



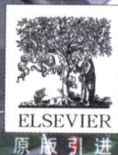
科 爱 传 播
化学化工

· 导读版 ·

Nanomaterials:
From Research to Applications

纳米材料： 从研究到应用

H. Hosono, Y. Mishima, H. Takezoe, K.J.D. Mackenzie



科学出版社
www.sciencep.com

图字:01-2007-2319 号

This is an annotated version of

Nanomaterials: From Research to Applications

H. Hosono, Y. Mishima, H. Takezoe, K. J. D. Mackenzie

Copyright © 2006 Elsevier Ltd.

ISBN-13: 978-0-08-044964-7

ISBN-10: 0-08-044964-6

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.

AUTHORIZED EDITION FOR SALE IN P. R. CHINA ONLY

本版本只限于在中华人民共和国境内销售

图书在版编目(CIP)数据

纳米材料:从研究到应用:英文/(日)细野秀夫等编著. —北京:科学出版社, 2007

ISBN 978-7-03-018972-1

I. 纳… II. 细… III. 纳米材料-英文 IV. TB383

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 069120 号

责任编辑:邹凯/责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年5月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007年5月第一次印刷 印张:30 1/4

印数:1—2 500 字数:577 000

定价:85.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

导 读

21 世纪重点科研基地 (Center of Excellence, COE) 工程是日本文部科学省从 2002 年度开始实施的新项目。这一工程旨在在日本的大学各学科领域里建立世界最高水平的研究教育基地, 提高其学术研究水平、培养引领世界研究潮流的创造性人材, 以提高大学的国际竞争力及使大学的科研特色更加突出。该工程的研究教育基地是基于以下标准选定的: 在该领域的研究已取得了优秀成果并极富发展潜力, 有望成为可培养很强研究能力人材的研究教育基地; 在以校长为核心的领导下, 能提出具有鲜明特色的科研计划并坚定地予以实施, 有望成为具有世界水平的研究教育基地; 有望通过开拓特色鲜明的学科领域, 取得独创性和划时代的研究成果; 入选项目的资助结束后仍可作为世界级研究教育基地继续进行研究教育活动。东京工业大学在材料研究领域有着杰出的表现, Hideki Shirakawa 教授 2000 年诺贝尔化学奖的工作就是在这里完成的。此外, 高精度石英钟的研究工作以及聚丙烯腈纤维的独特制备方法的诞生等都是东京工业大学材料研究的代表性工作。2002 年, 由东京工业大学材料研究领域一些著名教授提出的“面向产业化的纳米材料开发与人才培养”研究计划被作为化学和材料科学领域的 COE 项目得到支持。该项目涉及到了功能氧化物、功能聚合物中的纳米结构与性能的关系, 以及纳米结构对这些功能材料应用带来的机遇与挑战。本书汇集了与该项目有关的研究成果, 主要有以下四部分内容:

第一部分主要论述了具有里程碑意义的一些氧化物中纳米结构的形成和应用, 研究的对象包括透明氧化物半导体、自旋交叉磁性材料、离子导体、铁电和介电薄膜。这些功能氧化物都是当今和未来光电子领域发展不可缺少的重要材料。通过新材料体系和结构的探索, 促进已有性能的大幅度提高或设计发展新的光电功能是该部分研究的主要目的。研究所涉及的材料体系非常丰富。比如, 关于透明氧化物半导体, 就研究了 p-type 透明氧化物半导体、深紫外的透明氧化物半导体、非晶透明氧化物半导体、自然量子阱结构的层状透明氧化物半导体、及透明纳米孔晶体 $C_{12}A_7$ 等。此外, 还研究了透明氧化物半导体的外延技术, 以及基于透明氧化物半导体的光电子器件。同时, 从理论和实验上研究了晶格缺陷对氧化物性能的影响, 从本质上认识了一些氧化物奇特功能的物理起因。作为一章, 本书还专门讨论了在铁电和介电薄膜中的尺寸效应, 这是未来新型集成技术将要面临的一个非常重要的问题。

