

# 目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	i
表目錄.....	v
圖目錄.....	vi

## 第一章 緒論.....1

1-1 前言.....	1
1-2 太陽能電池種類.....	2
1-3 研究目的與動機.....	4

## 第二章 理論背景.....5

2-1 太陽光譜.....	5
2-2 半導體擴散方式.....	7
2-3 太陽能電池的光電原理.....	8
2-4 太陽能電池的基本參數.....	10
2-5 太陽能電池的等效電路.....	11

## 第三章 實驗儀器介紹.....13

3-1 高溫爐氧化擴散系統.....	14
3-2 濺鍍機.....	15
3-3 蒸鍍機.....	16
3-4 旋塗機.....	17
3-5 掃瞄式電子顯微鏡.....	18
3-6 3D 表面輪廓儀.....	19
3-7 I-V & C-V 量測系統.....	20

3-8	光激發光譜儀 .....	21
3-9	兩段式 UV 光源 .....	23
3-10	四點碳針 .....	23
<b>第四章 單晶矽太陽能電池實作 .....</b>		<b>24</b>
4-1	氧化 .....	25
4-2	遮罩 .....	27
4-3	擴散 .....	28
4-4	電極的選擇 .....	30
4-5	退火 .....	31
4-6	薄膜厚度檢測系統 .....	32
4-7	結果與討論 .....	34
4-7-1	探討 pn 接面形成 .....	34
4-7-2	單晶矽太陽能電池之量測結果 .....	37
4-7-3	無遮罩層-粗糙化 .....	38
4-7-4	氧化銦錫(ITO)薄膜沉積速度分析 .....	39
4-7-5	氧化銦錫(ITO)薄膜穿透率分析 .....	40
4-7-6	反射層的探討 .....	41
4-7-7	熱處理對氧化銦錫(ITO)薄膜之分析 .....	43
<b>第五章 氧化銦錫(ITO)實驗過程與步驟 .....</b>		<b>46</b>
5-1	實驗過程簡介 .....	46
5-1-1	矽晶片清潔 .....	46
5-1-2	磁控濺鍍氧化銦錫(ITO)薄膜 .....	47
5-1-3	表面輪廓儀量測氧化銦錫(ITO)薄膜厚度 .....	47
5-2	濺鍍氧化銦錫(ITO)薄膜之反射率及氬流量分析研究 .....	48
5-2-1	實驗備製 .....	49

5-2-2	研究結果.....	50
5-2-3	不同氫流量對氧化銦錫(ITO)薄膜反射率分析比較.....	51
5-3	多孔矽上濺鍍氧化銦錫(ITO)薄膜之反射率分析研究.....	52
5-3-1	陽極電化學蝕刻.....	53
5-3-2	不同電流蝕刻電壓曲線.....	54
5-3-3	研究結果.....	55
<b>第六章 多孔矽的形成機制與理論分析 .....</b>		<b>58</b>
6-1	多孔矽之簡介.....	58
6-2	多孔矽的光激發現象.....	60
6-3	多孔矽的形成及理論分析.....	61
6-3-1	比爾模型(The Beale model).....	63
6-3-2	量子模型 (The quantum model).....	65
6-3-3	擴散限制模型 (The diffusion-limited model).....	67
6-3-4	電流突發模型 (The current burst model).....	68
<b>第七章 一般型多孔矽實驗 .....</b>		<b>69</b>
7-1	P型矽晶片與N型矽晶片蝕刻之多孔矽實驗.....	70
7-1-1	多孔矽之反射率比較.....	71
7-1-2	多孔矽晶片發光現象.....	72
7-1-3	P型及N型晶片在氧化銦錫(ITO)薄膜前之PL光激發強度.....	73
7-1-4	P型及N型晶片鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜前之PL光激發強度.....	74
7-1-5	P型及N型晶片鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜前之PL量測比較.....	75
7-1-6	P型晶片之SEM結構觀察.....	76
7-1-7	N型晶片之SEM結構觀察.....	77
7-1-8	電流-電壓特性曲線量測.....	78
7-2	不同蝕刻時間下之多孔矽實驗.....	79

