

国家“九五”重点图书

二十一世纪新材料丛书

宋健 二〇〇〇抄

主编 雷永泉

副主编 万群 石永康

新能源 材料

New Energy
Materials

21世纪

天津大学出版社

国家“九五”重点图书
21世纪新材料丛书

新 能 源 材 料

主 编 雷永泉
副主编 万 群
石永康

天 津 大 学 出 版 社

内容提要

21世纪新材料丛书是国家“九五”重点图书。本书主要介绍新能源材料领域当今国内外的研究开发热点。全书共4篇17章,包括新型二次电池材料、燃料电池材料、太阳能电池材料和核能材料方面当前的研究、进展情况和未来发展的趋势。

本书可供材料领域的研究人员、技术人员阅读,也可作为高等院校有关专业研究生教材和大学学生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新能源材料/雷永泉主编. —天津:天津大学出版社,
2000.12

(21世纪新材料丛书/石力开主编)

ISBN 7-5618-1390-2

I. 新… II. 雷… III. ①燃料电池②太阳能电池
③核电池 IV. TM91

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第07204号

出版 天津大学出版社

出版人 杨风和

地址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)

电话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

印刷 河北新华印刷一厂

发行 新华书店天津发行所

开本 880mm×1230mm 1/32

印张 15.25 插页1

字数 461千

版次 2000年12月第1版

印次 2000年12月第1版

印数 1—3 000

定价 31.00元(平) 41.00元(精)

新材料是高技术
产业的先导

宋健



二〇〇〇年杪

21 世纪新材料丛书顾问委员会

主 任 师昌绪
委 员 (以姓氏笔划为序)
师昌绪 严东生 肖纪美 李恒德
林兰英 柯俊 徐僖 颜鸣皋

21 世纪新材料丛书编辑委员会

主 任 石力开
副 主 任 干福熹 吴人洁 左铁镞
委 员 (以姓氏笔划为序)
干福熹 王占国 王焱 王天民
王震西 石力开 叶恒强 左铁镞
吴 锋 吴人洁 陈难先 陈皓明
郑敏政 刘治国 欧阳世翕
金亿鑫 俞耀庭 杨大智 黄伯云
益小苏 顾觉生 姚康德 袁新泉
雷永泉 熊家炯

丛书策划 胡文华

21 世纪新材料丛书
《新能源材料》分册编委会

主 编	雷永泉			
副主编	万 群	石永康		
编 委	张允什	陈立泉	李文焱	
	林安中	衣宝廉		

序 言

材料是人类一切生产和生活水平提高的物质基础，是人类进步的里程碑。材料对于国民经济建设和国防建设起着重要的作用。新材料是高新技术的基础和先导；本身也能形成很大的高技术产业。所以信息、生物技术和新材料已成为21世纪最重要、最有发展潜力的领域。我国历来对新材料的研究与开发都十分重视，在“十五”规划中新材料是高新技术研究和产业化的重点之一。

1987年我国开始实施国家高新技术研究发展计划（“863”计划），新材料是七个优先发展的领域之一。通过“863”计划的实施，使我国的新材料研究水平有了很大提高，支持了国防和相应的高新技术领域的发展和进步，在新材料的产业化方面也起到了促进和推动作用。通过计划的实施，组织并形成了我国新材料研究与开发的骨干力量，培养出了一大批高水平的年轻科学家和管理专家，形成了一系列有自己特点的研究基地和研究群体。这些成果为保持我国新材料的持续发展打下了坚实的基础。

根据我国高技术新材料领域所取得的成就和国际发展现状，国家高技术新材料领域专家委员会组织编写了一套《21世纪新材料丛书》。丛书对当今新材料领域的几个发展前沿进行了介绍，并展示了材料科学技术发展中的新概念、新理论、新技术、新成果和新产品。这对于规划我国新材料今后

的发展，推动技术创新都有一定的指导和参考价值，也为从事新材料研究开发的人员提供了一本很好的参考书，是一件很有意义的工作。

朱功昂

前 言

1986 年我国开始组织实施国家高技术研究发展计划（“863”计划），新材料是七个优先发展的领域之一。“863”计划的实施，为我国新材料的研究和发展起到了导向和推动作用，使我国的新材料研究水平有了很大的提高，支持了国防和相应的高新技术领域的发展和进步，促进了产业化进程，培养了一大批高水平的年轻科学家，形成了一系列有自己特点的研究基地和研究群体。这些成果为保持我国新材料的持续发展打下了坚实的基础。

