



TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM TP. HỒ CHÍ MINH

PHẦN THỨ NHẤT



VÔ TUYẾN ĐIỆN TỬ

MỤC LỤC

Mục lục	2
Lời nói đầu.....	5
Nguyên tắc liên lạc bằng vô tuyến điện	6
Chương I: LINH KIỆN ĐIỆN TỬ	7
Bài 1: Vật liệu linh kiện điện tử	7
I. Cơ sở vật lý của vật liệu linh kiện	7
1. Cấu trúc mạng thể	7
2. Các mức năng lượng của nguyên tử.....	7
II. Thuyết vùng năng lượng	8
III. Phân biệt điện môi – chất bán dẫn – kim loại.....	9
IV. Chất bán dẫn	9
Bài 2: Linh kiện điện tử thụ động.....	13
1. Điện trở	13
2. Tụ điện	14
3. Cuộn cảm	16
4. Biến áp.....	16
Bài 3: Linh kiện bán dẫn.....	17
I- Các hiện tượng tiếp xúc.....	17
1. Tiếp xúc kim loại – bán dẫn.....	17
2. Tiếp xúc P-N	18
3. Tiếp xúc kim loại – điện môi – chất bán dẫn	19
II- Điốt bán dẫn.....	20
III- Transistor.....	27
1. Nguyên tắc hoạt động	28
2. Đo thử transistor	29
3. Cách đặt tên cho transistor	30
4. Các chế độ làm việc của transistor	30
5. Phân cực	33
6. Các cách mắc mạch khuếch đại cơ bản của transistor.....	34
IV-Transistor trường	35
1. Transistor trường cổng tiếp giáp.....	35
2. Transistor trường cổng cách điện	37
3. Có bảo vệ.....	38
4. Mosfet loại 2 cổng.....	39
5. Các loại mosfet khác	39
6. Cách đo.....	40
7. Những điều cần chú ý khi sử dụng Mosfet.....	40
8. Transistor quang trường	40
9. Các sơ đồ mắc transistor trường.....	41
V- Transistor đơn nối.....	42
VI- Thyristor	44
1. Điốt Silic chỉnh lưu có điều khiển.....	44
2. Triac, Diac	46
VII- Linh kiện biến đổi quang điện	51
1. Điốt phát quang.....	51
2. LED hồng ngoại	56
3. Laser bán dẫn	57
4. Photo – Điốt.....	59
5. Mặt chỉ thị tinh thể lỏng	59
Chương II: MẠCH KHUẾCH ĐẠI.....	61
I. Hệ số khuếch đại	61
II. Khuếch đại điện áp âm tần.....	61
1. Tầng khuếch đại điện áp âm tần đơn	62
2. Mạch khuếch đại điện áp âm tần gồm 2 tầng ghép RC.....	63

3. Mạch khuếch đại điện áp âm tần gồm 2 tầng ghép trực tiếp	65
4. Tần khuếch đại cảm kháng.....	66
5. Tầng khuếch đại ghép biến áp	67
III- Khuếch đại cao tần	67
1. Tầng khuếch đại cộng hưởng	67
2. Tầng khuếch đại giải tần	68
IV- Khuếch đại công suất	68
1. Tầng khuếch đại công suất đơn.....	68
2. Tầng khuếch đại công suất đẩy kéo (Push-pull).....	69
V- Mạch hồi tiếp	71
VI- Máy tăng âm.....	72
Chương III: MÁY PHÁT DAO ĐỘNG	135
I- Máy phát dao động điều hòa	135
1. Máy phát dao động điều hòa cao tần	135
2. Máy phát dao động điều hòa âm tần.....	137
3. Máy phát dao động	141
II- Máy phát dao động không điều hòa.....	143
1. Mạch dao động đa hài.....	143
2. Mạch dao động tạo điện áp răng cưa	146
Chương IV: BIẾN ĐIỀU VÀ TÁCH SÓNG	148
Bài 1: Biến điệu sóng cao tần	148
I- Biến điệu dao động	148
II- Biến điệu biên độ.....	149
1. Nguyên tắc	149
2. Hệ số biến điệu	151
3. Phổ của dao động biến điệu.....	151
4. Công suất của dao động biến điệu	152
5. Các sơ đồ thực hiện biến điệu biên độ	153
6. Ưu và khuyết điểm của điều chế biên độ	153
III- Biến điệu tần số	154
1. Nguyên tắc	154
2. Phổ của dao động biến điệu.....	155
3. Ưu và khuyết điểm của điều chế tần số	157
Bài 2: Tách sóng.....	158
I- Tách sóng biên độ	158
1. Nguyên tắc	158
2. Mạch điện tách sóng biên độ	160
II- Tách sóng tần số	162
Chương V: HỆ DAO ĐỘNG	166
I- Mạch dao động có thông số tập trung	166
1. Dao động riêng.....	166
2. Dao động cưỡng bức – sự cộng hưởng	169
II- Hệ dao động có thông số phân bố	173
1. Mạch dao động có thông số phân bố.....	173
Chương VI: ĂNG-TEN VÀ SỰ TRUYỀN SÓNG VÔ TUYẾN ĐIỆN.....	178
I- Ăng-ten.....	178
1. Bức xạ năng lượng điện từ của ăng-ten	178
2. Bức xạ định hướng của ăng-ten	179
3. Ăng-ten thu thông dụng.....	181
III- Sự truyền sóng vô tuyến điện	183
Chương VII: MÁY THU	188
Bài 1: Máy thu thanh	188
I- Sơ đồ khối	189
II- Sơ đồ mạch điện	190
Bài 2: Máy thu hình	192
I- Máy phát hình	192
1. Nguyên tắc	192
2. Cách phân ảnh	193

3. Tần số tín hiệu thị tần	193
4. Tín hiệu thị tần hỗn hợp.....	194
II- Máy thu hình	196
1. Đèn hình	196
2. Lái tia electron	197
3. Sơ đồ khối	198
4. Mạch tích phân và vi phân.....	201
Chương VIII: MÁY ĐO ĐIỆN – DAO ĐỘNG KÝ ĐIỆN TỬ.....	205
I- Nguyên tắc hoạt động	206
1. Ống phóng điện tử.....	206
2. Thấu kính điện tử.....	207
3. Bộ phận lái tia	210
II- Cấu tạo và cách sử dụng	212
1. Cấu tạo	212
2. Cách sử dụng	215
Tài liệu tham khảo	219

Tailieu.vn

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình Vô tuyến điện tử này được biên soạn để phục vụ giảng dạy cho sinh viên khoa Vật Lý trường Đại học Sư phạm thành phố Hồ Chí Minh, dựa trên chương trình môn Vô tuyến điện tử của bộ Giáo dục - Đào tạo soạn thảo và dựa trên kinh nghiệm giảng dạy của chúng tôi trong nhiều năm qua.

Ngoài những phần trọng tâm của chương trình, chúng tôi có đưa ra những phần đọc thêm có tính tham khảo để mở rộng kiến thức về ứng dụng trong thực tế cho sinh viên ĐHSP.

Chắc chắn giáo trình này còn nhiều thiếu sót, chúng tôi rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc gần xa.

PHAN THANH VÂN

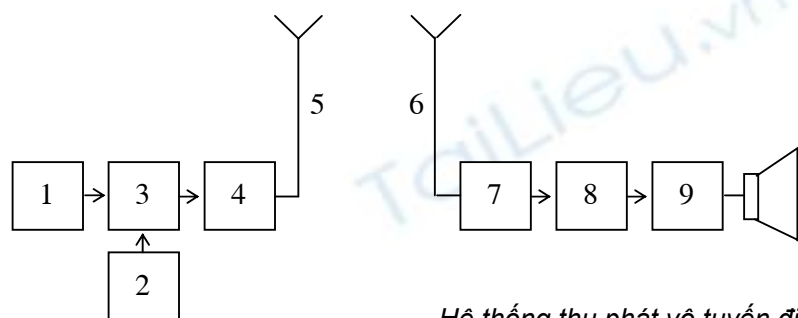
NGUYÊN TẮC LIÊN LẠC BẰNG VÔ TUYẾN ĐIỆN

Hình vẽ dưới đây minh họa cho thấy nguyên tắc liên lạc bằng vô tuyến điện:

* Máy phát: Gồm có mạch điện tạo dao động cao tần (1), nguồn tín hiệu cần truyền đi (tín hiệu âm thanh hay tín hiệu hình ảnh ...) (2), mạch điện điều chế gửi tín hiệu vào dao động cao tần (3), mạch khuếch đại cao tần (4) và ăng-ten bức xạ dao động điều chế ra không gian (5).