第二部分分为三章, 介绍了有机聚合物中的纳米结构。首先讨论了如何利用液晶的周期性纳米结构的优点制备光子器件。可调制性是这类结构的光子器件非常显著的特点之一, 包括激光器件的波长电调制, 以及光学二级管中透过率电调制。第二章讨论了嵌段聚合物薄膜中的纳米结构。由于能够在这类聚合物中形成柱状纳米结构, 并且这些柱状纳米结构的排列方式及排列方向是可以调制的, 因此这种各向异性为电子学和光子学器件的设计提供了更为广阔的思路。最后一章研究了有机电荷转移盐的相图以及在这类有机物中金属-绝缘转变的机理, 还从理论上讨论了有机金属中的电荷有序问题。这些

都是深入理解有机金属非线性导电性的基础，也是基于这种有机材料构筑闸流管之类有机器件的关键。

在材料研究领域，通过纳米结构等的控制实现传统材料无法达到的功能已经有一些成功的例子，其中就包括人工结构的量子阱，陶瓷的超塑性，以及金属的高强度和高延展性。本书的第三部分就讨论了这些奇特性质与材料中纳米结构的关系，研究了如何控制和利用纳米结构实现性能的进一步提高以及这些性质的一些独特应用，比如通过量子阱态的费米能级的交叉增强表面化学反应等。这些由纳米结构产生的诸多奇异性质对提升传统材料在各领域的应用有着非常重要的意义，同时也为产业发展提供更多的机遇。

第四部分重点讨论了纳米结构材料在工程领域的应用，包括在化学反应中广泛应用的多孔材料的可控制备，控制纳米结构实现热电半导体器件向高工作温区发展，以及利用高温纳米涂层技术实现结构材料的抗氧化性。这些都是纳米材料面向产业化发展的重要研究方向。

纳米材料涉及的领域十分广阔。从上面的介绍可以看出本书也涵盖了从有机到无机材料，从金属到半导体材料，材料形态包括了量子点、薄膜、陶瓷、人工结构等。导读仅仅帮助读者了解该书的主要内容，很多精彩的研究工作还需要读者仔细阅读各个章节以及每章后面所附的非常新的参考文献。本书的最大特点是所有的研究工作都是以产业化应用为背景，这也是目前纳米材料研究和一个值得关注的特点。我认为这是一本值得推荐参考的好书，相信这本书对读者深入了解和认识纳米材料的研究动态和应用领域会给予启发。

师文生 研究员
中科院理化技术研究所

序 言

由东京工业大学材料研究领域的一些教授们提出的“面向产业化的纳米材料开发与人才培养”计划被选定为 21 世纪重点科研基地 (Center of Excellence, COE) 项目之一。东京工业大学曾经成功地发展铁氧体和聚乙炔材料, 在材料科学领域有很强的传统。该项目的目的, 就是在东京工业大学材料科学的研究基础上, 鼓励在纳米材料领域的创新。

本书总结了该 COE 计划所取得的成果。全书分为四部分: (1) “革命性的”氧化物; (2) 新型聚合物; (3) 由纳米结构设计实现新功能; (4) 纳米结构材料在工程上的应用。每一部分由三或四章组成, 涵盖了无机、有机和金属纳米材料。

本书的出版得到了 COE 项目的支持。这一项目中的所有参与者感谢日本学术振兴会的不断支持。同样感谢东京工业大学对该研究的鼓励和经费上的支持。最后, 衷心感谢 Elsevier Science 出版公司对手稿的编辑和该书出版所做的工作。

Hideo Hosono
Kenneth Mackenzie
Yoshinao Mishima
Hideo Takezoe

东京工业大学的材料研究

Seizo Miyata

东京工业大学始建于 1881 年 5 月，最初是东京职业学校。1890 年更名为东京技术学校，随后在 1901 年变更为东京高等技术学校。1929 年东京技术学校被提升为可授予学位的大学，并更名为东京工业大学。更名后的东京工业大学定位于向专业工程师提供高等教育，提升他们的研发能力，为日本工业的现代化作出贡献。

