

CHƯƠNG I CHẤT BÁN DẪN & NỐI P-N

BÀI 1 CHẤT BÁN DẪN

1. Đại cương

Trong tự nhiên, chất liệu được phân thành ba loại: chất “dẫn điện” (conductor), chất “cách điện” (insulator) và chất bán dẫn (semi-conductor).

Từ dẫn điện được dành cho chất liệu cung cấp một dòng điện đáng kể khi áp một hiệu điện thế chuẩn vào hai đầu linh kiện (đã định kích thước) dùng chất liệu đó.

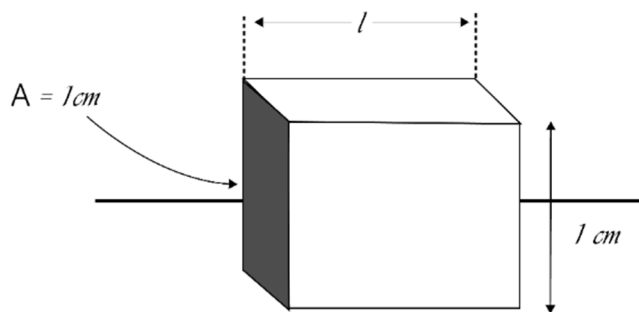
Trong điều kiện tương tự, chất “cách điện” chỉ cho một dòng không đáng kể hoặc không cho dòng qua, từ bán dẫn dành cho chất liệu có độ dẫn điện trung bình giữa 2 mức trên. Trên thực tế điện trở suất là đại lượng hay được dùng để xếp loại chất liệu một cách tương đối.

2. Định nghĩa

2.1. Chất bán dẫn

Chất bán dẫn là chất liệu có điện trở suất trung gian giữa chất dẫn điện và cách điện.

2.2. Bảng so sánh ρ



Hình 1.1

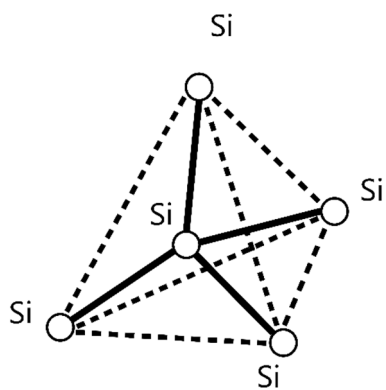
$$\text{Từ } R_{\Omega} = \rho \cdot \frac{l \rightarrow cm}{A \rightarrow cm^2} \rightarrow \rho \text{ tính bằng } \Omega \cdot cm.$$

Bảng 1.1

Dẫn điện	Bán dẫn	Cách điện
Đồng (Cu) (kim loại)	Silicium (Si)	Mica
$\rho = 10^{-6} \Omega. cm$	$\rho = 50 K \Omega. cm$ $\rho_{Ge} = 50 \Omega. cm$	$\rho = 10^{12} \Omega. cm$

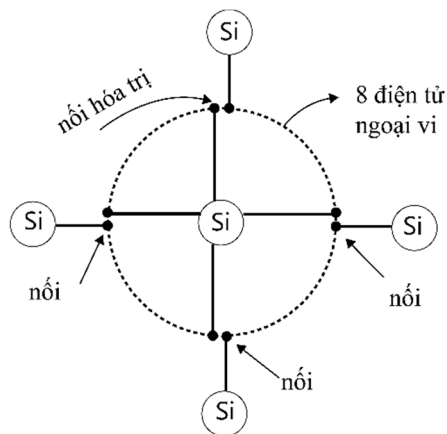
3. Cấu tạo nguyên tử

3.1. Chất bán dẫn thuần khiết (intrinsic, nguyên chất) có cấu trúc tinh thể lập phương



Hình 1.2: Tinh thể Si, Ge trong không gian

Trên mặt phẳng linh kiện bốn nối hóa trị tạo tư thế bát vị (octet) rất ổn định của các khí hiếm. Mỗi vòng ngoại vi có 4 điện tử liên kết với 4 nguyên tử của bốn Si khác.



