



国际制造业先进技术译丛

WILEY

锂离子充电电池

Lithium Ion Rechargeable Batteries



[日] Kazunori Ozawa 编著
赵铭姝 宋晓平 译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国际制造业先进技术译丛

锂离子充电电池

Lithium Ion Rechargeable Batteries

[日] Kazunori Ozawa 编著

赵铭姝 宋晓平 译



机械工业出版社

本书主要介绍了锂离子充电电池的正极材料,包括尖晶石型结构的锂嵌入材料、富锂氧化物、无稀土金属的铁基材料和用于锂微观电池的锂钴氧化物,还介绍了LiMn₂O₄薄膜、V₂O₅薄膜、MoO₃薄膜等方面的知识。特别是,从热力学的角度介绍了碳质负极材料和正极材料,对过渡金属氧化物基化合物、磷酸盐橄榄石型化合物正极材料进行了拉曼研究。本书还讨论了固态电解质的界面问题及其添加剂的研究现状,描述了具有较大市场潜力的固态锂离子电池及其结构,以及用于高性能环保汽车的新型锂离子电池的研发进展。

本书可供从事锂离子电池等能源领域的研究人员和技术人员以及相关专业的高年级本科生和研究生学习参考。

Copyright © 2009 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

All Rights Reserved. This translation published under license. Authorized translation from the English language edition, entitled Lithium Ion Rechargeable Batteries, ISBN 978-3-527-31983-1, by Kazunori Ozawa, Published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

版权所有,侵权必究。

版权登记号:图字01-2012-8913

图书在版编目(CIP)数据

锂离子充电电池/(日)小泽一范编著;赵铭姝,宋晓平译.
—北京:机械工业出版社,2014.6
(国际制造业先进技术译丛)
书名原文:Lithium ion rechargeable batteries
ISBN 978-7-111-47058-8

I. ①锂… II. ①小…②赵…③宋… III. ①锂离子电池
IV. ①TM912

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第130000号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:陈保华 责任编辑:陈保华 庞 晖
版式设计:霍永明 责任校对:刘秀丽
封面设计:鞠 杨 责任印制:刘 岚
北京京丰印刷厂印刷
2014年9月第1版·第1次印刷
169mm×239mm·20印张·375千字
0 001—3 000册
标准书号:ISBN 978-7-111-47058-8
定价:69.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

策划编辑:(010) 88379734

封面无防伪标均为盗版

译 丛 序

一、制造技术长盛永恒

先进制造技术是20世纪80年代提出的，它由机械制造技术发展而来，通常可以认为它是将机械、电子、信息、材料、能源和管理等方面的技术，进行交叉、融合和集成，综合应用于产品全生命周期的制造全过程，包括市场需求、产品设计、工艺设计、加工装配、检测、销售、使用、维修、报废处理、回收利用等，以实现优质、敏捷、高效、低耗、清洁生产，快速响应市场的需求。因此，当前的先进制造技术是以产品为中心，以光机电一体化化的机械制造技术为主体，以广义制造为手段，具有先进性和时代感。

制造技术是一个永恒的主题，与社会发展密切相关，是设想、概念、科学技术物化的基础和手段，是所有工业的支柱，是国家经济与国防实力的体现，是国家工业化的关键。现代制造技术是当前世界各国研究和发展的主题，特别是在市场经济高度发展的今天，它更占有十分重要的地位。

信息技术的发展并引入到制造技术，使制造技术产生了革命性的变化，出现了制造系统和制造学科。制造系统由物质流、能量流和信息流组成，物质流是本质，能量流是动力，信息流是控制；制造技术与系统论、方法论、信息论、控制论和协同论相结合就形成了新的制造学科。

制造技术的覆盖面极广，涉及机械、电子、计算机、冶金、建筑、水利、电子、运载、农业以及化学、物理学、材料学、管理科学等领域。各个行业都需要制造业的支持，制造技术既有普遍性、基础性的一面，又有特殊性、专业性的一面，制造技术具有共性，又有个性。

