



Chapter 1

半導體元件及基本運用

1.1 半導體材料與性質

南台科技大學

Southern Taiwan University

1.1 半導體材料與性質

1. 本質半導體

- ◆ 沒有其他種類原子在其內的單晶半導體材料，其內部的電子與電洞的濃度相同(主要影響濃度的因素為溫度)

- ◆ 本質載子濃度 n_i (Intrinsic Carrier Concentration) = $BT^{\frac{3}{2}}e^{\frac{-E_g}{2kT}}$

B: 與半導體材料有關 ($\text{cm}^{-3}\text{K}^{\frac{-3}{2}}$)

E_g : Bandgap Energy (eV)

T: 絕對溫度 (°K)

k: 波茲曼常數 ($0.86 \times 10^{-8} \text{ eV/K}$)

- ◆ When $T=0 \text{ K}$ (絕對溫度=0)

此時為絕緣體 (Insulator)，沒有電流在其內流動

When T 隨時間上升

此時就有電子脫離共價鍵游離出來， E_g 稱為能隙能量 (Bandgap Energy)

→→→ 一個價電子至少獲取某一個最小的能量，方能游離出來

在常溫下: 大 E_g → 絕緣體

小 E_g → 導體

2. 非本質半導體

- ◆ 施體 (Donor) 雜質原子的半導體 → n 型半導體 (n-type Semiconductor)

受體 (Acceptor) 雜質原子的半導體 → p 型半導體 (p-type Semiconductor)

- ◆ 含雜質原子的材料稱為非本質半導體 (Extrinsic Semiconductor) 或參雜半導體 (Doped Semiconductor)

- ◆ 經由控制電子電洞的濃度，決定材料的導電度

- ◆ 在熱平衡之下，半導體中電子與電洞濃度之間的基本關係式為

$n_0 p_0 = n_i^2$ 其中 n_0 : 電子之熱平衡濃度

p_0 : 電洞之熱平衡濃度

3. 漂移及擴散電流

- ◆ 有兩個力量導致電子與電洞移動

I. 漂移 (Drift): 電場所造成

施加一個電場使電子與電洞因受力而產生淨漂移 (速度與淨位移)

$V_{dn} = -\mu_n E$ 其中 μ_n : 電子移動率 ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)

$V_{dp} = -\mu_p E$ 其中 μ_p : 電洞移動率 ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)

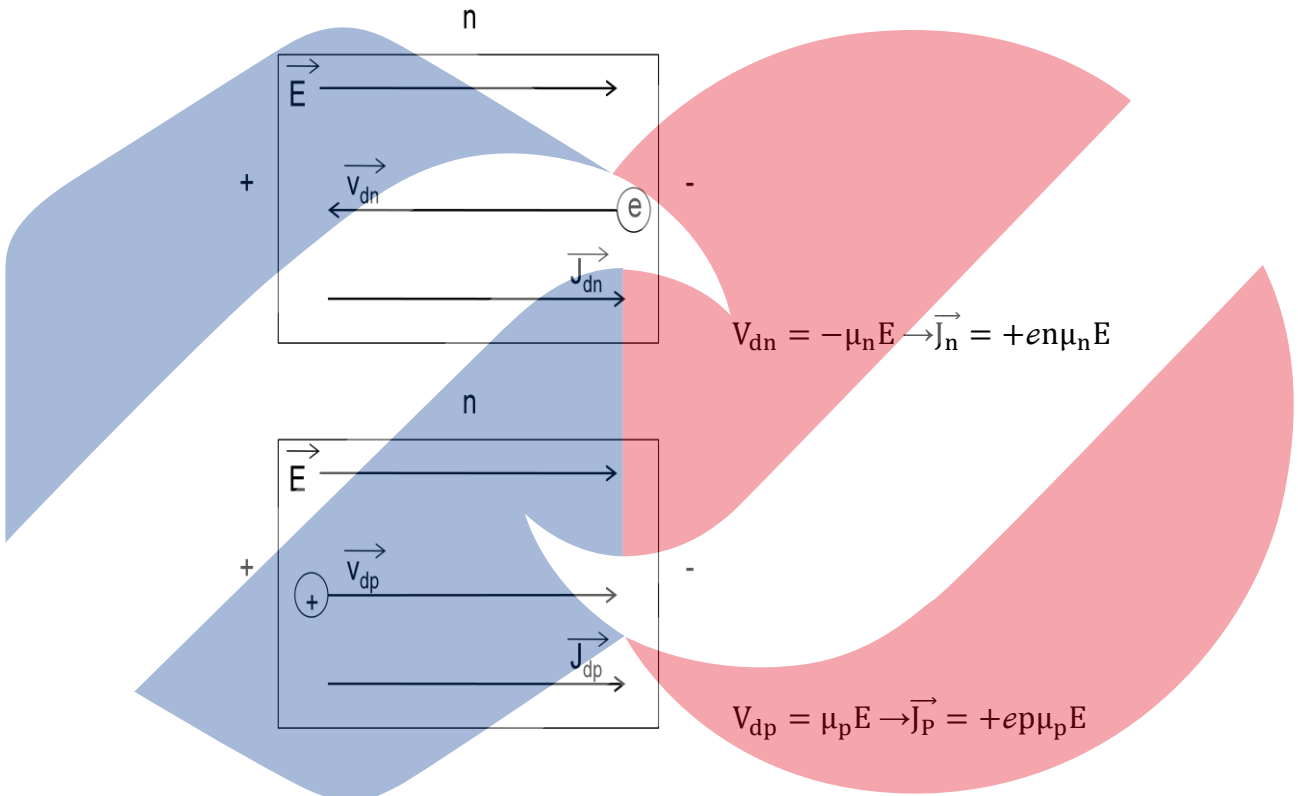


If Si(矽) $\rightarrow \mu_n = 1350 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, $\mu_p = 480 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$