Hình 1.3

Tư thế bát vị giải thích tính chất bán dẫn của Si và Ge ít dẫn điện ở nhiệt độ thường, nhưng khi nhiệt độ tăng, năng lượng cấp vào sẽ làm các hạt tải tăng tốc, biết rời khỏi nối hóa trị tạo nên hạt tải dẫn điện, chất bán dẫn trở nên dẫn điện hơn khi nhiệt độ tăng (có hệ số nhiệt âm).

3.2. Lượng hạt tải tự do ở nhiệt độ $T^{\circ}K$

Theo các tài liệu nghiên cứu: ở $27^{\circ}C$ của phòng thí nghiệm, lượng hạt tải tự do của chất bán dẫn thuần khiết sẽ như sau ($300^{\circ}K$):

$$\begin{array}{l} \text{Ge} \rightarrow n_i = 2.5 \times 10^{13}/\text{cm}^3 \\ \text{Si} \rightarrow n_i = 1.5 \times 10^{10}/\text{cm}^3 \end{array} \quad (\text{ở } 300^{\circ}K)$$

* Dữ liệu cho: Ge thuần khiết có 4.4×10^{22} nguyên tử/ cm^3 , Si thuần khiết có 5×10^{22} nguyên tử/ cm^3 ở $300^{\circ}K$.

Trong một chất bán dẫn thuần khiết, nồng độ điện tử và lỗ trống bằng nhau:

$n = p = n_i$, ở một nhiệt độ bất kỳ $T^{\circ}K$

$$\begin{array}{l} n \cdot p = n_i^2 \\ = A \cdot T^3 e^{-(q \cdot W_g)/kT} \end{array} \quad (1.1)$$

A: hằng số tùy vào chất liệu bán dẫn

T: nhiệt độ tuyệt đối = $t^{\circ}C + 273$ tính bằng $^{\circ}K$ (Kevin)

K: hằng số Boltzman = 1.38×10^{-23} joule/ $^{\circ}K$ = 8.62×10^5 eV/ $^{\circ}K$

q: điện tích của một điện tử = 1.6×10^{-19} (C).

W_g : năng lượng cần để phá vỡ nối hóa trị tính bằng eV, trong đó g (gap) là vùng cấm.

$$1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ joule} \quad (1.2)$$

$W_g = 0.67\text{eV}$ cho Ge và $W_g = 1.1\text{eV}$ cho Si

$A = 3.1 \times 10^{32}$ cho Ge và $A = 1.5 \times 10^{33}$ cho Si

4. Chất bán dẫn loại n và loại p

4.1. Ý chính

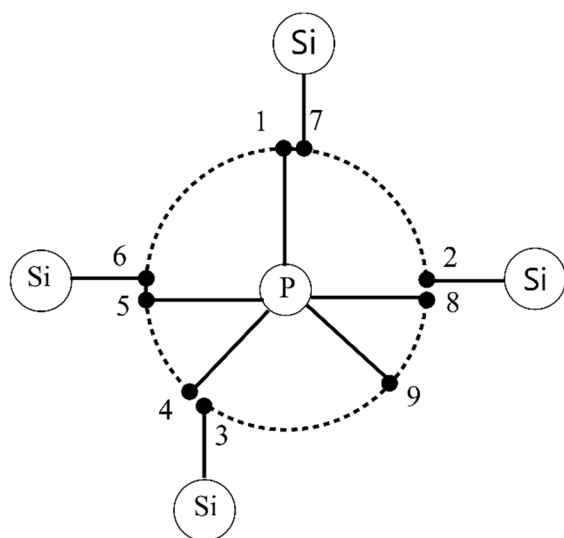
a. Ngoài tính chất có hệ số nhiệt âm, ở nhiệt độ thường, tầm ứng dụng công nghiệp không rộng lắm.

b. Các phòng thí nghiệm tập trung vào việc nghiên cứu sao cho chất bán dẫn có thể dẫn điện tốt ở nhiệt độ thường.

c. Việc khảo sát vừa qua cho thấy tư thế bát vị tạo nên tính chất gần như cách điện của chất bán dẫn, để phá vỡ thế bát vị này, người ta có ý pha vào chất bán dẫn tinh khiết một ít chất lạ nằm trong vùng III và V tức có 3 điện tử hay 5 điện tử ngoại vi. Tìm trong bảng hóa chất, ta có: Phốt pho (5), Gallium (32), Arsenic (5), Bore (3), Al (3), In (3).

d. Phương thức sử dụng là KHUẾCH TÁN ở nhiệt độ cao.

