

中国材料 工程大典

中国机械工程学会 中国材料研究学会

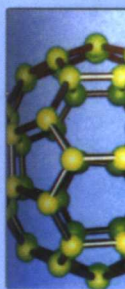


中国材料工程大典编委会

第12卷

信息功能
材料工程 (中)

王占国 陈立泉 屠海令 主编



化学工业出版社

CHINA MATERIALS ENGINEERING CANON

中国材料 工程大典

中国机械工程学会 中国材料研究学会



中国材料工程大典编委会

第12卷 信息功能材料工程（中）

王占国 陈立泉 屠海令 主编



化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

内 容 简 介

中国材料工程大典是中国机械工程学会和中国材料研究学会共同组织全国 39 位院士、百余位各学科带头人、千余位材料工程专家共同执笔编写,全面反映当今国内外材料工程领域发展的最新资料和最新成果,集实用性、先进性和权威性于一体的大型综合性工具书。中国材料工程大典包括材料工程基础、钢铁材料工程、有色金属材料工程、高分子材料工程、无机非金属材料工程、复合材料工程、信息功能材料工程、粉末冶金材料工程、材料热处理工程、材料表面工程、材料铸造成形工程、材料塑性成形工程、材料焊接工程、材料特种加工成形工程、材料表征与检测技术等内容,涵盖了材料工程的各个领域,将最新的实用数据(特别是与国际接轨的标准数据)、图表与先进实用的科研成果系统地集合起来,并附应用实例,充分展示了材料工程各领域的现状和未来。中国材料工程大典不仅可以满足现代企业正确选材,合理用材,应用先进的材料成形加工技术,提高产品质量和性能,降低产品成本,增强产品市场竞争力的需要,而且对推动中国材料科学与材料成形加工技术的不断创新,促进制造业的发展,提高我国制造业的竞争能力,具有重要的现实意义。

本书为第 12 卷,信息功能材料工程(中)。主要包括半导体低维结构和量子器件、存储材料、显示材料、通信光纤材料及其工艺、全固态激光器及相关材料、稀土磁性材料与自旋电子材料等。

本书主要供具有大专以上文化水平,从事材料工程研究的工程技术人员在综合研究和处理信息功能材料工程的各种技术问题时使用,起备查、提示和启发的作用,也可供研究人员、理工院校的有关师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国材料工程大典.第12卷,信息功能材料工程.中/王占国,陈立泉,屠海令主编.一北京:化学工业出版社,2005.8
ISBN 7-5025-7314-3

I. 中… II. ①王… ②陈… ③屠… III. ①材料科学 ②电子材料:功能材料 IV. ①TB3 ②TN04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 094439 号

中国材料工程大典

第 12 卷

信息功能材料工程(中)

中国机械工程学会

中国材料研究学会

中国材料工程大典编委会

王占国 陈立泉 屠海令 主编

责任编辑:周国庆 陈志良 李骏带

责任校对:郑捷

封面设计:雷嘉琦

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码:100029)

购书咨询:(010) 64982530

(010) 64918013

购书传真:(010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京蓝海印刷有限公司印装

开本 880mm × 1230mm 1/16 印张 47 3/4 字数 2172 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7314-3

