

# 利用晶圓接合技術降低金屬誘發側向結晶之複晶矽薄膜中殘餘金屬

~ 鎳過濾與鎳捕捉 ~

研究生：林其慶

指導教授：吳耀銓博士

國立交通大學材料科學工程研究所碩士班

## 摘 要

在製作低溫複晶矽薄膜電晶體的技術中，利用鎳之金屬誘發側向結晶法能在較低退火溫度與較短退火時間下，得到均勻且品質佳的晶粒而倍受矚目。但在複晶矽薄膜中，鎳會被晶界及缺陷所捕捉，並產生深層能階而造成漏電流等元件電性的衰退。因此減少鎳的殘餘量是製作高品質薄膜電晶體的重要前提。

我們將論文分為兩個方向：(1) 降低誘發結晶前鍍覆的鎳濃度。(2) 減少誘發結晶後複晶矽薄膜中的殘餘鎳含量。

第一種方向是利用矽晶圓當過濾基板進行鎳誘發結晶，在製作出圖形的矽晶圓正面或背面鍍覆不同厚度的鎳金屬，並進行預退火的步驟減少與非晶矽膜接觸進行退火誘發結晶時的鎳濃度。結果證實進行預退火步驟後，鎳濃度確實降低導致成核點減少，而誘發結晶之晶粒大小變大

且鎳矽化物的汙染獲得改善。而將鎳鍍覆在背面且厚度越薄者其鎳濃度也會越低，所以晶粒尺寸增加。

第二種方向則是將鍍覆非晶矽的晶圓做為捉聚基板與金屬誘發側向結晶的複晶矽接合，由於兩者鎳含量之差異以及熱力學上的因素，成功的把殘餘鎳捕捉至基板，顯著的降低了複晶矽中鎳含量。比較捉聚前後的元件特性發現因為鎳含量減少而使得漏電流顯著的降低的一個數量級以上，開關電流也因此提高一個數量級。



**Reduction of Metal Residual in MILC Poly-Silicon Thin Film  
by Wafer Bonding Method  
~ Ni Filter & Ni Gettering~**

Student : Chi-Ching Lin

Advisor : Dr. YewChung Sermon Wu

Institute of Materials Science and Engineering National  
National Chiao Tung University

**Abstract**

Among various techniques of fabricating Low Temperature Polycrystalline Silicon thin film, Nickel metal-induced lateral crystallization (Ni-MILC) attracted considerable interest for their better uniformity and crystal quality acquired at lower annealing temperature and shorter annealing time. In the poly-Si thin film, however, Ni trapped by the grain boundaries and defects leads to introduce deep level states and results in degradation of the device performance. Therefore, the Ni contamination should be reduced to fabricate high performance thin film transistors.

This study was divided into two parts : (1) Reduction of Ni concentration for inducing crystallization before MILC.(2) Reduction of Ni residual in poly-Si thin film after MILC.

The first part is to carry out Ni-induced crystallization of amorphous silicon by using a Si wafer as a filter substrate. Deposited different thickness of Ni film on the front or back of the Si wafer and then the Ni concentration diffusing into

amorphous silicon was reduced by pre-annealing process. It is found that reduction of nucleation sites, increase of MILC grain size and improvement in Ni contamination resulted from the drop in Ni concentration. In addition, as Ni deposited on the back of the wafer, the grain size increase with decrease in thickness of Ni indicated that the Ni concentration lowered.

The second part is to bond an a-Si coated Si wafer utilized as Ni-gettering substrates with MILC poly-Si and successfully get the Ni to the gettering substrate because of the difference between Ni concentration and free energy of thermal dynamics. Apparently the Ni concentration was diminished. The leakage current of GETR TFT has reduced evidently by more than one order as compared with NILC TFT because of reduction of Ni concentration and therefore the on/off ratio was enhanced by one order.



## 致謝

兩年的碩士生涯將就此告一段落，脫離學生的身份進入社會。二十幾個年頭中有四分之一的時間在交大校園中度過，六年來的點點滴滴都是往後日子裡彌足珍貴的回憶，不太善於表達的我，只能對每個與我生命互相交集的人說一聲“謝謝”！

首先感謝我的指導教授吳耀銓老師在專題及碩士期間的訓練，讓我學習如何有系統脈絡的思考並解決問題。而除了在實驗上的指導，老師更是關心我們的生活，總是以體貼學生的角度著想，讓我在碩士修業期間能專注於實驗上。

