện áp nguồn E từ thấp đến cao và đo điện thế tại 2 đầu MT_1 , MT_2 , dòng I tăng rất chậm trong khi điện thế tăng cao, lúc này điắc được coi như một khoá điện thế đạt đến giá trị V_S ứng với dòng I_S , điắc thông và sụt xuống giá trị V_F mới cho cổng của triắc làm triắc dẫn điện.

7.3. Đo thử điắc:

Do điện thế của pin trong đồng hồ đo thấp, không vượt hơn ngưỡng điện thế V_S của điắc, nên dùng thang đo Ω ta thấy cả 2 chiều đo đều có giá trị điện trở lớn. Muốn biết



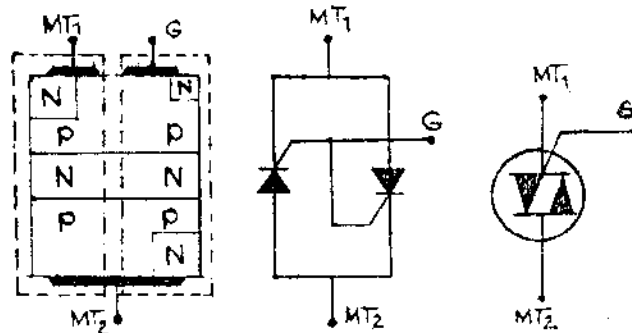
Hình 4-38: a) Vận chuyển của điắc b) Đặc tuyến của điắc

chính xác được tính tới của điắc, ta dùng mạch trên (hình 38) để thử.

8. TRIẮC

8.1. Cấu tạo và ký hiệu:

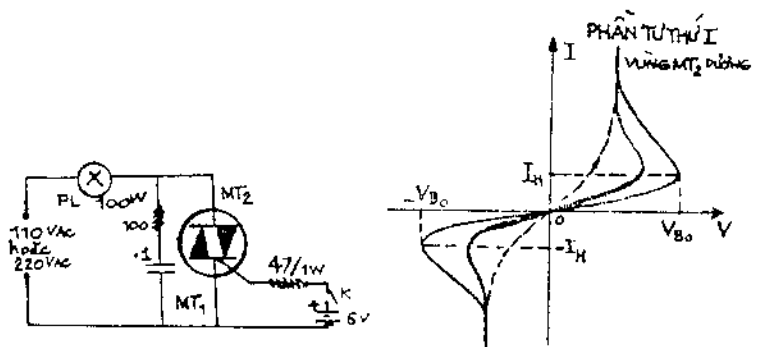
Triắc viết tắt từ triode AC (khoá điện xoay chiều). Khác với SCR, triắc dẫn điện cả hai chiều khi kích ở cổng G. Triắc được dùng như một khoá điện bán dẫn công suất lớn. Do dẫn điện cả hai chiều, triắc không có dương cực và âm cực, mà được đặt là MT_1 , MT_2 .



Hình 4-39: Cấu tạo, ký hiệu .

8.2. Nguyên lý hoạt động:

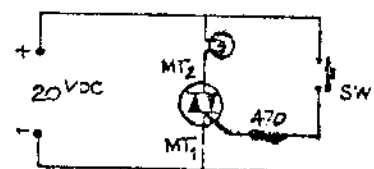
Khi khoá K hở cực G không được cấp điện, triắc tắt, không có dòng qua tải. Đóng khoá K, qua điện trở $47\ \Omega$ cực G được cấp điện, triắc được mở và xem như một công tắc đang mở điện, đèn PL cháy sáng. Cách mở của triắc cũng như SCR, nhưng với triắc ta có thể mở dòng dương cho phần tử thứ I, cũng có mở dòng âm cho phần tử thứ II (2 phần tử này là vùng nhạy cảm nhất trong 4 vùng triắc có thể làm việc).



Hình 4-40: a) Vận chuyển b) Đặc tuyến của triắc

8.3. Đo thử triắc:

Dùng Ω kế đo thuận nghịch trên triắc. Ta thấy kim đồng hồ chỉ ∞ . Đặt hai đầu MT_1 , MT_2 vào nguồn 20V (hình 4- 41). Đèn không sáng. Ấn SW, đèn sáng lên, buông SW vẫn sáng. Đảo dây, MT_2 vào (-), MT_1 vào (+) thử thấy hiện tượng giống trên là triắc còn tốt.



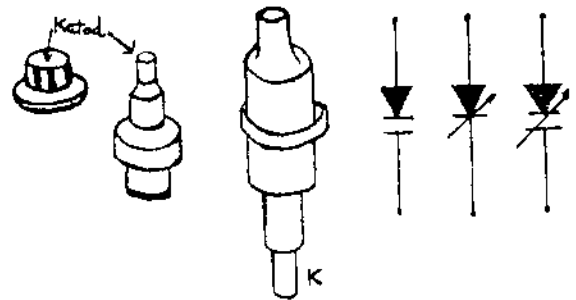
Hình 4-41: Đo triắc

9. MỘT VÀI ỨNG DỤNG THỰC TẾ

9.1. Điốt biến dung

9.1.1. Hình dáng, ký hiệu và đại cương:

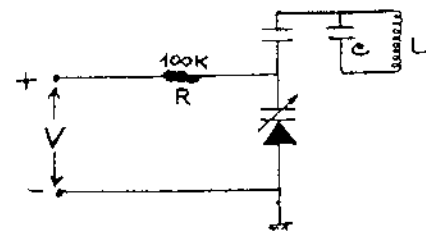
Varicap điốt được gọi là điốt biến dung, loại điốt bán dẫn được sử dụng như một tụ điện thay đổi theo điện thế. Khi phân cực nghịch mỗi nối PN, tại mỗi nối này sẽ hình thành một hàng rào điện thế với sự hiện diện của một số điện tích tạo thành một tụ điện. Trị số của tụ thay đổi theo mức điện thế nghịch ở hai cực.



Hình 4- 42: a) Hình dáng biến dung
b) Các ký hiệu

9.1.2. Nguyên lý hoạt động:

Qua điện trở bảo vệ R 100 K , người ta đặt một điện thế nghịch lớn cấp cho điốt biến dung, thay đổi điện thế nghịch này, ta thay đổi trị số điện dung của tụ, điều này làm thay đổi tần số của mạch cộng hưởng:



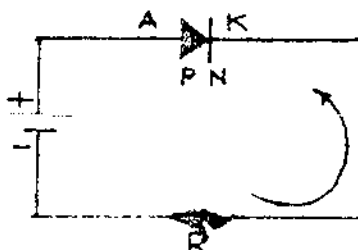
Hình 4-43: Thay đổi trị số điện dung

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

9.1.3. Đo thử:

Điốt biến dung được đo thử như loại điốt thường (thông khi đo thuận, không thông khi đo nghịch).

9.2. Điốt ổn áp



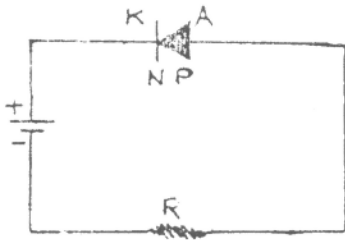
Hình 4- 44: Phân cực thuận

9.2.1. Phân ôn tập

* Phân cực thuận cho điốt:

Mắc điện dương vào dương cực (A) của điốt, điện âm vào âm cực (K), ta đã phân cực thuận và mở dòng qua điốt.

