

## CHƯƠNG 1: CHẤT BÁN DẪN

### 1.1. Sự ra đời và lịch sử phát triển của ngành điện tử

Vào năm 1947, tại phòng thí nghiệm của Bell, John Bardeen và Walter Brattain đã thành công trong việc phát minh Transistor loại BJT (Bipolar Junction Transistor). Đây là một bước ngoặt ảnh hưởng sâu sắc và thay đổi ngành bán dẫn. Phát minh này và một chuỗi phát triển của công nghệ vi điện tử đã thay đổi cuộc sống loài người.

1948 Transistor đầu tiên ra đời. Đây là một cuộc cách mạng của ngành điện tử.

1950 Máy tính chuyển sang dùng transistor

Hệ máy tính dùng linh kiện bán dẫn đầu tiên (thế hệ II)

1960 Máy tích hợp đầu tiên (IC: Integrated Circuit)

Hệ máy tính dùng IC đầu tiên (thế hệ III)

1970 Các máy tích hợp mức độ cao hơn ra đời (MSI, LSI, VLSI)

MSI: Medium Scale Integrated Circuit

LSI: Large Scale Integrated Circuit

VLSI: Very Large Scale Integrated Circuit

1980 Ngày nay, vi điện tử càng đa dạng và phát triển trong các lĩnh vực như y tế, ô tô, khi đi du lịch, phát thanh, truyền hình...

### 1.2. Linh kiện điện tử:

Ta xét hai loại linh kiện cơ bản sau:

- **Linh kiện thụ động:**

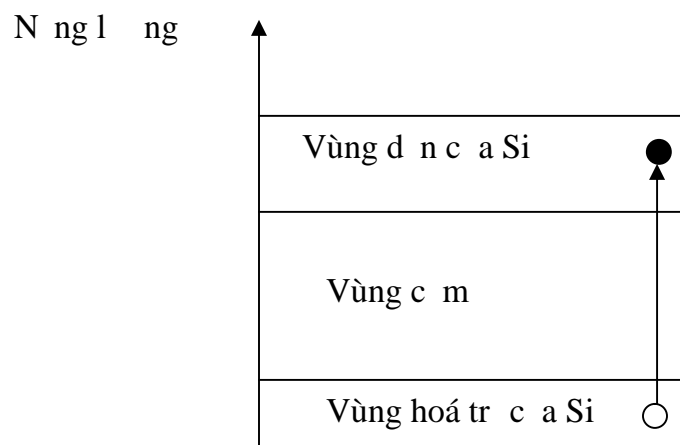
Có các thông số không phụ thuộc vào tác động dòng điện: điện trở, tụ, cuộn cảm...

- **Linh kiện tích cực:**

Có các thông số thay đổi phụ thuộc vào tác động dòng điện: Diod, Transistor loại BJT (Bipolar Junction Transistor):...

### 1.3. Chất bán dẫn:

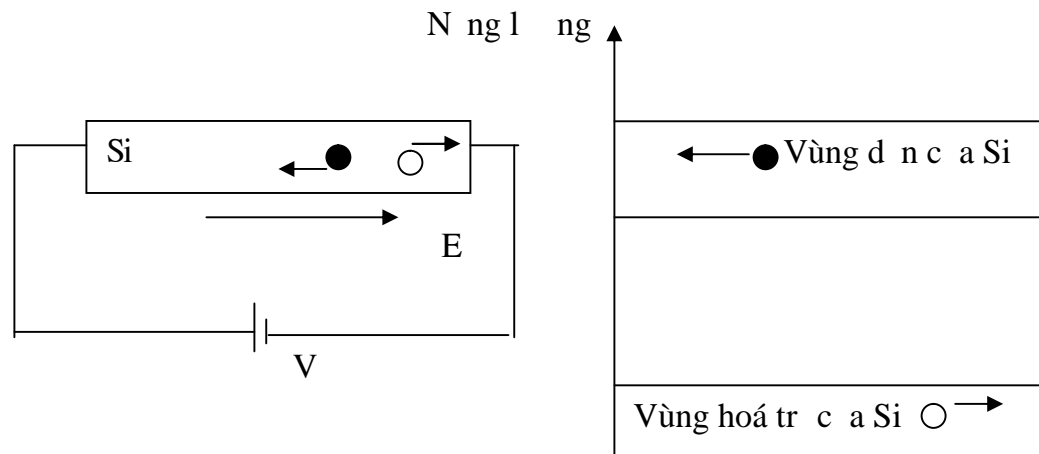
#### 1.3.1. Chất bán dẫn thuần:



