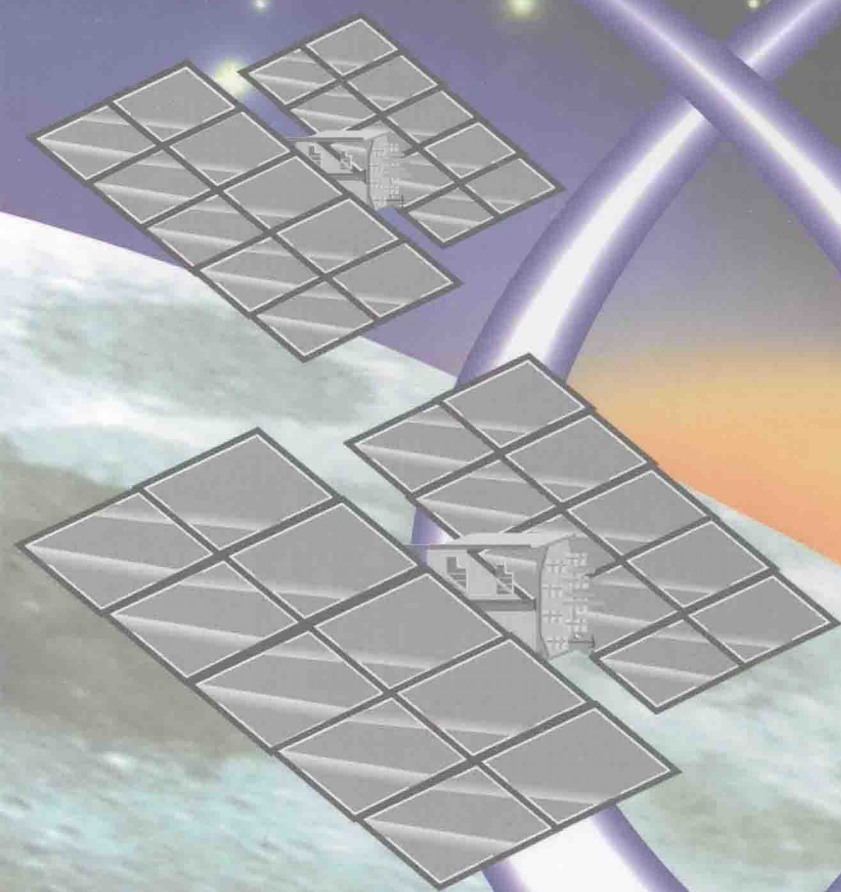


太陽能工程——太陽電池篇

莊嘉琛 編著



太陽能工程(太陽能電池篇)

莊嘉琛 編著



全華圖書股份有限公司 印行

太陽能工程(太陽能電池篇)

編 著 莊嘉琛
發行人 陳本源
出版者 全華圖書股份有限公司
地 址 23671 台北縣土城市忠義路 21 號
電 話 (02)2262-5666 (總機)
傳 真 (02)2262-8333
郵政帳號 0100836-1 號
印 刷 者 宏懋打字印刷股份有限公司
圖書編號 0300571
二版一刷 2008 年 06 月
定 價 新台幣 420 元
I S B N 978-957-21-6594-2

全華圖書
www.chwa.com.tw
book@ms1.chwa.com.tw

全華科技網 OpenTech
www.optentech.com.tw

有著作權・侵害必究

我們的宗旨

提供技術新知
帶動工業升級
為科技中文化
再創新猷

資訊蓬勃發展的今日
全華本著「全是精華」的出版理念
以專業化精神
提供優良科技圖書
滿足您求知的權利
更期以精益求精的完美品質
為科技領域更奉獻一份心力

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙！！



譯 序



本書由首章及第2、3章內的太陽電池之發電原理系統構造與測定方法說明起，至第5、6章及第7章內之實際上民生用途以及大規模工業用系統等的構築過程，皆有完整組合的內容闡述。其中亦在第4章詳述有關各類太陽材料製作加工等特性與應用上之發展，已相當充份涵蓋有關目前研究利用太陽能工程內容中，有關太陽光發電系統之各項技術要項。期望能藉由淺及深的介紹，而進一步提供社會上各專門技術階層人員汲取有關太陽光發電系統之精髓。僅此編譯者將本書貢獻給大專以上理工科系學生，有效而內容完整之教科書級參考工具用。