* Phân cực nghịch cho điốt



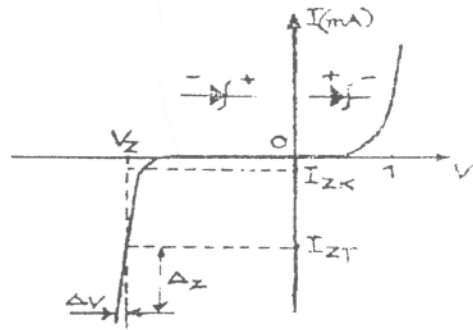
Hình 4- 45: Phân cực nghịch

Mắc điện theo cách ngược lại, ta đã phân cực nghịch cho điốt. Ta nhận thấy trên nguyên tắc, không có dòng chảy qua mối nối, nhưng trong thực tế vẫn xảy ra có dòng chảy qua, dòng điện này rất nhỏ, có do chuyển động của các hạt thiểu số, dòng điện này có một số đặc tính:

- Sớm bị bão hoà
- Không tăng theo nguồn điện bên ngoài.
- Rất nhạy cảm với nhiệt độ.

* Hiện tượng đánh thủng hay hiệu ứng Zener:

Khi tăng điện thế nghịch đến một giá trị nào đó, mối liên kết trong chất bán dẫn bị phá vỡ do tác dụng của điện trường, tạo nên các điện tử và lỗ trống ngay trong mối nối làm dòng điện bắt đầu tăng cao. Nếu điện thế nghịch chưa đạt đến trị số V_Z , dòng điện nghịch rất nhỏ (vài μA đến vài chục μA). Nhưng khi



Hình 4- 46: Đặc tuyến của điốt ổn áp

điện thế nghịch đạt đến giá trị V_Z , dòng điện tăng lên rất nhanh từ $1\mu A$ đến 50 mA hoặc cao hơn. Đây là hiệu ứng zener, hay còn gọi là hiện tượng đánh thủng. Trong khi dòng điện qua zener tăng cao, điện thế ở hai đầu zener vẫn không thay đổi.

9.2.2. Hình dạng và cấu tạo điốt ổn áp (điốt zener)

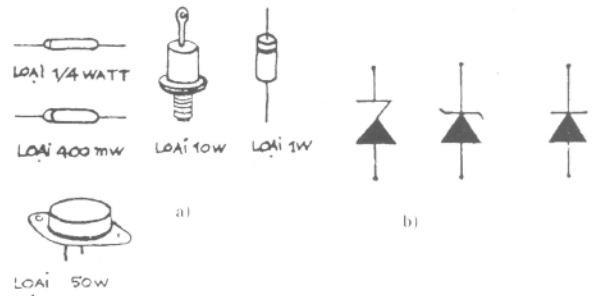
Với các điốt thường hiện tượng đánh thủng xảy ra sẽ làm hỏng mối nối, do đó làm hỏng điốt. Còn đối với điốt zener, khi chế tạo, người ta tính toán để sao cho:

- Mối nối chịu được dòng điện ngược khi bị đánh thủng.
- Mức tạp chất phải phù hợp để có độ ổn định điện áp cao.

- Có độ chịu nhiệt tốt.

Khi bị đánh thủng, diốt zener có tính chất giữ lại một mức điện thế không đổi, mức điện thế này thay đổi tùy theo cách pha tạp chất trong chất bán dẫn để có sự ổn định như mong muốn.

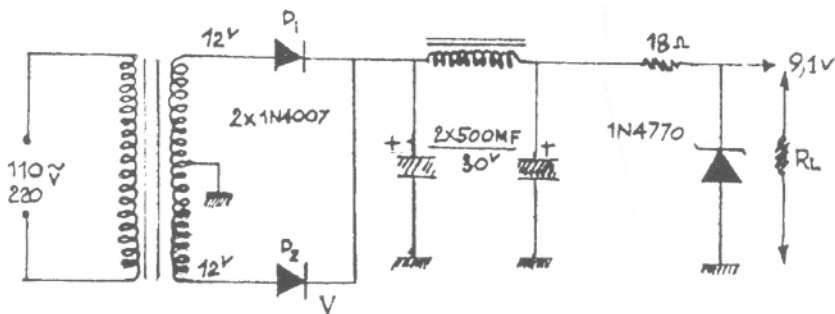
Ví dụ: 4^V ; 6^V ; $8,4^V$; $9,1^V$; ...



Hình 4-47: a) Hình dáng b) Ký hiệu

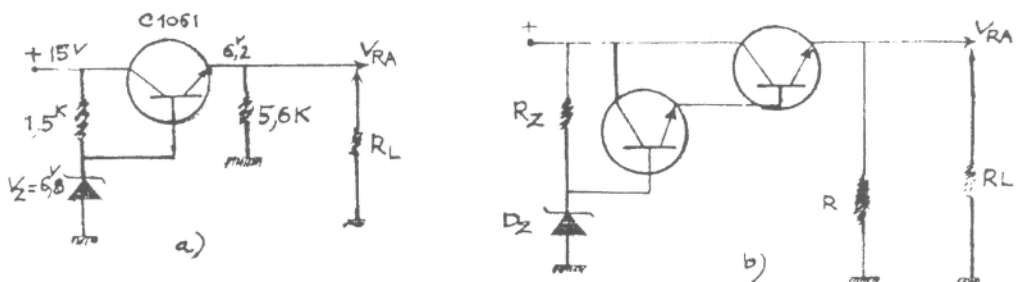
9.2.3. Ứng dụng:

* Ổn áp dùng zener:



Hình 4- 48: Mạch ổn định điện thế $9,1^V$

* Mạch ổn áp dùng zener và tranzitor:



Hình 4- 49: Mạch ổn áp dùng diốt zener và tranzito

Nếu không có diốt zener công suất lớn, ta có thể dùng loại có công suất nhỏ, trong trường hợp này mạch thường được kết hợp với tranzitor công suất. Trong mạch (a), do zener ổn định ở mức $6,8^V$ khi bị đánh thủng và điện thế mối nối

tranzitor NPN khoảng $0,6^V$ nên ta có:

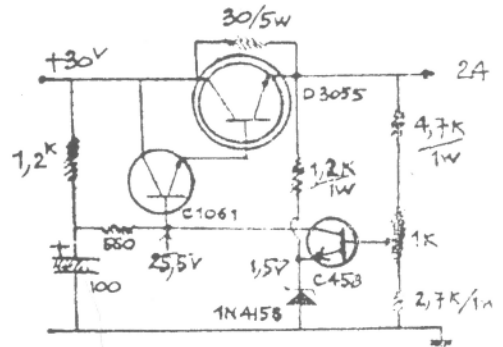
$$V_{Ra} = V_Z - V_{BE} = 6,8 - 0,6 = 6,2^V$$

Mức điện áp này khá ổn định, dù có sự thay đổi dòng trong mạch điện.