目前世界先进制造技术沿着全球化、绿色化、高技术化、信息化、个性化和服务化、集群化六个方向发展，在加工技术上主要有超精密加工技术、纳米加工技术、数控加工技术、极限加工技术、绿色加工技术等，在制造模式上主要有自动化、集成化、柔性化、敏捷化、虚拟化、网络化、智能化、协作化和绿色化等。

二、图书交流源远流长

近年来，国际间的交流与合作对制造业领域的发展、技术进步及重大关键技术的突破起到了积极的促进作用，制造业科技人员需要及时了解国外相关技术领域的最新发展状况、成果取得情况及先进技术应用情况等。

国家、地区间的学术、技术交流已有很长的历史，可以追溯到唐朝甚至更

远一些，唐玄奘去印度取经可以说是一次典型的图书交流佳话。图书资料是一种传统、永恒、有效的学术、技术交流方式，早在20世纪初期，我国清代学者严复就翻译了英国学者赫胥黎所著的《天演论》，其后学者周建人翻译了英国学者达尔文所著的《物种起源》，对我国自然科学的发展起到了很大的推动作用。

图书是一种信息载体，图书是一个海洋，虽然现在已有网络通信、计算机等信息传输和储存手段，但图书仍将以严谨性、系统性、广泛性、适应性、持久性和经济性而长期存在。纸质图书有更好的阅读优势，可满足不同层次读者的阅读习惯，同时它具有长期的参考价值和收藏价值。当然，技术图书的交流具有时间上的滞后性，不够及时，翻译的质量也是个关键问题，需要及时、快速、高质量的出版工作支持。

机械工业出版社希望能够在先进制造技术的引进、消化、吸收、创新方面为广大读者做出贡献，为我国的制造业科技人员引进、纳新国外先进制造技术的出版资源，翻译出版国际上优秀的制造业先进技术著作，从而提升我国制造业的自主创新能力，引导和推进科研与实践水平的不断进步。

三、选译严谨质高面广

1) 精品重点高质 本套丛书作为我社的精品重点书，在内容、编辑、装帧设计等方面追求高质量，力求为读者奉献一套高品质的丛书。

2) 专家选译把关 本套丛书的选书、翻译工作均由国内相关专业的专家、教授、工程技术人员承担，充分保证了内容的先进性、适用性和翻译质量。

3) 引纳地区广泛 主要从制造业比较发达的国家引进一系列先进制造技术图书，组成一套“国际制造业先进技术译丛”。当然其他国家的优秀制造科技图书也在选择之内。

4) 内容先进丰富 在内容上应具有先进性、经典性、广泛性，应能代表相关专业的技术前沿，对生产实践有较强的指导、借鉴作用。本套丛书尽量涵盖制造业各行业，例如机械、材料、能源等，既包括对传统技术的改进，又包括新的设计方法、制造工艺等技术。

5) 读者层次面广 面对的读者对象主要是制造业企业、科研院所的专家、研究人员和工程技术人员，高等院校的教师和学生，可以按照不同层次和水平要求各取所需。

四、衷心感谢不吝指教

首先要感谢许多积极热心支持出版“国际制造业先进技术译丛”的专家学者，积极推荐国外相关优秀图书，仔细评审外文原版书，推荐评审和翻译的知名专家，特别要感谢承担翻译工作的译者，对各位专家学者所付出的辛勤劳动表示深切敬意，同时要感谢国外各家出版社版权工作人员的热心支持。

希望本套丛书能对广大读者的工作提供切实的帮助，欢迎广大读者不吝指教，提出宝贵意见和建议。

机械工业出版社

译 者 序

锂离子电池是目前重要的新型绿色能源，它主要应用于动力和储能领域。如何提高锂离子电池电极材料的电化学性能是研发高性能锂离子电池的关键问题，也是进一步开拓锂离子电池市场的“必要条件”。

本书的编者是日本东京 ENAX 公司的创始人。他的学习经历和研究工作领域涉及陶瓷、磁性材料和电池材料等方面，其研究成果得到了不同程度的应用。尤其是，编者搜集了近年来锂离子电池研究领域的较新成果，由浅及深地给出了锂离子电池新型电极材料的化学结构及其电化学性能特点。首先介绍了电池概要和锂离子电池的早期发展，使读者易于掌握锂离子电池应用的重要性和前瞻性；其次系统阐述了锂离子电池新型正极材料的种类、表征特性；最后讲述了锂离子电池的研发现状及其应用进展。本书中，基本知识和专业知识分章阐述，应用领域和电池材料分章讲述，使读者各取所需，具有一定的特色和创新性。

