

内 容 简 介

新材料技术是 21 世纪最重要的三大科技领域之一,也是我国三大优先发展领域之一。本书邀请国内以及部分海外华人学者,尤其是在日本的新材料领域中有突出贡献的我国青年学者,撰写介绍国内外材料热点问题以及最新进展,以促进我国新材料科学研究的发展和应用技术的进步。本书重点收录新型功能材料、材料结构设计以及材料应用新思想等方面论文,既可作为相关专业高年级大学生及研究生的教学参考书,也可供广大从事材料科学与工程技术人员、科技工作者参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

新材料科学及其实用技术/李建保,周益春主编. —北京:清华大学出版社,2004.11
ISBN 7-302-08191-3

I. 新… II. ①李… ②周… III. 材料科学—研究—日本 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 014730 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:宋成斌

文稿编辑:李艳青

封面设计:常雪影

版式设计:刘祎淼

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:172×246 印张:34.75 字数:810 千字

版 次:2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-08191-3/TB·68

印 数:1~2000

定 价:150.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

《新材料科学及其实用技术》

编 委 会

主 编：

李建保 周益春

副主编：

林 红 杨晓战

编 委：

第 1 部分：新型功能材料与应用

马廷丽 文翠娥 许 亚 邱建荣 邱 勇
乔 娟 李建保 周忠华 殷福星 潘连胜

第 2 部分：新型结构材料与应用

李建保 杨晓战 陈拥军 林志翔 韩永生
戴金辉

第 3 部分：材料制备新技术与新工艺

王建涛 王鼎盛 王诗男 李敬锋 李建保
陈克新 杨金龙

第 4 部分：材料的分析评价技术进展

刘道志 邱建辉 辛 平 周益春 龚江宏

序

日本是我国一衣带水的近邻,中日两国的友好历史和文化交往源远流长,目前我国有3万多人在日本留学,另有数千位青年学者已经毕业并在日本各界就职,他们不少学有所长,并深入日本社会,了解日本的科技动态。

新材料是我国重点发展的科技领域之一,日本的新材料领域在国际上是先进的,有不少工作很值得我们注意和借鉴。为了向国内学者介绍日本在新材料研究和开发方面的进展,“在日中国学者材料学会”和“中国材料研究学会”共同组织编写了这本《新材料科学及其实用技术》。有少数留日现已回国工作的青年学者也应邀参加编写了部分章节。本书不仅体现了作者们参与的一些最新研究成果,更体现了旅日学者心系祖国并为中国材料科技事业的发展努力贡献的热忱和合作精神。这里所包含的感情是珍贵的。

本书包括4部分。合计有26章,每一章论述或介绍一个具体的材料领域。本书内容相当新颖,覆盖面很宽,反映了当代材料科技的前沿,很值得了解、学习和参考。

我几年来有幸在日本和国内参加了留日青年材料学者的几次会议,并听过他们的学术报告,这次又得以初步浏览了本书,为此感到很荣幸,并乐意为本书作序,以示敬意。

清 华 大 学 教 授
原国际材料研究学会联合会主席
中国材料研究学会名誉理事长
中 国 工 程 院 院 士

李恒德

前 言

目前我国有 3 万多人在日本留学,其中有上千人已经学成回国,另有数千位已经毕业并在日本各界就职,他们深入日本社会,了解日本的科技动态。他山之石可以攻玉。我们专门邀请了旅日中国青年材料学者撰写日本有关材料的发展动态。

新材料是我国在今后 5 年中提倡优先发展的三大领域(信息技术、生命科学、新材料)之一,是我国的“相对优势产业”,处于一推即上的态势。日本在新材料科技领域处于国际领先水平,有许多值得借鉴之处。编者相信,本书的出版发行,有利于促进我国的新材料科技及其相关行业的发展。像这样大规模地组织海外优秀青年学者编写中文科技书籍,服务于广大国内读者的举措,是一种留学生工作的创新,是提供实现“不求所有,只求所为”、不拘形式为祖国服务的机会。广大旅居海外的留学生,在百忙的学业和工作之余,积极响应,反映了强烈的爱国心和责任感。我们表示敬佩。为了交流,本书还邀请了部分国内青年学者参加了编写工作。