* Máy thu: Gồm có ăng-ten thu (6) nhận dao động cao tần đã điều chế vào máy thu, mạch cộng hưởng (7) chọn đài muốn thu, là mạch tách sóng (8) tách tín hiệu ra khỏi dao động cao tần, mạch khuếch đại công suất (9) và bộ phận lặp lại tín hiệu (10) là loa trong vô tuyến truyền thanh hay đèn hình trong vô tuyến truyền hình.

Ngoài ra còn có các mạch điện khác như các tầng khuếch đại, nguồn nuôi cung cấp năng lượng cho máy hoạt động ...



Hệ thống thu phát vô tuyến điện.

Chúng ta sẽ lần lượt đề cập đến các phần chính sau đây:

- 1.- Cách tạo ra dao động điện từ.
- 2.- Khuếch đại dao động điện từ.
- 3.- Ăng-ten phát và thu dao động điện từ.
- 4.- Sự lan truyền của sóng điện từ trong không gian.
- 5.- Mạch điều chế và tách sóng.
- 6.- Máy thu thanh, máy thu hình...

Chương I

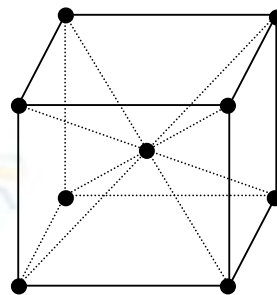
LINH KIỆN ĐIỆN TỬ

BÀI 1: VẬT LIỆU LINH KIỆN ĐIỆN TỬ

I.- CƠ SỞ VẬT LÝ CỦA VẬT LIỆU LINH KIỆN.

1.- Cấu trúc mạng thể.

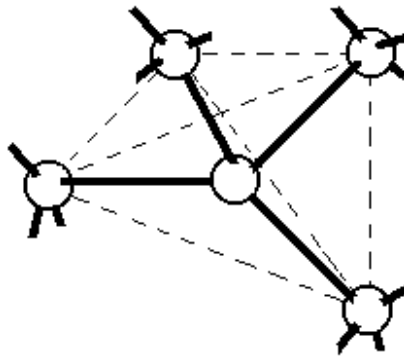
Khi nghiên cứu tính dẫn điện của vật rắn, ta chỉ chọn để xem xét vật rắn có các nguyên tử được sắp xếp tạo nên một mạng tuần hoàn trong không gian 3 chiều. Ta không xét đến các chất dẻo, thủy tinh, cao su... vì chúng không có cấu trúc mạng như vậy.



Cấu trúc mạng tinh thể Silic

Ví dụ:

Carbon (dạng kim cương) hoặc Silic có cấu trúc tinh thể hoàn toàn giống nhau, trong đó các nguyên tử nằm ở các đỉnh và tâm của khối lập phương (cấu trúc khối tâm). Mỗi nguyên tử được liên kết với 4 nguyên tử kế cận. (Carbon dạng graphite có cấu trúc khác)



Các liên kết của mỗi nguyên tử Silic.

2.- Các mức năng lượng của nguyên tử.

Ta biết các electron trong nguyên tử, sẽ chiếm các tầng có các mức năng lượng khác nhau theo nguyên lý loại trừ Pauli: Có tối đa $2n^2$ electron trên mỗi tầng và các electron đó phân bố trên các vân đạo s, p, d, f....

Ví dụ: Tầng 1: $n = 1$, có số electron tối đa 2.

Tầng 2: $n = 2$, có số electron tối đa 8....

[Vân đạo s ($l = 0$) : chứa tối đa 2 electron.

Vân đạo p ($l = 1$) : chứa tối đa 6 electron.

Vân đạo d ($l = 2$) : chứa tối đa 10 electron....]

Khi có đầy đủ số electron tối đa trên mỗi tầng, nguyên tử sẽ có cơ cấu bền.

Ví dụ:

2He , 10Ar có cơ cấu bền và 11Na có cơ cấu không bền.

Ngoài ra các electron sẽ lần lượt chiếm các vân đạo theo nguyên tắc sau đây:

1s						$n = 1, \ell = 0$
↓						
2s →	2p					$n = 2, \ell = 0, 1$
↙ ↘	3s →	3p	3d			$n = 3, \ell = 0, 1, 2$
↙ ↘ ↗ ↘	4s	4p	4d	4f		$n = 4, \ell = 0, 1, 2, 3$
↙ ↘ ↗ ↘ ↗ ↘	5s	5p	5d	5f		$n = 5, \ell = 0, 1, 2, 3, 4$

Ví dụ: $6\text{C} : 1s^2 2s^2 2p^2$
 $_{14}\text{Si} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
 $_{32}\text{Ge} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2$
 $_{11}\text{Na} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

Các mức năng lượng chưa bị electron chiếm gọi là các mức năng lượng trống. Khi các electron nhận được năng lượng (do va chạm với electron khác hoặc với photon ...) sẽ nhảy lên mức năng lượng cao hơn.

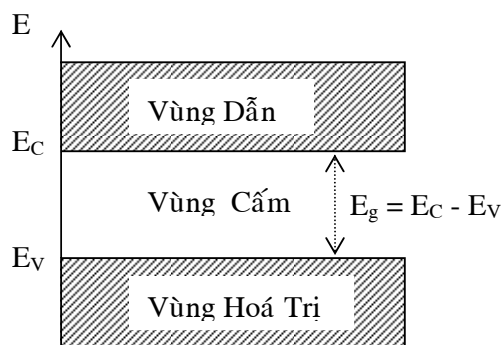
II- THUYẾT VÙNG NĂNG LƯỢNG.

Ta thấy electron trong nguyên tử được sắp xếp trên các mức năng lượng cố định:

Ví dụ: $_{11}\text{Na} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
 $_{29}\text{Cu} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$

Trong đó các electron nằm sâu bên trong nguyên tử, bị giữ chặt bởi hạt nhân hơn các electron ở các tầng bên ngoài nên các electron tầng ngoài sẽ linh động hơn.

Khi các nguyên tử tiến gần lại với nhau cỡ hằng số mạng “a”, các mức năng lượng sẽ bị tách ra và hợp thành các dải. Cuối cùng các mức năng lượng của các electron sâu bên trong nguyên tử và các electron bên ngoài hợp thành Vùng Hóa Trị BV (Bande Valence), tập hợp các mức năng lượng trống hợp thành Vùng Dẫn BC (Bande Conduction), khoảng cách năng lượng giữa 2 dải trên gọi là Vùng Cấm hay Khe Năng Lượng E_g (gap).



Các vùng năng lượng trong nguyên tử

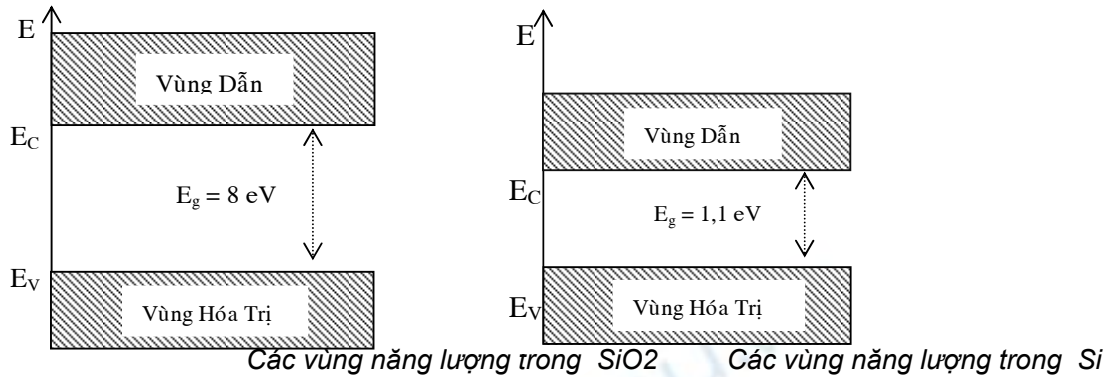
- ❖ Nếu tất cả các electron đều nằm trong Vùng Hóa Trị: không có electron dẫn điện.
- ❖ Khi các electron ở Vùng Hóa Trị nhận được năng lượng $E > E_g$, thì electron từ Vùng Hóa Trị sẽ nhảy lên Vùng Dẫn để tham gia dẫn điện.