本書編譯內容主要取材自日本電力協會出版之太陽電池部份，以及多數參與NEDO計劃研究人員所發表之論文報告。另外，為順利譯著成本大學講義，編譯者特別感謝上述所提及專家學者，亦感謝陳賢英博士以及86年度電機系畢業學生校友張世志與陳世華在內容圖表整理上有許多貢獻。亦感謝吾妻嘉琳的協助，得以完成此書。

莊嘉琛 謹序於

國立台北科技大學電機技術系



編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

「太陽能工程（太陽電池篇）」這本書，適合高工、專科及大學院校電子、電機等理工科的學生使用，讀完此書，非但對於二十一世紀的新能源—太陽有更進一步的認識，更能有效地利用，甚至化爲自身的潛力。是兼顧環保與節約能源的一本好書。

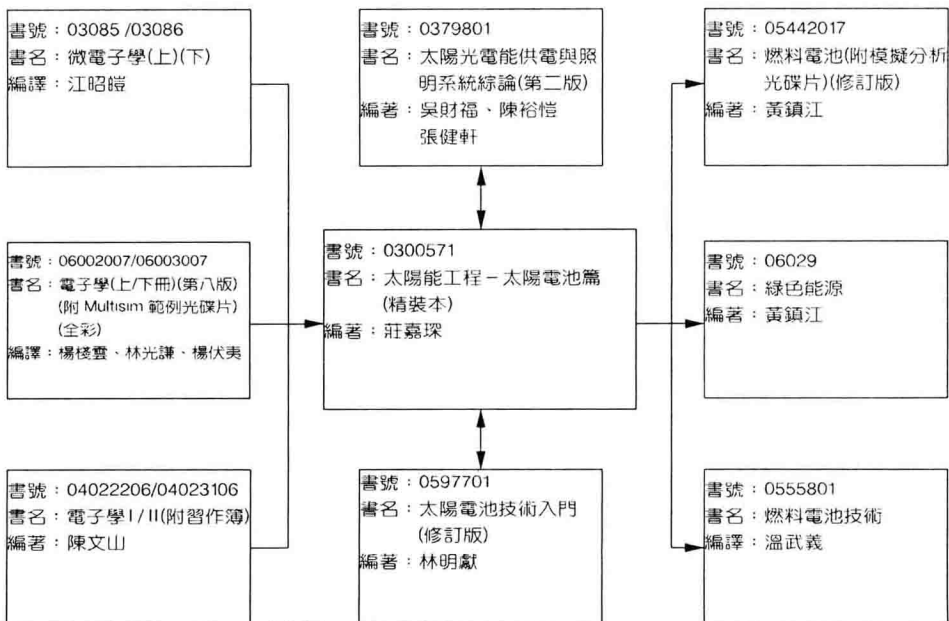
同時，爲了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠爲您服務。

相關叢書介紹

書號：05442017 書名：燃料電池(附模擬分析光碟片) (修訂版) 編著：黃鎮江 20K/424 頁/580 元	書號：0263701 書名：高頻交換式電源供應器原理 與設計 編譯：梁適安 20K/384 頁/近期出書	書號：05035 書名：充電式鋰離子電池－材料 與應用 編譯：林振華、林振富 20K/288 頁/280 元
書號：0379801 書名：太陽光電能供電與照明系統 綜論(第二版) 編著：吳財福、陳裕愷、張健軒 20K/488 頁/500 元	書號：0396901 書名：交換式電源手冊 編譯：鄭振東 20K/696 頁/500 元	
書號：03297 書名：最新交換式電源技術 編譯：溫坤禮、陳德超 20K/248 頁/240 元	書號：0555801 書名：燃料電池技術 編譯：溫武義 20K/344 頁/360 元	

☞上列書價若有變動，請
以最新定價為準。

流程圖



目錄

第一章 總論

1-1

1-1	太陽能源	1-2
1-1-1	太陽能的質與量	1-2
1-1-2	太陽能與地球生態循環	1-5
1-2	太陽光發電的意義	1-6
1-2-1	從經濟文明到生態文明之開展	1-6
1-2-2	能源需要與清淨能源之開發	1-9
1-2-3	乾淨的太陽能發電系統	1-11