本书涉及的锂离子电池的研究技术十分广泛，读者从书中可以得到能源领域研究工作的灵感和启迪。第 1 章主要介绍了电化学设备和锂离子电池的基础概念，第 2 章~第 4 章描述了新型正极材料及其应用领域，第 5 章和第 6 章分别从热力学和拉曼研究的角度阐述了用于锂离子电池的各种电极材料，第 7 章和第 8 章主要描述了固态电解质的界面问题以及电解质的无机添加剂及其与界面之间的特性问题，第 9 章和第 10 章分别讨论了全固态锂聚合物电池和锂微电池的特性及其薄膜电极材料的研究现状，第 11 章简述了用于高性能环保动力车的新型锂离子电池的研究与应用。这些研究对于研发锂离子电池的新型电极材料具有重要的理论基础和实用价值，而且对于研发高性能锂离子电池具有重要的科学性和先进性。

本书不仅适用于锂离子电池领域的研究者，也适用于其他能源领域中相关材料 and 电化学领域的高年级本科生和研究生；对于从事锂离子电池行业和电池材料生产企业的工程技术人员来说，也是一本很好的参考读物。

本书的翻译工作由西安交通大学的赵铭姝（前言、第 1~7 章以及全书的图表、公式）和宋晓平（第 8~11 章）承担，全书最后由赵铭姝统稿完成。由于译者水平有限，错误之处在所难免，欢迎读者批评指正。

译 者

前 言

锂离子电池已成为手机和笔记本电脑巨大市场的主要组成部分，并且这些移动通信市场应世界需求仍持续快速发展。因此，人们仍在加强实力继续提高技术以求进一步发展。这种发展的主要目的不仅有益于汽车工业——可以获得具有更高能量和更高功率的汽车，而且也有益于能量储备市场——可以获得太阳能和风能等绿色环保能源。

锂离子电池的技术十分广泛，尽管本书的内容仅有几个主题，但相信读者可以从中得到研究工作的启迪。

第1章涵盖了电化学设备和锂离子电池的基础概念。

从第2章到第4章描述的正极材料来看，第2章尤为重视其新型应用，例如蓄电池的实例。

第5章和第6章注重一些新材料的描述。这两章的内容十分新颖，读者将会十分感兴趣。

第7章和第8章集中描述固态电解质的界面问题，也就是所谓的固态电解质膜，简称SEI膜，它对于研发高性能的锂离子电池十分重要。

第9章和第10章讨论了固态锂离子电池。这些电池将会显示出巨大的市场潜力。

最后一章尤为重要，它阐述了用于高性能环保动力车的新型锂离子电池。

每一位作者对于本书而言，都是十分重要的，他们知识渊博，并且在准备书稿方面竭尽全力，精诚合作。在此，我也十分感谢支持本书出版的公司以及他们所能提供的各类信息数据。

Kazunori Ozawa

本书贡献者

Kingo Ariyoshi

大阪市立大学，工程研究院，应用化学系，杉本，住吉，大阪，日本
Osaka City University (OCU) Graduate School of Engineering Department of Applied
Chemistry Sugimoto 3-3-138 Sumiyoshi, Osaka 558-8585 Japan

Rita Baddour-Hadjean

化学学院，巴黎大学，巴黎，法国
Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est, ICMPE/GESMAT UMR 7182 CNRS et
Université Paris XII, CNRS, 2 rue Henri Dunant 94320 Thiais France

Nikolay Dimov

佐贺大学，IM&T 公司高级研究中心，Yoga-machi，佐贺，日本
Saga University Advanced Research Center IM & T Inc. 1341 Yoga-machi, Saga 840-
0047 Japan

