

本章內容綜述

MOSFET 元件尺寸的微縮是一個持續的工作與必然趨勢，因為希望藉此來增加積體電路中的元件密度與速度。簡單來說，增加密集（或積集度）意味縮減通道長度 L 和通道寬度 W ，而增加速度（或性能）也就必須增加飽和汲極電流 I_{Dsat} 。

在第四章裏，我們介紹了長通道 MOSFET 的元件物理與特性。公式 (4.15) 告訴我們可藉由縮短通道長度 L 或減少氧化層厚度 t_{ox} 來增加 I_{Dsat} 。也就是說理論上 I_{Dsat} 應可經由尺寸微縮的方式一直增加。這也暗示著，最終將是由製程技術（而非元件本身的特性）限制住製造尺寸更小與性能更好的 MOSFET 元件。然而，早期當製程技術演進到通道長度小於約 $1\mu m$ 的 MOSFET 元件時，就已發現當時這些「短」通道（當然若是與現在的技術比較，通道是長了許多的）MOSFET 表現出許多長通道元件模型無法預測的新奇現象，而這些新現象被稱為「短通道效應（short channel effects）」。

舉例來說，一個較令人驚奇的效應就是當 L 愈來愈短時（尤其是當通道長度短於 $0.35\mu m$ 後，就益加明顯）， I_{Dsat} 並不隨 L 的縮減而呈反比增加。事實上，我們將會討論，對小尺寸的 MOSFET 來說， I_{Dsat} 變得與 L 並無明顯的關係。反倒是降低氧化層的厚度仍能夠顯著地提升 I_{Dsat} 值。（所以降低 t_{ox} 一直也是大家努力的重要任務。）

雖然縮短 L 不再能夠有效地增加 I_{Dsat} ，但是為了更高的積集度還是得須要繼續縮減 L 的尺寸。也因此，我們將不可避免地繼續面對短通道效應以及它帶來的問題，所以本章特別針對短通道 MOSFET 的元件特性與相關物理觀念作一系統性的介紹。

若與長通道 MOSFET 元件做比較，我們大致上可將短通道元件的短通道效應歸納為以下三大類：

- (1) 輸出特性 $I_D - V_D$ 關係的改變。對於此特性之改變，我們將討論通道長度調變（channel length modulation）與載子速度飽和（velocity saturation）二個效應。
- (2) 元件的漏電流（leakage current）增加。我們將會介紹臨界電壓下滑（threshold voltage roll-off）、汲極引起的能障下降（drain-induced barrier