

$$n_p = n_i e^{(E_F - E_i)/kT} \quad (3.5)$$

由上式知表面電子濃度  $n_p$  大於  $n_i$ ；而由 (3.3) 式可知表面的電洞濃度  $p_p$  則小於  $n_i$ 。於上述情形中，當 p 型矽基底表面的電子數（電子應為少數載子）大於電洞數（電洞應為多數載子）時，這時矽表面由 p 型變成 n 型，此即為所謂的反轉情形。需注意的是，當半導體表面剛發生反轉時，表面的電子濃度雖然比表面的電洞濃度大，但仍然比半導體內部的電洞濃度來得小，所以此時半導體表面是處於弱反轉（weak inversion）的狀態。當外加電壓持續增加，造成矽表面的能帶更加向下彎曲，使得表面的電子濃度等於 p 型矽基底內部的電洞濃度，開始產生強反轉（strong inversion）。一旦強反轉發生，半導體中大部分額外的負電荷是由電子在很窄的 n 型反轉層（inversion layer）中產生的電荷  $Q_n$  所組成，如圖 3-3(c) 所示，其中  $x_i$  為反轉層的寬度，其通常是遠小於表面空乏區的寬度。而且，一旦達到強反轉狀況，空乏區的寬度就會達到最大值  $W_m$  而不再增加，即使持續加大閘極上的電壓，只會增加反轉層內的電荷，這是因為當能帶向下彎曲到足以發生強反轉時，即使只是小小的增加能帶彎曲程度，也會使得反轉層中電荷  $Q_n$  的急劇增加。因此，在強反轉的情況下，半導體中每單位面積的電荷  $Q_s$  是由反轉層中的電子電荷  $Q_n$  與空間電荷  $Q_{sc}$  二部分所構成：

$$Q_s = Q_n + Q_{sc} \quad (3.6)$$

而單位面積的空間電荷密度為：

$$Q_{sc} = -qN_A W_m \quad (3.7)$$

其中  $W_m$  為表面空乏區寬度的最大值。特別強調，上述很薄的 n 型矽表層不是經由摻雜來形成，而是藉由外加閘極電壓使原本 p 型的矽基底表面產生反轉。此反轉層是造成 MOSFET 電流流動的導通通道（channel），因此在討論 MOSFET 的操作原理與元件特性時是非常重要的觀念。