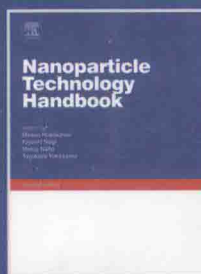




国外机电工程精品丛书

导读版

Nanoparticle Technology Handbook



纳米粒子技术手册 Volume II

Masuo Hosokawa† Kiyoshi Nogi Makio Naito Toyokazu Yokoyama



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

国外机电工程精品丛书

纳米粒子技术手册

Nanoparticle Technology Handbook

Volume II

Masuo Hosokawa⁺

Kiyoshi Nogi

Makio Naito

Toyokazu Yokoyama

哈尔滨工业大学出版社

黑版贸审字 08-2014-096 号

Nanoparticle Technology Handbook, 2E

Masuo Hosokawa, Kiyoshi Nogi, Makio Naito, Toyokazu Yokoyama

ISBN: 9780444563361

Copyright © 2012 by Elsevier. All rights reserved.

Authorized English Annotation edition published by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. and Harbin Institute of Technology Press

Copyright © 2015 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. All rights reserved.

Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

3 Killiney Road, #08-01 Winsland House I, Singapore 239519

Tel: (65) 6349-0200 Fax: (65) 6733-1817

First Published 2015

2015 年初版

Printed in China by Harbin Institute of Technology Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao 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.

本书英文注释版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授权哈尔滨工业大学出版社在中国大陆境内独家发行。本版仅限在中国境内(不包括香港、澳门以及台湾)出版及标价销售。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。

本书封底贴有 Elsevier 防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

纳米粒子技术手册=Nanoparticle technology handbook. 2;

英文/(日)增尾细川等主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2015.3

ISBN 978-7-5603-5138-4

I. ①纳… II. ①增… III. ①纳米材料-技术手册-英文

IV. ①TB383-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 304851 号

责任编辑 王桂芝 任莹莹

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 20.75

版 次 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-5138-4

定 价 108.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

出版说明

《纳米粒子技术手册》是《Nanoparticle Technology Handbook》(第2版)的英文导读版。为了满足机电工程专业科研工作者和广大学生的需求,保证引进图书的适用性,我们前期进行了广泛的市场调研,并访问了该领域的相关专家,组成了推荐专家委员会。为了保证本书的原汁原味,同时便于读者阅读,我们又请哈尔滨工业大学机电工程学院的领导推荐了有出国经历、外语水平较高的本专业优秀教师,组成了编译委员会。为了便于读者使用,我们将本书分为 Volume I (基本原理卷,包含第1~7章)和 Volume II (应用卷,包含应用1~60)两卷。为了方便读者快速了解各章内容,并保持原书的风格,我们将各章的导读内容集中放在出版说明中。各章导读内容如下:

基本原理卷

第1章 纳米粒子的基本性质和测量方法

本章全面阐述纳米粒子的相关基础知识。首先从纳米粒子的尺寸效应和性能开始,介绍了纳米粒子的特征及其大小的评价方法;然后阐述了纳米粒子的尺寸、形状、密度、熔点、表面张力、润湿性等物理特性;最后,介绍了其表面特征、力学性能、电学性能、磁学性能、光学性能及其测量方法。

第2章 纳米粒子的结构控制

本章主要介绍纳米粒子的具体结构及其构建和功能匹配。纳米粒子包括空心粒子、核壳结构粒子、有机纳米粒子和无机纳米粒子;同时介绍了纳米粒子的形态尺寸(气相法、液相法、超临界水热法、固相法、研磨法),以及复合结构和孔结构;最后介绍了纳米粒子的应用设计,包括纳米粒子送药、碳纳米管的生产等。

第3章 纳米粒子及其分散系统的特征和行为

本章首先简要介绍纳米粒子分散和团聚现象的理论知识,阐述纳米粒子在液体中的单粒子运动和电泳现象;然后介绍纳米粒子的布朗扩散、表面吸附性、润湿性及粒子间的相互作用;同时,介绍了有机溶剂和聚合树脂条件下的分散特性及控制方法;最后从宏观上介绍泥浆的流变学和胶态分散体的模拟仿真,包括空间-时间图谱和纳观/介观尺度法等。

