



科爱传播
KE AI COMMUNICATIONS

· 导读版 ·

COMPREHENSIVE
NANOSCIENCE AND TECHNOLOGY

纳米科学与技术大全

2

生物纳米科学
Biological Nanoscience

David L. Andrews
Gregory D. Scholes
Gary P. Wiederrecht



ELSEVIER
原版引进



科学出版社

Comprehensive Nanoscience and Technology

纳米科学与技术大全 2

Biological Nanoscience

生物纳米科学

Editors-in-Chief

David L. Andrews

School of Chemical Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK

Gregory D. Scholes

Department of Chemistry, University of Toronto, Toronto, ON, Canada

Gary P. Wiederrecht

Center for Nanoscale Materials, Argonne National Laboratory, Argonne, IL, USA

科 学 出 版 社

北 京

图字：01-2012-4159

This is an annotated version of

Comprehensive Nanoscience and Technology, Volume 2, Biological Nanoscience

By David L. Andrews, Gregory D. Scholes, Gary P. Wiederrecht.

ISBN: 9780123743909

Copyright © 2011 Elsevier B. V. All rights reserved.

Authorized English language reprint edition published by the Proprietor.

Printed in China by Science Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macaw SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授权科学出版社在中国大陆地区（不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区）出版与发行。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

图书在版编目(CIP)数据

生物纳米科学 = Biological Nanoscience: 导读版: 英文 / (英) 安德鲁斯 (Andrews, D.) 等编著. —北京: 科学出版社, 2012

(纳米科学与技术大全: 2)

ISBN 978-7-03-034657-5

I. ①生… II. ①安… III. ①生物材料—纳米材料—英文
IV. ①R318.08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 118647 号

责任编辑: 孙红梅 田慎鹏 / 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>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 7 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 7 月第一次印刷 印张: 25

字数: 593 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《纳米科学与技术大全》导读版编委会

吴晓春	研究员	国家纳米科学中心
陈春英	研究员	国家纳米科学中心
郭延军	高级工程师	国家纳米科学中心
何 军	研究员	国家纳米科学中心
唐智勇	研究员	国家纳米科学中心

第二卷编者名单

David L. Andrews

School of Chemical Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK

Zeev Valentine Vardeny

University of Utah, Salt Lake City, UT, USA

Duncan H. Gregory

University of Glasgow, Glasgow, UK

Thomas Nann

University of East Anglia, Norwich, UK

导 读

纳米科学与技术的飞速发展在诸多领域尤其是生物医学领域产生了深远影响。借助纳米材料的独特性能以及纳米技术所带来的生物医学领域技术上的进步与革新,人类能够更好地理解生命活动的奥秘,更加科学地保护自身健康,同时个性化医疗也逐渐成为可能。纳米科学与技术究竟在生物医学领域发挥了哪些极其重要的作用,在应用于这些领域的过程中目前还存在哪些挑战,人类如何从生物学角度更加准确地理解纳米科学与技术以及如何更好地利用这一新兴科学与技术呢? Elsevier 出版集团出版发行的《纳米科学与技术大全》之卷二《生物纳米科学》从多方面很好地阐释了这些问题。

