

- (1)在穿透邊一側的電子須有填滿的狀態 (filled states)，而且另一側必須存在相同能量的空置狀態 (empty states) 可以用來接受穿透過來的電子。
- (2)小的穿透距離。對 p-n 接面二極體而言，穿透距離大約等於空乏區寬度 W ，其值須小於 $50 \sim 100 \text{\AA}$ 。

由§2.2.3 節的討論可知，為了要得到小的穿透距離（或空乏區寬度 W ），在 p 側和 n 側的摻質濃度都必須非常高 ($> \sim 10^{17}/\text{cm}^3$)。所以，稽納崩潰通常是發生在高雜質濃度的二極體，其崩潰電壓值也較低。對矽的 p-n 接面，若崩潰電壓小於 $4E_g/q$ ($\sim 4.5\text{V}$ 於溫度 300K 時，其中 E_g 為能隙)，代表造成稽納崩潰的穿透效應為二極體產生崩潰的主要機制。若 $V_{BD} > 6E_g/q$ ($\sim 6.7\text{V}$ at 300K)，則雪崩崩潰為主要的崩潰機制；而當 $4E_g/q < V_{BD} < 6E_g/q$ 時，則為穿透效應和雪崩崩潰的混合，很難說那一種崩潰效應較顯著。

另外，經由量測崩潰電壓隨溫度改變而改變的關係，可分辨稽納崩潰與雪崩崩潰。稽納崩潰的溫度係數為負，意即：稽納崩潰的崩潰電壓是隨測試溫度的升高而減小。這是因為升高溫度會使得半導體的能隙 E_g 變小，同時也增加電子的穿透機率（這可經由想像圖 2-20 中的穿透距離變得較窄了）。由於愈大的穿透機率就愈易形成逆向偏壓電流，因此其崩潰電壓也隨之降低。相反地，雪崩崩潰的溫度係數為正，其崩潰電壓是隨溫度的升高而升高。至於雪崩崩潰的物理機制將在下節中作說明。

2.8.2 衝擊游離與雪崩崩潰

上節討論過，稽納崩潰一般是發生在高摻雜濃度的接面上。因此當接面的任一邊濃度較低（如 $p^+ - n$ 單側陡接面中 $N_D \cong 10^{17}/\text{cm}^3$ 或更小）將使得空乏區寬度 W 太寬以致於不易發生穿透效應，取而代之的崩潰機制乃是所謂的衝擊游離 (impact ionization)。考慮如圖 2-21 所示一 $p^+ - n$ 單側陡接面在逆向偏壓下的能帶圖，當電子（如圖中標記為 1 的電子）進入空乏區時，電子會由空乏區的電場加速而獲得動能。假如電場夠大，這個電子就可得到足夠大的動能，並經由撞擊空乏區中的原子而產生電子—電洞對（如標記為 2 的電子與標記為 2' 的電洞），此被稱為衝擊游離。而在衝擊游離的過程中，載子數目會增加的現象稱為載子倍增 (carrier multiplication)。新產生的電子與電洞由於受到電場