本书汇集了留日中国材料学者和国内部分青年学者的最新研究成果,它从一个侧面反映了日本在材料领域的一些研究和开发进展。本书共分 4 个部分:①新型功能材料与应用;②新型结构材料与应用;③材料制备新技术与新工艺;④材料的分析评价技术进展。本书对于我国材料科学与技术的发展具有很好的参考价值与借鉴作用。其汇集的丰富成果,蕴含的创造思维、能力和方法,在理论、应用和科学方法上的创新和经验,都将会给我们以启迪,引发新的创造力量,给我们的生产技术、科学研究和教育赋予新的思维。

因为时间仓促,还有许多优秀的研究成果未能收录在本书中。另外,由于编者水平有限,书中难免存在一些不当之处,对此请原作者及读者给予批评和指正。最后,编者向为该书的出版给予大力支持的清华大学出版社、本书责任编辑以及齐凤女士深表感谢。

目 录

第 1 部分 新型功能材料与应用

1	Graetzel 型光电化学太阳能电池的发展动态	马廷丽	3
1.1	绪论		3
1.2	Graetzel 型光电化学太阳能电池的基础		4
1.3	Graetzel 型电池的研究现状及存在的问题		7
1.4	Graetzel 型电池的新材料开发		8
1.5	Graetzel 型电池的实用性技术发展动态		11
1.6	结束语		13
	参考文献		13
2	人工骨材料的研究和开发	文翠娥	17
2.1	人工骨材料的种类和特点		17
2.2	多孔钛泡沫的制备和特点		25
	参考文献		29
3	形状记忆合金在智能型复合材料的研究与开发中的应用	许亚	34
3.1	智能型材料与构造体系的概念		34
3.2	形状记忆合金的基础		35
3.3	形状记忆合金在智能型复合材料的研究与开发中的应用		37
	参考文献		43
4	稀土掺杂材料的新功能及其在光通信等领域的应用	邱建荣	48
4.1	稀土——希望之土		48
4.2	稀土所起的作用		48
4.3	稀土离子光吸收和光发射的基础		50
4.4	稀土离子掺杂新型功能材料及其应用		56

4.5	结束语	74
	参考文献	74
5	导电高分子及其在显示领域的应用新进展	乔娟 邱勇 78
5.1	导电高分子材料概述	78
5.2	导电高分子材料应用新进展	85
5.3	聚合物电致发光材料和器件	89
5.4	聚合物发光电化学池(PLEC)	95
5.5	聚合物电致变色显示	99
	参考文献	103
6	飞秒激光在材料显微改性及集成光学领域的应用	邱建荣 111
6.1	序言	111
6.2	超短脉冲激光的特点	112
6.3	超短脉冲在物质中的传播	114
6.4	超短脉冲激光进行材料改性的特点	114
6.5	飞秒激光进行材料显微改性实例	116
6.6	结束语	132
	参考文献	133
7	智能材料最新进展评述	李建保 135
7.1	智能材料的国内外最新研究进展	135
7.2	高温结构陶瓷智能材料研究成果	137
7.3	结束语	140
	参考文献	140
8	光通信及半导体产业用石英玻璃的合成及其应用技术	周忠华 142
8.1	石英玻璃的分类、制作方法及特性	142
8.2	石英玻璃在光通信上的应用	147
8.3	石英玻璃在半导体工业上的应用	150
8.4	石英玻璃在光通信及半导体产业上的应用展望	152
	参考文献	153
9	阻尼合金的功能性及其应用	殷福星 156
9.1	序言	156