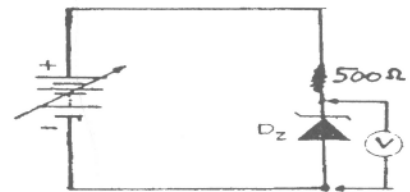
Khi có dòng qua tranzitor công suất quá cao, mà chỉ cần dòng điện điều khiển nhỏ, ta ghép phức hợp (darlington như mạch (b)).

* Mạch ổn áp có thể điều chỉnh được điện thế ra:

Điện trở $1,2K$, tụ $100MF$ để lọc nguồn DC vào, điện trở 560Ω lấy tín hiệu ra của C458, C 1061 và D3055 được ghép Darlington để tăng độ ổn định. Điện trở $30 \Omega/5w$ chia dòng điện của tải, do đó giảm công suất đốt nóng TR. $1K2$ và Dz lấy điện áp chuẩn cấp cho cực E TR C458. Mạch có tính ổn định tốt, thường được dùng trong bộ nguồn của TV bán dẫn.



Hình 4- 50: Mạch ổn áp điều chỉnh được điện áp ra



Hình 4- 51: Thử điốt zener

9.2.4. Thử diode zener

Mắc nối tiếp với zener một điện trở khoảng 500Ω . Thay đổi nguồn DC cho đến khi điện áp đo trên zener không tăng nữa, đây là hiệu thế zener của điốt. Ta dùng vôn kế để biết được mức điện áp này.

CHƯƠNG VI

LINH KIỆN QUANG

Trong thập niên 80 – 90 chúng kiến sự nở rộ của các ứng dụng quang điện tử, mặc dầu chúng được biết đến đã lâu nhưng chỉ thật sự hữu dụng khi kỹ thuật số phát triển. Trong đó một số linh kiện đã được chuẩn hoá và có tên gọi chung, mặc dầu nhiều khi chưa thống nhất lắm. Ta có thể phân biệt:

- Opto, optic và photo là tiếp đầu ngữ gốc tiếng la tinh, ghép với các tên linh kiện có nghĩa là linh kiện ứng dụng quang - điện tử trong đó có:

+ Photo- cell, tức là tế bào quang điện hay quang trở, có tính chất biến đổi điện trở khi ánh sáng chiếu vào. Ký hiệu điện trở đóng khung trong vòng tròn, có thêm tia sáng.

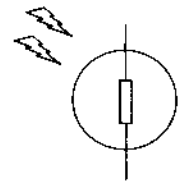


photo - cell

+ Phôtodiốt, chất bán dẫn gọi là điốt quang, gọi chung các điốt biến đổi tính chất khi nhận ánh sáng. Ký hiệu là điốt vẽ trong vòng tròn, có thêm tia sáng.

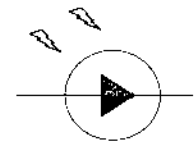


photo – điốt

Diode quang khi làm việc được phân cực ngược.

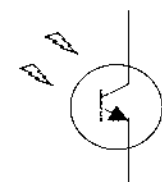
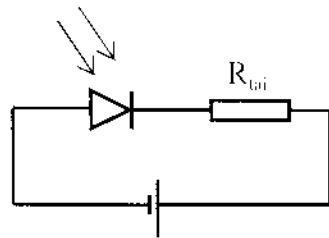
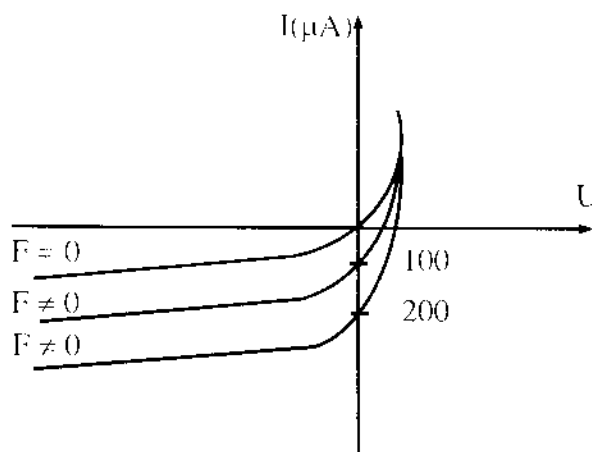


photo-tranzitor



Hình 6.1. Sơ đồ nguyên lý của điốt quang và đặc tuyến V-A của nó.

Trên đồ thị ta thấy:

Nếu không có ánh sáng chiếu đến, trong mạch chỉ có dòng điện ngược của tiếp giáp P-N chạy qua diode và R_{sat} . Dòng này gọi là dòng tối I_1 rất nhỏ (khoảng $10^{-3} \mu\text{A} \sim$ vài μA).

Khi diode được chiếu sáng dù còn yếu, dòng qua tải tăng lên. Nếu độ rọi của ánh sáng càng mạnh thì dòng qua tải càng lớn.

Khi dùng diode quang cần chọn đặc tuyến phổ cho phù hợp với tín hiệu thu. Phạm vi độ nhạy cảm của diode quang Silic nằm trong khoảng 0,6 đến 1 μm , còn đối với loại Gecmani giữa 0,8 đến 1,7 μm (λ - bước sóng micrômet).

Nếu tín hiệu thu yếu, cần chọn diode quang có độ nhạy dòng tối. Độ nhạy dòng được xác định bằng tỷ số của lượng thay đổi dòng điện nhận được với lượng thay đổi công suất bức xạ ánh sáng lên nó.

$$S_i = \frac{dI_s}{dP_i} = \frac{I_s}{P_i} \frac{I_i}{I_i} = \frac{I_i}{P_i}$$

I_s : tổng dòng nhận được khi có tác dụng ánh sáng với nguồn điện áp cung cấp xác định.

Diode quang có tần số làm việc giới hạn thường ở khoảng 10 MHz, loại đặc biệt lên tới 1 GHz.

+ Phototranzitor là tranzitor mà chân B thay thế bằng cực tiếp nhận ánh sáng. Thực ra tranzitor và điốt nào cũng có tính nhạy quang, nhiệt. Ta có thể bỏ chân B một tranzitor bất kỳ, loại có vỏ trong suốt, hoặc cạy bỏ phần cảm quang, để làm quang tranzitor. Quang tranzitor khác với điốt quang vì có tính khuếch đại tín hiệu. Ký hiệu là tranzitor trong vòng tròn, có thêm tia sáng như LED.

+ Fiber-optic, chất liệu sợi dẫn quang, ứng dụng tính dẫn ánh sáng ít suy hao theo chiều dọc để truyền tín hiệu số – quang dùng trong viễn thông và truyền dữ liệu.

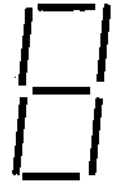
+ LED, viết tắt Light Emitting Diode, tức điốt phát quang, dùng làm đèn báo. Ký hiệu điốt có thêm tia sáng. Cũng phải kể thêm laser điốt, dùng phát tia laser.

