

## 7.3 역방향 바이어스(reverse bias)

### ❖ 검토 사항

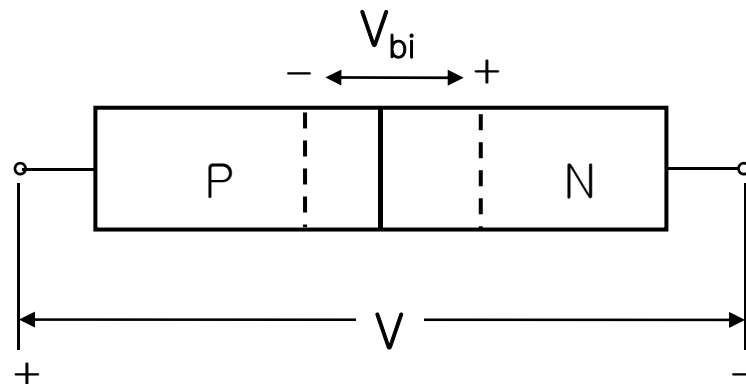
#### (1) non-equilibrium state(비평형 상태)

외부 전압(bias)이 인가되면 pn 접합은 평형상태를 벗어나 비평형상태가 된다.

#### (2) Fermi level

평형상태에서는 그 소자 전체를 통하여 Fermi level이 일정하지만 비평형상태에서는 달라진다.

#### (3) Bias 극성(極性, polarity)



pn junction에 인가된 bias는

$V > 0$  일 때 'forward(순방향) bias'

$V < 0$  일 때 'reverse(역방향) bias' 라고 함

✓ neutral region에는 total charge의 양도 0이고 electric field도 걸리지 않으므로 bias는 모두 space charge region에 걸리는 것으로 본다.

왜냐하면,

neutral p-region에서  $N_a^- = p$ ,

neutral n-region에서  $N_d^+ = n$

이므로 total charge는 0.

또한, total electric charge가 0이므로 electric field도 걸리지 않음.

## (4) Bias 인가 시 pn junction의 물리적 상태 변화

- ① potential barrier 높이의 변화
- ②  $W, x_p, x_n$  크기의 변화
- ③ Fermi level의 어긋남

즉, pn junction에 bias가 인가되면 이 전압의 방향에 따라서

pn junction의 특성에 관한 여러 가지 물리량들이 평형상태의 값으로부터 달라진다.

## 7.3.1 공간전하 폭과 전계

7.2절의 결과 중에서 junction에 걸쳐있는 전압과 공간전하 영역의 폭은

$$V_{bi} = \frac{1}{2} \frac{e}{\epsilon_s} \frac{N_a N_d}{N_a + N_d} W^2$$

이 식을 W에 관한 형태로 정리하면

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s V_{bi}}{e} \left( \frac{N_a + N_d}{N_a N_d} \right)}$$

이제 역 bias에 의해 junction에 걸쳐있는 총 전압은  $V_{bi} \rightarrow V_{bi} + V_R$  로 증가하므로

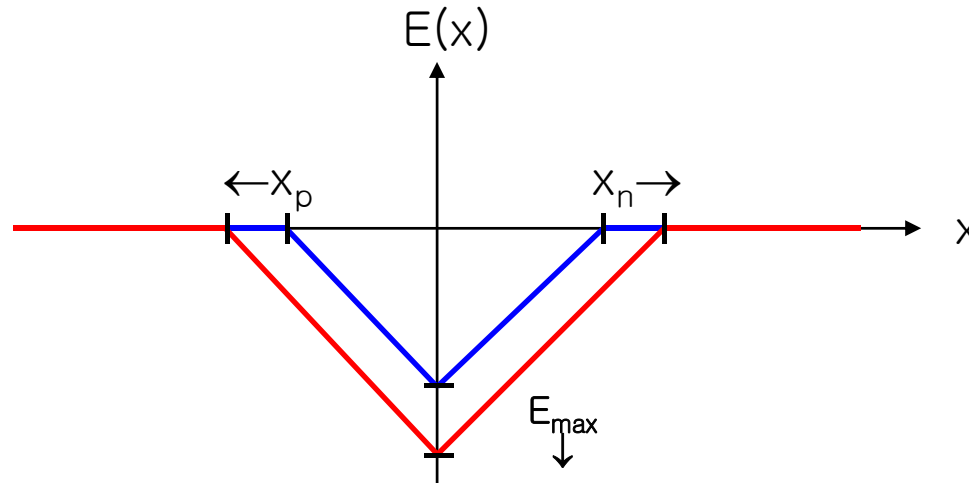
$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s (V_{bi} + V_R)}{e} \left( \frac{N_a + N_d}{N_a N_d} \right)}$$