国家高技术(863)新材料领域专家委员会在组织实施过程中，积极组织了各种学术交流活动，编辑出版了多种会议论文集，并支持出版了大量有关新材料方面的专著和工具书。专家委员会于 1992 年组织编写出版了《高技术新材料要览》一书，还积极支持和参与了《材料科学技术大百科全书》《材料大词典》《材料商品手册》等书的编写出版工作。这些书籍的出版，为我国材料科学技术界准备了比较完整配套的参考书籍，对于提高我国的新材料研究发展水平和产业化进程必将产生深远的影响。

为了迎接 21 世纪新材料的蓬勃发展，新材料领域专家委员会又组织撰写了《21 世纪新材料丛书》（国家“九五”重点图书）。这套丛书包括了新材料当今几个主要的研究热点，如信息材料、复合材料、新能源材料、生物医用材料、智能材料与智能系统、生态环境材料和材料设计，以期能引起大家对新材料的关注。应该说明，这套丛书受篇幅的限制并没有能包括新材料的全部内容。金属材料、精密陶瓷材料、高分子材料没有单独列册，但仍然是目前工业应用材料的主体。随着研究工作的深入和先进制备技术的应用，新材料在不断出现，传统材料的性能也不断地得到改进和提高。纳米科学技术的发展为新材料的发展开拓了一条全新的途径。这些方面的工作留待今后进

行补充。

这套丛书反映了当今材料领域国际前沿的研究水平，体现了前瞻性，展示了21世纪新材料领域的新概念、新理论、新技术和正在开拓中的新研究领域，同时也展示了已经形成的或正在进入产业化的新成果、新产品。这套丛书不仅综合了国外的最新文献资料，而且注意反映了国内的工作成果，特别是“863”计划有关课题的研究开发成果。丛书没有刻意追求学科的完整性和系统性，采取了专题论述的形式，但每本书仍能给出该学科的概貌，具有很大的参考价值。丛书虽然定为专著，但力求做到简明扼要、深入浅出，使具有大专水平的读者(包括管理人员)能阅读，又对相关专业的研究人员有所启发。

丛书各分册的主要内容如下。

《信息材料》分册主要包括：微电子及集成半导体材料、光电子材料、光电子有机材料、信息功能陶瓷材料、信息传感材料、光电子显示材料、光纤通信材料、磁性和磁光存贮材料、高密度光存贮材料、铁电压电材料、非线性光学材料和固体激光材料等。

《复合材料》分册的重点是展示新型复合材料，如仿生复合材料、纳米复合材料、功能复合材料等，还阐述了复合材料新的设计、制备方法和复合技术，如原位复合、自蔓延技术、梯度复合等，并探讨了复合材料的回收再生与资源、环境的协调问题。

《新能源材料》分册主要介绍了当今国际上的研究开发热点，如新型二次电池材料、燃料电池材料、太阳能电池材料和核能材料。

《生物医用材料》分册介绍了组织工程和人工器官材料，包括硬组织修复与重建材料、软组织修复与重建材料，此外还介绍了生物智能材料、可降解与吸收材料、控制释放材料等。

《智能材料与智能系统》分册在综述材料智能化、智能材料与系统发展及应用前景的基础上，阐述了智能材料的仿生构思、智能材料中的光纤传感系统、形状记忆合金、压电/铁电材料、无机非金属材料、电磁流变液、超磁致伸缩材料与智能高分子材料及智能结构等的应用。

《生态环境材料》分册阐述了生态环境材料与可持续发展的关系

及协调性评价等问题，介绍了金属类生态环境材料、无机非金属类和高分子类生态环境材料以及生物环境材料等。

《材料设计》分册综述了材料设计的发展概况、材料设计的主要途径、主要计算方法以及国外的研究动态与展望等。本书也充分反映了我国科学家近年来在材料设计方面的研究成果和取得的进展。

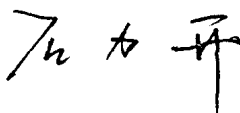
参加撰写这套丛书的有全国百余位在材料领域有造诣的专家和教授，其中包括十多位院士。他们长期工作在材料科研和教学的第一线，知识渊博，经验丰富，与国际科学界有着广泛的联系。这样的作者群体保证了这套丛书的质量和水平。