另外感謝諸位口試委員，電工所林鴻志老師對於電性上的建議，讓我獲益良多。還有材料所潘扶民老師、陳智老師百忙中能抽空參與我的口試，非常感謝。

在氣氛最融洽的實驗室裡，學長學弟間沒有隔閡，我們都戲稱這是個沒有倫理的實驗室。從TFT組開始，第一個感謝已畢業的(胡九)胡國仁學長在我剛進入實驗室時讓我這個菜鳥能慢慢步上軌道，親切的態度永遠讓人印象深刻，交友滿天下的你從工六實驗室、NDL到7-11店員都是你的麻吉，笑口常開的你總是會替別人著想，我只能說：你是好人！。還有今年畢業的(侯董)侯志元學長，一開始看到還以為你是個不苟言笑的人，後來才發現原來是冷面笑匠。總是能有效率的完成任務，忙碌的實驗之餘還能兼顧有質感的生活，以後你開RT記得找我入股啊！在TEM、SEM給我們整個實驗室大力幫助的(小黑)胡晟民學長，謹慎細心有條理的態度是TFT組一哥接班人的最佳人選，以後生活作息要正常一點啊，TFT組靠你撐起一片天了。每天工作完還有體力打球的(鳥人)龔君偉學長，害我墮入了萬劫不復的水草缸世界，在實驗室和你瞎扯淡是枯燥生活最好的調劑。另外Wafer Bonding第一人的劉柏均學長，各種經驗豐富，處事又成熟，從你身上才知道外面還有花花世界等著我去探索啊。也是今年畢業的(動力火車侯董說的)彭韋智學長，養魚的規模也是我望塵莫及的，再多的工作你看起來還是那麼快樂啊。要當新文藝青年的(琛哥)廖崢學長，要動起來囉！不然我們畢業了沒人幫你買便當啦。活力充沛的陳一凡學長，可以早上衝浪下午打球晚上唱歌的你是我見過第一人啦。還有實驗室的新力軍(翅膀)張志榜學長，感謝你在我元件製作期間的幫助，以後再一起去滾球、唱歌喔。還有林博文學長，事業

做很大的你可以讓我以後去你的公司當小弟嗎?我可以負責幫你接手機喔。還有鄭季豪學長、黃秉緯學長兩人的周末台中幫，以後到台中記得來找我玩啊。自成一家的(BMW)王寶明學長，享受高品質的電子產品是你的嗜好，記得iPod、iBook不要了留給我啊!還有認識了六年的夥伴(小偉)徐志偉，平常互相吐吐槽、打打屁的日子要結束囉，為愛走中砂的你記得要來軍中看看我啊!吳駢廷學弟雖然碩一只有你一個，會多辛苦一些，但是付出的心血不會白費的喔。還有實驗室夥伴鐘思行、楊昀諭、張郁香、曾建華、謝承祐、陳莉穎等，有緣共聚同一個實驗室，感謝你們的陪伴。

另外還要感謝從大學起就共同熬過期末考煎熬的同學們，吳文成、劉吉峰、陳宜輝、鍾志鴻、廖國傑。在生活與學業上的相互扶持，希望以後還能與你們再聚首!

~2006/07/13 新竹交大~



## 目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
致謝.....	V
目錄.....	VII
表目錄.....	X I
圖目錄.....	X II
第一章 序論.....	1
1.1 液晶顯示器發展史.....	1
1.2 液晶顯示器原理.....	1
1.3 液晶顯示器驅動方式.....	2
1.4 薄膜電晶體.....	2
1.4.1 非晶矽薄膜電晶體.....	3
1.4.2 複晶矽薄膜電晶體.....	3
1.5 低溫複晶矽結晶方法.....	6
1.5.1 固相結晶法.....	6
1.5.2 準分子雷射退火結晶法.....	6
1.5.3 金屬誘發/金屬誘發側向結晶法.....	7

1.6電性影響因素 .....	13
1.6.1 晶界能障 .....	13
1.6.2 晶界處的載子捕陷 .....	14
1.6.3 雜質原子 .....	15
1.7電性改良方法 .....	16
1.7.1 晶界鈍化 .....	16
1.7.2 後退火 .....	16
1.8 實驗動機 .....	17
第二章 NILC晶圓過濾基板之研究 .....	20
2.1 簡介 .....	20
2.2 實驗步驟 .....	22
2.2.1非晶矽基板製備 .....	22
2.2.2過濾基板製備 .....	23
2.2.3過濾基板與非晶矽基板接和步驟 .....	25
2.3 結果與討論 .....	27
2.3.1 預退火步驟對於鎳含量之影響 .....	28
2.3.2預退火溫度選擇 .....	31
2.3.3鎳鍍覆厚度以及鍍覆面之差異 .....	32



