

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG KHOA HỌC TỰ NHIÊN

VẬT LÝ LINH KIỆN ĐIỆN TỬ

Chap 1: LÝ THUYẾT BÁN DẪN & DẢI NĂNG LƯỢNG

Trình bày: NGUYỄN THỊ THIÊN TRANG

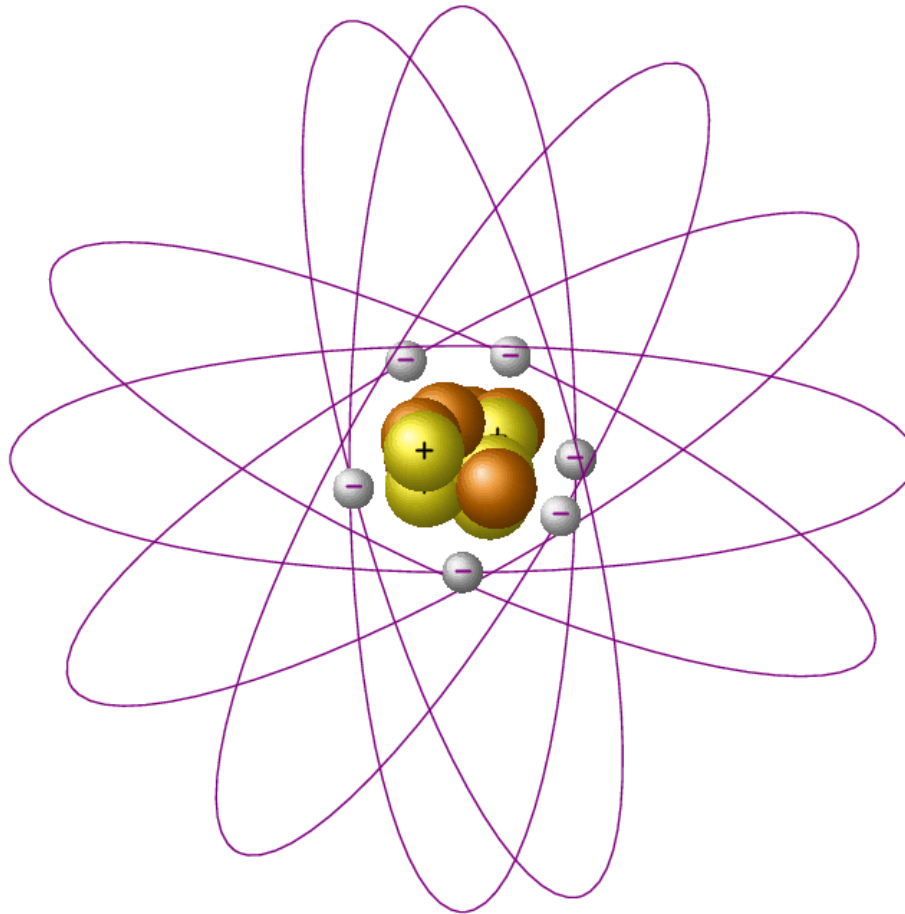
OUTLINE

- ❖ **Cấu trúc nguyên tử**
- ❖ **Tổng quan về vật liệu bán dẫn**
- ❖ **Cấu trúc vùng năng lượng**
- ❖ **Bán dẫn tinh khiết**
- ❖ **Bán dẫn loại N & bán dẫn loại P**
- ❖ **Độ linh động, độ dẫn**

1. CẤU TRÚC NGUYÊN TỬ

CẤU TRÚC NGUYÊN TỬ

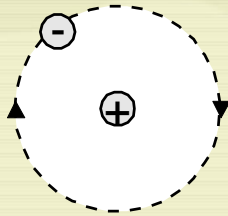
- Nguyên tử là thành phần nhỏ nhất của nguyên tố và vẫn giữ được các đặc tính của nguyên tố đó.



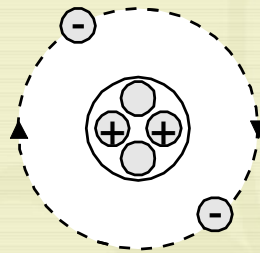
CẤU TRÚC NGUYÊN TỬ

Ví dụ về nguyên tử:

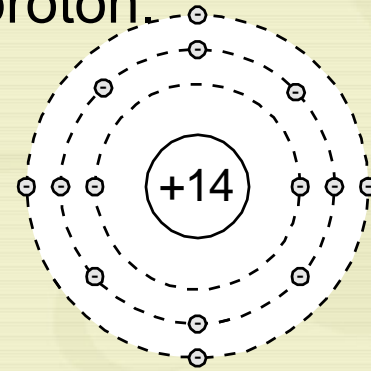
- Nguyên tử Hydrogen có 1 electron và 1 proton.
- Nguyên tử Helium có 2 electron, 2 proton và 2 neutron.
- Nguyên tử Silicon có 14 electron và 4 proton.



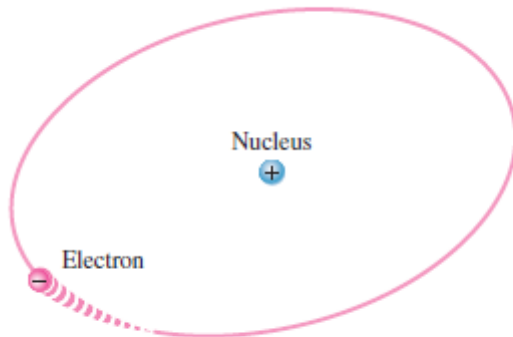
Hydrogen



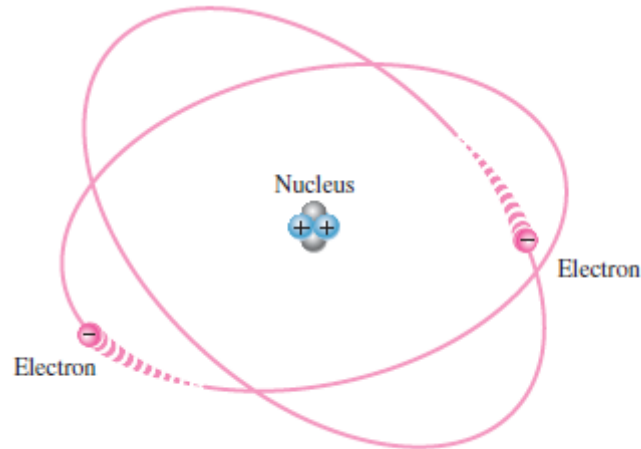
Helium



Silicon



(a) Hydrogen atom



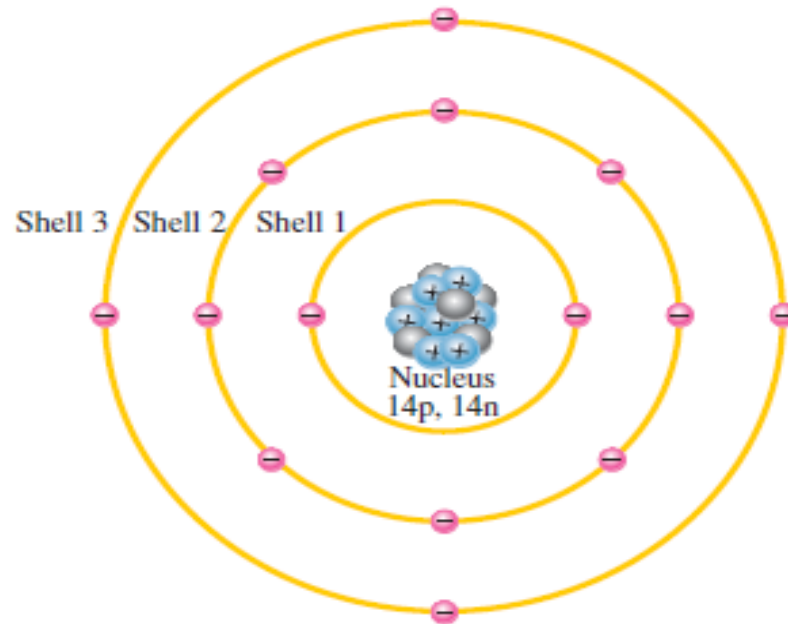
(b) Helium atom

CẤU TRÚC NGUYÊN TỬ

❖ Mô hình Bohr

► **FIGURE 1-4**

Illustration of the Bohr model of the silicon atom.