Hideaki Horie

日产汽车有限公司，日产汽车研究中心，Natsushima-cho1，Yokosuka-shi 神奈川，
日本
Nissan Motor Co., Ltd. Nissan Research Center 1, Natsushima-cho, Yokosuka-shi
Kanagawa, 237-85223 Japan

Yuki Kato

东京大学工业研究所，驹场，目黑，东京，日本
University of Tokyo Institute of Industrial Science 4-6-1 Komaba, Meguro-ku Tokyo
153-8505 Japan

Jung-Min Kim

岩手大学工程，研究生院，前沿材料和功能工程系，上田，岩手县盛冈，日本
Iwate University Graduate School of Engineering Department of Frontier Materials
and Functional Engineering 4-3-5 Ueda, Morioka Iwate 020-8551 Japan

Shinichi Komaba

东京理科大学，应用化学系，神乐坂，新宿，东京，日本

Tokyo University of Science Department of Applied Chemistry 1-3 Kagurazaka, Shinjuku Tokyo 162-8601 Japan

Naoaki Kumagai

岩手大学工程研究生院，前沿材料和功能工程系，上田，岩手县盛冈，日本

Iwate University Graduate School of Engineering Department of Frontier Materials and Functional Engineering 4-3-5 Ueda, Morioka Iwate 020-8551 Japan

Yoshinari Makimura

丰田中央研究所和研发实验室公司，长久手町，爱知县，日本

Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc. Nagakute, Aichi 480-1192 Japan

Kenzo Matsuki

山形大学，城南区，山形县，米泽市，日本

Yamagata University 4-3-16 Jonan, Yonezawa Yamagata 992-8510 Japan

Hiroyoshi Nakamura

佐贺大学，应用化学系，Honjyo，佐贺，日本

Saga University Department of Applied Chemistry 1 Honjyo, Saga, 840-8502 Japan

Masanobu Nakayama

名古屋工业大学，工学研究院，材料科学与工程系，Gokiso-cho，昭和，名古屋，日本

Nagoya Institute of Technology Graduate School of Engineering Department of Materials and Science and Engineering Gokiso-cho, Syowa-ku Nagoya 466-8555

Japan

Tsutomu Ohzuku

大阪市立大学，工程研究院，应用化学系，杉本，住吉，大阪，日本

Osaka City University (OCU) Graduate School of Engineering Department of Applied Chemistry Sugimoto 3-3-138 Sumiyoshi, Osaka 558-8585 Japan

Shigeto Okada

九州大学，材料化学和工程学院，春日，日本

Kyushu University Institute for Materials Chemistry and Engineering, 6-1, Kasuga Koen Kasuga, 816-8580 Japan

Kazunori Ozawa

Enax 公司，音羽，文京区，东京，日本

Enax, Inc. 8F Otowa KS Bldg. 2-11-19 Otowa Bunkyo-ku, Tokyo 112-0013 Japan

Jean-Pierre Pereira-Ramos

化学学院，巴黎大学，巴黎，法国

Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est ICMPE/GESMAT, UMR 7182 CNRS et Université Paris XII, CNRS 2 rue Henri Dunant 94320 Thiais France

Masataka Wakihara

东京工业大学，赤坂，港区，东京，日本

Tokyo Institute of Technology Office Wakihara; Dear City Akasaka W-403 2-12-21 Akasaka Minato-ku Tokyo 107-0052 Japan

Jun-ichi Yamaki

九州大学，材料化学与工程学院，春日，日本

Kyushu University Institute for Materials Chemistry and Engineering 6-1, Kasuga Koen Kasuga 816-8580 Japan

Rachid Yazami

加州理工学院，国际电化学能源材料联合实验室，帕萨迪纳，加州，美国

California Institute of Technology (CALTECH) International Associated Laboratory on Materials for Electrochemical Energetics (LIA-ME²), MC 138-78 Pasadena, CA 91125 USA

