

新能源

關鍵材料

王錫福 · 邱善得 編著
薛康琳 · 蔡松雨



新能源關鍵材料

王錫福、邱善得、薛康琳、蔡松雨 編著

國家圖書館出版品預行編目資料

新能源關鍵材料 / 王錫福等編著. --初版. -

-新北市：全華圖書，2013.07

面；公分

ISBN 978-957-21-9088-3 (平裝)

1.電池工業 2.工程材料

468.1

102013417

新能源關鍵材料

作者 / 王錫福、邱善得、薛康琳、蔡松雨

執行編輯 / 莊英樟

發行人 / 陳本源

出版者 / 全華圖書股份有限公司

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 / 06168

初版一刷 / 2013 年 12 月

定價 / 新台幣 420 元

ISBN / 978-957-21-9088-3(平裝)

全華圖書 / www.chwa.com.tw

全華網路書店 Open Tech / www.opentech.com.tw

若您對書籍內容、排版印刷有任何問題，歡迎來信指導 book@chwa.com.tw

臺北總公司(北區營業處)

地址：23671 新北市土城區忠義路 21 號

電話：(02) 2262-5666

傳真：(02) 6637-3695、6637-3696

南區營業處

地址：80769 高雄市三民區應安街 12 號

電話：(07) 381-1377

傳真：(07) 862-5562

中區營業處

地址：40256 臺中市南區樹義一巷 26-1 號

電話：(04) 2261-8485

傳真：(04) 3600-9806

有著作權·侵害必究

序

21 世紀是一個高能源價位與降低碳排放的世紀，世界各先進國家對節能減碳、再生能源、二氧化碳捕捉與封存、以及新能源開發研究，莫不投入龐大人力與物力，期能減緩全球暖化趨勢。我國自然資源不足，政府乃積極擬定永續能源政策，致力於將有限資源作最有效利用，開發對環境友善之潔淨能源，確保能源穩定供應，以創造跨世代能源、環保與經濟三贏之願景。

人類的文明進程可由使用之材料來劃分階段，例如古代的石器時代和銅器時代，近代的鐵器時代和半導體時代，以及未來可能的新能源材料時代。材料和能源科技已然成爲今日主宰人類文明發展兩大科技。潔淨能源材料科技的範圍涵蓋金屬、陶瓷、高分子、半導體以及複合材料等。21 世紀是新能源發揮巨大作用的世代，可以預期新能源材料與其相關技術將發揮巨大的推動作用。現今新能源材料主要用於能量轉換、儲能、節能、綠能、氫能，亦包含太陽能、風能、地熱能、海洋潮汐等各種再生能源領域。

由傳統能源時代邁向新能源時代已是歷史必走之路，新能源材料是發展新能源技術的關鍵，也是發展新能源的核心和基石。能儲存和有效利用現有能源的材料均可以歸屬爲新能源材料，現今最受重視的新能源材料包括儲氫電極合金成功應用之鎳氫電池電極材料、嵌鋰碳負極和磷酸鋰鐵正極構成的鋰離子電池材料、固態氧化物電極與電解質材料所構成之燃料電池材料、結晶與非結晶型矽晶半導體材料所構成之太陽能電池材料、金屬氧化物等材料所構成之染料敏化太陽電池材料、以及其它相變儲能和節能材料等。

本書就當前的研究趨勢和技術發展，精選氫能與儲氫材料、二次電池材料、燃料電池材料及太陽能電池材料等四大應用領域，由北科大王錫福副校長登高一呼，力邀國內中央大學、台北科技大學、聯合大學及工研院太陽光電科技中心四位教授，組成一堅強的編著群。經過多次的研討，最後由王錫福教授負責燃料電池材料、薛康琳教授負責二次電池材料、蔡松雨教授負責太陽能光電材料，邱善得教授負責氫能與儲氫材料，可說是集合了四位材料科學博士所學專長，投入無數心力與時間，精心雕琢下完成的一本心血力作。

