

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**  
**KHOA ĐIỆN**  
**BỘ MÔN: TỰ ĐỘNG HÓA**

**BÀI GIẢNG**

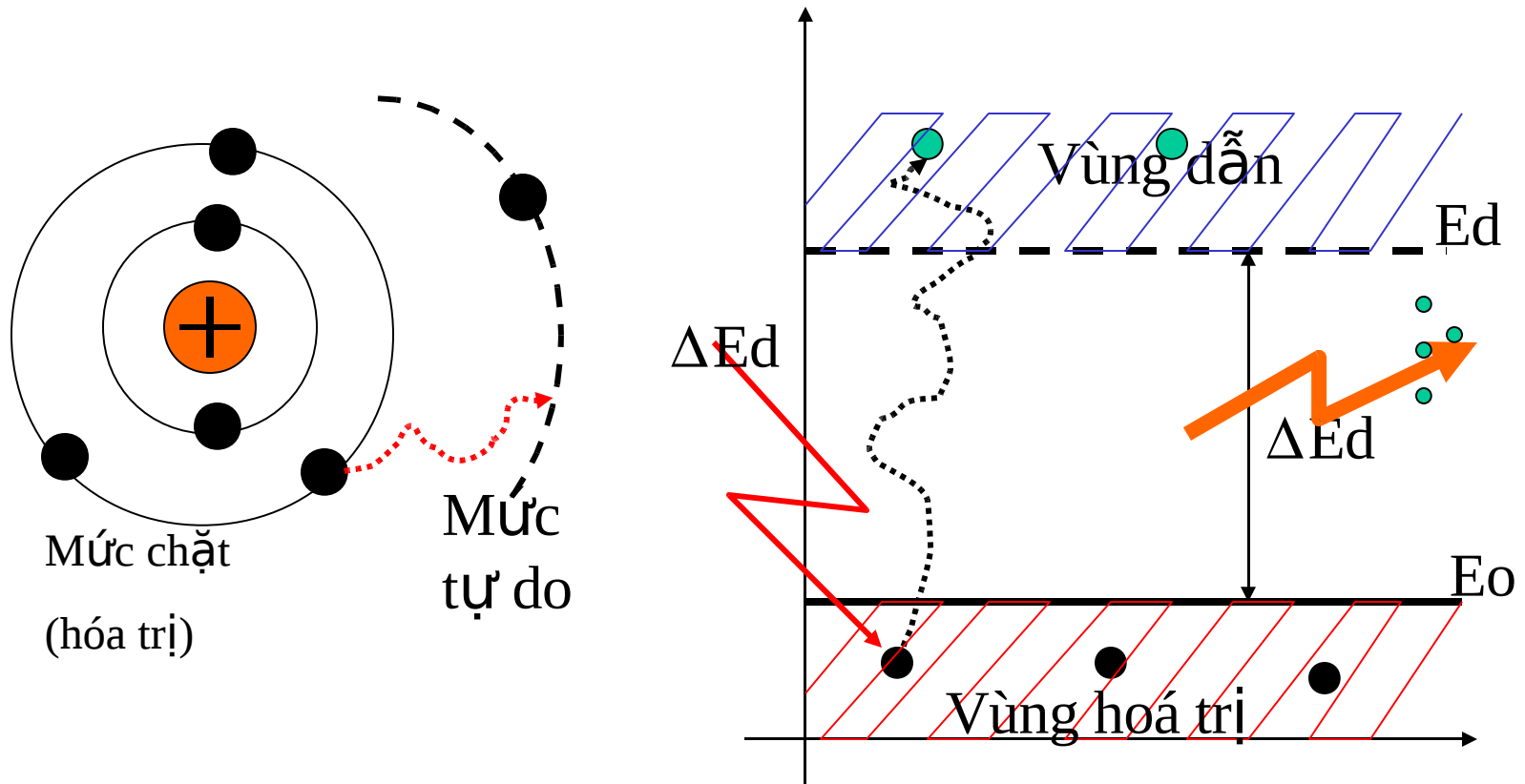
**Điện tử ứng dụng**

**Trong kỹ thuật điều khiển công nghiệp  
và tự động hóa**

**GVC. T.s. Nguyễn Hoàng Mai**  
**nguyenhoangbak**

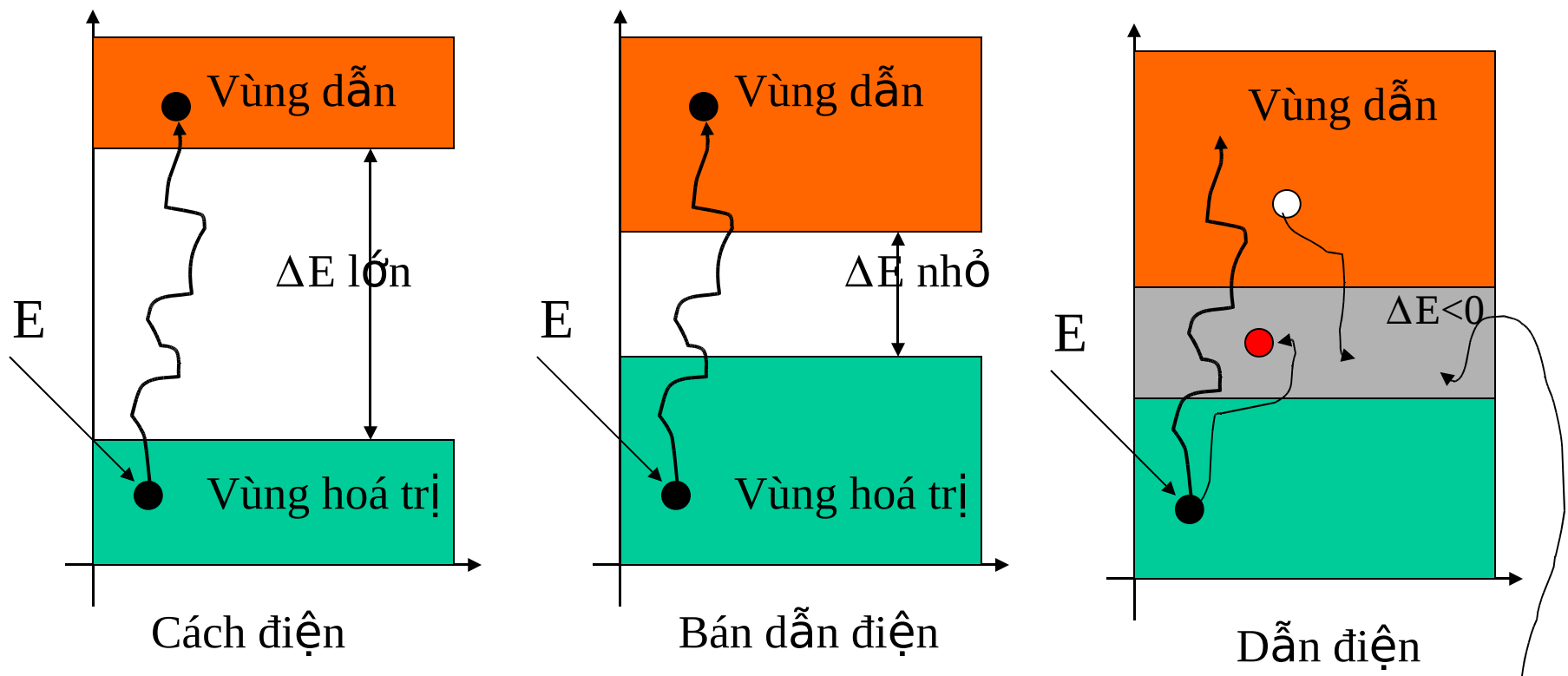
# Chương 1: Dụng cụ bán dẫn

## \$1: Khái niệm chất bán dẫn



- Mức chặt còn gọi là mức hoá trị: năng lượng  $E_0$
- Mức tự do còn gọi là mức dẫn: năng lượng  $E_d$
- Năng lượng kích thích tối thiểu:  $\Delta E_d = E_d - E_0$