Ví dụ: Si có $E_g = 1,1 \text{ eV}$.
 C (Kim cương) có $E_g = 5,4 \text{ eV}$.
 SiO_2 có $E_g = 8 \text{ eV}$.

III- PHÂN BIỆT ĐIỆN MÔI-CHẤT BÁN DẪN-KIM LOẠI:

Về cấu trúc vùng năng lượng: Chất bán dẫn và điện môi có cấu trúc giống nhau, nhưng bản chất lại khác nhau.

Hiện nay, Si ($E_g = 1,1 \text{ eV}$) và SiO_2 ($E_g = 8 \text{ eV}$) được dùng rất nhiều trong công nghệ bán dẫn.



a) Điện môi:

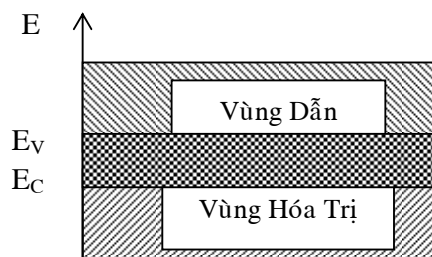
Điện môi là chất có E_g rất lớn, ở điều kiện bình thường electron trong Vùng Hóa Trị không thể vượt qua rào năng lượng E_g , để lên Vùng Dẫn được. Ta phải cung cấp năng lượng lớn $E > E_g$ thì electron từ Vùng Hóa Trị nhận năng lượng mới nhảy lên Vùng Dẫn để tham gia dẫn điện được.

b) Chất bán dẫn:

Chất bán dẫn có Vùng Cấm E_g tương đối thấp, electron có thể nhận năng lượng để từ Vùng Hóa Trị lên Vùng Dẫn tham gia dẫn điện. Khi tăng nhiệt độ, số electron từ Vùng Hóa Trị nhận đủ năng lượng nhảy lên Vùng Dẫn càng nhiều, điện trở của chất bán dẫn càng giảm.

c) Kim loại:

Kim loại có Vùng Dẫn và Vùng Hoá Trị sát nhau hoặc gối lên nhau, nên ở điều kiện thường không cần cung cấp năng lượng cũng đã có sẵn các electron tự do trong Vùng Dẫn tham gia dẫn điện. Vì vậy ta có $E_g = 0$.



Các vùng năng lượng trong kim loại.

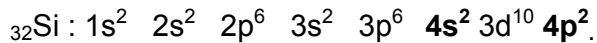
Ví dụ: $_{13}\text{Al}: 1s^2 \ 2s^2 \ 2p^6 \ 3s^2 \ 3p^1$
 $_{11}\text{Na}: 1s^2 \ 2s^2 \ 2p^6 \ 3s^1$.

Khi tăng nhiệt độ, dao động mạng tinh thể tăng, cản trở sự di chuyển của electron nên điện trở của kim loại tăng.

IV- CHẤT BÁN DẪN : (Semiconductor).

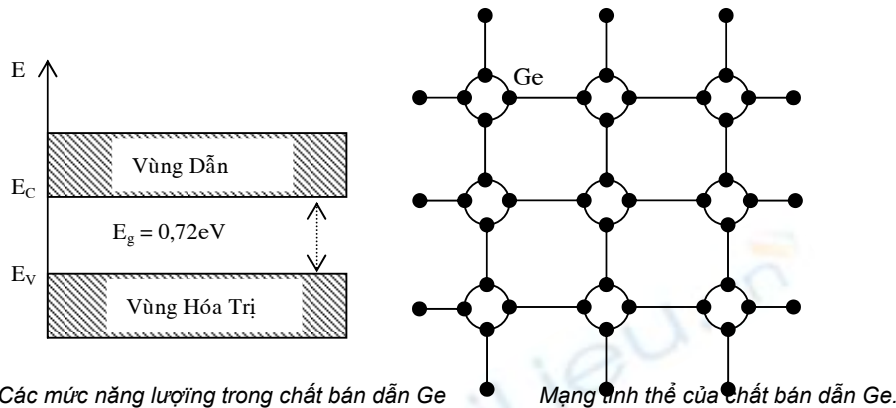
Các nguyên tử hóa trị 4 như Germani (Ge); Silic (Si) là chất bán dẫn.

$_{14}\text{Ge}: 1s^2 \ 2s^2 \ 2p^6 \ 3s^2 \ 3p^2$



Ta thấy tầng ngoài cùng của các nguyên tử này đều có 4 electron, nên cần có thêm 4 electron nữa để đạt được cơ cấu bền, nghĩa là nó phải tạo thêm 4 liên kết cộng hóa trị với 4 nguyên tử lân cận (mỗi liên kết cộng hóa trị có 2 electron dùng chung cho cả 2 nguyên tử).

Ví dụ: Mạng tinh thể của chất bán dẫn Germani có cấu hình như sau:



Tùy theo tạp chất được pha vào chất bán dẫn mà ta có các loại bán dẫn sau đây:

A- Chất bán dẫn thuần: (Intrinsic semiconductor).

Trong mạng tinh thể, chỉ có thuần các nguyên tử bán dẫn, ví dụ Germani (Ge), Silic (Si), không có nguyên tử tạp chất lạ.

Ta xét sự dẫn điện của loại bán dẫn này theo nhiệt độ:

(Ở 00K: Không có dao động nhiệt trong mạng tinh thể, các nguyên tử nằm yên ở các nút mạng nên các liên kết cộng hóa trị không thu được năng lượng để đứt ra. Chúng rất bền chắc: không có electron tự do nên chất bán dẫn là điện môi.

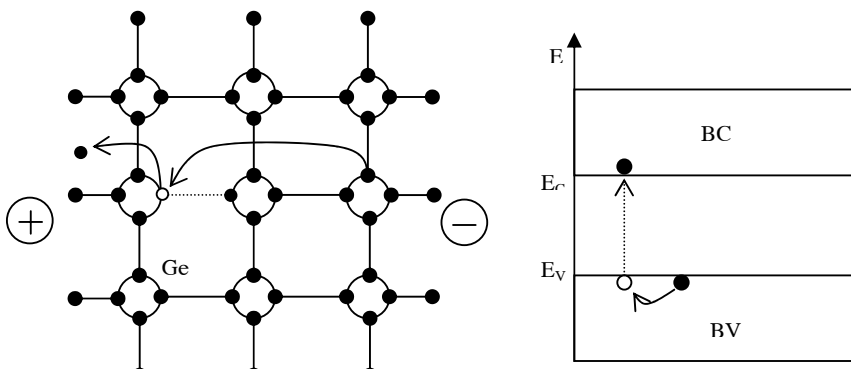
(Ở nhiệt độ bình thường: Các nguyên tử bị dao động nhiệt quanh vị trí cân bằng, chúng cung cấp năng lượng cho các liên kết cộng hóa trị. Khi thu đủ năng lượng E (E_g các liên kết cộng hóa trị đứt ra cho các electron tự do và chúng có thể tham gia dẫn điện.

(Ở nhiệt độ cao: Số liên kết cộng hóa trị bị đứt ra càng nhiều, nên số electron tự do được tạo ra càng lớn, độ dẫn điện tăng.

Cơ chế của sự dẫn điện trong chất bán dẫn thuần:

Khi đặt chất bán dẫn vào một điện trường ngoài, các liên kết cộng hóa trị thu đủ năng lượng sẽ bị đứt ra tạo các electron tự do, chúng di chuyển về phía cực dương của điện trường và để lại một trạng thái năng lượng bị khuyết, ta gọi đó là lỗ trống. Như vậy nguyên tử Ge có lỗ trống chỉ còn 7 electron tầng ngoài, nó rất muốn nhận thêm một electron để đạt cơ cấu bền. Các electron lân cận rất dễ dàng di chuyển lại chiếm lỗ trống này và lại để lỗ trống khác... cứ như thế, ta thấy rằng electron di chuyển ngược chiều điện trường, còn lỗ trống di chuyển cùng chiều điện trường. Cả hai đều tham gia dẫn điện vì electron nhận năng lượng từ Vùng Hóa Trị nhảy lên Vùng Dẫn tham gia dẫn điện, còn lỗ trống di chuyển ngay trong Vùng Hóa Trị do sự di dời của các electron đến lấp các lỗ trống.