本卷共 12 章。第一章作者首先介绍了传统光动力学治疗的研究进展,分析了目前光动力学治疗面临的挑战,之后讨论说明了不同种类纳米材料在光动力学治疗中的潜在优势,同时提出了其在应用于临床前一些亟待解决的问题;结合第一章的内容,第二章深入讨论了捕光复合物中的能量转移问题;第三章介绍了纳米颗粒应用于细胞或组织标记的背景知识和如何实现纳米颗粒靶向特定组织的基本策略,综述了纳米颗粒独特性质的主要决定因素,阐释了这些独特性质如何应用于检测和光学成像领域,综述了体外细胞水平和在体组织水平标记的最新研究进展,突出强调了未来极具发展潜力的一些研究方向,同时讨论了相关的体外和体内毒性研究进展;第四章主要介绍了 DNA 偶联纳米材料的合成及其在不同生物分析方法中的应用;第五章作者首先介绍了福斯特共振能量转移技术在研究生物系统结构和动力学方面广阔的应用前景,之后讨论了福斯特共振能量转移在整体水平应用于化学和生物学的几个重要范例,最后深入讨论了在单分子水平该技术的应用前景以及其他相关的可结合使用的技术手段;第六章介绍了蛋白质纳米颗粒的表面功能化修饰和自组装、新型蛋白质纳米颗粒的获得及其相关应用;第七章介绍了组织工程的基本原理,举例阐述了组织工程在体外水平和临床中的一些成功应用案例,并深入讨论了组织工程尤其是心脏组织工程应用于临床前亟待解决的问题;第八章首先介绍了人工脂双层膜的传统制备方法以及该方法存在的问题,之后深入讨论了水凝胶在生物仿生膜中的优势及应用潜力,最后提出了未来该领域亟待解决的问题;第九章作者以弹性蛋白为例生动阐释了如何从纳米力学角度去理解蛋白质的力学特性与其生物学功能之间的联系;第十章首先讨论了扫描近场光学显微镜的方法学,之后以在生物样品中的应用为例深入讨论了无孔式近场扫描光学显微镜如何提高散射信号,同时介绍了无孔式近场显微镜中针尖-样品系统的极化;第十一章首先介绍了如何从纳米材料角度去理解蛋白质和细胞及其生命活动尤其是生物信号转导,之后深入浅出地介绍了信号事件中蛋白质间相互作用和构象动力学的单分子水平研究以及荧光共振能量转移和荧光相关光谱方法在体内信号研究中的应用,最后从原核细胞水平深入讨论了在生物信号中发挥重要作用的亚细胞纳米级蛋白质团簇,为人们更好地理解分子水平上的生命活动以及原核细胞与真核细胞间的联系提供了重要信息;第十二章分两部分内容,第一部分主要介绍光合作用中的捕光体系和能量转换体系,第二部分主要介绍纳米材料在太阳能电池中的应用潜力。

本卷的主要特点在于每章作者都深入浅出地分析讨论了各自领域的研究进展和目前存

在的亟待解决的问题，各章之间内容紧密联系，使读者能对相关领域有一个系统深入的认识。同时，深入讨论一些生物学现象如光合作用中的能量转移等，使读者能更加准确地去理解和把握纳米科学与技术应用于生物学领域的原理和意义所在。而从纳米尺度角度对蛋白质的解读则让读者能更好地理解一些生命活动。本卷这种写作风格使得读者能更好地去认识生物纳米科学，既适合新入门人员和其他领域科研人员更快地了解纳米科学与技术这一新兴领域，又可为专业研究人员提供新的思路，是一本不可多得的、权威且具科普性、可读性极强的参考书。

陈春英
国家纳米科学中心

主 编 简 介

David Andrews 是东英吉利亚大学化学物理教授，他领导的理论小组在基础光子学、荧光、能量输运、非线性光学和光机械力方面进行了广泛的研究。他发表了 250 篇研究论文和 10 本以他的名字出版的其他书籍，他经常应邀在国际会议上做报告。在北美和欧洲，他先后组织并主持了许多有关纳米科学和技术的国际会议。Andrews 教授是英国皇家化学学会（RSC）、物理研究所以及光学和光子学国际工程学会（SPIE）的成员。在业余时间，他很享受与家人朋友一起相处，他也是一个热衷于英国风景的画家。他的其他兴趣主要有音乐、绘画艺术和写作。

Greg Scholes 是多伦多大学化学系教授。他目前的研究集中在利用合成、理论和超快激光光谱学阐明决定纳米体系电子结构、光学性质和光物理性质的内在机制。基于他的突出贡献，2009 年入选加拿大皇家学会科学院，2007 年荣获加拿大皇家学会化学卢瑟福（Rutherford）奖章，2007 年获得国家自然科学基金（NSERC）Steacie 基金，2006 年获得加拿大化学学会 Keith Laidler 基金以及 Alfred P. Sloan 基金（2005～2006 年）。Scholes 博士现任物理化学杂志的资深主编和纳米光子学杂志副主编。他喜欢篮球、远足、摄影，喜欢和家人朋友相处。