# Khái niệm chất bán dẫn



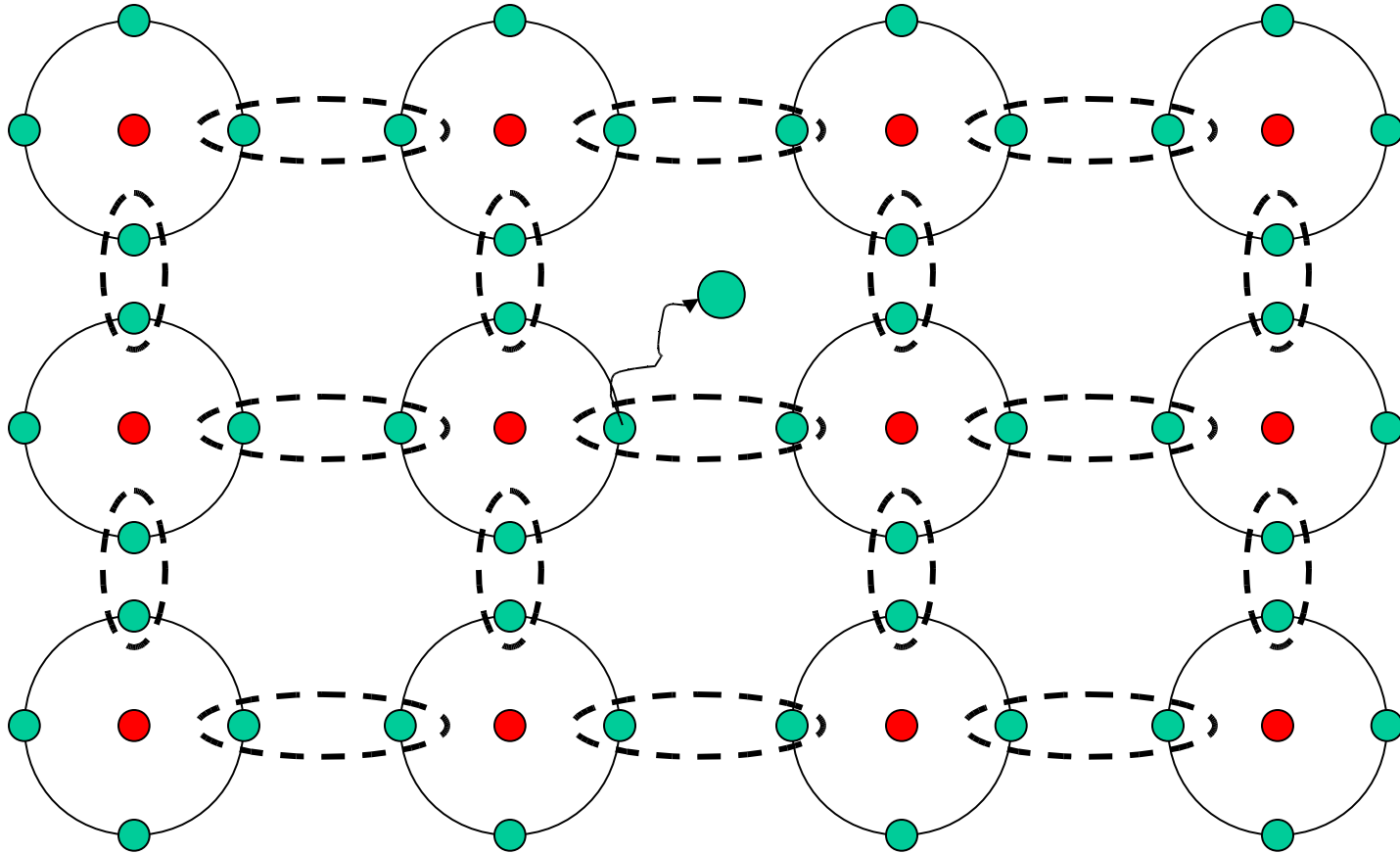
- Độ tinh khiết của chất bán dẫn rất cao 1e+2 :- 1e+4 nguyên tử trong một centimet khối Si hoặc Ge (lưu ý là có khoảng 10<sup>23</sup> nguyên tử Si/centimet khối)

Vùng chung

## Chương 1: Dụng cụ bán dẫn

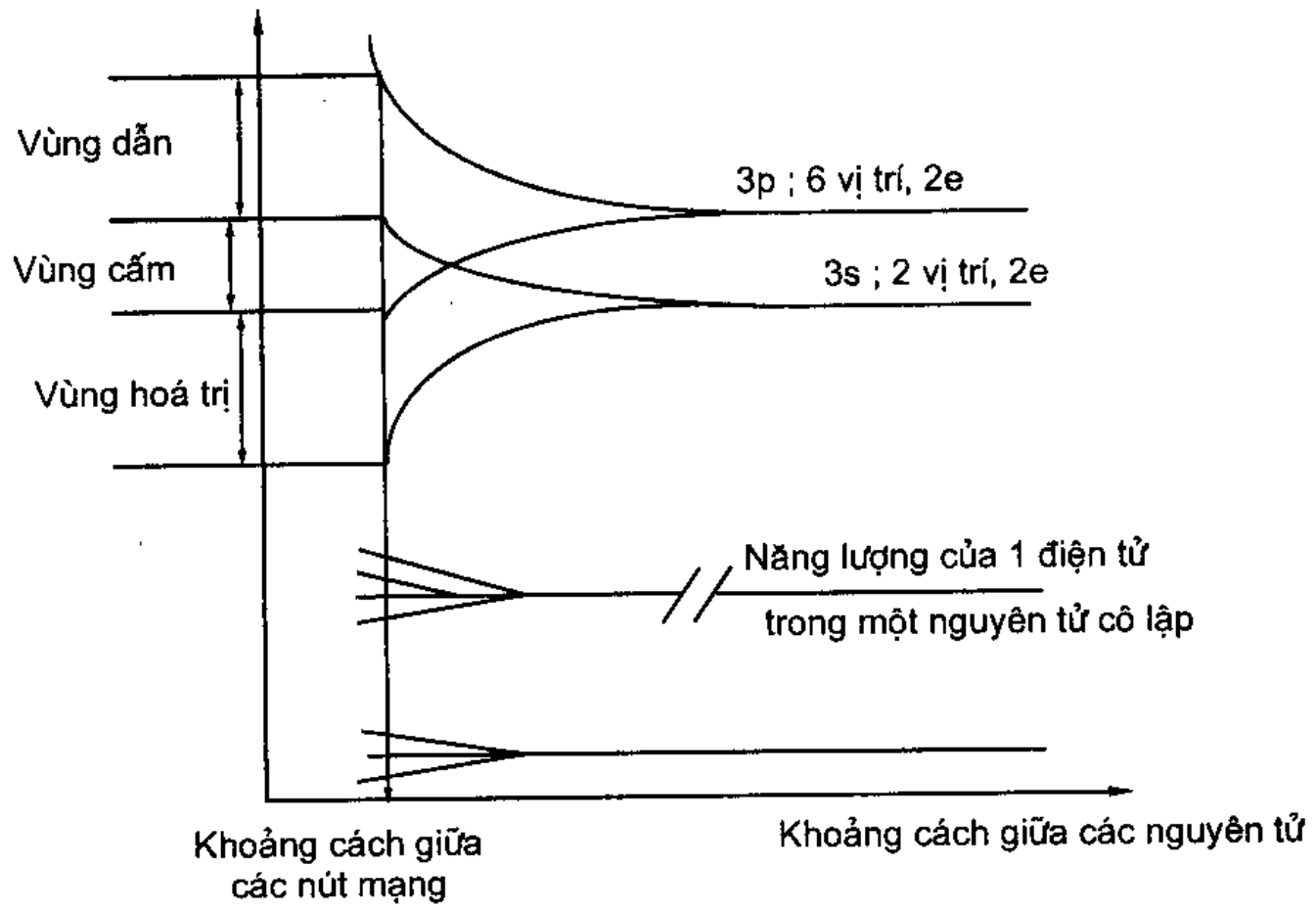
- Đối với các điện tử lớp bên trong, nhiễu loạn do các nguyên tử láng giềng gây ra yếu nên chúng liên kết mạnh với hạt nhân
- Các điện tử lớp ngoài chịu ảnh hưởng lớn của các điện tử láng giềng nên sự tách mức năng lượng xảy ra trên một vùng rộng, gây nên hiện tượng chồng phủ các mức năng lượng lên nhau.
- Với Si, lớp ngoài cùng được tạo thành bởi 2 điện tử p và 2 điện tử s. Khi tinh thể được tạo thành thì các vùng do các mức 3p và 3s tách ra chồng phủ lên nhau, hai điện tử 3s và hai điện tử 3p tạo nên một vùng đầy gọi là vùng hóa trị, bốn vị trí còn lại trên mức 3p nhóm thành một vùng chưa biết gọi là vùng dẫn.