7-2-1	多孔矽晶片發光現象.....	80
7-2-2	多孔矽之反射率比較.....	82
7-2-3	在定電壓下 10V 蝕刻之 PL 觀察光激發強度.....	84
7-2-4	在定電壓下 10V 蝕刻後鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜之 PL 觀察光激發強度.....	86
7-2-5	N 型晶片鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜前之 PL 量測比較.....	88
7-2-6	N 型晶片之 SEM 結構觀察.....	90
<b>第八章 結論.....</b>		<b>93</b>
<b>參考文獻.....</b>		<b>94</b>



## 表目錄

表 3.1	實驗用之各項分析儀器分類表.....	13
表 3.2	氧化擴散高溫爐規格表.....	14
表 3.3	濺鍍機規格表.....	15
表 3.4	蒸鍍機規格表.....	16
表 3.5	旋塗機規格表.....	17
表 3.6	掃描示電子顯微鏡規格表.....	18
表 3.7	3D 表面輪廓儀規格表.....	19
表 3.8	I-V & C-V 量測系統規格表.....	20
表 3.9	光激發光譜儀規格表.....	21
表 4.1	本實驗使用之矽晶片規格表.....	34
表 4.2	以不同擴散時間得到的太陽能電池之基本參數表.....	34
表 4.3	直流濺鍍參數表.....	39
表 4.4	氧化銦錫(ITO)薄膜厚度參數表.....	39
表 4.5	熱處理的三個階段溫度設定參數表.....	43
表 5.1	氧化銦錫(ITO)薄膜磁控濺鍍參數表.....	49
表 5.2	氧化銦錫(ITO)薄膜厚度參數表.....	49
表 5.3	不同的氬流量對不同氧化銦錫(ITO)薄膜厚度晶片日照圖對照表.....	50
表 7.1	定電流 40mA 下的多孔矽蝕刻特性紀錄表.....	70
表 7.2	定電流 40mA 下的多孔矽蝕刻後在 UV 燈下照片對照表.....	72
表 7.3	定電壓 10V 下多孔矽蝕刻後在 UV 燈下照片對照表.....	80
表 7.4	定電壓 10V 下的多孔矽蝕刻後鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜在 UV 燈下照片對照表.....	81

## 圖目錄

圖 1.1	太陽能電池種類分類圖.....	2
圖 2.1	黑體輻射、AM0 與 AM1.5 狀況下的太陽能光譜圖.....	6
圖 2.2	太陽光的直射部分與大氣中的物質吸收和散射成份示意圖.....	6
圖 2.3	N 型半導體示意圖.....	7
圖 2.4	P 型半導體示意圖.....	7
圖 2.5	光伏特效應原理之 pn 接面太陽能電池示意圖.....	8
圖 2.6	pn 接面太陽能電池示意圖.....	9
圖 2.7	太陽能電池原理示意圖.....	9
圖 2.8	太陽能電池照光後量得之 I-V 曲線圖.....	10
圖 2.9	理想太陽能電池等效電路圖.....	11
圖 2.10	實際太陽能電池等效電路圖.....	11
圖 3.1	掃描式光激發光光譜儀機構圖.....	22
圖 3.2	兩段式 UV 光源實體圖.....	23
圖 3.3	四點探針實體圖.....	23
圖 3.4	四點探針示意圖.....	23
圖 4.1	乾氧化裝置示意圖.....	25
圖 4.2	溫度曲線定義圖.....	25
圖 4.3	晶片置於晶舟實體圖.....	26
圖 4.4	晶舟推入石英爐管實體圖.....	26
圖 4.5	氧化後完成之晶舟及晶圓實體圖.....	26
圖 4.6	氧化後完成之矽晶片實體圖.....	26
圖 4.7	試片於旋塗機上實體圖.....	27
圖 4.8	晶片上塗佈光阻實體圖.....	27
圖 4.9	磷擴散片實體圖.....	28

