

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

高性能多用途之新結構低溫複晶矽薄膜電晶體之製作

High Performance and Versatile Low Temperature Polysilicon TFTs Fabricated with New Structure

計畫編號：NSC 89-2215-E-009-069

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：鄭晃忠 國立交通大學電子研究所

計畫參與人員：林敬偉、曾章和、鄭力兢、盧胤龍 國立交通大學電子研究所

一、中文摘要

高性能低溫複晶矽薄膜電晶體已藉由準分子雷射再結晶方式配合凹槽式之元件通道結構製作出。由於其在元件通道內擁有縱向成長的晶粒及在源/汲極接面附近之缺陷較少，因此藉由此法所製作出的複晶矽薄膜電晶體相較於傳統結構與製程呈現出較高的載子移動率、較低的次臨界擺幅及漏電流。此外，既然晶粒的成長可藉由人為控制，因此相較於傳統雷射再結晶製程，元件電特性的變異對雷射再結晶時的能量密度變得不敏感，如此製程範疇可提高、元件特性的均勻度亦可改善。在短通道的元件中表現尤其明顯。

關鍵詞：低溫複晶矽薄膜電晶體、準分子雷射再結晶、凹槽式通道結構

Abstract

High performance low temperature polysilicon (LTPS) TFTs have been fabricated by using excimer laser crystallization (ELC) with recessed-channel structures. The polysilicon TFTs made by this method possess longitudinal grains in the channels and less defect near the junctions; therefore, the devices exhibit higher field-effect mobility, lower subthreshold swing and leakage current, compared with the conventional. Besides, since grain growth is artificially controlled, the electrical characteristics are insensitive to laser energy density, and the uniformity of device performance is improved, especially in short-channel devices.

Keywords: low temperature polysilicon (LTPS) TFTs, excimer laser crystallization (ELC), recessed-channel structures

二、緣由與目的

自一九七零年代液晶顯示器開始發展以來，在過去的二十五年中，液晶顯示器已有重大的發展，且在各種平面液晶顯示器中佔有主導的地位。自八零年代起，人們便持續地尋找增加尺寸、改善性能、降低成本的方法，因而發展出薄膜電晶體型液晶顯示器。早期所採用的非晶矽薄膜電晶體，到了九零年代中期，由於市場的需求及技術的突破，加以沿用舊世代生產線的需求，低溫複晶矽薄膜電晶體遂扮演一個取代原成熟非晶矽技術的角色。近來低溫複晶矽薄膜電晶體的應用愈行廣泛，各種平面顯示器之開關及驅動元件(如 LCD、organic LED、EL 等)，乃至於在玻璃基板上建構大面積微電子系統，以形成具高密度、多功能、低成本之影像擷取及顯示系統，達到 System-on-Panel 的目標，未來應用範圍十分廣泛。

就現有的低溫複晶矽薄膜電晶體技術而言，仍有許多問題極待克服，其中包含了：1. 低溫複晶矽薄膜的結晶性需再提升；2. 元件結構仍有改善空間，以符合電性與可靠度的需求。針對第一點，傳統的低溫再結晶方法中只有 ELA 能夠符合需求，但它也面臨著一些極待解決的問題：如製程操作範圍狹窄、各項物質特性及操作掃描方式引起之變異性大、設備維持不易等。本計畫中的主要目的之一即為利用

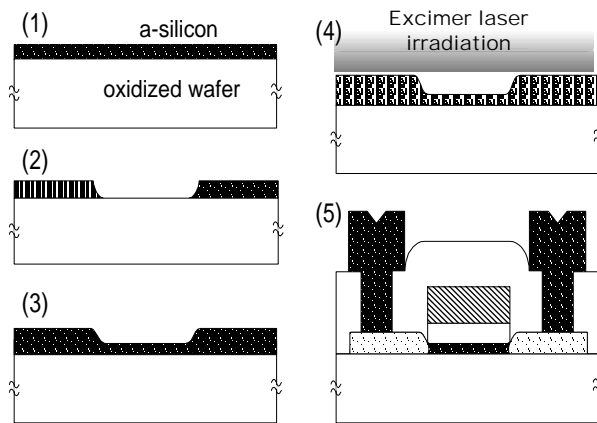
新的元件結構及製程方式改善現今低溫複晶矽薄膜電晶體製作時所遭遇的困難並進一步提升元件的電特性。

