



• 导读版 •

COMPREHENSIVE  
NANOSCIENCE AND TECHNOLOGY

# 纳米科学与技术大全

1

纳米材料  
Nanomaterials

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



原版引进



科学出版社

**图字：01-2012-4160**

This is an annotated version of

**Comprehensive Nanoscience and Technology. Volume 1, Nanomaterials**

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

纳米材料 = Nanomaterials: 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: 1)

ISBN 978-7-03-034656-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 118631 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: 12 1/2

字数: 1 008 000

**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 |

## **第一卷编者名单**

**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

本卷包括十八章，其中前六章涉及有机纳米材料，后十二章则为研究得更为广泛的无机纳米材料。二者相互补充，形成一个有机整体。

第一章从人类社会对可再生能源需求的视角出发，引出了有机纳米材料研究的重要性，进而引出了本章的主题，量子化学计算研究有机材料的电子结构。以芘（perylene tetracarboxylic bisimide, PBI）为模型体系，介绍了几种不同计算方法对其电子结构的计算结果。不同的量化计算方法给出的激发态电子图像不尽相同。综合来看，因每种方法都有各自的不足，如过高或过低估算了电荷转移态，未考虑环境因素等，目前的量化计算还无法给出一个确定无疑的答案。进一步改进对有机材料电子激发态的描述和可靠的引入环境效应是量化计算方法下一步的发展方向。

第二章主要介绍了基于光谱技术的碳纳米管电子结构方面的研究。应该说，由于许多问题还未解决，特别是高质量碳纳米管的获得，目前所能给出的物理图像还不完善。随着碳纳米管制备、处理和分离等方面的改进，对其基本物性的了解将更加深入，并有可能在不久的将来有重要发现。另一方面，这些改进（如更好的手性分离和金属性/半导体性碳纳米管的分离）也会对基于碳纳米管薄膜和复合物的器件具有极大的推动作用。

第三章综述了有机光增益介质中已知的五种不同的激光发生原理，包括放大的自发辐射（amplified spontaneous emission, ASE），超荧光（superfluorescence, SF），超辐射，光学腔中的激光发射，具有相干和非相干反馈的随机激光（random lasing, RL）。在居间激发强度，ASE 在溶液体系和薄膜中占主导地位，而相干和非相干反馈的 RL 则在高激发强度时起主要作用。

第四章则对 OLED 在科学和技术上取得的进展和其在过去 20 年中的应用进行了简单综述。在 OLED 研究的初期，器件只能维持几分钟，亮度只能在暗处观察。随着在薄膜小分子和聚合物 OLEDs 上的突破，现在红绿光 OLEDs 的寿命已大于  $10^5$  h，亮度接近  $100 \text{ lm W}^{-1}$ ，许多白光和蓝光 OLEDs 的寿命也大于  $10^4$  h，且亮度与红绿光 OLEDs 接近。可以预见，这类器件在显示和照明及基于荧光的化学和生物传感领域具有十分诱人的前景。

第五章对一个新兴的研究领域有机自旋量子学进行了综述，强调了自旋注入，输运，弛豫及有机/无机异质结和有机二极管器件自旋动力学等基础性质研究的重要性，对该类材料的可能用途也进行了介绍。

第六章对有机 NLO 结构材料领域的最新进展和可能的器件应用进行了全面综述。集中介绍了分子结构设计和分子聚合物复合材料，并通过相关器件的应用展示了材料研究的重要性。

第七章进入无机纳米材料，以半导体纳米晶，我们熟知的量子点作为开始。量子点可以说是过去二十年间研究的最为透彻的纳米尺度的材料。本章主要从理论计算的角度介绍了量子点电子结构计算的各种理论方法及它们各自的优缺点。读者可以根据应用方向，方法精度和计算能力等选择适合的方法。对基于单粒子态的处理方法，最简单的有效质量近似对教学而言是最好的，它最直观地展示了量子限域效应而不涉及电子结构的细节。多带

k. p 方法则给出了更为定量的描述，特别是对较大的量子点，常用于光电器件中光学和输运过程的模拟。Atomistic 方法则对量子点电子结构给出了非常详细的描述，是从研究层面理解新物理效应的最佳选择。

第八章涉及量子点的合成与表征。现在已发展了许多方法来合成量子点，包括各种液相合成方法，分子束外延（MBE）和金属有机化学气相沉积（MOCVD）。本章介绍液相化学合成量子点的主要方法及与光、电、扫描探针、电子显微镜和 X 线相关的表征技术。

