

# 太陽電池技術入門(修訂版)



勝特力材料 886-3-5753170  
勝特力电子(上海) 86-21-54151736  
勝特力电子(深圳) 86-755-83298787  
[Http://www.100y.com.tw](http://www.100y.com.tw)

## ■ 內容簡介

近年來，環保意識抬頭，全球皆積極研發使用潔淨的再生能源，以減輕傳統發電方式所產生之污染問題。使得太陽能產業得以被重視，也成為未來能源的趨勢。本書作者以多年的經驗由淺入深的對於太陽能電池做詳細的解說，對於太陽光電產業與歷史演進及基本理論做簡單的介紹，使讀者有整體的概念，並分別針對多晶矽原料、單晶矽晶片和多晶矽晶片等原料之製造技術做介紹。對於所有矽基太陽電池的製造技術做說明，包含結晶矽太陽電池、薄膜型結晶矽太陽電池和非晶矽太陽電池等。本書對目前轉換效率最高並用在太空領域的太陽電池 III-V 族化合物太陽電池之製造技術、CdTe 化合物太陽電池製造技術、CIS 和 CIGS 太陽電池製造技術、染料敏化太陽電池之製造技術，這些不同的太陽電池介紹其各自的特色。最後將太陽光電系統與應用做簡單的說明，使讀者可以融會貫通並應用於生活上。本書適用於從事太陽電池產業之工程人員及學術研究者所或是有興趣的人士閱讀。

## ■ 目錄

### 目錄

#### 第 1 章 太陽電池概論

- 1.1 我們所知道的太陽 1-1
- 1.2 太陽輻射 1-2
- 1.3 為何太陽能源之利用變得那麼重要？ 1-4
- 1.4 太陽能發電的優缺點 1-5
- 1.5 何謂太陽電池？ 1-6
- 1.6 太陽電池的發展史 1-7
- 1.7 台灣太陽電池產業的發展 1-13
- 1.8 太陽電池的經濟效益 1-15

#### 第 2 章 太陽電池的基本原理

- 2.1 基本的光電物理 2-1
- 2.2 矽的原子結構 2-6
- 2.3 半導體的能帶理論 2-7
- 2.4 P-N 接合(P-N Junction) 2-10
- 2.5 太陽電池的發電原理 2-12
- 2.6 太陽光的光譜照度 2-15
- 2.7 太陽電池的電路模型 2-15
- 2.8 判別太陽電池效率的參數 2-17
  - 2.8.1 最大的功率點 2-17
  - 2.8.2 能量轉換效率 2-17

2.8.3	填充係數(Fill Factor)	2-18
2.8.4	量子效率(Quantum efficiency)	2-19
2.9	影響太陽電池效率的因素	2-20
2.9.1	造成轉換效率損失原因	2-20
2.9.2	提高轉換效率的方法	2-21
第3章 多晶矽原料製造技術		
3.1	太陽電池材料之選定標準	3-1
3.2	矽原料之特性	3-2
3.3	多晶矽原料之製造流程(Siemens 方法)	3-3
3.3.1	冶金級多晶矽原料之製造	3-4
3.3.2	三氯矽烷(SiHCl <sub>3</sub> )的製造與純化	3-7
3.3.3	塊狀多晶矽原料的製造：Siemens 方法	3-9
3.4	塊狀多晶矽原料的製造：ASiMi 方法	3-12
3.4.1	SiH <sub>4</sub> 原料製造技術	3-12
3.4.2	多晶矽原料的製造	3-14
3.5	粒狀多晶矽原料的製造	3-14
3.6	多晶矽原料之市場概況	3-17
第4章 太陽電池級矽單晶片製造技術		
4.1	前言	4-1
4.2	CZ 矽單晶棒之製造	4-3
4.2.1	CZ 拉晶爐設備	4-3
4.2.2	CZ 拉晶流程	4-4
4.3	太陽電池等級 CZ 單晶片的常用規格	4-7
4.4	CZ 單晶棒的品質與良率控制	4-7
4.4.1	單晶良率的提升	4-7
4.4.2	電阻率的控制	4-8
4.4.3	氧在矽晶棒內的形成機構與控制	4-9
4.4.4	CZ 矽晶棒中碳的形成與與控制	4-10
4.4.5	CZ 矽晶棒中金屬不純物的來源與控制	4-11
4.5	晶圓的加工成型	4-11
4.5.1	修邊(Ingot Squaring)	4-11
4.5.2	切片(Slicing)	4-12
4.5.3	蝕刻清洗(Etching and Cleaning)	4-14
4.6	矽單晶片之市場概況	4-15
第5章 多晶矽晶片之製造技術		
5.1	前言	5-1
5.2	鑄造多晶矽錠之技術	5-2
5.3	多晶矽片之加工成型	5-6
5.4	多晶矽片之品質控制	5-8
5.4.1	結晶缺陷	5-8
5.4.2	不純物之控制	5-9
5.5	薄板多晶矽片(Ribbon Silicon)之製造技術	5-10
5.5.1	EFG (Edge Defined Film Feed)法	5-11
5.5.2	WEB (Dendritic Web)法	5-14
5.5.3	STR (String Ribbon)法	5-15
5.5.4	RGS (Ribbon Growth on Substrate)法	5-16
5.6	矽薄板之品質特性	5-17
第6章 結晶矽太陽電池		
6.1	前言	6-1
6.2	太陽電池基本結構	6-2
6.2.1	基板	6-3