材料研究在东京工业大学发展历程中始终非常活跃。从下面资料可以看出，目前东京工业大学不仅在日本，而且在世界范围内都是最好的材料科学教育和研究中心之一。

在跨越一个多世纪的历史长河中，东京工业大学的两位教授——Yogoro Kato 教授和 Hideki Shirakawa 教授是许多杰出材料科学教授中的佼佼者。

Yogoro Kato 教授（1872—1967）1907 年以教授身份加盟东京高等技术学校。1929 年起，他同他的学生 Takeshi Takei 教授共同开展金属氧化物的研究。很快他们发现作为绝缘体的铁氧体存在很强的磁性，于是 1932 年开始将铁氧体应用于现代电子学领域，开启了铁氧体技术的时代。三年后，TDK 公司成立并将这些发明工业化，逐渐成为拥有 31 000 名员工的世界电子器件生产领域的领军者。

1939 年，Kato 教授将其所有专利使用费捐献给东京工业大学用于建立化学实验室。2000 年诺贝尔化学奖获得者 Shirakawa 教授就是在这个实验室担任助理教授，开始了他的事业。1961 年，Hideki Shirakawa 教授毕业于东京工业大学并取得了化学工程学位，1966 年，他在那里获得了工程博士学位，之后在东京工业大学化学资源实验室担任助理教授工作并开始有关聚乙炔聚合的研究工作，正是这一研究成果使他获得了诺贝尔奖。关于这一工作的来龙去脉，他写到：

1967 年秋，我刚刚开始工作不久，在一次没有预料到的失败实验中发现了聚乙炔膜。此前，利用通常的聚合方法，化学家们已经得到了黑色粉末状的聚乙炔化合物。然而，有一天，一位访问学者试图利用通常的方法得到聚乙炔，却仅仅得到了一些碎片状的膜。为了弄清实验失败的原因，我反复检查了各种聚合情况，最后我发现催化剂浓度是制备膜的决定性因素。在任何化学反应中，极少量的催化剂即使是毫摩尔量级也是很有有效的。但我却用了摩尔量级的催化剂，比我计划的高出一千倍，对于催化剂使用来说，这是一个不寻常的量。也许在我的实验中没有注意到“毫摩尔”中的“毫”，或者是因为那个访问学者读错了它。不管什么原因，他在反应容器里加了摩尔量级的催化剂，比我预计多一千倍的催化剂很显然使聚合反应的速度增加了一千倍。简单地说，只要乙炔气体遇到催化剂，这个反应就会迅速发生，以至于气体被聚合在催化剂的表面形成薄膜。

这种象铝膜一样具有光泽的膜还表现出非常简单的红外吸收光谱，显然比用通常合成的了无生趣的黑色粉末更迷人。1975 年一次偶然的机会，宾夕法尼亚大学的 Alan MAcDiarmid 教授访问日本，作了关于“无机聚合物硫氮（SN_x）”的报告。在报告会

上他遇到了 Shirakawa 教授，了解到具有光泽的聚合物薄膜已经发明。于是，他一回到宾夕法尼亚大学就给海军研究办公室的管理者 Kenneth Wynne 博士（目前是弗吉尼亚联邦大学教授）打电话。Wynne 博士感觉到这个项目与他的基金资助政策是非常吻合，当即决定支持这个新项目。这个政策就是“去试图发现创新性的项目…去试图支持那些可能有影响力的领域…就像挖掘好的股票”。

在他作为访问学者时，Shirakawa 博士遇见了 Heeger 教授。Heeger 教授当时正在研究一维导电有机材料，这种材料的导电性依赖于掺杂。当新型导电聚合物发现时，这些独立的思路很快汇聚到了宾夕法尼亚大学。1976 年 11 月 23 日，当 Shirakawa 与 Heeger 教授的一个博士后测量聚乙炔的导电性时，惊奇地发现溴掺杂聚乙炔的导电性增加了七个数量级。

目前，导电聚合物被广泛应用于聚合物光发射二极管、开关液晶显示的透明电极等方面，在显示技术应用领域发挥出巨大作用。

为社会作出杰出贡献的东京工业大学材料科学家还包括 Issaku Koga 教授（1891—1982），他发展了高精度的石英钟；Shu Kambara 教授（1906—2000），他于 1941 年发现制备聚丙烯腈纤维的独特方法。

（师文生 译）

Preface

A proposal submitted by the professors working in the area of Materials Science at the Tokyo Institute of Technology was selected as one of the twenty-first Century COE (Center of Excellence) programs entitled "Nanomaterial Frontier Cultivation for Industrial Collaboration". The objective of the project is to foster innovation in the field of nanomaterials, building on the strong tradition of Materials Science at the Tokyo Institute of Technology, typified by the success of the ferrite and polyacetylene materials developed there.