9.2	阻尼合金的功能性评价	157
9.3	阻尼合金的组织特征及阻尼机理	163
9.4	阻尼合金的实际应用	170
9.5	结束语	174
	参考文献	174
10	硅半导体材料的课题和技术动态 潘连胜	178
10.1	序言	178
10.2	硅单晶体的大口径化和高品质化	179
10.3	半导体材料加工技术	183
10.4	半导体的评价技术	191
10.5	半导体制造中的石英材料	195
10.6	今后的半导体材料	197
	参考文献	200

第 2 部分 新型结构材料与应用

11	晶须增韧氮化硅复合材料及其在切削刀具上的应用 李建保	205
11.1	前言	205
11.2	实验	205
11.3	材料工艺与性能	206
11.4	刀具的性能比较	209
11.5	结论	210
	参考文献	210
12	陶瓷复合材料的显微结构设计 with 自强韧化组元的生成机理 李建保 杨晓战	212
12.1	前言	212
12.2	陶瓷材料自生成晶须、晶板、晶棒的机理	213
12.3	结束语	219
	参考文献	219
13	晶须的制备及应用 陈拥军	222
13.1	前言	222
13.2	晶须的生长机制	223

13.3	晶须制备实例	225
	参考文献	232
14	日本混凝土材料的多功能化及其应用技术 林志翔	236
14.1	多孔混凝土	236
14.2	电波吸收混凝土	246
14.3	抗菌混凝土	248
14.4	人工智能混凝土	251
	参考文献	253
15	多孔陶瓷材料 韩永生	256
15.1	多孔陶瓷材料简介	256
15.2	多孔陶瓷材料的应用领域	257
15.3	多孔陶瓷材料的制备方法	261
	参考文献	266
16	晶粒原位异向生长与自增韧陶瓷材料 戴金辉	268
16.1	引言	268
16.2	陶瓷材料中晶粒的异向生长机制	269
16.3	自增韧氮化硅陶瓷	271
16.4	自增韧氧化铝陶瓷	278
16.5	自增韧碳化硅陶瓷	279
	参考文献	283

第3部分 材料制备新技术与新工艺

17	磁性多层膜的制备及应用 王建涛 王鼎盛	289
17.1	绪论	289
17.2	磁性多层膜的生长与制备	290
17.3	多层膜的磁性	296
17.4	功能及应用	304
17.5	结束语	310
	参考文献	311
18	微细 PZT 复合压电材料的制备技术 王诗男 李敬锋	315
18.1	压电材料与超声波传感器	315

18.2	PZT 复合压电材料	316
18.3	PZT 1-3 结构的传统制作工艺	317
18.4	反应离子深度刻蚀工艺	321
18.5	失硅模工艺	323
18.6	总结	328
	参考文献	329
19	微波在无机材料热处理中的应用	李建保 336
19.1	微波与材料的相互作用	336
19.2	影响微波加热效果的主要因素	340
19.3	微波热处理在材料研究中的应用	343
19.4	结束语	347
	参考文献	348
20	自蔓延高温合成技术在陶瓷粉体中的应用	陈克新 350
20.1	SHS 陶瓷粉体的国内外研究进展	350
20.2	SHS 的基本理论	352
20.3	SHS 反应的重要反应参数	356
20.4	SHS 陶瓷粉体的基本体系	359
20.5	SHS 陶瓷粉体的应用及最新进展	362
	参考文献	364
21	高性能陶瓷胶态成形工艺研究进展	杨金龙 368
21.1	引言	370
21.2	高性能陶瓷胶态成形工艺	371
21.3	胶态成形工艺共同面临的关键技术	381
21.4	小结	390
	参考文献	391

第 4 部分 材料的分析评价技术进展

22	马氏体相变引起的表面浮凸的原子力显微镜研究	刘道志 399
22.1	引言	399
22.2	原子力显微镜观察表面浮凸的原理	400
22.3	Fe-Ni-C 合金塑性协调的观察	402
22.4	Fe-Mn-Si 基形状记忆合金马氏体相变的层错堆积	407

