

第七章 總結與未來的工作

7.1 總結

本論文中針對Pd及Ni金屬誘發結晶技術進行研究，並且針對其結晶上的缺陷，利用兩段式退火的方式或者是後退火的方式進行改善，並且進行機制的探討。以下就各章節的重點做結論：

在第二章中利用無電鍍方式鍍覆Pd在非晶矽上來誘發結晶，而得到的結晶晶粒有兩個方向，主要的結晶方向是 $\langle 211 \rangle$ 方向，而第二個結晶方向是與主要結晶方向垂直的 $\langle 011 \rangle$ 方向。另外，我們利用無電鍍鈹結晶的多晶矽膜來製作低溫多晶矽的薄膜電晶體(LTPS TFT)，但是，由於有大量的Pd silicide殘留在多晶矽膜中，所以造成元件的效能變差。同時發現Pd silicide的量隨著退火時間及退火溫度的增加而增加。因此，提出兩階段退火的方式去得到適量的Pd silicide誘發結晶，而減少多晶矽膜中的Pd₂Si的殘留。利用兩階段退火的方式讓元件特性獲得明顯的提升。

另外，由於Ni誘發結晶的Ni膜需要高真空下鍍覆，以得到高品質的Ni膜來誘發結晶，但是高真空鍍覆需耗時在抽真空上，因此為了簡省製程的時間及成本，所以在第三章中利用低真空且含氧的Ni膜進行誘發結晶的研究，並探討鎳誘發結晶過程中氧在鎳(Ni)誘發非晶矽側向結晶中的影響。結果發現氧的退火氣氛不會影響NILC結晶長度及成長速率。而且Ni膜中的氧存在也不會降低NILC成長速率。但是，結晶的孕核階段會受影響，需花四小時的時間成核，這是因為NiO需要時間還原成Ni金屬後才會與矽反應形成NiSi₂而進行誘發結晶。

在第四章中提出混和(hybrid)結晶技術的結晶機制，此混和結晶技術即是Ni金屬誘發結晶技術搭配雷射修補技術進行結晶的研究。此研究中，從500Å的NILC-ELA多晶矽膜的結晶過程中，發現隨著不同的雷射能量密度，而有不同的結晶行為，因而提出NILC-ELA多結晶膜的機制，分成：(A)非晶矽(a-Si)熔融；(B)非晶矽/多晶矽(a-Si/poly-Si)熔融。在a-Si熔融時，其結晶形狀和NILC poly-Si的針狀結晶一樣。而在a-Si/poly-Si熔融區時，多晶矽晶粒的形狀和尺寸與NILC的針狀結晶非常不同。在此a-Si/poly-Si熔融區依雷射能量大小又被分成(1)幾何合併(geometrical coalescence)區及(2)完全熔融區。在幾何合併區時，由於NILC結晶晶粒有 $\langle 111 \rangle$ 的優選方向，因此鄰近晶粒彼此的角度相差很小，而造成有幾何合併的行為產生，在此區晶粒異常的成長成600nm的大晶粒。而當雷射能量大到讓NILC多晶矽膜完全熔融時，此時多晶矽晶粒的形成是以均質成核的方式

進行成核成長，因此晶粒較小。而在其電性上的比較來說，以幾何合併區域得到的多晶矽品質最好，而且在電性上的表現也較穩定，以膜厚為 1000\AA NILC-ELA多晶矽TFT來說，在雷射能量密度 $300\text{mJ}/\text{cm}^2$ 時，剛好是在幾何合併區，其平均的場效載子移動率約 $200\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，而其最好元件特性場效載子移動率約 $300\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，開關電流比可到達 10^7 以上。而不同厚度的NILC-ELA多晶矽膜其在元件特性表現上也有差異，其中以膜厚為 1000\AA 的多晶矽膜的TFT元件特性表現最好，而 1500\AA 表現最差，而且所需的雷射能量大，更不易控制其均勻度。而文獻中所報導的當膜厚薄時元件特性表現較好，在此鎳誘發結晶結合雷射修補技術的研究中發現 500\AA 的NILC-ELA多晶矽的TFT元件並沒有得到較好的特性表現，這可能是因為 500\AA 的多晶矽膜中有較多的 NiSi_2 的污染而造成元件特性上的減損。

可撓曲式顯示器是下一代顯示器發展的主力，由於其重量輕、體積小、便於攜帶且成本低等優點，已漸漸取代傳統製作在玻璃基板上的顯示器。然而受限於塑膠基板的耐熱溫度，在塑膠基板上進行高品質的多晶矽TFT的製作是非常困難的，因此在第五章中利用一次轉移及二次轉移的方式在塑膠基板上製作高品質的多晶矽TFT，並比較元件轉移前後的差異，同時也利用Ni誘發結晶結合後高溫退火的方式來進行高品質多晶矽TFT的製作。結果發現高溫退火後的Ni針狀結晶粒有明顯的變大，而且TFT元件特性上也有改善。而且已成功的利用一次轉移及二次轉移技術在塑膠基板上製作出高品質的多晶矽薄膜電晶體，並且量測轉移前後TFT的特性，發現其電性上的差異不大。

最後，提出兩階段退火進行Si過濾基板誘發結晶的研究。此結晶技術可以縮短製程時間，並且得到高品質的大晶粒，同時控制第一階段的退火溫度及時間，將可有效的減少晶界處的 NiSi_2 的污染。

7.2 未來工作

1. 找出有效的二次退火方法來消除Pd誘發結晶晶粒中的缺陷，提升晶粒品質。
2. NiO誘發結晶的研究中，發現其在微結構上與Ni誘發結晶沒什麼不同，因此進一步比較其在元件特性上的差別。
3. 由於在鍍金屬誘發結晶結合雷射修補缺陷技術的研究中，當厚度較薄時的NiSi₂的污染嚴重造成元件特性上的損害，因此因減少Ni鍍覆的量以避免金屬污染的問題，而能夠進一步提升元件的效能，另外，找出低溫gettering的方法，以減少金屬污染。
4. 在NILC + ELA後退火的研究中，可得到幾何合併的大晶粒，然而，晶粒並不完美(晶粒中有不連續晶界存在)，因此在進行ELA後退火時，將基板加熱來延遲其cooling速率，以消除此不連續晶界的缺陷。
5. 在塑膠基板上製作高品質的多晶矽薄膜電晶體的研究中，可利用CMP的方式進行研磨，以得到較平整的表面。另外，能夠進行大面積的轉移到塑膠基板上也是重要的課題。而且發現蝕刻液會攻擊熱融膠，希望找到一種膠能夠不被攻擊，而且又容易清除，以提升轉移技術的良率。
6. 利用 Si 過濾基板進行 Ni 誘發結晶的研究中，其 TFT 的特性並沒有進一步證實，希望能夠製作出高效能的 TFT 元件。