定价:130.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换



中国材料工程大典编委会



主任：路甬祥



常务副主任：李成功



总策划：宋天虎



总策划：黄远东



总编辑：李骏带



2004.7.10-21 于青岛



中国材料工程大典编委会

顾问：师昌绪 严东生 李恒德 何光远 陆燕荪 徐匡迪 李学勇
栾恩杰 王淀佐 朱道本 颜鸣皋 黄培云 周 廉 左铁镭

主任：路甬祥

常务副主任：李成功

副主任：钟群鹏 干 勇 黄伯云 江东亮 徐滨士 王占国 潘健生 杜善义 胡正寰 柳百成 徐祖耀 陈立泉

总策划：宋天虎 黄远东

总编辑：李骏带

秘书长：黄远东（兼）

委员：（按姓氏笔画排列）

丁 辛（东华大学教授）

丁传贤（中科院上海硅酸盐研究所研究员、院士）

干 勇（钢铁研究总院院长、院士）

于月光（北京矿冶研究总院副总工程师、教授）

才鸿年（国防科工委专家咨询委委员、院士）

马世宁（装甲兵工程学院教授）

马冲先（上海材料研究所教授）

马济民（北京航空材料研究院教授）

马眷荣（中国建筑材料科学研究院教授）

马福康（北京有色金属研究总院教授）

王占国（中科院半导体研究所研究员、院士）

王务同（上海材料研究所教授）

王尔德（哈尔滨工业大学教授）

王永岩（辽宁工程技术大学教授）

王亚军（中航一集团625所副所长、教授）

王至尧（中国航天科技集团502所研究员）

王克光（中国材料研究学会秘书长、教授）

王克俭（北京航空材料研究院高级工程师）

王高潮（南昌航空工业学院教授）

王淀佐（中国工程院常务副院长、院士）

王琦安（科学技术部高新司材料处处长）

王新林（钢铁研究总院教授）

王德志（中南大学教授）

方禹之（华东师范大学教授）

尹志民（中南大学教授）

邓 炬（西北有色金属研究院教授）

左铁钊（北京工业大学教授）

左铁镭（北京工业大学教授、院士）

石力开（北京有色金属研究总院教授）

石春山（中科院长春应用化学研究所研究员）

卢世刚（北京有色金属研究总院教授）

叶小玲（中科院半导体研究所教授）

叶光斗（四川大学教授）

田志凌（钢铁研究总院副院长、教授）

田荣璋（中南大学教授）

史耀武（北京工业大学教授）

冯 涤（钢铁研究总院教授）

冯 稷（中科院物理研究所教授）

冯春祥（国防科技大学教授）

宁远涛（昆明贵金属研究所教授）

邢建东（西安交通大学教授）

师昌绪（国家自然科学基金委员会顾问、院士）

吕 炎（哈尔滨工业大学教授）

吕反修（北京科技大学教授）

同继锋（中国建筑材料科学研究院教授）

曲文生（中科院金属研究所高级工程师）

朱万森（复旦大学教授）

朱如瑾（四川大学教授）

朱绍华（装甲兵工程学院教授）

朱道本（国家自然科学基金委员会副主任、院士）

仲维卓（中科院上海硅酸盐研究所教授）

任家烈（清华大学教授）

华 林（武汉理工大学教授）

刘 明（中科院微电子所研究员）

刘正才（钢铁研究总院教授）

刘世参（装甲兵工程学院教授）

刘占阳（哈尔滨玻璃钢研究所教授）

刘邦津（钢铁研究总院教授）

刘作信（北京冶金设备研究院教授）

刘其贤（哈尔滨玻璃钢研究所研究员）

刘郁丽（西北工业大学教授）

刘治国（南京大学教授）

刘建章（西北有色金属研究院教授）

刘晋春（哈尔滨工业大学教授）

刘清友（钢铁研究总院教授）

刘献明（中科院理化技术研究所教授）

齐从谦（同济大学教授）

闫 洪（南昌大学教授）

江东亮（中科院上海硅酸盐研究所教授、院士）

许祖泽（钢铁研究总院教授）

许祖彦（中科院物理研究所研究员、院士）

阳明书（中科院化学研究所研究员）

孙 坚（上海交通大学教授）

孙加林（昆明贵金属研究所所长、教授）

杜善义（哈尔滨工业大学教授、院士）