22.5	“训练”和“奥氏体预变形”提高 Fe-Mn-Si 基记忆合金记忆效应的 微观机制	412
22.6	结束语	422
	参考文献	422
23	容易再生的高分子复合材料的成形与性能评价	邱建辉 426
23.1	环境问题与复合材料	426
23.2	热塑性高分子复合材料	427
23.3	注射成形加工的特征	428
23.4	内部结构和机械性能的相关性	435
23.5	压延加工对材料特性的改善	446
	参考文献	450
24	粉体成形特性的刚性简单轴压缩试验评价方法	辛平 454
24.1	前言	454
24.2	刚性简单轴压缩试验	454
24.3	粉体成形特性的评价	456
24.4	结论	461
	参考文献	461
25	热障涂层的热-力耦合破坏机制	周益春 464
25.1	引言	464
25.2	界面的微观结构和氧化	476
25.3	界面的断裂韧性	487
25.4	同时考虑温度梯度和 TGO 时的热-力耦合场	497
25.5	涂层的剥离特性	501
25.6	热障涂层的热疲劳破坏	504
25.7	结论和展望	513
	参考文献	516
26	高技术陶瓷材料力学性能的评价方法	龚江宏 524
26.1	引言	524
26.2	弹性模量	524
26.3	硬度	526
26.4	断裂强度及其统计性质	529
26.5	断裂韧性与裂纹扩展阻力	533
	参考文献	538

Part 1

第
1
部
分

新型功能材料与应用

Part 1

Chapter

1 Graetzel 型光电化学太阳能电池的发展动态

马廷丽

Graetzel 型电池是采用纳米晶半导体氧化物多孔膜作为光阳极,然后用有机染料分子或无机半导体粒子等进行光敏化,从而使太阳能转换成电能的光电化学太阳能电池。由于这类电池具有光电转换效率高、原材料成本低、制备工艺简单等特点,已成为新型光电材料研究中的一个新方向。目前在电池的基础理论及应用研究方面已取得了很大进展。本章首先概述 Graetzel 型电池的结构组成、工作原理及特点等,然后重点介绍目前的研究状况、存在的问题、电池新材料的开发及最新的研究动态。

1.1 绪论

随着矿物原料的大量消费,造成了地球变暖及大气污染。解决地球的环境及能源问题已成为目前人类所面临的重大课题。太阳能资源丰富,对环境不产生或很少产生污染,其开发和利用既是近期急需的补充能源,又是未来能源结构的基础。各先进工业国家都已制定了国家计划,投入大量资金来从事太阳能的研究开发。用光电池直接把太阳能转换为电能是利用太阳能最有前途的方式,同时又是解决地球变暖的最有力途径。目前广泛使用的硅光太阳能电池,具有成本高、原料缺乏及在生产过程中会造成环境污染、消耗能源等问题。

1991 年,瑞士联邦理工大学的 Graetzel 等人报告了用有机染料敏化 TiO_2 纳米晶多孔膜电极制成的光电化学太阳能电池可得到高达 10% 的光电转换效率^[1];并且,这种电池具有成本低、原材料丰富、无毒性、制作工艺简便等特点。自从这一成果发表以来,这一领域很快就成为世界范围性的研究热点。这种新型的染料敏化太阳能电池,被称为 Graetzel 电池,简写成 DSC 或 DYSC(dye-sensitized cell)。目前,世界各国的科研工作者正在积极开展基础理论和应用化的研究。日本从 1996 年度开始,产业技术综合研究所(旧通商产业省工业技术院)就已把这一课题列为重点研究项目;名古屋、物质工学、大阪、九州等各地研究所对此展开了研究;同时,各大学、企业也先后投入了研究开发工作,为此取得了很大进展。国际上,以欧洲为中心,正在积极地进行 Graetzel 电池的实用化及工业化技术研究开发,已获得

了重大突破。

1.2 Graetzel 型光电化学太阳能电池的基础

1.2.1 Graetzel 电池的结构与组成

图 1-1 为初期 Graetzel 等人介绍的 NSC 电池的照片^[2]。由两片透明的玻璃板构成的电池经由光照射后,被吸收的光转换为电能,从而驱动了后方带螺旋桨的小型电机。图 1-2(a)是 Graetzel 电池结构的示意图。从图中可以看出,电池主要是由两个导电的玻璃板电极和中间所夹的电解质溶液所构成。