Gary Wiederrecht 是阿贡国家实验室纳米材料中心的纳米光子学小组组长。他的研究兴趣集中在纳米粒子及其周期性组装体的光化学和光物理、杂化纳米结构、光化学能量转换以及光致电荷分离引起的非线性光学响应。在实验技术上，他擅长超快光谱和扫描探针显微技术，包括近场光学显微技术。他获得了能源部青年科学家 R&D100 奖和青年科学家和工程师总统奖。他撰写或合作撰写了约 80 篇同行评审的研究论文，并与世界多国的科学家都有合作研究。他喜欢旅游、自然，喜欢与家人相处。

（吴晓春 译）

序 言

在过去的 20 多年中，纳米技术已经发展为一个庞大而活跃的研究领域。自然界在利用纳米技术方面却由来已久。所有的生命体中存在众多生存必需的纳米级机器和其他组装体，涉及从介导合适组织生长和排布的微妙结构到可转换、贮存和利用化学能的精巧机器。通过理解蕴藏在这些生物体系中的设计原理，科学家们希望能更好地了解我们的自然界包括人类的健康与疾病，同时也借此促进现代纳米技术的发展。

本卷包含纳米科学的诸多领域，这对于生物学角度的理解和应用起着至关重要的作用。其中几个章节强调了一些用于检测生物体系中纳米级系统的技术方法，包括近场扫描光学显微镜的应用 (Stebounova et al.)，福斯特共振能量转移 (Lemke and Deniz) 和蛋白质纳米力学 (Li)。关于蛋白质纳米颗粒结构 (Rong et al.) 和生物仿生膜 (Jeon et al.) 的章节将为科学家探索如何更好地理解和模仿天然纳米结构提供了一些思路。Van Grondelle 和 Novoderezhkin 详细阐述了光合成、捕获光方面的研究，Nemec 等则介绍了人工光合成系统。纳米技术在人类健康方面的应用则通过纳米颗粒在成像 (Ip et al.)、光动力学治疗 (Burda) 和组织工程方面 (Chiu et al.) 的应用以及 DNA 诊断方法 (Chen et al.) 而得以实现。Hoff 关于信号事件的深入理解则有助于解决目前世界上一些极为紧迫的健康问题。

每章简练的引言将引导新入门读者了解这一研究领域，同时也深入讨论目前的最新研究进展，从而为专业人员提供宝贵信息。本卷涵盖主题广，难免有疏漏之处。除了为不同领域读者提供重要信息、给读者提供启发与灵感之外，本卷希望能激发读者去更好地理解生物纳米科学或者将生物纳米科学与自身研究领域有机结合起来。

Brent P. Krueger and Gilbert C. Walker

(陈春英 译)

前 言

纳米技术及其基础学科正以前所未有的速度蓬勃发展。伴随着纳米尺度生产和操纵技术的不断进步，这一备受关注的研究领域变得更加充满活力，衍生出众多新的科学研究方向，同时在一些新兴领域投入了商业应用，市场年产值已达数万亿美元。生产和操控纳米尺度物质的方法则为我们提供了前所未有的机遇去探索众多奇特的现象例如量子效应、纳米光子效应和纳米电子机械效应。同时，由于纳米尺度物质将众多介绍分子的理论与其块体物质有机联系起来，研究人员正从新的角度阐释着物质的电学和光学特性。表面现象的意义也变得更加重大；从纳米维度讲，众所周知的化学反应活性与比表面积间的联系已成为决定物理特性的主要因素。

基于上述情况，同时为了提供动态、权威、易得的信息来源，从全局把握该研究领域，这本纳米科学与技术大全应运而生。本书由国际著名的专家团队撰写而成，共五卷，覆盖了诸多学科包括材料科学、化学、物理学和生命科学。鉴于读者众多且来自不同的学科领域，本着学术性强、可读性强和严谨的态度，每章主要涉及一些重要发展领域，从而为不同学科领域的科学研究人员和技术人员提供一个切入点来了解这些研究领域。本书重点从合成、结构及其应用来阐述不同类型的纳米材料，并援引大量优秀文章对纳米材料及其相关技术进行了综述。

