

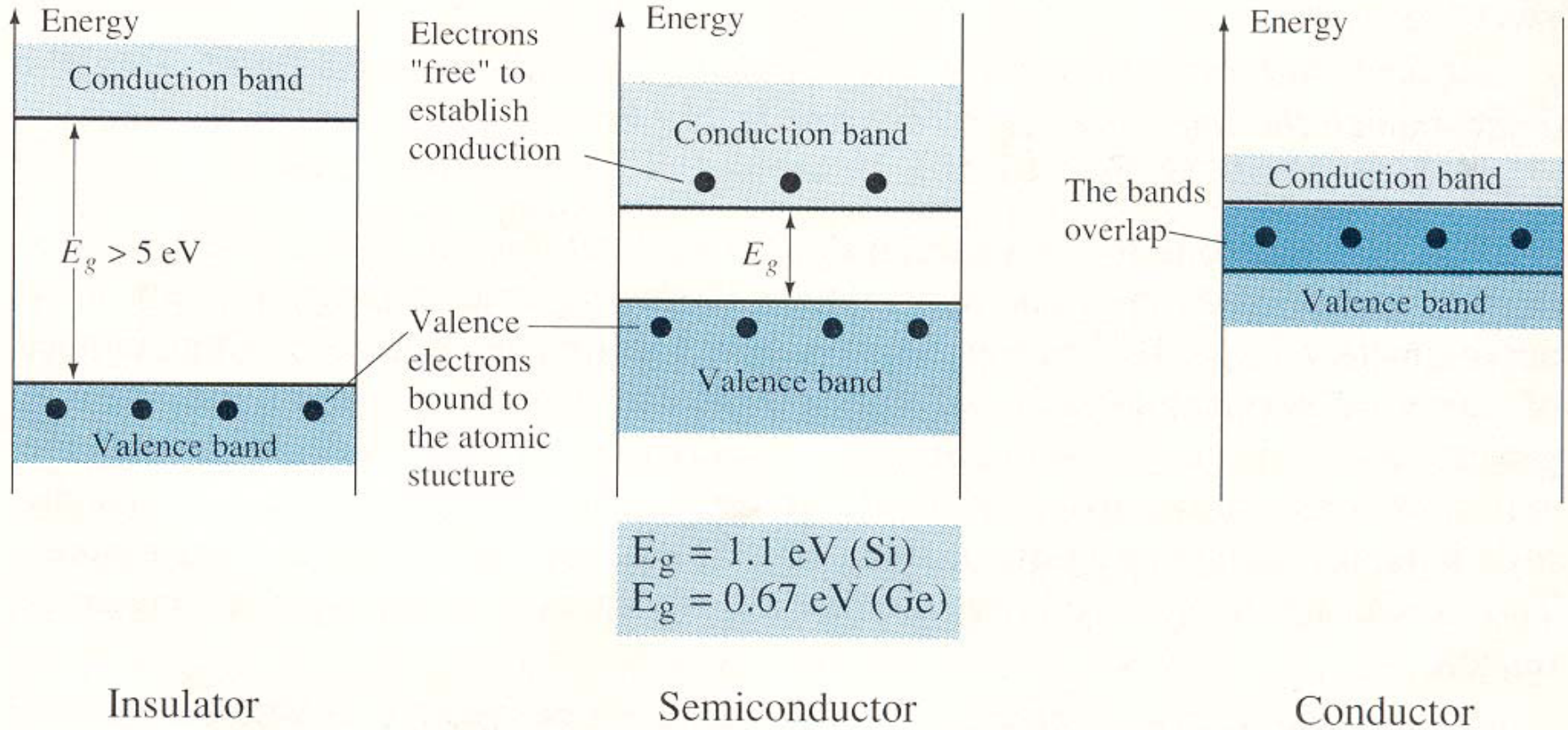
**BỘ GIÁO DỤC VÀO ĐÀO TẠO**  
**ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM**



**KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ**  
**Bộ Môn Cơ Sở Kỹ Thuật Điện**

# *Chương 1:* **VẬT LIỆU BÁN DẪN**

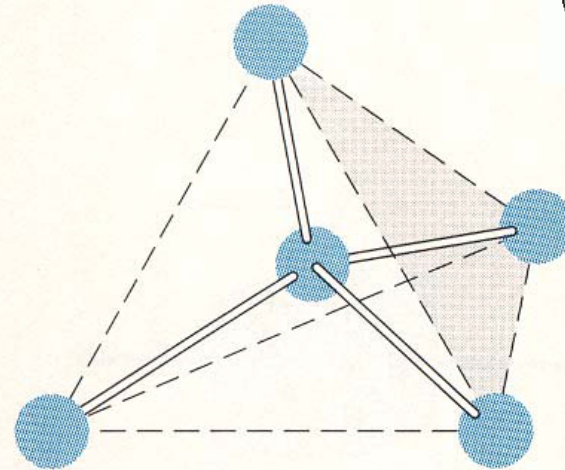
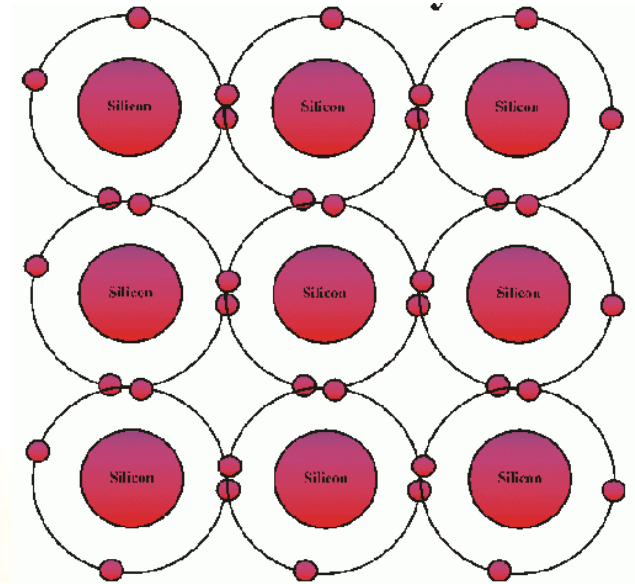
# Giới thiệu