Liên kết mạng Si



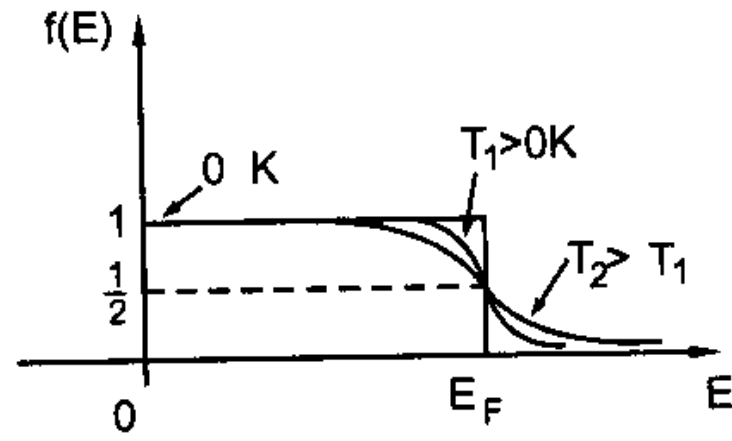
- Liên kết cộng hoá trị được sử dụng trong mạng.
- Nếu có kích thích năng lượng sẽ tạo ra một ion dương và một điện tử tự do
- Số lượng điện tích rất ít nên không ứng dụng được

# Chương 1: Dụng cụ bán dẫn

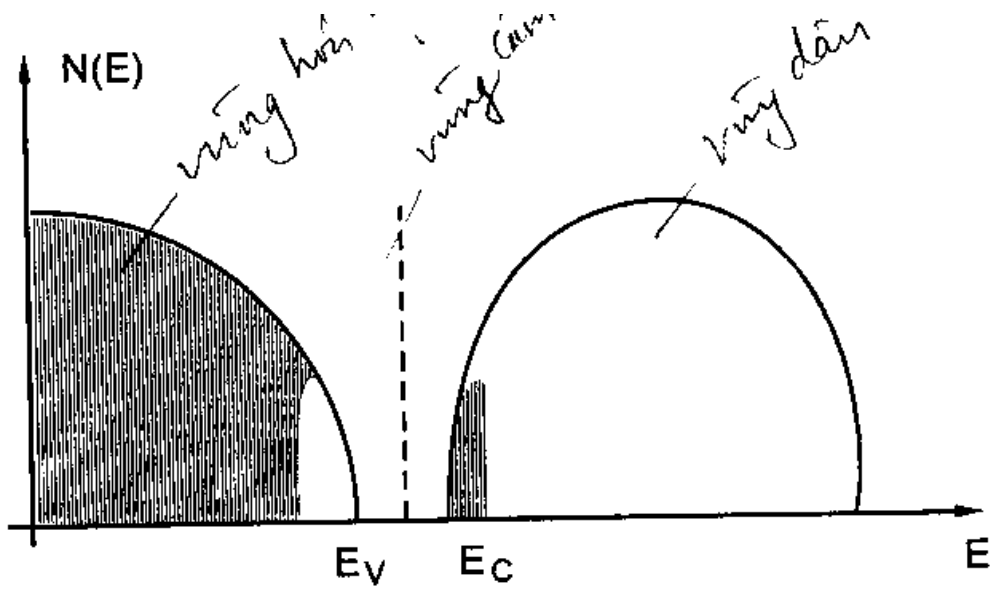


Hình 1.1. Cấu trúc vùng năng lượng của tinh thể silic ở 0K.

Chương 1: Dụng cụ bán dẫn

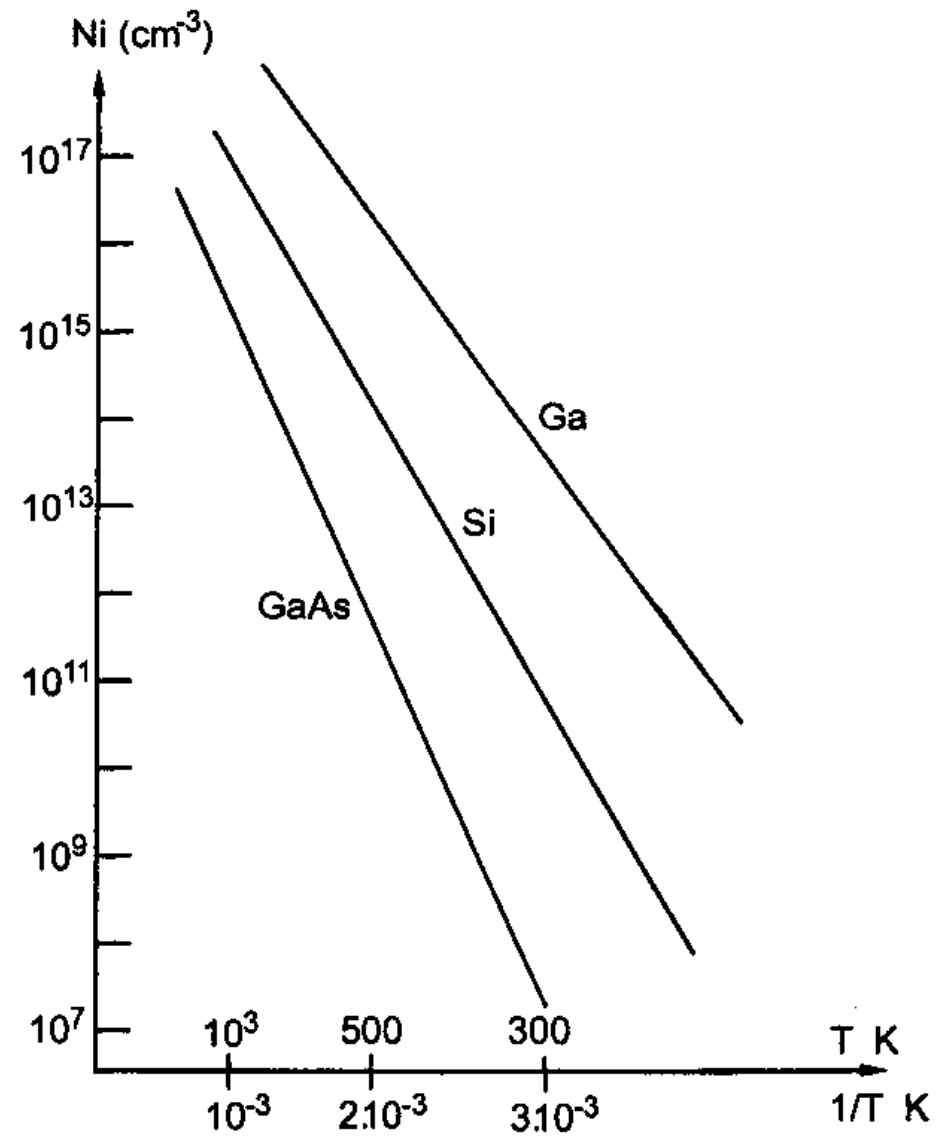


Hình 1.2. Sự phân bố điện tử theo năng lượng.



Hình 1.3. Mật độ các mức năng lượng trong vùng dẫn và vùng hóa trị.

# Chương 1: Dụng cụ bán dẫn



Hình 1.6. Sự thay đổi của  $n_i$  theo nhiệt độ ở một số bán dẫn chủ yếu.