第九章介绍核壳结构纳米晶的合成，光学性质调控及目前这类结构合成方法上的一些局限。构建核壳结构纳米晶的目的主要有两类，一类侧重于核性质的优化（如 I 型核壳纳米晶），另一类则是相关性质的扩展和调控（如 II 型核壳纳米晶）。本章主要介绍了异相成核的方式来形成三种类型（I 型、II 型和量子点/量子阱结构）核壳纳米晶及生长机制。在形成核壳纳米晶时遇到的一个主要问题是壳材料对核材料的浸润性。通常，晶格失配会导致不完整或多孔的壳层，这个问题有可能通过引入中间浸润层加以解决。

在过去的十年中，一维纳米结构（如纳米线，纳米棒，纳米带）的合成、性质和应用研究吸引了很多的关注。随着研究的深入，发展了一些不同的制备策略来合成一维纳米结构。其中，模板法（如阳极氧化铝膜）和催化剂辅助的气相生长是两类主要的制备方法。通过这些方法，人们现在可以根据需要制备不同直径和长径比的各种无机纳米线，进一步通过控制合成过程或合成后借助组装技术（如 Langmuir-Blodgett），可以将纳米线组装成更复杂的分级结构。这些纳米结构在晶体管、发光二极管、激光、太阳能电池、锂电池及电机器件等方面展现了诱人的前景。第十章介绍了这一领域的情况。

在过去二十年间，纳米管的研究，特别是碳纳米管，是纳米研究领域的一个热点。第十一章介绍了这一领域的历史和未来面临的挑战。自从 1991 年 Ijima 报道了碳纳米管的发现，无机纳米管的研究就掀开了帷幕并很快成为纳米材料研究中很重要的一个组成部分。这类材料表现出一系列有趣的性质，因而也展现了诱人的应用前景，如生物传感，药物输运，纳米反应器，安全容器，纤维增强材料，高能量密度电池，太阳能转换，纳电子器件等。尺寸调控和结构完整性与这类材料的应用密切相关，是接下来需要解决的问题。

ZnO 纳米结构在光电领域有重要的应用，经过大量的研究，在自下而上的制备方法上取得了巨大进展。其中，一维 ZnO 纳米结构显示了其在电子器件领域的前景。第十二章介绍了高纯度 ZnO 纳米棒及其异质结的制备，带隙调控和在电子和光学器件中的应用。

贵金属纳米颗粒最重要的光学性质是其局域表面等离子共振吸收和散射性质，其与颗粒的尺寸、形状、组成和周围环境的介电性质密切相关。贵金属纳米颗粒的这一性质有望使其在生物传感、数据存储、光波导、全光器件、疾病诊断与治疗等领域获得应用。第十三章从 Mie 理论应用于金属颗粒光散射和吸收，颗粒制备技术（包括自上而下的各种加工技术和自下而上的湿化学合成方法），金属颗粒光学性质在光波导和癌症治疗等几方面对贵金属纳米颗粒进行了集中介绍。

第十四章对磁性纳米材料进行了详细介绍。现在人们对磁性纳米颗粒的了解已获得长足进步，但仍有许多问题（如反铁磁颗粒超顺磁弛豫的精确理论，尺寸依赖的磁各向异性常数等）还有待深入研究。该领域目前的一个研究热点是各种不同磁性纳米颗粒的可控合成。

第十五章介绍具有光增益性质的胶体（CQDs）和自组装量子点（SAQDs）。基于载流子受限原理的半导体量子阱的激光器件已经用于通讯和其他领域。三维载流子受限的量子点应该说体现了基于该原理的最终极限并为器件性能进一步提高或新功能的发现提供了可能。对这两类体系，由于研究的成熟性，SAQDs 会先于 CQDs 用于光电子器件。

第十六章以三种典型纳米结构的硅（多孔硅、硅纳米晶及其薄膜）为例，介绍了纳米尺度硅的光学性质，主要是发光性质。首先介绍了它们的合成方法，之后介绍了两个主要发光带的温度行为和发光起源，最后展示了它们作为能源材料的潜力，及在热电、电子器件和生命科学中的应用。