This book, which summarizes the achievements of this COE program, is divided into four parts: (1) Revolutionary Oxides, (2) State-of-the-Art Polymers, (3) Nanostructure Design for New Functions, and (4) Nanostructure Architecture for Engineering Applications. Each part consists of three or four chapters related to inorganic, organic, and metallic nanomaterials.

This book is published with the support of the COE program. All the contributors in this program are grateful for the continuous support by the JSPS (Japan Society for the Promotion of Science). Acknowledgment is also given to the Tokyo Institute of Technology for its encouragement of this activity and its financial support. Finally, sincere thanks are due to Elsevier Science Ltd. for assistance with editing the manuscripts and for publishing this book.

*Hideo Hosono
Kenneth MacKenzie
Yoshinao Mishima
Hideo Takezoe*

Materials Research at the Tokyo Institute of Technology

Seizo Miyata



Professor Shirakawa is presented with the Nobel Prize by King Gustov
(Courtesy of Professor Kenneth J. Wynne)

The Tokyo Institute of Technology was originally founded as the Tokyo Vocational School in May 1881. The School was renamed as the Tokyo Technical School in 1890 and later became the Tokyo Higher Technical School in 1901. In 1929, the Tokyo Technical School was promoted to the status of a degree-conferring university and was renamed as the Tokyo Institute of Technology. Its new mission was to impart higher education to professional engineers and develop their capabilities for research and development, in order to contribute to the modernization of Japanese industries.

Materials research has been actively carried out throughout the entire history of the University. Currently, the Tokyo Institute of Technology is one of the best educational and research centers for materials science, not only in Japan but also by world standards, as shown in the following chapters.

In its history spanning more than a century, two Professors of the Tokyo Institute of Technology, Professor Yogoro Kato and Professor Hideki Shirakawa, stand out from the many excellent Professors of Materials Science.

Professor Yogoro Kato (1872–1967) was invited to join the Tokyo Higher Technical School as a Professor in 1907 and began the study of metal oxides with his former student Professor Takeshi Takei in 1929. Soon they discovered the existence of strong magnetization in ferrite even though it was an insulator. Thus began the application of ferrites to modern electronics and the era of ferrite technology was launched in 1932. Three years later, the TDK Corporation was founded to industrialize these inventions, and it is currently one of the world's leading electronics components manufacturers, with 31 000 employees.

In 1939, Professor Kato donated all his patent royalties to the Tokyo Institute of Technology to establish the Chemical Research Laboratory where Professor Shirakawa was to begin his career later as an Assistant Professor. Professor Hideki Shirakawa (1936–present), who was the Nobel Laureate for Chemistry in 2000, graduated from the Tokyo Institute of Technology with a degree in chemical engineering in 1961 and enrolled in the graduate program there, receiving his doctorate in engineering in 1966. Immediately on receiving his PhD, he was hired as an Assistant Professor at the Chemical Resources Laboratory of the Tokyo Institute of Technology and began working on the polymerization of polyacetylene, the work for which he received the Nobel Prize. On this occasion, he wrote:

In the fall of 1967, only a short time after I started, I discovered polyacetylene film through an unforeseeable experimental failure. With the conventional method of polymerization, chemists had obtained the compound in the form of a black powder; however, one day, when a visiting scientist tried to make polyacetylene in the usual way, he only produced some ragged pieces of a film. In order to clarify the reason for the failure, I inspected the various polymerization conditions again and again. I finally found that the concentration of the catalyst was the decisive factor for making the film. In any chemical reaction, a very small quantity of the catalyst, of the order of m -mol, would be sufficient, but the result I got was for a quantity of mol, a thousand times higher than I had intended. It was an extraordinary unit for a catalyst. I might have missed the “m” for “ m -mol” in my experimental instructions, or the visitor might have misread it. For whatever reason, he had added the catalyst in molar quantities to the reaction vessel. The catalyst concentration a thousand-fold higher than I had planned had apparently accelerated the rate of the polymerization reaction about a thousand times. Roughly speaking, as soon as acetylene gas was put into the catalyst, the reaction occurred so quickly that the gas was just polymerized on the surface of the catalyst as a thin film.