## Chương 1: Dụng cụ bán dẫn

Điện tử phân bố theo thống kê Fermi-Dirac với xác suất chiếm mức năng lượng:

$$f(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_F}{KT}\right)}$$

Trong đó:

$K = 8,63.10^{-5}$  eV/K là hằng số Boltzman

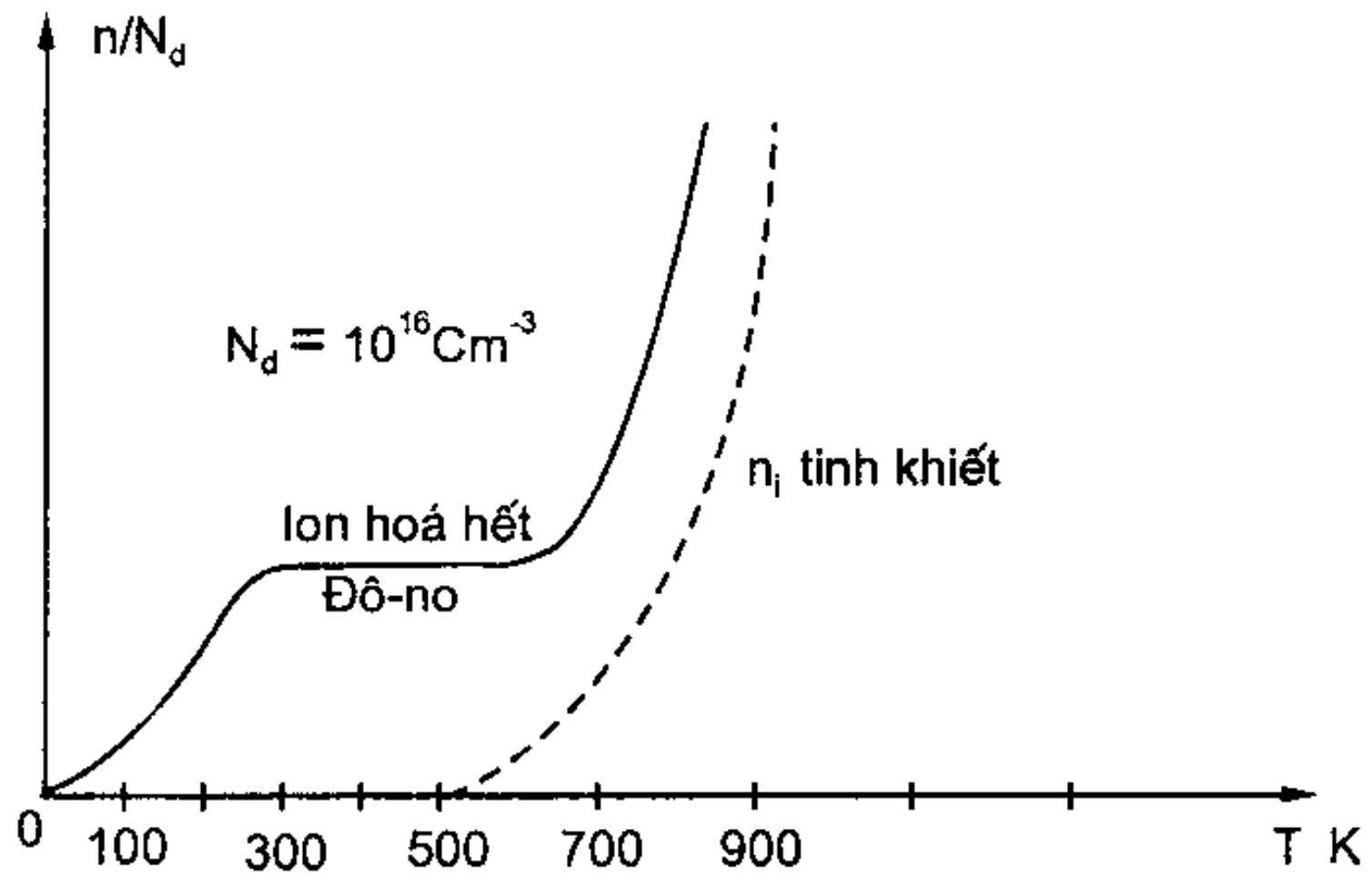
T: nhiệt độ tuyệt đối

$E_F$  là mức năng lượng Fermi được xác định từ biểu thức:

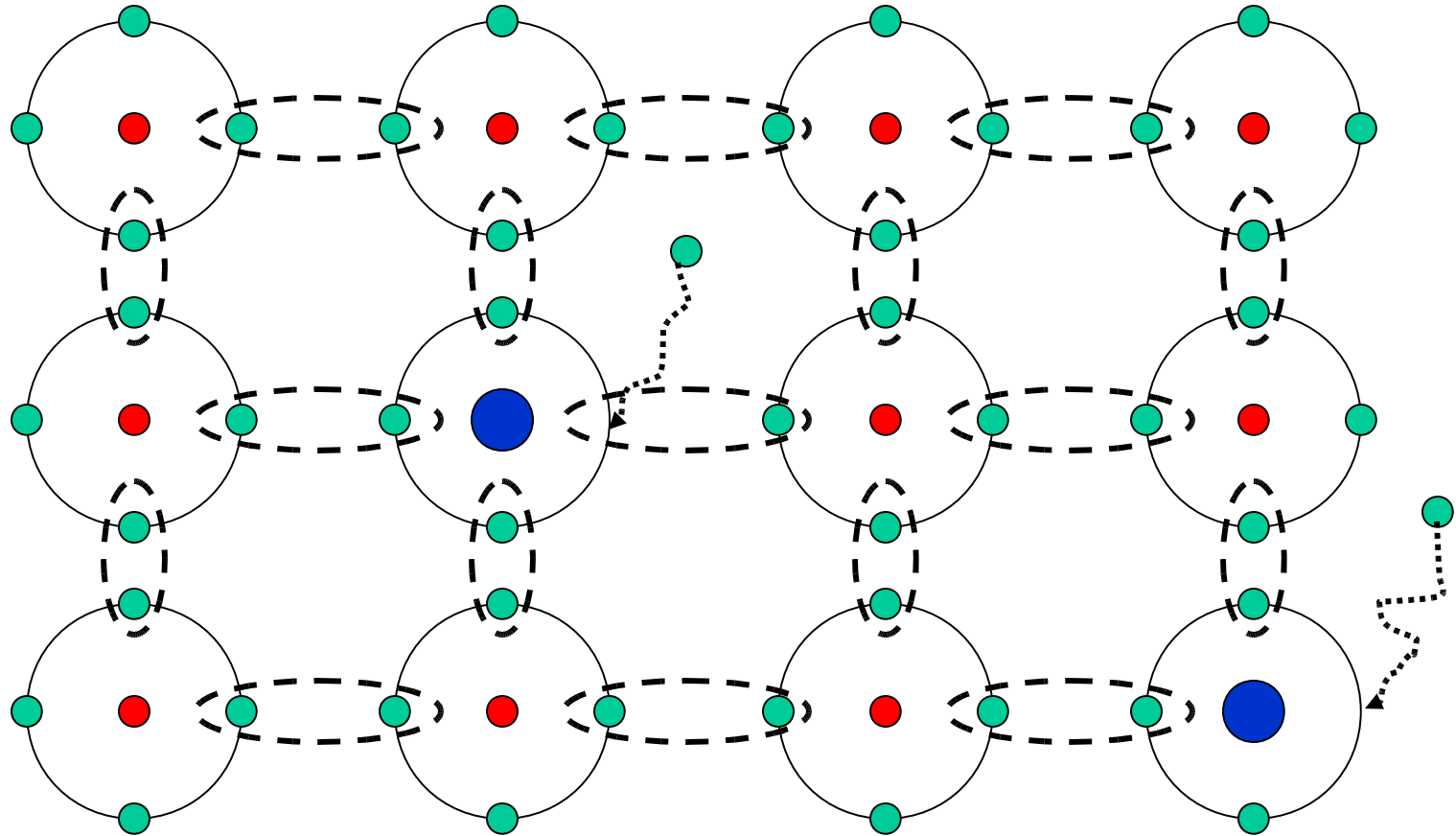
$$n = \int_0^{\infty} 2N(E) f(E) d(E)$$

n là nồng độ điện tử,

Chương 1: Dụng cụ bán dẫn



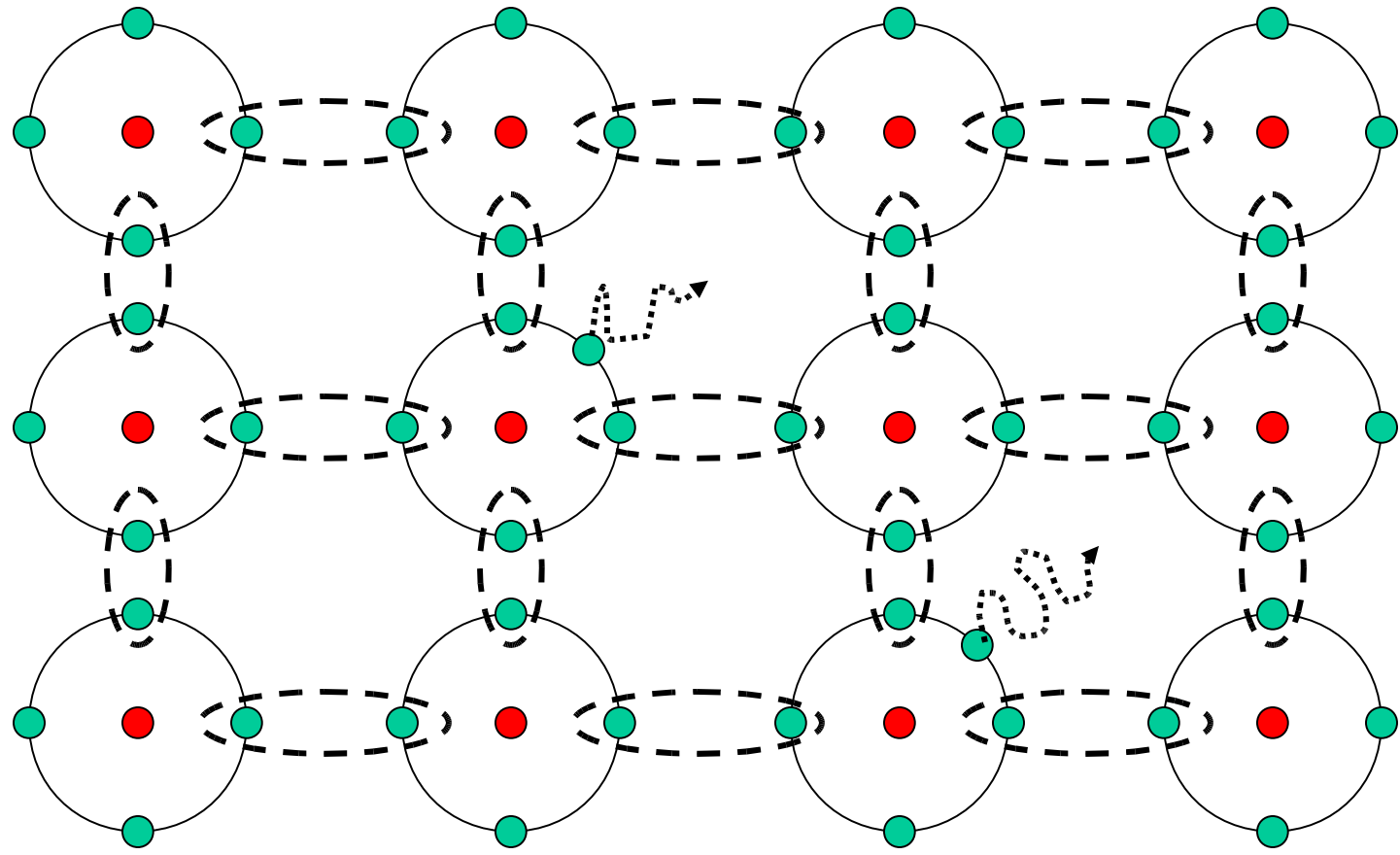
Hình 1.7. Sự thay đổi mật độ điện tử theo nhiệt độ khi  $N_d = 10^{16}/\text{cm}^3$ .



- Pha tạp chất hoá trị 3 (Al, B) để tăng khả năng thu hút điện tử, ta có loại dẫn điện bằng lỗ trống.