# 1.1. Phân loại

## Chất bán dẫn thuần (Semiconductor)

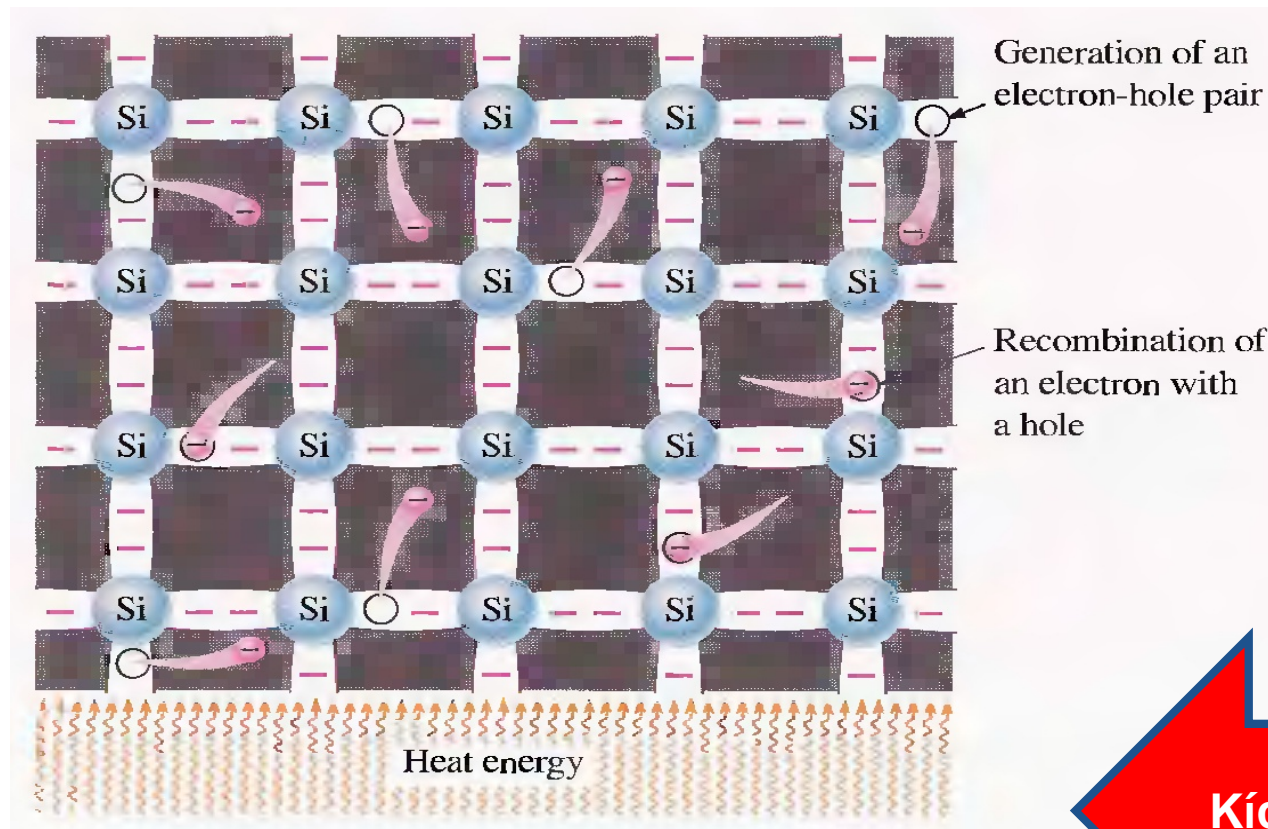
- Cấu tạo từ nguyên tố hoá trị 4  
Si: Silicon  
Ge: germanium
- Không pha tạp chất
- Không dẫn điện ở  $0^{\circ}\text{K}$  ( $-273^{\circ}\text{C}$ )
- Khi bị kích thích sẽ tạo ra:  
số điện tử  $n$  = số lỗ trống  $p$



# 1.1. Phân loại

## Chất bán dẫn thuần (Semiconductor)

Khi bị kích thích (gia tăng nhiệt độ)



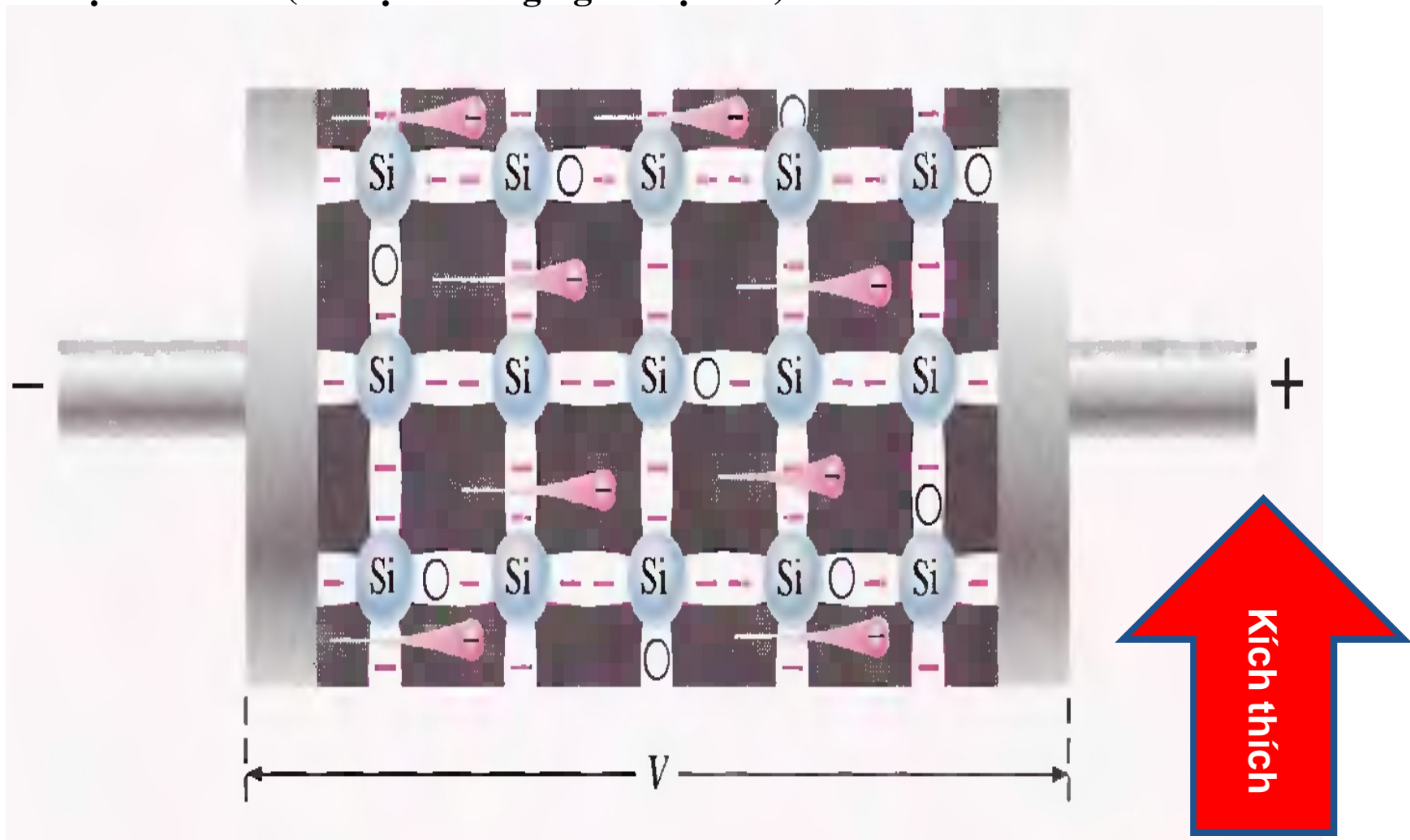
**Kích thích**

Nồng độ hạt dẫn điện tử = Nồng độ lỗ trống  $n = p$

# 1.1.3. Phân loại

## Chất bán dẫn thuần (Semiconductor)

Khi bị kích thích (có điện trường ngoài đặt vào)





