

RCA 清洗法為美商 RCA 公司所發展之矽晶圓清洗技術，由於 1965 年應用於 RCA 元件製作上，並於 1970 年發表其清洗過程。RCA 清洗方法為兩段步驟：濕式氧化及錯合反應。RCA 清洗法可以有效清除晶圓上塵粒、有機物及金屬離子污染，一般亦稱之為標準清洗。

晶粒彼此之間排列的情況仍不甚完美。推測是因為原子結構開始重排，進而開始產生 Dislocation Free 缺陷的晶粒；但退火溫度仍不夠高以致於供給之能量仍不足以使其完美結晶。

由圖 3-3(a)可見完美之 Poly-SiGe 結晶，不但結晶顆頗大且排列情況完美，可說是 Poly-Si_{0.82}Ge_{0.18} 薄膜結晶最完美之退火參數。當退火時間逐步提升時，可由圖 3-4(b)(c)觀測得知 Poly-Si_{0.82}Ge_{0.18} 薄膜表面又開始逐步變平整。由圖 3-4 比較得知，當退火時間拉長至 60 分鐘以上時，Poly-Si_{0.82}Ge_{0.18} 薄膜之表面晶粒又開始逐漸不清楚，推測是因為時間過長，外界供給之能量過多，造成材料產生缺陷。

發現在 900°C 時，Poly-Si_{0.82}Ge_{0.18} 薄膜之表面幾乎看不到晶粒；推測是外界供給能量過高，已造成材料產生缺陷。

由 AFM 數據及圖表所觀測的結果，與 SEM 圖形所得之結論互相呼應，更可證明我們早先之推論。

表面研究的第一個要求便是準備具代表性結構及成分之表面，特

別是表面需要清潔並能保持較長時間以便分析。故本實驗之試片於量測前，均先使用 Sputter 蝕刻 300 秒，以去除表面雜質（如碳）。

由圖 3-19 及 3-20 可知鍺離子在退火溫度 800°C 時間 30 分鐘時，有最佳的擴散深度。經由比較，鍺離子於退火溫度 800°C 時間 30 分鐘時，最能夠均勻分佈於 150nm 之 Poly-Si_{0.82}Ge_{0.18} 薄膜。

薄膜內部之原子分佈越是均勻，製作元件時對特性越是有利；故由二次離子質譜儀量測得知退火溫度 800°C 時間 30 分鐘為最佳參數。

接著我們觀察經過 300°C 通以氮氣退火一小時的曲線，可以發現片電阻率與未退火的條件相比有明顯的下降趨勢；隨著基板溫度的上升，一樣可以發現到片電阻率逐步下降，在 300°C 逐步達到平穩的趨勢。

經過 XRD 我們可以清楚量測到薄膜表面有哪些方向的材料結晶。

其中，基板不加溫時，In₂O₃(222) 及 In₂O₃(440) 之晶面強度差不多。隨著基板溫度之上升，In₂O₃(440) 強度逐漸上升，In₂O₃(222) 逐漸減少，當基板溫度到達 200°C 時最明顯；當基板溫度高於 200°C 時，情況開始改變，In₂O₃(440) 強度逐漸下降，In₂O₃(222) 逐漸上升。

另外就兩個較小的晶面 In₂O₃(211) 及 In₂O₃(400) 來說，不論是退火前或退火後，當基板溫度在 200°C 時，均有最強的晶面。

試片表面之元素除了原本之銻、錫、氧元素以外，還多了氮。

r_p 為每秒鐘入射的光子數， r_e 為每秒鐘所產生的電子數

響應係數的定義如下：單位的入射光功率所能偵測到的光電流大小。

鋁金屬在 IC 中一開始即作為內連線材料，是由於它具有低電阻率及和矽及晶圓製程有相容性。總而言之，鋁因適合於 IC 主要製程且不昂貴，使它成為 IC 早期製造金屬化的選擇。本實驗採用蒸鍍法製作元件之鋁金屬電極。

