

P 型銻通道電晶體之研究

系所／電子工程學系

指導老師／邱福千

組員／張雅雯、陳侑詳、李嘉言、賴裕翔

已知近些年矽互補式金氧半場效電晶體的微縮接近了極限，而產生出許多不好的效應，像是 Short Channel Effect 等等的，這大大降低元件的效能，所以為了改善開關特性，提高驅動電流，我們就需要取改善其材料，依照材料特性去研究，Ge 這種材料被認為是一種很有前進的材料，相比 Si 其電子電洞遷移率會更大，銻的電洞遷移率約為矽的四倍，由於其較高的電洞遷移率非常適合做 P-MOSFET。再者其能隙也比矽小，意味著其能量需求就少，有利於減少能耗。但是其也存在缺點，例如其氧化物氧化銻易在一定條件下氧化生成氧化亞銻，而氧化亞銻會消耗介面銻。其次，銻這種材料的耐受程度差，其無法耐高溫，這就造成在後續氧化層能選取的 High-K 材料較為有限。這是實驗開極我們選用了 ZrN/ZrO₂/Zr-cap/Al₂O₃/GeO₂ 堆疊，ZrN 是作為金屬閘極 TiN 形成之前的 High-K 緩衝層，ZrO₂ 是 High-K 層，用來提升 K 值，較大的 K 值在等效氧化層厚度下可以得到較大的物理厚度 Tox，從而改善開關特性，減少漏電流。

Zr-cap 則用於補充氧，增加能隙降低 EOT 和漏電流，Al₂O₃ 有著好的熱穩定性且能隙較大則作為 High-K 層 ZrO₂ 的緩衝層，但製作時該層不能太厚，因為其 K 值較小會增加等效氧化層厚度，GeO₂ 則是作為介面層，抑制聲子散射，提高遷移率。

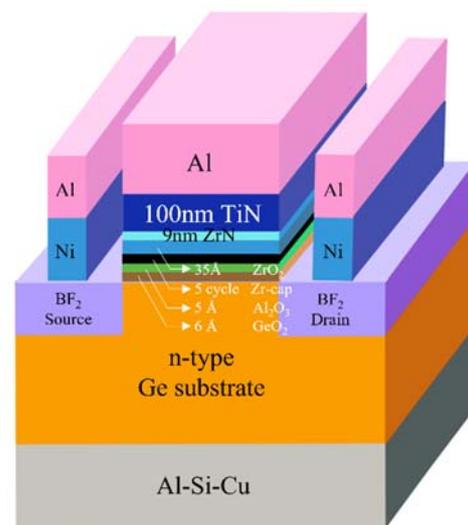


圖 1：元件堆疊圖

隨後我們運用負偏壓溫度的不穩定性(NBTI)來分析元件的可靠度。實驗方式為基極，源極，汲極接地，閘極給定負偏壓，依序從-1.1V 到-1.4V 遞增，應力時間則是從 0s 到 5000s，先進行應力電壓測試在進行電性測試，5000s 後進行 Recovery，實驗方式為基極，源極，汲極接地，閘極給定電壓 0V、0.6V、0.8V，量測方式同上。

臨界電壓會隨著時間越久，偏移量變小，而施加較大的 recovery 電壓時，其回復程度會越大。

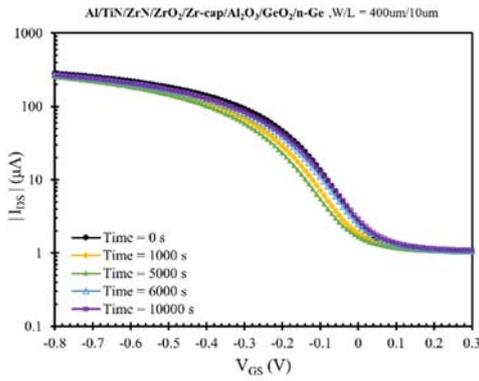


圖 2：ID_S-V_{GS} 轉移特性曲線圖

我們這次使用以下三種方法來量測臨界電壓，分別是線性外插法、跨導轉法和次臨界斜率法。以應力電壓-1.4V 為例，得到臨界電壓對 Stress Time 的圖，透過圖 3 可以得知，跨導轉法的臨界電壓較另外兩種準確，因此後面的實驗將會採用跨導轉法取得的臨界電壓。

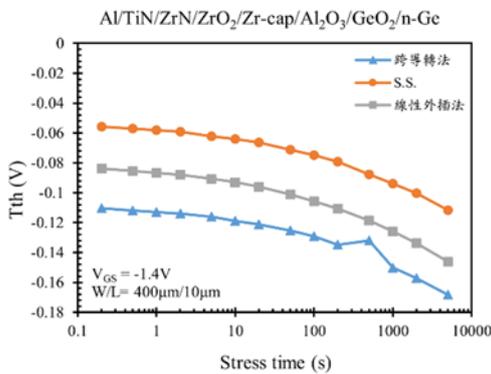


圖 3：三種方法之臨界電壓比較

從圖 4 可以看出，Stress 電壓越大，在 Stress 階段臨界電壓的偏移量就越大，並且臨界電壓的偏移量會隨著時間越來越大，而在 Recovery 階段，5000 秒以後，在 Recovery 電壓較小的部分，

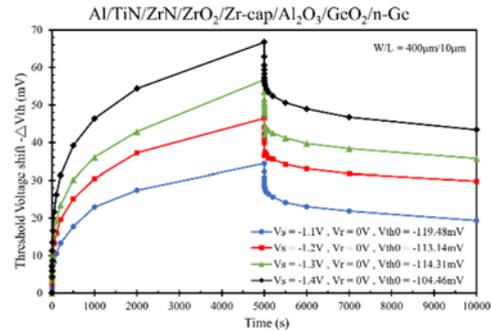


圖 4： ΔV_{th} 對 Time 圖

由 Power Law 可以得到 n 值， ΔV_{th} 的時間指數大約為 0.25-0.37，皆大於 0.125，可以判斷擴散的氫為氫離子 H^+ 和氫原子 H^0 ，且在較低 Stress 電壓時為氫離子主導擴散，Stress 電壓愈高，則氫原子含量增加。從圖可以看到，Stress 電壓增加都會使 n 值下降，但下降的幅度並不是太多。

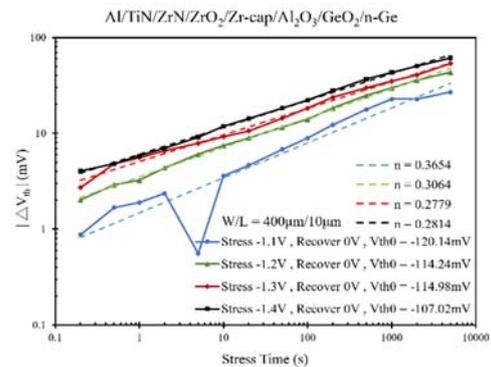


圖 5：臨界電壓變化量對 Stress Time