勝特力材料 886-3-5753170  
勝特力电子(上海) 86-21-54151736  
勝特力电子(深圳) 86-755-83298787  
[Http://www.100y.com.tw](http://www.100y.com.tw)

勝特力材料 886-3-5753170  
勝特力电子(上海) 86-21-54151736  
勝特力电子(深圳) 86-755-83298787  
[Http://www.100y.com.tw](http://www.100y.com.tw)

6.2.2	表面粗糙結構化(Texturing)	6-4
6.2.3	P-N 二極體	6-6
6.2.4	抗反射層(Antireflection Coatings)	6-6
6.2.5	金屬電極	6-6
6.3	太陽電池之製造流程	6-8
6.3.1	表面粗糙結構化(Texturization) :	6-9
6.3.2	磷擴散製程(Phosphorus diffusion) :	6-10
6.3.3	邊緣絕緣處理(Edge Isolation) :	6-13
6.3.4	抗反射層塗佈(ARC Deposition) :	6-13
6.3.5	正面電極之網印(Front Contact Print) :	6-15
6.3.6	背面電極之網印(Front Contact Print) :	6-16
6.3.7	火烤(Cofiring) :	6-17
6.4	模組化技術	6-17
6.4.1	太陽電池的串接	6-18
6.4.2	太陽電池模組之構造與製造過程	6-19
第 7 章 薄膜型結晶矽太陽電池		
7.1	前言	7-1
7.2	薄膜結晶矽之沉積技術	7-2
7.2.1	CVD 薄膜結晶矽之沉積技術	7-3
7.2.2	LPE 薄膜結晶矽之沉積技術	7-7
7.3	薄膜晶粒之改善技術	7-8
7.3.1	ZMR 再結晶技術(Zone Melting Recrystallization)	7-8
7.3.2	金屬誘發結晶化(Metal-Induced Crystallization, MIC)	7-9
7.3.3	退火處理(Annealing)	7-10
7.3.4	雷射誘發再結晶(Laser-Induced Recrystallization)	7-10
7.4	薄膜型結晶矽之種類	7-11
7.4.1	單晶矽薄膜生長在單晶矽基板上	7-12
7.4.2	多晶矽薄膜生長在多晶矽基板上	7-15
7.4.3	多晶矽薄膜生長在其它材質基板上	7-15
7.5	薄膜矽太陽電池設計上之考量	7-16
7.5.1	光線的留滯(Light-Trapping)	7-17
7.6	混合型(Hybrid)堆疊之薄膜太陽電池	7-20
第 8 章 非晶矽太陽電池		
8.1	前言	8-1
8.2	非晶矽之原子結構與特性	8-3
8.3	非晶矽之沉積技術	8-4
8.3.1	PECVD	8-4
8.3.2	HWCVD (Hot-Wire CVD)	8-8
8.3.3	合金膜的形成	8-9
8.4	非晶矽太陽電池之結構	8-9
8.4.1	基本的 p-i-n 結構	8-9
8.4.2	多接面太陽電池結構 (Multijunction Cell)	8-12
8.5	非晶矽太陽電池模組	8-14
8.6	非晶矽薄膜之光劣化現象	8-14
第 9 章 III-V 族化合物太陽電池		
9.1	前言	9-1
9.2	III-V 族化合物之特性	9-2
9.3	III-V 族化合物之薄膜生長技術	9-5
9.3.1	液相磊晶法(LPE)	9-6
9.3.2	化學氣相沉積法(CVD)	9-7
9.3.3	有機金屬化學氣相沉積法(MOCVD)	9-7