Trong chất bán dẫn thuần, ta có: I = I_e + I_p và số electron bằng số lỗ trống (n_e = n_p).



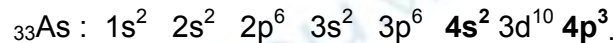
Chú ý: Dòng điện trong chất bán dẫn thuần chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ nên ta gọi là dòng điện bão hòa.

B- Chất bán dẫn pha tạp chất:

Khi chất bán dẫn được pha tạp chất có hóa trị 3 hoặc hóa trị 5 với nồng độ rất thấp vào mạng tinh thể của nó (pha 1 nguyên tử tạp chất trong 10¹² nguyên tử bán dẫn). Các nguyên tử tạp chất sẽ chiếm một trong các nút mạng, độ dẫn điện của chất bán dẫn tăng lên đáng kể.

1. Chất bán dẫn loại n: (Negative).

Pha tạp chất hóa trị 5 như Arsenic (As), Phosphor (P) vào chất bán dẫn Germani (Ge) hoặc Silic (Si) có hóa trị 4:



Tầng ngoài cùng của nguyên tử As có 5 electron, sẽ tạo liên kết cộng hóa trị với 4 nguyên tử Ge lân cận. Do đó thừa ra 1 electron, electron này rất linh động, chỉ cần một năng lượng rất thấp (khoảng 0.01eV) cũng đủ để nó thoát ra khỏi nguyên tử As và tham gia dẫn điện. Nên nhớ rằng *electron này khi di chuyển không để lại lỗ trống !!*

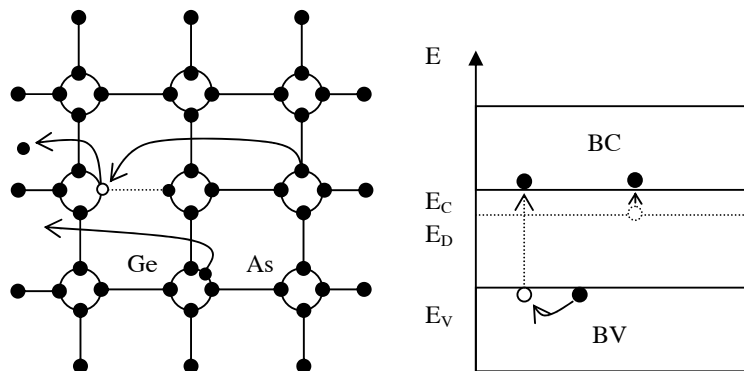
Ngoài ra các liên kết cộng hóa trị của nguyên tử Ge cũng có thể bứt ra khi chúng nhận được năng lượng đủ lớn ($E > E_g$) và chúng tham gia dẫn điện như trong chất bán dẫn thuần (gồm electron và lỗ trống).

Vậy trong chất bán dẫn loại N, electron và lỗ trống đều tham gia dẫn điện, nhưng số electron nhiều hơn số lỗ trống (do đó có tên chất bán dẫn N: negative). Ta gọi electron trong chất bán dẫn loại N là hạt mang điện đa số, còn lỗ trống trong chất bán dẫn loại N là hạt mang điện thiểu số.

Nếu xét trên giản đồ năng lượng, electron của nguyên tử As sẽ nằm trên mức năng lượng gần sát đáy dưới của Vùng Dẫn, gọi là mức ED (Donor).

$$\Delta E = E_C - E_D \ (0,01\text{eV})$$

Chỉ cần một năng lượng rất nhỏ cỡ 0.01eV, electron từ mức ED nhảy lên Vùng Dẫn tham gia dẫn điện. Ngoài ra các liên kết cộng hóa trị ở Vùng Hóa Trị khi nhận đủ năng lượng, bị bẻ gãy tạo electron nhảy lên Vùng Dẫn tham gia dẫn điện, cũng như lỗ trống dẫn điện ngay trong Vùng Hóa Trị như trong chất bán dẫn thuần.

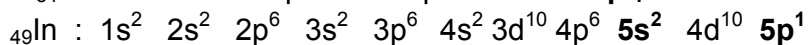
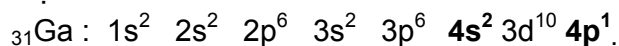


Mạng tinh thể của chất bán dẫn loại N.

Các mức năng lượng trong
chất bán dẫn loại N.

2. Chất bán dẫn loại p: (Positive)

Pha tạp chất hóa trị 3 như Gali (Ga), Indi (In) vào chất bán dẫn Germani (Ge) hoặc Silic (Si) có hóa trị 4:



Tầng ngoài cùng của nguyên tử Ga có 3 electron, mà phải liên kết cộng hóa trị với 4 nguyên tử Ge lân cận, do đó thiếu 1 electron hay có thể xem như thừa một lỗ trống. Chỉ cần một năng lượng rất thấp (khoảng 0.01eV) cũng đủ cho các electron kế cận lại chiếm vị trí của lỗ trống này và để lại lỗ trống khác...

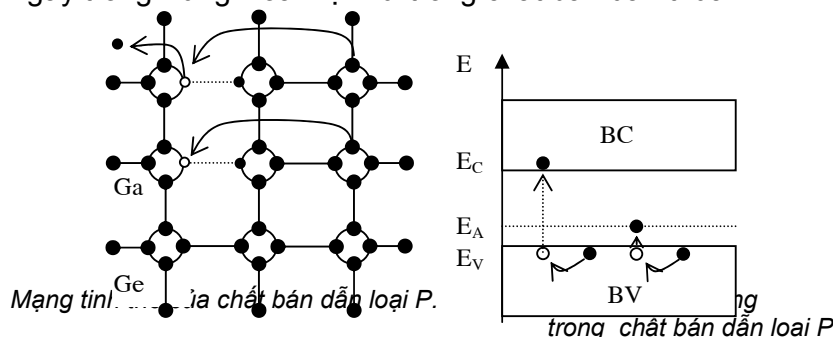
Ngoài ra các liên kết cộng hóa trị của nguyên tử Ge cũng có thể bứt ra khi chúng nhận được năng lượng đủ lớn và chúng tham gia dẫn điện như trong chất bán dẫn thuần (gồm electron và lỗ trống).

Vậy trong chất bán dẫn loại P, electron và lỗ trống đều tham gia dẫn điện, nhưng số lỗ trống nhiều hơn số electron (do đó có tên chất bán dẫn loại P: Positive). Ta gọi lỗ trống trong chất bán dẫn P là hạt mang điện đa số, còn electron trong chất bán dẫn P là hạt mang điện thiểu số.

Nếu xét trên giản đồ năng lượng, lỗ trống của nguyên tử Ga sẽ nằm ở mức năng lượng gần phía trên của Vùng Hóa Trị, gọi là mức EA (mức Acceptor).

$$\Delta E = E_A - E_V \ (\ 0.01\text{eV})$$

Chỉ cần một năng lượng 0.01eV, electron từ Vùng Hóa Trị nhảy lên mức Acceptor lấp lỗ trống của nguyên tử Ga, để lại lỗ trống mới trong Vùng Hóa Trị. Các electron trong Vùng Hóa Trị lại chiếm vị trí của lỗ trống đó, để lại lỗ trống khác... Vậy lỗ trống tham gia dẫn điện trong Vùng Hóa Trị. Ngoài ra nếu các liên kết cộng hóa trị ở Vùng Hóa Trị nhận đủ năng lượng, bị bẻ gãy tạo ra electron tự do, nhảy lên Vùng Dẫn tham gia dẫn điện, cũng như lỗ trống dẫn điện ngay trong Vùng Hóa Trị như trong chất bán dẫn thuần.



Chất bán dẫn suy biến:

Nếu pha tạp chất với nồng độ lớn, trên 1020 nguyên tử /cm³ thì mức ED cũng như mức EA sẽ tạo thành các dải. Dải ED sẽ chồng lên Dải Dẫn, cũng như dải EA chồng lên Dải Hóa Trị. Chất bán dẫn trong trường hợp này gọi là chất bán dẫn suy biến, nó dẫn điện tốt như kim loại. Người ta sử dụng tính chất này để tạo các dây nối trong các vi mạch.