# 1.1. Phân loại

## Chất bán dẫn pha tạp chất

### Chất bán dẫn loại N (Negative)

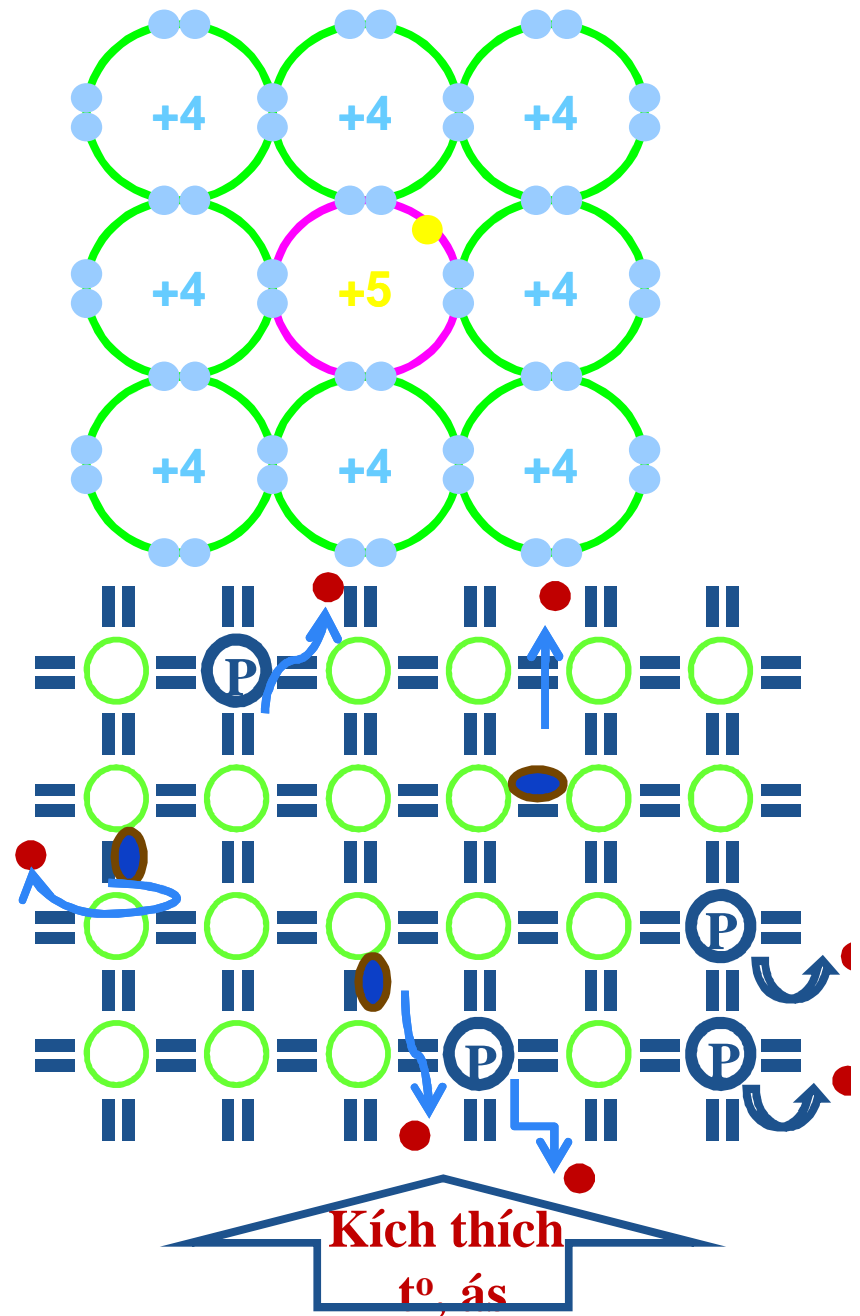
Là chất BD thuần + ngổ hoá trị 5 (tạp chất)  
Khi có tác nhân kích thích:

Tạp chất mất điện tử  $\rightarrow$  ion dương  
Tạp chất  $\rightarrow$  chất cho (donor)

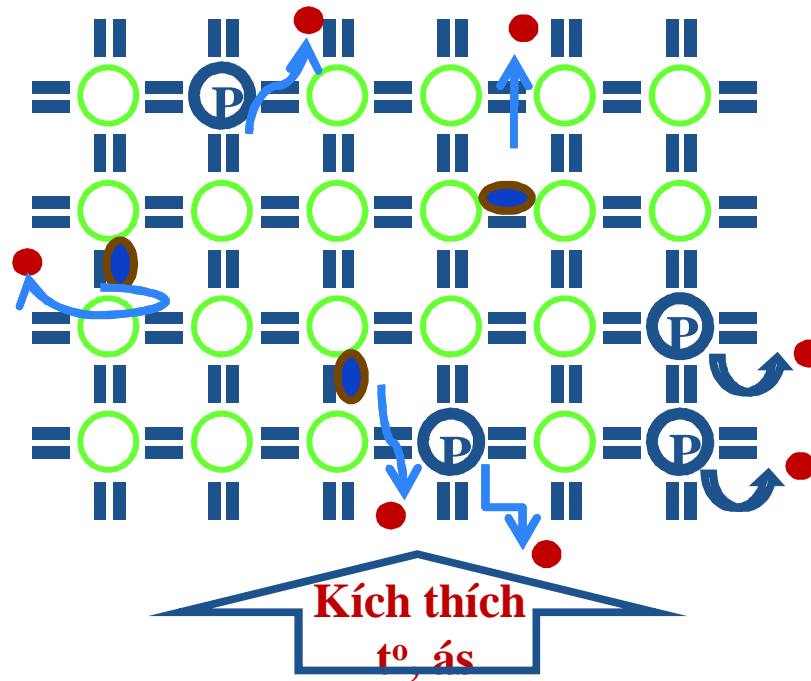
$$n_N \gg p_N$$

Hạt tải đa số

Hạt tải thiểu số



## 1.1. Phân loại



Gọi  $N_D$  là nồng độ tạp chất hoá trị 5 được pha vào

Khi có kích thích thì sẽ sinh ra:

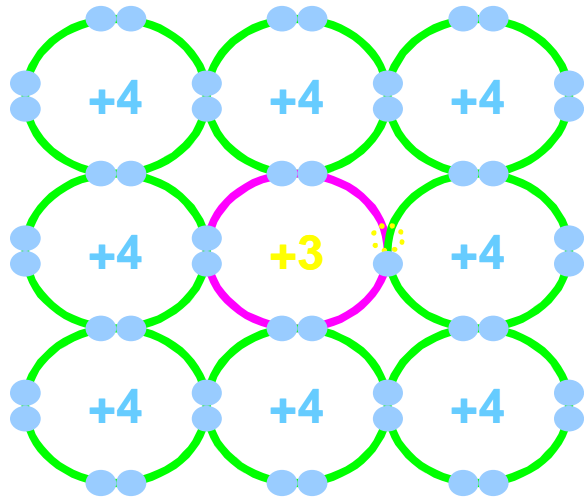
$N_D$  electron (electron thứ 5 của tạp chất) và  $n$  electron của liên kết cộng hoá trị)

p lỗ trống của liên kết cộng hoá trị ( $n = p$ )