丛书顾问委员会对本书的出版给与了全面的指导和关怀，从丛书的定位和特色、各分册的选题和主编的聘任，一直到每个分册的主要内容等都进行了具体的指导。这也是这套丛书能顺利编辑出版的一个重要的保证。

这套丛书已列入国家“九五”重点图书出版规划。天津大学出版社负责丛书的编辑和出版工作，为此做了大量认真细致的工作。他们和编委会及作者密切配合，严格把关，工作精益求精，为保证这套丛书在文字、版面及印刷等方面的高质量而作出了很大努力。

国家高技术(863)新材料领域专家委员会

首席科学家



主 编 简 介



雷永泉 1938 年生于四川省西昌市。浙江大学教授，博士生导师。1959 年昆明工学院毕业，1982—1984 年赴美国麻省理工学院作访问学者。曾任浙江大学材料科学与工程学系主任，浙江大学新材料与材料物理研究所所长等职。现任国家科技部镍氢电池专家组成员、国家自然科学基金委员会第八届学科评议组成员、国际金属-氢系统学术讨论会国际指导委员会委员。长期从事储氢金属材料及其应用的研究，承担了国家“863”计划和国家自然科学基金等项目的研究课题。曾发表学术论文 150 余篇及著作 1 部，并获国家发明专利授权 4 项及国家教委科技进步三等奖等奖项。1992 年起获国务院特殊津贴。

主要作者简介（按章序排名）

万群（男，1930—）原北京有色金属研究总院副院长、总工程师。苏联乌拉尔工学院毕业后，进入北京有色金属研究总院工作，曾任硅材料研究室主任、国家科委大规模集成电路硅质量攻关组组长、非晶硅太阳能电池攻关组组长、《稀有金属》刊物主编、《分析实验室》主编和《Solar Cell Materials》编委，为享受教授级待遇的高级工程师。1997年退休。

汪继强（男，1939—）信息产业部电子第十八研究所研究员、副总工程师。1962年毕业于上海复旦大学，1982—1985年赴美国斯坦福大学作访问学者，主要从事锂离子电池、金属氢化物镍电池等新型化学电源研究工作，承担国家863计划、国家重大科技攻关及国防安全重大基础研究课题。曾获国家科技进步二等奖，发表学术论文80余篇。

张允什（男，1934—）南开大学新能源材料化学研究所教授、博士生导师。1955年毕业于南开大学化学系，1982年12月至1984年2月美国佐治亚理工学院访问学者、客座教授。长期从事无机合成化学和材料化学教学与科研。发表论文100余篇，获中国专利11项、美国专利5项、欧洲专利4项。1992年获国防科委光华科技基金三等奖，1994年获国家教委科技进步二等奖及其他多项奖励。现为国家863计划“‘七五’、‘八五’储氢材料与镍氢电池”专题组长、“十五”镍氢电池专家组成员、中国化学会理事、天津化学会理事长。

陈立泉（男，1940—）中国科学院物理研究所研究员、博士生导师。1964年毕业于中国科学技术大学物理系。曾荣获国家自然科学基金一等奖、中科院科技进步二等奖和国家级有突出贡献中青年专家称号。发表论文160余篇，申报7项发明专利（四项已授权）。

“七五”期间，任国家高技术研究发展计划(863)锂电池专题负责人，主持了全国11个子课题研究。同时主持了中科院“六五”、“七五”、“八五”重点课题“全固态锂电池”研究，为我国锂电池的研究和开发奠定了基础。“九五”期间承担锂离子电池研究课题，在国内首先建成锂离子电池中试生产线，解决了锂离子电池产业化中的科学技术和工程问题，实现了锂离子电池产业化。

衣宝廉（男，1938—）中国科学院大连化学物理研究所研究员、总工程师。1962年毕业于吉林大学化学系，同年考入中国科学院大连化学物理研究所作研究生，师从郭燮贤院士，学习催化化学，毕业后留所工作至今。主要从事化学能与电能的相互转化研究。70年代参加并领导了航天碱性氢氧燃料电池研究。80年代主持了水下应用碱性千瓦级燃料电池系统、铁铬氧化还原液流电池系统研究和多孔气体扩散电极用于水溶液电解工业的节能研究。90年代初进行再生氢氧燃料电池和熔融碳酸盐燃料电池探索研究。“九五”期间作为科技部“九五”攻关项目“燃料电池技术”负责人，领导了质子交换膜燃料电池、再生氢氧燃料电池、直接甲醇燃料电池及熔融碳酸盐燃料电池的研究。取得多项科研成果，获国内外专利28项，在国内外重要刊物上发表论文70多篇，获国家三等发明奖等科研成果奖多次。1992年起获国务院特殊津贴、大连市优秀专家和优秀发明家称号。