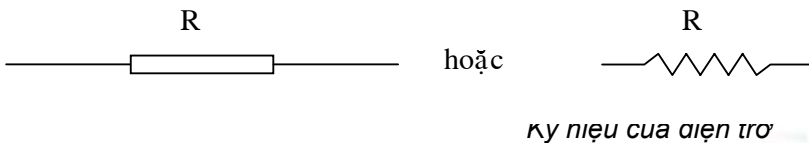
BÀI 2: LINH KIỆN ĐIỆN TỬ THỤ ĐỘNG

Các linh kiện điện tử thụ động dùng trong các mạch điện tử thường là: điện trở, tụ điện, cuộn cảm (cuộn self), máy biến thế...

I- ĐIỆN TRỞ.

1. Định nghĩa: Là một loại linh kiện điện tử, dùng để giới hạn dòng điện trong mạch điện.

2. Ký hiệu:



3. Đơn vị:

Đơn vị của điện trở là Ohm viết tắt là (.

Bội số của Ohm là Kilo Ohm bằng 10^3 (. (viết tắt là K(.

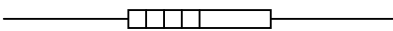
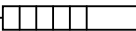
Mega Ohm bằng 10^6 (viết tắt là M(.

4. Cách ghi và đọc điện trở:

Quy ước màu : Thông thường, trị số của điện trở có công suất nhỏ, được ghi bằng ký hiệu màu sắc trên thân của nó theo quy ước màu sau đây:

Số 0	:	màu đen.
1	:	màu nâu.
2	:	màu đỏ.
3	:	màu vàng cam.
4	:	màu vàng tươi.
5	:	màu xanh lá cây.
6	:	màu xanh dương.
7	:	màu tím.
8	:	màu xám.
9	:	màu trắng.

Cách đọc: Số thứ tự các vạch màu được tính từ vạch sát nút điện trở là vạch thứ nhất ...
(vạch màu vàng nhũ hoặc màu bạc luôn luôn là vạch thứ tư)

Điện trở 4 vạch màu	Điện trở 5 vạch màu (Điện trở chính xác)
 Vạch thứ nhất: số đầu tiên. Vạch thứ hai : số thứ hai. Vạch thứ ba : số 0 thêm vào. Vạch thứ tư : sai số, có 3 trường hợp: * không có vạch thứ tư : (20% * màu vàng nhũ : (5% * màu bạc : (10%	 Vạch thứ nhất: số đầu tiên. Vạch thứ hai : số thứ hai. Vạch thứ ba : số thứ ba. Vạch thứ tư : số 0 thêm vào. Vạch thứ năm: sai số, có các trường hợp: * màu nâu : (1% * màu đỏ : (2% * màu vàng cam : (3% ...

5. Cách đo điện trở:

Dùng Ohm-kế hoặc Megohm-kế.

6. Công suất : Tùy theo kích thước to, nhỏ của nó mà loại điện trở than có các loại sau đây: GW , $\frac{1}{2} \text{W}$, 1W , 2W ,.....

Các loại điện trở công suất lớn khác có giá trị được ghi sẵn ngay trên thân điện trở.

7. Phân loại theo vật liệu:

Thông thường ta có các loại điện trở sau:

* Điện trở than nén: Sai số lớn, điện trở của nó thay đổi nhiều theo nhiệt độ, gây tạp âm (parasite) lớn do các hạt than dao động khi có dòng điện thay đổi đi qua...

* Điện trở màng than: Sai số ít, điện trở của nó ít thay đổi theo nhiệt độ, gây tạp âm ít ...

* Điện trở màng kim loại: Loại điện trở tốt nhất, chính xác, ít thay đổi theo nhiệt độ và gây tạp âm rất ít.

8. Các loại điện trở đặc biệt:

* Điện trở công suất: thường được làm bằng dây kim loại có điện trở lớn, quấn trên lõi sứ (cách điện, dẫn nhiệt).

* Điện trở nhiệt: còn gọi là thermistor (Th), có điện trở nghịch biến với nhiệt độ, được chế tạo bằng chất bán dẫn.

* Biến trở: là loại điện trở thay đổi được trị số, thường làm bằng màng than trên bakelite hoặc dây quấn trên một ống sứ hình trụ.

* VDR (Voltage Depend Resistor): điện trở có trị số thay đổi theo điện áp đặt vào.

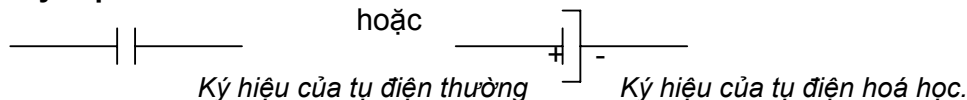
* Quang điện trở (Photo-resistor): điện trở có trị số thay đổi tùy theo cường độ ánh sáng chiếu vào.

II.- TỤ ĐIỆN.

1. Định nghĩa:

Là một loại linh kiện điện tử, gồm 2 bản cực là chất dẫn điện được ngăn cách với nhau bằng một lớp điện môi ở giữa.

2. Ký hiệu:



3. Đơn vị:

Một đại lượng đặc trưng cho tính nạp điện, phóng điện của tụ điện là điện dung.

Đơn vị của điện dung là Farad (F).

Nhưng trong thực tế, người ta thường dùng ước số của Farad là:

- Micro Farad (μF) = 10^{-6}F .
- Nano Farad (nF) = 10^{-9}F = $10^{-3}\mu\text{F}$ = 10^3pF .
- Pico Farad (pF) = 10^{-12}F = $10^{-6}\mu\text{F}$ = 10^{-3}nF .

4. Các tham số : Tụ điện có 2 tham số chính:

a) Điện dung: Điện dung của tụ điện phẳng được tính theo công thức:

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

Trong hệ SI, C là điện dung của tụ điện (F), (ϵ_0 là hằng số điện môi, ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$) F/m, (ϵ là hằng số điện môi, S (cm²) là phần diện tích đối diện nhau của 2 bản cực và d (m) là khoảng cách giữa 2 bản cực.

Điện dung được ghi ngay trên thân tụ điện bằng các ký hiệu sau: MF (MFD) ($\mu\text{FD} \approx \mu\text{F} \approx \mu\text{F}$).

Các tụ điện sứ (ceramic), trị số của nó thường được ghi như sau:

104 (10.0000pF = 0,1 μF)

103 (10.000pF = 0,01 μF)

$$102 (10.00\text{pF} = 0,001\mu\text{F}...).$$

b) Điện áp làm việc:

Là điện áp tối đa cho phép đặt vào 2 bản cực của tụ điện, nếu điện áp đặt vào 2 cực tụ điện quá giá trị này, lớp điện môi sẽ bị đánh thủng.

Ta có: $V = E.d$

Trị số của điện áp làm việc thường được ghi ngay trên thân của nó, ký hiệu bằng V hoặc bằng chữ WV (Working Voltage).

Ví dụ: 1000(F/25VDC hoặc 1000(F/25WV).

5. Các loại tụ điện:

Tùy theo vật liệu làm chất điện môi mà ta có các loại tụ điện tương ứng:

- * Tụ điện giấy: Chất điện môi là giấy thường được tẩm dầu, 2 bản kim loại thường là nhôm, tất cả được cuộn tròn và có 2 cực nối với 2 bản cực. Loại này thường có điện dung không cao, độ rỉ lớn, nhưng điện áp làm việc lớn.
- * Tụ mica: Chất điện môi là mica, 2 bản kim loại thường là nhôm, tất cả được cuộn tròn hoặc cuộn dẹp lại và có 2 cực nối với 2 bản cực. Loại này thường có điện dung không cao, độ rỉ rất nhỏ.
- * Tụ gốm hay sứ (ceramic): Có dạng hình đĩa, chất cách điện là một miếng gốm và 2 bản cực là 2 miếng nhôm. Loại này thường có điện dung không cao, độ rỉ ít và điện dung thay đổi nhiều theo nhiệt độ.
- * Tụ không khí: Điện môi là không khí, 1 bản cực có thể xoay quanh một trục để thay đổi được điện dung do diện tích đối diện S của 2 bản cực thay đổi. Thường dùng để điều chỉnh tần số trong các mạch cộng hưởng. Loại này có điện dung rất nhỏ.
- * Tụ hoá học: Có điện dung lớn vì có bề dày d rất nhỏ. Một bản cực nhôm đặt sát một lớp giấy tẩm dung dịch điện giải (dẫn điện), tất cả được cuộn tròn lại. Bản nhôm và lớp giấy tẩm dung dịch điện giải đóng vai trò của 2 bản cực.

