

新材料是高技术
产业的先导

宋健



二〇〇〇年杪

R 318.08
Y76

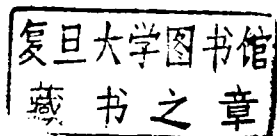
国家“九五”重点图书
21世纪新材料丛书

生物医用材料

主 编 俞耀庭
副主编 张兴栋



FUDAN B0106030558613 复旦图书馆



天津大学出版社

内容提要

21 世纪新材料丛书是国家“九五”重点图书。本书展示了生物医用材料的一部分新材料、新技术,旨在阐述未来发展的若干趋势和当前的研究、进展情况。全书共 9 章,包括生物医用材料的生物相容性及生物学评价、可降解与吸收材料、组织工程材料与人工器官——软组织修复与重建、硬组织修复与骨组织工程材料、口腔材料、控制释放材料、仿生智能材料及材料表面改性。

本书可供材料领域的研究人员、技术人员阅读,也可作为高等院校有关专业研究生教材和大学生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生物医用材料/俞耀庭主编. —天津:天津大学出版社,
2000.12

(21 世纪新材料丛书/石力开主编)

ISBN 7-5618-1391-0

I. 生… II. 俞… III. 生物工程:医学工程—
生物材料 IV. R318.08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 84069 号

出 版 天津大学出版社

出版人 杨风和

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

印 刷 河北新华印刷一厂

发 行 新华书店天津发行所

开 本 880mm×1230mm 1/32

印 张 8.25 插页 1

字 数 246 千

版 次 2000 年 12 月第 1 版

印 次 2000 年 12 月第 1 版

印 数 1—3 400

定 价 17.00 元(平) 27.00 元(精)

21 世纪新材料丛书顾问委员会

主 任 师昌绪

委 员 (以姓氏笔划为序)

师昌绪 严东生 肖纪美 李恒德
林兰英 柯 俊 徐 僖 颜鸣皋

21 世纪新材料丛书编辑委员会

主 任 石力开

副 主 任 千福熹 吴人洁 左铁镛

委 员 (以姓氏笔划为序)

千福熹 王占国 王 焱 王天民
王震西 石力开 叶恒强 左铁镛
吴 锋 吴人洁 陈难先 陈皓明
郑敏政 刘治国 欧阳世翕
金亿鑫 俞耀庭 杨大智 黄伯云
益小苏 顾觉生 姚康德 袁新泉
雷永泉 熊家炯

丛书策划 胡文华

21 世纪新材料丛书
《生物医用材料》分册编委会

主 编 俞耀庭
副主编 张兴栋
编 委 王身国 宋存先 姚康德

序 言

材料是人类一切生产和生活水平提高的物质基础，是人类进步的里程碑。材料对于国民经济建设和国防建设起着重要的作用。新材料是高新技术的基础和先导；本身也能形成很大的高技术产业。所以信息、生物技术和新材料已成为21世纪最重要、最有发展潜力的领域。我国历来对新材料的研究与开发都十分重视，在“十五”规划中新材料是高新技术研究和产业化的重点之一。

1987年我国开始实施国家高新技术研究发展计划（“863”计划），新材料是七个优先发展的领域之一。通过“863”计划的实施，使我国的新材料研究水平有了很大提高，支持了国防和相应的高新技术领域的发展和进步，在新材料的产业化方面也起到了促进和推动作用。通过计划的实施，组织并形成了我国新材料研究与开发的骨干力量，培养出了一大批高水平的年轻科学家和管理专家，形成了一系列有自己特点的研究基地和研究群体。这些成果为保持我国新材料的持续发展打下了坚实的基础。

根据我国高技术新材料领域所取得的成就和国际发展现状，国家高技术新材料领域专家委员会组织编写了一套《21世纪新材料丛书》。丛书对当今新材料领域的几个发展前沿进行了介绍，并展示了材料科学技术发展中的新概念、新理论、新技术、新成果和新产品。这对于规划我国新材料今后

