

雷射退火再結晶低溫複晶矽薄膜電晶體之特性研究

研究生：曾煥均

指導教授：鄭晃忠 博士

國立交通大學電機資訊學院

電子與光電組

摘要

高性能低溫複晶矽薄膜電晶體之應用在顯示器上被廣泛的探討，此論文中探討了多項製程，針對於雷射退火再結晶低溫複晶矽薄膜電晶體之特性研究。其前處理清洗製程利用濃度為 0.1% 的氫氟酸清洗，並配合多項改善方法及技術以期進一步提昇低溫複晶矽薄膜電晶體之電性，首先包含了多項非晶矽薄膜的前處理製程方式，而其中又以非晶矽薄膜的結晶技術為主要重點。首先我們探討了以不同的前處理製程並利用準分子雷射退火結晶方式製作出的低溫複晶矽薄膜電晶體的各项電性，並從材料分析的結果推究電性與前處理製程條件以及準分子雷射製程條件上的關係。其中以前處理製程表面氧化以及雷射能量密度對複晶矽薄膜的晶粒形狀與低溫複晶矽薄膜電晶體的電性影響最大，其前處理製程包含了幾種不同方法，第一種是利用濃度 20ppm 臭氧水當作表面清洗，第二種是利用濃度 30% 過氧化氫當作表面清洗，第三種是利用波長 254nm 的紫外光照射當作表面清洗，而這些過程都會促使非晶矽薄膜表面的氧化，差別只在於時間的長短。在非晶矽薄膜表面得到完全氧化後經過準分子雷射退火結晶方式製作出的低溫複晶矽薄膜的晶粒大小約 0.3 微米，形狀類似四方形且均勻性一致，不過這些情況必須搭配最佳的雷射能量密度而製作出 n 型通道與 p 型通道低溫複晶矽薄膜電晶體的場效載子移動率可分別達到 $110 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 與 $90 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 。至於門限電壓會因為非晶矽薄膜的表面氧化程度

不同而有不同偏向。

而改變雷射掃描頻率以及雷射掃描的能量對於複晶矽薄膜的晶粒大小形狀與低溫複晶矽薄膜電晶體的電性沒有影響。在不同的準分子雷射退火結晶製作環境也會得到不同效果，先前所提的製程環境是在氮氣的氣氛下進行雷射退火結晶，而現在則利用低濃度的氧氣通入製程環境中，其氧濃度為 2000ppm。從材料分析，我們觀察到低氧製程環境中經過雷射退火結晶所產生的複晶矽薄膜表面粗糙度與先前製程結果一樣，最大表面粗糙度大約 80nm，平均表面粗糙度大約 9nm，但形狀卻不同，低氧製程環境中所產生的複晶矽薄膜粗糙形狀為柱狀，由於形成位置剛好是複晶矽晶粒與晶粒的邊界，位能障壁較大，但接近閘極，當閘極加一電壓時靠近閘極電場較大，使位能障壁降低，門限電壓也同時降低，所以低氧製程環境中所產生的低溫複晶矽薄膜電晶體門限電壓較低，其 n 型通道與 p 型通道低溫複晶矽薄膜電晶體門限電壓介於正 2 與負 2 伏特之間。

本論文的最後則探討連續波雷射結晶的技術，利用波長為 532nm 連續波雷射在不同功率不同掃描速度下的結晶情況，我們探討了多項影響結晶大小的因素，包含了掃連續波雷射時移動玻璃基版的平台速度控制配合不同功率的連續波雷射，以及玻璃基版的正面反面經過連續波雷射掃射後在不同的速度下的結晶情況。由於連續波雷射光束能量分佈為高斯曲線分佈且連續波雷射光束掃射在玻璃基板大小會受到透鏡以及功率大小的影響，我們選用焦距為 600mm 的凸透鏡將雷射光束聚焦在玻璃基板直徑大約 150 μ m，當功率愈大掃射在基板上之直徑愈大，反之則小。利用連續波雷射結晶方式製作出的低溫複晶矽薄膜的晶粒大小約 3 μ m，形狀類似長條狀，不過大的晶粒只有集中在雷射掃過條狀區中間帶大約 60 μ m，且受不同狀態影響，大的晶粒區也會跟著變小。以此條件所製作出 n 型通道與 p 型通道低溫複晶矽薄膜電晶體的場效載子移動率可分別達到 298 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 與 210 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 。由於結晶過程在一般的空氣下所以門限電壓會因為環境因素的影響而偏大。