Khi đưa 2 bản cực vào một nguồn điện một chiều, hiện tượng điện giải tạo ra một lớp Oxit nhôm (Al_2O_3) cách điện ở giữa 2 bản cực. Lớp này rất mỏng và cách điện tốt. Vậy ta có hai bản cực dẫn điện nhôm-giấy tẩm dung dịch điện giải, cách nhau bởi lớp điện môi (Al_2O_3) nên làm thành một tụ điện.

Chú ý:

Khi sử dụng loại tụ điện hoá học này, phải dùng đúng cực tính: Cực dương của tụ điện (bản cực giấy) nối vào cực dương của nguồn, cực âm của tụ điện (bản nhôm) nối vào cực âm của nguồn. Nếu ta mắc ngược lại hoặc dùng tụ điện hoá học nơi có dòng điện xoay chiều chạy qua, tụ điện hoá học sẽ bị nổ vì hiện tượng điện giải ngược lại, lớp điện môi (Al_2O_3) tan vào dung dịch điện giải và lớp điện môi này không còn nguyên vẹn nữa, chúng có điện trở làm nóng tụ điện và nổ.

- * Tụ Nonpolar hoặc Bipolar: Đây là các loại tụ điện hoá học đặc biệt, có thể sử dụng với dòng điện xoay chiều, lớp điện môi được tạo ra không bị tan vào dung dịch điện giải. Tụ điện này thường được dùng làm tụ điện liên lạc với các loa treble trong các thùng loa.
- * Tụ trimmer: Là loại tụ điện có kích thước rất nhỏ, thay đổi được điện dung nhỏ. Thường dùng để tinh chỉnh trong các mạch cộng hưởng.

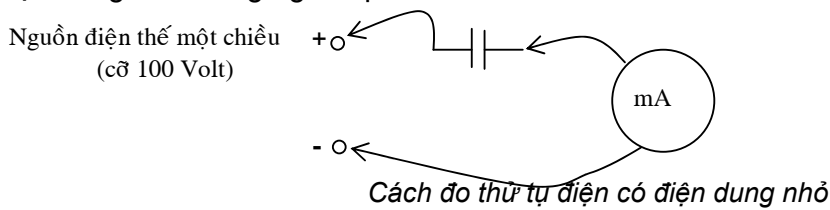
6. Cách đo thử tụ điện:

Tụ điện được đo thử bằng Ohm-kế (chỉ thị bằng kim) hoặc máy đo tụ điện. Thông thường ta dùng Ohm-kế: Đưa 2 que đo của Ohm-kế vào 2 đầu tụ điện, nguồn pin trong Ohm-kế sẽ nạp điện cho tụ điện, dòng nạp ban đầu lớn nhất sau đó giảm dần xuống không. Ta thấy kim Ohm-kế lên cao, sau đó từ từ về (là tụ điện tốt).

- * Nếu Kim Ohm-kế lên cao, không xuống là tụ điện bị nối tắt.
- * Nếu Kim Ohm-kế lên cao, xuống không hết, là tụ điện bị rỉ.
- * Nếu Kim Ohm-kế không lên, tụ điện có điện dung quá nhỏ hoặc bị khô.

Chú ý:

Để đo thử các loại tụ có điện dung nhỏ như tụ mica, tụ gốm, ta tìm cách tăng dòng nạp cho tụ điện bằng cách tăng nguồn pin của Ohm-kế như sau:



Nếu kim mA-kế DC hoặc Volt-kế DC lên cao, xuống hết ($R=()$) là tụ điện tốt ...

III- CUỘN CẢM : (Self).

1. Định nghĩa:

Cuộn cảm gồm nhiều vòng dây đồng, quấn trên lõi không khí, lõi ferit (ferric), hoặc lõi sắt từ.

2. Cảm kháng:

Cảm kháng của cuộn cảm được tính theo công thức: $Z_L = L(\cdot)$.

3. Phân loại : Tùy theo tính chất từ của lõi, mà ta sẽ sử dụng cuộn cảm ở những nơi có tần số khác nhau:

- * Lõi sắt: Dùng cho tần số thấp.
- * Lõi ferit: Dùng cho tần số cao, có thể điều chỉnh được hệ số tự cảm L bằng cách điều chỉnh lõi ferit ra hoặc vào sâu bên trong lõi.
- * Lõi không khí: Dùng nơi có tần số rất cao.

IV- BIẾN ÁP.

1. Nguyên tắc:

Công thức tính số vòng dây: $V = 4,44 \cdot 10^{-8} \cdot N \cdot B \cdot f \cdot S$

V : điện áp đặt vào cuộn biến áp (Volt).

N : số vòng cuộn dây của biến áp.

B : cảm ứng từ (Gauss).

f : tần số của dòng điện sử dụng (Hertz)

S : tiết diện lõi sắt từ (cm^2).

Công thức tính công suất của biến thế cỡ nhỏ:

$$S = 1,2\sqrt{P}$$

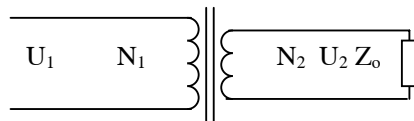
S : là tiết diện lõi sắt (cm^2)

P : là công suất của máy biến áp (Watt).

2. Điện trở phản ánh:

Biến thế có cuộn sơ cấp N_1 vòng, được đặt vào điện áp U_1 có dòng điện I_1 chạy qua. Cuộn thứ cấp N_2 vòng, có điện áp hai đầu U_2 , mắc tải Z_0 sẽ có dòng điện I_2 chạy qua.

Tỉ số biến áp:



$$n = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Để có các công thức trên ta phải có các điều kiện: thất thoát năng lượng từ ra ngoài không đáng kể và điện trở thuần của 2 cuộn dây rất nhỏ.

$$n = \frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} \Rightarrow U_2 = nU_1$$

$$I_1 = nI_2 = n \frac{U_2}{Z_0} = \frac{n}{Z_0} nU_1 = \frac{n^2 U_1}{Z_0}$$

Điện trở phản ánh R_t được tính bởi công thức:

$$R_t = \frac{U_1}{I_1} = \frac{Z_0}{n^2}$$

BÀI 3: LINH KIỆN BÁN DẪN

I- CÁC HIỆN TƯỢNG TIẾP XÚC.

Các linh kiện bán dẫn thường được chế tạo dựa trên các hiện tượng tiếp xúc giữa các vật liệu. Ta xét một số hiện tượng tiếp xúc thường gặp trong kỹ thuật vi điện tử: tiếp xúc kim loại - bán dẫn, tiếp xúc bán dẫn - bán dẫn (tiếp xúc P-N), tiếp xúc kim loại - điện môi - bán dẫn (MOS).

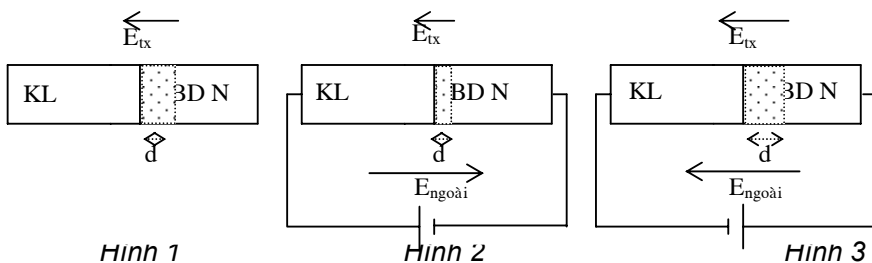
1. Tiếp xúc kim loại - bán dẫn:

Giả sử ta có một mẫu kim loại và một mẫu chất bán dẫn loại N (bán dẫn có electron là hạt mang điện đa số) tiếp xúc nhau. Ta xét hiện tượng gì xảy ra tại lớp tiếp xúc trên:

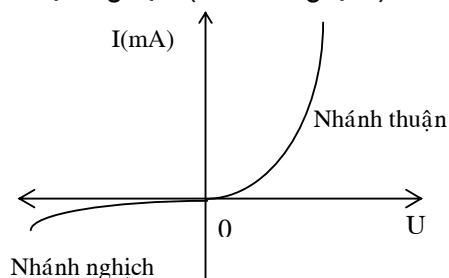
Công thoát của electron trong chất bán dẫn nhỏ hơn công thoát của electron trong kim loại, mức Fermi trong chất bán dẫn nằm cao hơn trong kim loại (mức Fermi là mức năng lượng cao nhất của các electron dẫn ở 00K). Nên khi cho kim loại-bán dẫn tiếp xúc nhau thì electron trong chất bán dẫn thoát ra khỏi chất bán dẫn dễ dàng hơn electron thoát ra khỏi kim loại. Dòng electron từ chất bán dẫn chạy sang kim loại nhiều hơn dòng từ kim loại sang chất bán dẫn.