第十七章介绍了纳米结构在太阳能转化和光催化中的应用，通过对太阳能和光催化历史和现状的回顾与展望，希望为从事相关研究的人就如何构建新颖的太阳能器件提供指导。

第十八章介绍了稀土掺杂的上转换磷光领域的最新进展。随着对纳米磷光材料上转换过程的进一步了解，预计不久的将来在该领域会取得巨大进展。这些进展将会提高我们利用近红外光无光损伤研究复杂生物体系（如蛋白质和细胞）的能力。与其他材料和系统结合起来，这些新颖磷光材料可望在近红外量子光学器件到温度传感器方面获得应用。

总体而言，该卷可读性强。读者从中既可对纳米材料作为一个整体来窥视其概貌和未来走势，也可通过典型材料和特定领域的介绍对相关专题有更加深入的了解。

吴晓春  
国家纳米科学中心

## 主 编 简 介

David Andrews 是东英吉利大学化学物理教授，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）Stearns 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

本卷详细讨论了近年来新出现的和现在已迅速成熟的有机和无机纳米材料领域的重大变化。作为连接纳米科学和纳米技术的桥梁，纳米材料已经作为功能材料，从能量转换和存储材料到结构材料和纳米复合物，在电子学、光子学、自旋电子学得到了应用。在本卷中探讨的主题主要有前面提到的两类纳米材料以及纳米尺度的凝聚态物理、化学纳米科学、纳米加工和纳米工程之间广泛交叉的领域。

由于世界范围内众多研究组的积极推动，有机光电子学领域近年来取得了巨大进展。主要成就体现在器件科学和加工领域，以及相关的基础化学、物理、光学和材料科学领域。这一领域的影响力将会继续波及许多相邻的学科，特别是纳米材料技术，也就是本卷的重点。前六章展示了有机光电材料的发展是如何激发了研究人员对基础有机材料研究不断增长的兴趣，尤其是与碳纳米管相关的研究，将可能对未来的应用带来革命性改变。Jang 和 Jen 讨论了有机非线性光学领域的一些例子（1.06 章）。预计目前该领域世界范围内的资助将刺激有机材料在照明、光伏、自旋电子学及其他光电应用方面的研发。正如 Shinar 和 Shinar（1.04 章）所述，有机发光二极管（OLEDs）大概在 20 年前被引入科学界，预计 10 年后可进入市场。白光 OLEDs，作为传统爱迪生型灯泡的可行替代品，将会有很光明的未来。值得注意的是 Polson 和 Vardeny（1.03 章）所讨论的有机物的激光作用直到 1996 年才首次实现，但这些最初的热情为有机电注入激光的实现带来了切实可行的期望。

电子自旋直到几年前还一直被有机电子学领域忽视。然而，随着 2002 年室温下双端有机器件巨磁阻的获得，一个新的领域，有机自旋电子学（1.05 章）诞生了。基于自旋的电子学相关技术是将载流子的自旋作为除电荷之外的信息载体。它将来源于载流子自旋和外加磁场相互作用相关的自旋依赖的效应引入标准的微电子学，为产生新一代的电子器件提供了机会。在传统的基于电荷的电子学中引入自旋自由度会大幅提高电子器件的功能和性能。

半导体纳米晶（或称作量子点）在无机纳米材料领域扮演着一个重要角色。尺寸依赖的光学性质，广泛的材料选择性及众多的合成方法使其成为研究介观现象的理想对象。此外，它们在诸多领域如生物成像和激光等方面都有广泛的应用。本卷的四个章节都涉及半导体纳米晶及它们的性质：Vukmirovic 和 Wang（1.07 章）介绍了相关的理论。接下来的一章（1.08 章）以常用的 II<sub>B</sub>/VI 族半导体为例，介绍了湿化学合成法和表征技术。Manna 等人涵盖了所有相关的合成方法，包括连续流合成和热喷雾这样新的合成方法。本章以对最重要的表征方法的综合讨论作为结束。在量子点或其他纳米颗粒表面外延生长另外的壳层也是半导体纳米晶领域的一个重要部分。

在前面章节的基础上，Parak 等（1.09 章）描述了在纳米晶（主要为半导体）上生长无机壳层的方法。他们集中讨论了不同类型半导体核壳结构的物理性质。与没有生长壳层的纳米晶相比，前者的物理性质大不相同。最后提及了形貌控制的重要性。接下来，Kambhampati 等（1.15 章）讨论了半导体纳米晶。本章主要关注量子点的光学和物理性质，