圖 4.10	經 BOE 溶液浸泡後晶片實體圖.....	28
圖 4.11	磷擴散片置於晶片中央實體圖.....	29
圖 4.12	磷擴散片及晶片置入晶舟實體圖.....	29
圖 4.13	擴散時通入氮氣實體圖.....	29
圖 4.14	擴散裝置示意圖.....	29
圖 4.15	氧化銦錫(ITO)靶材實體圖.....	30
圖 4.16	CU 靶材實體圖.....	30
圖 4.17	溫度曲線定義圖.....	31
圖 4.18	設定加熱控制器實體圖.....	31
圖 4.19	空氣中反射的光線圖.....	32
圖 4.20	實際狀態的色散現象圖.....	33
圖 4.21	兩組反射光之相位差形成為波峰波谷圖.....	33
圖 4.22	半導體電流-電壓特性掃描器實體圖.....	35
圖 4.23	日光模擬系統校正參數實體圖.....	35
圖 4.24	日光模擬系統實體圖.....	35
圖 4.25	量測串接自製太陽能電池晶片電壓實體圖.....	36
圖 4.26	自製太陽能電池晶片驅動電子時鐘實體圖.....	36
圖 4.27	恆溫 1000°C 在不同擴散時間之 I-V 曲線圖.....	37
圖 4.28	太陽能矽晶片之 3D 表面輪廓圖(a)側視圖(b)俯視圖(c)3D 立體圖.....	38
圖 4.29	玻璃基材與氧化銦錫(ITO)薄膜之透光率表示圖.....	40
圖 4.30	膜厚量測分析軟體示意圖.....	41
圖 4.31	恆溫 1000°C 擴散時間為 10 分鐘之反射率分析圖.....	42
圖 4.32	恆溫 1000°C 擴散時間為 30 分鐘之反射率分析圖.....	42
圖 4.33	恆溫 1000°C 擴散時間為 60 分鐘之反射率分析圖.....	42
圖 4.34	試片置於晶舟實體圖.....	44
圖 4.35	晶舟放入石英爐管實體圖.....	44

圖 4.36	3 吋高溫爐管實體圖.....	44
圖 4.37	退火溫度為 400°C 擴散時間為 10 分鐘之反射率分析圖.....	45
圖 4.38	退火溫度為 400°C 擴散時間為 30 分鐘之反射率分析圖.....	45
圖 4.39	退火溫度為 400°C 擴散時間為 60 分鐘之反射率分析圖.....	45
圖 5.1	3D 表面輪廓儀實體圖.....	47
圖 5.2	實驗用矽晶片(2cmx2cm)實體圖.....	48
圖 5.3	氫流量為 20(L/min)之氧化銦錫(ITO)薄膜反射率分析圖.....	51
圖 5.4	氫流量為 40(L/min)之氧化銦錫(ITO)薄膜反射率分析圖.....	51
圖 5.5	實驗用矽晶片(3cmx3cm)實體圖.....	52
圖 5.6	陽極電化學蝕刻槽示意圖.....	53
圖 5.7	不同蝕刻電流過程曲線及多孔矽蝕刻日照圖.....	54
圖 5.8	濺鍍氧化銦錫(ITO)薄膜後之多孔矽區分照片圖.....	55
圖 5.9	多孔矽濺鍍氧化銦錫(ITO)薄膜前之反射率分析圖.....	56
圖 5.10	多孔矽濺鍍氧化銦錫(ITO)薄膜後厚度 145nm 之反射率分析圖.....	57
圖 6.1	陽極氧化參數與 P 型矽基板、N 型矽基板之關係圖.....	58
圖 6.2	多孔矽表面孔矽率示意圖.....	59
圖 6.3	多孔矽施以照光可能產生之結果示意圖.....	60
圖 6.4	多孔矽電化學蝕刻二價反應圖.....	62
圖 6.5	比爾模型之孔洞起始機制示意圖.....	63
圖 6.6	多孔矽陽極氧化時周圍靜電力分佈圖.....	64
圖 6.7	多孔矽與矽介面之放大圖與陽極電化學之電洞反應路徑圖.....	66
圖 6.8	擴散限制模型之電腦模擬結果圖.....	67
圖 7.1	利用照射鹵素燈方式進行蝕刻示意圖.....	69
圖 7.2	定電流 40mA 下的蝕刻過程曲線圖.....	70
圖 7.3	定電流 40mA 下的多孔矽蝕刻反射率曲線圖.....	71