Nhưng quá trình này xảy ra trong thời gian rất ngắn vì đến một lúc nào đó, số electron bên kim loại tăng lên, còn số electron bên chất bán dẫn giảm xuống. Theo thời gian, điện tích phía chất bán dẫn càng dương và phía kim loại điện tích càng âm, chúng tạo thành một điện trường E_{tx} có chiều từ chất bán dẫn sang kim loại. Chính điện trường này ngăn cản không cho electron trong chất bán dẫn tiếp tục chạy sang kim loại nữa. Sau một khoảng thời gian rất ngắn đạt được trạng thái cân bằng, electron trong chất bán dẫn N không chạy sang kim loại nữa hình thành một lớp nghèo hạt mang điện cơ bản tại vùng tiếp xúc (nằm phía chất bán dẫn) gọi là lớp đảo hay lớp điện tích không gian.

Ta sẽ chứng minh lớp tiếp xúc này có tính chỉnh lưu:



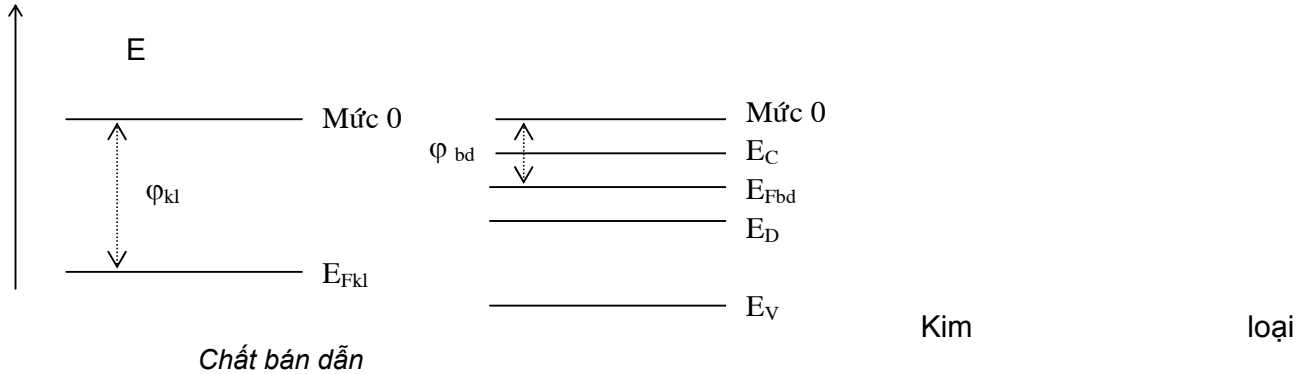
- Hình 1: Điện trường E_{tx} hình thành một lớp đảo, nghèo hạt mang điện cơ bản có bề dày d .
- Hình 2: Điện trường ngoài $E_{ngoài}$ có chiều ngược với chiều của E_{tx} nên làm bề dày d của nó co lại, vùng nghèo hạt mang điện cơ bản hẹp nên dẫn điện mạnh. Đây là chiều dẫn điện thuận (nhánh thuận).
- Hình 3: Điện trường ngoài $E_{ngoài}$ cùng chiều với chiều của E_{tx} nên làm bề dày d của nó mở rộng ra, vùng nghèo hạt mang điện cơ bản rộng nên dẫn điện kém. Đây là chiều dẫn điện ngược (nhánh nghịch).



Đặc tuyến Volt-Ampe của lớp tiếp xúc kim loại - Chất bán dẫn N.

Như vậy, lớp tiếp xúc kim loại - bán dẫn có tính chỉnh lưu, được ứng dụng để chế tạo các diốt tiếp xúc điểm, có điện dung tiếp xúc nhỏ, dùng trong mạch điện tách sóng trong radio, TV hoặc trong các mạch điện chuyển mạch điện tử tần số cao.

Tuy nhiên, đôi khi người ta muốn tiếp xúc này thuần trở (Ohmic), không có tính chỉnh lưu (để tạo các mối nối từ chất bán dẫn ra các chân). Muốn vậy, người ta phải chọn kim loại và chất bán dẫn có (kl và bd thích hợp).



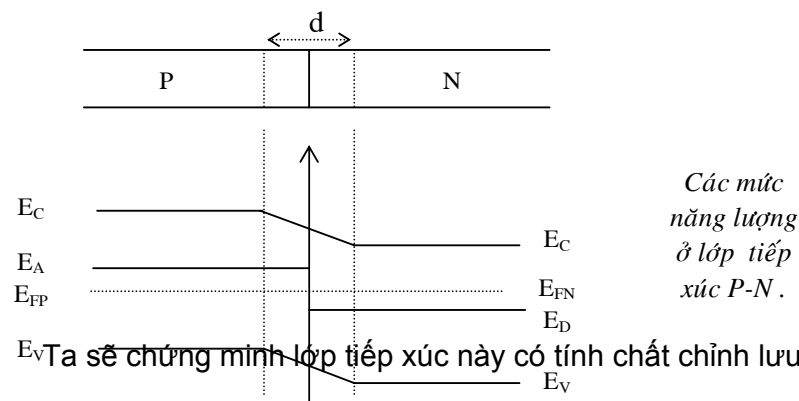
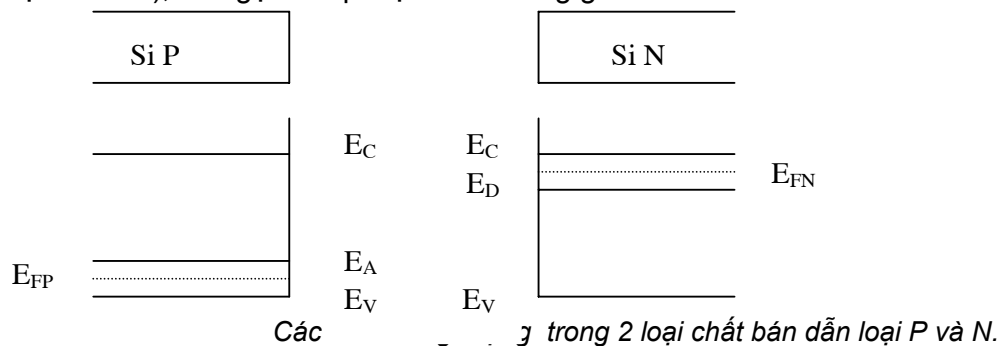
2. Tiếp xúc p-n:

Nếu có 2 miếng bán dẫn loại N và loại P đặt tiếp xúc với nhau (ví dụ: Si-N và Si-P), ta xét hiện tượng gì xảy ra tại vùng tiếp xúc đó.

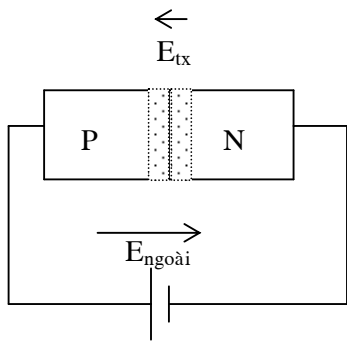
Ta đã biết rằng trong chất bán dẫn loại N, electron là hạt dẫn điện đa số và lỗ trống là hạt dẫn điện thiểu số. Còn trong chất bán dẫn loại P, lỗ trống là hạt dẫn điện đa số và electron là hạt dẫn điện thiểu số. Nồng độ hạt dẫn điện cơ bản ở 2 bên chênh lệch nhau, sẽ có hiện tượng khuếch tán: electron từ chất bán dẫn N sang chất bán dẫn P và lỗ trống từ chất bán dẫn P sang chất bán dẫn N.

Do vậy, phía N mật độ electron giảm dần (điện tích dương lên) và phía P, mật độ lỗ trống giảm dần (điện tích âm xuống), nên xuất hiện một điện trường E_{tx} ở 2 bên mặt lớp tiếp xúc hướng từ N sang P. Điện trường E_{tx} này ngăn cản không cho electron từ N tiếp tục khuếch tán sang P, cũng như không cho lỗ trống từ P khuếch tán sang N.