三、結果與討論

(一) 實驗流程

首先利用 LPCVD 系統在成長約 500nm 氧化層之矽晶圓上沉積 50nm 之非晶矽薄膜，為了形成凹槽式通道結構我們將通道區域的非晶矽薄膜移除，接著再沉積另一層 50nm 之非晶矽薄膜，之後再以 KrF 準分子雷射進行掃描再結晶。在雷射掃描之後，利用四道光罩及自我對準離子植入製作低溫複晶矽薄膜電晶體，所有製程溫度皆低於 600°C，最後並將部份元件施以四小時的 NH₃ 鈍化。圖(一)為製作凹槽式通道結構低溫複晶矽薄膜電晶體之流程圖。

我們亦利用掃描式電子顯微鏡觀察凹槽式結構在準分子雷射結晶後晶粒的形態，此外我們也量測不同尺寸大小複晶矽薄膜電晶體的電特性來觀測凹槽式通道結構對元件電特性所產生之影響。



圖(一) 凹槽式通道結構低溫複晶矽薄膜電晶體之簡易製作流程圖

(二) 實驗結果與討論

一、凹槽式結構對準分子雷射結晶後之複晶矽薄膜產生之效應

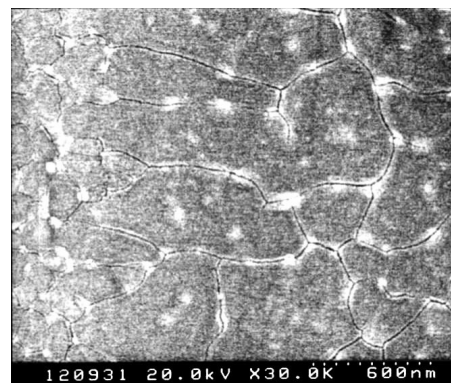
圖(二)所示為準分子雷射結晶後凹槽式結構的複晶矽薄膜中晶粒的成長狀態，

我們可以發現晶粒可從厚膜區延伸至薄膜區大小約 750nm，其原因為在階梯區域附近產生了一個很強的橫向熱梯度。當特定能量密度之雷射照射到具有不同厚度的矽薄膜時，薄膜區將被完全熔融，而厚膜區則只有部份熔融，也因此自然在此接合區域附近會產生一個很強的橫向熱梯度，之後晶粒的成長方式便會從厚膜區中殘餘未熔融的矽塊向完全熔融的薄膜區作橫向成長，直到這些晶粒遇到因均向成核所形成小晶粒阻礙它們的延伸為止。



圖(二) 凹槽式結構經準分子雷射結晶後之掃描式電子顯微圖示

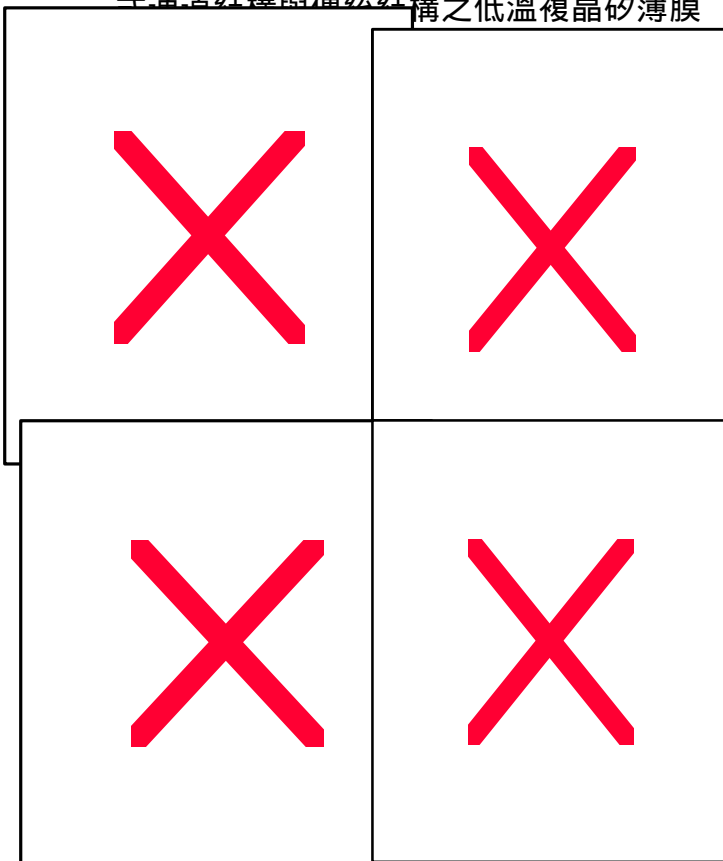
此外，如果凹槽區域夠短晶粒之成長更可以延伸至 1 微米以上，我們推測這是因為均向成核點在短通道之凹槽區域中較難產生，因為在短通道之凹槽區域中固液相界面能夠在均向成核前作快速延伸移動而使得均向成核來不及產生。圖(三)即為短通道之凹槽區域中在準分子雷射結晶後晶粒的成長的情形。