로 역시 증가하며,

p-영역, n-영역에 나뉘어 있는 공간전하폭인  $x_p, x_n$ 도 증가한다.

# 7 장 pn 접합(接合, junction)

또, electric field 역시 bias의 영향을 받아 달라진다.



$$E_{\max} = -\frac{eN_d x_n}{\epsilon_s} = -\frac{eN_a x_p}{\epsilon_s}$$

$$E_{\max} = -\sqrt{\frac{2e(V_{bi} + V_R)}{\epsilon_s} \left( \frac{N_a N_d}{N_a + N_d} \right)}$$

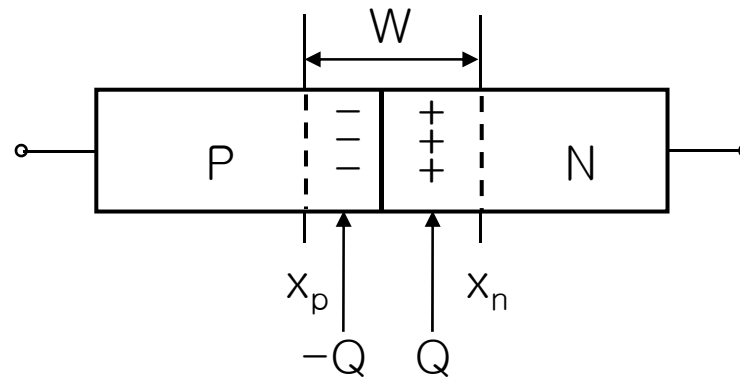
$$E_{\max} = -\frac{2(V_{bi} + V_R)}{W}$$

## 7.3.2 접합 capacitance

i) junction capacitance :  $C'$

- ✓ 공핍영역 내의 uncompensated charge(ionized impurity)에 의한 capacitance로서 junction의 단위면적당 값이다. [단위 : F/cm<sup>2</sup> ]
- ✓ 'transition region capacitance' 또는 'depletion layer capacitance'라고도 부른다.

ii)  $C'$ 의 계산



$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s V_{bi}}{e} \left( \frac{N_a + N_d}{N_a N_d} \right)} \quad : \text{equilibrium}$$

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s (V_{bi} + V_R)}{e} \left( \frac{N_a + N_d}{N_a N_d} \right)} \quad : \text{with reverse bias}$$

또,  $|Q| = eAx_nN_d = eAx_pN_a$  이므로

$$x_n = \frac{N_a}{N_a + N_d} W, \quad x_p = \frac{N_d}{N_a + N_d} W$$

$$\therefore |Q| = eA \frac{N_a N_d}{N_a + N_d} W = A \sqrt{2e\epsilon_s (V_{bi} + V_R) \frac{N_a N_d}{N_a + N_d}}$$

따라서

$$\begin{aligned} \therefore C' &= \left| \frac{dQ}{d(V_{bi} + V_R)} \right| / A \\ &= \sqrt{\frac{e\epsilon_s}{2(V_{bi} + V_R)} \frac{N_a N_d}{N_a + N_d}} \end{aligned}$$

\*  $C' \propto \frac{1}{\sqrt{V_{bi} + V_R}}$  : voltage variable capacitance (varactor)

## 7.3.3 일방 접합(一方 접합, One-sided junction)

$N_a \gg N_d$  또는  $N_a \ll N_d$  처럼 p-또는 n-영역의 불순물 농도가 현저히 다를 경우, 공핍층은 두 영역에 걸쳐 같은 쪽으로 생성되지 않고 어느 한 쪽에 치우치게 된다.

이러한 pn 접합을 일방 접합이라고 부른다.