Masaki Yoshio

佐贺大学，前沿研究中心，Yoga-machi，佐贺，日本

Saga University Advanced Research Center 1341 Yoga-machi, Saga, 840-0047 Japan

目 录

译丛序

译者序

前言

本书贡献者

第 1 章 一般概念

Kenzo Matsuki and Kazunori Ozawa 1

1.1 电池概要 1

1.1.1 伽伐尼电池体系——水溶液电解质体系 2

1.1.2 锂电池体系——非水溶液电解质体系 3

1.2 锂离子电池的早期发展 4

1.2.1 陶瓷生产能力 4

1.2.2 涂层技术 5

1.2.3 电解质盐 LiPF_6 5

1.2.4 正极中的石墨导电剂 5

1.2.5 硬碳负极 5

1.2.6 无纺布热闭合效应的隔膜 5

1.2.7 镀镍的铁壳 5

1.3 现实目标 6

参考文献 7

第 2 章 新型电池中尖晶石型结构的锂嵌入材料

Kingo Ariyoshi, Yoshinari Makimura, and Tsutomu Ohzuku 9

2.1 引言 9

2.2 尖晶石型结构概述 10

2.3 尖晶石型结构的衍生物 12

2.3.1 源自“尖晶石”的超晶格结构 13

2.3.2 源自“尖晶石”超结构的例子 17

2.4 尖晶石型结构锂嵌入材料的电化学性能 21

2.4.1 锂锰氧化物 (LMO) 21

2.4.2 锂钛氧化物 (LTO) 25

2.4.3 锂镍锰氧化物 (LiNiMO) 25

2.5 具有尖晶石型结构的锂嵌入材料在 12 V 无铅蓄电池中的应用 27

2.5.1 由锂钛氧化物 (LTO) 和锂锰氧化物 (LMO) 组成的 12V 电池 28

2.5.2 由锂钛氧化物 (LTO) 和锂镍锰氧化物 (LiNiMO) 组成的 12V 电池	31
2.6 结论	32
致谢	33
参考文献	33
第 3 章 锂离子电池正极材料富锂氧化物 $\text{Li}_{1+x}(\text{Ni}_z\text{Co}_{1-2z}\text{Mn}_z)_{1-x}\text{O}_2$	
<i>Naoaki Kumagai and Jung-Min Kim</i>	36
3.1 引言	36
3.2 无钴氧化物 $\text{Li}_{1+x}(\text{Ni}_{1/2}\text{Mn}_{1/2})_{1-x}\text{O}_2$	37
3.3 $\text{Li}_{1+x}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})_{1-x}\text{O}_2$	41
3.4 其他材料 $\text{Li}_{1+x}(\text{Ni}_z\text{Co}_{1-2z}\text{Mn}_z)_{1-x}\text{O}_2$	45
3.5 结论	47
参考文献	47
第 4 章 无稀有金属元素的铁基正极	
<i>Shigeto Okada and Jun-ichi Yamaki</i>	50
4.1 引言	50
4.2 二维层状岩盐型氧化物正极	51
4.3 三维 NASICON 型硫酸盐正极	53
4.4 三维橄榄石型磷酸盐正极	54
4.5 三维方解石型硼酸盐正极	58
4.6 三维钙钛矿型氟化物正极	59
4.7 小结	60
参考文献	60
第 5 章 锂离子电池电极材料的热力学研究	
<i>Rachid Yazami</i>	62
5.1 引言	62
5.2 实验	65
5.2.1 ETMS	65
5.2.2 电化学电池的结构和循环过程	67
5.2.3 热力学数据的获取	67
5.3 讨论	68
5.3.1 碳质负极材料	68
5.3.1.1 预焦炭 (HTT < 500°C)	70
5.3.1.2 焦炭 (HTT 为 900 ~ 1700°C)	73
5.3.1.3 焦炭 (HTT 为 2200°C 和 HTT 为 2600°C)	74
5.3.1.4 天然石墨	76
5.3.1.5 熵和石墨化程度	78
5.3.2 正极材料	81
5.3.2.1 LiCoO_2	81