我们惊喜地发现，在与日俱增的从事纳米科学与技术的人员中有如此众多的著名学者不遗余力地为本书的问世贡献自己的力量。在与我们就本书的主题框架达成共识的基础上，精心编撰各个章节的作者们同时也紧紧抓住了各自领域中令人兴奋的研究亮点。本书的成功出版与这些严格按期完成编撰的作者们以及我们各卷不辞劳苦、一丝不苟的编辑们是分不开的。最后，诚挚地感谢众多参与本书的 Elsevier 出版集团的工作人员提供技术和专业方面的指导，尤其感谢 Fiona Geraghty、Megan Palmer、Laura Jackson 和 Greg Harris，Donna De Weerd-Wilson 更是提供了全程指导。我们尽情享受着与他们一起工作的快乐时光。

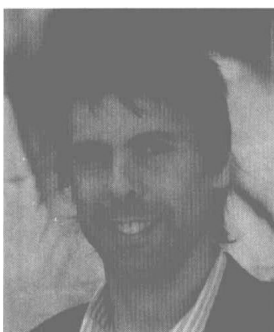
David L. Andrews
Gregory D. Scholes
Gary P. Wiederrecht

(陈春英 译)

Editors-in-Chief Biographies



David Andrews is Professor of Chemical Physics at the University of East Anglia, where he leads a theory group conducting wide-ranging research on fundamental photonics, fluorescence and energy transport, nonlinear optics and optomechanical forces. He has 250 research papers and ten other books to his name, and he is a regularly invited speaker at international meetings. In North America and Europe he has organized and chaired numerous international conferences on nanoscience and technology. Professor Andrews is a Fellow of the Royal Society of Chemistry, the Institute of Physics, and the SPIE – the international society for optics and photonics. In his spare time he enjoys relaxing with family and friends; he also is a keen painter of the British landscape. His other interests generally centre on music, art and graphics, and writing.



Greg Scholes is a Professor at the University of Toronto in the Department of Chemistry. His present research focuses on elucidating the principles deciding electronic structure, optical properties, and photophysics of nanoscale systems by combining synthesis, theory, and ultrafast laser spectroscopy. Recent awards honoring his research achievements include election to the Academy of Sciences, Royal Society of Canada in 2009, the 2007 Royal Society of Canada Rutherford Medal in Chemistry, a 2007 NSERC Steacie Fellowship, the 2006

Canadian Society of Chemistry Keith Laidler Award, and an Alfred P. Sloan Fellowship (2005–2006). Dr. Scholes serves as a Senior Editor for the *Journal of Physical Chemistry* and Associate Editor for the *Journal of Nanophotonics*. He enjoys basketball, hiking, photography, family and friends.



Gary Wiederrecht is the Group Leader of the Nanophotonics Group in the Center for Nanoscale Materials at Argonne National Laboratory. His research interests center on the photochemistry and photophysics of nanoparticles and periodic assemblies, hybrid nanostructures, photochemical energy conversion, and non-linear optical responses resulting from photoinduced charge separation. His experimental expertise is in the areas of ultrafast optical spectroscopy and scanning probe microscopy, including near-field scanning optical microscopy. He has received an R&D100 award, the Department of Energy Young Scientist Award, and the Presidential Early Career Award for Scientists and Engineers. He has authored or co-authored approximately 80 peer-reviewed research articles, and works collaboratively with scientists around the world. He enjoys traveling, nature, and spending time with his family.