第二章 太陽電池發電原理與轉換效率

2-1

2-1	半導體之光導效果	2-2
2-2	光起電力效果	2-5

2-3	太陽電池原理	2-9
2-4	太陽電池的能源轉換效率	2-11
2-5	太陽電池之等價回路	2-17
2-6	擔體收集效率	2-21
2-7	理論限界效率與太陽電池之損失	2-28
2-8	高效率化技術及其構造物性	2-31

第三章 太陽電池測定法

3-1

3-1	回路之串、並聯電阻原因與測定法	3-2
3-1-1	串聯電阻	3-2
3-1-2	並聯電阻	3-3
3-2	光源	3-4
3-2-1	基準太陽光	3-4
3-2-2	測定用光源	3-6
3-3	出力特性換算及補正	3-11
3-3-1	絕對值較正法	3-12
3-3-2	參考電池法	3-13
3-4	照度及溫度之依存性	3-14
3-5	太陽電池特性之實測法	3-17
3-5-1	太陽單體電池(unit cell)之測定	3-17
3-5-2	大面積模組之測定	3-18
3-5-3	太陽電池特性測定重點	3-19

4-1	單晶矽太陽電池	4-2
4-1-1	概 說	4-2
4-1-2	構 造	4-4
4-1-3	單晶矽太陽電池之製作法	4-11
4-1-4	單晶矽太陽電池之高效率化	4-20
4-1-5	高效率單結晶矽太陽電池	4-28
4-1-6	今後的課題	4-41
4-2	多晶矽太陽電池	4-42
4-2-1	多晶矽材料之形成	4-43
4-2-2	結晶粒界之電氣特性及不活性化	4-51
4-2-3	接合構造及理論效率	4-59
4-2-4	太陽電池製造技術	4-72
4-2-5	將來展望	4-74
4-3	非晶系太陽電池	4-75
4-3-1	概 論	4-75
4-3-2	非晶質矽之製備與物性	4-77
4-3-3	太陽電池構造與製備過程	4-89
4-3-4	太陽電池作動特徵	4-95
4-3-5	高效率化技術	4-107
4-3-6	安定性與信賴性	4-120
4-4	化合物半導體太陽電池	4-126
4-4-1	化合物半導體太陽電池特徵	4-128

4-4-2	化合物半導體之接合成形技術與 太陽電池製作周邊技術	4-140
4-4-3	各種化合物半導體太陽電池	4-149
4-4-4	化合物半導體太陽電池應用	4-158
4-4-5	結論及展望	4-162
4-5	其他太陽電池	4-164
4-5-1	無機太陽電池	4-164
4-5-2	有機太陽電池	4-170
4-5-3	濕式太陽電池	4-174

第五章 模組化技術

5-1

5-1	民生用模組化	5-2
5-1-1	構造以及形成法	5-2
5-1-2	作動特性	5-5
5-2	電力用模組	5-6
5-2-1	構造及形成法	5-6
5-2-2	各種特性	5-12
5-3	其他之模組	5-18
5-3-1	集光型模組	5-18
5-3-2	Hybrid型模組	5-19

第六章 太陽電池系統與應用

6-1

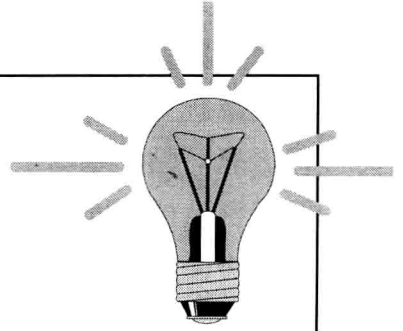
6-1	太陽電池在電子製品之應用	6-2
6-1-1	太陽電池之動作點	6-2
6-1-2	基本回路	6-3
6-1-3	電子製品使用之控制回路	6-5
6-1-4	模組設計	6-10
6-1-5	太陽電池與二次電池之Matching	6-12
6-1-6	太陽電池模組設計流程	6-13
6-2	電子製品上應用例	6-15
6-2-1	計算機及手錶之應用	6-15
6-2-2	充電器之應用	6-16
6-2-3	低功率電器	6-17
6-2-4	其他應用	6-20
6-3	電力上應用	6-20
6-3-1	電力上發電系統基本設計	6-20
6-3-2	小規模發電系統	6-52
6-3-3	中規模發電系統	6-62
6-3-4	大規模發電系統	6-66