Tùy theo vật liệu chế tạo diode mà ánh sáng phát ra có màu khác nhau. Nhìn chung các diode phát quang được chế tạo trên cơ sở arsenit-phosphit-gali(GaAsP). Các diode này phát sáng khi có dòng điện thuận chạy qua. Miền

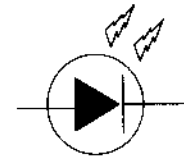
phổ bức xạ của diode có giới hạn tương đối hẹp và nó phụ thuộc vào vật liệu chế tạo. Độ sáng của diode tỉ lệ với dòng điện thuận của diode. Dòng chỉ khoảng vài miliampe đã đủ để chỉ thị nên chúng được dùng được chỉ thị rất thuận lợi. Người ta chế tạo LED bằng vật liệu có nồng độ tạp chất cao nên điện trở của chúng thường rất nhỏ.

Diode phát quang không phải chỉ được chế tạo riêng lẻ từng chiếc mà còn được chế tạo thành từng bộ ghép có thể tạo thành những số, chữ hoặc các dấu hiệu khác. Nhiệm vụ chủ yếu của các diode quang là làm nhiệm vụ hiển thị.

Ví dụ như LED 7 thanh là kiểu ghép đơn giản của bộ diode phát quang làm bộ hiển thị số. Tất cả các số từ 0 đến 9 đều có thể hiển thị được bằng cách cho dòng điện đi qua các diode thích hợp.

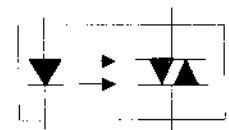


+ Opto- triac, thuộc họ Opto- isolator (linh kiện cách ly quang), loại triac mà chân điều khiển (G) thay thế bằng đèn LED, nhờ đó cách ly mạch điện chính và mạch điều khiển qua một đèn LED. Ký hiệu gồm một LED và một triac đặt cạnh nhau.

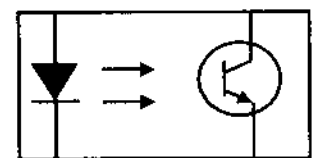


LED

+ LCD, viết tắt chữ Liquid Crystal Display, màn hình dùng tinh thể lỏng, ứng dụng tính cảm quang, thấu quang của tinh thể lỏng khi có điện áp đặt vào, dùng làm màn hiển thị, sử dụng trong thiết bị điện tử như máy tính cầm tay, điện thoại di động, đồng hồ điện tử... Màn hình bằng LCD cũng thường được dùng trong máy tính (xách tay) và thử dùng trong màn hình TV, tuy thế có một số nhược điểm về góc nhìn. Gần đây người ta đang nghiên cứu một số loại màn hình khác thuận tiện hơn như Plasma hay các loại khác. Ta còn phải chờ xem.



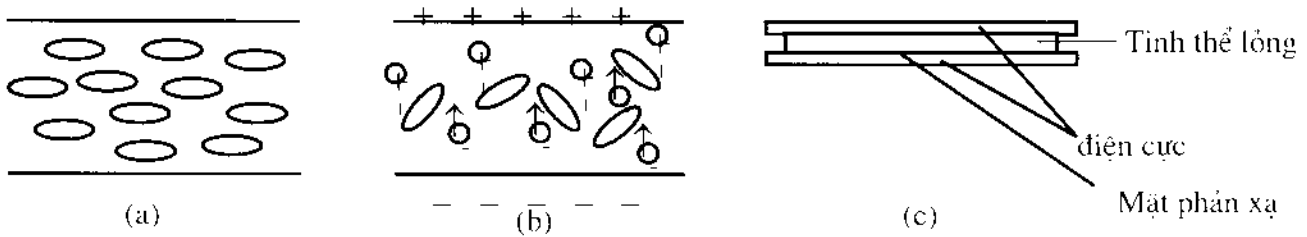
Opto Triac



Opto-tranzitor

Tinh thể lỏng là loại vật liệu hữu cơ có cấu tạo tinh thể nhưng ở dạng lỏng. Khi đặt vào tinh thể lỏng một điện trường thì những phân tử có dạng hình elip sẽ sắp xếp theo chiều vuông góc với điện trường, như hình 6.2 a). Khi có dòng điện chạy qua tinh thể này, các hạt dẫn điện đập vào các phân tử kể trên tạo ra sự sắp xếp hỗn loạn trong thể tích tinh thể lỏng hình 6.2 b). Khi chiếu ánh sáng vào tinh thể lỏng lúc chưa có dòng điện chạy qua ánh sáng sẽ đi qua tinh

thể làm mất ta không thể phát hiện được gì. Nhưng khi có dòng đi qua tinh thể, ánh sáng sẽ bị tán xạ trên các phân tử của tinh thể lỏng(gọi là tán xạ dòng) làm



Hình 6.4. a. Sự sắp xếp các phân tử tinh thể lỏng khi có điện trường.
 b. Sự sắp xếp các phân tử tinh thể lỏng khi có dòng điện chạy qua.
 c. Cấu trúc thiết bị tinh thể lỏng.

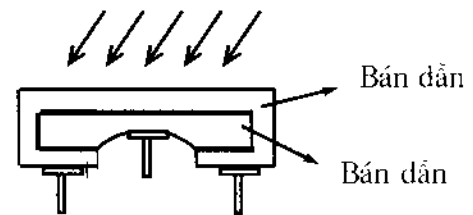
cho phân tử tinh thể lỏng có dòng đi qua sáng chói lên. Để biến các vật liệu tinh thể lỏng thành các dụng cụ hiển thị người ta thường kẹp vật liệu tinh thể lỏng vào giữa 2 kim loại trong suốt dùng làm điện cực như hình 6.2 c).

Nếu 2 điện cực đều là trong suốt thì gọi là kiểu phát xạ. Khi chỉ có 1 điện cực là trong suốt còn điện cực kia được phủ 1 lớp phản xạ ánh sáng thì gọi là kiểu phản xạ.

Qua trên ta thấy bản thân tinh thể lỏng không phát ra ánh sáng mà nó chỉ truyền hoặc phản xạ ánh sáng từ nguồn sáng bên ngoài, bởi vậy nó chỉ đòi hỏi một năng lượng cung cấp rất nhỏ đủ để làm xuất hiện hiệu ứng tán xạ trên tinh thể lỏng.

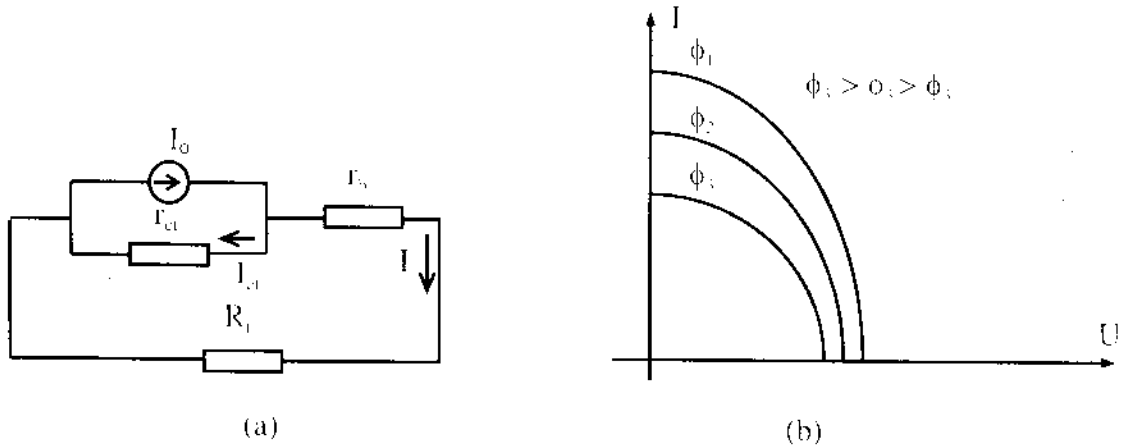
+ Tế bào quang điện.