第4章 材料纳米结构的控制

本章主要介绍纳米粒子、纳米孔、纳米复合材料等各种结构的特征及对应的分散系

统。如光子分形结构、通过纳米生物技术制备纳米粒子肽、用电泳液态加工方法制备的陶瓷薄膜;纳米孔结构中的多微孔材料沸石、二氧化钛纳米管等;在复合材料结构中介绍了催化剂的微结构、渗透结构、ECAP 等通道转角挤压等;同时阐述了纳米粒子的烧结、低温共烧陶瓷、结合界面的纳米结构控制等;最后阐述了纳米粒子的自组装,包括自组织、有机和无机介孔材料的制造。

第5章 纳米结构材料的表征方法

本章用多种方法系统介绍了纳米粒子的局部结构特征。如晶体结构,采用了X射线衍射法、小角度X射线散射法、中子衍射等表征方法;又用AFM、STM、FT-IR、XPS表征了纳米粒子的表面结构;同时采用多种氮气吸附等温线表示孔特征,用微孔填充现象和PSD、毛细凝聚现象和PSD等方法描述了纳米孔的特征;最后利用TEM、AEM、三维电子X线断层摄影描述了晶粒的边界和表面,并对氧化物异质结构进行了评价。

第6章 纳米结构体性质的评价方法

本章从纳米结构的定义开始,详细阐述了其物理化学特性。用强度、硬度、蠕变、摩擦性、纳米压痕描述了其机械性质;用正面加热/正面检测皮秒热反射法、基于背面加热/正面检测的皮秒热反射法、纳秒热反射法等描述了其热物理学特性;用介电特性、导电特性、热电特性描述了其电气特性;用电极反应、电化学反应等描述了其电化学特性;用超顺磁、材料特性描述了其磁力特性;用透明度、光子晶体描述了其光学特性;最后简要介绍了纳米粒子的催化特性、气体渗透和分离膜的特性。

第7章 纳米粒子的环境 and 安全问题

纳米粒子虽然促进了科技的发展,但同时带来了环境和安全问题。本章从大气、地下水、废气、废水、室内环境等方面阐述了纳米粒子给我们的环境造成的危害;同时分析了纳米粒子对健康的影响;最后阐述了去除纳米粒子的方法,包括去除悬浮在气体中的纳米粒子和液体中的纳米粒子方法。

应用卷

应用1 主要介绍溶胶、分子设计、不熔塑料、硬树脂、软硅混合物、酰亚胺等的分散及工业化应用。

应用2 主要介绍活性等离子电弧蒸发法制备金属纳米粒子的工艺,并介绍了纳米粒子的产生率、特征、形状及应用等内容。

应用3 主要介绍金属纳米粒子的局部表面等离子体共振及其传感方法。

应用4 主要介绍纳米粒子的微电子封装,涉及低温烧制和电子电路板的制备、通过喷墨打印技术直接制备电子电路板。

应用5 主要介绍使用金属纳米粒子的染料敏化太阳能电池,包括石英基底上真空

蒸馏产生纳米银和以多孔 TiO_2 为基底,提高染料吸收系数。

应用 6 主要介绍口服肽药物的纳米粒子设计方法,阐述其微粒设计和功效,并以实例进行验证。

应用 7 主要介绍采用气浮沉积法和 ADM 法,通过超粒子晶状体结合技术形成厚的电陶瓷薄膜。

应用 8 主要介绍多功能和高性能的气、液分离薄膜的开发。

应用 9 主要介绍尼龙 6-黏土混合物、聚丙烯黏土混合物、EPDM 黏土混合物的性质,以及黏土聚合物的形态控制。

应用 10 主要介绍铁电材料的晶体结构、晶体生长和实验步骤,以及 BiTi-BBTi 晶体的层状结构、介质性质和漏电性质、最大极化,对新型铁电材料的研究具有促进作用。