Hình 1.1. Sơ đồ vùng năng lượng của Si

Hai chất bán dẫn tiêu biểu là: Silicon(Si) và Ge(Germanium).

Si là chất bán dẫn mà ở nhiệt độ phòng có rất ít electron trong mạng tinh thể. Vì dòng điện là sự dịch chuyển của điện tích nên dòng điện trong tinh thể ở nhiệt độ phòng, electron chuyển từ vùng hoá trị lên vùng dẫn để lấp đầy các vị trí trống mà nó mang tính dương. Hiện tượng này gọi là sự phát sinh điện trở.

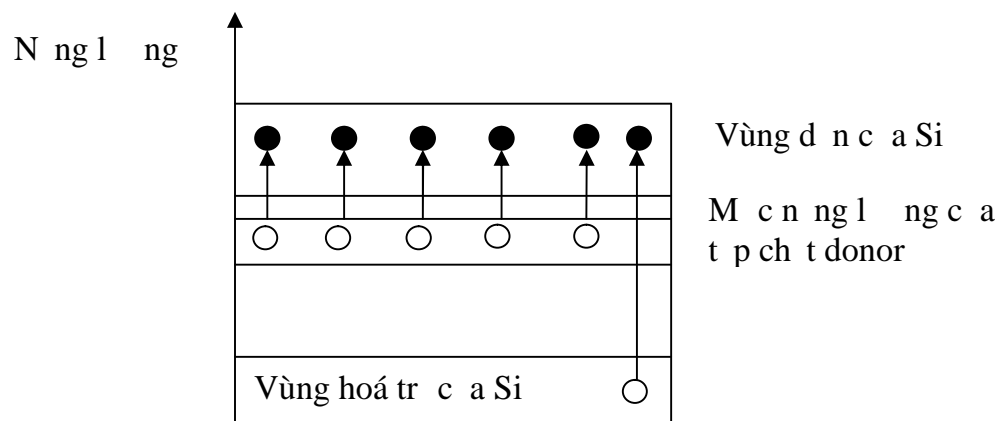


Hình 1.2. Sự di chuyển của điện tử và lỗ trống trong Si khi có nguồn điện

Nếu ta nhìn vào hình vẽ thì electron sẽ di chuyển về các đầu của mẫu. Ở vùng hoá trị các electron có thể di chuyển về các đầu của mẫu nếu nó có năng lượng đủ để vượt qua rào năng lượng của lỗ trống. Khi electron rơi vào lỗ trống thì nó lại mất điện trở phía sau. Vì thế làm cho điện trở di chuyển về các đầu của mẫu. Dòng điện trong chất bán dẫn là tổng thành phần: dòng do electron trong vùng dẫn và dòng do lỗ trống trong vùng hoá trị. Electron di chuyển về các đầu nhanh hơn lỗ trống di chuyển về các đầu vì electron có năng lượng cao hơn nên chuyển lên vùng dẫn dễ dàng hơn khi electron có năng lượng thấp nên chuyển lên vùng hoá trị. Vì vậy dòng electron lớn hơn dòng lỗ trống trong Si. Tuy nhiên dòng này vẫn nhỏ nên Si là cách điện.