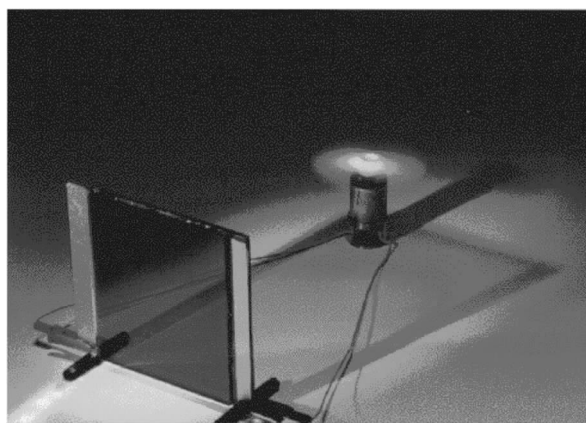


图 1-1 透明型 Graetzel 电池动作状态的照片

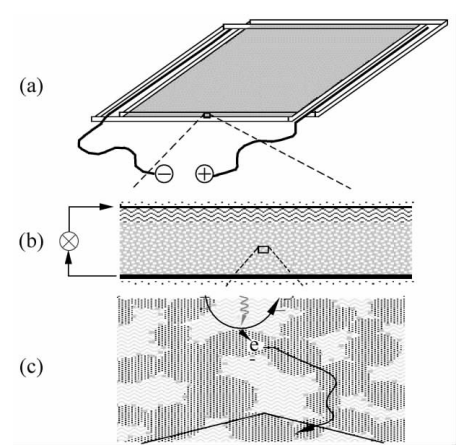


图 1-2 Graetzel 电池结构示意图

(a) 概观图($\times 1$); (b) 断面图($\times 10^3$); (c) TiO_2 电极内部放大图($\times 10^6$)

(1) TiO_2 光电极

图 1-2(b)是 Graetzel 电池的断面图。在掺氟的 SnO_2 玻璃板上把 TiO_2 的胶体溶液均匀

地涂布成薄膜,然后在炉中于 450°C 煅烧 30min,得到了大小为 1030nm 的多孔 TiO_2 纳米晶薄膜,膜厚约为 $10\mu\text{m}$ 。由于这种膜具有相当大的比表面积 ($>1000\text{cm}^2/\text{cm}^3$),所以对光敏化剂的吸附非常有利。另外,在 TiO_2 胶体中掺入较大粒径的 TiO_2 粒子作为光的散乱中心及加入能使电解质溶液良好流动的高分子等,能改善纳米晶 TiO_2 光阳极的性能。图 1-2(c) 是电极的内部放大图^[2]。

(2) Ru 光敏化剂

TiO_2 纳米晶薄膜表面吸附的是在可见光及近红外区能产生敏化作用的有机染料。Graetzel 选用的是联吡啶钌的配合物^[1]。因为分子中的羧基 ($-\text{COOH}$) 和 TiO_2 表面的一OH 基团能形成化学键,从而使 Ru 染料能很好地固定在 TiO_2 表面上,使染料和 TiO_2 之间的电子移动能有效地进行。图 1-3 给出了 Graetzel 等人开发的几种钌配合物的结构式,其中,光敏化效果最好的是 $[\text{RuL}_2(\text{NCS})_2]$, $\text{L} = 4,4'$ -dicarboxy-2,2'-bipyridine (简称为 N3) 和 $[\text{RuL}'(\text{NCS})_3]$, $\text{L}' = 4,4',4''$ -tetracarboxy-2,2',2''-terpyridine (简称为 black dye),吸收的可见光前者可达到 800nm,后者为 900nm^[3]。

