



· 导读版 ·

COMPREHENSIVE
NANOSCIENCE AND TECHNOLOGY

纳米科学与技术大全

4

纳米加工和器件
Nanofabrication and Devices

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



原版引进



科学出版社

Comprehensive Nanoscience and Technology

纳米科学与技术大全 4

Nanofabrication and Devices

纳米加工和器件

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：01-2012-4157

This is an annotated version of

Comprehensive Nanoscience and Technology, Volume 4, Nanofabrication and Devices

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

纳米加工和器件 = Nanofabrication and Devices: 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: 4)

ISBN 978-7-03-034659-9

I. ①纳… II. ①安… III. ①纳米材料—加工—英文②纳米材料—加工—设备—英文 IV. ①TB383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 118689 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: 42

字数: 996 000

定价: 198.00 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

第四卷编者名单

Gary P. Wiederrecht

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

John A. Rogers

University of Illinois, Urbana, IL, USA

Yugang Sun

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

Takao Someya

The University of Tokyo, Tokyo, Japan

导 读

1947年12月16日, William Shockley, John Bardeen 和 Walter Brattain 成功地在贝尔实验室制造出第一个晶体管。1954年10月18日, 第一台晶体管收音机投入市场, 仅包含4个锗晶体管。而到2010年11月, NVIDIA 发布全新的 GF110 核心, 含30亿个晶体管, 采用先进的40纳米工艺制造。每一代新型的晶体管都比上一代更小、更快、更高效, 从而对我们的日常生活的各个方面产生重大影响, 如计算机、手机等性能的极大提高, 互联网与物联网的出现和快速发展等。这一切的进步与变化无不与近几十年来微纳加工技术的发展息息相关。

此外, 微纳加工技术的发展使其在超大规模集成电路之外的领域, 如微纳光电子器件、微纳机电系统、新能源器件、生物传感器及生物芯片等领域也发挥着越来越重要的作用。

近几年加工技术的提高推动了传统器件性能的大幅提高和一些新器件的产生。本书邀请世界上微纳加工技术和微纳器件领域内的著名学者, 对目前先进的微纳加工技术及其在机械、电子、光学、生物医学等领域的应用进行全面的介绍。

本卷共19章。内容主要是新型微纳加工技术和基于微纳加工技术的新器件。具体而言, 第一章从介绍扫描探针刻蚀技术开始, 分别详细介绍了机械力诱导和电场电流诱导的两种扫描探针刻蚀技术以及这两种技术在生物和有机材料表面纳米结构加工中的应用。作者强调, 尽管目前这种扫描探针刻蚀技术在产率上有一定局限性, 但其独特的性能, 如原子和分子级的分辨率等, 使其成为目前纳电子器件和生物器件加工的重要工具之一。另外随着扫描探针刻蚀技术产率的提高, 工业界如 IBM 也在逐步把这种技术应用于规模生产。

第二章在介绍电子束光刻基本原理的基础上, 详述了电子束光刻技术的历史, 讨论了电子束光刻技术今后的发展趋势。本章第二部分详细讨论了电子束光刻技术在当今一些热点研究领域方面的应用, 包括自旋电子学、分子电子学、光电子器件、X线光学、高频电子器件等。

第三章专门讨论近期亚微米软刻蚀技术在微纳加工中的应用。首先介绍了应用于软刻蚀技术中的橡胶弹性聚合物。然后分别介绍了基于模具、打印以及边缘效应的软刻蚀技术及其在器件加工中的应用。基于这些方法的软刻蚀技术在亚微米加工中有许多优势, 如快速, 不必诉诸其他昂贵而精细的设备等。此外, 软刻蚀技术适用于多元化的材料, 包括有机、无机、生物材料等。

第四章介绍紫外纳米压印技术。半导体微纳加工在过去几十年里一直采用光学光刻技术实现图形转移。然而, 由于光学光刻技术固有的限制, 已难以满足半导体产业的快速发展。在下一代图形转移技术中, 电子束直写、X线曝光和纳米压印技术占有重要地位。其中纳米压印技术具有产量高、成本低和工艺简单的优点, 是纳米尺寸电子器件的重要制作技术。本章从纳米压印技术开始, 介绍了当今的紫外纳米压印技术掩模板、材料以及压印的工具, 讨论了紫外纳米压印技术在一些领域中的应用。最后作者从对准和套刻精度、刻蚀掩模寿命、产率等几个方面进一步介绍了紫外纳米压印技术。