漂移速度(V_{dn} 、 V_{dp}) \rightarrow 可得漂移電流密度 $J_n(\text{A}/\text{cm}^2)$

$J_n = -enV_{dn} = -en(-\mu_n E) = +en\mu_n E$ 其中 n : 電子濃度(n/cm^3)

e : 電荷值



總漂移電流密度 \rightarrow 為電子與電洞分量之和

$$\vec{J} = \vec{J}_n + \vec{J}_p = en\mu_n \vec{E} + ep\mu_p \vec{E} = (en\mu_n + ep\mu_p) \vec{E} = \sigma \vec{E}$$

其中 σ : 半導體的導電度(Conductivity) $(\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$

$$\rightarrow \vec{J} = \sigma \vec{E}$$

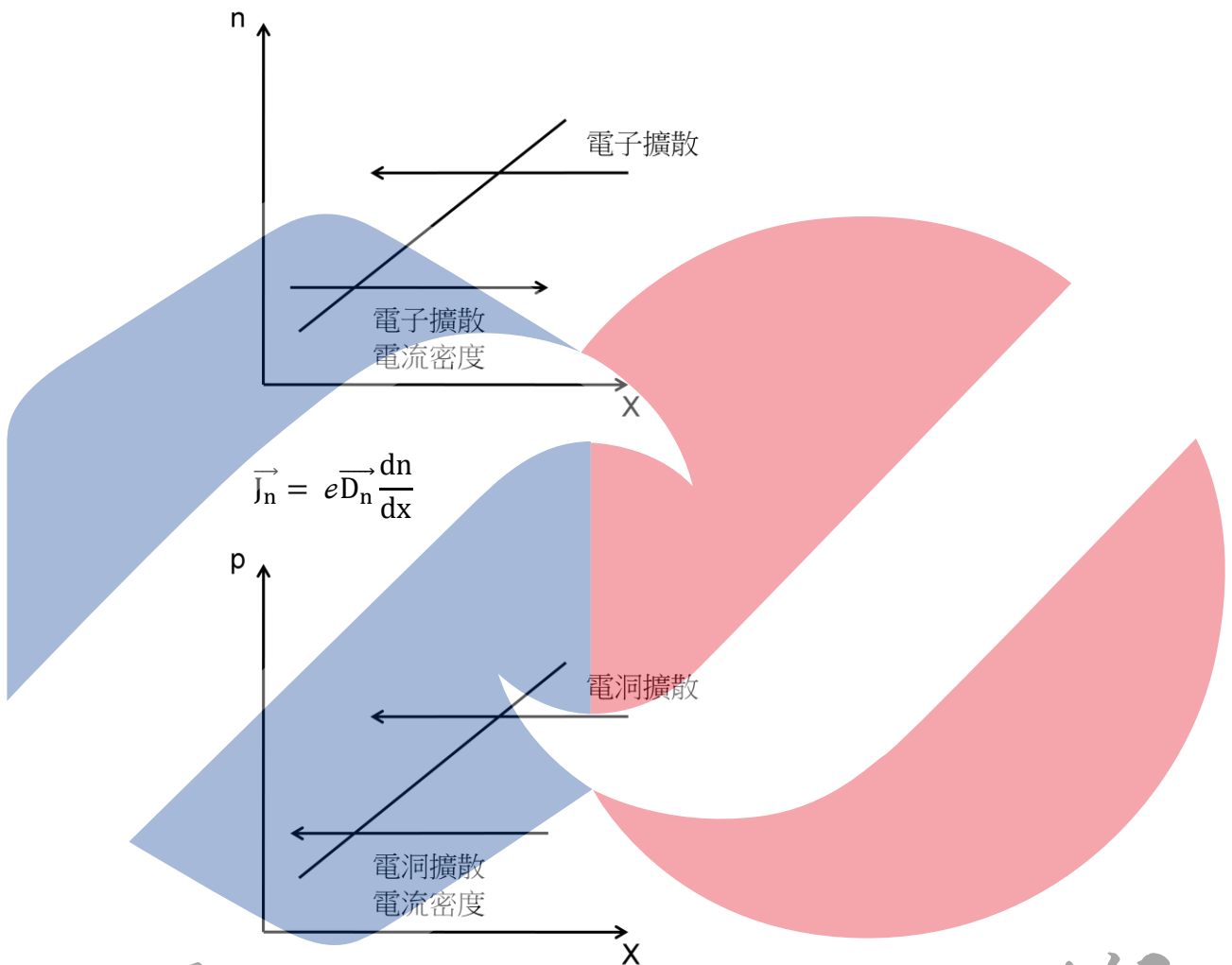
$$\text{同乘 } A \rightarrow \vec{J}A = A\sigma \vec{E}$$

$$\vec{I} = A\sigma \vec{E}$$

$$\vec{E} = \frac{V}{L} \text{ 代入 } \rightarrow \vec{I} = A\sigma \frac{V}{L}$$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{A\sigma}{L}$$

II. 擴散(Diffusion):濃度差異(梯度)所造成



$$\vec{J}_n = e\vec{D}_n \frac{dn}{dx}$$

$$\vec{J}_p = -e\vec{D}_p \frac{dp}{dx}$$

$D_n D_p$: 電子電洞的擴散係數(cm^2/s)

(Electron/Hole Diffusion Coefficient)