杨 合 (西北工业大学教授)	汪明朴 (中南大学教授)
杨 武 (上海材料研究所教授)	沈 真 (中航一集团623所研究员)
杨乃宾 (北京航空航天大学教授)	沈万慈 (清华大学教授)
杨才福 (钢铁研究总院教授)	沈德忠 (清华大学教授、院士)
杨鸣波 (四川大学教授)	宋天虎 (中国机械工程学会秘书长、教授)
杨忠民 (钢铁研究总院教授)	张 力 (国防科工委经济与协调司副司长、研究员)
杨晓华 (福州大学教授)	张 扬 (四川大学教授)
杨海波 (北京科技大学教授)	张 华 (贵州安大航空锻造公司副总经理)
杨焕文 (中国有色金属学会副秘书长、教授)	张 杰 (北京科技大学教授)
杨德仁 (浙江大学教授)	张 金 (中国锻压协会秘书长、教授)
李 强 (福州大学教授)	张 峥 (北京航空航天大学教授)
李 晋 (上海材料研究所教授)	张子龙 (北京航空材料研究院高级工程师)
李 楠 (武汉科技大学教授)	张用宾 (中国建筑材料科学研究院教授)
李长久 (西安交通大学教授)	张立同 (西北工业大学教授、院士)
李龙土 (清华大学教授、院士)	张永俐 (昆明贵金属研究所教授)
李成功 (中国材料研究学会荣誉理事、教授)	张吉龙 (中国铝业公司教授)
李光福 (上海材料研究所教授)	张旭初 (中国材料工程大典编委会教授)
李志刚 (华中科技大学教授)	张佐光 (北京航空航天大学教授)
李明哲 (吉林大学教授)	张晋远 (钢铁研究总院教授)
李明辉 (上海交通大学教授)	张康侯 (昆明贵金属研究所教授)
李学勇 (科学技术部副部长)	张道中 (中科院物理研究所教授)
李虹霞 (洛阳耐火材料研究院教授)	张新民 (中南大学教授)
李恒德 (清华大学教授、院士)	陆燕荪 (原机械工业部副部长)
李贺军 (西北工业大学教授)	陈 琦 (沈阳铸造研究所教授)
李海军 (宁夏东方铝业股份有限公司高级工程师)	陈文哲 (福州大学教授)
李骏带 (中国材料工程大典编委会高级工程师)	陈世朴 (上海交通大学教授)
李鹤林 (石油天然气公司管材研究所教授、院士)	陈立泉 (中科院物理研究所教授、院士)
严东生 (中科院上海硅酸盐研究所教授、院士)	陈运远 (上海材料研究所教授)
连克仁 (苏州特种加工研究所教授)	陈志良 (化学工业出版社编审)
肖亚庆 (中国铝业公司总经理、教授)	陈国钧 (钢铁研究总院教授)
吴 行 (装甲兵工程学院教授)	陈治明 (西安理工大学校长、教授)
吴 昆 (哈尔滨工业大学教授)	陈南宁 (北京钢铁设计研究总院教授)
吴 诚 (上海材料研究所教授)	陈祝年 (山东大学教授)
吴永声 (四川大学教授)	陈晓慈 (中国第二重型机械集团公司副总工程师)
吴伟仁 (国防科工委科技与质量司司长、研究员)	陈涌海 (中科院半导体研究所研究员)
吴性良 (复旦大学教授)	陈祥宝 (北京航空材料研究院研究员)
吴科如 (同济大学教授)	陈超志 (中国机械工程学会高级工程师)
吴恩熙 (中南大学教授)	林慧国 (钢铁研究总院教授)
吴谊群 (中科院上海光学机械研究所研究员)	欧阳世翥 (中国建筑材料科学研究院教授)
吴智华 (四川大学教授)	卓尚军 (中科院上海硅酸盐研究所研究员)
吴德馨 (中科院微电子所研究员、院士)	易建宏 (中南大学教授)
何光远 (原机械工业部部长、教授)	罗祥林 (四川大学教授)
何季麟 (宁夏东方有色金属集团公司总裁、院士)	罗豪魁 (中科院上海硅酸盐研究所教授)
佟晓辉 (中国热处理行业协会研究员)	果世驹 (北京科技大学教授)
邱 勇 (清华大学教授)	周 廉 (西北有色金属研究院教授、院士)
邱冠周 (中南大学副校长、教授)	周伟斌 (化学工业出版社副社长、编审)
邱德仁 (复旦大学教授)	周国庆 (化学工业出版社副总编辑、编审)
余金中 (中科院半导体研究所研究员)	郑有炘 (南京大学教授、院士)
邹广田 (吉林大学教授、院士)	柳玉起 (华中科技大学教授)

