

子的產生 (generation) 與復合 (recombination) 速率可以跟得上交流測試電壓的頻率改變，因此表面反轉層中的電荷會隨著量測信號的改變而作同步的電荷交換。此種情況就類似前面所討論的聚積模式，其總電容是由  $C_{ox}$  主控，所以於圖 3-7(b) 中的低頻量測時，在強反轉條件下所量得的電容幾乎等於氧化層電容  $C_{ox}$ 。圖 3-7(b) 亦顯示在不同頻率下所量到 MOS 元件的 C-V 曲線。

下面，我們再提出二點重要討論，供讀者在實務上的應用。第一，在強反轉情況下，經由量測高頻與低頻電容，可以同時求解得到半導體的空乏層電容  $C_s$  與氧化層電容  $C_{ox}$ ；而且再經由 (3.27) 式，我們可以從  $C_{ox}$  推算出另一個重要的參數  $t_{ox}$  (氧層厚度)。第二，雖然前面已說明在高頻量測時，強反轉下所量到的 MOS 電容等於  $C_{min}$ ；然而，在相同的量測條件下 (即強反轉時的高頻電容)，量得 MOSFET 元件 (關於 MOSFET 的結構，請參閱 §4.1 節) 的電容值亦幾乎等於  $C_{ox}$ ，這是因為 MOSFET 元件的源極 (source) 和汲極 (drain) 區域能夠快速地提供源源不絕的反轉層 (即通道) 電荷。這點在實務上是蠻有用的，因為 MOS 在強反轉下的低頻電容有時不易量得或不穩定 (類似圖 3-7 中的低頻 C-V 曲線發生抖動現象)，此時我們可經由量測 MOSFET (但必須與 MOS 有相同的氧化層厚度) 的高頻電容來間接得到 MOS 電容於強反轉下的低頻電容值  $C_{ox}$ 。

最後，我們將以上對 n-MOS 元件在不同電容量測情況下的電荷變化情形整理於圖 3-9，其中 (a) 是在聚積模式下、(b) 是在空乏模式下、(c) 為反轉時的低頻量測、以及 (d) 為反轉時的高頻量測。如前所述，在多數載子累積的條件下如圖 3-9(a) 所示，MOS 元件隨著小訊號的改變會造成電荷  $\Delta Q$  在氧化層的二側增加或減少，因此 MOS 總電容很接近氧化層電容。而在空乏操作模式時，由於閘極電壓  $V_G$  為正，使得半導體表面的空乏區向半導體內部延伸，所以受到交流測試訊號的改變而造成電荷的變化量  $\Delta Q$  如圖 3-9(b) 顯示，直到閘極電壓加到使半導體表面產生強反轉。在強反轉下的低頻量測時，因為反轉層中的電荷會跟著小訊號作同步的電荷交換，所以電荷的變化量  $\Delta Q$  如圖 3-9(c) 所示，故 MOS 電容很接近氧化層電容；反之，在強反轉下的高頻量測時，由於反轉層電荷跟不上高頻測試訊號，所以電荷變化量  $\Delta Q$  如圖 3-9(d) 顯示，故 MOS 的總電容達到最小值  $C_{min}$ 。