

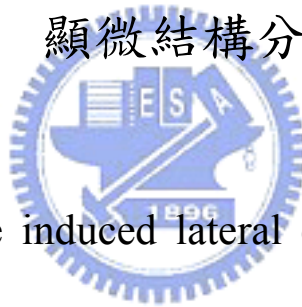
國立交通大學

材料科學與工程研究所

碩士論文

鎳矽化合物誘發多晶矽薄膜側向結晶及其

顯微結構分析



A study on Ni-Silicide induced lateral crystallization of amorphous silicon thin film and its microstructural analysis.

研究生：林郁祥

指導教授：朝春光 教授

劉增豐 教授

中華民國九十七年七月

鎳矽化合物誘發多晶矽薄膜側向結晶及其顯微結構 分析

A study on Ni-Silicide induced lateral crystallization of amorphous
silicon thin film and its microstructural analysis.

學生：林郁祥

Student : Y. H. Lin

指導教授：朝春光教授

Advisor : Dr. C. G. Chao

劉增豐教授

Dr. T. F. Liu



A thesis

Submitted to Department of Materials Science and Engineering

College of Engineering

National Chao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the degree of Master

In Materials Science and Engineering

2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 97 年

致謝

首先誠摯的感謝指導教授朝春光博士及劉增豐博士對於研究方面的悉心指導，使得這篇論文能夠順利的完成。感謝口試委員黃俊銘博士在狂風大雨中前來參加口試並給予寶貴的建議。

在朝老師指導下作研究，讓我學會了如何從發現問題到解決問題，並且由衷感謝老師對我的肯定，讓學生能參與這份研究，並且在一開始實驗不順利的時候，提出各種可行的實驗方式並且鼓勵我。感謝劉老師於 TEM 課程方面深入淺出的教學，讓學生有機會一窺電子顯微鏡世界的奧妙，並且學到很多有用的學問，能夠與實作相結合。

感謝實驗室兆鼎學長經常提醒我們實驗要如何作好規劃才有效率，並且您認真的實驗精神著實讓我們敬佩不已。感謝蓉萱學姐於儀器教學及實驗方面的建議。感謝浩然學長於 AFM 及軟體分析方面的協助。感謝舜哥於 ESCA 分析及實驗規劃之協助。感謝龍哥、段逸軒、凱銘、永昌對於論文提出寶貴之意見。感謝黃世陽大哥對於 TFTLCD 提出實務上的見解及對於論文方面的建議，並且請大家吃五顆星的高級牛肉，讓我念念不忘。感謝濟公於 TEM 方面的協助並且您樂觀的態度讓我每次作實驗失落之時又重新燃起鬥志。感謝黑肥於 SEM 方面的大力幫忙，讓我能順利的完成論文。感謝欣龍於實驗及文獻回顧方面的討論及建議，讓我多學了很多知識。感謝漢宗、欣君、文翔、晏辰、大緯、仕漢、筱媛、亮延、佑慈、力銘兩年來的幫忙、鼓勵及這幾年來的愉快相處，很榮幸能夠與你們一起共事。感謝學弟哲毅的幫忙，每次出去吃飯都要麻煩你開車，辛苦了！。感謝阿夢、三角同學於 RAMAN 分析之協助，也祝妳們順利畢業。

最後要感謝我的家人一直支持我，感謝爸媽多年來的栽培，讓我沒有經濟上的擔憂，能夠專心的完成碩士學位。

鎳矽化合物誘發多晶矽薄膜側向結晶及其顯微結構分析

學生:林郁祥

指導教授：朝春光教授

劉增豐教授

國立交通大學材料與工程研究所碩士班

摘要

本論文的目的是研究鎳矽化合物誘發非晶矽低溫結晶以及側相結晶的現象。使用熱蒸鍍機共蒸鍍鎳矽靶材於預先製作好圖案之試片上，形成鎳矽鍍層/非晶矽層/SiN_x/玻璃的排列方式之試片，並得蒸鍍之最佳製程參數為靶材距離坩堝 5 公分、鎳矽靶材重量比 2 比 1。

將試片封管進行真空退火，發現鎳矽化合物確實能誘發非晶矽結晶且得到較快之側向結晶速率分別為 550°C 平均速率為 3.46μm/hr、560°C 平均速率為 6.58μm/hr、570°C 平均速率為 9.07μm/hr。由 XRD 分析得知，試片經退火後產生的多晶矽主要為{111}擇優取向，此結果與 SEM 觀察到的長條狀擇優取向晶粒相符合。由拉曼分析得知試片在 550°C 退火兩小時即可產生誘發結晶的效果，而結晶矽峰值位置(518.21 cm⁻¹) 稍偏離 520cm⁻¹之現象來自於奈米級晶粒之效應。由 AFM 分析結果，本實驗依熱處理條件不同，得到的晶粒直徑約在 100-200nm 之區間，比較小的晶粒直徑與大量的鎳矽化合物貢獻較多的成核點有關聯。

A study on Ni-silicide induced lateral crystallization of amorphous silicon thin film and its microstructural analysis.