应用 11 主要介绍纳米磷光体的发展历史、特性,并展望了新纳米磷光体的发展趋势。

应用 12 主要介绍沸石膜的特征、分离特性及合成。

应用 13 主要介绍绝缘材料性能加强的特性研究,涉及耐电压特性、热特性、耐压痕和耐腐蚀特性。

应用 14 主要介绍亚临界和超临界水热合成法制备四角形 BaTiO_3 纳米粒子的实验,以及四角形 BaTiO_3 纳米粒子的选择性制备。

应用 15 主要介绍使用陶瓷过滤器捕获柴油颗粒的方法,包括 PM 的制备、PM 的捕获、压力损失等,最后展望了柴油颗粒过滤器的未来发展。

应用 16 主要介绍 DNA 纳米粒子承受机械应力的限度,以及对 DNA 纳米粒子的精密操纵。

应用 17 主要介绍纳米粒子定位与 DNA 分子的关系,分为 DNA 分子拉伸和纳米粒子定位两部分。

应用 18 主要介绍提高电化学反应器性能的方法,包括净化环境的电化学反应器、分解 NO_x 的电化学反应器和同时净化 NO_x/PM 的电化学反应器。

应用 19 主要介绍树状聚合物的应用,包括树状聚合物的结构特征、金属组装特性及在电子设备上的应用。

应用 20 详细阐述了 CNT 在 Si_3N_4 陶瓷中的分布。

应用 21 阐述了纳米粒子在护肤品中的应用。主要介绍功能性护肤品对生物可降解纳米球技术的需求,包括美白除皱的纳米化妆品、PLGA 的渗透性评价及功效等。

应用 22 主要介绍纳米组装在光电晶体领域的应用,分析了纳米组装技术的发展历程和光电晶体的制造技术。

应用 23 纳米粒子的研究是当前前沿研究领域之一,如液晶无机纳米和超粒子,本应用主要介绍有机液晶超粒子、感胶液晶超粒子和有机无机混合液晶超粒子。

应用 24 阐述胶态晶体薄膜的特性、结构色调整机制,以及基于液体膨胀和机械应力实现结构色可调的最新技术。

应用 25 主要阐述新型纳米粒子化妆品的开发,介绍了纳米粒子在化妆品生产中的使用过程、复合粒子的应用,并展望了未来的发展趋势。

应用 26 主要介绍影响 Al_2O_3 纳米粒子的因素,包括 PEI 分子量对悬浮液黏度的影响、PEI 分子尺寸和黏度的关系、测量 Al_2O_3 纳米粒子间的表面相互作用等。

应用 27 主要介绍温敏性磁性纳米粒子,包括磁性纳米粒子的特性、温敏聚合物的定义、温敏磁性纳米粒子及其在生物技术领域的应用。

应用 28 主要介绍纳米粒子在燃料电池领域的应用,首先提出燃料电池面临的挑战,接着阐述基于纳米粒子技术的高性能固体燃料电池的开发。

应用 29 主要介绍纳米粒子在生物医学领域的应用,包括通过表面修正对大脑中纳米粒子分布情况的改善、给药途径对大脑分布的影响和纳米粒子在大脑内靶向传输的前景展望。

应用 30 主要介绍纳米粒子在无嘴喷墨技术中的应用,首先介绍无嘴喷墨技术的原理及系统,然后介绍利用无嘴喷墨技术制造悬浮液的最新技术。

应用 31 主要介绍纳米粒子在尾气催化剂方面的应用,纳米粒子催化剂的储氧性能及其改善、对催化剂热阻的改善。

应用 32 主要介绍纳米粒子半导体在光学存储器方面的应用,阐述纳米粒子半导体的荧光性特征、光学储存器效应、CdSe 薄膜的制备和评价方法,并对纳米粒子半导体的未来进行了展望。

