

Bài 2 NỐI P – N (p – n junction)

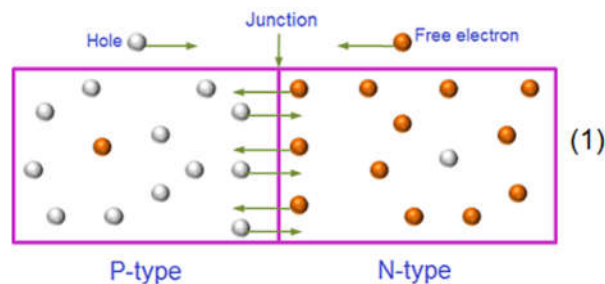
2.1. Định nghĩa

Nối p – n là vùng **tiếp giáp** (junction) giữa 2 vùng bán dẫn n và p của một chất liệu bán dẫn.

2.2. Khảo sát lý thuyết (chưa áp hiệu thế vào 2 đầu)

2.2.1. Dữ kiện cho

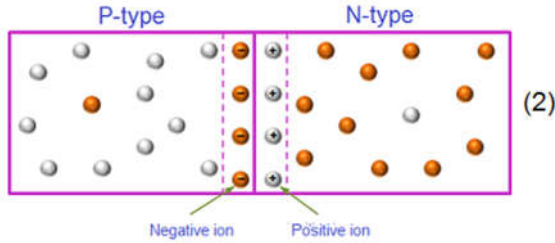
Bán dẫn Si loại n có n_n $N_d = \frac{10^7}{cm^3}$; $p_n = \frac{n_i^2}{N_d} 2.25 \times \frac{10^3}{cm^3}$, ráp với bán dẫn Si loại p
với: hạt tải đa số lỗ trống $p_p = \frac{10^7}{cm^3} = N_a$ và thiểu số điện tử $n_p = \frac{n_i^2}{N_a} = 2.25 \times 10^3 / cm^3$



Hình 2.1

2.2.2. Hiện tượng

Khuếch tán: dòng hạt tải chuyển động từ vùng nồng độ cao xuống vùng nồng độ thấp; chỉ xảy ra ở vùng tiếp giáp. Điện tử di chuyển để lại ion + (vùng n), lỗ trống di chuyển để lại ion - (vùng p), hậu quả: hình thành vùng đảo tính, còn gọi là vùng hiếm (depletion).



Hình 2.2

Trong vùng đảo tính xuất hiện một điện trường nội \bar{E}_i .

\bar{E}_i tạo lực trôi trên điện tử và lỗ trống với chiều ngược lại chiều khuếch tán. Khi \bar{E}_i đạt trị \bar{E}_B , lực khuếch tán cân bằng lực trôi thì ngừng khuếch tán: ta có cân bằng động.

\bar{E}_B đưa tới ý niệm V_B : rào điện thế qua hệ thức:

$$\bar{E}_B = \overline{grad} V_B \quad (2.1)$$

Và V_B được coi như một RÀO ĐIỆN THỂ (potential barrier) chặn dòng khuếch tán.

Về lý luận ta có hệ thức sau:

$$\frac{p_p}{p_n} = \frac{n_n}{n_p} = \frac{N_d}{n_i^2 / N_a} = e^{\frac{qV_B}{kT}} \text{ suy ra: } L_n \frac{N_d N_a}{n_i^2} = \frac{qV_B}{kT} \text{ tức } V_B = \frac{kT}{q} L_n \frac{N_d N_a}{n_i^2} \quad (2.2)$$

k = hằng số Boltzmann = $1.38 \times 10^{-23} \text{ joule}$.