Student: Y. H. Lin

Advisor : Dr. C. G. Chao

Dr. T. F. Liu

Department of Materials Science and Engineering

National Chiao Tung University

Abstract

In this research, crystallization of a-Si films on glass substrate using Nickel disilicide (NiSi_2) induced crystallization technique at low temperature and its corresponding lateral crystallization behavior has been studied. Nickel silicide layer was deposited on the pre-patterned sample by co-evaporation and sample was in the Nickel silicide / a-Si / SiN_x / glass sequence. The optimum process condition was that distance from sample to crucible in 5cm and the weight ratio of Nickel target to Silicon target was in 2:1. After the sample was encapsulated and annealed, the lateral crystallization rate was $3.46\mu\text{m/hr}$ 、 $6.58\mu\text{m/hr}$ 、 $9.07\mu\text{m/hr}$ at 550°C 、 560°C and 570°C respectively. From XRD analyses, the poly-Si grains were in the $\{111\}$ -preferred orientation which was consistent with the SEM observations. From Raman spectroscopy, the Nickel disilicide induced poly-Si after annealing at 550°C for 2 hours and the slight offset of poly-Si Raman signals from 520cm^{-1} was arisen from the nano-size crystallite effect. From AFM analyses, the Poly-Si crystallite size was 100-200nm depending on

the annealing process and the abundant Nickel disilicide acting as more nucleation sites caused the small size of Poly-Si crystallite.



目錄

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	ii
目錄	.....	iv
圖目錄	.....	vi
表目錄	.....	viii
第一章 緒論		
1.1 研究背景	.....	1
1.2 研究動機	.....	2
第二章 文獻回顧		
2.1 固相結晶法(SPC)	.....	3
2.2 直接沉積多晶矽	.....	4
2.3 準分子雷射(ELA)	.....	5
2.4 金屬誘發結晶(MIC)/ 金屬誘發側向結晶(MILC)	.....	7
2.4.1 固相結晶效應對金屬誘發結晶之影響	.....	10
2.5 拉曼散射光譜用於多晶矽之分析	.....	12
第三章 實驗步驟		
3.1 實驗流程	.....	24
3.2 試片製備	.....	25
3.3 試片清洗	.....	25
3.4 圖型轉移	.....	25
3.5 金屬鍍層	.....	26
3.6 Lift-Off	.....	27
3.7 真空封管	.....	28
3.8 熱處理	.....	28
3.9 測試與分析		
3.9.1 場發射掃描式電子顯微鏡	.....	28
3.9.2 拉曼光譜分析	.....	29
3.9.3 原子力顯微鏡	.....	29
3.9.4 X光繞射分析	.....	30
第四章 結果與討論		
4.1 製程參數對鍍膜之影響		
4.1.1 試片與坩堝間距對鍍膜之影響	.....	35
4.1.2 鍍矽靶材之重量比對鍍膜之影響	.....	36
4.2 溫度對側向成長長度及成長速率之影響	.....	37
4.3 活化能計算及機制之探討	.....	39
4.4 X光繞射鑑定結晶性	.....	43
4.5 拉曼光譜應用於矽薄膜之分析	.....	45

4.6 熱處理對晶粒大小及表面粗糙度之影響	48
第五章 結論	80
參考文獻.....	82



圖目錄

圖 2-1 準分子雷射示意圖	14
圖 2-2 部分熔融示意圖	15
圖 2-3 完全熔融示意圖	16
圖 2-4 接近完全熔融示意圖	17
圖 2-5 鎳-矽反應相圖	19
圖 2-6 鎳-矽反應之莫耳自由能曲線	19
圖 2-7 (a) NiSi ₂ (b) Si 之晶體結構	20
圖 2-8 金屬誘發及金屬誘發側向結晶之示意圖	20
圖 2-9 金屬誘發側相結晶長度在不同溫度之理論分析與實驗結果 (a) 550°C (b) 580°C (c) 600°C (d) 625°C	21
圖 2-10 金屬誘發側相結晶速率隨著不同溫度之變化	22
圖 2-11 固相結晶之孕核時間及結晶時間分別對 1/KT 作圖	22
圖 2-12 矽薄膜之拉曼光譜示意圖	23
圖 3-1 實驗流程圖	24
圖 3-2 試片曝光後之圖形	31
圖 3-3 熱阻式蒸鍍機示意圖	32
圖 3-4 熱阻式蒸鍍機裝置圖	32
圖 3-5 試片封管後之示意圖	33
圖 3-6 拉曼光譜儀裝置	34
圖 3-7 原子力顯微鏡構造圖	34
圖 4-1 鎳矽化合物蒸鍍於 Sapphire 之表面形態 (距離 25 公分, Ni:Si=1:2)	50
圖 4-2 鎳矽化合物蒸鍍於 Sapphire 之表面形態 (距離 7 公分, Ni:Si=1:2)	50
圖 4-3 鎳矽化合物蒸鍍於 Sapphire 之表面形態 (距離 6 公分, Ni:Si=1:2)	51
圖 4-4 鎳矽化合物蒸鍍於 Sapphire 之表面形態 (距離 5 公分, Ni:Si=1:2)	51
圖 4-5 鎳矽化合物蒸鍍於 Sapphire 之表面形態 (距離 5 公分, Ni:Si=1:1)	52
圖 4-6 鎳矽化合物蒸鍍於 Sapphire 之表面形態 (距離 5 公分, Ni:Si=2:1)	52
圖 4-7 實驗選用之圖案	53
圖 4-8 試片經 570°C 退火 12 小時後之型態(a)500 倍(b)800 倍	54
圖 4-9 試片經 570°C 退火 10 小時後之型態(a)500 倍(b)800 倍	54
圖 4-10 試片經 550°C 退火 12 小時後之型態(a)500 倍(b)800 倍	55
圖 4-11 試片經 550°C 退火 10 小時後之型態(a)500 倍(b)800 倍	55