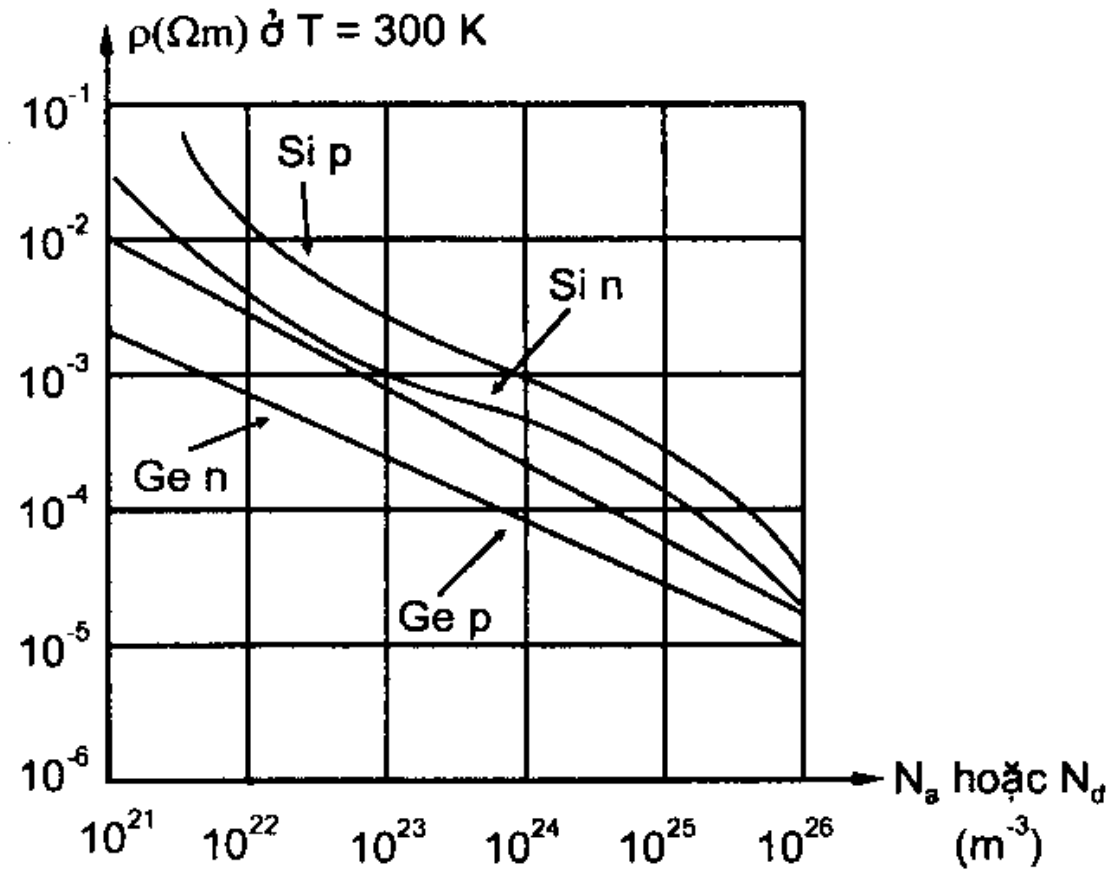
# Chương 1: Dụng cụ bán dẫn

## Bán dẫn pha tạp chất hoá trị 5 - loại n (negative)



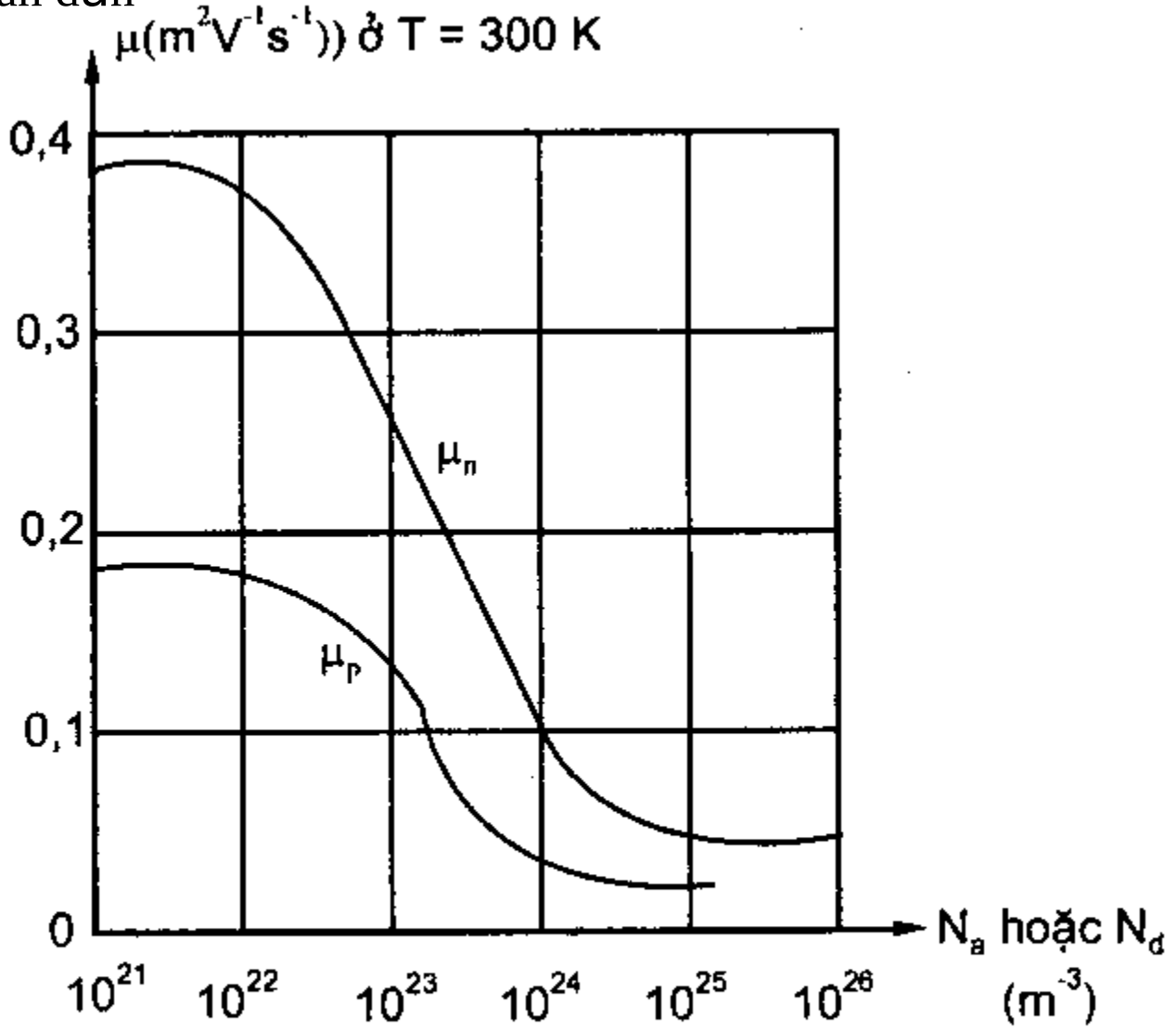
- Pha tạp chất hoá trị 5 (P) sẽ tạo 1 điện tử dư khi liên kết cộng hoá trị nên điện tử này sẽ dễ tự do và chuyển động trong điện trường tạo nên dòng điện tử, loại n được gọi là bán dẫn dẫn điện bằng điện tử.

# Chương 1: Dụng cụ bán dẫn



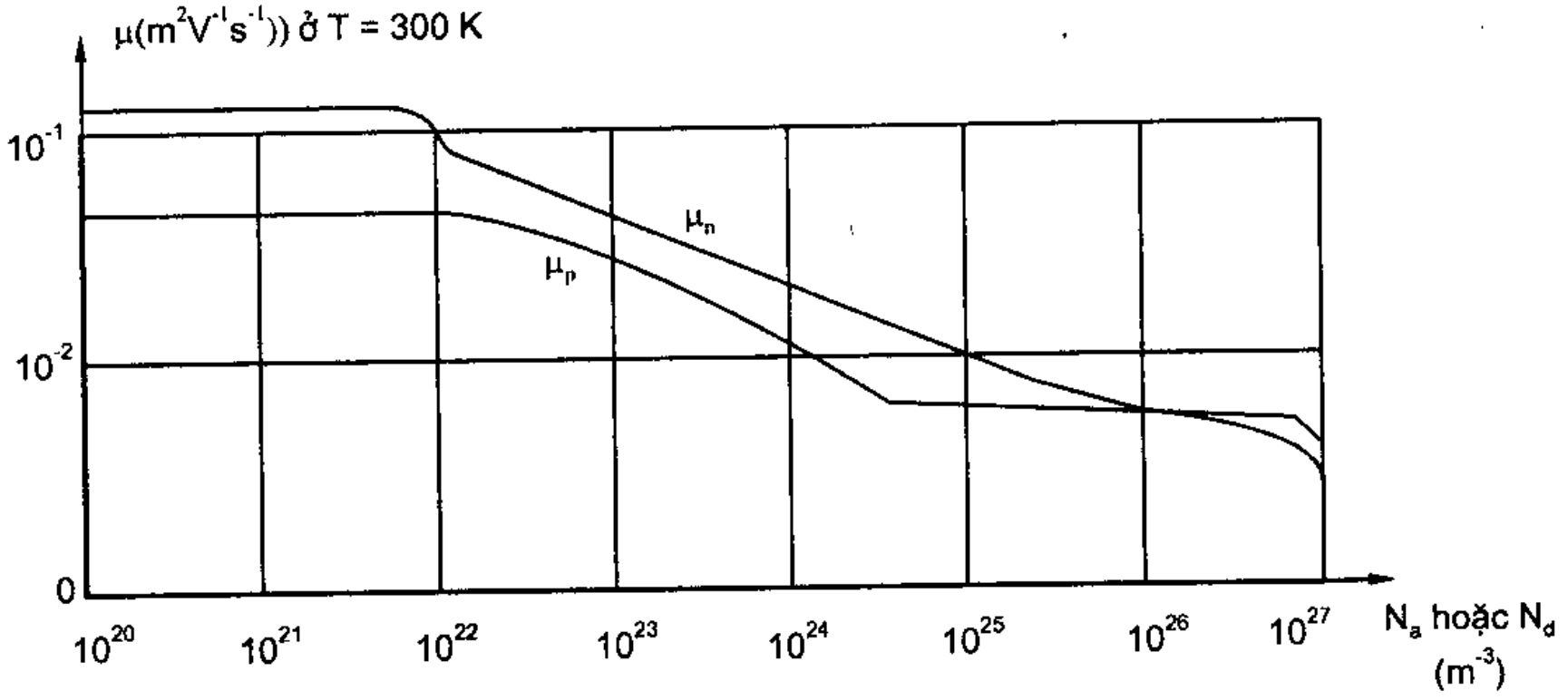
Hình 1.10. Điện trở suất của Ge và của Si thay đổi theo nồng độ tạp chất ở  $T = 300\text{K}$ .

Chương 1: Dụng cụ bán dẫn



a) Sự thay đổi của độ linh động của Ge theo nồng độ.