邵志刚（男，1969—）1991年毕业于大连理工大学环境工程系。2000年在中国科学院大连化学物理研究所获工学博士学位，博士论文为“质子交换膜电极三合一组件制备、优化及应用”。现在香港科技大学化学工程系作博士后。

江义（男，1963—）中国科学院大连化学物理研究所研究员、博士生导师。1984年浙江工业大学化工系获工学学士学位。1987年大连理工大学应用化学系硕士研究生毕业。同年进入中国科学院大连化学物理研究所工作。1992年受中国科学院公派赴希腊 Patras 大学化工系作访问学者，1994年获博士学位并回国。先后任课题组长、燃料电池工程中心主任。先后从事过金属和合金的电化学腐蚀、多相催化和电催化等研究工作。目前主要研究固体氧化物燃料电池材料、电化学性能、电池结构及烃类的催化和电化学氧化。已在国内外重要刊物上发表学术论文近50篇，获国内、外专利10余项。1994年获王宽诚科研奖。1998年获国家基金委杰出青年基金。获一项中国科学院沈阳分院科技进步三等奖。

林安中（男，1948—）北京有色金属研究总院教授、博士生导师。福建省福州市人，1972年台湾中央大学物理系获学士学位。1978年美国莱斯(Rice)大学材料科学系获博士学位。现为有色冶金研究院半导体材料股份有限公

司教授级高级工程师。长期从事太阳能电池的研究与中试生产工作。获得部级科技进步一等奖1项、二等奖1项、三等奖2项，多项晶体硅太阳能电池成果转让给四家工厂使用。1999年获国家中青年有突出贡献专家称号，共发表论文40篇，获得专利3项。

耿新华（女，1944—）南开大学光电子所副所长、教授、博士生导师。1969年毕业于南开大学。一直从事教学科研工作，曾连续承担和主持国家“七五”、“八五”、“九五”重大攻关任务“非晶硅太阳能电池的研究”和重大自然科学基金项目“非晶半导体中若干物理问题的研究”。研制的大面积非晶硅基单结集成型和叠层集成型太阳能电池达到国际同期先进水平；在微晶硅材料及其在太阳能电池上的应用、低温多晶硅薄膜材料和非晶硅/微晶硅输运特性等研究中取得了一些突出成果。近10年来，获部级以上鉴定成果10项，获专利1项并获1998年专利金奖，是“七五”攻关重大成果奖(集体)的骨干成员，并获“八五”立功奖，发表论文50余篇，其中1/3被SCI等索引。

季秉厚（男，1937—）内蒙古大学教授，1959年毕业于南京大学。现任内蒙古大学新能源研究中心主任、内蒙古自治区太阳能学会理事长、中国太阳能学会光伏专业委员会委员、中国仪表学会湿度与水分专业委员会副主任、中国电子学会气湿敏传感器技术专业委员会委员、内蒙古自治区人大常委会委员。主要从事光伏科学与技术 and 传感器技术研究工作。获省、部级科技进步奖6项，并获国务院八部委颁发的“农村能源综合建设”奖、中国科学技术基金会/中国太阳能学会阳光奖。发表学术论文80余篇、著作3部。

向贤碧（女，1940—）1963年毕业于四川大学物理系半导体物理专业，同年由国家分配到中国科学院半导体所工作至今。历任研究实习员、助理研究员、高级工程师。从1963年开始一直从事GaAs材料和器件的研究。60至70年代从事GaAs单晶材料的制备和物理测试研究；70至80年代中期从事高纯LPE GaAs材料和多片LPE GaAs材料的研究；1987年开始从事GaAs太阳能电池研究至今。现任中国太阳能学会光伏专业委员会委员。发表过30余篇学术论文，1981获中国科学院科技进步奖一等奖，1985年获国家科技进步奖二等奖，1998年获中国科学院科技进步奖二等奖。