The Maximum Number of Electrons in Each Shell The maximum number of electrons (N_e) that can exist in each shell of an atom is a fact of nature and can be calculated by the formula,

$$N_e = 2n^2$$

where n is the number of the shell. The maximum number of electrons that can exist in the innermost shell (shell 1) is

$$N_e = 2n^2 = 2(1)^2 = 2$$

CẤU TRÚC NGUYÊN TỬ

❖ Mô hình Bohr

The maximum number of electrons that can exist in shell 2 is

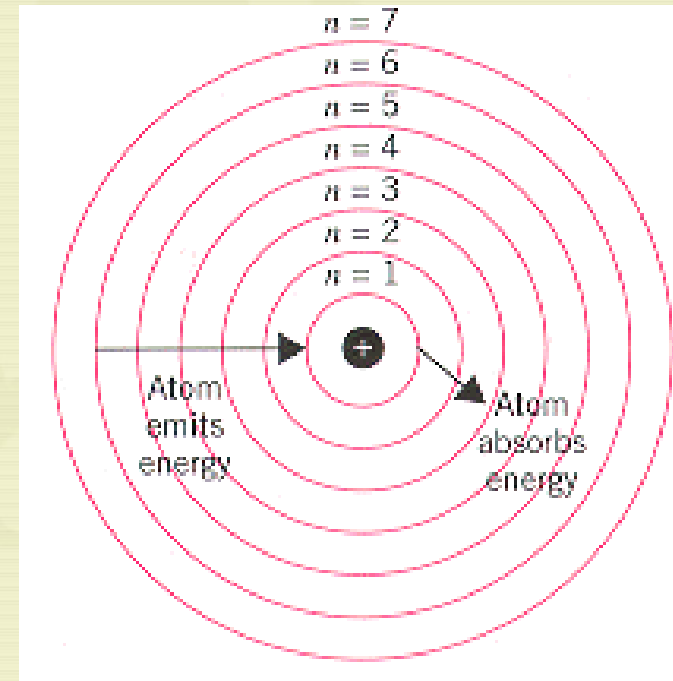
$$N_e = 2n^2 = 2(2)^2 = 2(4) = 8$$

The maximum number of electrons that can exist in shell 3 is

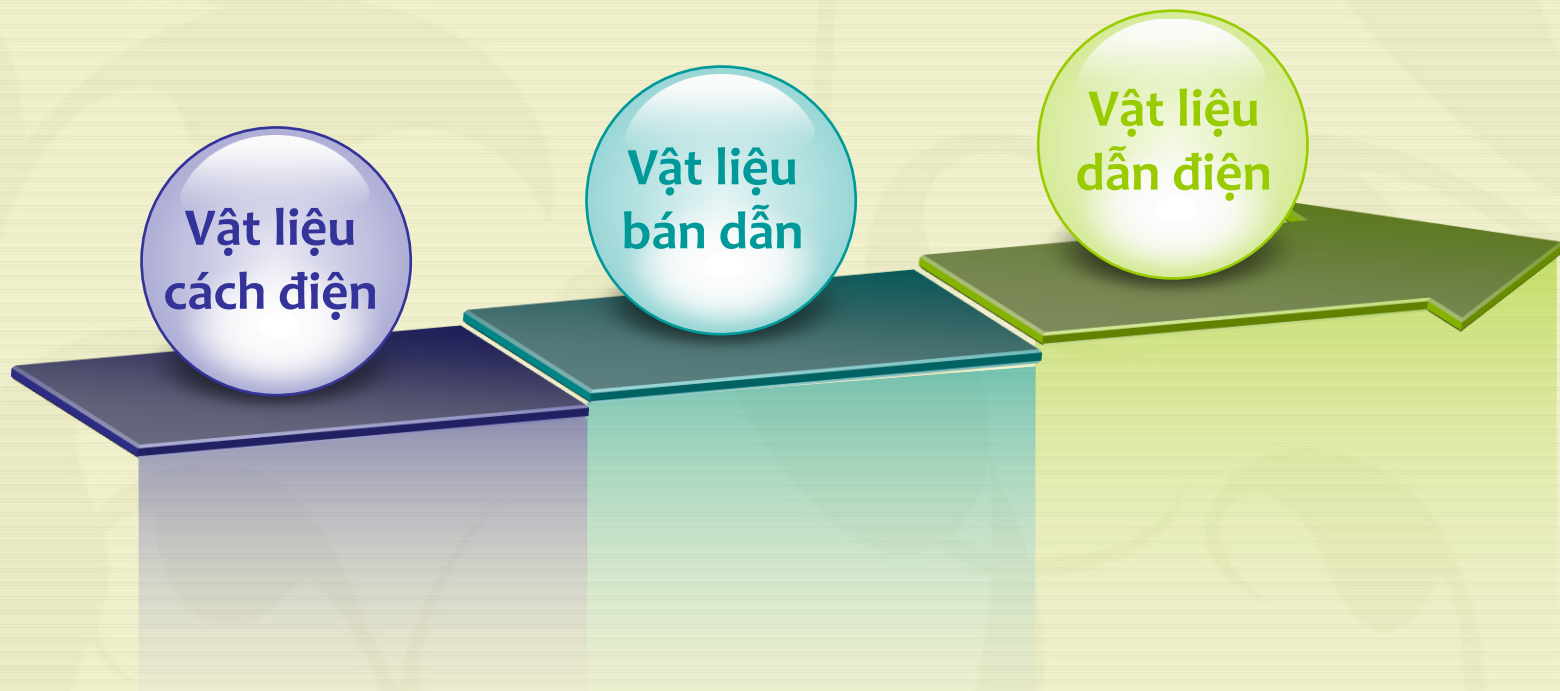
$$N_e = 2n^2 = 2(3)^2 = 2(9) = 18$$

The maximum number of electrons that can exist in shell 4 is

$$N_e = 2n^2 = 2(4)^2 = 2(16) = 32$$



2. TỔNG QUAN VỀ VẬT LIỆU BÁN DẪN



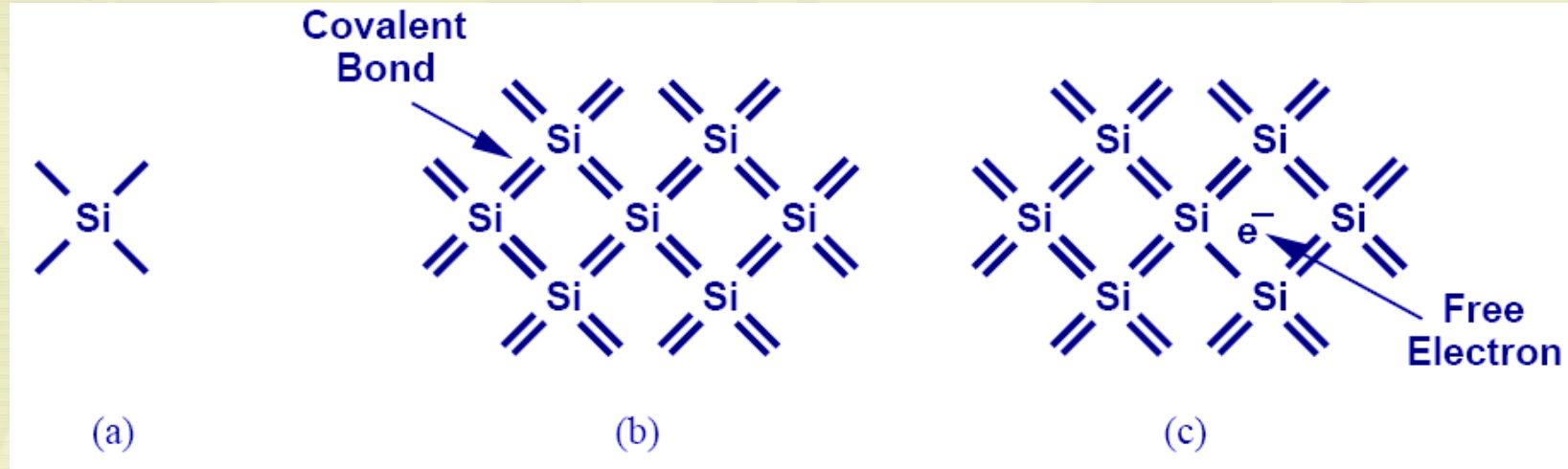
- Các chất bán dẫn điển hình như Gecmanium (Ge), Silicium (Si),.. Là những nguyên tố thuộc nhóm 4 nằm trong bảng hệ thống tuần hoàn. 8