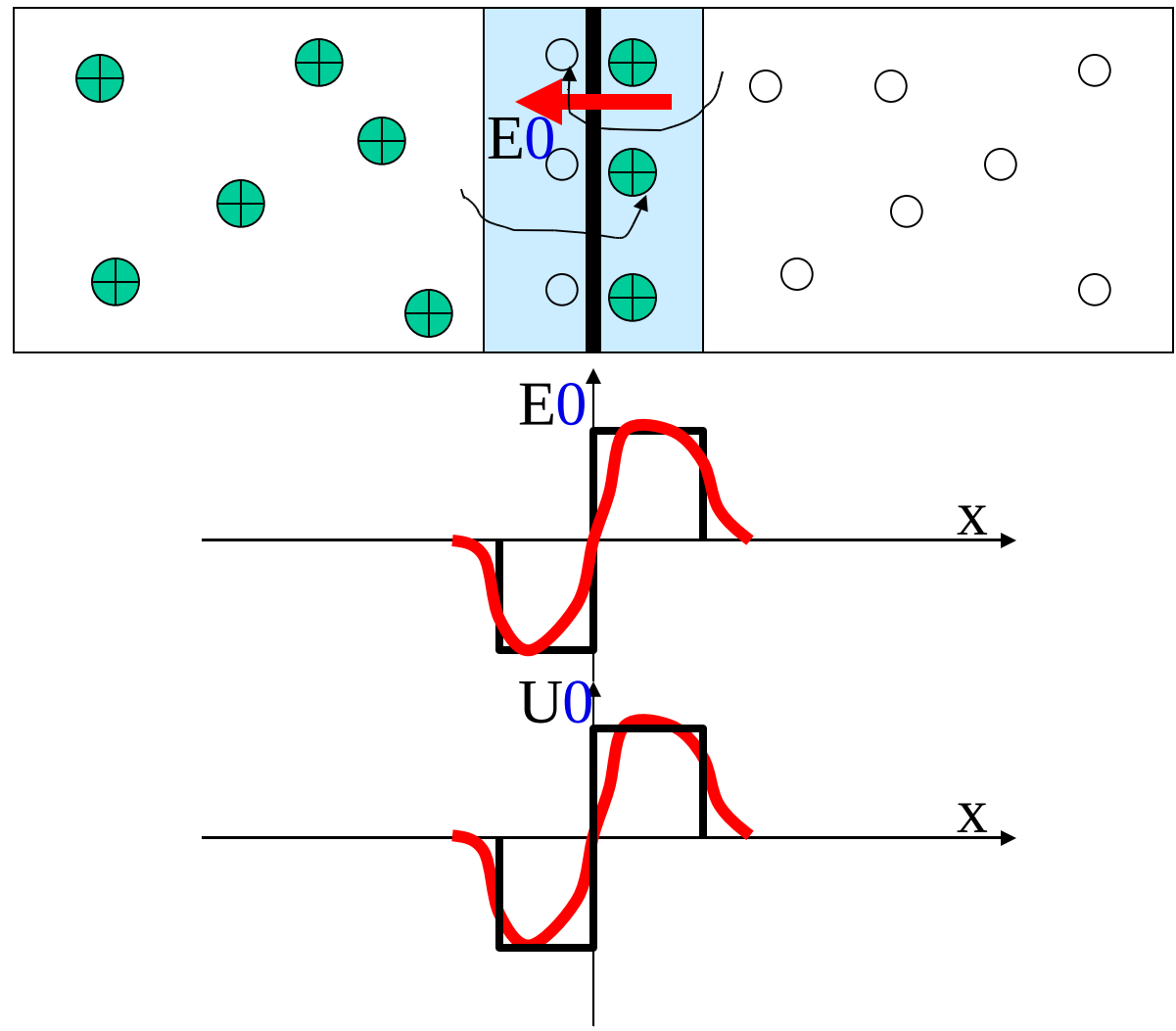
# Chương 1: Dụng cụ bán dẫn



b) Sự thay đổi của độ linh động của Si theo nồng độ tạp chất

**Hình 1.11.** Độ linh động thay đổi theo nồng độ tạp chất  $N_a$  và  $N_d$  của Ge(a) và của Si(b) ở nhiệt độ phòng.

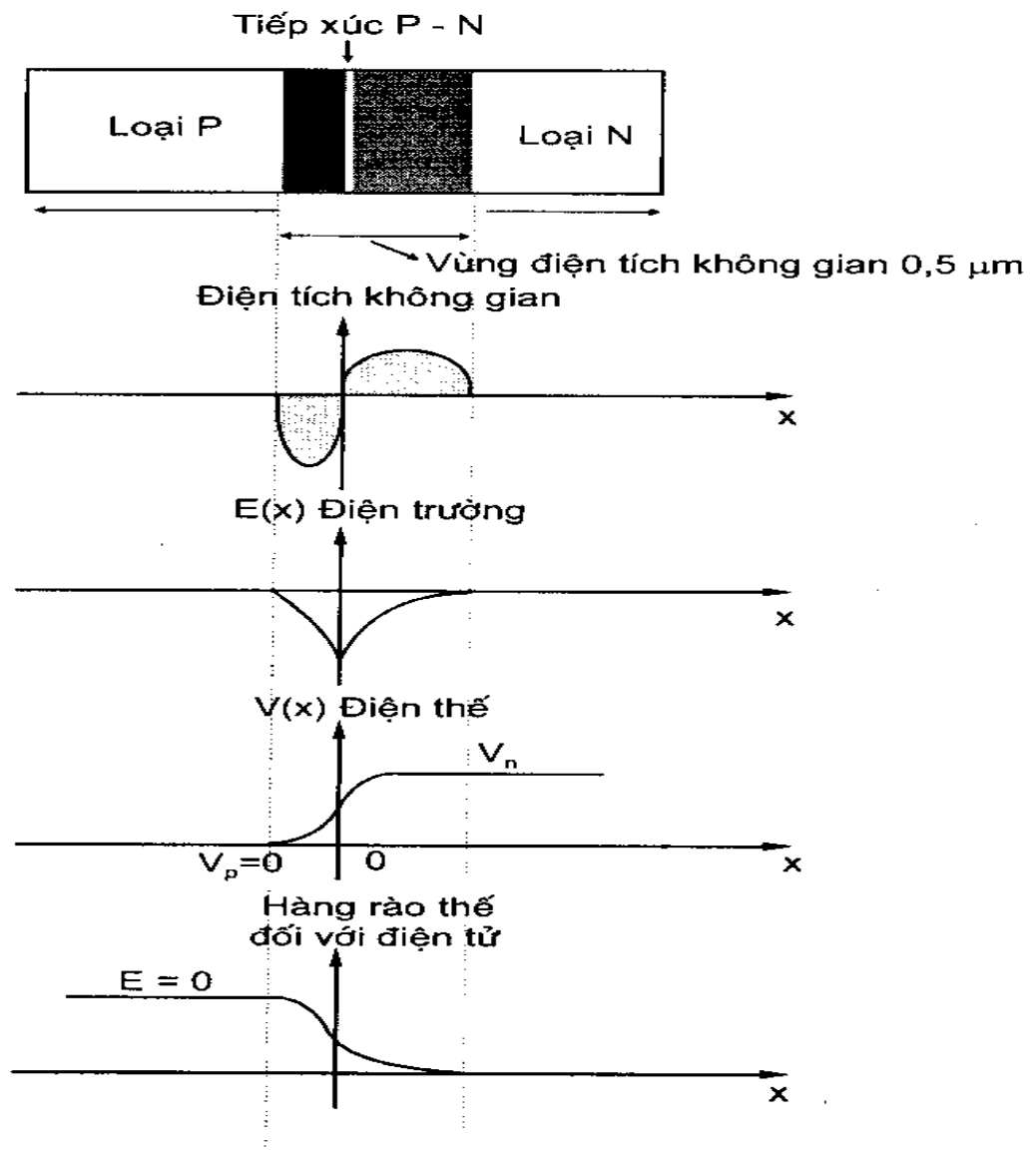
Chương 1: Dụng cụ bán dẫn §2. Tiếp giáp p-n và đặc tính V-A



- Phân bố hạt dẫn, điện trường nội tại và điện thế tiếp xúc trong hai miền bán dẫn p-n