Nếu nồng độ tạp chất rất nhiều thì  $N_D \gg n$

Vậy:

$$\mathbf{n}_N = \mathbf{n} + \mathbf{N}_D \approx \mathbf{N}_D \gg \mathbf{p} = \mathbf{p}_N$$



# 1.1. Phân loại

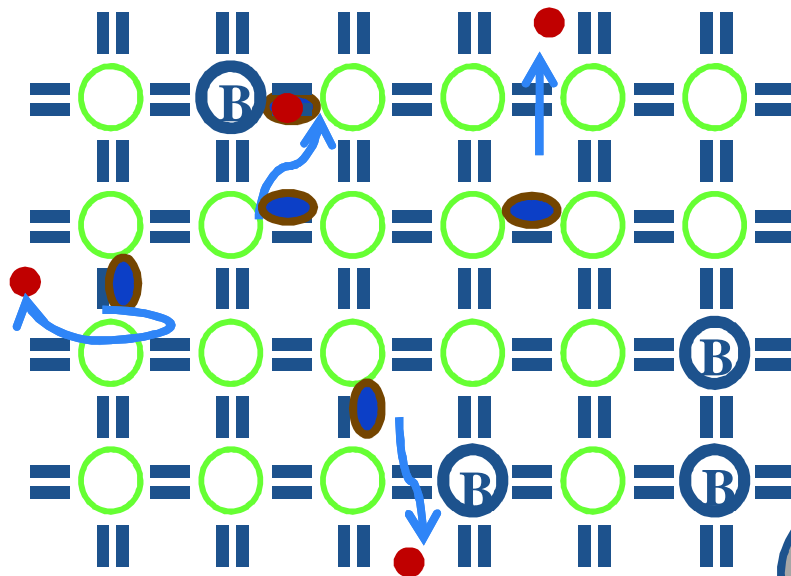
## Chất bán dẫn pha tạp chất

### Chất bán dẫn loại P (Positive)

Chất BD thuần + ng tố hoá trị 3 (tạp chất)  
 Khi có tác nhân kích thích:

Tạp chất nhận điện tử  $\rightarrow$  ion âm  
 Tạp chất  $\rightarrow$  chất nhận (acceptor)

$$p_p \gg n_p$$



**Kích thích**

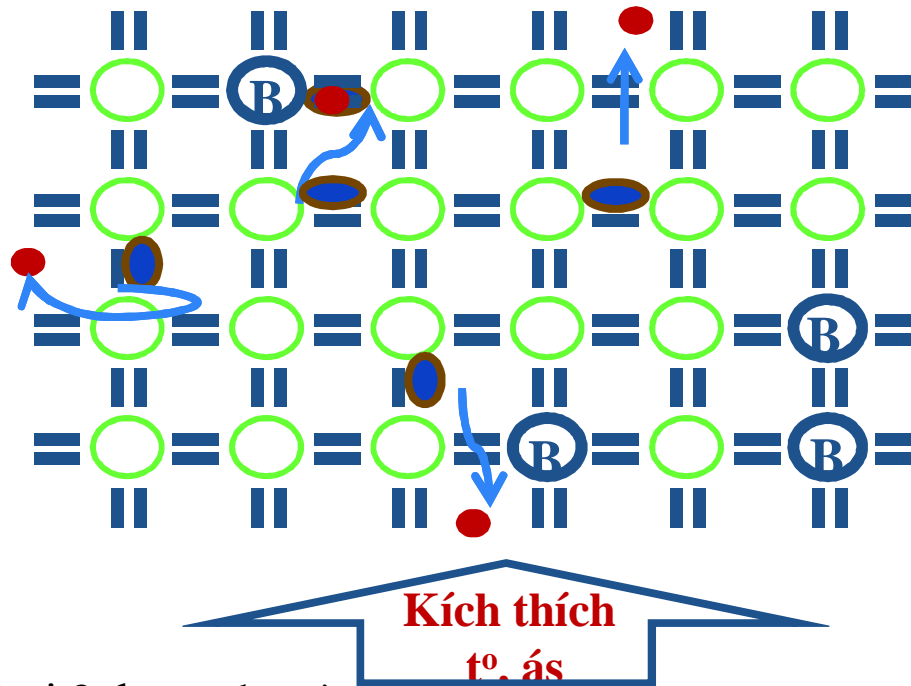
$t^0$ , á s

Hạt tải đa số

Hạt tải thiểu số



# 1.1. Phân loại



Gọi  $N_A$  là nồng độ tạp chất hoá trị 3 được pha vào

Khi có kích thích thì sẽ sinh ra:

$N_A$  lỗ trống (lỗ trống ko có electron của tạp chất) và  $p$  lỗ trống của liên kết cộng hoá trị  
 $n$  electron của liên kết cộng hoá trị ( $n = p$ )

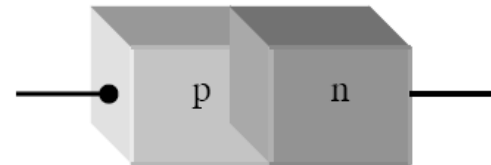
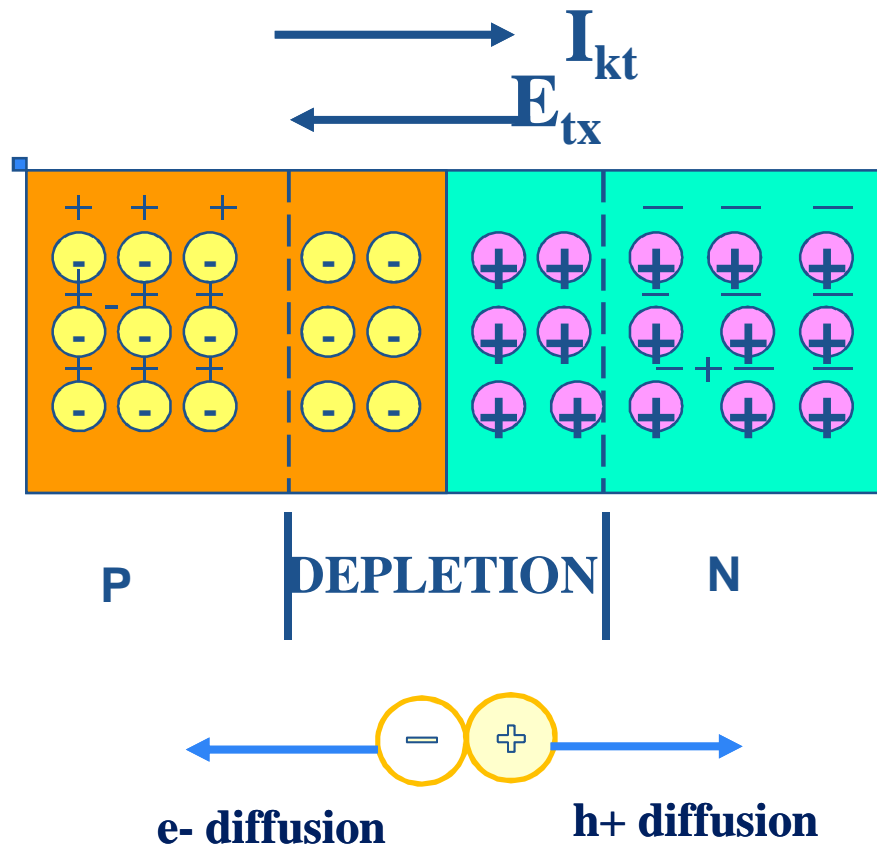
Nếu nồng độ tạp chất rất nhiều thì  $N_A \gg p$