应用 33 主要介绍通过水溶方法合成高荧光纳米粒子半导体,以及通过溶胶凝胶法制备含有纳米粒子半导体的玻璃荧光粉。

应用 34 主要介绍纳米粒子光催化剂的开发,包括 TiO_2 -铝硅酸盐复合体的结构及其光催化作用、 TiO_2 -铝硅酸盐复合纸的耐光性。

应用 35 主要介绍交流架空电缆的可听噪音的背景,然后阐述电力线的润湿性和测试电缆的制备,并提出了通过表面改性降低交流架空电缆可听噪音的方法。

应用 36 主要介绍通过控制表面结构提高镍氢电池、锂电池等蓄电池组性能的方法。

应用 37 主要介绍纳米粒子在制药领域的应用,包括生物纳米胶囊的制备及其潜在应用。

应用 38 主要介绍通过空间选择性价态,利用纳米粒子操控玻璃中稀土离子的技术;利用飞秒激光操控透明材料内部金纳米粒子的技术。

应用 39 详细阐述了采用瞬间纳米发泡法制备闭合孔隙度二氧化硅粒子的技术,本应用对闭合孔孔隙度二氧化硅粒子的研究具有重要意义。

应用 40 详细介绍了碳纳米管分布的评价和应用,包括碳纳米管团的断裂模型、基于挤压机的碳纳米管分散、复合材料的分散及其评价、Ar 分布团和复合材料的关系等。

应用 41 详细介绍了对无机纳米粒子进行表面改性的方法,包括对贵金属纳米粒子的表面修改、金属氧化物纳米粒子的有机改性、无机纳米粒子和生物分子混合体的介绍。

应用 42 主要介绍有机纳米粒子的制造技术,以及有机纳米粒子的光学性质和物质化。详细阐述了纳米晶化中的有机化合物、有机纳米晶体中光学性能的粒径依存性、利用外场对有机纳米晶体的定向控制。

应用 43 详细介绍了利用量子点实现生物成像的技术。首先阐述量子点和生物成像的发展,然后介绍抗体的量子点标注和器官内的定位技术,最后分析体外定位技术。

应用 44 主要介绍纳米粒子在生物医学工程量子点中的应用,包括试验中的应用和图像诊断技术。

应用 45 详细介绍了在工业应用中纳米粒子的合成技术、分散性和功能化,展望了纳米材料开发的新策略。

应用 46 首先介绍了采用射频感应热等离子法合成纳米粒子方法的优势,然后阐述了合成纳米粒子的实验装置和设备,最后详细论述通过射频感应热等离子法生产纳米粒子的技术。

应用 47 简要介绍了氧化物纳米片自组装的结构控制及其应用,分析了功能化纳米片的合成,阐述了氧化物纳米片层层自组装方法,论述了在纳米电子学中的应用。

应用 48 详细介绍了碳黏合陶瓷技术,包括碳黏合陶瓷的微结构和性能、制备方法,以及碳黏合陶瓷的应用潜力。

应用 49 首先介绍了纳米粒子分散及合成工艺的开发历程;然后介绍了通过气相反应方法制备纳米复合粒子的技术,以及通过干式机械法分散与合成纳米粒子的技术;最后介绍了湿式方法分散纳米粒子技术及在消防服中的应用。

应用 50 主要介绍氮化硼纳米管的合成方法,包括通过添加氮化硼纳米管增强树脂的性能、利用氮化硼纳米管制造绝缘导热体技术。

应用 51 首先简要介绍 PLGA 纳米粒子,然后阐述利用 PLGA 纳米粒子作为基本载体的应用技术,最后向读者展示了 PLGA 纳米粒子系统平台和纳米医疗系统的实现过程。

应用 52 主要介绍纳米粒子的立体平版印刷技术,以及用于太赫兹波传感中的光子

晶体共振器的制作方法。

应用 53 主要介绍纳米级着色粒子的特性及准备过程,并对其功能特性的改善进行阐述。

应用 54 首先简要介绍使用双稳态反射演示进行电子液态粉末材料设计的技术;然后阐述电子液态粉末的特性,包括电气性能和附着力的测量;最后详细论述其设计过程。

应用 55 主要对纳米粒子复合材料的三维结构进行详细分析,介绍包含粒子填充物的 TEMT 及其最新进展。

应用 56 主要介绍使用粉末技术和纳米技术进行煤炭清洁的技术,包括粉末技术和纳米技术在煤粉燃烧发电厂和在高效煤使用系统中的应用,并探索了 CO_2 的捕捉和储存方法,提出了低阶煤和生物质能的改造方法。