石永康（男，1939—）中国原子能科学研究院研究员。1965年清华大

学研究生毕业。曾任该院反应堆工程研究设计所所长、国家科技进步和发明奖冶金组评审委员，国家“863”计划能源领域先进反应堆专家组成员。现任中国先进研究堆工程部主任、中国核学会核材料分会理事长等职。多年来从事反应堆材料力学性能、核燃料辐照效应、秦山核电厂燃料元件辐照考验及检验等研究工作，负责材料检验热室、微型反应堆等援外工程，承担核电通用技术、高性能燃料元件及空间核反应堆电源等研究课题。获国家科技进步二等奖1项、部级科技进步奖多项。

郁金南（男，1935—）中国原子能科学研究院研究员、博士生导师。1956年毕业于复旦大学。1984—1986年、1993年和1986—1987年分别赴美国Los Alamos国家实验室和瑞士联邦反应堆研究所作访问学者。现任核工业研究生部兼职教授，聚变堆材料国际会议科学顾问委员会委员等职。主要从事反应堆材料、高Tc超导体、电子元器件辐照效应和堆内热离子转换器等研究。承担了国家“863”计划和国家自然科学基金委员会的研究课题，曾获部级科技进步二等奖2项、三等奖2项，发表学术论文50余篇。

张忠岳（男，1930—）中国原子能科学研究院研究员、博士生导师。1952年毕业于上海交通大学，1958年在苏联基辅建筑工程学院获技术科学副博士学位。现任中国原子能科学研究院反应堆工程研究及设计所科技委顾问、中国力学学会核反应堆结构力学专业委员会委员。长期从事核反应堆结构力学及燃料元件分析程序开发研究工作。曾获核工业部科技进步二等及三等奖。撰写有关钢筋混凝土结构蠕变问题专著（俄文）1部，发表学术论文20余篇。

黄玉才（男，1945—）中国原子能科学研究院研究员。1968年毕业于哈尔滨军事工程学院，1988—1989年赴比利时MOL核研究中心作访问学者。现任中国原子能科学研究院反应堆工程研究设计所副所长、中国核学会核材料分委会秘书长等职。主要从事核燃料制备工艺、PWR燃料元件性能等研究工作。负责高温高压辐照装置、微型反应堆等援外工程，承担核电通用技术、高性能燃料元件等研究课题。曾获中国核工业总公司科技进步二等奖1项、三等奖2项，1992年以来发表学术论文10余篇。

邱学良（男，1937—）清华大学核能设计研究院研究员。1965年清华

大学研究生毕业，1986—1987年在西德 Jülich 核研究中心反应堆材料研究所进修。曾从事液体金属腐蚀、陶瓷薄膜和陶瓷焊接等研究。现承担国家“863”计划高温气冷堆球形燃料元件项目课题研究。获国家教委科技进步二等奖1项、中国核工业总公司科技进步二等奖和三等奖各1项，授权专利1项。1996年以来发表学术论文20篇。

李文焱（男，1933—）中国原子能科学研究院研究员。1956年毕业于复旦大学。曾任该院材料研究室主任、中国核学会核材料分会常务理事、国家科技进步奖发明奖(国防专用)军用材料组评审委员、《原子能科学技术》杂志编委。现任该院反应堆工程研究设计所科技委顾问、核工业研究生部兼职教授。主要从事核材料热物性测量、核石墨辐照效应和核燃料制造工艺等研究工作。承担了国家“863”计划研究课题，曾获部级科技进步二等奖2项、三等奖1项，1985年以来发表学术论文30余篇、著作3部。

林少非（男，1937—）中国原子能科学研究院高级工程师。1962年清华大学毕业。1987—1988年、1993年赴美国 Los Alamos 国家实验室作访问学者。主要从事反应堆燃料辐照性能、核燃料制造工艺和聚变堆材料辐照效应等研究。承担了国家“863”计划研究课题，曾获部级科技进步二等奖2项、三等奖1项。1990年以来发表学术论文10余篇、著作2部。

卢浩琳（男，1937—）中国原子能科学研究院研究员、博士生导师。1962年西安交通大学毕业。1989—1990年、1993年赴美国 Los Alamos 国家实验室作访问学者。曾任该院材料研究室主任。主要从事反应堆材料辐照损伤、离子注入材料表面改性、产氚材料、热离子能量转换器和空间核反应堆电源等研究。曾获部级科技进步二等奖3项、三等奖2项，1990年以来发表学术论文近20篇、著作1部。