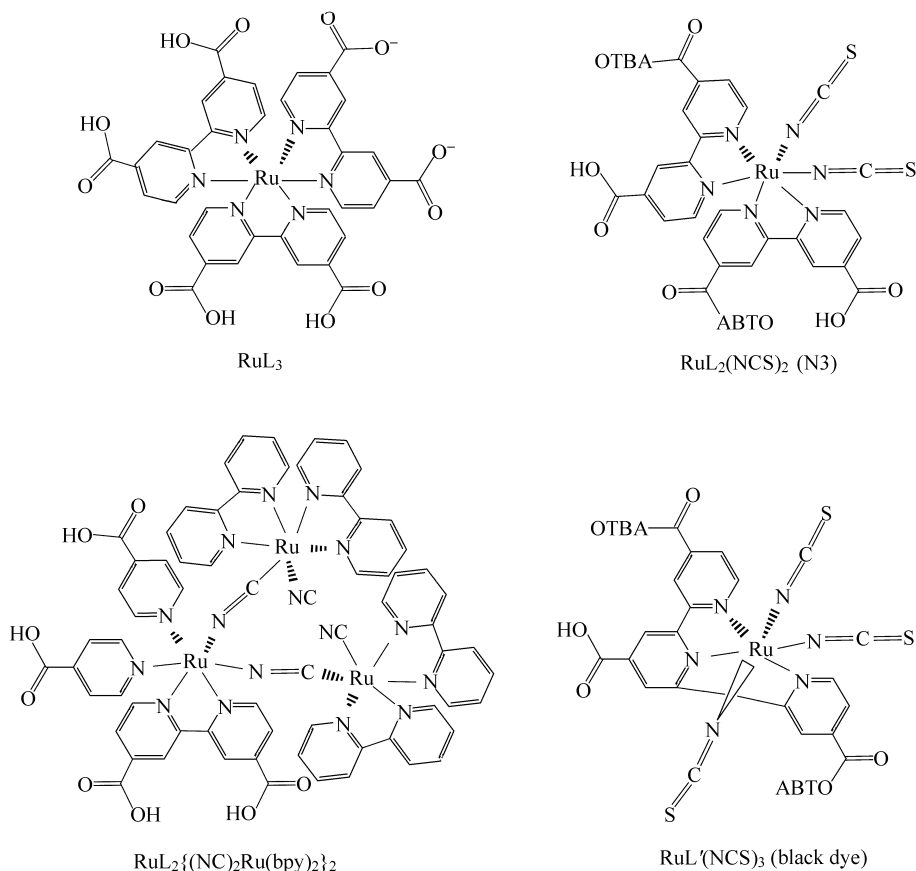


图 1-3 Graetzel 开发的 Ru 配合物

(3) 电解质溶液

电解质溶液是由有机溶剂和还原剂所构成。光阳极和对电极之间的电子传递媒介是 I^-/I_3^- ，通常使用的是 $[(C_3H_7)_4NI]$ 或 $C_{16}H_{36}IN$ 。另外，还添加了 $[t-(C_4H_9)_3N]$ ，以抑制注入到 TiO_2 导带中的电子和氧化态的 Ru 染料，以及 I_3^- 的再结合反应。使用的溶剂是乙烯碳酸酯和丙烯碳酸酯的混合溶剂或是丙烯碳酸酯和甲基氰的混合溶剂，或者是甲氧基甲基氰系的有机溶剂。

(4) 对电极

对电极是在导电性玻璃板(ITO)上溅射铂后，浸上一层氯化铂酸的水溶液，然后烧结而成。铂作为对电极，其作用是提高对电极的导电性，同时对 I_3^- 的还原也起着催化作用。

1.2.2 Graetzel 电池的工作原理

图 1-4 为 Graetzel 电池的工作原理示意图。其原理如下：从光阳极的 TiO_2 导电玻璃板进行光照射，吸附到 TiO_2 光阳极的染料分子吸收光后被激发，激发的电子迅速注入 TiO_2 导电带，产生工作电流，流到外电路，被激发的染料分子从电解质溶液中获得电子被还原，电解质溶液又从对电极上获得电子而被还原，这样，电路得到再生并形成循环^[1]。