2.3.4預退火過濾基板誘發結晶機制探討 .....	37
2.4 結論 .....	40
第三章 利用晶圓接合技術之捉聚基板研究.....	41
3.1 簡介 .....	41
3.2 實驗步驟 .....	43
3.2.1複晶矽基板製備 .....	43
3.2.2捉聚基板製備 .....	45
3.2.3接合捉聚步驟 .....	46
3.2.4元件製備 .....	48
3.3 結果與討論 .....	50
3.3.1 捉聚步驟對於鎳含量之影響 .....	51
3.3.2抓聚退火時間之影響 .....	60
3.3.3沉積不同捉聚基板薄膜之比較 .....	63
3.3.4結合過濾基板與捉聚步驟 .....	65
3.3.5抓聚機制探討 .....	71
3.3.6電性分析 .....	73
3.4 結論 .....	79
第四章 未來工作 .....	80





## 表目錄

表 1-1	a-Si TFT 與 LTPS TFT 特性比較.....	5
-------	-------------------------------	---

表 1-2	準分子雷射氣體及其波長.....	7
-------	------------------	---

### 第二章

表 2-1	RCA clean .....	22
-------	-----------------	----

表 2-2	LPCVD 沉積非晶矽的參數.....	22
-------	---------------------	----

表 2-3	四種試片參數設定.....	27
-------	---------------	----

### 第三章

表 3-1	RCA clean .....	43
-------	-----------------	----

表 3-2	LPCVD 沉積非晶矽的參數.....	43
-------	---------------------	----

表 3-3	捉聚步驟前後表面粗糙度.....	58
-------	------------------	----

表 3-4	GETR and NILC TFT 元件電性上比較.....	75
-------	--------------------------------	----



## 圖目錄

### 第一章

圖 1-1	不施加電壓.....	2
圖 1-2	施加電壓.....	2
圖 1-3	電晶體基本結構(Bottom Gate).....	3
圖 1-4	非晶矽與多晶矽面板之開口率比較.....	5
圖 1-5	Ni-Si反應自由能圖.....	8
圖 1-6	c-Si在NiSi <sub>2</sub> /a-Si介面形成的結晶成長機制.....	9
圖 1-7	Si與NiSi <sub>2</sub> 晶體結構.....	9
圖 1-8	鎳金屬薄膜對應不同溫度下之矽化物相.....	11
圖 1-9	MILC成長機制.....	11
圖 1-10	MILC的優選成長方向.....	12
圖 1-11	(a) 晶粒與晶界示意圖 (b)為了去補償被晶界所捕陷的電荷在晶粒	

周圍的晶界處形成空乏區域 (c)電荷空乏區造成 能帶彎曲，而且  
 形成能障..... 13

圖 1-12 很多在晶粒中的置換型摻雜原子所貢獻的自由載子很快速的就被  
 固定在晶界處的捕陷位置 $N_t$ ..... 14

圖 1-13 捕陷(traps)主要集中在晶界處，然而在晶粒中的缺陷也有建立起一  
 些態位。淺拖曳態位(shallow tail state)與應變鍵(strained bonds)有  
 關，而在中間能隙的深態位(deep state)是由斷鍵(broken bonds)造成  
 的..... 15



圖 1-14 複晶矽與磊晶矽阻值與雜質濃度關係圖 ..... 15

圖 1-15 Choi等人所提出的大晶粒的製作示意圖 ..... 18

圖 1-16 NILC with patterned Si wafer filter..... 18

圖 1-17 Sharp CGS技術之捉聚製程步驟 ..... 19

## 第二章

圖 2-1 壓印技術流程圖 ..... 30

圖 2-2	非晶矽基板製備 .....	24
圖 2-3	過濾基板製備 .....	24
圖 2-4	(a) 將兩片晶圓做壓印的動作 (b) 放至爐管中進行退火 .....	25
圖 2-5	壓印步驟所使用之夾具構造圖 .....	26
圖 2-6	真空爐管示意圖 .....	26
圖 2-7	蝕刻圖形後過濾基板之OM圖 .....	27
圖 2-8	B20 的試片退火 12 小時的OM圖(有預退火) .....	29
圖 2-9	B20 的試片退火 12 小時的OM圖(無預退火) .....	29
圖 2-10	B20 的試片退火 12 小時 (無預退火)的SEM影像.....	30
圖 2-11	預退火溫度 800°C 之過濾基板接合 .....	31
圖 2-12	無誘發結晶之非晶矽層OM影像.....	31
圖 2-13	F20 退火 3 小時的OM圖 .....	33
圖 2-14	F20 退火 3 小時的SEM圖 .....	33