本書撰寫時參考大量最新國內外相關文獻資料，並於每章之末註明其出處，其目的即是希望，使其能成爲國內外從事能源材料研究的學者專家，先進同業和研究生們，能夠人手一冊作爲必備的參考工具。本書本於嚴謹之學理基礎，同時佐以淺顯易懂之圖表與工業實例，每章之末並編列習作，就是有意提供國內各大專院校，開設能源材料課程之先進教授，挑選作爲一本立論嚴謹而內容豐富的主要教科書，供我辛辛學子學習之參考，培養我國優秀之能源材料人才，爲國家建設奠定堅實之基礎，此乃編著群每位成員共同之願望。

(台北科技大學、聯合大學、工研院太電中心、中央大學 --- 王錫福、薛康琳、蔡松雨 邱善得 共序)

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。

本書就當前的新能源研究趨勢和技術發展，精選氫能與儲氫材料、二次電池材料、燃料電池材料及太陽電池材料等四大應用領域，由北科大王錫福副校長登高一呼，力邀國內中央大學、台北科技大學、聯合大學及工研院太陽光電科技中心四位教授，集合了四位材料科學博士所學專長，投入無數心力與時間，精心雕琢下完成的一本心血力作。

本書以嚴謹之學理基礎，同時佐以淺顯易懂之圖表與工業實例，每章之末並編列習作。撰寫時參考大量最新國內外相關文獻資料，並於每章之末註明其出處，其目的即是希望，使其能成為國內外從事能源材料研究的學者專家，先進同業和研究生們，能夠人手一冊作為必備的參考工具。

本書適合大學、科大之材料系、能源與冷凍系及應化材系等科系之「新能源材料」課程使用。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們列出各有關圖書的閱讀順序，已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，歡迎來函聯繫，我們將竭誠為您服務。

相關叢書介紹

書號：05474
書名：奈米結構材料科學
編著：郭正次、朝春光
16K/336 頁/350 元

書號：06013
書名：奈米材料的製作與應用
— 陽極氧化鋁膜及奈米
線製作技術
編著：劉如熹、辛嘉芬
陳浩銘
20K/160 頁/250 元

書號：05635
書名：圖解燃料電池百科
日譯：王建義
16K/352 頁/420 元

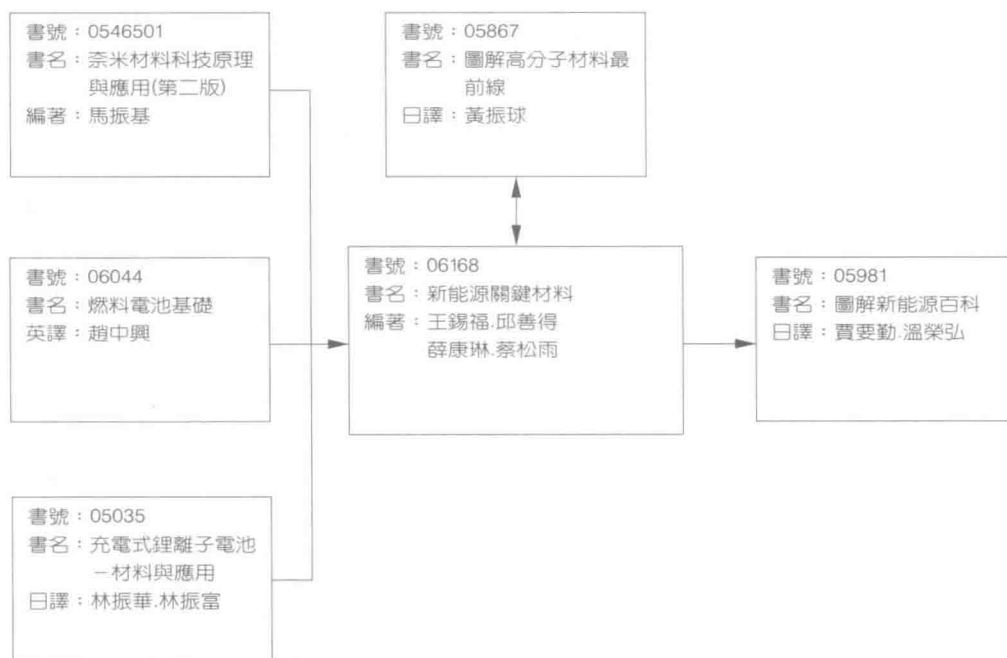
書號：06111
書名：燃料電池技術
編譯：管衍德
20K/352 頁/350 元