VOLUME EDITORS

Alexandre Bouhelier

Institut Carnot de Bourgogne, Université de Bourgogne,
Dijon, France

Frank Caruso

The University of Melbourne, Parkville, VIC, Australia

Duncan H. Gregory

University of Glasgow, Glasgow, UK

Brent P. Kreuger

Hope College, Holland, MI, USA

Thomas Nann

University of East Anglia, Norwich, UK

Teri W. Odom

Northwestern University, Evanston, IL, USA

John C. Polanyi

University of Toronto, Toronto, ON, Canada

John A. Rogers

University of Illinois, Urbana, IL, USA

Takao Someya

The University of Tokyo, Tokyo, Japan

Yugang Sun

Center for Nanoscale Materials, Argonne National Laboratory,
Argonne, IL, USA

Rienk Van Grondelle

VU University, Amsterdam, The Netherlands

Zeev Valentine Vardeny

University of Utah, Salt Lake City, UT, USA

Gilbert C. Walker

University of Toronto, Toronto, ON, Canada

List of Contributors to Volume 2

C. Burda

Case Western Reserve University, Cleveland, OH, USA

Y. Chen

University of Florida, Gainesville, FL, USA

Y. Cheng

Case Western Reserve University, Cleveland, OH, USA

L. L. Y. Chiu

University of Toronto, Toronto, ON, Canada

Z. Chu

University of Toronto, Toronto, ON, Canada

A. A. Deniz

The Scripps Research Institute, La Jolla, CA, USA

Z. Fakhraai

University of Wisconsin, Madison, WI, USA

E. Galoppini

Rutgers University, Newark, NJ, USA

W. D. Hoff

Oklahoma State University, Stillwater, OK, USA

H. Imahori

Kyoto University, Kyoto, Japan

S. Ip

University of Toronto, Toronto, ON, Canada

T.-J. Jeon

Inha University, Incheon, South Korea

L. A. Lee

University of South Carolina, Columbia, SC, USA

E. A. Lemke

European Molecular Biology Laboratory, Heidelberg, Germany

H. Li

The University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada

C. M. MacLaughlin

University of Toronto, Toronto, ON, Canada

H. Němec

Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Czech Republic

C. T. Nguyen

University of Toronto, Toronto, ON, Canada

Z. Niu

University of South Carolina, Columbia, SC, USA

V. I. Novoderezhkin

Moscow State University, Moscow, Russia

M. Paulite

University of Toronto, Toronto, ON, Canada

L. Peng

University of Florida, Gainesville, FL, USA

J. L. Poulos

University of California, Los Angeles, CA, USA

M. Radisic

University of Toronto, Toronto, ON, Canada

J. Rong

Finan University, Guangzhou, People's Republic of China

J. J. Schmidt

University of California, Los Angeles, CA, USA

L. Stebounova

University of Iowa, Iowa City, IA, USA

V. Sundstrom

Lund University, Lund, Sweden

W. Tan

University of Florida, Gainesville, FL, USA

G. C. Walker

University of Toronto, Toronto, ON, Canada

L. Wang

Eli Lilly and Company, Indianapolis, IN, USA

Q. Wang

University of South Carolina, Columbia, SC, USA

R. van Grondelle

Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands

Contents of All Volumes

Volume 1

Nanomaterials

- 1.01 Electronic Structure of Organic Materials Investigated by Quantum Chemical Calculations
- 1.02 Carbon Nanotubes: Electronic Structure and Spectroscopy
- 1.03 Laser Action in Organic Semiconductors
- 1.04 An Overview of Organic Light-Emitting Diodes and their Applications
- 1.05 Organic Spintronics
- 1.06 Structured Organic Non-Linear Optics
- 1.07 Quantum Dots: Theory
- 1.08 Quantum Dots: Synthesis and Characterization
- 1.09 Core-Shell Nanocrystals
- 1.10 Inorganic Nanowires
- 1.11 Inorganic Nanotubes beyond Cylindrical Matter
- 1.12 ZnO Nanorods and their Heterostructures for Electrical and Optical Nanodevice Applications
- 1.13 Noble Metal Nanoparticles: Synthesis and Optical Properties
- 1.14 Magnetic Nanoparticles
- 1.15 Colloidal and Self-Assembled Quantum Dots for Optical Gain
- 1.16 Optical Properties of Nanostructured Silicon
- 1.17 Solar Cells and Photocatalysts
- 1.18 Rare-Earth Doped Upconversion Nanophosphors