The film, which was shiny as an aluminum foil, was more intriguing than the rather uninteresting black powder that was normally synthesized, and gave very simple IR absorption spectra. Incidentally during 1975, Professor Alan MacDiarmid of the University Pennsylvania (UPenn) was visiting Japan to lecture on the electrically conducting inorganic polymer sulphur nitride, (SN)_x. He met Professor Shirakawa on learning that a gleaming polymer film had been invented. As soon as he went back to UPenn, he called Dr. Kenneth Wynne, the Program Manager of the Office of Naval Research (presently a Professor at the Virginia Commonwealth University) who promptly decided to support the new project because he felt that it fitted well with his funding policies, which were "to try to find innovative projects... to try to place funding in focus areas which would have "impact"... something like picking good stocks."

In his capacity as a Visiting Scholar, Dr. Shirakawa met Professor Heeger, who was working on one-dimensional electrical conducting organic materials in which the conductivity upon doping. The separate threads soon came together at UPenn. when a novel type of electrical conducting polymer was discovered. On November 23, 1976, when Shirakawa and a post-doctoral research Fellow of Professor Heeger were measuring the electrical conductivity of polyacetylene, there was a sudden surge in the conductivity over seven orders of magnitude when it was doped with bromine.

Currently, electrically conducting polymers show promise for display technology applications such as polymer light emitting diodes, transparent electrodes for switching LC displays, and so on.

Other Professors of the Tokyo Institute of Technology who have made significant contributions to society as materials scientists include Professor Issaku Koga (1891–1982), who developed high precision clocks using quartz crystals and Professor Shu Kambara (1906–2000), who in 1941 discovered a novel method for the production of polyacrylonitrile fiber.

List of Contributors

Seizo Miyata
(21st COE Professor)
Senior Program manager,
Fuel cell and Hydrogen,
Technology Development Dept.
New Energy and Industrial Technology
Development Organization
20F Muza Kawasaki Building, 1310,
Omiya-cho, Saiwai-ku, Kawasaki
Kanagawa 212-8554, Japan
E-mail: miyatasiz@nedo.go.jp
Tel: & Fax: +81-44-520-5262

Hideo Hosono
Professor, Frontier Collaborative
Research Center,
Tokyo Institute of Technology,
Nagatsuta 4259, Mail Box R3-1,
Midori-ku, Yokohama 226-8503
E-mail: hosono@msl.titech.ac.jp
Tel: +81-45-924-5359
Fax: +81-45-924-5339

Masahiro Hirano
21st COE professor,
Frontier Collaborative Research Center,
Tokyo Institute of Technology,
Nagatsuta 4259, Mail Box S2-13,
Midori-ku, Yokohama 226-8503
E-mail: m-hirano@lucid.msl.titech.ac.jp
Tel: & Fax: +81-45-924-5127

Mitsuru Itoh
Professor, Materials and Structures
Laboratory
Tokyo Institute of Technology,
Nagatsuta 4259, Mail Box J2-19,
Midori-ku, Yokohama 226-8503
E-mail: Mitsuru_Itoh@msl.titech.ac.jp
Tel: & Fax: +81-45-924-5354

Hiroshi Funakubo
Associate Professor, Department
of Innovative and Engineered
Materials,
Tokyo Institute of Technology,
Nagatsuta 4259, Mail Box J2-43,
Midori-ku,
Yokohama 226-8503
E-mail: funakubo@iem.titech.ac.jp
Tel: & Fax: +81-45-924-5446

Hideo Takezoe
Professor, Department of Organic and
Polymeric Materials
Tokyo Institute of Technology,
O-okayama, 2-12-1, Mail Box S8-42,
Meguro-ku,
Tokyo 152-8552
E-mail: htakezoe@o.cc.titech.ac.jp
Tel: +81-3-5734-2436
Fax: +81-3-5734-2876