書號：06096
書名：油氣雙燃料車 - LPG 引擎
編著：楊成宗、郭中屏
16K/248 頁/280 元

書號：0581901
書名：能源應用與原動力廠
(第二版)
編著：蘇煒城
16K/344 頁/450 元

◎上列書價若有變動，請以最新定價為準。

流程圖



目 錄

Chapter 1 緒言	1-1
1-1 能源、環保與經濟	1-1
1-2 能源材料	1-1
1-3 儲能材料	1-2
1-4 氫能與儲氫材料	1-3
1-5 二次電池材料 ^[4]	1-5
1-6 燃料電池材料	1-8
1-7 太陽能電池材料	1-8
參考文獻	1-10
習作	1-10
Chapter 2 儲氫合金與鎳氫電池	2-1
2-1 儲氫合金簡介	2-1
2-2 氫化物的種類	2-2
2-3 儲氫合金的種類	2-3
2-4 稀土系儲氫合金	2-4
2-5 鈦系儲氫合金	2-4
2-6 鐵系儲氫合金	2-5
2-7 鎂基儲氫合金	2-6
2-8 儲氫材料熔煉技術	2-8
2-9 動力學性質	2-9
2-10 熱力學性質	2-10

2-11	合金配製	2-13
2-12	金相與電子顯微鏡觀察及成份分析.....	2-19
2-13	合金之 XRD 分析	2-21
2-14	儲氫性能評估－ PCI 曲線量測	2-22
2-15	鎳氫電池之發展與應用.....	2-23
2-16	鎳氫電池作用原理.....	2-24
2-17	正電極材料製作	2-25
2-18	負電極材料製作	2-26
2-19	充放電曲線.....	2-27
	參考文獻.....	2-29
	習作	2-30

Chapter 3 鋰離子電池 3-1

3-1	鋰電池的種類、特性、與安全	3-2
3-1-1	鋰電池種類	3-3
3-1-2	鋰離子電池特性	3-5
3-1-3	電池安全與操作	3-6
3-2	鋰電池負極材料	3-7
3-2-1	金屬鋰負極材料	3-7
3-2-2	碳負極材料	3-9
3-2-3	氧化物負極材料	3-11
3-2-4	合金類負極材料	3-11
3-3	鋰電池正極材料	3-13
3-3-1	一維隧道結構二氧化錳 (MnO ₂).....	3-14

3-3-2	二維層狀結構 LiMO_2	3-15
3-3-3	三維框架結構 $\text{A}[\text{B}_2]\text{X}_4$	3-17
3-4	電解質材料.....	3-19
3-4-1	液態非水溶液電解質.....	3-19
3-4-2	高分子電解質.....	3-21
3-4-3	無機固體電解質.....	3-23
	參考文獻.....	3-24
	習作	3-24
Chapter 4	奈米碳材與氫能應用	4-1
4-1	奈米碳材的儲氫研究概況	4-1
4-2	化學氣相沈積法製備奈米碳管	4-2
4-3	估計奈米碳管理論吸氫量	4-3
4-4	簡易幾何計算與定性研究	4-4
4-5	模擬奈米碳管中吸氫.....	4-5
4-6	物理吸附與化學吸附	4-7
4-7	奈米碳管吸氫試驗	4-7
4-8	石墨層結晶性對奈米碳管吸氫之影響	4-9
4-9	奈米碳管儲氫之展望.....	4-12
4-10	TCD 法測量奈米碳管吸氫量	4-13
4-11	活化處理與 PCI 測量吸氫量	4-16
4-12	奈米碳材儲氫結果與討論.....	4-24
4-13	結語	4-25