2. Tổng quan về vật liệu bán dẫn

	III	IV	V	
	Boron (B)	Carbon (C)		
• • •	Aluminum (Al)	Silicon (Si)	Phosphorous (P)	• • •
	Gallium (Al)	Germanium (Ge)	Arsenic (As)	
		• • •		

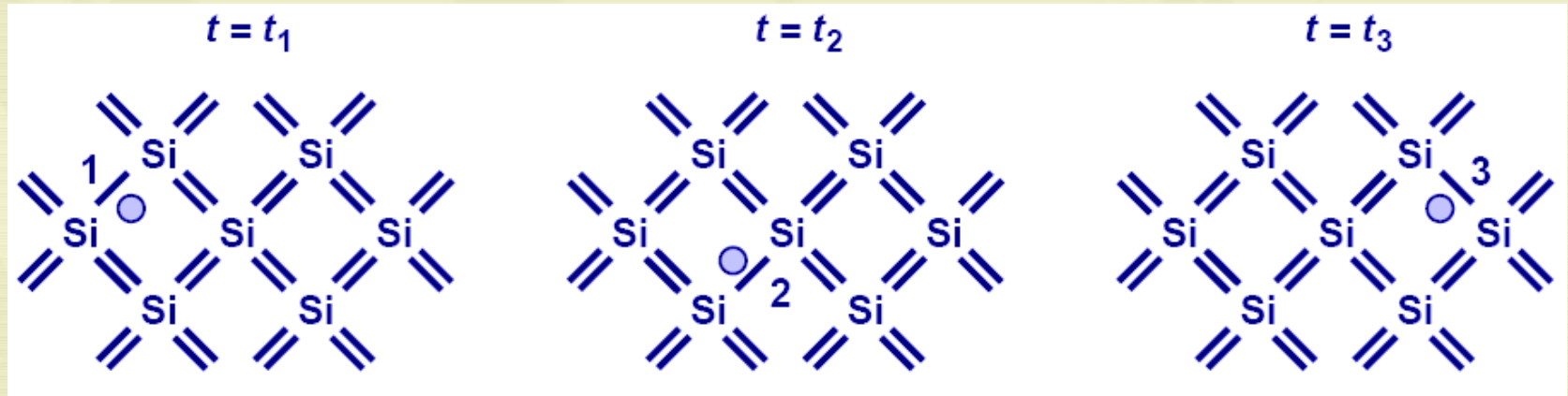
- ✓ Carbon (**C**), Silicon (**Si**), ...
- ✓ Gallium Arsenide (**GaAs**), Indium Phosphide (**InP**), ...
- ✓ Silicon Germanium (**SiGe**), Aluminum Gallium Arsenide (**AlGaAs**)⁹

2. Tổng quan về vật liệu bán dẫn



- Si có 4 electron hóa trị ở lớp ngoài cùng. has four valence electrons. Và nó có thể tạo thành liên kết cộng hóa trị với 4 electron liền kề khác.
- Khi nhiệt độ tăng lên, các electron có thể bị bứt ra khỏi liên kết cộng hóa trị tạo thành electron tự do.

2. Tổng quan về vật liệu bán dẫn



Cặp tương tác electron – lỗ trống

- Khi các electron phá vỡ liên kết hóa trị, các lỗ trống được tạo ra.
- Các lỗ trống có thể được lấp đầy bằng cách hấp thụ các electron tự do khác, vì vậy tạo nên dòng chuyển dời của các hạt tải.