第七章 未來展望

7-1

7-1	地球環境與能源、人口問題	7-2
-----	--------------	-----

7-2	資源之枯竭	7-4
7-3	Global太陽光發電系統	7-7
7-3-1	能源供給預估	7-7
7-3-2	GENESIS計畫	7-9
7-3-3	氫氣利用計畫(NEWS)及太空 發電計畫(SPSS)	7-11



第一章 總 論

1-2 太陽能工程(太陽電池篇)

針對做為太陽光發電能源之太陽輻射能性質以及其能量大小，將從太陽能之質與量來說明，並與人類生活所需之能源相比較；然後對太陽光發電系統，加以分類。並且闡述其發電方法與傳統水力發電或火力發電之異同點。基本上，太陽發電系統是以半導體的量子效果為基礎，既不含熱機，亦不包含可動的機械部分等，是相當特殊的發電方式。本章將從維持21世紀人類文明所必須開發清淨能源之立場，來觀察太陽光發電的必要性及考察其發電的各種方式。

1-1 太陽能源

1-1-1 太陽能的質與量

到達地球表面的太陽能，是從近乎真空的宇宙中以電磁波方式送達。如果地球與太陽間的距離，以平均1億5000萬km來說，則到達地球表面之光線為平行光，以電磁學上觀念而言，為屬於具許多頻率之集合體的平面波。在地表上之輻射光譜以圖1-1之粗線表示，而細線表示從宇宙來的太陽輻射，進入大氣圈時，紫外線及青色等高能量部分極易與空氣分子產生散射而喪失能量(由地上看到藍色天空之理由在此)，再經過大氣中水蒸氣分子之吸收，所以最終到達地表之太陽光，其光譜之分布為圖中減掉灰色部分之粗線。

太陽輻射光譜中，可在長波長領域中看到俗稱太陽電波之構造，這是由於太陽黑點活動所生之變動。因此，在假想的太陽光譜中，宇宙圈以圖中虛線之6000k(凱氏溫度)表示，而地表以接近於5700k溫度

⁽¹⁾ 太陽常數：地球到太陽之平均距離為 1.495×10^8 公里，在沒有大氣之吸收與散亂之地方(大氣圈外)，與入射方向成垂直之地 1cm^2 ，1分鐘所接收太陽輻射能。其量為 $1.94 \text{ ly}(\text{langly}, 1 \text{ ly} = 1\text{cal})/\text{cm}^2 = 135.3\text{mW}/\text{cm}^2 = 1.353\text{kW}/\text{m}^2$ 。

之黑體輻射光譜來表示。再者，針對太陽輻射之能量大小而言，從太陽表面所放射出來的能量，換算成電力約為 3.8×10^{23} kW左右。這些能量經過1億5000萬km之太空，到達地球之大氣圈時，其輻射源密度約為 1.4 kW/m^2 ，此即太陽常數(solar constant)⁺。這是使用人造衛星之實測值。然而，到達地球上之太陽光線，其實隨著當地的緯度，時間與氣象狀況而改變。比如說同一地點之向南時的直射日光，也因四季不同之空氣量而改變。此大氣圈所通過空氣量稱為空氣質量(Air Mass, AM)。其單位以從天頂垂直入射之通過空氣量為基準，稱為AM-1。比如說大氣圈外為AM-0，而晴天時之日間直射日光為AM-1.5。