Tomokazu Iyoda
Professor, Chemical Resources
Laboratory
Tokyo Institute of Technology,
Nagatsuta 4259, Mail Box R1-25,
Midori-ku, Yokohama 226-8503
E-mail: iyoda@res.titech.ac.jp
Tel: +81-45-924-5266
Fax: +81-45-924-5247

Takehiko Mori
Professor, Department of Chemistry
and Materials Science
S8-31 Tokyo Institute of Technology,
O-okayama, 2-12-1, Mail Box S8-31,
Meguro-ku, Tokyo 152-8552
E-mail: takehiko@o.cc.titech.ac.jp
Tel: +81-3-5734-2427
Fax: +81-3-5734-2876

Hiroyuki Hirayama
Professor, Department of Materials
Science and Engineering
Interdisciplinary Graduate School of
Science and Engineering
Tokyo Institute of Technology,
Nagatsuta 4259, Mail Box J1-13,
Midori-ku, Yokohama 226-8503
E-mail: hirayama@materia.titech.ac.jp
Tel: +81-45-924-5637
Fax: +81-45-924-5685

Fumihiko Wakai
Professor, Materials and Structures
Laboratory, Tokyo Institute of
Technology,
Nagatsuta 4259, Mail Box R3-23,
Midori-ku, Yokohama 226-8503
E-mail: wakai@msl.titech.ac.jp
Tel: +81-45-924-5361
Fax: +81-45-924-5390

Arturo Dominguez-Rodriguez
Professor, Department of Solid State
Physics, University of Sevilla
Apto. 1065, 41080 Sevilla, Spain
E-mail: adorod@us.es
Tel: +34-954-557-849
Fax: +34-954-612-097

Tatsuo Sato
Professor, Department of Metallurgy and
Ceramics Science, Tokyo Institute of
Technology,
O-okayama, 2-12-1, Mail Box S8-13,
Meguro-ku, Tokyo 152-8552
E-mail: sato@mtl.titech.ac.jp
Tel: & Fax: +81-3-5734-3139

Kiyoshi Okada
Professor, Department of Metallurgy and
Ceramics Science, Tokyo Institute of
Technology,
O-okayama, 2-12-1, Mail Box S7-7,
Meguro-ku, Tokyo 152-8552
E-mail: kokada@ceram.titech.ac.jp
Tel: +81-3-5734-2524
Fax: +81-3-5734-3355

Kenneth J.D. MacKenzie
Professor, MacDiarmid Institute for
Advanced Materials and Nanotechnology,
Victoria University of Wellington,
P.O. Box 600, Wellington, New Zealand
& Visiting COE Professor, Department of
Metallurgy and Ceramics Science,
Tokyo Institute of Technology,
O-okayama, Meguro, Tokyo 152-8552,
Japan
E-mail: Kenneth.MacKenzie@vuw.ac.nz
Tel: +64-4-463-5885
Fax: +64-4-463-5237

Yoshinao Mishima
Professor, Department of Materials
Science and Engineering
Interdisciplinary Graduate School of
Science and Engineering
Tokyo Institute of Technology,
Nagatsuta 4259, Mail Box G3-23,
Midori-ku, Yokohama 226-8502
E-mail: mishima@materia.titech.ac.jp
Tel: & Fax: +81-45-924-5612,

Yoshisato Kimura
Associate, Department of Materials
Science and Engineering
Interdisciplinary Graduate School of
Science and Engineering
Tokyo Institute of Technology,
Nagatsuta 4259, Mail Box G3-23,
Midori-ku, Yokohama 226-8502
E-mail: kimurays@materia.titech.ac.jp
Tel: & Fax: +81-45-924-5495

Sung Wng Kim
Research Fellow, Frontier Collaborative
Research Center,
Tokyo Institute of Technology,
Nagatsuta, 4259, Mail Box S2-13,
Midori-ku, Yokohama 226-8503,
Japan
E-mail: sw-kim@lucid.msl.titech.ac.jp
Tel: & Fax: +81-45-924-5127