的发展，推动技术创新都有一定的指导和参考价值，也为从事新材料研究开发的人员提供了一本很好的参考书，是一件很有意义的工作。

朱永宁

前 言

1986 年我国开始组织实施国家高技术研究发展计划（“863”计划），新材料是七个优先发展的领域之一。“863”计划的实施，为我国新材料的研究和发展起到了导向和推动作用，使我国的新材料研究水平有了很大的提高，支持了国防和相应的高新技术领域的发展和进步，促进了产业化进程，培养了一大批高水平的年轻科学家，形成了一系列有自己特点的研究基地和研究群体。这些成果为保持我国新材料的持续发展打下了坚实的基础。

国家高技术(863)新材料领域专家委员会在组织实施过程中，积极组织各种学术交流活动，编辑出版了多种会议论文集，并支持出版了大量有关新材料方面的专著和工具书。专家委员会于 1992 年组织编写出版了《高技术新材料要览》一书，还积极支持和参与了《材料科学技术大百科全书》《材料大词典》《材料商品手册》等书的编写出版工作。这些书籍的出版，为我国材料科学技术界准备了比较完整配套的参考书籍，对于提高我国的新材料研究发展水平和产业化进程必将产生深远的影响。

为了迎接 21 世纪新材料的蓬勃发展，新材料领域专家委员会又组织撰写了《21 世纪新材料丛书》（国家“九五”重点图书）。这套丛书包括了新材料当今几个主要的研究热点，如信息材料、复合材料、新能源材料、生物医用材料、智能材料与智能系统、生态环境材料和材料设计，以期能引起大家对新材料的关注。应该说明，这套丛书受篇幅的限制并没有能包括新材料的全部内容。金属材料、精密陶瓷材料、高分子材料没有单独列册，但仍然是目前工业应用材料的主体。随着研究工作的深入和先进制备技术的应用，新材料在不断出现，传统材料的性能也不断地得到改进和提高。纳米科学技术的发展为新材料的发展开拓了一条全新的途径。这些方面的工作留待今后进

行补充。

这套丛书反映了当今材料领域国际前沿的研究水平,体现了前瞻性,展示了21世纪新材料领域的新概念、新理论、新技术和正在开拓中的新研究领域,同时也展示了已经形成的或正在进入产业化的新成果、新产品。这套丛书不仅综合了国外的最新文献资料,而且注意反映了国内的工作成果,特别是“863”计划有关课题的研究开发成果。丛书没有刻意追求学科的完整性和系统性,采取了专题论述的形式,但每本书仍能给出该学科的概貌,具有很大的参考价值。丛书虽然定为专著,但力求做到简明扼要、深入浅出,使具有大专水平的读者(包括管理人员)能阅读,又对相关专业的研究人员有所启发。

丛书各分册的主要内容如下。

《信息材料》分册主要包括:微电子及集成半导体材料、光电子材料、光电子有机材料、信息功能陶瓷材料、信息传感材料、光电子显示材料、光纤通信材料、磁性和磁光存贮材料、高密度光存贮材料、铁电压电材料、非线性光学材料和固体激光材料等。

《复合材料》分册的重点是展示新型复合材料,如仿生复合材料、纳米复合材料、功能复合材料等,还阐述了复合材料新的设计、制备方法和复合技术,如原位复合、自蔓延技术、梯度复合等,并探讨了复合材料的回收再生与资源、环境的协调问题。

《新能源材料》分册主要介绍了当今国际上的研究开发热点,如新型二次电池材料、燃料电池材料、太阳能电池材料和核能材料。

《生物医用材料》分册介绍了组织工程和人工器官材料,包括硬组织修复与重建材料、软组织修复与重建材料,此外还介绍了生物智能材料、可降解与吸收材料、控制释放材料等。

《智能材料与智能系统》分册在综述材料智能化、智能材料与系统发展及应用前景的基础上,阐述了智能材料的仿生构思、智能材料中的光纤传感系统、形状记忆合金、压电/铁电材料、无机非金属材料、电磁流变液、超磁致伸缩材料与智能高分子材料及智能结构等的应用。