Vậy:

$$p_P = p + N_A \approx N_A \gg n = n_P$$

# 1.2.Chuyển tiếp P-N (pn Junction)

## 1.2.1 Khi chưa có điện trường ngoài



:Ion dương  
 :Ion âm

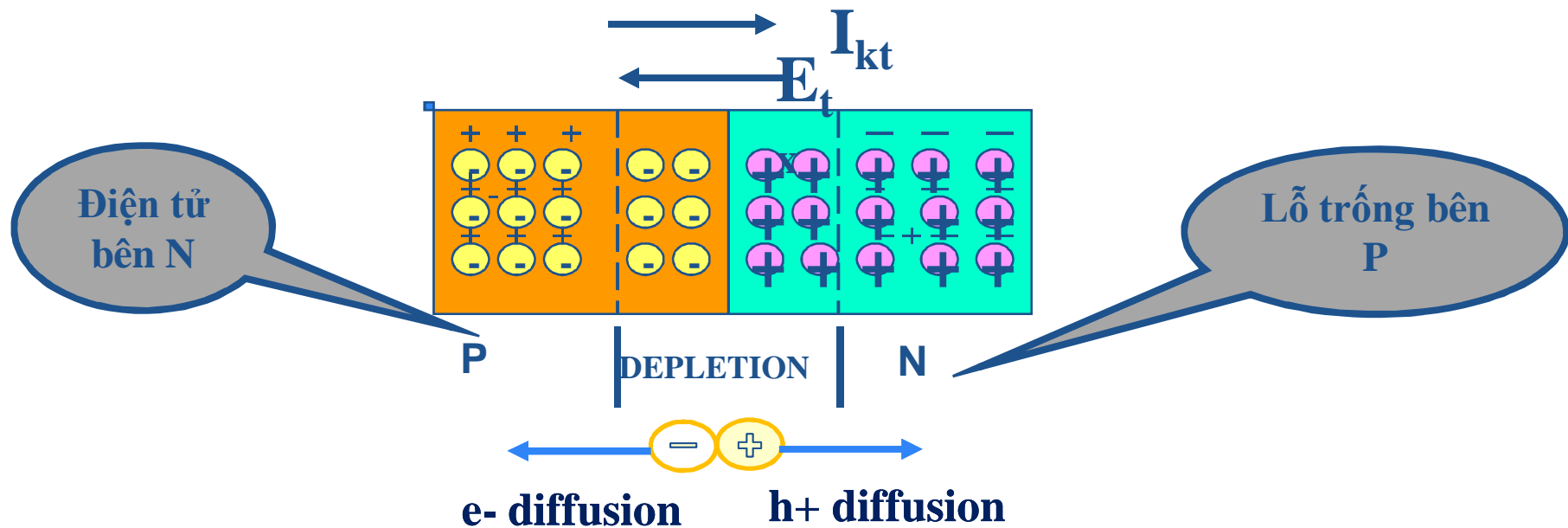
:Electron (e-)  
 :Lỗ trống (hole , h+)

**Depletion:** Vùng nghèo  
**Diffusion:** Chuyển động khuếch tán, chuyển động của hạt dẫn đa số khi có sự chênh lệch nồng độ

$E_{tx}$ : điện trường tiếp xúc  
 $I_{kt}$ : chuyển động khuếch tán

## 1.2.Chuyển tiếp P-N (pn Junction)

### 1.2.1 Khi chưa có điện trường ngoài

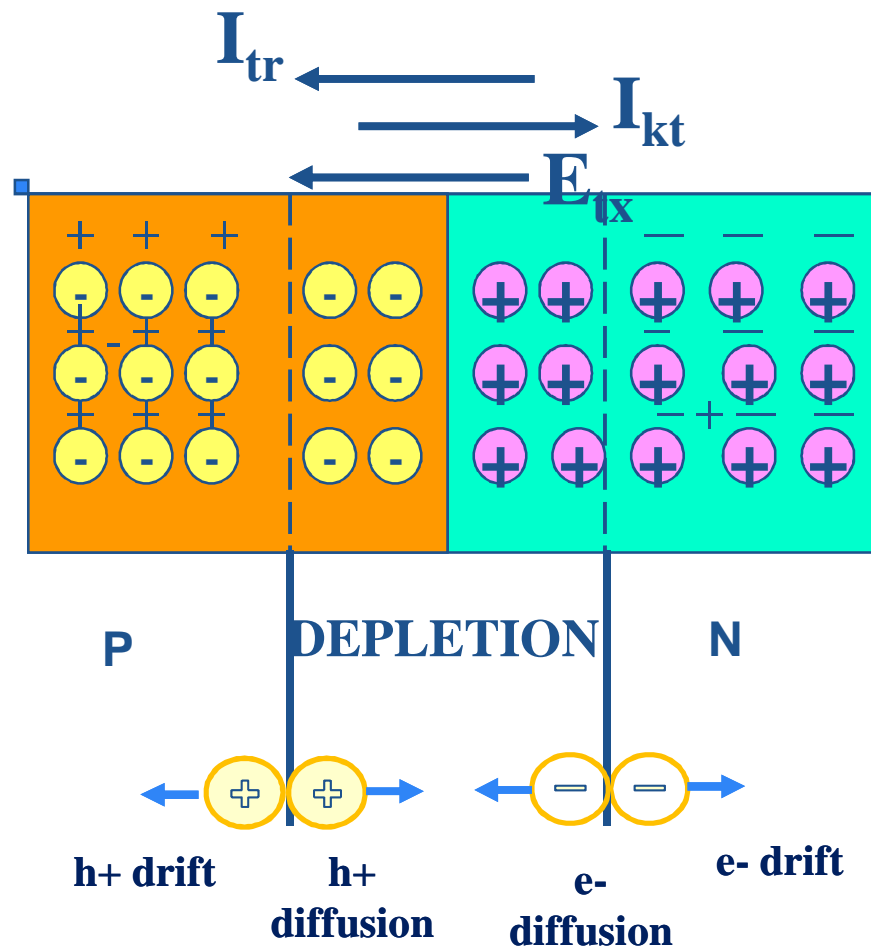


### e- và h+ chuyển động khuếch tán

- Sự tái hợp gần vùng tiếp giáp → vùng nghèo (rất ít hạt dẫn, chỉ có các ion cố định, không linh động, không có khả năng dẫn điện)
- Dòng điện khuếch tán  $I_{kt}$  từ P sang N (dòng của hạt tải đa số)
- Sự phân bố ion trong miền nghèo → vùng điện tích dương, âm phân biệt → điện trường tiếp xúc  $E_{tx}$  từ N sang P → rào thế  $V_{\gamma}$  cản trở sự khuếch tán của hạt dẫn qua lại giữa 2 phiên bán dẫn

