

具奈米尺度及新穎結構的高效能低溫複晶矽薄膜電晶體的製作與特性研究

研究生: 吳永俊

指導教授: 張俊彥 教授

國立交通大學

電子工程學系 電子研究所博士班

中文摘要

在此論文第一部分中，我們首先製作具有多重奈米線通道(multiple nanowire channels)與輕摻雜汲極(Lightly-Doped Drain)結構的短通道(閘極長度為 0.5um)複晶矽薄膜電晶體(poly-Si TFTs)，並研究在具有不同通道寬度和數目下，元件的操作特性與其在直流及交流應力壓迫下的可靠度分析。由實驗結果發現，在同為閘極長度(gate length)為 0.5 um下，具有十條奈米導線通道（每條寬度為 67 奈米）的複晶矽薄膜電晶體 (M10 TFT)，展現出較其他不同通道寬度和數目的複晶矽薄膜電晶體，較優越且較穩定的電特性。包括有較高的開關電流比($>10^9$)，較陡峭的次臨界導通斜率(Subthreshold Swing)，極小的汲極導致能障下降(Drain-Induced Barrier Lowering)，較佳的糾結效應(kink-effect)抑制能力，與較佳的製程穩定度(Stability)。此外在可靠度的研究中，M10 TFT展現極佳的抗應力(stress)的能力，其臨界電壓和次臨界導通斜率幾乎不隨應力壓迫時間而改變。總結原因首先是M10 TFT具有分立奈米線，使得閘極環跨於通道時，形成環繞式的

三向閘極(tri-gate)，而具有最佳的閘極控制能力，進而可抑制複晶矽薄膜電晶體的短通道效應(short-channel effect)及不理想效應(non-ideal effect)。其次是，M10 TFT其分立奈米線通道結構，在其進行及較好的氮電漿鈍化保護時，較單一通道的複晶矽薄膜電晶體，具有較大的氮電漿鈍化保護面積，而達到較佳的氮電漿保護效果。另一方面，由一系列的實驗結果發現，閘極的控制能力是隨著通道寬度的縮減而增強，其原因為元件的閘極結構由單一閘極(single-gate)轉換為三向閘極(tri-gate)所致。此閘極控制能力佳、高效能、高可靠度，且不需額外製程的新穎結構之TFT，將可被廣泛的運用在主動式矩陣液晶顯示器(AMLCD) 以及三維立體之金氧半場效電晶體(3D MOSFET) 積體電路元件上。



在此論文第二部分，我們首先提出一種新穎的4道光罩製程的元件圖案相依之金屬誘化側向結晶複晶矽薄膜電晶體(pattern-dependent metal-induced lateral crystallization polysilicon thin-film transistors: PDMILC poly-Si TFTs)。並研究一系列不同通道寬度及其通道數目之的尺寸效應及其氮電漿保護效應。在我們的實驗結果中顯示，電晶體的場效載子移動率(field effect mobility)，隨著通道寬度下降而提升，此乃由於在金屬誘化側向結晶過程中，複晶矽成長時，窄通道寬度局限下，而使得複晶矽的側向長度提升。進一步地，將此元件圖案相依金屬誘化側向結晶複晶矽薄膜電晶體，進行氮電漿處理，由實驗結果中顯示，經過氮電漿鈍化保護後之元件，擁有較高之場效載子移動率(提升約 2 倍)、較高之開關電流比($>10^6$)、較為陡峭之次臨界斜率(230 mV/decade)，此乃由於氮電漿中的氮原

子將可有效的填補複晶矽邊界之懸浮鍵，及氮原子會堆積在二氧化矽/複晶矽表面形成介面保護。並且隨著通道數目的增加，由於受氮電漿保護的接觸面積也跟著增加。實驗結果顯示，在十條奈米線（每條寬度為 67 奈米）的通道元件將有優於其他結構的元件特性。

進一步地，我們探討利用多重閘極(multi-gate)配合多條奈米線(nanowire)通道之圖案相依金屬誘化側向結晶薄膜電晶體的結構。在實驗結果中顯示，多重閘極搭配十條奈米線通道可進一步的提升元件特性，如具有有更低的漏電流、更高的開關電流比、更低的臨界電壓、更為陡峭的次臨界斜率，並可同時抑制紐結效應(Kink effect)，以及具有較佳的可靠度。總結之，將元件圖案相依金屬誘化側向結晶薄膜電晶體製程中多加一道氮電漿處理，以及改變單一閘極為多重閘極結構，皆可大幅提升元件特性以及降低薄膜電晶體之不理想效應。此元件圖案相依金屬誘化側向結晶薄膜電晶體的製程技術，可與現今的互補式金屬氧化物半導體(CMOS)製程技術相結合，而且不必再添加額外的光罩。此高效能之元件圖案相依金屬誘化側向結晶薄膜電晶體將可應用在主動式矩陣液晶顯示器以及三維立體之金氧半場效電晶體（3D MOSFET）積體電路元件上。

關鍵字：複晶矽薄膜電晶體(poly-Si TFTs)、奈米線(nanowire)、三向閘極(tri-gate)

元件圖案相依的金屬誘化側向結晶(pattern-dependent metal-induced lateral crystallization: PDMILC)、多重閘極(multi-gate)、主動式液晶顯示器(AMLCD)。