再於 SiO_2 上連續沈積製作四層 $n^+/n/p/p^+$ -Poly- $\text{Si}_{0.82}\text{Ge}_{0.18}$ 薄膜，由 SEM 厚度量測發現四層 Poly- $\text{Si}_{0.82}\text{Ge}_{0.18}$ 薄膜之厚度為 503.50nm，比起實驗設計之 600nm 略有誤差，應是薄膜沈積厚度不夠均勻所致。

使用綠光波段之濾波器來過濾實驗所必須之綠光波段之鎢絲燈光源。圖 5-8 為實驗所使用之濾波器的穿透率，其帶通波段為 500-570nm；其中，536-550nm 之平均穿透率為 91.47%。

當光照度為 $3.0\mu\text{W}$ 時，經由氮氣退火溫度 800°C 時間 30 分鐘之 APD 元件可產生最大之光電流 ($143.75\mu\text{A}$)，並有有較小之啟動電壓 (約為 2.5V)。

比較圖 5-14 至 5-17 發現，光照度越小則元件本身會有越大之響應係數，且響應係數有隨著電壓增加而上升的趨勢；經由氮氣退火 800°C 30 分鐘之 Poly- $\text{Si}_{0.82}\text{Ge}_{0.18}$ APD 相對於其它參數而言有最大之響

應係數。由於響應係數的定義為『單位的入射光功率所能偵測到的光電流大小』，為感光元件之重要指標；在相同的外在條件下，擁有較高之響應係數則代表元件之感光效果越好。

圖 5-18 為不同退火條件之 Poly-Si_{0.82}Ge_{0.18}APD 使用綠光濾波器在光照度 3.0 μW 之響應係數圖，可發現氮氣退火溫度 800°C 時間 30 分鐘有最高之響應係數為 47.92(A/W)。比較圖 5-14 至 5-18，氮氣退火 800°C 30 分鐘之可說是能製作最佳感光效果 APD 之最佳參數。這個結果與前段由圖 5-9 至 5-13 所觀察到的結論不謀而合。

比較 5-19 至 5-22 發現，APD 元件在高照度較小時會有較高的量子效率；且經由氮氣退火 800°C 30 分鐘之 Poly-Si_{0.82}Ge_{0.18} 累崩光二極體有最高之量子效率。圖 5-23 為不同退火條件之 Poly-Si_{0.82}Ge_{0.18} APD 使用綠光濾波器在光照度 3.0 μW 之量子效率圖，可發現氮氣退火溫度 800°C 時間 30 分鐘之 APD 有最高之量子效率(82.94%)。由於量子效率的定義為「每一個入射光子平均所能產生的電子電洞對數目」，但是 APD 元件可藉由累崩效應產生極多數之電子電洞對，故有極佳之量子效率。比較圖 5-19 至 5-23 可知氮氣退火 800°C 30 分鐘可得到最佳之量子效率。

由圖 5-24 可發現，隨著實驗提高照光強度，APD 之 Gain Ratio 會逐漸上升而逐漸達到穩定；相較於其他退火參數而言，氮氣退火

800°C 30 分鐘之Poly-Si_{0.82}Ge_{0.18}APD之Gain Ratio為 142.75，遠大於其他條件（為未退火處理之APD之Gain Ratio的 8.04 倍），擁有最佳之光暗電流比。

經由比較發現，氮氣退火 800°C 30 分鐘之Poly-Si_{0.82}Ge_{0.18}累崩光二極體同時有最大之光電流、最大之響應係數、最佳之量子效率及最大之光暗電流比，故本實驗採用此參數為製作APD元件之最佳參數。推測氮氣退火 800°C 30 分鐘之所以為實驗最佳參數的原因，除了此條件為Poly-Si_{0.82}Ge_{0.18}薄膜材料分析之最佳條件外（由本論文第 3 章得知），剛好此條件之摻雜離子恰好能得到最佳之縱深分佈，有利於APD元件之感光效果，故本實驗採用氮氣退火 800°C 30 分鐘為APD元件製作之最佳參數。