

同樣地，若在半導體 Si 中第 III 族元素如硼 (B) 則會在靠近價電帶之處有雜質能階  $E_A$  如圖 1-4(b) 中顯示。此能階在絕對零度時是空的（即沒有電子的）；但當溫度高於約 50K 時，熱能就足以將價電帶中的電子激發到雜質能階  $E_A$  上（因為  $E_A$  很靠近價電帶）並同時在價電帶生成等量的電洞。因為這類的雜質能階「接受」價電帶來的電子故被稱為受體能階 (acceptor level)，此類第 III 族元素的雜質稱為受體雜質 (acceptor impurity) 或受體 (acceptor)。硼 (B) 這類的受體原子摻雜到 Si 中，只會增加價電帶的電洞，而不會增加導電帶的電子。（註：雖然受體能階  $E_A$  上有價電帶來的電子，但這些電子不會參與導電；會參與導電的只有導電帶中的電子與價電帶中的電洞。）這種形式的半導體材料稱為 p 型半導體（p 代表帶正電的電洞）。

上述施體與受體的觀念亦可使用如圖 1-5 的共價鍵結模型 (covalent bonding model) 來解釋。圖 1-5(a) 顯示一個帶有五個價電子的 As 原子（第 V 族元素）摻雜於矽晶矽中並取代其中一個矽原子。此砷原子的其中四個價電子會與四個鄰近矽原子形成共價鍵，剩下的第五個電子則是被砷原子鬆散地束縛住，因此僅需要少量的熱能就可將此電子「游離 (ionize)」成為自由電子參與電流的傳導。因此類似圖 1-4(a) 的邏輯，砷原子被稱為施體。類似地，圖 1-5(b) 顯示當一個帶有三個價電子的 B 原子（第 III 族元素）若要取代一個矽原子，必須從鄰近共價鍵結接受一個額外的電子，才可在硼的四周形成四個共價鍵。而鄰近的共價鍵少了一個電子就相當於形成一個帶正電的電洞。因此硼原子被稱為受體。

### 1.1.5 外質半導體之載子濃度

我們已定義了本質半導體為晶體中沒有摻雜雜質的半導體，其電子濃度與電洞濃度均等於本質載子濃度  $n_i$ ，而且其費米能階  $E_F$  與本質費米能階  $E_i$  重疊。而外質半導體則是加入特定數量的雜質原子，會使得熱平衡時電子與電洞濃度不同於本質半導體之載子濃度。雜質原子可分為施體與受體兩類。當施體加入半導體中，半導體為 n 型，其電子濃度大於電洞濃度；反之，當受體加入時，半導體為 p 型，其電洞濃度大於電子濃度。