### 1.3.2 Chất bán dẫn tạp:

#### 1.3.2.1. Chất bán dẫn tạp loại N



Hình 1.3. Giản đồ năng lượng của chất bán dẫn tạp loại N

Chất bán dẫn tạp loại N là chất bán dẫn có các khi pha thêm một chất thuộc nhóm V trong bảng hệ thống tuần hoàn Mendeleev vào chất bán dẫn thuần. Ta xét trường hợp pha tạp P vào chất bán dẫn thuần Si. Điều này thường làm xuất hiện mức năng lượng chấp nhận donor sát đáy vùng dẫn. Vì thế nhiệt độ phòng các electron nguyên tử P nhảy lên vùng dẫn của Si. Vì vậy nguyên tử tạp chất dễ bị ion hoá thành ion dương. Ngoài ra còn có thể phát sinh cặp hạt dẫn điện – lỗ trống xảy ra giống như các chất bán dẫn thuần vì mức năng lượng chấp nhận donor sát đáy vùng dẫn.

Gọi  $n_n$ : mật độ điện tử trong vùng dẫn,  $p_n$ : mật độ lỗ trống trong vùng hoá trị, thì  $n_n \gg p_n$ . Vì vậy dòng điện trong chất bán dẫn loại N chủ yếu do điện tử tạo nên gọi là hạt dẫn as, còn lỗ trống gọi là hạt thiểu số.

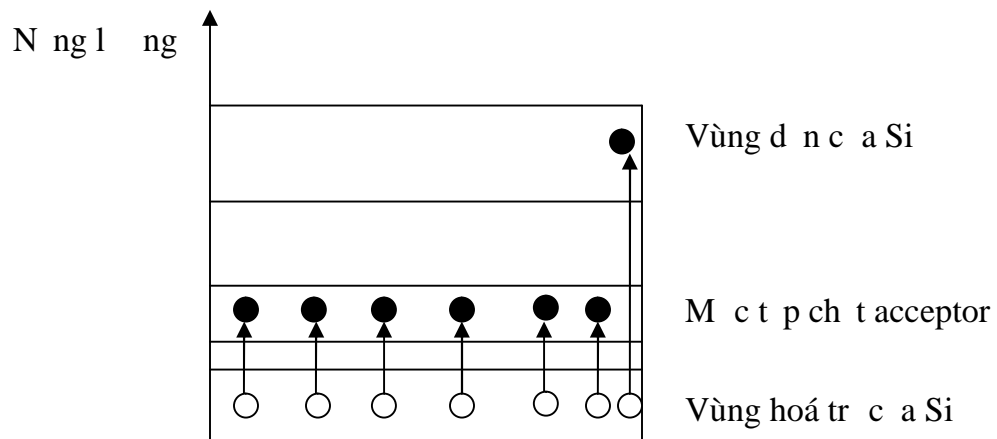
### 1.3.2.2. Chất bán dẫn tạp loại P:

Chất bán dẫn tạp loại P là chất bán dẫn có các khi pha thêm một chất thuộc nhóm III trong bảng hệ thống tuần hoàn Mendeleev vào chất bán dẫn thuần. Ta xét trường hợp pha tạp các nguyên tử As vào chất bán dẫn thuần Si. Điều này thường làm xuất hiện mức năng lượng gọi là mức chấp nhận acceptor sát vùng hoá trị. Vì vậy nguyên tử tạp chất dễ bị ion hoá thành ion âm. Ngoài ra còn có thể phát sinh cặp hạt dẫn điện – lỗ trống xảy ra giống như các chất bán dẫn thuần vì mức chấp nhận tạp chất loại P sát vùng hoá trị.

Gọi  $n_p$ : mật độ điện tử trong vùng dẫn.

Gọi  $p_p$ : mật độ lỗ trống trong vùng hoá trị, thì  $n_p \gg p_p$

Vì vậy dòng điện trong chất bán dẫn loại P chủ yếu do lỗ trống tạo nên gọi là hạt dẫn as, còn điện tử gọi là hạt thiểu số.