圖(三) 短通道凹槽式結構經準分子雷射結晶後之掃描式電子顯微圖示

二、凹槽式結構對低溫複晶矽薄膜電晶體電特性產生之效應

相較於傳統製程結構所製作出之低溫複晶矽薄膜電晶體，經準分子雷射結晶後之凹槽式通道結構具有較佳的電特性。圖(四)為凹槽式通道結構與傳統結構之低溫複晶矽薄膜電晶體之轉移特性曲線，其中亦包含了 2 微米與 5 微米通道長度及電漿鈍化處理前後之電特性比較。我們可以看出具凹槽式通道結構之複晶矽薄膜電晶體擁有較高的載子移動率、開電流，此外它的漏電流與次臨界擺幅也較傳統結構來得低。歸究原因，高載子移動率與低次臨界擺幅乃由於通道內晶粒作縱向成長而使得通道內的複晶矽薄膜具有較好的結晶性。此外，既然延伸出的晶粒在汲極接面附近具有較少的缺陷，因此凹槽式通道結構之複晶矽薄膜電晶體不論通道長度為何都會展現出較低的漏電流。表(一)所示為凹槽式通道結構與傳統結構之低溫複晶矽薄膜



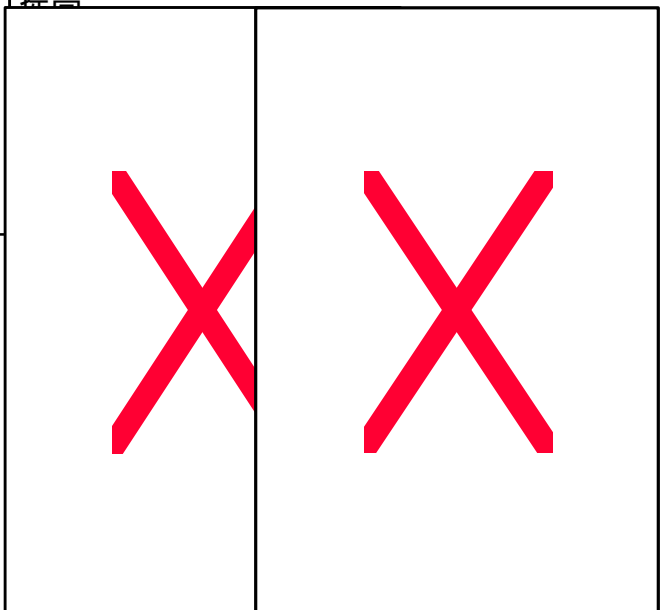
圖(四) 凹槽式通道結構與傳統結構之低

溫複晶矽薄膜電晶體之轉移特性曲線

表(一)凹槽式通道結構(反白區域)與傳統結構之低溫複晶矽薄膜電晶體之典型電性特徵

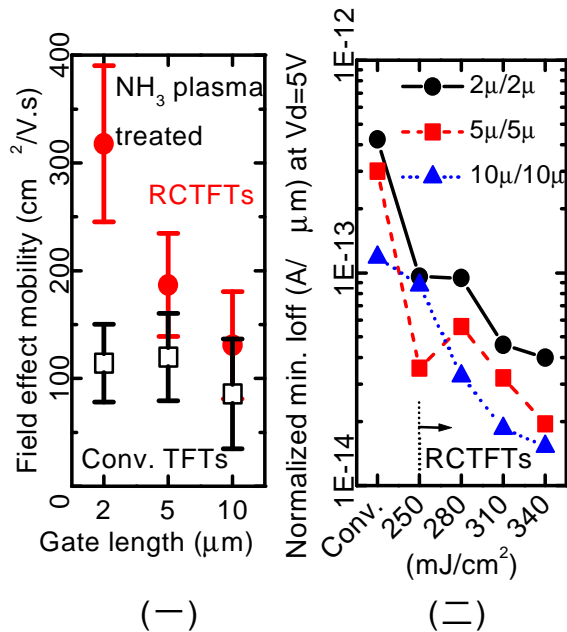
		μ_{FE} cm ² /V.s	on/off @Vd=5V	Vth (V)	SS (mV/dec)
After plasma treat.	2~	432	3E10	-0.77	188
		193	4E8	-0.87	333
	5~	276	9E8	-0.42	228
		159	6E7	-0.63	383
Before plasma treat.	2~	239	4E7	0.74	1680
		74.3	5E5	1.71	2620
	5~	125	2E7	3.42	1200
		48.9	4E7	2.0	2460

從圖(五)中我們可以發現當雷射能量密度高於某一特定值之後，將使得凹槽式結構中之薄區矽薄膜完全熔融，而此時元件的電特性並不隨雷射能量密度的變化而產生變化。也就是說，當雷射能量密度高於某一特定值時，在通道區域內的殘餘成核點會完全消失，此時縱向的晶粒成長也就能夠輕易的控制，雷射製程範疇亦可以提高



圖(五) 凹槽式通道結構與傳統結構之低溫複晶矽薄膜電晶體在不同雷射能量密度照射下載子移動率之比較

由圖(六)之一可以看出當通道長度縮短時，凹槽式通道結構對於元件電特性的改善尤其明顯。而圖(六)之二則進一步指出在凹槽式通道結構中元件漏電流與雷射能量密度的關係，與傳統之結構相比較，凹槽式通道結構之元件具有更低的漏電流，且隨著雷射能量密度的提高，漏電流可更進一步降低。



圖(六) (一)在不同通道長度下凹槽式通道結構與傳統結構之載子移動率比較；(二)在不同通道長度及雷射能量密度下凹槽式通道結構與傳統結構之漏電流比較

總而言之，具凹槽式通道結構之低溫複晶矽薄膜電晶體在各項特性上均優於傳統結構方式製作之低溫複晶矽薄膜電晶體，此外，製程範疇可提高且元件特性的均勻度亦可改善。

四、計畫成果自評