圖 4-12	不同退火溫度下之側相結晶長度對持溫時間作圖	56
圖 4-13	$\ln(\text{Rate}_{\text{MILC}})$ v.s. $\frac{1}{kt}$	57
圖 4-14	試片經 570°C、560°C、550°C 退火兩小時 及四小時之 XRD 分析	58
圖 4-15	試片經 570°C 持溫 10 小時之 SEM 圖 (a)150 倍(b)1500 倍	59
圖 4-16	試片經 570°C 退火 10 小時並對不同位置放大之表面形貌 (a)MIC 區域(b)MILC 與 MIC 交界(c)MILC 前端(d)兩 MILC 交界 (e)兩 MILC 相接合處(f)三 MILC 相接合處	60
圖 4-17	本實驗推測之大量 NiSi ₂ 存在於矽薄膜內部的擴散示意圖 (a) 短時間退火後，鍍層相變化為大量的 NiSi ₂ (b) NiSi ₂ 開始 向下方非晶矽擴散並誘發矽結晶形成 MIC 區域(c) NiSi ₂ 開始 從 MIC 往側向的非晶矽擴散並誘發結晶形成 MILC 區域 (d) NiSi ₂ 繼續往未結晶的非晶矽區域擴散	63
圖 4-18	試片分別經(a)550°C(b)560°C(c)570°C 持溫不同時間 之 X 光繞射圖	65
圖 4-19	試片經 570°C 退火(a)10 小時(b)12 小時之 SEM 照片	67
圖 4-20	試片分別經 (a) 550°C (b) 560°C (c) 570°C 退火不同時間之拉曼光譜分析	68
圖 4-21	試片分別經 550°C、560°C、570°C 退火 之拉曼光譜積分強度對持溫時間作圖	68
圖 4-22	試片經 550°C 退火兩小時之 (a)3D 分析圖 (b) 縱深分析圖	70
圖 4-23	試片經 550°C 退火八小時之 (a)3D 分析圖 (b) 縱深分析圖	71
圖 4-24	試片經 550°C 退火十二小時之 (a)3D 分析圖 (b) 縱深分析圖	72
圖 4-25	試片經 560°C 退火二小時之 (a)3D 分析圖 (b) 縱深分析圖	73
圖 4-26	試片經 560°C 退火八小時之 (a)3D 分析圖 (b) 縱深分析圖	74
圖 4-27	試片經 560°C 退火十二小時之 (a)3D 分析圖 (b) 縱深分析圖	75
圖 4-28	試片經 570°C 退火二小時之 (a)3D 分析圖 (b) 縱深分析圖	76
圖 4-29	試片經 570°C 退火八小時之 (a)3D 分析圖 (b) 縱深分析圖	77
圖 4-30	試片經 570°C 退火十二小時之 (a)3D 分析圖 (b) 縱深分析圖	78
圖 4-31	試片之(a) 晶粒尺寸 (b) 表面粗糙度 在三組不同溫度對持溫時間作圖	79

表目錄

表 2-2 各種金屬與矽反應之誘發溫度及對應之相	18
表 2-2 鎳-矽反應之晶體結構	18
表 4-1 鍍層之 EDS 分析 (距離 25 公分, Ni:Si=1:2)	50
表 4-2 鍍層之 EDS 分析 (距離 7 公分, Ni:Si=1:2)	50
表 4-3 鍍層之 EDS 分析 (距離 6 公分, Ni:Si=1:2)	51
表 4-4 鍍層之 EDS 分析 (距離 5 公分, Ni:Si=1:2)	51
表 4-5 鍍層之 EDS 分析 (距離 5 公分, Ni:Si=1:1)	52
表 4-6 鍍層之 EDS 分析 (距離 5 公分, Ni:Si=2:1)	52