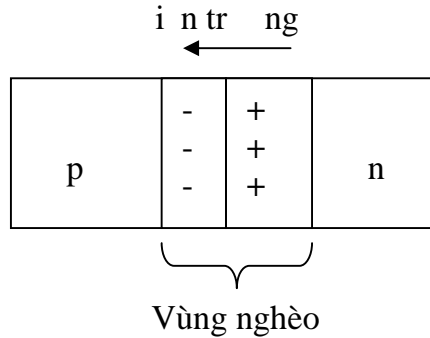
Hình 1.4. Giới thiệu năng lượng của chất bán dẫn tạp loại P

## 1.4. Tiếp xúc p-n:

Cho 1 p bán d n p, n tỉ p xúc nhau, ta có tỉ p xúc p-n.

#### 1.4.1. Nguyên lý làm vi c:

##### 1.4.1.1. Khi tỉ p xúc p-n ch a c phân c c:

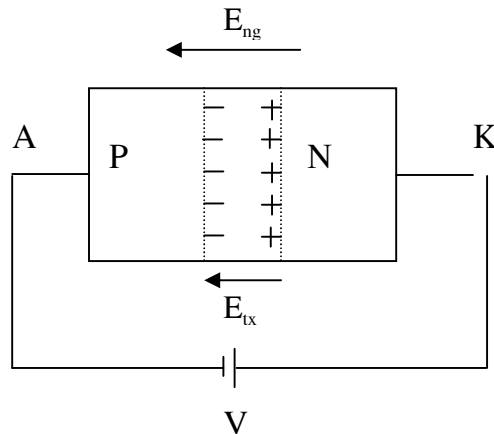


Do có s chênh l ch l n v n ng ( $n_n \gg n_p$ ,  $p_p \gg p_n$ ) nên có hi n t ng khu ch tán các h t đ n a s qua n i tỉ p xúc, t o nên dòng khu ch tán  $I_{kt}$  h ng t m i n P sang m i n N.

T i vùng lân c n hai bên m t tỉ p xúc xu t hi n i n tr ng n i  $E_{tx}$  h ng t vùng N sang vùng P (do ion t p ch t t o ra). Nó c n tr chuy n ng c a dòng khu ch tán và gây ra dòng trôi  $I_{tr}$  c a các h t thi u s có chi u t N sang P qua m t tỉ p xúc làm  $I_{tr}$  t ng,  $I_{kt}$  gi m.

Quá trình này tỉ p đi n cho n khi t n tr ng thái cân b ng ng. Lúc ó  $I_{kt} = I_{tr}$ , dòng qua tỉ p xúc b ng 0, hi u th tỉ p xúc là 0.1V i v i Ge và 0.4 V i v i Si

##### 1.4.1.2. Khi tỉ p xúc p-n c phân c c ngh ch :



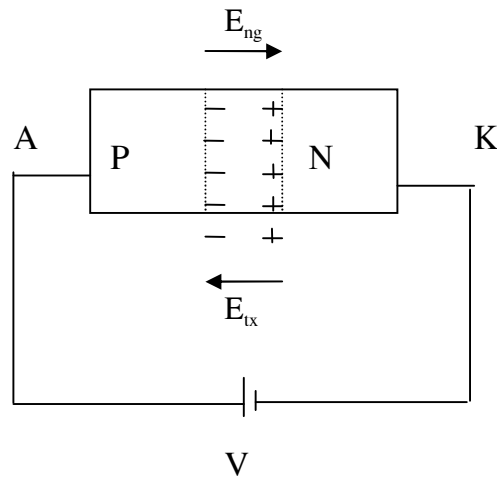
Hình 1.5. Tỉ p xúc p-n b phân c c ngh ch

i n tr ng n i cùng chi u v i i n tr ng ngoài nên t ng i n tr ng t i vùng tỉ p xúc t ng làm cho vùng tỉ p xúc m r ng ra, dòng khu ch tán gi m v 0,

dòng trôi do  $E_{tx}$  gây ra t ng n m t giá tr g i là dòng ng c bão hoà  $I_S$ . Dòng này r t nh .