应用 57 详细阐述了高效回收玻璃纤维增强塑料工艺的开发历程,论述了复合材料在智能回收方面的应用。

应用 58 首先介绍纳米技术在机械化学中的应用背景及过程,然后详细阐述了利用纳米技术进行材料加工的新技术。

应用 59 主要介绍利用中空硅纳米粒子实现的透明优质隔热膜技术,包括对绝热技术的介绍、具有纳米间距的聚合物膜的制备过程、实际应用中隔热膜的特性等。

应用 60 首先介绍高分子电解质燃料电池 (PEFC) 催化剂的粒子设计,然后阐述 PEFC 阳极 Pt/C-WC 与阴极 Pt/C-SnO_2 复合粒子的制备过程。

机电工程图书工作室

2014 年 12 月

总 序

《纳米粒子技术手册》作为在纳米粒子技术领域出版的第一本手册已有五年的历史。自那时起,纳米粒子技术有了进一步的发展并得到诸多新的应用。为此,第二版的《纳米粒子技术手册》应邀而出,编者很欣慰看到这项技术的进步并积极投身于第二版的编写工作中。

然而,我们不幸地通知读者,第一版手册的主编 Masuo Hosokawa 先生,经过短期的住院观察,于 2010 年 3 月 31 日永远地离开了我们,享年 85 岁。事实上,是他最早提出了要出版一本《纳米粒子技术手册》的想法。很多年前,他就已经对粒子和微细粉末产生了浓厚的兴趣,并研制出了多种先进的机器,例如 20 世纪 50 年代独一无二的精细粉碎机和空气分级机器,为此他荣获了诸多奖项,包括两项来自日本政府的嘉奖。

Masuo Hosokawa 先生对寻找极小粒子充满热情和渴望,他创新性地提出了 Mechano-Fusion 和 MechanoChemical Bonding 技术,这些技术是基于微粒机械化而提出的,也就是通过粒子黏结和表面改性从而创造新的功能材料。自 20 世纪 80 年代以来,他就开发了一些很实用的通过自下而上法制备微粒的技术,并倡导大力发展纳米粒子技术,这远早于美国总统比尔·克林顿 2000 年提出的国家纳米技术规划。从起初的蒸发法制造金属纳米粒子,到后来用 CVD 法制造复合材料纳米粒子,他成功地将新纳米粒子制造生产系统带入了商业市场。另外,他在 1991 年成立了细川粉末技术基金会(Hosokawa Powder Technology Foundation),1983 年出版了第一期英语技术杂志《KONA Powder and Particle》

与此同时,随着纳米粒子技术的进步和广泛应用,第一版《纳米粒子技术手册》问世了。在第二版中,应用卷加入了 16 篇新文章,涉及聚合/填料复合材料,电子器件(例如显示屏、传感器、内存器),电池/燃料电池,化妆品,药物传输系统(DDS, Drug Delivery System)和医用生物材料,有色材料,环境保护等。在技术商业化变革过程中,发生了若干划时代的事件。燃料电池已经被应用到了家用和商用的发电和供热中,锂离子电池已经进入了电动和混合动力车研究领域。此外,2011 年 3 月,由于日本东北部大地震和海啸所导致的核电站事故严重影响了能源供应和环保,同样也影响了人们对国家人口问题的思

考方式。因此,纳米粒子高功能、高性能方面的利用,将会在人类居住环境可持续发展的贡献上有着巨大潜力。

感谢细川粉末技术基金会的支持和所有参编人员的合作,希望第二版手册能够帮助读者理解纳米粒子技术的基本知识,并为他们的研究提供一些启示。

Dr. Kiyoshi Nogi

Emeritus Professor, Osaka University

Dr. Makio Naito

Professor, Osaka University

Dr. Toyokazu Yokoyama

Fellow, Hosokawa Micron Corporation

第一版 序

在过去几年中,“纳米技术”一词被广泛应用于描述超精细(百万分之一毫米)材料的加工技术和分析技术。这些技术必然会成就 21 世纪辉煌的重要部分,很多国家为此都在热切关注着这些技术,并积极参与其研究与开发。由于这些新技术与既定的粒子和粉末技术间的联系,“纳米粒子技术”既容纳了这些概念,也包含了如何在纳米范围内创造、加工和应用超精细粒子,并成为发展新材料的关键技术之一。