從研究的成果可以看出，雖然研究的內容與原計畫略有些微差距，不過仍舊是達成了預期的目標，亦即我們開發出了一個新的結構與製程方式製作出具有高性能之低溫複晶矽薄膜電晶體，而將可利用

至各種應用用途中。

而研究的成果也已陸續發表至各個學術期刊之中，並進行專利申請中，故無論於學術上或是應用上皆深具價值，若將成果其推廣至產業上，更可以提升我國未來 TFT-LCD 或是 organic LED 的產業競爭力。

五、參考文獻

- [1] 鄭力競，“以準分子雷射結晶方法製作高性能低溫複晶矽薄膜電晶體之研究”，國立交通大學，碩士論文，民國八十九年六月
- [2] Huang-Chung, Li-Jing Cheng, Ching-Wei Lin, Yin-Lung Lu and Chi-Yuan Chen, “High performance low-temperature processed polysilicon TFTs fabricated by excimer laser crystallization with recessed-channel structure,” AMLCD 2000, p. 281-284.
- [3] L. J. Cheng, Y. L. Lu, C. W. Lin, T. K. Chang and H. C. Cheng, “A novel device structure for low temperature polysilicon TFT with controlled grain growth in channel region,” proceedings of SPIE vol. 4079-06.
- [4] Im J. S., Kim H. J. and Thompson M. O., “Phase transformation mechanisms involved on excimer laser crystallization of amorphous silicon films,” Appl. Phys. Lett., vol. 63, p. 1969, 1993.
- [5] G. K. and T. W. Sigmon, “Laser recrystallization of polycrystalline silicon in recessed structure,” Journal of Electronic Materials, vol. 26, p. L13, 1997.

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

高性能多用途之新結構低溫複晶矽薄膜電晶體之製作

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC 89-2215-E-009-069

執行期間：88年8月1日至89年7月31日

計畫主持人：鄭晃忠

計畫參與人員：林敬偉、曾章和、鄭力兢、盧胤龍

執行單位：國立交通大學電子研究所

中華民國 89 年 10 月 30 日