圖 7.4	定電流 40mA 下的多孔矽蝕刻鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜後反射率曲線圖	71
圖 7.5	P 型多孔矽晶片矽蝕刻後之 PL 量測圖	73
圖 7.6	N 型多孔矽晶片矽蝕刻後之 PL 量測圖	73
圖 7.7	P 型多孔矽晶片矽蝕刻後鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜之 PL 量測圖	74
圖 7.8	N 型多孔矽晶片矽蝕刻後鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜之 PL 量測圖	74
圖 7.9	P 型多孔矽晶片矽蝕刻後鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜之 PL 量測比較圖	75
圖 7.10	N 型多孔矽晶片矽蝕刻後鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜之 PL 量測比較圖	75
圖 7.11	P 型矽晶片蝕刻後 SEM 俯視圖 500 倍、5000 倍	76
圖 7.12	P 型矽晶片蝕刻後 SEM 側視圖 500 倍	76
圖 7.13	N 型矽晶片蝕刻後 SEM 俯視圖 500 倍、5000 倍	77
圖 7.14	N 型矽晶片蝕刻後 SEM 側視圖 500 倍	77
圖 7.15	固定電流 40mA 蝕刻下的 P 型及 N 型矽晶片之電流-電壓特性曲線圖	78
圖 7.16	定電壓 10V 下的多孔矽蝕刻實體圖	79
圖 7.17	定電壓 10V 下的多孔矽蝕刻之反射率曲線圖	82
圖 7.18	定電壓 10V 下的多孔矽蝕刻鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜後之反射率曲線圖	83
圖 7.19	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 30 分鐘後之 PL 量測圖	84
圖 7.20	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 60 分鐘後之 PL 量測圖	84
圖 7.21	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 90 分鐘後之 PL 量測圖	85
圖 7.22	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 30 分鐘鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜後之 PL 量測圖	86
圖 7.23	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 60 分鐘鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜後之 PL 量測圖	86

圖 7.24	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 90 分鐘鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜後之 PL 量測圖 .....	87
圖 7.25	定電壓 10V 多孔矽晶片矽蝕刻後鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜前之 PL 量測 比較.....	88
圖 7.26	定電壓 10V 多孔矽晶片矽蝕刻後鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜後之 PL 量測 比較.....	88
圖 7.27	蝕刻 30 分鐘鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜前後之 PL 分析圖.....	89
圖 7.28	蝕刻 60 分鐘鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜前後之 PL 分析圖.....	89
圖 7.29	蝕刻 90 分鐘鍍上氧化銦錫(ITO)薄膜前後之 PL 分析圖.....	89
圖 7.30	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 30 分鐘 SEM 俯視圖 1000 倍、5000 倍.....	90
圖 7.31	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 30 分鐘 SEM 側視圖 500 倍.....	90
圖 7.32	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 60 分鐘 SEM 俯視圖 100 倍、300 倍.....	91
圖 7.33	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 60 分鐘 SEM 側視圖 500 倍.....	91
圖 7.34	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 90 分鐘 SEM 俯視圖 100 倍、300 倍.....	92
圖 7.35	N 型多孔矽晶片矽蝕刻 90 分鐘 SEM 側視圖 500 倍.....	92