

p-n Junction

정주안

2025년 8월 18일

개념

1 p-n junction(p-n 접합)

- 반도체의 한 쪽을 p-type으로 반대쪽을 n-type으로 도핑한 다이오드
- 자세한 내용은 물리전자 등 소자 과목 참고

2 pn junction in equilibrium

- 전하 캐리어가 반대쪽으로 확산되며 접합부에서 결합
- 전하 캐리어가 있던 자리에 남은 이온들이 자기장 형성 → 평형 상태
- 접합부에는 전하 캐리어가 거의 존재하지 않는 depletion region(공핍층) 형성
- poisson equation을 통해 평형상태 전하분포를 계산하여 확인 가능

- 평형상태 : diffusion current = drift current

$$\Rightarrow D_p \frac{dp}{dx} = p\mu_p E$$

$$\Rightarrow D_p \frac{dp}{p} = \mu_p E dx$$

$$\Rightarrow \int_{P_n}^{P_p} D_p \frac{dp}{p} = \mu_p \int_{x_1}^{x_2} E dx$$

$$\Rightarrow D_p \ln \frac{P_p}{P_n} = \mu_p (V_{x_1} - V_{x_2}) = \mu_p V_0$$

$$\therefore V_0 = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_a N_d}{n_i^2} = \text{built-in potential} \quad \left(\frac{D}{\mu} = \frac{kT}{q} = 26mV @ \text{rt} \right)$$

- There's no electric field outside the depletion region(neutral region)
- Built-in potential cannot be measured outside(voltmeter)
- We can also obtain same V_0 expression from electron currents.
- Normally, $N_a = N_d \approx 10^{16}/cm^3$

$$\Rightarrow V_0 \approx 26mV \ln \frac{10^{32}}{10^{20}} \approx 720mV$$

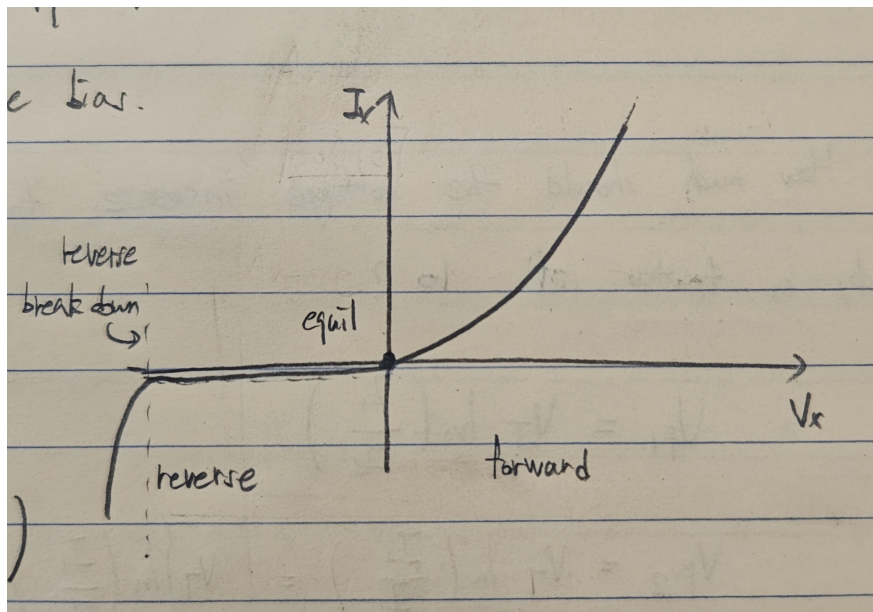
$$\Rightarrow \text{Typical values of } V_0 \text{ are from } 700 \text{ to } 800mV$$

3 pn junction in reverse bias

- anode에 (-) cathode에 (+) 연결
- The depletion region becomes wider.
- 외부 전압에 따라 커패시턴스가 변하는 커패시터처럼 동작한다.("varactor").
- $C_j = \frac{C_{j0}}{\sqrt{1 - \frac{V_R}{V_0}}}$
- 실제로 매우 약한 전류가 흐름
- 외부 전압이 너무 강해지면 reverse breakdown 발생

4 pn junction in forward bias

- anode에 (+) cathode에 (-) 연결 → 전류 흐름
- $I_x = I_s(\exp \frac{V_x}{V_T} - 1) \approx I_s \exp \frac{V_x}{V_T}$
(I_s = reverse saturation current, $V_T = \frac{kt}{q}$)
- $I_s = A \cdot q \cdot n_i^2 (\frac{D_n}{N_a L_n} + \frac{D_p}{N_d L_p})$
(A = cross section area of diode, L_n, L_p = diffusion lengths)



참고 사항

- pn junction 모델은 다음 장

참고 자료

[1] Lazavi microelectronics