Tế bào quang điện là một dụng cụ bán dẫn hoạt động dựa trên cơ sở hiệu ứng quang áp. Tế bào quang điện dùng để biến năng lượng ánh sáng thành năng lượng điện và được sử dụng như một nguồn điện cung cấp cho các thiết bị điện. Các tế bào quang điện bán dẫn được ghép nối với nhau để biến năng lượng ánh sáng mặt trời thành năng lượng điện gọi là pin mặt trời.



Cấu trúc của tế bào quang điện làm từ bán dẫn Si. Toàn bộ khối bán dẫn được đặt trong vỏ bọc có cửa sổ trong suốt. Miền P và N được gắn với điện cực dẫn ra ngoài. Khi lượng chiếu sáng là nhỏ thì quan hệ giữa dòng điện và lượng chiếu sáng là tuyến tính còn khi tăng lượng chiếu sáng lên thì quan hệ này

không còn tuyến tính nữa. Sở dĩ có hiện tượng này là do ảnh hưởng của điện trở bản thân chuyển tiếp P-N(r_{ct}) và điện trở tương đương nối tiếp của 2 miền P và N của diode r_b . Sơ đồ tương đương của tế bào quang điện như hình 6.3 a), ở đây nguồn dòng I_ϕ biểu thị sự phát xạ cặp điện tử-lỗ trống trong tế bào quang điện do hấp thụ ánh sáng.



Hình 6.3: a. Sơ đồ tương đương. b. Đặc tuyến V-A.

$$\begin{aligned} I_\phi &= I_{ct} + I \\ \text{Từ sơ đồ tương đương ta có: } \frac{I_{ct}}{I} &= \frac{R_l + r_b}{r_{ct}} \end{aligned}$$

$$\text{Từ đó ta rút ra: } I = \frac{I_\phi r_{ct}}{R_l + r_{ct} + r_b}$$

$$\text{Khi } R_l = 0 \text{ thì: } I = \frac{I_\phi}{1 + \left(\frac{r_b}{r_{ct}} \right)}$$

Khi lượng chiếu sáng yếu $r_{ct} \gg r_b$ bởi vậy có thể coi $I = I_\phi$ như vậy có nghĩa là đặc tuyến năng lượng gần như tuyến tính. Khi tăng lượng chiếu sáng, điện trở r_{ct} giảm xuống do đó quan hệ giữa dòng điện và lượng chiếu sáng không thể là tuyến tính.

Đặc tuyến V- A của tế bào quang điện được trình bày trên hình 5.3b). Ứng với mỗi lượng chiếu sáng, đặc tuyến cắt trục tung tại điểm tương ứng với dòng ngắn mạch và cắt trục hoành tương ứng với điện áp hở mạch.

Pin mặt trời hay còn gọi là bộ biến đổi năng lượng mặt trời, thực chất là những tế bào quang điện cỡ lớn, được ghép nối với nhau trên một diện tích lớn để thu được ánh sáng nhiều nhất và cung cấp một dòng điện lớn nhất. Những tế bào quang điện dùng làm pin mặt trời không được đóng vỏ riêng rẽ mà hở. Tầng bề mặt là bán dẫn loại P có độ dày khá mỏng, nhờ vậy ánh sáng mặt trời có thể xuyên qua nó đến gần bờ miền điện tích không gian của chuyển tiếp P-N. Người ta dùng một vòng niken bao quanh miền P làm cực dương còn bán dẫn N được nối với cực âm.

CHƯƠNG VII

MẠCH TỔ HỢP.

1. MỞ ĐẦU

Đối tượng nghiên cứu: Máy điện tử, gồm:

- Mạch điện tử, mạch điện tử gồm hai chức năng chủ yếu là gia công và xử lý tín hiệu điện tử.
- Thiết bị vào : đó là biến đổi các tín hiệu phi điện thành các tín hiệu điện. Biến đổi các tín hiệu vô cùng nhỏ thành các tín hiệu vô cùng lớn cung cấp cho đầu vào.
- Thiết bị ra: là thiết bị chấp hành các lệnh điều khiển sau khi được gia công và xử lý tín hiệu hoặc đa dạng hoặc biến đổi các tín hiệu từ dạng điện sang phi điện khác.
- Nguồn năng lượng: Các máy thường sử dụng nguồn một chiều và hết sức ổn định.
- Vỏ máy: Có hai chức năng đảm bảo độ bền và độ tin cậy, chịu được mọi trường.
- Tạo dáng vẻ đẹp hấp dẫn.

2. CÁC CHỈ TIÊU KỸ THUẬT LÝ TƯỞNG TRONG THIẾT KẾ CHẾ TẠO

2.1. Kích thước nhỏ, trọng lượng nhẹ (cùng một chức năng)

2.2. Độ tin cậy cao

Xác suất để thiết bị điện tử làm việc bình thường theo thiết kế trong những điều kiện định trước.

2.3. Hiệu suất cao, tiêu thụ ít năng lượng, giá thành hạ

2.3.1. Quá trình hình hoạ

Vào thập kỷ 50 các hãng đua nhau nghiên cứu quá trình này. Quá trình vi hình hoạ các cấu kiện để tiến tới thu nhỏ kích thước, giảm trọng lượng các linh kiện điện tử gặp nhiều khó khăn do giá thành cao trong khi đó việc cải thiện

các đặc tính như độ tin cậy, hiệu suất là không lớn lắm, hơn nữa việc thu nhỏ kích thước, giảm trọng lượng các cấu kiện là có giới hạn vì không thể tìm ra các loại vật liệu riêng rẽ cho từng loại cấu kiện đảm bảo chất lượng đồng đều và do đó đạt tới xác suất sai hỏng càng nhiều.

Nó có giới hạn về phương diện lắp ráp và bao giờ cũng cần khoảng không gian giữa các phân tử rời rạc trong khi ráp chúng thành các mảng điện tử.

2.3.2. Quá trình nghiên cứu mạch tổ hợp. (Integrated Circuits – Ký hiệu IC)

Ra đời từ thập kỷ 70, mạch tổ hợp là một mạch điện tử trong đó các phần tử tích cực, thụ động được chế tạo đồng thời một lúc cùng một quá trình công nghệ trên một hoặc nhiều phiến đơn tinh thể và sau đó nối mạch với nhau bằng quá trình công nghệ đó được gọi là công nghệ bề mặt Plasma và mạch này có thể hoàn thành một hay nhiều chức năng định trước như vậy mỗi phần tử có thể giảm nhỏ kích thước cỡ $A^0 = 10^{-5}\text{cm}$. Hơn nữa giữa các phần tử người ta dùng phương pháp cách điện đặc biệt cho nên khoảng không gian của các phần tử là không đáng kể. Như vậy bằng công nghệ Plasma kích thước của mạch có thể giảm nhỏ tối thiểu.