參考文獻.....	4-28
習作	4-30
Chapter 5 再生能源用儲電電池	5-1
5-1 再生能源的發電特質與儲電	5-2
5-1-1 再生能源的多元化與發電特質	5-2
5-1-2 各種儲電技術.....	5-6
5-1-3 電化學儲電技術	5-10
5-2 傳統電池與發展中的電化學儲電技術	5-10
5-2-1 鉛酸電池.....	5-11
5-2-2 鈉硫電池.....	5-12
5-2-3 液流電池.....	5-14
5-2-4 電化學電容器.....	5-16
5-2-5 鋰離子電池	5-18
5-3 前景與挑戰.....	5-20
參考文獻.....	5-21
習作	5-22
Chapter 6 燃料電池	6-1
6-1 前言	6-1
6-1-1 燃料電池發展背景	6-1
6-1-2 燃料電池的優點與應用	6-3
6-1-3 燃料電池與二次電池的差異	6-3
6-2 燃料電池操作原理	6-5
6-2-1 燃料電池的能量密度.....	6-6

6-2-2	燃料電池的能量轉換效率	6-7
6-2-3	燃料電池的理論輸出電壓	6-8
6-3	各種燃料電池的特性.....	6-8
6-3-1	鹼性燃料電池 (AFC, alkaline fuel cell)	6-10
6-3-2	磷酸燃料電池 (PAFC, phosphoric acid fuel cell)	6-11
6-3-3	質子交換膜燃料電池 (PEMFC, proton exchange membrane fuel cell).....	6-11
6-3-4	直接甲醇燃料電池 (DCFC, direct methanol fuel cell)	6-12
6-3-5	熔融碳酸鹽燃料電池 (MCFC, molten carbonate fuel cell)	6-12
6-3-6	固體氧化物燃料電池 (SOFC, solid oxide fuel cell) ..	6-13
6-3-7	直接碳燃料電池 (DCFC, direct carbon fuel cell)	6-14
6-3-8	生化燃料電池 (MFC, microbial fuel cell)	6-15
6-4	燃料電池的應用與未來發展	6-16
	參考文獻.....	6-18
	習作	6-18
Chapter 7 質子交換膜燃料電池		7-1
7-1	電池結構	7-1
7-2	電極	7-3
7-2-1	電極觸媒的製備	7-3
7-2-2	電極結構與製備	7-4
7-2-3	電極性能分析技術	7-5
7-3	多孔氣體擴散層	7-7

7-3-1	多孔氣體擴散材料的製備	7-7
7-3-2	多孔氣體擴散材料的特性分析技術	7-8
7-4	質子交換膜	7-10
7-4-1	質子交換膜的製備技術	7-11
7-4-2	質子交換膜的特性	7-12
7-5	雙極板	7-14
7-5-1	雙極板材料的製備技術	7-15
7-5-2	雙極板材料特性與流場	7-16
7-6	電池組與發電系統	7-18
7-6-1	電池組	7-19
7-6-2	純氫電池系統	7-21
7-6-3	碳氫燃料發電系統	7-22
	參考文獻	7-24
	習作	7-24
Chapter 8 熔融碳酸鹽燃料電池材料		8-1
8-1	熔融碳酸鹽燃料電池簡介	8-1
8-2	熔融碳酸鹽燃料電池關鍵材料	8-4
8-2-1	電解質隔膜材料	8-4
8-2-2	陽極材料	8-6
8-2-3	陰極材料	8-7
8-2-4	雙極板材料	8-10
8-3	電池結構與性能	8-17
8-4	電池製作技術	8-24