Hideki Hosoda
Associate Professor,
Advanced Materials Division,
Precision and Intelligence
Laboratory, Tokyo Institute of
Technology,
Nagatsuta 4259, Mail Box R2-27,
Midori-ku, Yokohama 226-8503
E-mail: hosoda@pi.titech.ac.jp
Tel: & Fax: +81-45-924-5057

目 录

前言	x
东京工业大学材料研究	xi
参与者名录	xiv

第一部分 “革命性的”氧化物

1 利用自然和人工纳米结构促使透明氧化物功能化	3
Hideo Hosono, Masahiro Hirano	
1.1 导论	4
1.2 透明氧化物半导体	7
1.3 透明纳米孔晶体 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$	24
1.4 用相干飞秒脉冲实现周期性纳米结构编码	40
参考文献	57
2 晶格缺陷在氧化物中的作用	62
Mitsuru Itoh	
2.1 引言	62
2.2 磁性材料(氧化物中自旋交叉)	63
2.3 铁电材料	72
2.4 在氧化物中锂离子传导性	79
2.5 结论性评述	91
2.6 新功能氧化物材料设计路线	93
参考文献	95
3 铁电和高介电薄膜的尺寸效应	99
Hiroshi Funakubo	
3.1 引言	99
3.2 在 PZT 薄膜中铁电性的尺寸效应	101
3.3 铋层结构电介质的无尺寸效应特征	107
3.4 总结及展望	131
参考文献	131

第二部分 新型聚合物

4 利用液晶纳米结构的光子器件	137
Hideo Takezoe	
4.1 光子效应	137
4.2 CLC _s 体系激光发射	148
4.3 光学二极管	160
4.4 结论性评述及未来应用问题	167
参考文献	168
5 嵌段共聚物薄膜中纳米柱状阵列结构	171
Kaori Kamata ,Tomokazu	
5.1 引言	171
5.2 嵌段共聚物合成	172
5.3 嵌段共聚物微畴自组织和相行为	173
5.4 在嵌段共聚物中相分离纳米结构	191
5.5 薄膜中相分离纳米结构对实际应用的影响:嵌段共聚物薄膜中的柱状结构	194
5.6 纳米柱状结构化嵌段共聚物模板	210
5.7 总结及未来方向	215
参考文献	216
6 有机金属中的纳米尺寸电荷非均匀性	224
Takehiko Mori	
6.1 引言	224
6.2 θ 相的普适相图	226
6.3 电荷有序	231
6.4 分子内库仑排斥的理论背景和估算	240
6.5 讨论	255
6.6 总结	257
参考文献	258

第三部分 由纳米结构设计实现新功能

7 由量子限局域实现纳米结构尺寸控制	265
Hirayuki Hirayama	
7.1 介绍性评论	265
7.2 表面纳米结构中的量子阱态	267
7.3 通过量子限域实现纳米结构尺寸控制	278

7.4 现实及未来应用	291
7.5 总结	295
参考文献	295
8 陶瓷超塑性的晶界动力学	297
Fumihiko Wakai, Arturo Dominguez-Rodriguez	
8.1 引言	297
8.2 晶粒运动和拓扑演化	298
8.3 陶瓷超塑性的物理特征	304
8.4 晶粒生长的晶粒细化和抑制	305
8.5 扩散增强	306
8.6 超塑性形成	309
8.7 展望	310
参考文献	310
9 纳米结构控制实现高强度和高延展性铝合金	315
Tatsuo Sato	
9.1 引言	315
9.2 高强度和高延展性铝合金的历史	316
9.3 GP 区域的发现	319
9.4 相分解早期阶段的团簇	320
9.5 由纳米结构实现延展性和 PFZ 控制	342
9.6 总结	344
参考文献	344

第四部分 纳米结构材料在工程上的应用

10 从矿石和有机模板得到纳米孔材料	349
Kiyoshi Okada, Kenneth J. D. Mackenzie	
10.1 历史背景及发展	349
10.2 综述矿物模板制备纳米孔材料的孔性质	357
10.3 与不同性质相关的现实和未来应用	373
10.4 总结	378
参考文献	379
11 金属间化合物半导体纳米结构控制增强其热电优值实现高温应用	383
Yoshinao Mishima, Yoshisato Kimura, Sung Wng Kim	
11.1 背景及原理	384