5.3.2.2	LiMn ₂ O ₄	84
5.3.2.3	循环对热力学的影响	86
5.4	结论	87
	致谢	88
	参考文献	88
	延伸阅读材料	95
第 6 章 锂离子电池正极材料的拉曼研究		
	<i>Rita Baddour-Hadjean and Jean-Pierre Pereira-Ramos</i>	96
6.1	引言	96
6.2	拉曼显微光谱术的原理和设备	96
6.2.1	原理	96
6.2.2	仪器	98
6.3	过渡金属氧化物基化合物	98
6.3.1	LiCoO ₂	99
6.3.2	LiNiO ₂ 及其衍生化合物 LiNi _{1-y} Co _y O ₂ (0 < y < 1)	104
6.3.3	锰氧化物基化合物	105
6.3.3.1	MnO ₂ 型化合物	105
6.3.3.2	三元系含锂化合物 Li _x MnO _y	108
6.3.4	V ₂ O ₅	116
6.3.4.1	V ₂ O ₅ 的结构	117
6.3.4.2	Li _x V ₂ O ₅ 的结构特征	120
6.3.5	TiO ₂	131
6.4	磷酸盐橄榄石型 LiMPO ₄ 化合物	137
6.5	总结	142
	参考文献	143
第 7 章 从电解质重要性的角度阐述锂离子电池的发展		
	<i>Masaki Yoshio, Hiroyoshi Nakamura, and Nikolay Dimov</i>	152
7.1	引言	152
7.2	改善锂离子电池性能的添加剂的总体设计	154
7.3	一系列探究新型添加剂的发展过程	157
7.4	锂离子电池的正极以及其他添加剂	160
7.5	调整方式	162
	参考文献	165
第 8 章 无机添加剂与电极界面		
	<i>Shinichi Komaba</i>	166
8.1	引言	166
8.2	过渡金属离子和正极的溶解	167
8.2.1	Mn (II) 离子	168

8.2.2	Co (II) 离子	170
8.2.3	Ni (II) 离子	172
8.3	如何抑制 Mn (II) 离子的恶化	173
8.3.1	LiI, LiBr 和 NH ₄ I	173
8.3.2	2-乙烯基吡啶	175
8.4	碱金属离子	182
8.4.1	Na ⁺ 离子	182
8.4.2	K ⁺ 离子	188
8.5	碱金属盐的涂覆	190
8.6	小结	193
	致谢	193
	参考文献	193
第 9 章 固体聚合物电解质的特性与全固态锂聚合物二次电池的制备		
	<i>Masataka Wakihara, Masanobu Nakayama, and Yuki Kato</i>	197
9.1	锂盐聚合物电解质的分子设计和表征	197
9.1.1	引言	197
9.1.2	添加增塑剂的固体聚合物电解质	200
9.1.3	添加 B-PEG 和 Al-PEG 增塑剂的 SPE 膜的制备	201
9.1.4	添加 B-PEG 增塑剂的 SPE 膜的评价	202
9.1.5	添加 B-PEG 增塑剂的 SPE 膜的离子电导率	206
9.1.6	锂离子迁移数	209
9.1.7	电化学稳定性	211
9.1.8	小结	212
9.2	全固态锂聚合物电池的制备	213
9.2.1	引言	213
9.2.2	SPE 离子电导率的要求	213
9.2.3	传统液态电解质电池和全固态锂聚合物电池的区别	213
9.2.4	添加 B-PEG 和/或 Al-PEG 增塑剂的 SPE 的锂聚合物电池的制备及其电化学性能	217
9.2.5	阻燃锂聚合物电池的制备及其电化学评价	223
9.2.6	小结	229
	致谢	230
	参考文献	230
	延伸阅读材料	235
第 10 章 锂微电池的金属氧化物薄膜电极		
	<i>Jean-Pierre Pereira-Ramos and Rita Baddour-Hadjean</i>	236
10.1	引言	236
10.2	LiCoO ₂ 薄膜	237