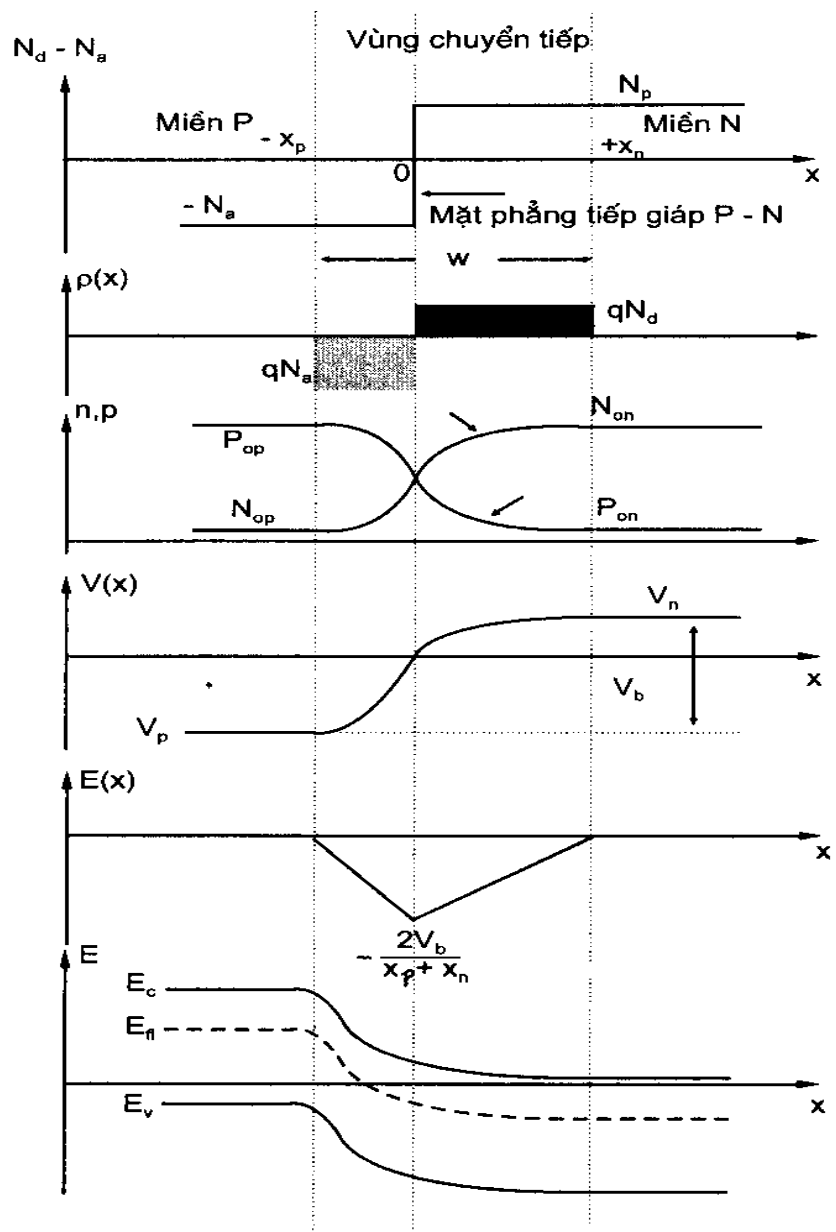


# Chương 1: Dụng cụ bán dẫn



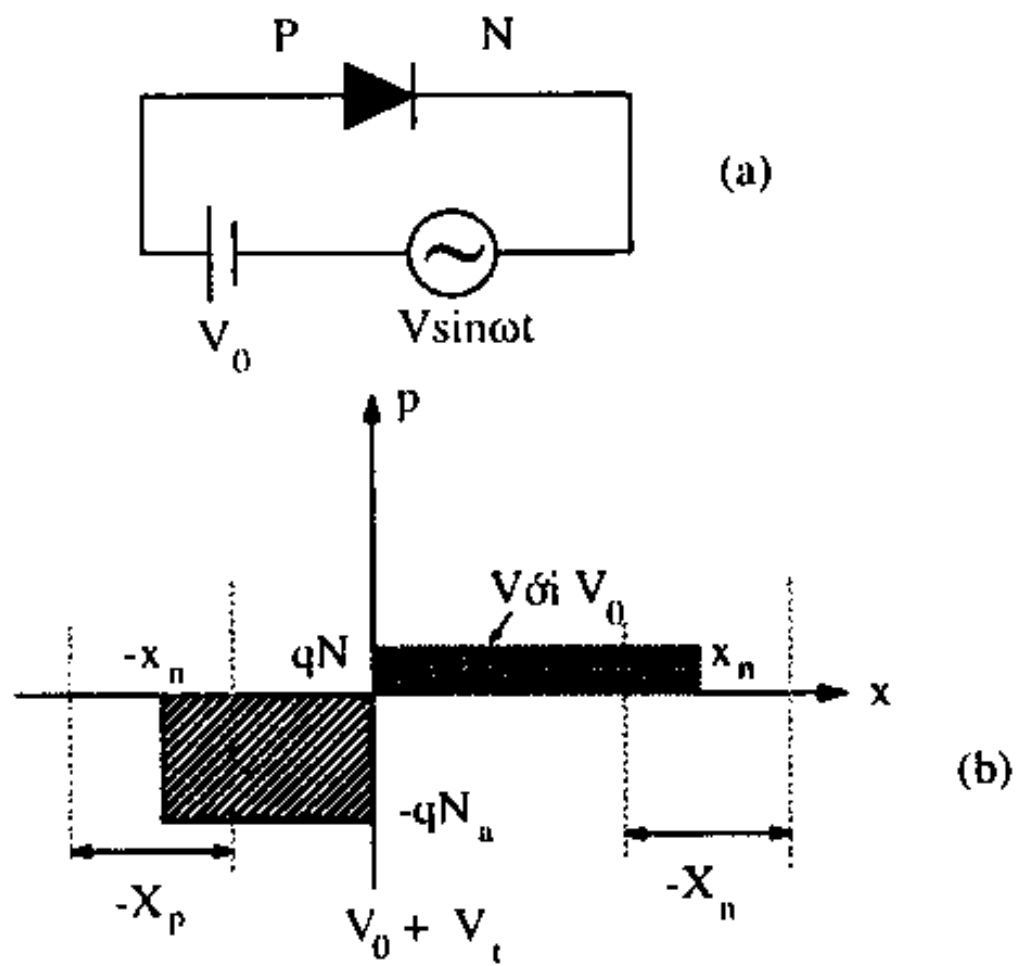
Hình 2.1. Chuyển tiếp P-N chưa phân cực.

# Chương 1: Dụng cụ bán dẫn

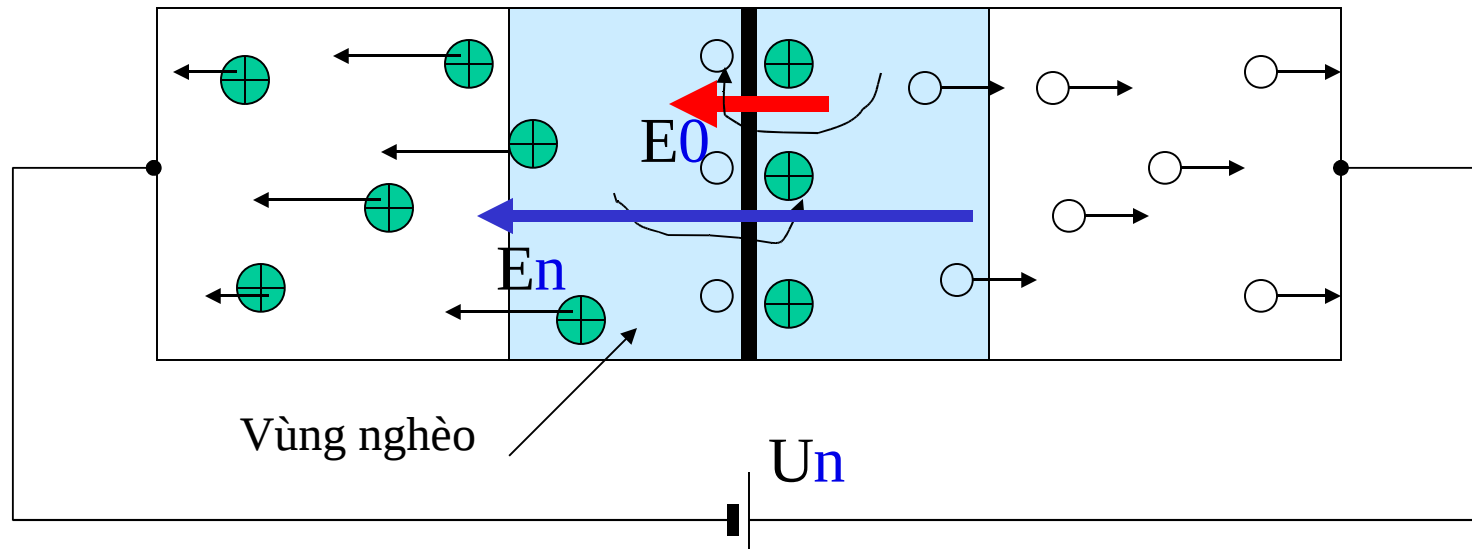


Hình 2.2. Sự phân bố hạt tải và điện trường, điện thế trong vùng điện tích không gian.

Chương 1: Dụng cụ bán dẫn



Hình 2.4. Sự phân bố điện tích trong vùng chuyển tiếp.



- Khi phân cực ngược, miền cách điện được mở rộng ra do điện trường ngoài cùng chiều  $E_0$ , có tác dụng kéo các hạt dẫn về hai phía của lớp bán dẫn, miền giữa chỉ còn các nguyên tử trung hoà trở, điện trở cách điện được coi như vô cùng
- Thực tế do kích thích của nhiệt độ, nên một số nguyên tử sẽ tạo thành cặp ion p và điện tử, sẽ gây một dòng rò nhiệt chảy ngược cỡ vài chục nA (nanoAmpe =  $10^{-9}A$ )