

第七章

結論和未來展望

7-1 結論

本論文研究 SC1 前處理和 RTO 前處理方法對以原子層化學氣相沉積法沉積的二氧化鈣薄膜特性的影響，製作並量測了二氧化鈣電容結構和場效電晶體結構，經過材料分析和電性量測，得到以下結論：

材料分析的結果顯示 SC1 前處理生成的二氧化矽厚度只有 0.4nm，小於 RTO 前處理生成的二氧化矽厚度，而經過退火後的二氧化鈣試片，二氧化鈣下方的二氧化矽由於空氣中殘餘的氧和矽基板反應或是矽和二氧化鈣中的氧反應而繼續成長增厚。未退火的二氧化鈣呈現非晶相，經過退火後的二氧化鈣有結晶化的現象發生。

二氧化鈣電容的電性量測結果顯示在濺鍍 TaPt 閘極時，會在二氧化鈣與矽基板介面產生大量的界面缺陷，主要是在濺鍍 TaPt 閘極時形成，而溫度 500°C 時間 30 秒的金屬沉積後退火能夠有效地消除這些界面缺陷。至於二氧化鈣電容的遲滯現象主要是來自於負偏壓下從矽基板入射的電洞被二氧化鈣中的缺陷捕捉造成的，經過退火後的二氧化鈣電容由於具有較厚的二氧化矽，降低電洞入射的機率，所以其遲滯現象可以大幅獲得改善。SC1 前處理的二氧化鈣電容在經過 600°C 退火後，由於二氧化鈣結晶化，導致漏電流劇烈上升。經過 600°C 退火後由於二氧化鈣下方的二氧化矽厚度增厚，使得漏電流稍微下降。而 RTO 前處理的二氧化鈣電容經過退火後雖然二氧化鈣結晶化，但是二氧化鈣下方的二氧化矽厚度較厚，因此其漏電流隨著退火溫度增加而下降。

二氧化鈣金屬閘極場效電晶體的電性量測結果顯示 RTO 前處理的二氧化鈣場效電晶體較 SC1 前處理的二氧化鈣場效電晶體有較大的驅動電流，

這主要跟 RTO 前處理的二氧化鉛場效電晶體有較大的遷移率有關，而造成遷移率較大的原因是因為 RTO 前處理的二氧化鉛場效電晶體有較厚的二氧化矽，減輕了聲子散射和庫倫散射降低遷移率的現象。最後由正偏壓溫度相關不穩定(PBTI)測試知道造成臨界電壓偏移的主要原因是因為二氧化鉛中的本體缺陷(bulk trap)而非界面缺陷(interface trap)，而隨著退火溫度升高二氧化鉛下方的二氧化矽厚度增厚，其臨界電壓偏移量也大幅降低。

二氧化鉛電容的崩潰電場和崩潰時間顯示出 SC1 前處理未退火的二氧化鉛薄膜較 RTO 前處理未退火的二氧化鉛薄膜有較高的崩潰電場和崩潰時間，而經過退火後則相反，由發生崩潰是二氧化鉛崩潰的結果我們可以推斷 SC1 前處理未退火的二氧化鉛薄膜較 RTO 前處理未退火的二氧化鉛薄膜具有較佳的品質，反之 SC1 前處理退火後的二氧化鉛薄膜較 RTO 前處理退火後的二氧化鉛薄膜具有較多的缺陷而導致其可靠度下降。最後我們利用場效電晶體結合載子分離的方法得到負偏壓下二氧化鉛薄膜的漏電流主要為電洞電流和發生崩潰時為二氧化鉛崩潰的重要結論。

由以上結論我們發現如果要有效達到降低電容等效厚度的眼光來看，SC1 前處理是一個較佳的選擇，至於 SC1 前處理的二氧化鉛薄膜和 RTO 前處理的二氧化鉛薄膜，從材料分析和電性分析的結果顯示其薄膜特性並無顯著差異。

最後 SC1 前處理和 RTO 前處理經過 600°C 退火的二氧化鉛電容，十年工作期限操作電壓分別為-1.3V 和-2.5V。

7-2 未來展望

由本論文的實驗結果發現 SC1 前處理除了形成極薄的二氧化矽外，對於後續沉積二氧化鉛薄膜的品質並沒有太大的優勢，因此建議之後的研究可以對由 SC1 形成的二氧化矽進行熱處理，期望經過熱處理後的二氧化矽薄膜較緻密且品質更佳，使得後續沉積的二氧化鉛薄膜具有更好的特性。

目前半導體的製程具有不可避免的高溫製程，純的二氧化鉛薄膜在這

些高溫製程下發生結晶化導致漏電流增加的問題必須被解決。文獻中報導在純的二氧化鉛中加入鋁或矽可以提高其結晶化的溫度，但是相對必須付出的代價就是介電常數的下降，所以如何在這兩者之間取得一個平衡點便是後續工作所需要研究的重點和目標。

經由漏電機制的比對，我們發現 SC1 前處理經過 600°C 和 800°C 退火後的二氧化鉛漏電機制明顯和其他實驗條件下不同，造成漏電機制不同的原因仍然不明，這也是未來需要釐清的部分。

由我們的實驗發現二氧化鉛場效電晶體的遷移率可能受到聲子散射和庫侖散射的影響，因此日後的研究希望能夠利用這兩種散射機制溫度係數不同的特性，確切了解哪一個機制才是主導遷移率的主因。

最後為了測試二氧化鉛場效電晶體的可靠度以符合需求，所以往後需要量測 n 型通道場效電晶體在正偏壓下的十年工作期限操作電壓。