Ví dụ: Trên một phiến tinh thể cỡ vài cm^2 người ta có thể tạo ra được hàng trăm ngàn phần tử trong mạch IC, vì các phần tử của mạch cả thụ động, tích cực và dây nối mạch đều được chế tạo bằng một quá trình công nghệ trên cùng một phiến đơn tinh thể trong một phạm vi nhỏ do đó nó có độ tin cậy rất cao. Hiệu suất cao vì tiết kiệm được dòng nối giữa các phần tử, giá thành hoàn toàn hạ được do sản xuất hàng loạt và tự động hoá mặc dầu chi phí ban đầu rất cao.

2.3.3. Khối chức năng

Khối chức năng bao gồm các phần tử khác nhau làm việc dựa trên các hiệu ứng vật lý khác nhau.

Ví dụ: Hiệu ứng từ điện, quang điện, áp điện và cho đến ngày nay bằng công nghệ Plasma người ta chưa có thể đồng thời chế tạo các phần tử này trên cùng một phiến tinh thể với các phần tử khác mà phải chế tạo riêng biệt nhưng cũng với kích thước rất nhỏ để hoàn thành từng chức năng một, phối ghép với các IC trong các thiết bị hiện đại.

2.3.4. Vi điện tử (Micro Electronic)

Phối ghép cả ba quá trình: vi hình hoạ - IC – khối chức năng, gọi là vi điện tử

3. PHÂN LOẠI IC

Cũng giống như các cấu kiện điện tử khác ta có thể phân loại IC dựa trên cơ sở các quan điểm khác nhau. Có thể nêu lên quan điểm phân loại IC như sau:

3.1. Quan điểm công nghệ chế tạo IC

Người ta chia các IC hiện có trên thị trường làm hai loại:

- IC đơn phiên hay còn gọi là IC bán dẫn, đó là những IC mà các phần tử của nó được chế tạo trên cùng một phiên đơn tinh thể. Đây là loại IC được dùng rất phổ biến trên thị trường hiện nay.
- IC đa phiên hay còn gọi là IC lai, đó là IC mà các phần tử được chế tạo trên một vài phiên đơn tinh thể bằng một vài quá trình công nghệ. Loại IC này thường ít gặp trên thị trường vì để chế tạo ra chúng đòi hỏi một quá trình công nghệ phức tạp, giá thành lại cao, người ta chỉ dùng IC này trong một số trường hợp đặc biệt gọi là IC chuyên dụng.

3.2. Quan điểm thiết kế IC

Khi thiết kế ra một IC số phần tử bao gồm trong một IC càng lớn độ phức tạp càng cao đòi hỏi kích thước tính toán thiết kế công phu hiện đại. Bởi vậy người ta căn cứ vào mức độ bố trí số phần tử của mạch trên một đơn vị diện tích hoặc một đơn vị thể tích thường gọi là mức độ tổ hợp để đánh giá mức độ hiện đại của IC. Theo quan điểm này người ta chia IC làm bốn mức độ tổ hợp sau:

- IC tổ hợp cỡ nhỏ: SSI (Small Scale Integrated) có số phần tử < 50
- IC tổ hợp cỡ trung bình: MSI (Middle Scale Integrated) có số phần tử < 100
- IC tổ hợp cỡ lớn LSI (Large Scale Intergrated) có số phần tử > 100 và < 500 .
- IC tổ hợp cỡ rất lớn : VSI có số phần tử > 500

Ngày nay ở các nước phát triển người ta có thể chế tạo ra IC cỡ vài vạn phần tử

3.3. Quan điểm người sử dụng.

+Analog (tương tự)

+Digital (Số)

Người ta căn cứ vào nguyên tử làm việc chia IC ra làm hai loại:

- IC tương tự, ký hiệu là AIC (Analog IC) là loại IC làm việc theo nguyên lý tương tự.
- IC số, ký hiệu là DIC (Digital IC) là loại IC làm việc theo nguyên lý số.

3.4. Quan điểm tính năng của IC

Người ta căn cứ vào mục đích sử dụng của IC trong các mạch điện tử chia ra làm hai loại:

- IC chuyên dụng: đó là những IC được chế tạo chỉ để dùng vào một mục đích, hay cụ thể đó là những IC có thể thay thế cho một phần của mạch, nguyên lý của một máy nào đó chỉ dùng riêng cho máy đó mà thôi.
- IC phổ dụng: được chế tạo để dùng vào nhiều mục đích khác nhau, điển hình là bộ khuếch đại thuật toán vi điện tử (Operational Amplifier) ký hiệu OP.AM : Bộ khuếch đại thuật toán vi điện tử.

4. ĐẶC ĐIỂM CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MẠCH VI ĐIỆN TỬ

4.1 Công nghệ Plasma (Bề mặt)

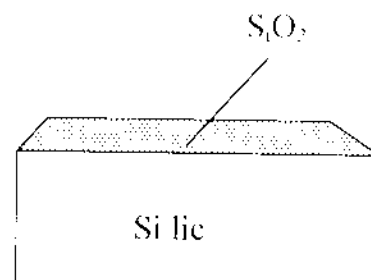
Tóm tắt: Công nghệ Plasma là một công nghệ được áp dụng để gia công trên bề mặt của một phiến đơn tinh thể silic, nhờ có công nghệ này mà người ta có thể chế tạo được đồng thời một lúc rất nhiều các phần tử khác nhau của mạch trên tấm sát ngay bề mặt của tinh thể silic. Ta xét các công đoạn chủ yếu sau:

4.1.1. Sự oxi hoá bề mặt.

Để tạo ra SiO_2 trên bề mặt của phiến đơn tinh thể Silic, đơn tinh thể Silic được cắt ra thành từng phiến mỏng thường có độ dày mm trở xuống. Chúng được chia thành các ô vuông tùy theo yêu cầu kích thước của mạch mà các ô vuông này có diện tích khác nhau.

Thông thường các ô vuông có diện tích cỡ mm^2 . Sau đó các phiến đơn tinh thể này được đưa vào một lò gọi là lò oxi hoá, trên thực tế nhiệt độ của

lò được nâng cao. Người ta thổi vào đây dòng khí O_2 ẩm, O_2 sẽ tác dụng với Silic để tạo ra lớp SiO_2 trên bề mặt của phiến Silic. Độ dày của lớp SiO_2 này người ta có thể khống chế một cách chính xác nhờ việc khống chế nhiệt độ của lò và lưu lượng chảy của dòng oxi lỏng. SiO_2 có đặc điểm là quá trình oxi hoá



càng lâu lớp SiO_2 càng dày nhưng tinh thể Silic không bị ăn mòn vì cơ chế oxi hoá của Silic khác hẳn với kim loại có nghĩa là các nguyên tử Si đi từ trong ra ngoài bề mặt tác dụng với O_2 để tạo thành SiO_2 chứ không giống như kim loại là O_2 đi từ ngoài vào trong, tác dụng với các nguyên tử kim loại. Bởi vậy trong quá trình gia công bề mặt người ta có thể thực hiện oxi hoá nhiều lần mà vẫn không làm hỏng cấu trúc bên trong của tinh thể. Do những đặc điểm ưu việt ở trên lớp SiO_2 được dùng trong quá trình gia công các phần tử của mạch như là một màng che và nó có thể trở thành một thành phần của các phần tử của mạch. Nó có thể là vật liệu cách điện giữa các phần tử.