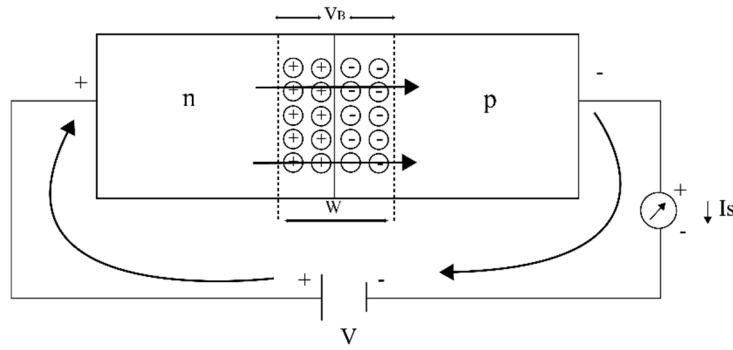
$$\frac{kT}{q} = 0.026 \text{ V ở } 300^\circ \text{ K.}$$

2.3. Khảo sát hoạt động của nối p – n

2.3.1. Phân cực ngược

A. Nếu áp vào 2 cực một hiệu thế: đầu + vào vùng n và đầu – vào vùng p, điện trường \bar{E}_i cùng dấu điện trường \bar{E}_e , vùng khiếm khuyết nở rộng ra và hiện tượng khuếch tán bị chậm nhiều hơn:

Tuy nhiên tình hình sẽ ngược lại đối với hạt tải thiểu số sinh tạo ra do nhiệt với một lượng nhất định. Dòng điện này được gọi là dòng bão hòa ngược (Reverse stated current), chữ bão hòa có nghĩa là dòng không đổi: dòng này rất nhỏ cỡ μA cho Ge và nanoAmpe cho Si, có tên là I_s .



Hình 2.3

Kết luận: Khi phân cực ngược rào điện thế tăng dòng đa số ngưng, vẫn có dòng rỉ do hạt tải thiểu số di chuyển thuận với $(\bar{E}_i + \bar{E}_e)$. Dòng này có tên là DÒNG BẢO HÒA NGƯỢC chỉ tùy thuộc vào lượng hạt tải sinh tạo (nhiệt) mà không tùy thuộc vào $\bar{E}_i + \bar{E}_e$ tức V và V_B .

b. Hiệu ứng Zener

Nếu cứ tăng hiệu điện thế phân cực nghịch, dòng I_S vẫn được duy trì nhưng khi điện trường đạt trị tới hạn \bar{E}_c cỡ $100,000 \text{ V/cm}$, một số nối hóa trị bị bứt rời nên có một sự thay đổi đột ngột dòng ngược.

Trong một khoảng thời gian tăng V ngược, tất cả năng lượng đều dồn vào việc bẻ gãy các nối hóa trị, dòng I_{zener} tăng mạnh nhưng hiệu thế ở hai đầu diod không thay đổi (đặt là V_Z).

Hiệu ứng Zener xảy ra cho 1 diod phân cực ngược khi \bar{E} đạt trị tới hạn, hiệu thế V_Z ở hai đầu diod không thay đổi nếu dòng bên trong không phá hủy bề mặt mối nối. V_Z tùy thuộc vào tỷ lệ pha.

c. Hiệu ứng huỷ thác

Nếu hiệu ứng Zener xảy ra ở V_Z cao và sau đó V ngược tiếp tục được nâng, điện trường bứt rời các mối nối vận tốc hạt quá cao đủ năng lượng để bứt rời các nối khác và hiện tượng phản ứng dây chuyền xảy ra, hiện tượng này được gọi là hiện tượng “huỷ thác”(avalanche).

2.3.2. Phân cực thuận

Phân cực thuận (forward bias) là áp thêm hiệu điện thế V bên ngoài vào nối; + vào vùng p và dấu – vào vùng n; điện trường \overline{E}_e triệt điện trường nội \overline{E}_i và dòng khuếch tán chạy lại.

Ngoài dòng I_S ban đầu còn đối với dòng thuận khi $\overline{E}_e < \overline{E}_i$, lúc $\overline{E}_e \geq \overline{E}_i$ dòng điện khuếch tán tăng mạnh theo công thức hàm số mũ.

Công thức tính dòng khi phân cực thuận là:

$$I_D = I_S \left(\exp^{\frac{qV_D}{kT}} - 1 \right), I_S \text{ là dòng bão hòa ngược.}$$