9.3.4	分子束磊晶法(MBE)	9-8
9.4	單一接面太陽電池之設計	9-10
9.5	多接面太陽電池之設計	9-11
9.6	GaInP/GaAs/Ge 太陽電池	9-13
9.6.1	Ge 電池	9-14
9.6.2	GaAs 電池	9-14
9.6.3	GaInP 電池	9-14
9.6.4	隧道結(Tunnel Junction Interconnects, TJIC)	9-16
9.7	InP 基太陽電池	9-16
9.8	量子井太陽電池(Quantum Well Solar Cells)	9-17
9.9	III-V 族太陽電池之應用	9-17
9.9.1	熱光伏特系統(thermophotovoltaics, TRV)	9-18
9.9.2	聚光系統(concentrator system)	9-18
9.9.3	太空應用	9-18
第 10 章 碲化鎘(CdTe)太陽電池		
10.1	前言	10-1
10.2	CdTe 的基本物理性質	10-3
10.3	CdTe 薄膜的製造技術	10-4
10.3.1	物理氣相沉積法	10-4
10.3.2	密閉空間昇華法	10-5
10.3.3	氣相傳輸沉積法	10-6
10.3.4	濺鍍法	10-7
10.3.5	電解沉積法	10-7
10.3.6	噴塗沉積法	10-8
10.3.7	有機金屬化學氣相沉積法	10-8
10.3.8	網印沉積法	10-9
10.4	CdCl <sub>2</sub> 處理	10-9
10.5	CdTe 太陽電池之結構	10-9
10.6	CdTe 太陽電池模組	10-11
10.7	CdTe 太陽電池之未來發展	10-12
第 11 章 銅銦鎵二硒太陽電池		
11.1	前言	11-1
11.2	材料特性	11-3
11.3	CIGS 薄膜製造技術	11-6
11.3.1	同步蒸鍍法(Coevaporation)	11-6
11.3.2	硒化法(Selenization)	11-8
11.4	CIGS 太陽電池之結構	11-9
11.4.1	背面電極(Back Contact)	11-9
11.4.2	吸收層(Absorber Layer)	11-9
11.4.3	緩衝層(Buffer Layer)	11-10
11.4.4	透明導電氧化層(Transparent Conducting Oxide)	11-11
11.4.5	正面金屬電極	11-11
11.5	CIGS 太陽電池模組	11-12
11.6	CIGS 太陽電池的未來發展	11-13
第 12 章 染料敏化太陽電池		
12.1	前言	12-1
12.2	染料敏化太陽電池的基本結構	12-2
12.2.1	玻璃基板	12-4
12.2.2	TiO <sub>2</sub> 光導電極	12-5
12.2.3	染料光敏化劑(Dye-Photosensitizer)	12-6

**勝特力材料 886-3-5753170**  
**勝特力电子(上海) 86-21-54151736**  
**勝特力电子(深圳) 86-755-83298787**  
[Http://www.100y.com.tw](http://www.100y.com.tw)

12.2.4	電解質(Electrolyte)	12-10
12.2.5	輔助電極(Counter Electrode)	12-11
12.3	染料敏化太陽電池的發電原理	12-12
12.4	染料敏化太陽電池的特性	12-13
12.5	染料敏化太陽電池模組化之考量	12-14
12.6	染料敏化太陽電池的發展趨勢	12-15
第 13 章 太陽光電系統與應用		
13.1	前言	13-1
13.2	太陽光電系統之組成	13-2
13.2.1	蓄電池(Battery storage)	13-3
13.2.2	充電控制器(Charge Controller)	13-5
13.2.3	直/交流轉換器(Inverter)	13-6
13.3	太陽光電系統之種類與應用	13-9
13.3.1	獨立型(off-grid 或 stand-alone)太陽光電系統	13-9
13.3.2	市電併聯型(Grid-Connected)太陽光電系統	13-12
13.3.3	混合型(Hybrid)太陽光電系統	13-14
13.4	太陽光電系統在太空上的應用	13-15
附錄 本書編寫時之參考資料		

勝特力材料 886-3-5753170  
勝特力电子(上海) 86-21-54151736  
勝特力电子(深圳) 86-755-83298787  
[Http://www.100y.com.tw](http://www.100y.com.tw)