## 1.2.Chuyển tiếp P-N (pn Junction)

### 1.2.1 Khi chưa có điện trường ngoài

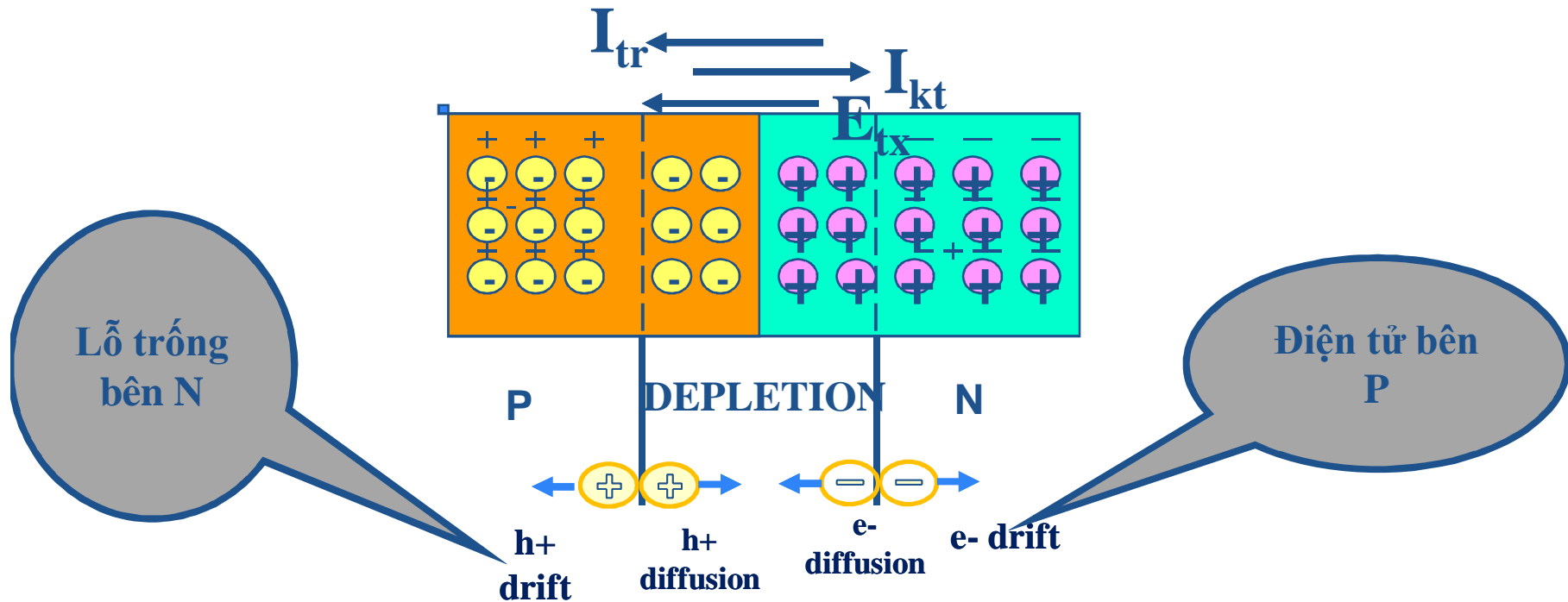


**Drift:** chuyển động trôi của hạt dẫn, sinh ra do có tác động của điện trường.

**$I_{tr}$ :** dòng điện sinh ra do chuyển động trôi của hạt dẫn (dòng của hạt tải thiểu số).

## 1.2.Chuyển tiếp P-N (pn Junction)

### 1.2.1 Khi chưa có điện trường ngoài



Điện trường  $E_{tx}$  hút e- bên P về cực dương của điện trường  
hút h+ bên N về cực âm của điện trường  
→ Dòng điện trôi  $I_{tr}$  từ N sang P (dòng của hạt tải thiểu số)

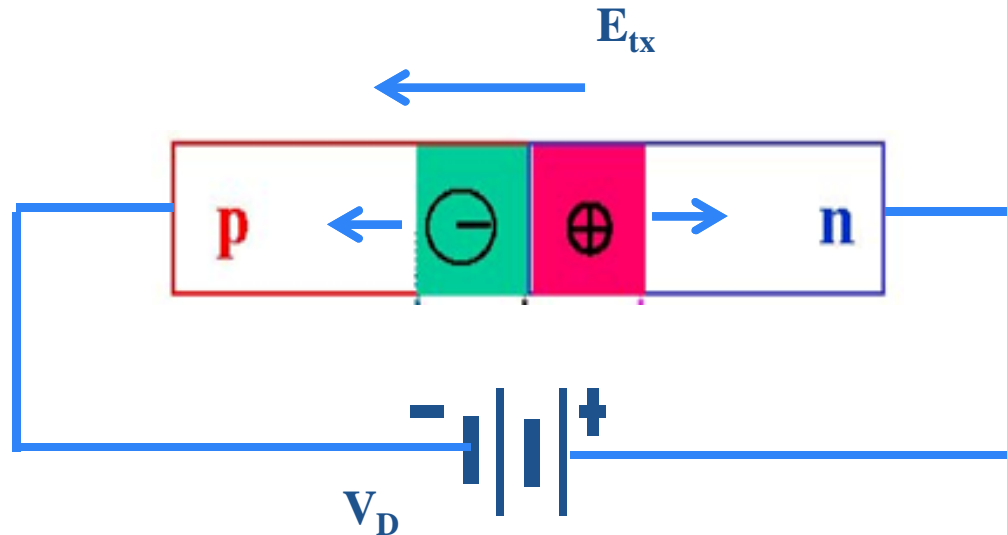
Khi chưa có điện trường ngoài đặt vào thì  $I_{tr} = I_{kt}$

Tổng dòng điện qua tiếp giáp

$$I_{PN} = I_{kt} - I_{tr} = 0 \text{ (Cân bằng động)}$$

## 1.2.Chuyển tiếp P-N (pn Junction)

### 1.2.2. Khi phân cực ngược ( $V_N > V_P$ )



$V_D$  cùng chiều  $E_{tx} \rightarrow$  điện trường trong miền nghèo tăng  $\rightarrow$  rào thế tăng đạt giá trị  $V_\gamma + V_D \rightarrow$  miền nghèo mở rộng

$\rightarrow$  Dòng  $I_{kt} \downarrow \rightarrow 0$

$\rightarrow$  Dòng  $I_{tr} \uparrow \rightarrow I_s$  (dòng bão hoà ngược, dòng hạt tải thiểu số)

