

### 1.2.2 載子擴散 (carrier diffusion) 與擴散電流 (diffusion current)

在半導體材料中，除了漂移外，還有另一種可在半導體中產生電流的機制——擴散 (diffusion)。擴散是載子由高濃度區域往低濃度區域流動的過程。由於半導體中載子（電子或電洞）是帶電的，因此載子的擴散會產生另一個電流成份稱為擴散電流 (diffusion current)，且擴散電流是與濃度梯度 (concentration gradient) 成正比。對電子而言，電子擴散電流密度為：

$$J_{n, \text{diff}} = qD_n \frac{dn}{dx} \quad (1.31)$$

其中  $dn/dx$  為電子濃度對空間的微分或濃度梯度，而比例常數  $D_n$  稱為電子擴散係數 (diffusion coefficient 或 diffusivity) 單位為  $\text{cm}^2/\text{sec}$ 。考慮圖 1-9 之電子濃度  $n$  對距離  $x$  的變化情形，電子濃度隨  $x$  增加，梯度為正，電子將往負  $x$  方向擴散。由於電子具有負電荷，因此電流方向是往  $x$  方向。反之，如果電子濃度梯度  $dn/dx$  為一負值（即電子濃度隨  $x$  減少），則電子擴散電流密度的方向將會是負  $x$  方向。

類似地，電洞擴散電流密度為：

$$J_{p, \text{diff}} = -qD_p \frac{dp}{dx} \quad (1.32)$$

其中  $dp/dx$  為電洞濃度梯度，而  $D_p$  為電洞擴散係數。注意，(1.32) 式中有一個負號，因為此擴散電流是流向低的電洞濃度方向。舉例，若電洞濃度隨  $x$  增加（即梯度  $dp/dx > 0$ ），電洞將朝負  $x$  方向擴散（因為負  $x$  方向的電洞濃度較低），又電洞為正電荷，因此電流方向是負  $x$  方向，故電洞擴散電流方向與濃度梯度相差一個負號。

若半導體材料中電子與電洞的濃度梯度均存在，則總擴散電流密度  $J_{\text{diff}}$  為：

$$J_{\text{diff}} = qD_n \frac{dn}{dx} - qD_p \frac{dp}{dx} \quad (1.33)$$