被用于处理粉末的纳米技术,为人类带来了数不清的发明和进步。这些颗粒、粉末与它们所构成的大块材料有着截然不同的性质。这种技术目前在所有的工业领域均有着广泛的应用。

粒子和粉末技术的学术研究历史并不久远,第一个与其相关的机构是 1956 年在日本成立的中部粉末技术协会(Chubu Association of Powder Technology)。后来该机构发展成为日本粉末技术会社,并于 2006 年举办了 50 周年庆典。相应地,Hosokawa 微粒学实验室于 1956 年成立,并于 2006 年出版了他们的 50 周年技术杂志年刊《Funsai》(微粒学)。

纵观这一时期,一个关键问题就是减小粒子的尺寸,最大化它们的功能特性,从而发现新的应用,创造新的产品,使它们具有优异的性能表现。于是,亚微米粒子和细微粒子受到了广泛关注。得益于学术和工业在多领域的合作,相关的研究和发展日益加快,从制备粒子并分析微粒的尺寸,扩展到微纳米范围内粒子的设计和加工。日本在这些技术的概念和发展层次上居于世界的前沿。

在此影响下,1990 年第二届世界微粒技术代表大会(WCPT)在日本京都举行。八年后,第三届 WCPT 在布莱顿(Brighton)举办,在开幕致辞中,主办方向与会的 700 位研究人员和工程师强调了超精细粒子的重要性。Hosokawa Micron 公司于 2006 年举办了 90 周年庆典,他们致力于在气相和固相通过自下而上的累积制造创造粒子的研究与发展超过了 20 年。这项研究结果与自上而下的磨削加工相结合,建立了大规模粒子生产系统,同时也为应用这些纳米粒子的功能材料走向商用奠定了基础。

十五年前,Hosokawa 粉末技术基金会成立,并每年举办关于粉末技术的研讨会,意在

交流粒子工程和粉末技术信息。自 2001 年以来,为了适应工业化的需要,研讨会的主题关注于纳米粒子和纳米结构控制上。我们基金会收到的关于研究纳米粒子的申请书在一直增长,目前 120 份申请书中有 40% 是与纳米粒子有关的。

鉴于此,我们在三年前出版了《纳米粒子技术》一书,该书通过记录这个领域中的相关技术,促进了与纳米粒子相关的工程发展。这本书大受好评,并持续不断地以促进粉末技术造福于公共利益。于是我们决定系统地更新《纳米粒子技术》这本书,并加入了最新的发展和应用实例。这些努力凝结成一本手册,于值得铭记的 2006 年首先在日本出版,并于今年出版了这本英文版。尽管纳米粒子的研究和发展进步飞快,未来版本的内容也注定会改变,但我们希望本书的内容将会对研究人员、工程师及对该领域感兴趣的朋友们有所帮助。

最后,我要对编者、编委会及出版社在百忙之中对此书的不懈努力表达由衷的敬意。

Masuo Hosokawa

President, Hosokawa Micron Corporation

Chairman, Hosokawa Powder Technology Research Institute

President, Hosokawa Powder Technology Foundation

前 言

随着固体粒子的尺寸减小到百万分之一毫米的数量级,组成粒子的原子数目也减小到几百或几千个。这种情形下,一些基本的物理性质,例如熔点会彻底改变,陶瓷材料可能在很低的温度下就能实现烧结。同样,由于粒子变得小于可见光的波长,它们不仅变得透明而且会通过离子吸附发出特殊的光。与具有相同材料的大块结构相比,它们表现出完全不同的电磁或者物理化学性能。

2003 年 11 月,编者们在日本出版了《纳米粒子技术》一书,主要介绍一些具有特殊性质和极大应用潜力的纳米粒子的处理技术。本书一经问世就受到了读者的极大关注,并且迫切需要出版一本既系统收集纳米粒子技术基本信息、又融合最新工业应用的手册。