对其组装体的相关性质也有涉及，并以使用和表征基于量子点结构的器件作为结束。硅纳米结构与传统的量子点稍有不同，因为它们的光学性质主要体现为缺陷发光，而不是带隙发光。Chao (1.16 章) 讨论了多孔硅和硅纳米颗粒的制备和性质。与 II<sub>B</sub>/VI 量子点类似，硅纳米结构的物理性质以光学性质为主。

无机纳米材料的各向异性应该说在纳米线和纳米管中得到了最充分的体现。Rao 等 (1.10 章) 讨论了多种可以合成为实心一维纳米结构的无机化合物，囊括了单质及合金氧化物、氮化物和硫化物等。作者强调了在这些研究过程中不断改进的表征方法对合成化学家的重要性，正是因为拥有了这样的表征技术和手段才使得新的发现成为可能。最后，作者深入讨论了从这些结构中发现的有用的、有时甚至是出人意料的性质，例如高拉伸强度纤维、导线、纳米尺度的光伏和电极材料阵列、发光二极管和纳米复合材料。在 Remskar 撰写的章节 (1.11 章) 中介绍了典型的无机纳米管。作者将无机纳米管与略早一年发现的碳纳米管做了初步的类比，指出二者虽然表面相似，但生长机制截然不同。另外，纳米管的组成元素可以为元素周期表中不同元素的组合，从而产生一系列具有截然不同性质的材料，可望在润滑剂、惰性反应器和药物输运系统中有潜在的应用。

本卷用四章内容分别对特定的无机纳米颗粒进行了介绍。Yi 等 (1.12 章) 着重介绍了氧化锌纳米棒为电子和光学纳米器件应用所提供的非凡机遇，重点包括场效应晶体管和逻辑门。1.13 章，1.14 章和 1.18 章则介绍了贵金属纳米颗粒，磁性纳米晶体和稀土掺杂的纳米颗粒。Hubenthal 在 1.13 章首先详细介绍了金属纳米颗粒特有的光学性质。这些颗粒的合成方法包括自上而下法和自下而上法，后者又可进一步分为气相法和湿化学法。本章同时讨论了金属纳米颗粒的许多潜在应用。磁性纳米颗粒同样具有很高的商业应用价值，它们已被用于许多领域，例如作为磁共振成像的造影剂。Morup 等 (1.14 章) 介绍并讨论了这些材料的性质，包括超顺磁性、磁涨落和磁各向异性等重要问题。本章的结尾讨论了磁性纳米晶体的一些应用和在自然界中存在的磁性纳米晶体。

纳米科学领域中在合成方面的许多努力直接或间接与太阳能有关。不难发现，对太阳能电池和光催化器件的渴望是目前许多自上而下和自下而上纳米结构制备的驱动力。Nosaka (1.17 章) 综述了这一领域中用到的多种技术，包括染料和等离激元敏化，量子阱和量子点的嵌入。上转换纳米颗粒在生物成像、肿瘤治疗和电光器件中有着巨大的应用潜力，尽管高发光强度材料的制备仍具挑战性。Wang 和 Liu (1.18 章) 全面概述了这类纳米材料的合成方法和应用。本章特别强调了目前在颜色调控和表面改性方面面临的挑战。

本卷所选主题充分体现了纳米材料领域研发活动的广泛和活跃。我们诚挚地感谢诸多专家与我们分享他们对纳米科技这一快速发展领域的见解。

Duncan H. Gregory, Thomas Nann,  
Zeev Valentine Vardeny and David L. Andrews

(吴晓春 译)

## 前 言

纳米技术及其基础科学正以前所未有的速度发展。随着一系列纳米制造和操纵技术的发展，纳米科技正逐渐成熟为一个既能产生新的科学研究又能带来广泛商业应用的充满活力的领域，每年市场价值达万亿美元。在纳米尺度上制造和控制物质为探索量子、纳米光子以及纳米机电效应等奇特现象提供了前所未有的机遇。此外，因纳米材料将描述分子和宏观物质截然不同的理论联系起来，研究人员由此提出了许多关于物质电子和光学性质的新观点。表面现象的重要性越来越显著。在纳米尺度上，熟知的化学活性和比表面积之间的关系成为决定物理性质的主要因素。

在此背景下，这本旨在满足对一个动态的、权威的、容易获得信息来源且涵盖内容广泛的综合性著作问世了。全书共分五卷，包括材料科学、化学、物理学和生命科学等一系列学科，由国际专家组成的优秀团队进行撰写和编辑。针对广大的跨学科读者，每章旨在以权威、易读且客观的方式为跨学科领域的科学家和科技人员进入该领域提供不可或缺入门切入点。本书从合成、结构和应用方面集中介绍了主要的纳米材料，对结构完整、综合性较强且广泛交叉引用的文章中的纳米材料和相关技术进行了综述。

