

(2)公式 (4.14) 為進入飽和區的發生點  $V_{Dsat}$ 。

(3)當  $V_G > V_T$  與  $V_D > V_{Dsat} = V_G - V_T$  時，n-MOSFET 是操作在飽和區，其汲極電流公式為 (4.15)。須注意，公式 (4.15) 用在長通道 MOSFET 元件上，通常可得到相當正確的值；但 (4.15) 必須經過修正才可用在目前普遍量產的短通道 (short-channel) MOSFET 元件上，這將留在下一章討論。

最後，我們提供讀者在實務應用上的重要觀念。那就是，希望藉由增加飽和汲極電流  $I_{Dsat}$  來提升元件的性能 (performance)。公式 (4.15) 暗示至少有以下幾種方法：

- (1)增加通道寬度  $W$ 。這種方法雖然是很直接的方式，但缺點是佔面積，有違反增加元件積集度的原則。
- (2)縮短通道長度  $L$ 。此乃普遍採用的方法，因為可同時提升元件性能與積集度。
- (3)減少氧化層厚度  $t_{ox}$ 。由 (3.27) 式可知， $t_{ox}$  變薄可增加  $C_{ox}$  進而得到較大的  $I_{Dsat}$  值，此亦為普遍使用的方法。
- (4)亦由 (3.27) 式，使用高介電係數的介電層（稱為 high-k dielectrics）亦可增大  $I_{Dsat}$  值。
- (5)增加載子移動率。例如，目前先進的製程技術有使用所謂的應變的 (strained-Si)。

#### 4.3.2 轉移特性 $I_D - V_G$

轉移特性 (transfer characteristics) 是指在某個固定的汲極偏壓下，將汲極電流  $I_D$  (為輸出 output) 對閘極偏壓  $V_G$  (為輸入 input) 的作圖，例如圖 4-8(a) 所示。以下將線性區與飽和區分開考慮。

在線性區當  $V_D$  值很小時 (通常固定在 0.05V 或 0.1V)，式 (4.12) 可簡化為：

$$I_D = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_G - V_T) V_D \quad \text{當 } V_D \ll (V_G - V_T) \quad (4.16)$$