第五章回顾了目前用于功能材料的喷墨打印技术，介绍了该技术在有机电子学领域的应用及其在有机薄膜晶体管加工方面的作用。在此基础上，重点介绍了应用于该技术的工具和功能材料。近日，喷墨打印技术被证明适用于更多的功能材料和一些新功能研制成功，特别是在电子学领域，这进一步促进了专业喷墨打印技术的发展。

第六章主要讨论分子印刷板的概念及其应用。这种技术是在一种主体分子修饰的特制表面上，通过超分子相互作用固定客体分子。本章详细介绍了“多重相互作用”理论。从“多重相互作用”出发，可以定量理解分子印刷板与客体分子间相互作用的过程。作者认为对分子印刷板的深入研究，可以加深人们对超分子化学、表面化学、化学生物学等领域的认识，从而拓展其在分子表面定位、纳米加工技术等方面的应用。

第七章从介绍胶体量子点开始，讨论了基本的量子尺寸效应。本章详细描述了这种纳米颗粒的合成。从这种半导体纳米颗粒的结构与性能之间关系的角度出发，对其光学、电学性质进行了全面的研究。最后讨论了这种胶体量子点及其在有机材料修饰的发光二极管上的应用。优越的光电特性以及易于加工等特点使得胶体半导体纳米颗粒成为为下一代光电器件应用的材料之一。此方面的研究在过去十年已取得很大的进展，如外量子效率的提高，宽泛的光谱范围，以及较好的器件寿命等。

第八章所探讨的荧光检测是生物学研究和医疗实践的一项核心技术。作者讨论了不同类型的金属-荧光团的相互作用，并详细介绍了时域有限差分(FDTD)方法。FDTD计算表明铝纳米颗粒在紫外区有较好的金属增强荧光效应。作者还介绍了铝纳米颗粒薄膜的制备，并从实验上验证了铝纳米离子能诱导紫外荧光团荧光效率的提高，这种技术同时也能降低背景强度。

第九章从太阳能电池的发展讲起，论述了硅pn节的第一代太阳能电池及其基本工作原理。在单节太阳能电池的基础上，介绍了多结太阳能电池及其优缺点。着重探讨了下一代太阳能电池——量子点敏化太阳能电池。并从电池功率、填充因子、效率及稳定性等方面对其进行了详细讨论。

第十章介绍飞秒激光诱导的周期自组装纳米结构。飞秒激光脉冲具有极短的脉冲宽度和极高的峰值功率，与物质相互作用时呈现强烈的非线性效应。本章详细介绍了飞秒激光诱导的三种周期性纳米结构，周期性纳米裂纹、周期纳米条纹以及自组织纳米光栅结构，并从理论和潜在的应用等角度，对其进行了详细介绍。

第十一章，作者讲述了纳流控学和纳流控芯片应用于化学和生化分析的研究所取得的长足进展。本章从理论和模型上对最近几年的纳流控技术进行了回顾。分别对5~100纳米和亚5纳米纳通道进行了建模分析，并对其器件应用做了详细的讨论。有机和无机材料合成技术的发展以及微纳加工技术的提高，使得通道孔径控制在纳米尺度成为可能，也使各种纳流控设备和控制离子运输得到了极大的提高。但纳米孔的合成和纳米通道表面化学特性仍然难以控制。表面化学特性的精确控制是纳流控设备的发展面临的主要挑战之一。

第十二章探讨了分子机器与分子马达的新进展。本章从分子机器和分子马达的基本概念出发，介绍了自然界的分子机器，重点讲述了几种人工分子器件，如分子开关、分子马达、基于DNA的分子器件以及基于自然分子马达的混合分子器件等。作者最后对分子机器与分子马达的应用前景和挑战做了总结。

第十三章的内容是关于微米级亚微米尺度的超疏水特性。作者从自然界中荷花及其他生物的超疏水现象开始,从微米和亚微米尺度解释了超疏水现象的原理。作者重点介绍了几种超疏水表面及其制造工艺,包括材料的沉积生长、曝光显影以及刻蚀工艺,并从亚微米尺度解释其表面特性。最后讨论了超疏水现象在表面清洁、生物医学以及光学等方面的应用。

第十四章介绍了水分散性导电聚合物的有机电子器件。作者首先回顾了导电聚合物的历史,介绍了几种重要导电聚合物的合成方法以及这几种导电聚合物的光学、电化学和结构特性。本章第二部分详细讨论了导电聚合物的几种期间方面的应用,着重介绍了有机发光二极管(OLEDs)、有机薄膜晶体管(OTFTs)、有机太阳能电池等器件的结构和性能。