《生态环境材料》分册阐述了生态环境材料与可持续发展的关系

及协调性评价等问题，介绍了金属类生态环境材料、无机非金属类和高分子类生态环境材料以及生物环境材料等。

《材料设计》分册综述了材料设计的发展概况、材料设计的主要途径、主要计算方法以及国外的研究动态与展望等。本书也充分反映了我国科学家近年来在材料设计方面的研究成果和取得的进展。

参加撰写这套丛书的有全国百余位在材料领域有造诣的专家和教授，其中包括十多位院士。他们长期工作在材料科研和教学的第一线，知识渊博，经验丰富，与国际科学界有着广泛的联系。这样的作者群体保证了这套丛书的质量和水平。

丛书顾问委员会对本书的出版给与了全面的指导和关怀，从丛书的定位和特色、各分册的选题和主编的聘任，一直到每个分册的主要内容等都进行了具体的指导。这也是这套丛书能顺利编辑出版的一个重要的保证。

这套丛书已列入国家“九五”重点图书出版规划。天津大学出版社负责丛书的编辑和出版工作，为此做了大量认真细致的工作。他们和编委会及作者密切配合，严格把关，工作精益求精，为保证这套丛书在文字、版面及印刷等方面的高质量而作出了很大努力。

国家高技术(863)新材料领域专家委员会

首席科学家 石力开

主 编 简 介



俞耀庭 1932 年生于江苏省南京市。南开大学教授，博士生导师。1959 年南开大学研究生毕业，1980 年赴加拿大麦吉尔大学研修。曾任南开大学分子生物学研究所所长、南开大学生命科学学院副院长。现任国际人工器官联合大学（INFA）教授、国际人工器官学会（ISAO）中国地区办公室主任、中国生物材料联合会副主席、天津生物医学工程学会副理事长等

职。曾获国际生物材料联合会授予的著名“生物材料专家”（FELLOW）称号。多年从事生物医用材料结构与性能的研究工作，研制成三种新型血液灌流装置，获国家发明奖。曾发表学术论文 170 余篇及 8 部著作，并获各种奖项 10 项。

主要作者简介（按章序排名）

姚康德（男，1937—）天津大学教授，博士生导师。1960年天津大学研究生毕业，1979—1981年赴美国麻省州立大学作访问学者。现任天津大学高分子材料研究所所长，中国生物材料委员会委员等职。多年来从事生物材料高性能化、高分子凝胶仿生与智能化基础研究工作。曾获国家教委科技进步三等奖、天津市科技进步三等奖等，并发表学术论文100多篇及《智能材料》专著等。

史弘道（男，1933—）天津医药科学研究所研究员。1958年毕业于中国医科大学。现任天津市医用生物材料监测研究中心主任，中国环境诱变剂学会理事，中华医学细胞学会委员，卫生部卫生标准委员会委员，卫生部医用材料评审委员，天津大学兼职教授。长期从事临床医学和药学研究。曾获卫生部科技成果三等奖，天津市科技进步二、三等奖等奖项。

宋存先（女，1946—）中国医学科学院生物医学工程研究所研究员，博士生导师。1981年在北京大学获硕士学位，1986—1989年赴美北卡 Triangle Research Institute WHO 作访问学者，1992—1996年在美国 Michigan 大学作客座研究员。现任中国医科院生物医学工程研究所医用高分子研究室副主任。主要从事生物降解医用材料、药物控释研究，获国家计划生育委员会科技进步二等奖，“八五”攻关科技成果三等奖等，发表学术论文50余篇。