Volume 2

Biological Nanoscience

- 2.01 Nanoparticles for Photodynamic Therapy
- 2.02 Energy Transfer in Photosynthetic Light-Harvesting Complexes: From Spectroscopy to Quantitative Models
- 2.03 Photonic Nanoparticles for Cellular and Tissue Labeling
- 2.04 DNA-Conjugated Nanomaterials for Bioanalysis
- 2.05 Förster Resonance Energy Transfer
- 2.06 Chemistry and Materials Development of Protein-Based Nanoparticles
- 2.07 Tissue Engineering
- 2.08 Engineering Biomimetic Membranes with Hydrogels
- 2.09 Protein Nanomechanics
- 2.10 Biological Imaging Using Near-Field Scanning Optical Microscopy
- 2.11 Single-Molecule and Nanoscale Approaches to Biological Signaling
- 2.12 Solar Energy Conversion – Natural to Artificial

Volume 3

Nanostructured Surfaces

- 3.01 Catalysis by Supported Gold Nanoparticles
- 3.02 Directed Assembly of Nanostructures
- 3.03 Bio-Mediated Assembly of Ordered Nanoparticle Superstructures
- 3.04 Chiral Molecules on Surfaces
- 3.05 Optics of Metallic Nanostructures
- 3.06 Surface Nanophotonics Theory
- 3.07 Constructing and Enhancing the Superior LED: Photonic Crystal and Photonic Band-Gap Structures for Light Extraction and Emission Control
- 3.08 Liquid-Crystalline Nanostructured Optical Metamaterials
- 3.09 Nanostructures and Surface-Enhanced Raman Spectroscopy
- 3.10 Nanostructured Superconductors with Efficient Vortex Pinning
- 3.11 Second Harmonic Generation in Nanostructures
- 3.12 Tribology of Nanostructured Surfaces
- 3.13 Nanotribology and Nanoscale Materials Coatings for Lubricants
- 3.14 Functionalization and Solubilization of Carbon and Inorganic Nanostructures

Volume 4

Nanofabrication and Devices

- 4.01 Scanning Probe-Based Lithography for Production of Biological and Organic Nanostructures on Surfaces
- 4.02 Electron Beam Lithography of Nanostructures
- 4.03 Sub-Micrometer Patterning Using Soft Lithography
- 4.04 Status of UV Imprint Lithography for Nanoscale Manufacturing
- 4.05 Picoliter Printing
- 4.06 Molecular Printboards: From Supramolecular Chemistry to Nanofabrication
- 4.07 Colloidal Semiconductor Nanocrystal-Enabled Organic/Inorganic Hybrid Light Emitting Devices
- 4.08 The Use of Aluminum Nanostructures in Plasmon-Controlled Fluorescence Applications in the Ultraviolet Toward the Label-Free Detection of Biomolecules
- 4.09 Quantum Dot Solar Cells
- 4.10 Femtosecond-Laser-Induced Periodic Self-Organized Nanostructures
- 4.11 Nanofluidics
- 4.12 Molecular Machines and Motors
- 4.13 Superhydrophobicity at Micron and Submicron Scale
- 4.14 Organic Electronic Devices with Water-Dispersible Conducting Polymers
- 4.15 III-V and Group-IV-Based Ferromagnetic Semiconductors for Spintronics
- 4.16 Electronic Properties of Alkanethiol Molecular Junctions: Conduction Mechanisms, Metal-Molecule Contacts, and Inelastic Transport
- 4.17 Nanoscale Transistors
- 4.18 Spin-Based Data Storage
- 4.19 Optical Holographic Data Storage

Volume 5

Self-Assembly and Nanochemistry

- 5.01 Porous Metal-Organic Frameworks
- 5.02 Ligands for Nanoparticles
- 5.03 Assembly of Nanoparticles
- 5.04 Periodic Mesoporous Materials: Holes Filled with Opportunities