第十五章主要介绍应用于自旋电子学的 III-V 和 VI 族的半导体铁磁材料。基于半导体材料的磁性或自旋相关特性的新器件,不仅可以利用带电荷的电子和空穴,而且可以利用电荷的自旋实现新的器件性能。过去几十年人们一直致力于这种新材料和纳米结构的研究,包括异质结、量子阱、纳米颗粒等。分子束外延技术的出现,使得半导体磁性材料的生长得到了快速的发展。本章作者从结构、生长、自旋特性等方面详细介绍了 III-V 铁磁材料 GaMnAs 以及 VI 族的铁磁材料 GeFe 和 GeMn 研究的新进展。

第十六章从导电机理、金属与分子接触以及非弹性输运几个方面介绍了硫醇分子结的电子性质。作者首先在理论的基础上,提出了隧穿的导电模型,研究了这种体系的隧穿机制,指出金属与硫醇分子接触在这种分子节电荷传输方面起着至关重要的作用。作者最后指出,分子电子学目前在器件概念上有许多吸引人的方面,但是如何实现这些新想法和新概念还有许多工作要做。

第十七章对现代纳米尺度的场效应晶体管的结构演化进行了详尽的描述。作者从纳米尺度晶体管的平面结构开始,介绍了垂直沟道,如双栅、三栅和环栅极晶体管。重点讨论了纳米尺度下,由于本征参数的波动所引起的场效应晶体管器件以及集成电路的电学特性。最后,作者在器件和集成电路的层面上介绍了抑制这种本征参数波动的方法,并从实验和理论上进行了详细的讨论。

第十八章讨论基于自旋的数据存储的最新进展。基于自旋的存储设备具有低成本、低功耗、高速度和高密度的特性,因此是目前技术数据存储的解决方案之一。作者从磁性纳米材料的自旋相关输运特性开始,系统介绍了几种磁性随机存储器(MRAM),对磁性记录 and 三维磁存储器等器件也做了详细的讨论。本章的最后对当今新型磁性存储器的器件加工工艺进行了论述。

第十九章讨论全息数据存储如何通过三维读写数据的方式,打破了传统存储技术在存储密度上的限制。全息数据存储是目前存储密度最高的可移动存储技术,最高的存储密度为每平方英寸 663 Gbits,理论密度可达每平方英寸 40 Tbits。作者从全息数据存储的基础理论出发,详细介绍了目前的几种全息数据存储技术,以及全息数据存储设备的关键组件,并对该技术的现状和发展做了综述和展望。

编者在设计本书时,充分考虑了对微纳加工技术和微纳器最前沿进展的介绍。参与本卷撰写的作者都是引领本领域的非常活跃和有成就的研究人员。每章的作者都对本领域各时期文献进行了系统综述和列举,并在每一章后面做了小结和展望。这样的处理使得全书

比较通俗易懂，对掌握最前沿的研究热点很有帮助。这是一本特别适合那些想了解或进入微纳加工和微纳器件领域的研究生和博士后的书。但同时，由于该书涉及了各个研究领域，列举了大量文献，即便是对于微纳加工和微纳器件的专业研究人员和科学家而言，也会是一本很好的参考书。

何 军

中国科学院国家纳米科学中心

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

纳米加工是解决重要技术挑战的一种前沿的方法。这主要是因为以下几个原因。一方面，对某种材料纳米结构化只是改进了器件的一些关键技术参数，比如纳米晶体管更快的运算速度。然而另一方面，在纳米尺度下一系列新颖的物理现象有可能带来全新的器件。实际上，纳米加工技术的进步已经产生了惊人的在大尺度结构中所没有的物理化学新发现和新现象。新现象的一个例子是半导体纳米材料中的电子态的限域效应产生的量子化的电子跃迁而不是块体材料中的经典的能带理论表现行为。与相应的块材半导体材料相比，在纳米材料中全新的光学和电子行为使它们在传感、照明、能量转换和医疗诊断及其他各个领域具有巨大的应用前景。所有与纳米结构这些新应用相关的特性中，最重要的也许就是材料的物理化学特性的可调控性。通过改变材料的尺寸、形状、组分及局域环境就能实现材料特性的较大改变，从而可以实现进一步调控和优化纳米材料的性能，获得比块体材料更好的应用。这种调控的原因是多种多样的，相关的因素比如纳米粒子比表面积的变化导致块材向限域电子态的转化，或者表面结构的改变。