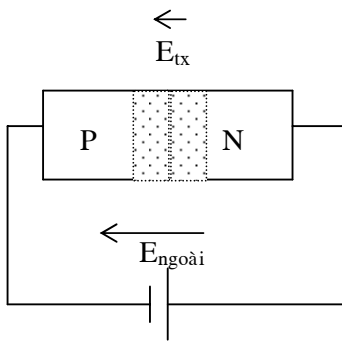
Sau một thời gian ngắn, hiện tượng khuếch tán sẽ chấm dứt, có sự cân bằng về mật độ hạt dẫn điện ở vùng tiếp xúc, lúc này mức Fermi ở 2 chất bán dẫn ngang bằng nhau. Ở vùng tiếp xúc (về cả hai phía chất bán dẫn P và N) hình thành một lớp nghèo hạt dẫn điện cơ bản (có điện trở lớn), còn gọi là lớp điện tích không gian.



Ta sẽ chứng minh lớp tiếp xúc này có tính chất chỉnh lưu :



Hình 1

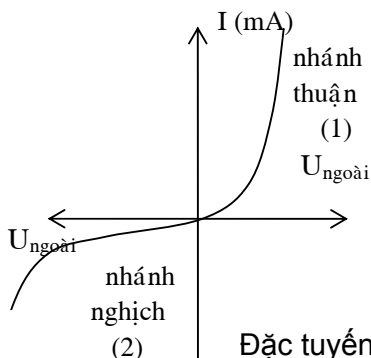


Hình 2

Tiếp xúc P-N có nguồn cấp điện bên ngoài

▪ Hình 1: Điện trường ngoài $E_{ngoài}$ ngược chiều với E_{tx} nên làm bề dày lớp điện tích không gian thu hẹp lại (có điện trở nhỏ) nên có dòng điện lớn đi qua lớp tiếp xúc. Đây là nhánh thuận của đặc tuyến V-A.

▪ Hình 2: Điện trường ngoài $E_{ngoài}$ cùng chiều với E_{tx} , làm bề dày lớp điện tích không gian mở rộng ra (điện trở lớn), nên có dòng điện nhỏ đi qua lớp tiếp xúc do các hạt dẫn thiểu số gây ra. Đây là nhánh nghịch của đặc tuyến V-A.



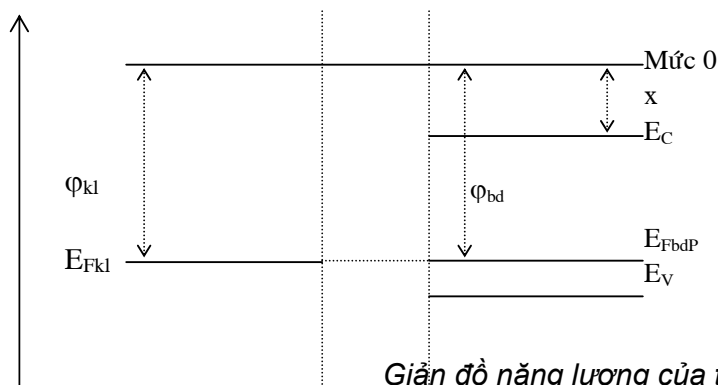
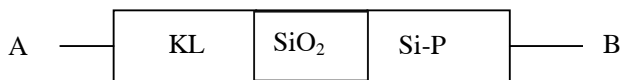
Đặc tuyến Volt-Ampe của lớp tiếp xúc P-N

lớp tiếp xúc P-N có tính chất chỉnh lưu, chỉ cho dòng điện đi qua theo chiều thuận (chiều từ lớp P sang lớp N).

3. Tiếp xúc kim loại - điện môi - chất bán dẫn:

Người ta dùng SiO_2 làm điện môi, chất bán dẫn là Si, thì tiếp xúc kim loại-điện môi-bán dẫn là tiếp xúc kim loại - oxit - bán dẫn, còn gọi là MOS (Metal – Oxide -Semiconductor).

Tiếp xúc này được dùng để tạo các MOSFET (transistor trường Cổng cách điện), tụ điện MOS.....



Giản đồ năng lượng của tiếp xúc MOS.

▪ Khi chưa đặt điện áp ngoài vào 2 cực AB thì không xuất hiện các điện tích ở 2 bề mặt điện môi.

- Khi đặt điện áp âm vào A, dương vào B: electron trong lớp Si-P chạy về cực B, lỗ trống trong lớp Si -P chạy về phía vách chất điện môi. Sát lớp điện môi gần chất bán dẫn xuất hiện điện tích dương và sát lớp điện môi gần kim loại có điện tích âm.

- Khi đặt điện áp dương vào A, âm vào B: mật độ lỗ trống phía Si-P ít dần hình thành lớp nghèo hạt dẫn điện cơ bản. Tăng điện áp này lên, vùng nghèo hạt cơ bản này tăng lên. Ta thấy 2 bên lớp điện môi SiO₂ hình thành các điện tích có dấu trái nhau như ở 2 bản cực của tụ điện, chúng cho dòng xoay chiều đi qua.

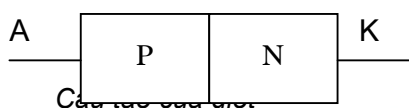
II- ĐIỐT BÁN DẪN.

1. Cấu tạo, ký hiệu:

Điốt bán dẫn gồm hai chất bán dẫn loại P và N ghép với nhau tạo thành một lớp tiếp xúc P-N (tiếp xúc mặt), có thể cho dòng điện có cường độ lớn qua được. Hoặc một thanh kim loại tiếp xúc với chất bán dẫn loại N (tiếp xúc điểm), có điện dung tiếp xúc nhỏ, dùng ở tần số cao. Ở đây ta xét điốt tạo thành từ một lớp tiếp xúc P-N:

Lớp P nối với với cực A, được gọi là Anốt.

Lớp N nối với với cực K, được gọi là Catốt.



2. Nguyên lý làm việc và đặc tuyến volt-ampe:

- Khi đặt điện trường ngoài theo chiều thuận: Cực dương nguồn đặt vào A và cực âm nguồn đặt vào K.

Có dòng điện mạnh chạy qua lớp tiếp xúc, vì lúc này vùng điện tích không gian bị thu hẹp lại, làm dòng điện khuếch tán tăng lên.

Dòng điện qua mặt tiếp xúc P-N lúc này sẽ tăng theo điện áp ngoài UAK:

$$I = I_{\text{thuận}} - I_{\text{ngược}}$$

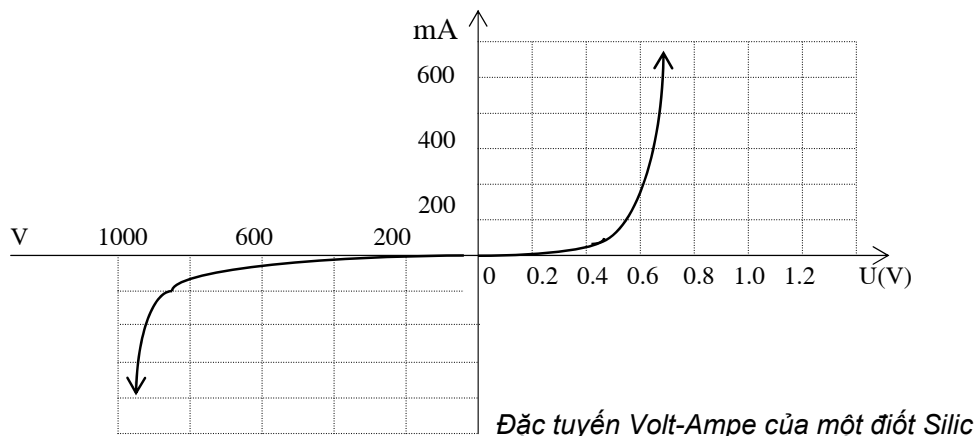
$$I = I_s \left[e^{\frac{11522U_{AK}}{T}} - 1 \right]$$

Trong đó, I_s là dòng điện ngược bão hòa (khoảng vài chục mA).

T là nhiệt độ tuyệt đối ($T = 2730C + \text{nhiệt độ đo bằng } 0C$)

U_{AK} là điện áp đặt vào Anốt và Katốt của điốt (V).

I tăng theo U_{AK} theo công thức trên được biểu diễn bằng đường cong bên phải trên đặc tuyến Volt-Ampe.



Chú ý: Điện áp rơi trên điốt Si khoảng 0,6V và 0,2V ở điốt Ge.