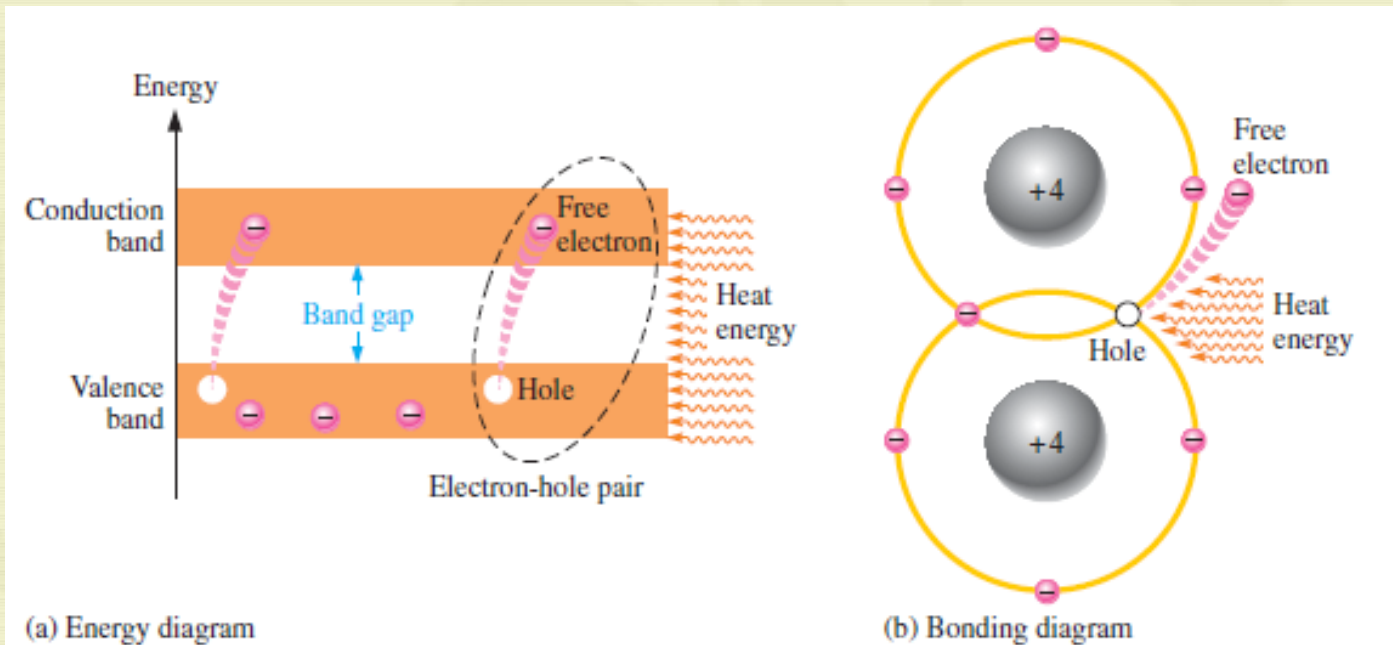
3. CẤU TRÚC VÙNG NĂNG LƯỢNG

Tổng quan về dải năng lượng:

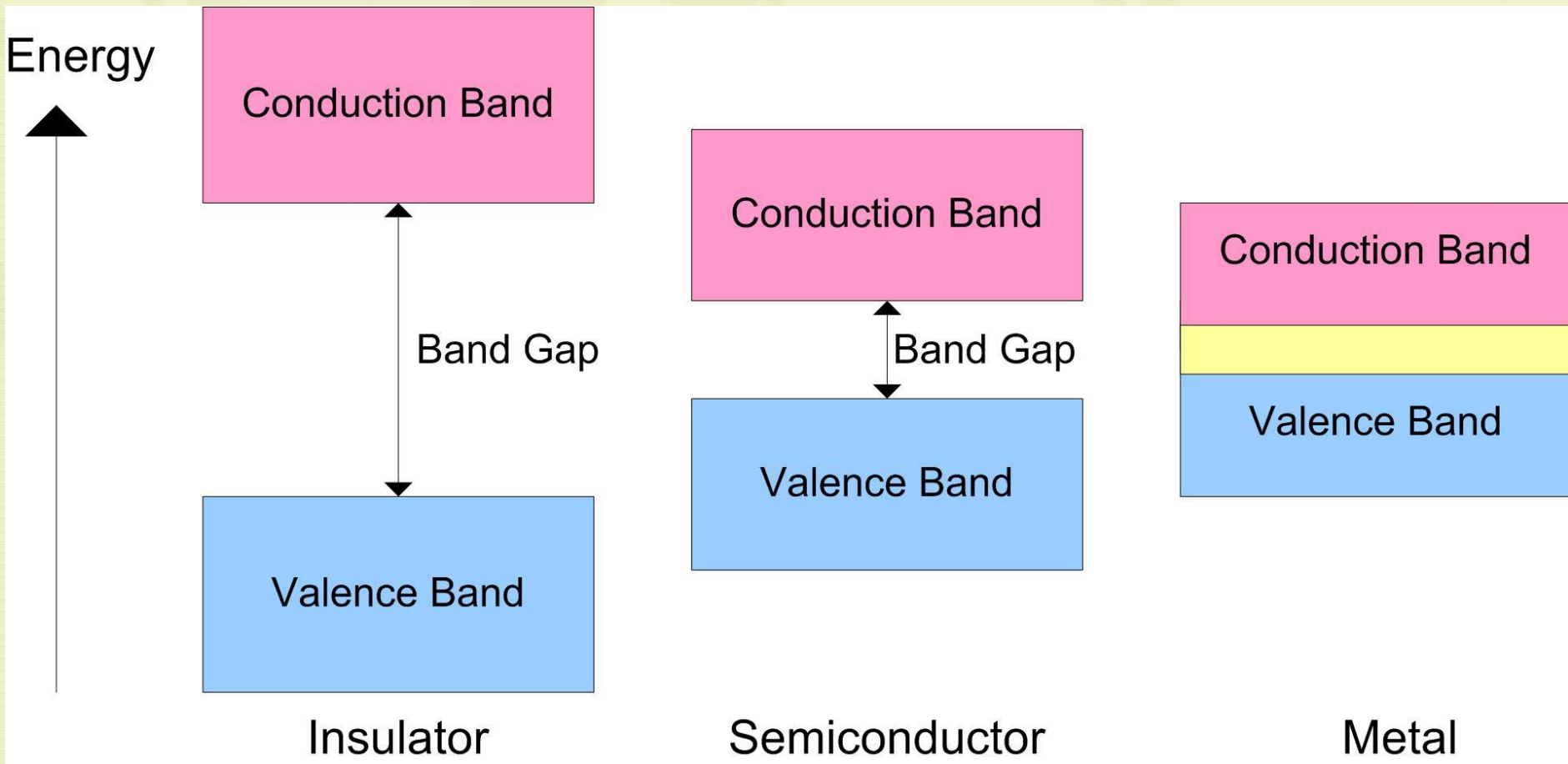
- Năng lượng cần để giải phóng các electron này lớn hơn đối với vật liệu dẫn điện vì chúng bị ràng buộc bởi các liên kết hóa trị.
- Năng lượng này phải đủ lớn để phá vỡ liên kết hóa trị giữa các nguyên tử.
- Thuyết lượng tử cho phép ta nhìn mô hình nguyên tử dựa trên năng lượng của nó, thường được biểu diễn dưới dạng giản đồ năng lượng

GIẢI ĐỒ NĂNG LƯỢNG

- Khi nhìn trên một nguyên tử, các electron trong nguyên tử sẽ được sắp xếp vào các mức năng lượng rời rạc nhau tùy thuộc vào lớp và lớp con mà electron này chiếm. Các mức năng lượng này giống nhau cho mọi nguyên tử.
- Tuy nhiên, khi nhìn trên toàn bộ vật liệu, mỗi nguyên tử còn chịu ảnh hưởng từ các tác động khác nhau bên ngoài nguyên tử. Do đó, mức năng lượng của các electron trong cùng lớp và lớp con có thể không còn bằng nhau giữa các nguyên tử.