随着纳米科技工作者数量的迅速攀升，有诸多受人高度尊敬的作者乐于为此书做出贡献，这给我们带来了不断的惊喜。此书是对现有文献的重要补充，作者们在精心准备每一个章节的同时抓住了本领域的兴奋点。在此谨对辛苦细致工作的各卷编辑、所有编写者及他们的如期完稿致以诚挚的感谢。最后，我们对参与这个项目的众多 Elsevier 工作人员的职业技能和敬业精神表示诚挚的感谢和赞赏，特别感谢 Fiona Geraghty、Megan Palmer、Laura Jackson、Greg Harris，尤其是 Donna De Weerd- Wilson 自始至终的督导。我们很喜欢与他们一起工作，彼此之间合作也很愉快。

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

(吴晓春 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 1

Y. Chao

*University of East Anglia, Norwich, UK*

R. R. Cooney

*McGill University, Montreal, QC, Canada*

D. Dorfs

*Istituto Italiano di Tecnologia, Genoa, Italy*

B. Engels

*University of Würzburg, Würzburg, Germany*

A. Falqui

*Istituto Italiano di Tecnologia, Genoa, Italy*

R. F. Fink

*University of Würzburg, Würzburg, Germany*

C. Frandsen

*Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark*

C. Giannini

*CNR-Istituto di Cristallografia (IC), Bari, Italy*

A. Govindaraj

*Jawaharlal Nebru Centre for Advanced Scientific Research, Bangalore, India*

M. F. Hansen

*Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark*

F. Hubenthal

*Universität Kassel, Kassel, Germany*

S.-H. Jang

*University of Washington, Seattle, WA, USA*

A. K.-Y. Jen

*University of Washington, Seattle, WA, USA*

P. Kambhampati

*McGill University, Montreal, QC, Canada*

R. Krahne

*Istituto Italiano di Tecnologia, Genoa, Italy*

S. Kudera

*Max Planck Institute for Metals Research, Stuttgart, Germany*

G. Lanzani

*Italian Institute of Technology, Milano, Italy*

W. Liu

*University of Würzburg, Würzburg, Germany*

X. Liu

*National University of Singapore, Singapore*

L. Lüer

*Madrid Institute for Advanced Studies, IMDEA Nanociencia, Madrid, Spain*

H. S. Majumdar

*Åbo Akademi University, Turku, Finland*

S. Majumdar

*Åbo Akademi University, Turku, Finland*

L. Manna

*Istituto Italiano di Tecnologia, Genoa, Italy*

L. Maus

*Max Planck Institute for Metals Research, Stuttgart, Germany*

Z. Mi

*McGill University, Montreal, QC, Canada*

S. Mørup

*Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark*

Y. Nosaka

*Nagaoka University of Technology, Nagaoka, Japan*

M. Ohtsu

*The University of Tokyo, Tokyo, Japan*

R. Österbacka

*Åbo Akademi University, Turku, Finland*

W. J. Parak

*Philipps Universität Marburg, Marburg, Germany*

J. Pfister

*University of Würzburg, Würzburg, Germany*

R. C. Polson

*University of Utah, Salt Lake City, UT, USA*

C. N. R. Rao

*Jawaharlal Nehru Centre for Advanced Scientific Research, Bangalore, India*

M. Remskar

*Jozef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia*

V. Settels

*University of Würzburg, Würzburg, Germany*

J. Shinar

*Ames Laboratory, USDOE and Iowa State University, Ames, IA, USA*

R. Shinar

*Iowa State University, Ames, IA, USA*

Z. V. Vardeny

*University of Utah, Salt Lake City, UT, USA*

S. R. C. Vivekchand

*Jawaharlal Nehru Centre for Advanced Scientific Research, Bangalore, India*

N. Vukmirović

*Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA*

F. Wang

*National University of Singapore, Singapore*

L.-W. Wang

*Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA*

T. Yatsui

*The University of Tokyo, Tokyo, Japan*

G.-C. Yi

*Seoul National University, Seoul, Republic of Korea*

D. Zanchet

*Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, Campinas-SP, Brazil*

M. Zanella

*Philipps Universität Marburg, Marburg, Germany*

H.-M. Zhao

*University of Würzburg, Würzburg, Germany*