10.2.1	溅射 LiCoO_2 薄膜	238
10.2.2	PLD LiCoO_2 薄膜	243
10.2.3	CVD LiCoO_2 薄膜	247
10.2.4	用化学方法制备 LiCoO_2 薄膜	247
10.2.5	小结	249
10.3	LiNiO_2 及其衍生化合物 $\text{LiNi}_{1-x}\text{MO}_2$	250
10.3.1	固体电解质	250
10.3.2	液体电解质	251
10.3.3	Li-Ni-Mn 薄膜	252
10.3.4	小结	253
10.4	LiMn_2O_4 薄膜	253
10.4.1	溅射 LiMn_2O_4 薄膜	253
10.4.2	PLD LiMn_2O_4 薄膜	255
10.4.3	ESD LiMn_2O_4 薄膜	257
10.4.4	用化学方法制备的 LiMn_2O_4 薄膜	259
10.4.5	取代 $\text{LiMn}_{2-x}\text{M}_x\text{O}_4$ 尖晶石薄膜	260
10.4.6	小结	261
10.5	V_2O_5 薄膜	262
10.5.1	溅射 V_2O_5 薄膜	263
10.5.2	PLD V_2O_5 薄膜	272
10.5.3	CVD V_2O_5 薄膜	273
10.5.4	蒸发技术制备的 V_2O_5 薄膜	273
10.5.5	静电雾化沉积法制备的 V_2O_5 薄膜	275
10.5.6	溶液技术法制备的 V_2O_5 薄膜	275
10.5.7	小结	276
10.6	MoO_3 薄膜	277
10.6.1	液体电解质	277
10.6.2	固体电解质	278
10.6.3	小结	279
10.7	总结	279
	参考文献	281
第 11 章 高性能环保汽车中新型锂离子电池的研发进展		
	<i>Hideaki Horie</i>	290
11.1	引言	290
11.2	驱动电动车的能源	290
11.3	对锂离子电池高功率特性的要求	292
11.4	电池的热性能与电池体系的稳定性	300
	延伸阅读材料	302

第1章 一般概念

Kenzo Matsuki and Kazunori Ozawa

1.1 电池概要

首个实用电池是人们熟知的伏打电池（也称为伽伐尼电池），它的发明已有二百多年的历史，在伏打电池的基础上，人们又发明了其他各种各样的电池。然而有趣的是，在20世纪，只有3种电池（即 MnO_2 原电池、铅酸蓄电池、镍蓄电池）为人们所应用。从新技术发展的角度来看，只有充分认识这些电池持续使用的原因，才能为新产品的开发提供重要的启示。这些旧电池由于它们本身的工艺限制将面临停止使用。近来，在锂离子蓄电池的发展中，应用了一些新概念，这使其具有更好的性能。

电池通常具有两种作用——持续供电和存储电能，它被定义为两种功能，即充电/放电（反应过程）和贮存/终止（反应结束）；也就是说，电池是一个提供能量存储和能量转换两种功能的装置（从化学能到电能的转变，反之亦然）。如图1-1所示，能量转换系统涉及多相体系，它由正极/负极终端、正极/负极活性材料、电解液，以及流经它们界面的离子、电子传输而构成。界面反映了每种相的性质，除此之外，这些界面的状态将随电池的工作而改变。电池的电压由发生电极反应的电极和电解液之间的双电层提供，这里应该强调的是，电池的技术实质上就是控制这些界面的技术。

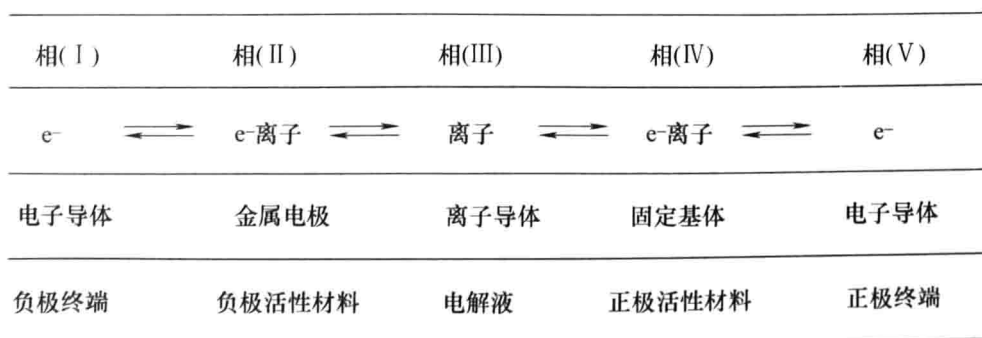


图1-1 由5个相和4个相界面组成的多层体系