制备、处理和应用纳米粒子的纳米粒子技术在纳米技术发展中扮演着非常重要的角色。同时,该技术还注重生命科学、能源、环境、信息技术、新材料等领域的诸多应用。然而,一直未能有一本这项技术的手册或者指南。本书是第一本关于纳米粒子操作及其相关加工技术研究的英文版手册,对纳米粒子感兴趣或正在研究与开发先进材料的广大研究员和工程师们都一直在翘首以盼这本手册的出现。

这本手册系统地总结了各种与纳米粒子相关的工业应用,阐述了其基本原理和当前发展状况。然而,由于这一领域在飞速前进,不仅应用在发展,而且随着时间的推移,通过基础研究不断发现新物理特性和测量方法。因此,我们计划根据未来新科技的发展来修订本手册的内容。

不同于其他的传统手册,本手册分为基本原理和应用两部分,涵盖了纳米粒子的加工、评价和应用。本手册在基本原理部分从材料的加工和性能的评价方面,详细地阐述了纳米粒子的基本性质、结构控制、纳米材料的控制和基于分散粒子测量方法的性能表征。基本原理卷的最后一章讨论了纳米粒子对环境和安全性的影响。

在应用卷中介绍了纳米粒子在生命科学、环境、能源、信息技术、新材料和生产方式等各领域的应用,并按照新纳米粒子功能在未来市场上的潜力大小排列。

为了出版本手册,我们向各个相关应用领域的顶级研究员和专业工程师们进行了约

稿,并将他们列于贡献者一表中。我们要感谢所有在百忙之中为该手册的完成贡献手稿的编者们在 Hosokawa 海外公司工作的同事们,还有那些慷慨相助的出版社工作人员。我们也深深地感谢 Hosokawa 粉末技术基金会的主席 Y. Tsuji 博士和 Hosokawa 微粉系统公司的 C. C. Huang 博士为我们提出了很多关于改善英文书稿的意见,以及 S. Nakai 女士在手稿和校样准备工作中的帮助。

Dr. Kiyoshi Nogi

Professor and Director , Joining and Welding Research Institute , Osaka University

Director , Hosokawa Micron Corporation

Director , Hosokawa Powder Technology Research Insititute

Preface

The Nanoparticle Technology Handbook was the first handbook to be published in the field of nanoparticle technology around five years ago. Since then, nanoparticle technology has further advanced and been applied in many new applications. In response to the demand, it was decided to publish a second edition of the Handbook. The editors are very pleased to see the advancement of this technology and to be engaged in the publication of the second edition.

However, we regret to inform our readers of the sad news that the chief editor of the Handbook's first edition, Mr. Masuo Hosokawa, passed away on March 31, 2010 after a short stay in the hospital, at the age of 85. In fact, he initiated the idea of publishing a handbook for nanoparticle technology. He had been greatly interested in particles and fine powders for many years and had developed various advanced machines such as a unique fine grinding mill and an air classifier in the 1950s, which led to many awards for him, including two decorations from the Japanese government.

His enthusiasm and desire to seek extremely small particles and their innovative properties resulted in the invention of the concepts of MechanoFusion and MechanoChemical Bonding (MCB) technologies, which are in principle based on the mechanical activation of fine particles for particle bonding and surface modification to create new functional materials. Since the 1980s he also introduced some useful technologies to generate nanoparticles by the bottom-up method and proposed nanoparticle technology long before former President Bill Clinton's National Nanotechnology Initiative in 2000. Starting with the evaporation method to make metal nanoparticles and then moving to use CVD methods to create composite nanoparticles, he succeeded in bringing new systems for nanoparticle generation to the commercial market. In addition, in 1991 he founded the Hosokawa Powder Technology Foundation and in 1983 published the first issue of the English technical journal, "KONA Powder and Particle Journal".