4.1.2. Quang khắc

Là một quá trình công nghệ được áp dụng nhờ có tác dụng của ánh sáng và các chất ăn mòn để khoét phía trên bề mặt tinh thể Silic qua lớp SiO_2 các lỗ hổng có kích thước hình dạng định trước.

- Phủ một lớp cảm quang lên trên bề mặt lớp SiO_2 .
Chất cảm quang là một hợp chất hoá học hữu cơ, nó rất nhạy cảm với mọi ánh sáng (tùy theo từng cảm tính mỗi chất cảm quang mà chất này trở nên bền vững hay không bền vững khi ngâm vào một dung môi nhất định, sau khi nó được chiếu sáng bởi ánh sáng đơn sắc hoặc ánh sáng trắng.

Cảm quang
SiO_2
Si Lic

- Che mặt nạ (Mask)

Mặt nạ là dương bản hoặc âm bản của hình ảnh bề mặt của IC. Trong công nghệ vi điện tử, mỗi công đoạn thi công thường có một bộ mặt nạ và khi che các mặt nạ này lên trên lớp cảm quang đã phủ phía trên lớp SiO_2 của tinh thể Silic chúng thường được phối chuẩn một cách chính xác.

- Chiếu sáng:

Sau khi các bề mặt đã được che mặt nạ theo yêu cầu, người ta tiến hành chiếu ánh sáng lên trên các bề mặt đó, ánh sáng có thể là ánh sáng đơn sắc hoặc là ánh sáng trắng tùy theo đòi hỏi của chất cảm quang.

- Ăn mòn:

Sau khi chiếu sáng người ta bóc các mặt nạ và ngâm phiến Si vào dung dịch ăn mòn, dung dịch này chính là dung môi phù hợp chất cảm quang.

Ví dụ: Chất cảm quang ta dùng có đặc tính tại những nơi bị che tối thì chất cảm quang bị ăn mòn trong dung môi, còn những chỗ được chiếu sáng thì nó trở thành bền vững trong dung môi, vì vậy sau khi ngâm vào dung môi tại những vị trí bị bôi đen của mặt nạ chất cảm quang sẽ bị mòn đi và để lộ lớp SiO_2 còn những nơi khác được chiếu sáng thì chất cảm quang vẫn bền vững. Sau đó người ta ngâm bề mặt này vào một dung dịch axit mạnh (thường là HF). Dưới tác dụng của axit những nơi lộ ra bề mặt SiO_2 bị mòn đi và để hở ra ở phía dưới là tinh thể Si. Sau quá trình ăn mòn này người ta bóc đi lớp cảm quang và làm sạch bề mặt, trên bề mặt SiO_2 đã được khoét các lỗ thủng xuống tới bề mặt của tinh thể Si tại những vị trí bị bôi đen của mặt nạ. Về mặt nguyên tắc đây là sự gia công các chùm tia sáng nên người ta có thể khoét được các lỗ nhỏ có kích thước cỡ $\text{\AA}^0$.

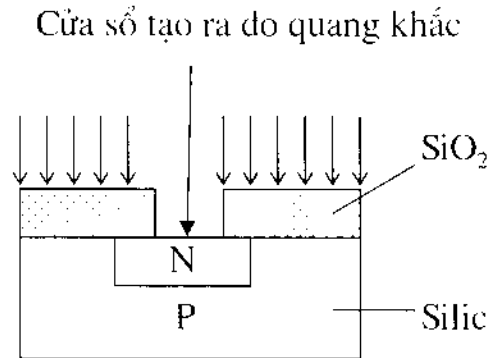
4.1.3. Khuếch tán.

Là một công nghệ được áp dụng để đưa các nguyên tử tạp chất vào sâu trong lòng của tinh thể bán dẫn làm thay đổi tính dẫn điện của nó. Sau khi thực hiện quang khắc người ta đưa cả phiến đơn tinh thể vào trong lò gọi là khuếch tán bằng sự khống chế gradien nhiệt độ và nồng độ của các nguyên tử tạp chất, các nguyên tử này khuếch tán vào sâu trong tinh thể của bán dẫn tại những vị trí mà lớp SiO_2 bị khoét bởi quá trình quang khắc gọi là cửa sổ. Kết quả là những miền bán dẫn tại các vị trí này thay đổi đặc tính dẫn điện từ $\text{N} \rightarrow \text{P}$ hoặc từ $\text{P} \rightarrow \text{N}$.

Tóm lại: bằng công nghệ plasma ta có thể lặp đi lặp lại nhiều lần từ khâu oxy hoá đến khâu khuếch tán. Chúng ta có thể tạo ra tại những khu vực khác nhau trên tinh thể vật

liệu bán dẫn Silic các cấu trúc P – N – P, đó là các điốt, tranzito, điện trở hoặc tụ điện, nghĩa là các phần tử thụ động, tích cực trong mạch điện tử. Bằng cách phân cực ngược chuyển tiếp P – N ta có thể cách li về điện giữa các phần tử này với nhau rồi sau đó thực hiện việc nối mạch giữa các cực của các phần tử theo sơ đồ nguyên lí đã thiết kế trước.

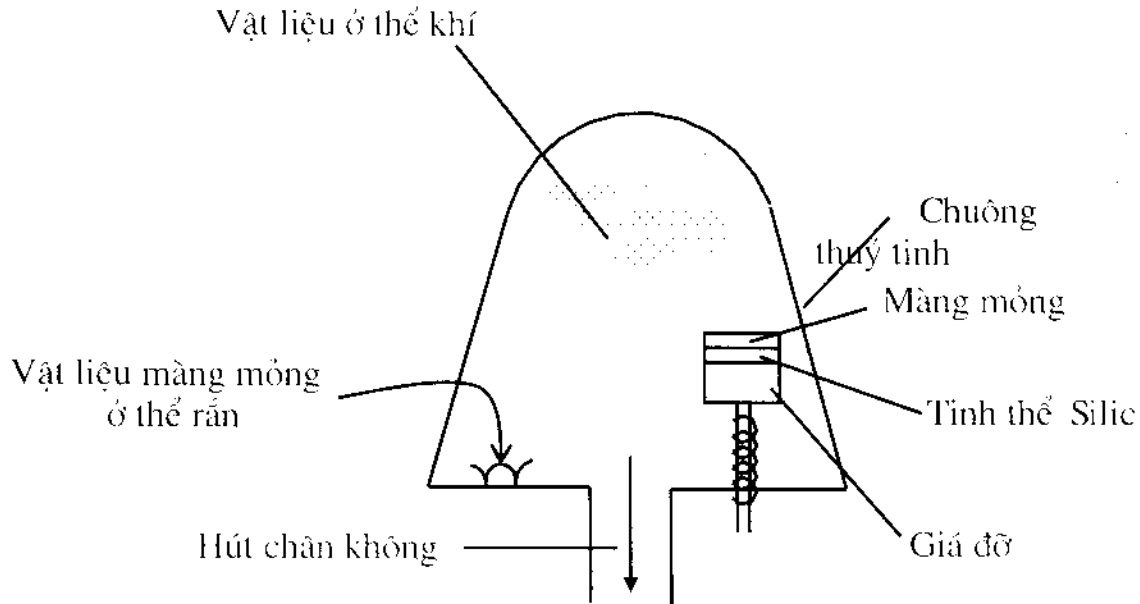
Ưu điểm nổi bật của công nghệ Plasma là người ta có thể gia công một vi mạch chỉ trên một phía.