V y khi phân c c ngh ch ti p xúc thì không có dòng ch y qua (xem dòng bão hoà ng c b ng không).

#### 1.4.1.3. Khi ti p xúc c phân c c thu n :



Hình 1.6. Ti p xúc p-n c phân c c ngh ch

i n tr ng n i ng c chi u v i i n tr ng ngoài nên t ng i n tr ng t i vùng ti p xúc g i m làm cho vùng ti p xúc b thu h p l i, các h t a s d dàng di chuy n qua vùng ti p xúc này, dòng khu ch tán có chi u t A n K t ng m nh, dòng trôi do  $E_{tx}$  gây ra không áng k .

V y khi phân c c thu n ti p xúc thì có dòng ch y qua ti p xúc p-n, nó quan h v i i n áp g i a hai u ti p xúc nh sau:

$$i_D = I_S \left( e^{\frac{q}{kT} v_D} - 1 \right) = I_S \left( e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1 \right)$$

Trong ó:

$v_D$ : i n áp hai u ti p xúc.

$I_S$ : dòng bão hoà ng c.

$k$ : h ng s Boltzman

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ .

$q$ : i n tích c a h t d n,  $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$V_T$ : th nhi t

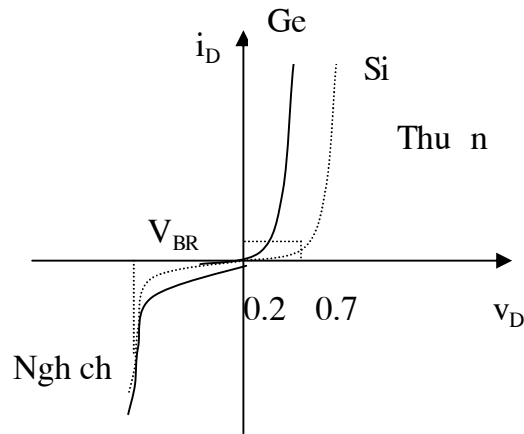
nhi t phòng  $V_T = 25,5 \text{ mV}$ .

#### 1.4.1.4. Kết luận:

Tiếp xúc p-n chỉ cho dòng điện chảy qua theo một chiều từ p đến n. Đó chính là tính chất chỉnh lưu của tiếp xúc p-n.

### 1.5. Đặc tuyến V-A

Đặc tuyến V-A của tiếp xúc p-n mô tả mối quan hệ giữa dòng và điện áp trên hai đầu tiếp xúc.



Hình 1.7. Đặc tuyến V-A của tiếp xúc p-n.

$V_{BR}$ : điện thế đánh thủng là điện áp ngược tối đa mà tiếp xúc p-n có thể chịu được khi phân cực ngược mà không bị hỏng. Lúc này, tiếp xúc p-n dẫn điện theo chiều nghịch.

### 1.6. Hiện tượng ánh sáng:

Khi điện áp ngược lớn, dòng lớn làm các e va chạm vào các e khác làm tăng số electron dòng điện ngược lại, nghĩa là tiếp xúc p-n dẫn điện theo chiều nghịch, phá vỡ tính chỉnh lưu của nó, gọi là hiện tượng ánh sáng.

Nguyên nhân ánh sáng có thể do ion hóa do nhiệt, vì vậy có ba loại ánh sáng khác nhau: ánh sáng vùng i, ánh sáng vùng n, và ánh sáng vùng nh-i.

Trong đó ánh sáng vùng n do sự tích tụ nhiệt trong vùng nghèo. Khi có điện áp ngược lớn, dòng điện ngược tăng làm nóng chất bán dẫn, khi nhiệt độ tăng thì suất phát xạ và dòng điện ngược tăng. Quá trình này làm cho nhiệt độ vùng nghèo và dòng ngược tăng nhanh, dẫn tới ánh sáng.