In the meantime, publication of the first edition of the Handbook, Nanoparticle Technology had advanced and been employed in various applications. In the second edition, 16 new articles have been added in the application section for subjects related to polymer/filler composites; electronic devices such as displays, sensors and memories; batteries/fuel cells; cosmetics; DDS and biomaterials for medical devices; color materials; environmental protections; etc. During this period of time, there were some epoch-making incidents in the commercialization of some technologies. Fuel cells have been introduced for power generation and heat supply in residential and commercial uses and lithium ion batteries have begun to be adopted by electric and hybrid vehicles for transportation use. Additionally, the nuclear power plant accident caused by the big earthquake and tsunami in the Tohoku area of Japan in March 2011 had an enormous impact on power supply and environmental protection issues related to the life style and way of thinking of the country's population. From these viewpoints, nanoparticles have great potential to contribute to the establishment of a sustainable living environment for human beings by making use of their high functionality and excellent performance.

The editors are grateful to the Hosokawa Powder Technology Foundation for its support and to all the contributors for their cooperation and wish that the second edition of the Handbook would be helpful to readers in understanding the basics of nanoparticles and to provide hints to their application.

Dr. Kiyoshi Nogi
Emeritus Professor, Osaka University
Dr. Makio Naito
Professor, Osaka University
Dr. Toyokazu Yokoyama
Fellow, Hosokawa Micron Corporation

Preface to the first edition

During the last few years the term “Nanotechnology” is increasingly employed to describe the process technologies and analytical techniques for material in the ultrafine range of the order of a millionth of a millimeter. Because they are sure to take an important part in shaping the 21st century, great attention is being paid to these technologies, with many countries actively involved in R&D. As the link between these new technologies and the established particle and powder technology, “Nanoparticle technology” includes the concepts and know-how to create, process and apply the ultrafine particles in the nanometer range, and is one of the key technologies for new material developments.

The technologies that are used to treat powders arrived with mankind, and countless inventions and improvements have been made during history. These particles and powders have very different properties from the bulk materials from which they are derived. There are applications to be seen in all industrial areas.

The history of the academic study of particle and powder technology is not so old. The first related society, Chubu Association of Powder Technology, was founded in Japan in 1956. It later became the Society of Powder Technology, Japan, and celebrated its 50th anniversary in 2006. Correspondingly, the Hosokawa Micromeritics Laboratory was established in 1956 and published its 50th anniversary issue of the annual technical journal *Funsai* (*The Micromeritics*) also in 2006.

Throughout this period a key issue has been to reduce the size of particles to maximise their functional properties and thus find new applications and create new products with superior performance. Great interest has been shown in submicron and even finer particles. Research and development has advanced at a rapid rate due to the cooperation of academia and industry in many areas, starting with particle creation and particle size analysis, and expanding to encompass particle design and processing in the micron- and nanometer-size ranges. Japan has been at the forefront in the conception and development of these technologies.

Due to this interest, the second World Congress in Particle Technology (WCPT) was held in Kyoto in 1990. Eight years later at the 3rd WCPT in Brighton, the author highlighted the importance of these ultrafine particles to an audience of about 700 researchers and engineers during the opening speech. Hosokawa Micron Corp., which celebrated its 90th anniversary in 2006, has been engaged in R&D on particle creation by the build-up (*bottom up*) method in both gaseous and liquid phases for more than 20 years. The result of this research, as combined with that on conventional grinding (*top-down*) processes, has led to the establishment of a mass production system for nanoparticles and to the foundation of a business based on application of these nanoparticles to functional materials.

Founded 15 years ago, the Hosokawa Powder Technology Foundation holds an annual symposium on powder technology for the exchange of information on particle engineering and powder technology. Since 2001, the main topics of the symposium have, in response to the requirements of industry, been related to nanoparticles and nanostructure control. The number of grant proposals received by our Foundation for research into nanoparticles continues to increase, and currently 40% of some 120 proposals relate to nanoparticles.

As a result of this trend, we published 3 years ago, the book *Nanoparticle Technology* to promote nanoparticle-related engineering by documenting the technologies constituting in this field. That book was very well received, and to continue contributing to the common welfare through the promotion of powder technology, we decided to systematically update *Nanoparticle Technology*, adding further developments and many examples of applications. The results of that effort were published in the form of a handbook, first in Japanese in the memorable year 2006, and with the present volume, in English this year. Although R&D in nanoparticle technology advances rapidly, and the contents of the future editions are sure to change, we hope the present collation of state-of-the-art knowledge and information will be of assistance to the researchers, engineers and others interested in this vitally important field.