4.2 Công nghệ màng mỏng (thin film)

Công nghệ màng mỏng trong kỹ thuật vi điện tử là một loại công nghệ tạo ra một màng mỏng kim loại tương đối dài rộng và đồng đều, có chiều dày $< 1\mu$ ta xét 2 phương pháp công nghệ sau:

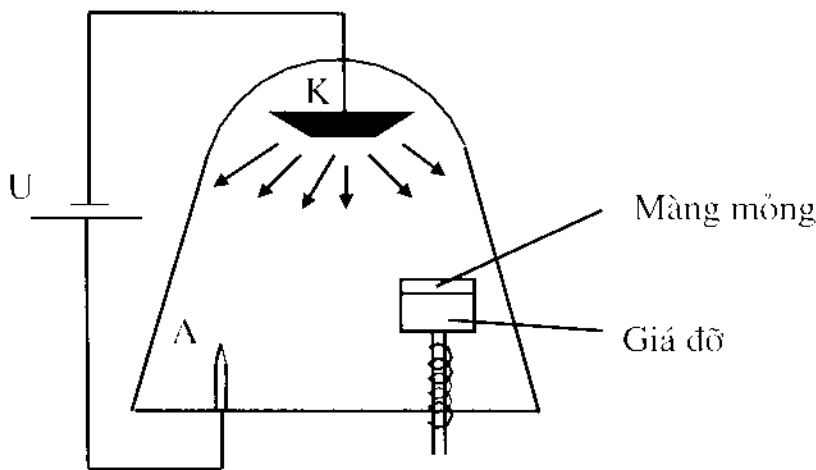
4.2.1. Phương pháp bốc bay chân không



Thiết bị gồm một chuông thủy tinh gắn với một bơm hút chân không, trong chuông có giá đỡ, giá đỡ này có thể được nâng nhiệt độ thông qua dây điện trở. Trên giá đỡ là phiến đơn tinh thể Si hoặc một phiến đế bất kỳ, mà ta muốn tạo ra trên bề mặt nó một màng mỏng. Vật liệu để làm màng mỏng ở thể rắn được đựng trong một cái khay để trong chuông thủy tinh.

Do chuông bị hút chân không cao, vật liệu rắn sẽ thăng hoa làm cho toàn bộ khoảng không ở trong chuông tràn đầy khí kim loại. Hiện tượng này gọi là bốc bay trong chân không. Thông qua sợi dây điện trở người ta có thể khống chế nhiệt độ tại bề mặt phiến bằng đúng với nhiệt độ kết tinh của kim loại vừa được bốc bay. Như vậy tại bề mặt của phiến đế khí kim loại sẽ chuyển từ pha khí sang pha rắn tạo thành một màng mỏng kim loại trên bề mặt phiến đế. Bằng phương pháp công nghệ bốc bay chân không người ta có thể tạo ra một màng mỏng có diện tích rộng tương đối đồng đều và độ dày $< 1\mu$

4.2.2. Phương pháp bắn phá Katôt.



Thiết bị gồm một chuông thủy tinh bên trong gắn hai điện cực K và A. Phía Katôt người ta gắn một vật liệu để làm màng mỏng ở thể rắn. Trong bình thủy tinh có một giá đỡ, phía trên giá đỡ gắn một phiến đế, giá đỡ này cũng được điều khiển nhiệt độ bằng sợi dây điện trở.

Dưới tác dụng của điện trường U, các ion dương bay về phía Katôt với một tốc độ lớn đập vào bề mặt Katôt khiến cho vật liệu làm màng mỏng bắn ra nhiều các nguyên tử hay phân tử. Như vậy bằng phương pháp bắn phá Katôt người ta cũng tạo được khoảng không gian tràn đầy khí của vật liệu làm màng mỏng, thông qua sợi dây điện trở người ta khống chế nhiệt độ trên bề mặt phiến đế bằng nhiệt độ kết tinh của vật liệu làm màng mỏng. Như vậy người ta có thể tạo ra trên bề mặt phiến đế một màng mỏng tương tự như trường hợp bốc bay chân không. Phương pháp này không cần bơm hút chân không cao nên giá thành rẻ hơn.

4.2.3. Ứng dụng

Công nghệ màng mỏng trong kỹ thuật vi điện tử thường được áp dụng để chế tạo ra các màng nối mạch hoặc dùng để chế tạo các phân tử thụ động. Ví dụ như để tạo ra điện trở màng mỏng, hoặc trong một số trường hợp đặc biệt nó tạo ra một màng xoắn để tăng tính điện cảm. Cho đến nay việc áp dụng công nghệ màng mỏng để tạo ra các phân tử tích cực của mạch như điốt, tranzito còn rất nhiều hạn chế vì các linh kiện này thường có tần số không ổn định, không đồng nhất.

4.3. Công nghệ màng dày (thick film)

Công nghệ màng dày là một loại công nghệ được áp dụng để chế tạo trên bề mặt phiến đơn tinh thể Si hay một phiến đế một màng vật liệu có độ dày nằm trong khoảng từ 1μ đến 10μ . Vật liệu để chế tạo màng dày thường là các hợp chất của các kim loại khác nhau và có các điện trở suất khác nhau. Trong công nghệ vi điện tử vật liệu dùng làm màng dày thường được chế tạo dưới dạng keo và để trong tuýp.

Công nghệ chế tạo ra các màng dày chính là công nghệ in lưới song nó có độ chính xác cao hơn. Công nghệ màng dày được áp dụng để chế tạo ra các phần tử thụ động, các màng nối mạch, có ưu điểm là dễ làm, rẻ tiền. Nhược điểm là kích thước lớn bởi vậy nó chỉ được áp dụng để chế tạo các IC cỡ nhỏ

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Thực hành điện & điện tử** – Trần Thế San, Nguyễn Đức Phấn. Nhà xuất bản Đà Nẵng.
2. **Kỹ thuật mạch điện tử** – Phạm Minh Hà. Nhà xuất bản Giáo dục.
3. **Họ tranzitor và điốt, lý thuyết và tra cứu** – Chí Thành. Nhà xuất bản Thông tin.
4. **Điện tử căn bản** - Đỗ Thanh Hải. Nhà xuất bản Thanh niên.

Chịu trách nhiệm xuất bản

Giám đốc : NGUYỄN VĂN THOÀ

Tổng biên tập : NGUYỄN THIỆN GIÁP

Biên tập, sửa bài : BAN ĐIỀU KHIỂN ĐIỆN

Trình bày bìa : TRẦN HOÀNG TỨC

LINH KIẾN ĐIỆN TỬ

In 1000 cuốn, In tại nhà in Khoa học và Công nghệ

Số xuất bản: 28/256 XB- QLXB. Số trích ngang: 93 KH/XB

In xong và nộp lưu chiểu quý I năm 2003

T1 41 linh kiện điện tử



! 007081. 400964

29.500 VND