张兴栋（男，1938—）四川大学教授，博士生导师。1956年毕业于四川大学。曾获国际生物材料联合会授予的著名“生物材料专家”（FELLOW）称号。现任四川大学材料工程研究中心主任等职。主要从事磷酸钙基生物医学材料及骨、牙植入体等研究工作。获国家科技进步二等奖，省、部级科技一等奖3项、二等奖2项，发表学术论文160余篇，著作6部。

徐恒昌（男，1934—）北京医科大学口腔医学院教授，博士生导师。1959年毕业于北京医学院，1988年在荷兰王国自由大学获哲学博士学位。现任北京医科大学口腔医学院口腔材料研究室主任，国务院学位委员会第四届学科

评议组成员。主要从事口腔复合树脂材料磨损机理及粘合材料粘合机理的研究。发表学术论文 60 余篇，有关课题曾获省、部级科技奖 12 项。

王同（女，1940— ） 北京医科大学口腔医学院研究员。1965 年毕业于中国科学技术大学。现任北京医科大学口腔医学院口腔材料研究室副主任。主要从事口腔硬组织粘结机理和口腔复合材料的磨损机理的研究及口腔复合材料的开发工作。发表学术论文 50 余篇，获省、部级科技奖 9 项。

王身国（男，1942— ） 中国科学院化学所研究员，博士生导师。1983—1985 年赴日本早稻田大学作访问学者，1986 年获日本早稻田大学工学博士。任中国科技大学研究生院兼职教授，《透析与人工器官》杂志编委等。主要从事生物医学高分子的合成研究以及生物医学高分子在医学、农业等领域作为组织工程材料、药物控释材料、人工器官材料等方面应用的研究。承担了国家“863”计划和国家自然科学基金委的研究课题，发表学术论文 100 多篇及著作等。

黄楠（男，1956— ） 西南交通大学教授，博士生导师。1989 年、1998 年先后赴德国开展研究工作，现为中国材料研究学会理事。主要从事生物材料表面改性方面的研究，承担了国家自然科学基金和国家“863”计划的研究课题，曾获四川省科技进步奖，发表学术论文 70 余篇。

目 录

第 1 章 生物医用材料的发展概况及趋势 ····· 俞耀庭 姚康德	(1)
1.1 生物医用材料发展概况及分类	(1)
1.1.1 发展概况	(1)
1.1.2 分类	(3)
1.2 生物医用新材料、新工艺概述	(3)
1.2.1 医用材料相容性	(3)
1.2.2 主要新材料简介	(4)
1.3 生物医用材料发展趋势	(9)
第 2 章 生物医用材料的生物相容性及生物学评价 ····· 史弘道	(12)
2.1 生物相容性概念和原理	(13)
2.2 生物相容性分类	(15)
2.2.1 组织相容性	(16)
2.2.2 血液相容性	(20)
2.3 生物医用材料的生物相容性评价	(24)
2.3.1 生物学评价项目的选择	(25)
2.3.2 生物学评价与新材料研究	(34)
2.3.3 生物学评价试验方法及特点	(36)
2.4 生物相容性研究及评价展望	(37)
参考文献	(39)
第 3 章 可降解与吸收材料 ····· 宋存先	(40)
3.1 发展概况	(40)
3.2 降解吸收机制及调控	(41)
3.2.1 生物材料降解的评价方法	(41)

3.2.2	降解机制	(42)
3.2.3	材料在体内的吸收和排泄	(45)
3.2.4	影响降解的因素和降解速率的调控	(46)
3.3	降解材料的分类和现状	(48)
3.3.1	天然材料	(48)
3.3.2	合成可降解材料	(48)
3.3.3	研究现状	(49)
3.4	典型的合成可降解生物材料	(50)
3.4.1	聚羟基乙酸和聚乳酸	(50)
3.4.2	聚己内酯	(55)
3.4.3	聚 β -羟基丁酸酯和羟基戊酸酯	(56)
3.4.4	聚酸酐	(57)
3.4.5	聚磷腈	(60)
3.4.6	氨基酸类聚合物	(62)
3.5	可降解材料的制品化及医学应用	(65)
3.5.1	降解材料的制品化	(65)
3.5.2	可降解装置的临床应用	(67)
3.6	展望	(70)
	参考文献	(71)