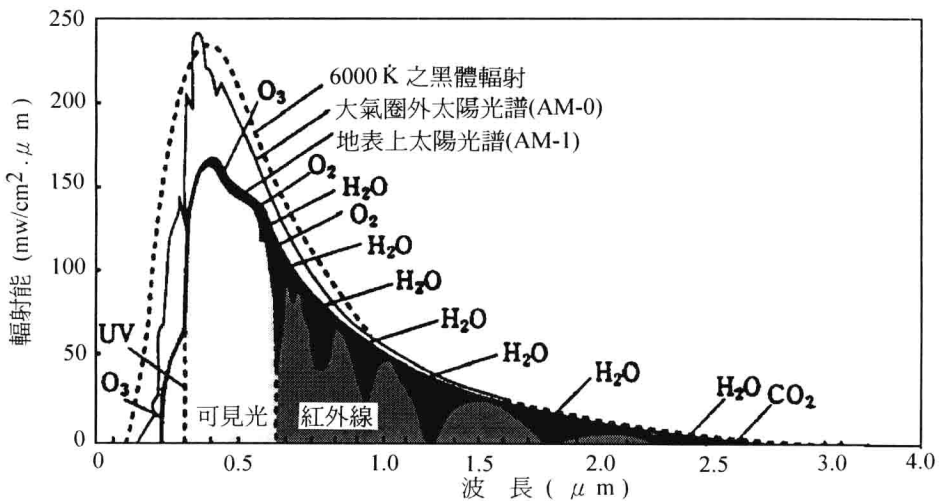


圖1-1 大氣圈外(AM-0)和地表上(AM-1)之太陽能量光譜

1-4 太陽能工程(太陽電池篇)

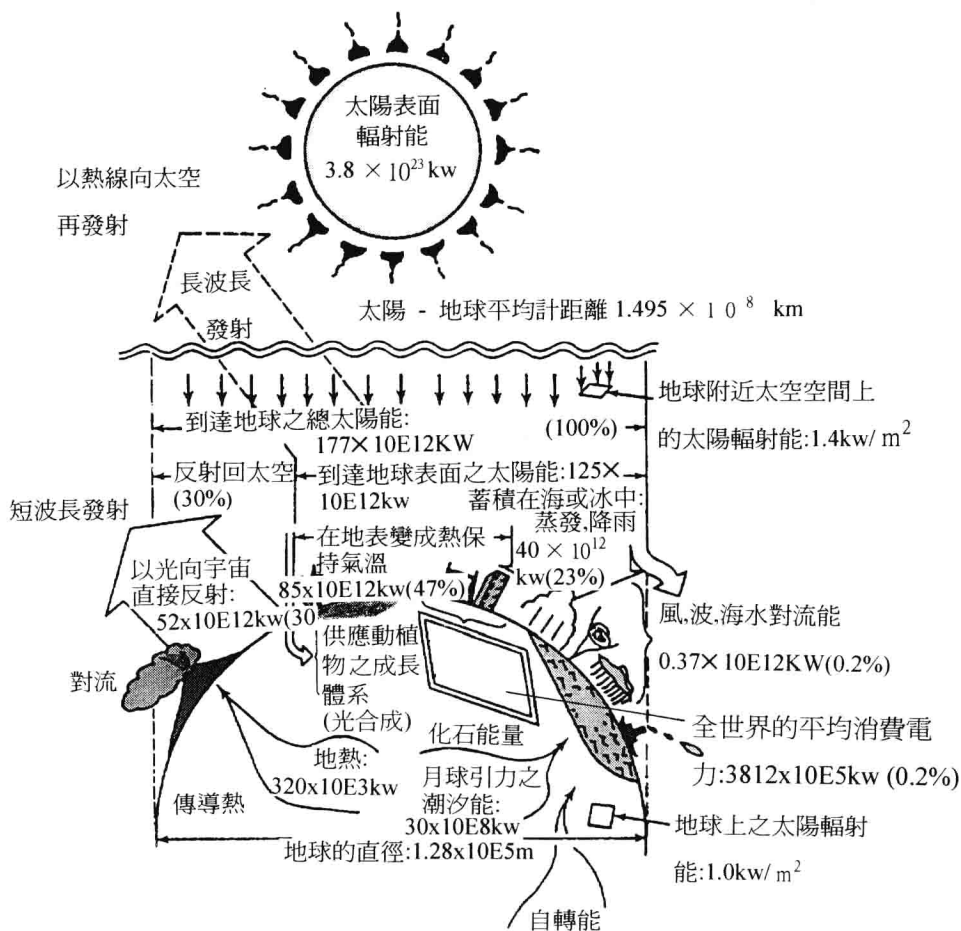


圖1-2 地球表面所接受的太陽輻射能量轉換

因此，到達地球之總輻射能為太陽常數與地球之投影面積之乘積，地球為一長徑6378km，短徑6356km之近似橢圓球。投射到地球之太陽能以100%計算時，以短徑來計算時，約為 $177 \times 10^{12} \text{ kW}$ 。而這些能量在地球表面上分配之可在圖1-2看出，所有能量約30% (52×10^{12}