GIẢI ĐỒ NĂNG LƯỢNG

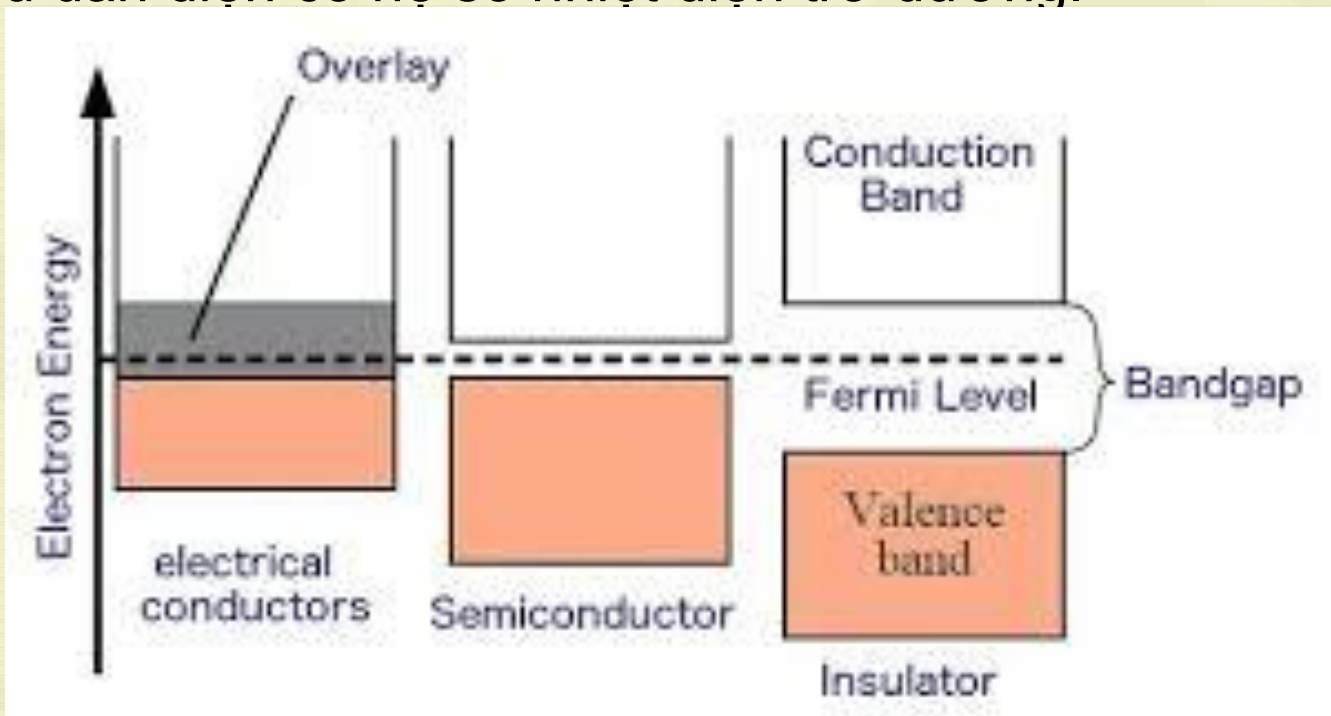


Vùng dẫn là vùng năng lượng của các electron tự do.

Vùng hóa trị là vùng của các electron nằm trong lớp vỏ ngoài cùng, chúng mang năng lượng thấp hơn so với vùng dẫn.

GIẢI ĐỒ NĂNG LƯỢNG

- Số electron tự do trong vật liệu phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ và do đó độ dẫn điện của vật liệu cũng vậy.
- Nhiệt độ càng cao thì năng lượng của các electron càng lớn.
- Vật liệu bán dẫn có hệ số nhiệt điện trở âm.
- Vật liệu dẫn điện có hệ số nhiệt điện trở dương.

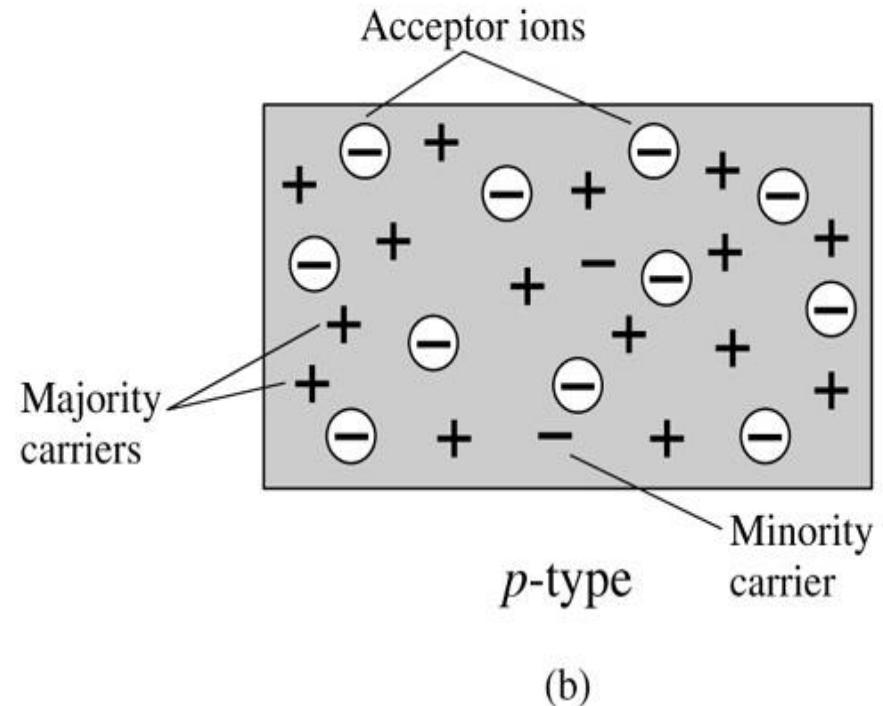
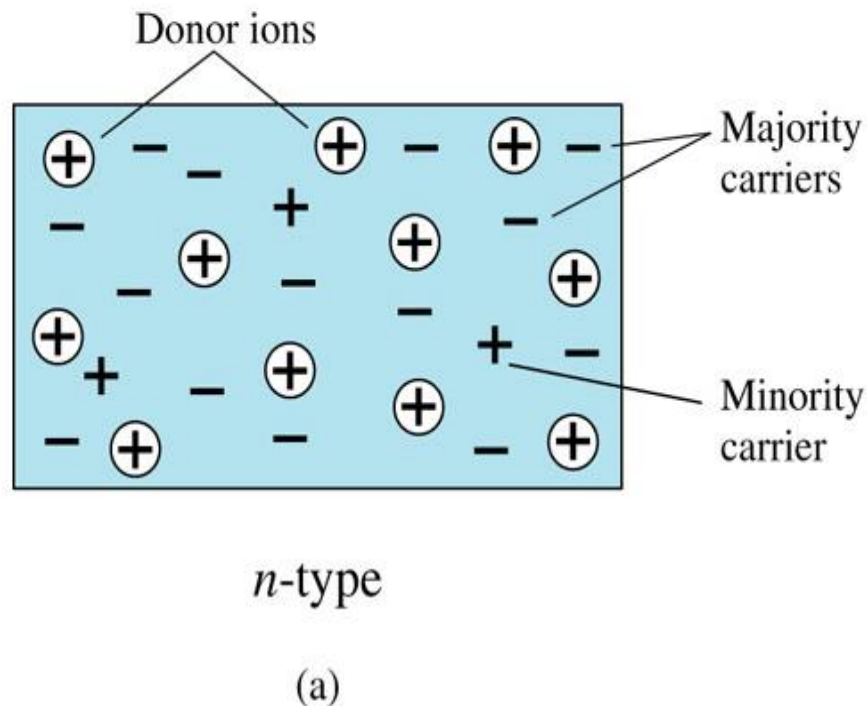


BÁN DẪN LOẠI N & P

Tổng quan về dòng điện trong chất bán dẫn:

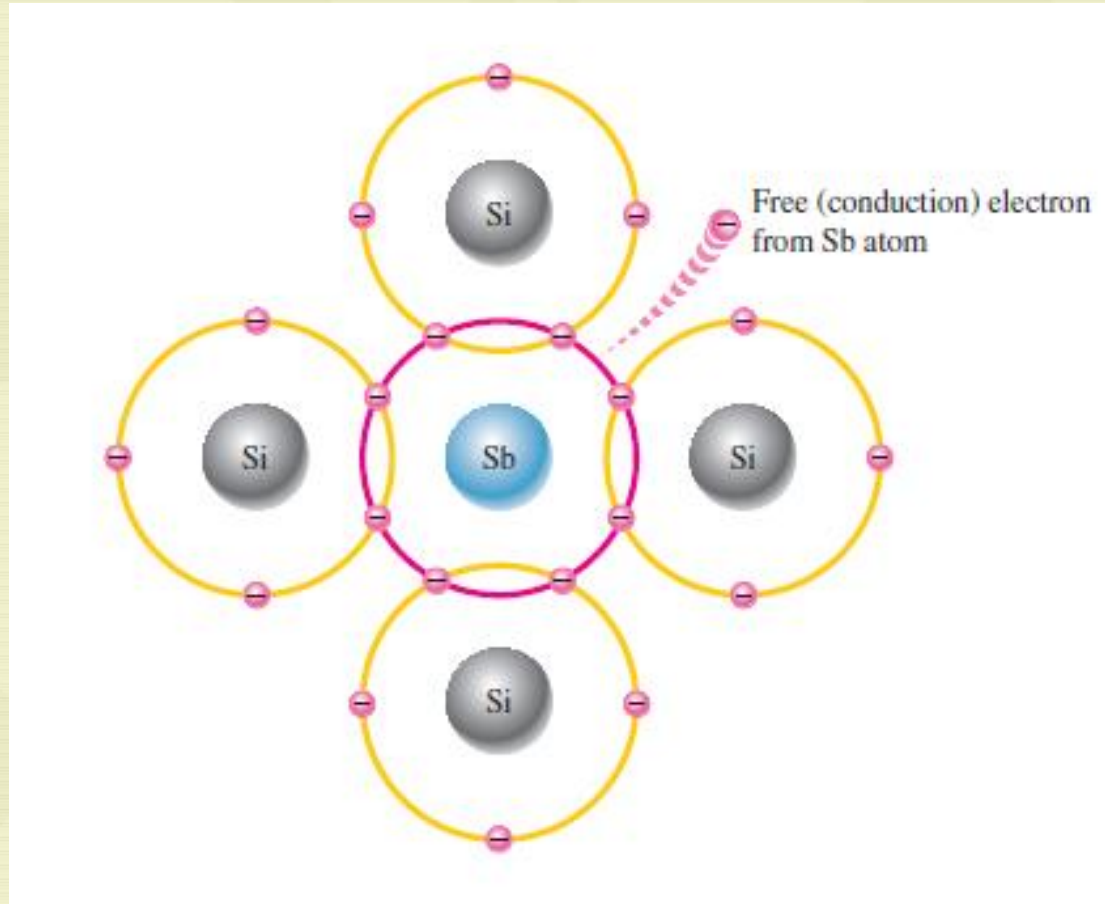
- Trong bán dẫn thuần, mật độ electron tự do bằng với mật độ lỗ trống.
- Trong thực tế, người ta sẽ tạo ra vật liệu bán dẫn trong đó mật độ electron lớn hơn mật độ lỗ trống hoặc vật liệu bán dẫn có mật độ lỗ trống lớn hơn mật độ electron tự do.
- Các vật liệu bán dẫn này được gọi là bán dẫn có pha tạp chất.

BẢN DẪN LOẠI N & P

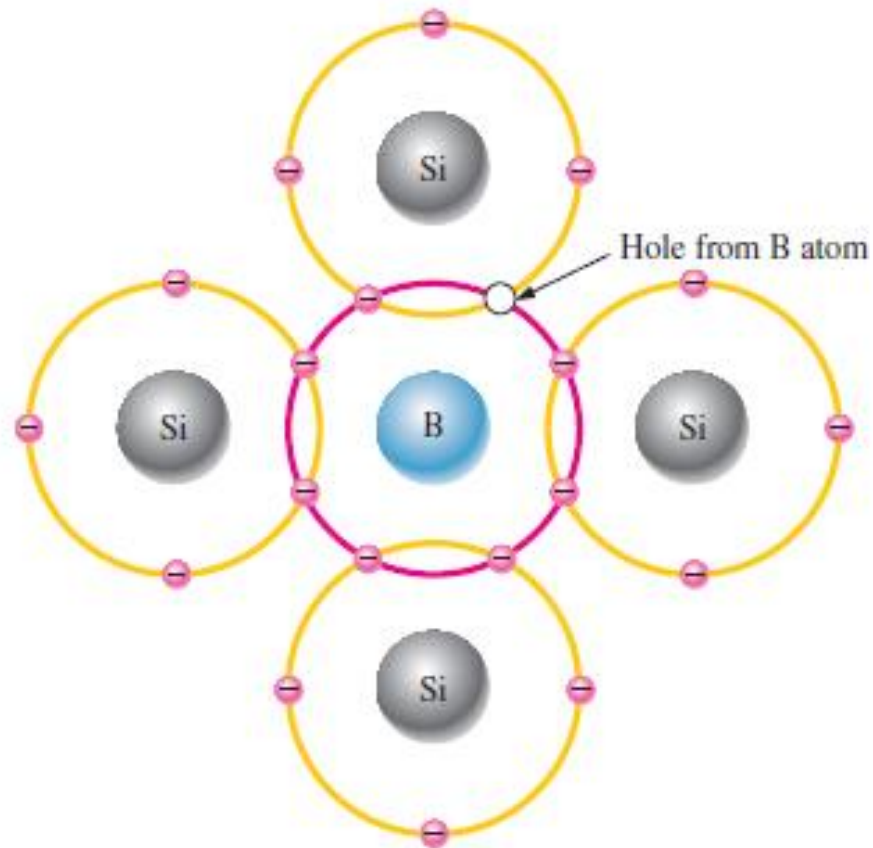


-Bán dẫn mà electron tự do là hạt tải đa số được gọi là bán dẫn loại N, và ngược lại, bán dẫn trong đó lỗ trống là hạt tải đa số được gọi là bán dẫn loại P.

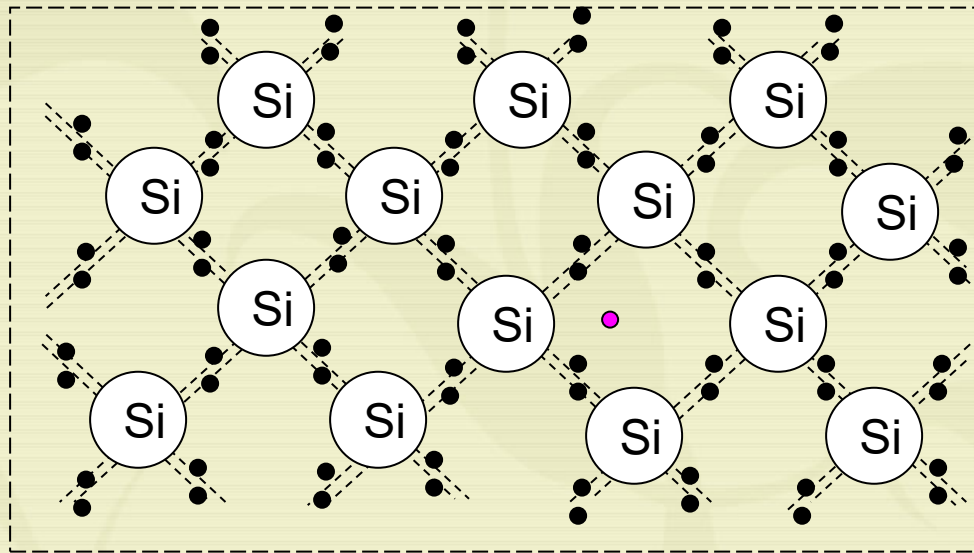
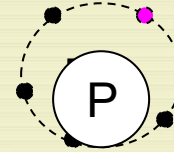
BẢN DẪN LOẠI N



BẢN DẪN LOẠI P



CHẤT BÁN DẪN PHA LOẠI N



Loại N hạt tải dẫn điện đa số là các e.