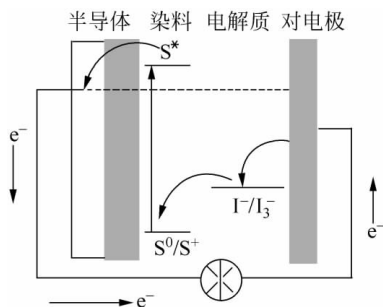


图 1-4 Graetzel 电池的工作原理示意图

1.2.3 Graetzel 电池的性能和理论效率

用 Ru 染料和 TiO_2 多孔薄膜组成的 Graetzel 电池比传统的光电化学电池的性能提高了 10 倍，即在模拟太阳光照射下，总的光电转换效率可达 10%，入射光子-电子转换效率(IPCE)在 80% 以上。达到高效率的原因被解释如下：Ru 染料的羧基直接和 TiO_2 表面的 $Ti(IV)$ 相互结合，使得 π^* 波函数与 Ti 的 3d 轨道具有良好的电耦合，导致染料分子向半导体的电子注入速率非常快，甚至在 1ps 以下，并且正反应的电荷转移比逆反应的电荷转移速率要大几个数量级。由于这个差值，使电荷分离能非常有效地进行，从而达到了高转换率。图 1-5 给出了从 Ru 染料到

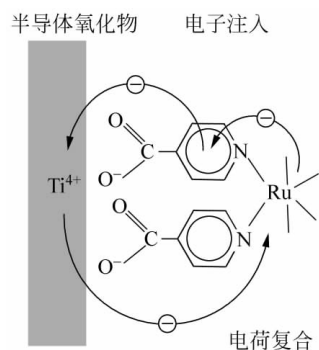


图 1-5 光诱导界面电子移动并形成循环

TiO₂ 电极的电子移动过程及逆反应的过程。

Graetzel 指出这种电池的理论界限转换效率是 33%。详细的计算方法可参考文献[4,5]。

1.2.4 Graetzel 电池的特点

如上所述, Graetzel 电池的光电转换机理与传统的 PN 结型太阳能电池不同。除此之外, 还具有很多特点。首先, Graetzel 电池具有可达到与硅太阳能电池同等的光电转换效率的可能性。其次是成本低, 这也是 Graetzel 电池的最大优点。美国和日本等国成本试算的结果表明, 用这种方法制成商品的成本只是常规硅光太阳能电池的十分之一。另外, 从电池的原材料来看, 由于使用的是 TiO₂ 或 ZnO 等半导体氧化物、染料及碘化合物的电解质溶液, 因而与硅光电池相比, 有资源制约少、对环境无害等特点。同时, 还可根据不同的目的与用途, 生产出多种多样的太阳能电池。

1.3 Graetzel 型电池的研究现状及存在的问题

1.3.1 Graetzel 电池的研究现状

自 Graetzel 电池这一研究成果发表以来, 各国的科研工作者对其基础理论及实用化的技术进行了大量的研究, 其中包括对 Graetzel 电池性能的再现性测试。结果表明, 虽然光电转换效率要达到初期发表的 10% 有一定困难, 但可保证达到 6%~8%, 并具有良好的再现性。另外, 在对电池的耐久性、稳定性的研究方面, 也取得了很大进展。同时, TiO₂ 以外的氧化物半导体光电极以及新型高性能光敏化剂等已被大量开发。除此之外, Graetzel 电池的固体化及制作塑料电池的尝试等也见报道。对 Graetzel 电池的实用化、工业化技术研究, 欧洲的几个团体已率先进行, 其结果证实了这种新型太阳能电池工业化生产的可能性, 他们将着手进行试验性批量生产^[4]。关于这些详细内容, 将在 1.4 节及 1.5 节介绍。