为解决关键技术问题，纳米材料的重要性从未像现在这样重要。例如，因为硅晶体管正接近传输单个电子的尺寸，可以预见不久的将来需要全新的电子集成电路。此外，在这个尺度下由于高密度的晶体管产生的大量的热负荷，并且光刻技术要求越来越复杂和价值昂贵的制造工具，随之而来的工程问题也面临巨大的挑战。随着晶体管的尺寸缩小到 10 纳米，纳米加工的发展已使得各种完全不同的材料用来探索下一代晶体管。这些材料包括碳纳米管及石墨烯基晶体管，甚至是单分子晶体管。纳米加工也被证明对下一代能源转换和存储器件至关重要，例如提高纳米结构锂电池充电和电力传输性能。相对于块材纳米粒子所拥有的高的比表面积也被证明对新颖的、高效的催化材料是相当重要的。

纳米科学的所有宏伟目标的基础是利用可靠的方法制备纳米结构。纳米加工的挑战是多方面的，从应用领域，到材料种类，再到材料的几何形状都充满挑战。应用方面涵盖了纳米电子学、纳米光子学、纳米力学、纳米催化、纳米天线及纳米传感器等领域。材料具有几乎每一种可以想象的性质：金属到绝缘体、硬材料到软材料、惰性材料到活性材料，发光材料到淬光材料，晶体到玻璃态等等，不胜枚举。因此，难以估量的元素、化合物及合金等都摆到纳米加工面前。此外，还需要加工各种各样的几何形状：圆盘状、棒状、孔洞、金字塔；调控材料之间的相互作用是孤立的还是耦合的；还需要考虑结构长程有序、随机的还是周期性的，并且是否需要将有序性拓展到一维、二维还是三维。显然纳米加工是一项艰巨的任务。

根据不同的材料、应用及几何形状，纳米加工方式也随之不同。加工方式一般分为“自上而下”（top-down）和“自下而上”（bottom-up）两种。自上而下加工方式是指从宏观材料出发，如薄膜材料，在其中加工纳米结构。例如电子束曝光（EBL）或这聚焦离子束曝光（FIB），在这些方法中，无论是聚焦的电子束还是聚焦的离子束被用来从一个宏观的结构中雕刻出纳米结构。另外，自下而上的加工方式从更小的结构单元开始组装纳米结构。例如胶体粒子合成，通常从单个离子的化学反应出发，逐渐聚集，随着溶解度的降低

从溶液中沉析出来。这个过程经常被用来制备等离子体金属纳米粒子或者半导体量子点。自下而上的组装也指较大的高级结构的组装，例如，为了某种特殊的用途，纳米粒子自组装为更高级的结构。这些方法也可以用来构造三维周期性的光子带系结构或者用来研究在纳米尺度电荷传输的周期性电子结构。

与上述图案化的步骤同等重要的是沉积方法。在很多情况下，仅仅依靠自下而上和自上而下的方式来获得一个图案是不够的。在这些情况下，用于图案化的材料只是作为我们真正感兴趣的材料沉积的模板。常见的一个例子是光子晶体，自组装的胶体仅仅作作为高折射率材料沉积的一个模板。另一个例子是等离子纳米结构，金属材料沉积在 EBL 图案化的聚合物空隙。

这本书描述了最近在纳米加工和器件领域的前沿性工作，所述的这些工作涵盖了自下而上和自上而下的制备方法。对于自上而下的工艺，Tennant 和 Bleier (4.02 章) 详述了电子束曝光技术的最新发展状况。而 Her (4.10 章) 讲解了构建纳米结构的新颖的光学方法。Geissler (4.03 章) 和 Screenivasan (4.04 章) 详细介绍了可靠的、大面积应用的软光刻技术和纳米结构图案化。Sirringhaus 等 (4.05 章) 描述了像喷墨打印技术等纳米加工领域具有重大应用前景的加工方法。对与自下而上工艺，这本书描述了具有极佳的长程有序结构的纳米结构。包括直接组装 (Macleod and Rosei, 3.02 章, 第三卷) 生物介质组装 (Luo et al., 3.03 章, 第三卷) 及图案化分子键合方式 (Reinhoudt et al., 4.06 章)。这本书也描述了面向下一代纳米应用的重要的纳米加工方式，包括催化领域的光学活性结构制备 (Baddeley and Held, 3.04 章, 第三卷)、纳米分子马达器件 (Credi, 4.12 章; Lee et al., 4.16 章)、超疏水结构 (Krupenkin 等, 4.13 章)、有机电子器件 (Loo 等, 4.14 章)、能源转换 (Kamat et al., 4.09 章)、发光器件 (Kafafi et al., 4.07 章)、纳流控 (Daiguji et al., 4.11 章) 和光学数据存储 (Dhar et al., 4.19 章)。此外，纳米晶体管 (Li and Hwang, 4.17 章) 和自旋为基础的数据存储 (Ozatay et al., 4.18 章) 也有相应的描述。