參考文獻.....	8-27
習作	8-27
Chapter 9 固態氧化物燃料電池材料.....	9-1
9-1 固態氧化物燃料電池簡介.....	9-1
9-1-1 固態氧化物燃料電池的發電原理.....	9-1
9-1-2 固態氧化物燃料電池的優勢.....	9-3
9-2 固態氧化物電解質材料.....	9-7
9-2-1 氧化鋯基電解質材料.....	9-8
9-2-2 氧化鈣基電解質材料.....	9-11
9-2-3 鎂酸釳基電解質材料.....	9-13
9-3 陽極材料.....	9-14
9-3-1 鎳基陽極材料.....	9-15
9-3-2 銅基陽極材料.....	9-16
9-4 陰極材料.....	9-18
9-4-1 錳酸釳 (LaMnO ₃) 陰極材料.....	9-19
9-4-2 鈷酸釳 (LaCoO ₃) 陰極材料.....	9-21
9-4-3 其他陰極材料.....	9-22
9-5 雙極板材料.....	9-24
9-6 電池結構與性能.....	9-31
9-6-1 管式 SOFC 及其性能.....	9-31
9-6-2 平板式 SOFC 及其性能.....	9-34
9-7 SOFC 單元電池與電池堆製作技術.....	9-37
9-7-1 平板式 SOFC 的單元電池製作技術.....	9-37
9-7-2 平板式 SOFC 單元電池的堆疊與設計.....	9-38

9-7-3 平板式 SOFC 電池堆的密封方式	9-41
參考文獻	9-46
習作	9-46
Chapter 10 太陽電池材料 – 矽基太陽電池	10-1
10-1 矽基太陽電池概況	10-1
10-1-1 結晶矽太陽電池概況	10-1
10-1-2 矽薄膜太陽電池概況	10-5
10-2 矽晶太陽電池材料與技術	10-8
10-2-1 單晶矽太陽電池材料	10-11
10-2-2 多晶矽太陽電池材料	10-16
10-3 矽薄膜太陽電池材料與技術	10-20
10-3-1 非晶矽太陽電池及材料	10-21
10-3-2 微晶矽太陽電池及材料	10-27
10-3-3 堆疊型太陽電池及材料	10-29
參考文獻	10-32
習作	10-34
Chapter 11 太陽電池材料 – 化合物半導體太陽電池	11-1
11-1 化合物半導體太陽電池概況	11-1
11-1-1 II-VI 及 I-III-VI 族太陽電池	11-3
11-1-2 III-V 族太陽電池	11-4
11-2 CdTe 太陽電池材料與技術	11-5
11-2-1 CdTe 材料技術	11-5
11-2-2 CdTe 薄膜太陽電池結構與特性	11-9

11-2-3	CdTe 模組量產技術之開發與挑戰.....	11-14
11-3	Cu(In, Ga)Se ₂ 太陽電池材料與技術.....	11-15
11-3-1	CIGS 晶體成長技術.....	11-15
11-3-2	CIGS 薄膜太陽電池結構與特性.....	11-23
11-3-3	CIGS 量產技術之開發與挑戰.....	11-28
11-4	III-V 族太陽電池材料與技術.....	11-30
11-4-1	半導體磊晶材料與技術.....	11-30
11-4-2	單界面與串疊型多界面太陽電池及材料.....	11-34
11-4-3	高效率聚光型太陽電池.....	11-37
11-5	結語.....	11-40
	參考文獻.....	11-40
	習作.....	11-44
Chapter 12 太陽電池材料 – 有機薄膜太陽電池.....		12-1
12-1	染料敏化太陽電池發展概況.....	12-1
12-1-1	染料敏化太陽電池原理介紹.....	12-2
12-1-2	染料敏化太陽電池材料特性.....	12-4
12-1-3	染料敏化太陽電池量產技術之開發與挑戰.....	12-7
12-1-4	可撓式染料敏化太陽電池.....	12-15
12-2	高分子太陽電池發展概況.....	12-16
12-2-1	固態高分子太陽電池工作原理.....	12-18
12-2-2	電池效率與製程技術發展分析.....	12-20
12-2-3	高分子太陽電池量產技術之開發與挑戰.....	12-21
12-2-4	穩定性測試.....	12-23
12-3	結語.....	12-24

參考文獻.....	12-24
習作	12-25