1.3.2 Graetzel 电池存在的问题

尽管在理论及实用化技术研究方面取得了很大进展, 但是 Graetzel 电池仍存在着许多问题。

(1) 电解液的渗透

热胀冷缩易造成电解质的泄漏, 特别是在温差较大的地区。为了解决这一问题, 近几年高分子凝胶的导入或用有机熔融盐电解质^[69], 或用 P 型半导体代替电解质等已被大量尝试^[1015]。用这些方法虽然解决了电池的固体化问题, 但却又带来了光电转换效率的降低。

(2) 光电转换效率

虽然目前在室内的实验结果表明, 这类电池的光电转换效率可达近 10%, 但要实现商品化工业化, 其效率还应大大提高, 特别是由于还存在着随电池组件的大面积化或是固体化其效率产生下降的问题。提高效率, 其中把尽可能多的染料有效地、均匀地固定在 TiO₂ 光阳极上是一个关键的问题。Graetzel 和他的合作者开发了具有高表面积的超微粒子多孔

TiO₂膜。尽管这种方法能控制 TiO₂ 粒子的大小,但粒子间的空隙却很大,即细孔径的控制很困难,从而造成了细孔内表面不能充分地吸附染料。实验表明,尽管光电转换效率随着染料吸附量的增大而增大,但其增长率却有逐渐变小的趋势^[16]。这说明染料的吸附是单分子层以上的堆积,附着的多余部分不能有效地产生光转换,所以,提高光电转换效率,不仅要求使染料高密度地吸附在 TiO₂ 电极上,而且还要确保它以单分子层的形式固定。

(3) 成本的降低

尽管 Graetzel 电池有着比其他的太阳能电池成本低的特点,但是,为了实现商品化及其用户能达到大量普及,价格还应大大降低。首先,开发能取代透明导电玻璃板的材料或降低其价格是一个关键,因为其成本占了原材料总体的 80%。其次是 Ru 染料的问题,使用该染料虽然效率很高,但 Ru 价格高,资源量又少。

(4) 耐久性 & 稳定性

虽然有实验表明,在室内电池的使用寿命可达到 10 年或者 20 年,但在室外的条件下,其使用寿命则大大缩短,只有 2.5 年。因为使用的密封粘合剂是胶片状热压树脂,在 80℃ 时就开始熔解,所以带来了电池的热稳定性和耐久性问题^[1719]。

1.4 Graetzel 型电池的新材料开发

为了解决上述问题,新材料、新技术的开发已广泛地进行。下面仅介绍电池的几个重要部分的开发现状。

1.4.1 光敏化剂的开发

目前,光电转换效率达 10% 的高性能敏化剂只有 Ru 的两种配体,即 N₃ (Ru-dcbpy) 和黑色染料 (Ru-tc-terpy)。为了开发其他高性能、低价格的染料,进行了大量的研究工作。荒川和他的合作者先后合成了几种 Ru 的配合物 (图 1-6),其中,邻二氮杂菲衍生物及 β-酮类配合物显示了较高的光敏化作用,光电转换效率分别为 6.6% 和 6.0%。并且他们具有吸光度大、稳定性高及供电性能较强等特点^[15]。

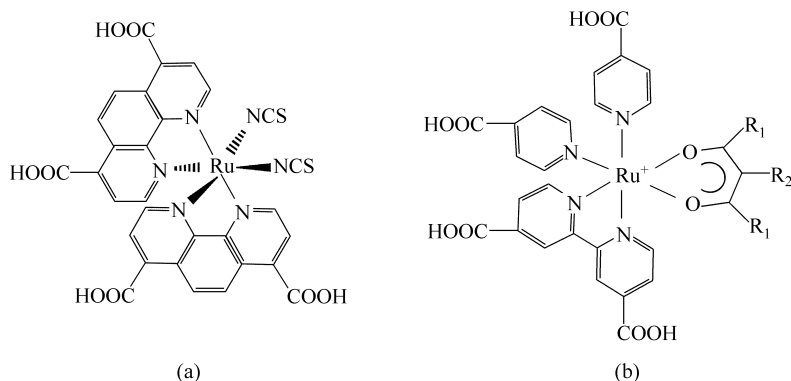


图 1-6 荒川等人合成的 Ru 配合物