随着纳米技术的兴起，可以肯定的是纳米器件和纳米加工将会在未来越来越显著地影响我们的生活。同样的，来自于生物、化学和物理等许多不同专业方向的科学家和工程师将会越来越多地关注纳米科技。因此，我们相信来自不同领域的读者将会在这本多学科交叉的书中发现他们感兴趣的研究方向，甚至能激发出他们更多的灵感来创造纳米器件和发展新的纳米加工工艺来制造这些器件。

Gary P. Wiederrecht

(何 军 译)

前 言

纳米技术及其支柱科学正以前所未有的速度快速发展。随着各种各样的纳米加工和操纵技术的发展，整个纳米科学正在成为一个充满活力的领域，产生了许多新的科学研究兴趣和一些新兴的商业应用，伴随着每年超过万亿美元的市场价值。在纳米尺度上进行制造和控制物质的方法为人们探索奇艺的现象如量子、纳米光子及纳米电机效应等新奇的物理现象提供了前所未有的机遇。此外，由于纳米材料架起了块体材料与分子材料之间的桥梁，关于物质的电学和光学性质，研究人员正在阐述一些新的观点。在纳米尺度，表面现象也获得了相当大的重视，甚至众所周知的化学活性和表面体积比之间的关系已经变成了决定物质物理性质的主要因素。

在此背景下，这卷全面的著作旨在提供一种动态、权威、易于获得的信息来源，涵盖纳米技术的方方面面。该著作由优秀的国际专家团队编辑而成，共五卷，覆盖了包括材料科学、化学、物理和生命科学等广泛的交叉学科。面向广泛的多学科读者，每一章以一种学术性强、可读性强、严谨的风格涵盖相关的纳米科学关键的发展状况，从而为各个学科的科技工作者提供一种不可或缺的入门级参考文献。这卷著作重点论述了主要的纳米材料的合成、结构及应用，结构合理、全面回顾了纳米材料和它们各自的相关技术。

我们惊喜地发现在数量上急剧攀升的纳米科技工作者当中，有那么多令人敬佩的作者愿意做出贡献，超出了我们的预期，他们在每一个精心编辑的章节中抓住了领域本身的前沿内容。下面必须把所有的荣誉及我们的感谢送给那些为了这本书的成功出版做出贡献的人们（大部分），包括艰苦工作、细致认真的编辑们。最后，我们对参与此项工作的大量的 Elsevier 员工，因为他们专业的技能和敬业的精神，表示诚挚的谢意，特别是，Fiona Geraghty, Megan Palmer, Laura Jackson, and Greg Harris, 尤其是 Donna De Weerd-Wilson, 他自始至终一直参与此项工作。我们非常高兴和他们一起工作，因为我们互相支持。

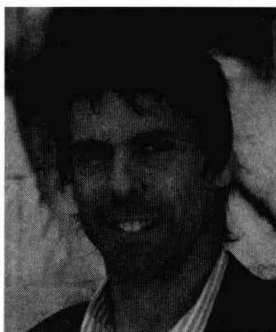
David L. Andrews
Gregory D. Scholes
Gary P. Wiederrecht

(何 军 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 4

A. R. Bleier

Cornell University, Ithaca, NY, USA

P. M. Braganca

Hitachi Global Storage Technologies, San Jose Research Center, San Jose, CA, USA

M. Caironi

University of Cambridge, Cambridge, UK

J. Choi

Molecular Imprints, Inc., Austin, TX, USA

K. R. Choudhury

University of Florida, Gainesville, FL, USA

M. H. Chowdhury

University of Maryland School of Medicine, Baltimore, MD, USA

A. Credi

Università di Bologna, Bologna, Italy

K. Curtis

InPhase Technologies, Longmont, CO, USA

H. Daiguji

The University of Tokyo, Kasbiwa, Japan

L. Dhar

InPhase Technologies, Longmont, CO, USA

J. C. Garno

Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA

M. Geissler

National Research Council of Canada, Boucherville, QC, Canada

E. Gili

University of Cambridge, Cambridge, UK

T. Hauet

Hitachi Global Storage Technologies, San Jose Research Center, San Jose, CA, USA

T.-H. Her

The University of North Carolina at Charlotte, Charlotte, NC, USA