$\rightarrow$  Dòng qua tiếp giáp  $I_{PN} = I_{kt} - I_{tr} = -I_s \approx 0$

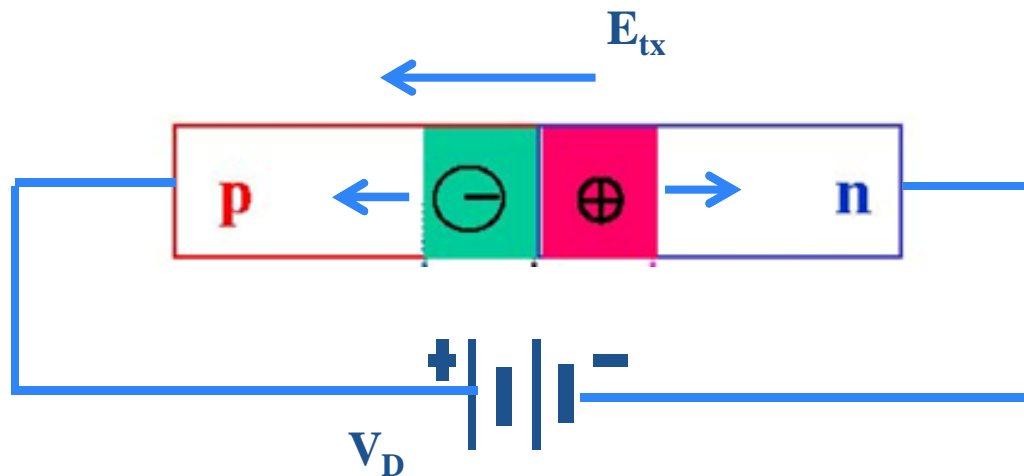


## 1.2.Chuyển tiếp P-N (pn Junction)

### 1.2.2. Khi phân cực ngược ( $V_N > V_P$ )



### 1.2.3. Khi phân cực thuận ( $V_N < V_P$ )



$V_D$  ngược chiều  $E_{tx}$  → điện trường trong miền nghèo giảm → rào thế giảm đạt giá trị  $V_\gamma$  -  $V_D$  → miền nghèo thu hẹp. Khi  $V_D$  đạt giá trị bằng  $V_\gamma$  → rào thế = 0 → có dòng hạt tải đa số từ P sang N

→ Dòng qua tiếp giáp

$$I = I_{diffusion} - I_{drift} = I_S \left( e^{V_D / \eta V_T} - 1 \right)$$

$I_S$  = dòng điện bão hòa .

$\eta$ : hằng số phụ thuộc vào vật liệu:  $1 \leq \eta \leq 2$

$V_T$ : là hiệu điện thế nhiệt.