圖 2-15	B20 退火 3 小時的OM圖 .....	34
圖 2-16	B20 退火 3 小時的SEM圖 .....	34
圖 2-17	F03 退火 3 小時的OM圖 .....	35
圖 2-18	F03 退火 3 小時的SEM圖 .....	35
圖 2-19	B03 退火 3 小時的OM圖 .....	36
圖 2-20	B03 退火 3 小時的SEM圖 .....	36
圖 2-21	Ni與矽晶圓在 550°C 時反應形成的相 .....	38
圖 2-22	預退火過濾基板之XRD分析 .....	39
圖 2-23	退火 3 小時OM圖(a) B03 (b) F20 .....	39

### 第三章

圖3-1	(1)內部捉聚法(Intrinsic Gettering) (2)外部捉聚法(Extrinsic Gettering) (3)化學捉聚法(Chemical Gettering) .....	42
圖3-2	複晶矽薄膜製備流程 .....	44

圖 3-3	捉聚基板示意圖 .....	45
圖 3-4	(a) 將兩片晶圓做接合的動作 (b) 爐管中進行退火捉聚 .....	46
圖 3-5	捉聚步驟所使用之夾具構造圖 .....	47
圖 3-6	真空爐管示意圖 .....	47
圖3-7	TFT元件製程流程圖 .....	49
圖3-8	(a) NILC POLY (b) GETR POLY .....	50
圖3-9	捉聚基板之Inner side與Outer side .....	50
圖3-10	NILC POLY前端的SEM影像(Secco etching處理後).....	51
圖3-11	NIC&NILC示意圖 .....	52
圖3-12	(a)NILC (b) GETR POLY 之NIC區域矽化物孔洞.....	53
圖3-13	(a)NILC (b) GETR POLY 之晶界矽化物孔洞 .....	54
圖3-14	鎳在複晶矽薄膜中之SIMS縱深成份分析 .....	55
圖3-15	捉聚基板之OM影像 (a) Inner side (b) Outer side .....	56



圖3-16	Outer side複晶矽區之SEM影像(Secco etching後) .....	57
圖3-17	鎳在捉聚基板中之SIMS縱深成份分析 .....	57
圖3-18	複晶矽表面之AFM影像(a)NILC POLY(b)GETR POLY	59
圖3-19	550°C退火1~18小時之複晶矽OM影像 (a) 1hr (b) 3hr (c) 6hr (d) 9hr (e) 12hr (f) 18hr.....	61
圖3-20	擴散路徑示意圖 .....	62
圖3-21	550°C退火後之Inner side OM影像 (a) 1hr (b) 3hr .....	62
圖3-22	沉積SiO <sub>2</sub> 之捉聚基板結構圖 .....	64
圖3-23	鎳在複晶矽薄膜中之SIMS縱深成份分析 .....	64
圖3-24	結合過濾基板與捉聚步驟流程圖 .....	66
圖3-25	複晶矽OM影像(a)過濾基板退火 12 小時(b)後續捉聚 12 小時.....	67
圖3-26	捉聚基板OM影像 (a) Inner side (b) Outer side .....	67
圖3-27	複晶矽SEM影像(a) 過濾基板退火 12 小時 (b) 後續捉聚 12 小時 .....	68

圖3-28	複晶矽SEM大倍率影像(a) 過濾基板退火 12 小時 (b) 後續捉聚 12 小時.....	69
圖 3-29	捉聚基板 SEM 影像 (a) Inner side (b) Outer side .....	70
圖 3-30	$I_d$ - $V_g$ transfer characteristics (a) NILY TFT (b) GETR TFT.....	74
圖 3-31	Comparison of the transfer characteristics of GETR and NILC TFT..	75
圖 3-32	漏電流機制示意圖 .....	77
圖 3-33	最小電流值對通道長度關係圖 .....	77
圖 3-34	元件模型與能障示意圖 (a) MMGB is Self-aligned to both source and drain junctions (b) NILC TFT with double-side offsets .....	78
圖 3-35	Raman 結晶性分析 (a) 絕對強度 (b) 正規化強度.....	80
圖 3-36	不同通道長度對臨界電壓漂移圖 .....	81
圖 3-37	通道中央之固定氧化物電荷示意圖 .....	81