第 4 章 组织工程材料与人工器官——软组织修复与重建

.....	俞耀庭(74)
4.1 组织工程材料面临的挑战	(74)
4.2 组织工程材料——软组织修复与重建	(76)
4.2.1 组织工程材料应具备的条件	(77)
4.2.2 生物降解材料	(77)
4.2.3 组织引导材料	(82)
4.2.4 组织诱导材料	(83)
4.2.5 组织隔离材料	(83)
4.3 组织工程支架的研究与制备方法	(85)

4.4 细胞与材料的界面反应	(88)
4.4.1 细胞与材料界面反应的评价方法	(88)
4.4.2 材料化学表面对细胞的影响	(89)
4.4.3 降解材料及一般聚合物表面修饰对细胞的影响 ...	(89)
4.4.4 材料物理表面对细胞的影响	(90)
4.4.5 细胞与悬浮聚合物的影响	(91)
4.5 组织与细胞的微环境	(91)
4.5.1 细胞要素	(92)
4.5.2 可溶性生长因子	(93)
4.5.3 胞外基质	(93)
4.5.4 胞外基质对细胞功能的调控	(95)
4.6 组织工程中的人工器官	(96)
4.6.1 人工皮肤	(96)
4.6.2 人工肝支持装置	(98)
4.6.3 人工血液	(102)
4.6.4 人工神经	(106)
4.6.5 人工血管	(108)
4.6.6 人工胰	(110)
4.7 组织工程材料研究方向探讨	(111)
参考文献	(112)

第 5 章 硬组织修复与骨组织工程材料 张兴栋 (116)

5.1 生物活性陶瓷	(116)
5.1.1 生物活性玻璃陶瓷及其骨键合机制	(117)
5.1.2 羟基磷灰石生物活性陶瓷及其骨键合	(120)
5.1.3 可降解生物陶瓷及其降解机制	(122)
5.1.4 磷酸钙基骨水泥	(124)
5.1.5 生物活性陶瓷复合增强	(124)
5.2 钛合金的表面生物活化	(125)
5.2.1 医用金属表面生物活化原理	(126)

5.2.2	钛和钛合金的生物活化处理	(127)
5.3	金属植入材料的功能涂层	(130)
5.3.1	等离子喷涂羟基磷灰石涂层及其作用	(131)
5.3.2	电化学沉积磷酸钙涂层方法简介	(134)
5.3.3	多孔钛涂层和生物固定	(135)
5.3.4	涂层材料的发展	(136)
5.4	聚合物基骨替换复合材料	(137)
5.4.1	纤维增强高分子复合材料	(138)
5.4.2	钙磷增强高分子复合材料	(140)
5.4.3	展望	(142)
5.5	骨衍生材料	(142)
5.5.1	骨支架材料	(142)
5.5.2	骨基质材料	(143)
5.6	骨组织工程	(145)
5.6.1	骨生长因子及其与支架材料的复合	(146)
5.6.2	骨诱导材料及其体内成骨	(149)
5.6.3	骨组织的三维立体培养及组织工程 化骨替换材料	(151)
5.6.4	软骨和骨组织工程进展	(153)
5.6.5	骨病变的组织细胞治疗	(154)
	参考文献	(155)
第6章	口腔材料	徐恒昌 王同 (159)
6.1	口腔材料分类	(159)
6.2	口腔材料中的高分子复合材料	(159)
6.2.1	树脂基质	(160)
6.2.2	固化体系	(161)
6.2.3	无机填料	(162)
6.3	烤瓷材料	(163)
6.3.1	金属烤瓷材料	(163)