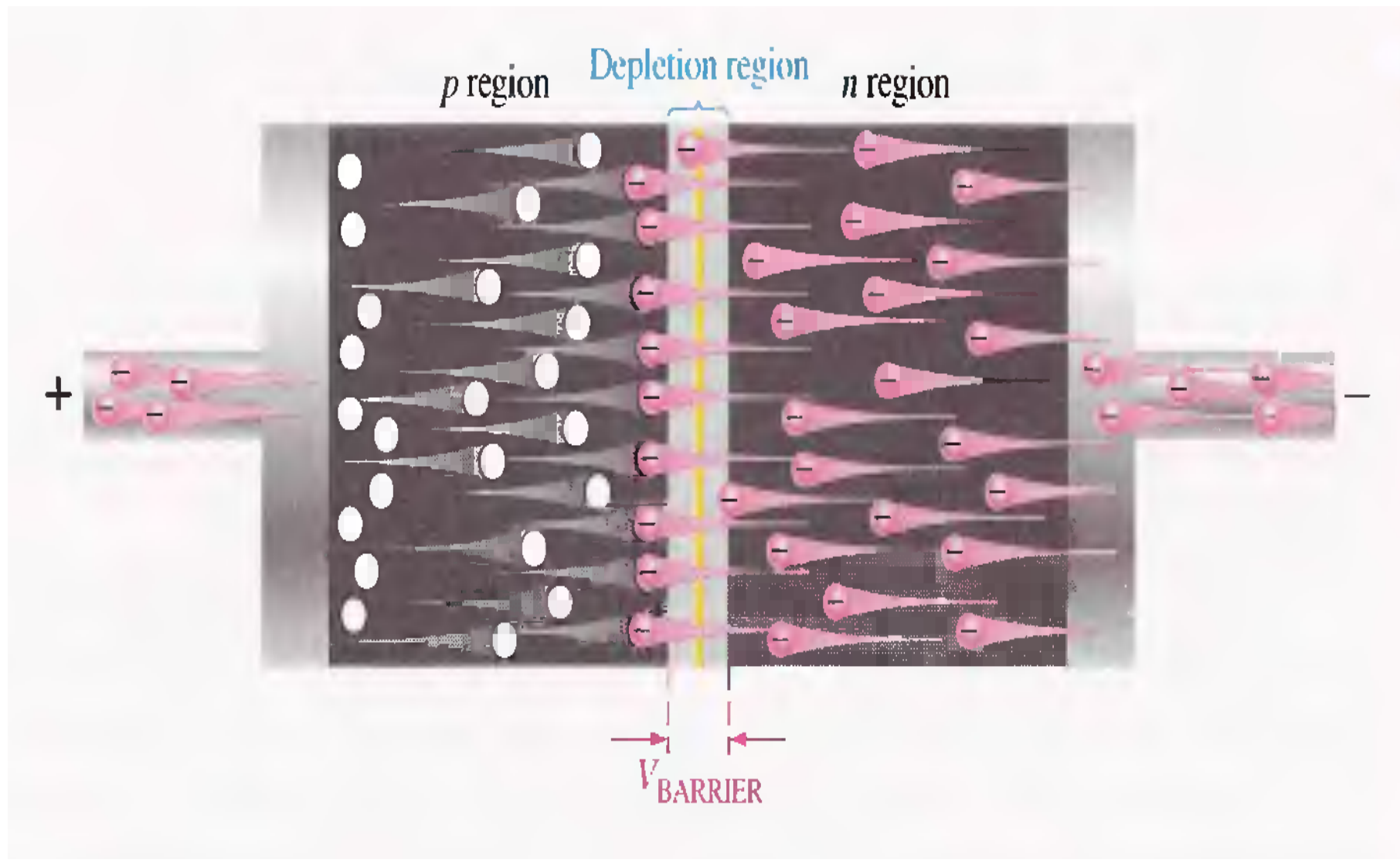
$$V_T = \frac{kT_k}{q}$$

$T_k$ : nhiệt độ Kelvin  $T_k = T_c + 273$

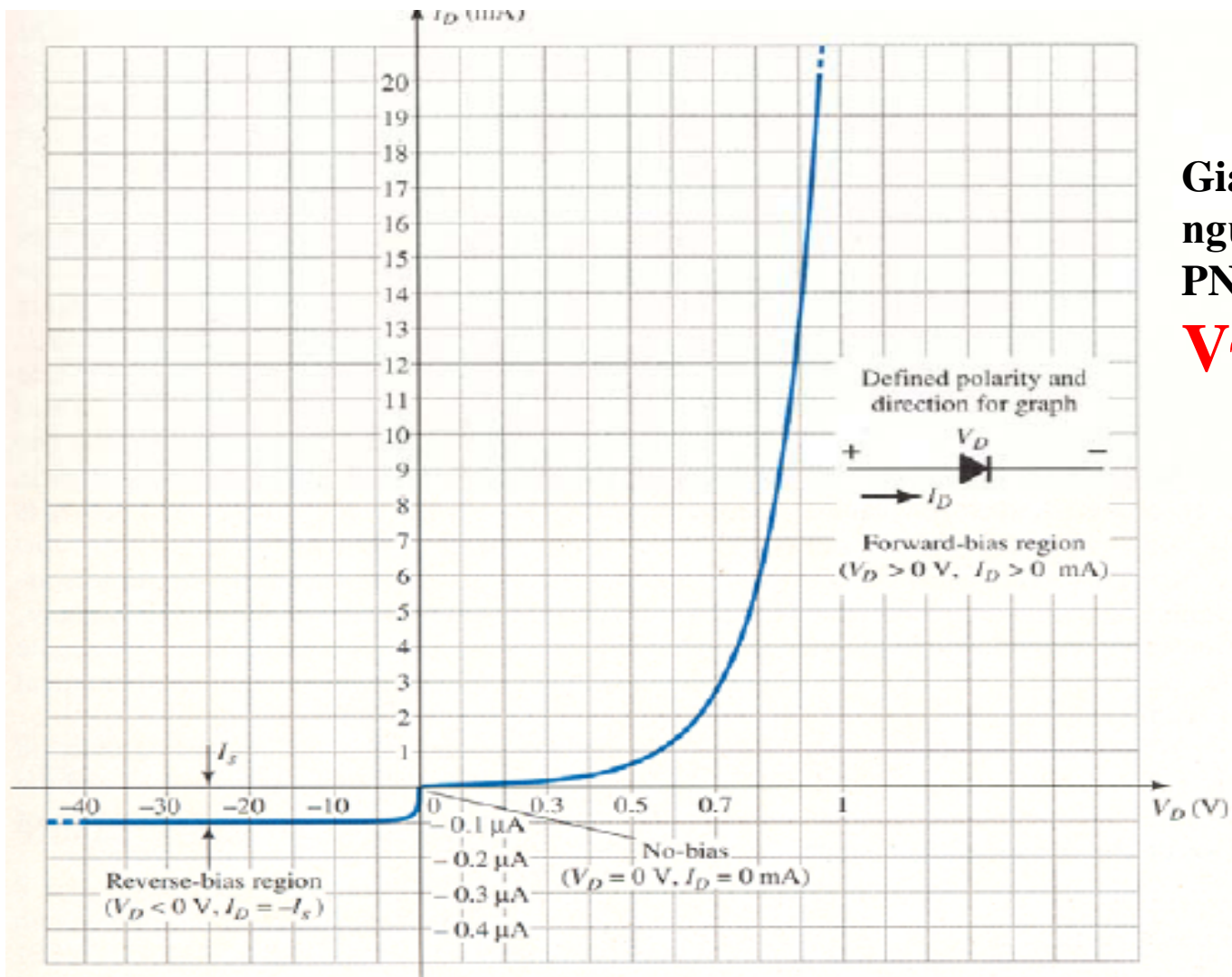
$q$ : điện tích.  $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$k$ : hằng số Boltzman.  $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J}^\circ\text{K}$

### 1.2.3. Khi phân cực thuận ( $V_N < V_P$ )



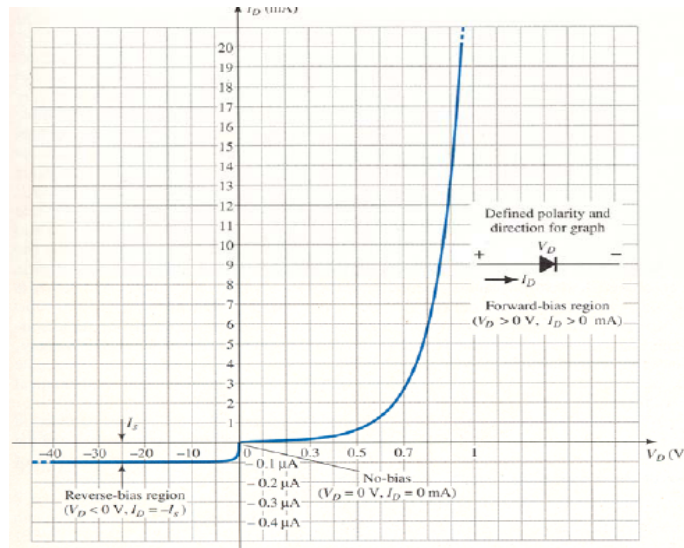
# Đặc tuyến Volt-Ampere



Giá trị rào thế (Điện áp ngưỡng dẫn của tiếp giáp PN)

$$V_\gamma = 0.3\text{V (Ge)} \\ = 0.7\text{V (Si)}$$

# Kết luận



Tiếp giáp PN được phân cực với điện áp  $V_D$

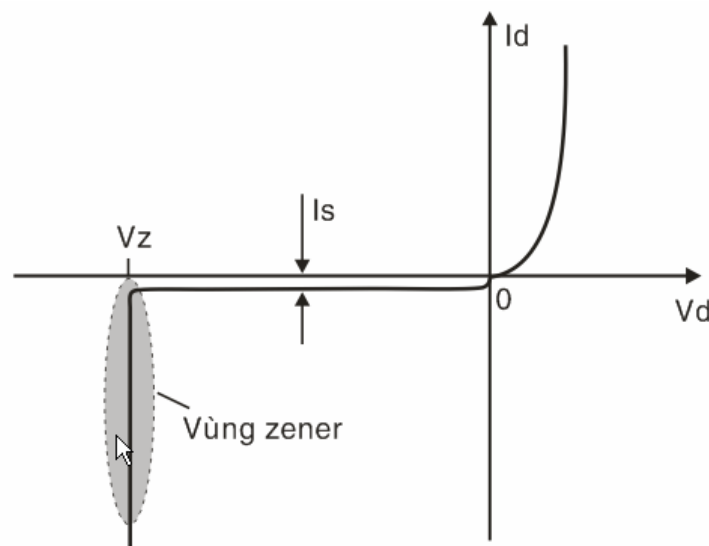
$V_D < V_\gamma$ : Tiếp giáp ko dẫn điện  $I_{PN} = 0$

$V_D \geq V_\gamma$ : Tiếp giáp dẫn điện

Tiếp giáp dẫn điện theo một chiều từ P sang N  
(Đặc tính van của tiếp giáp)

$$I_{PN} = I_S \left( e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

## 1.2.4 Đánh thủng tiếp giáp



**Đánh thủng là phá huỷ đặc tính van của tiếp giáp. Tiếp giáp dẫn điện hai chiều.**

**Đánh thủng thác lũ:** do các hạt thiểu số tăng tốc theo điện áp gây ion hóa các nguyên tử qua va chạm → dòng thác lũ

**Đánh thủng xuyên hầm:** Khi mật độ tạp chất trong bán dẫn tăng →  $E_{TX}$  lớn gây ra hiệu ứng xuyên hầm lôi kéo các  $e^-$  trong vùng hóa trị của lớp P vượt qua  $E_{tx}$  chảy sang lớp N

**Đánh thủng nhiệt:** xảy ra do tích lũy nhiệt trong vùng tiếp xúc vượt quá giới hạn → hư hỏng vĩnh viễn tiếp xúc



**Thank You !**