CHẤT BÁN DẪN PHA LOẠI N

Ngoài ra, trong điều kiện nhiệt độ trong phòng, còn có sinh tạo nhiệt cặp điện tử – lỗ trống nhưng với nồng độ rất bé.

Trong điều kiện cân bằng nhiệt động cho:

$$n_n = N_D + p_n \approx N_D$$

Và: $n_n \cdot p_n = n_i^2$

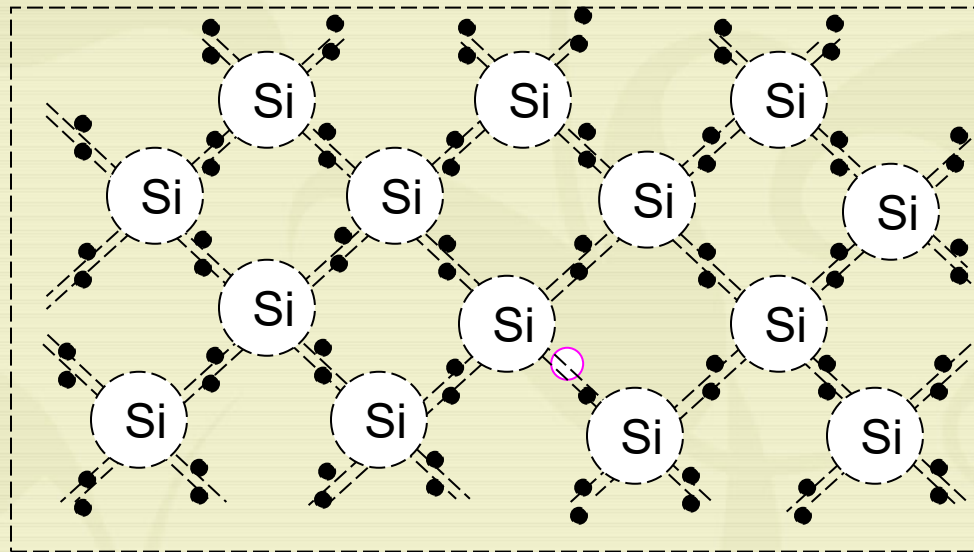
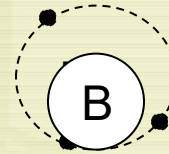
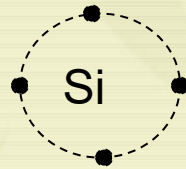
Mật độ lỗ trống thiểu số trong chất bán dẫn loại n cho bởi:

$$p_n = \frac{n_i^2}{N_D}$$

CHẤT BÁN DẪN PHA LOẠI P

- Pha nguyên tử hoá trị 3 (B_5) vào tinh thể Si:
- B sẽ dùng hết 3 điện tử vòng ngoài cùng để liên kết cộng hoá trị với 3 điện tử của 3 nguyên tử kế cận
- Còn lại 1 vị trí thiếu vì điện tử nên xem như có điện tích dương và các điện tử lân cận dễ đến tái kết với lỗ trống của B và để lại ở vị trí đó lỗ trống mới và hiện tượng trên cứ tiếp diễn
→ dẫn điện bằng lỗ trống.
- 1 nguyên tử B cho 1 lỗ trống, pha nhiều nguyên tử B cho nhiều lỗ trống hơn → dòng điện càng mạnh

CHẤT BÁN DẪN PHA LOẠI P



Loại P hạt tải dẫn điện đa số là các lỗ trống.

CHẤT BÁN DẪN PHA LOẠI P

Ngoài ra, trong điều kiện nhiệt độ trong phòng, còn có sinh tạo nhiệt cặp điện tử – lỗ trống nhưng với nồng độ rất bé.

Trong điều kiện cân bằng nhiệt động cho:

$$p_p = N_A + n_p \approx N_A$$

và: $p_p \cdot n_p = n_i^2$

mật độ điện tử tự do thiếu số trong chất bán dẫn loại P cho bởi:

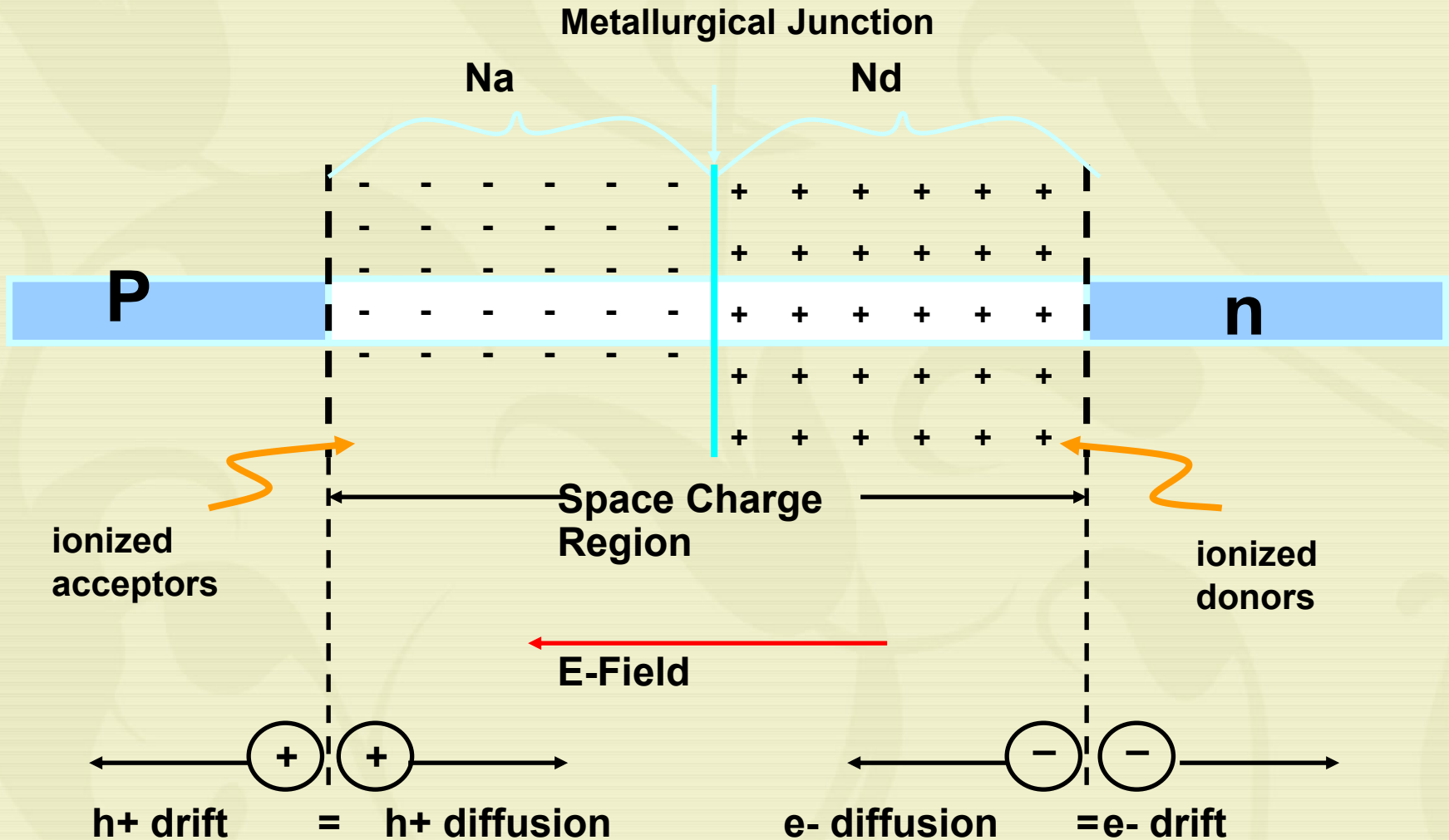
$$n_p = \frac{n_i^2}{N_A}$$

DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT BÁN DẪN

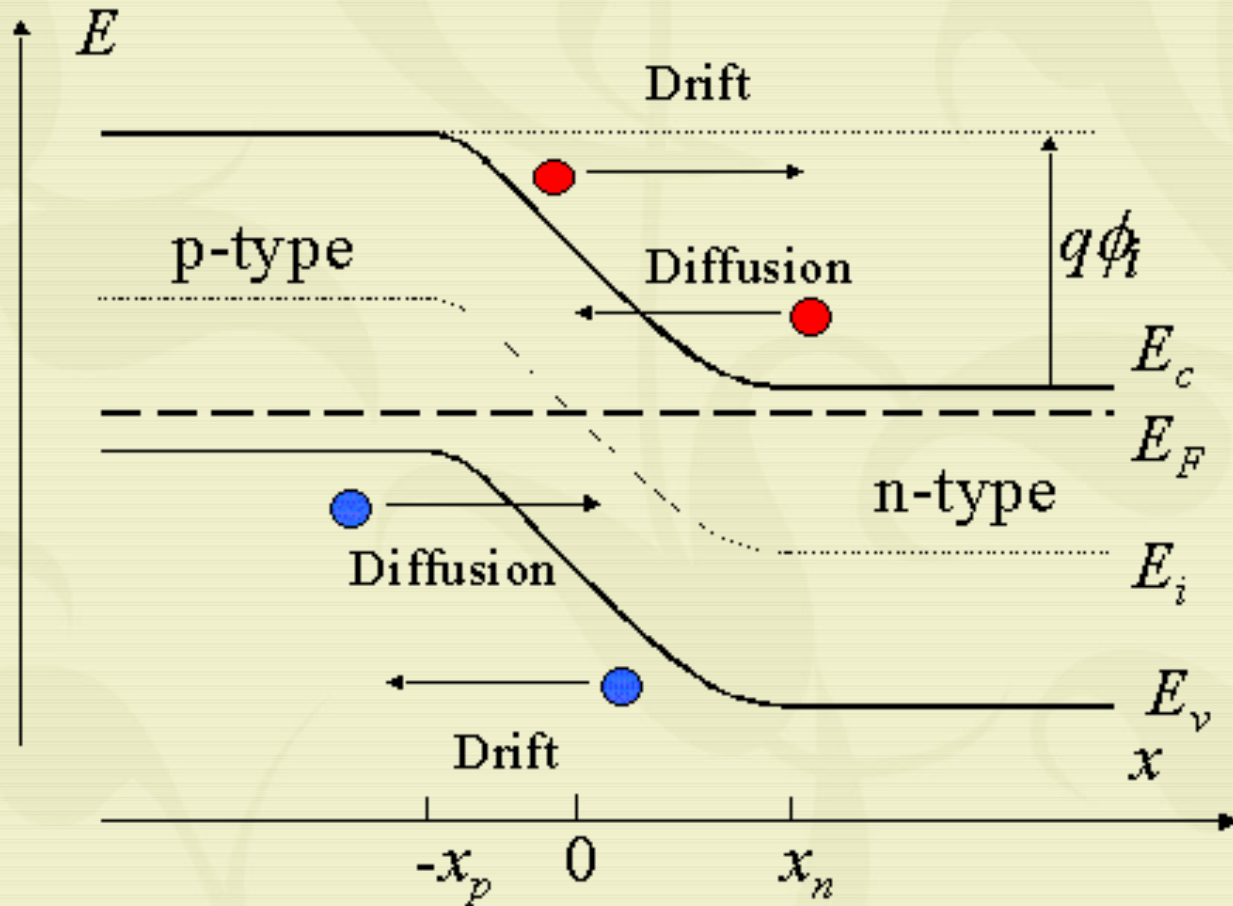
Tổng quan về dòng điện trong chất bán dẫn:

- Trong vật liệu dẫn điện có rất nhiều electron tự do.
- Khi ở điều kiện môi trường, nếu được hấp thu một năng lượng nhiệt các electron này sẽ được giải phóng khỏi nguyên tử.
- Khi các electron này chuyển động có hướng sẽ sinh ra dòng điện.
- Đối với vật liệu bán dẫn, các electron tự do cũng được sinh ra một cách tương tự.

SỰ DẪN ĐIỆN CỦA CHẤT BÁN DẪN



DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT BÁN DẪN



DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT BÁN DẪN

- Việc phá vỡ một liên kết hóa trị sẽ tạo ra một electron tự do và một lỗ trống, do đó số lượng lỗ trống sẽ luôn bằng số lượng electron tự do. Bán dẫn này được gọi là bán dẫn thuần hay bán dẫn nội tại (intrinsic).
- Ta có: $n_i = p_i$
 - n_i : mật độ electron (electron/cm³)
 - p_i : mật độ lỗ trống (lỗ trống/cm³)
- Khi lỗ trống di chuyển từ phải sang trái cũng đồng nghĩa với việc các electron lớp vỏ ngoài cùng di chuyển từ trái sang phải.

DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT BÁN DẪN

- ❖ **Dòng trôi:** Khi một hiệu điện thế được đặt lên hai đầu bán dẫn, điện trường sẽ làm cho các electron tự do di chuyển ngược chiều điện trường và các lỗ trống di chuyển cùng chiều điện trường.
- Cả hai sự di chuyển này gây ra trong bán dẫn một dòng điện có chiều cùng chiều điện trường được gọi là dòng trôi (drift current).
- Dòng trôi phụ thuộc nhiều vào khả năng di chuyển của hạt dẫn trong bán dẫn, khả năng di chuyển được đánh giá bằng độ linh động của hạt dẫn. Độ linh động này phụ thuộc vào loại hạt dẫn cũng như loại vật liệu.

DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT BÁN DẪN

❖ **Dòng khuếch tán:** Khi trong bán dẫn có sự chênh lệch mật độ hạt dẫn thì các hạt dẫn sẽ có khuynh hướng di chuyển từ nơi có mật độ hạt dẫn cao đến nơi có mật độ hạt dẫn thấp hơn nhằm cân bằng mật độ hạt dẫn.

- Quá trình di chuyển này sinh ra một dòng điện bên trong bán dẫn. Dòng điện này được gọi là dòng khuếch tán (diffusion current).
- Dòng khuếch tán có tính chất quá độ (thời gian tồn tại ngắn) trừ khi sự chênh lệch mật độ được duy trì trong bán dẫn.