4.2. Chất bán dẫn loại n: pha với P (phốt pho)



Hình 1.4

Tư thế bát vị mất 8 mà dư ra 1 điện tử nên buộc vào P rất lợi. (9).

Chỉ cần 0.05eV là có thể ion hóa thay vì 1.1eV như lúc còn thuần khiết, (nếu pha với Ge chỉ cần 0.01eV).

Nguyên tử P là chất cho **điện tử**.

Trong chất bán dẫn loại n: $N_d \gg n_i$

Với $N_d = 10^{17}/cm^3$ với

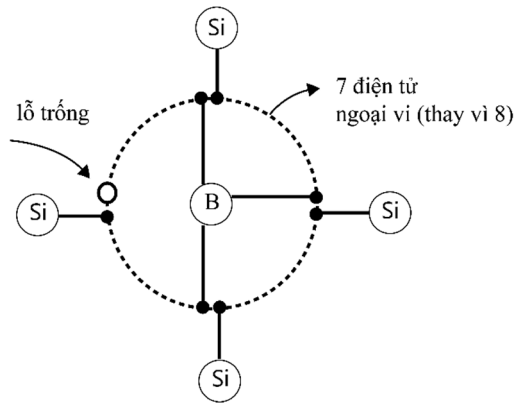
$n_i(Si) = 1.5 \times 10^{10}/cm^3$ vậy tỉ lệ pha P

(Phốt pho) rất ít (N_d nguyên tử P vào 5×10^{22} nguyên tử Si/ cm^3) hình thành tỉ lệ pha đi

từ $\frac{10^{15}}{10^{22}}$ tới $\frac{10^{19}}{10^{22}}$ cho 1 cm^3).

4.3. Chất bán dẫn loại p: (pha chất nhận)

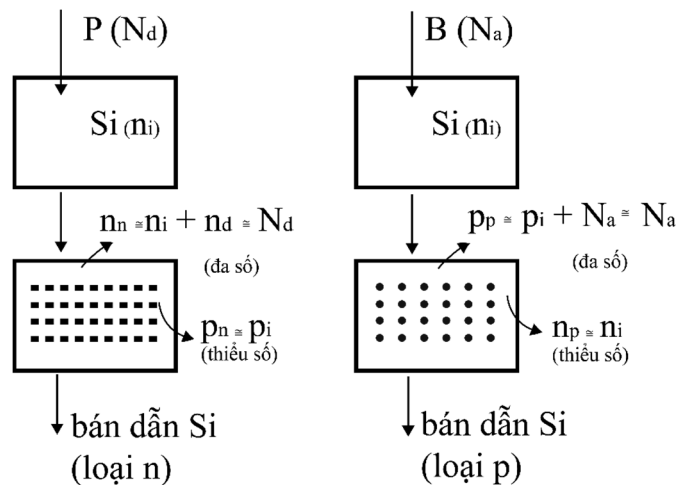
Thay vì pha vào Si các loại nguyên tử có hóa trị 5, ta sẽ pha vào Si loại nguyên tử có hóa trị 3 như Boron (B), Gallium (Ga), Indium (In).



Hình 1.5

Coi như dư một lỗ trống rất cần bổ sung 1 điện tử. Nồng độ pha Bore là N_a/cm^3 bao nhiêu nguyên tử Bore là bấy nhiêu lỗ trống buộc lợi.

Kết luận:



Hình 1.6

Theo thực tế: $N_d \gg n_i$ và $N_a \gg n_i$

Do tích số $n \cdot p = n_i^2$ không đổi, nên:

$$p_n \approx \frac{n_i^2}{N_d} \quad (1.3)$$

$$\text{và } n_p \approx \frac{n_i^2}{N_a} \quad (1.4)$$