柳百成 (清华大学教授、院士)
胡玉亭 (太原钢铁集团公司总工程师、教授)
胡正寰 (北京科技大学教授、院士)
南策文 (清华大学教授)
赵万生 (哈尔滨工业大学教授)
赵有文 (中科院半导体研究所研究员)
赵国群 (山东大学教授)
赵金榜 (上海市涂料研究所教授)
赵梓森 (武汉邮电科学研究院研究员、院士)
赵慕岳 (中南大学教授)
钟群鹏 (北京航空航天大学教授、院士)
施东成 (北京科技大学教授)
施剑林 (中科院上海硅酸盐研究所教授)
姜不居 (清华大学教授)
姜晓霞 (中科院金属研究所研究员)
祖荣祥 (钢铁研究总院教授)
姚燕 (中国建筑材料科学研究院院长、教授)
贺守华 (国防科工委经济与协调司处长)
耿林 (哈尔滨工业大学教授)
聂大钧 (宁夏东方有色金属集团公司教授)
贾成厂 (北京科技大学教授)
顾冬红 (中科院上海光学机械研究所研究员)
夏巨湛 (华中科技大学教授)
夏志华 (北京有色金属研究总院教授)
俸培宗 (化学工业出版社社长、编审)
徐匡迪 (中国工程院院长、院士)
徐廷献 (天津大学教授)
徐建军 (四川大学教授)
徐祖耀 (上海交通大学教授、院士)
徐家文 (南京航空航天大学教授)
徐跃明 (中国机械工程学会热处理学会研究员)
徐滨士 (装甲兵工程学院教授、院士)
殷树言 (北京工业大学教授)
翁宇庆 (中国金属学会理事长、教授)
郭会光 (太原重机学院教授)
郭景杰 (哈尔滨工业大学教授)
高瑞萍 (国家自然科学基金委员会研究员)
栾恩杰 (国防科工委专家咨询委主任、研究员)
唐仁政 (中南大学教授)
唐汝钧 (上海材料研究所教授)
唐志玉 (四川大学教授)
唐昌世 (首都钢铁集团公司教授)
益小苏 (北京航空材料研究院教授)
涂善东 (南京工业大学教授)
黄勇 (清华大学教授)
黄天佑 (清华大学教授)
黄玉东 (哈尔滨工业大学教授)
黄本立 (厦门大学教授、院士)
黄远东 (中国材料工程大典编委会高级工程师)

黄伯云 (中南大学校长、院士)
黄校先 (中科院上海硅酸盐研究所教授)
黄培云 (中南大学教授、院士)
曹勇家 (钢铁研究总院教授)
曹湘洪 (中国石油化工股份有限公司董事、院士)
龚七一 (中国化工学会秘书长、教授)
崔健 (上海宝钢集团公司副总经理、教授)
康喜范 (钢铁研究总院教授)
梁齐 (上海交通大学教授)
梁军 (哈尔滨工业大学教授)
梁志杰 (装甲兵工程学院高级工程师)
屠海令 (北京有色金属研究总院院长、教授)
隋同波 (中国建筑材料科学研究院教授)
韩凤麟 (中机协粉末冶金分会教授)
彭艳萍 (国防科工委科技与质量司高级工程师)
葛子干 (北京航空材料研究院院长、教授)
董瀚 (钢铁研究总院教授)
董汉山 (英国伯明翰大学教授)
董首山 (中科院金属研究所研究员)
董祖珏 (机械科学研究院教授)
董湘怀 (上海交通大学教授)
蒋力培 (北京石油化工学院教授)
蒋建平 (浙江大学教授)
傅绍云 (中科院理化技术研究所研究员)
储君浩 (上海技术物理研究所教授)
谢邦互 (四川大学教授)
谢里阳 (东北大学教授)
谢建新 (北京科技大学副校长、教授)
鄢国强 (上海材料研究所教授)
雷天民 (西安理工大学教授)
路甬祥 (中国机械工程学会理事长、院士)
解应龙 (哈尔滨焊接技术培训中心教授)
解思深 (中科院物理研究所教授、院士)
雍歧龙 (钢铁研究总院教授)
蔡中义 (吉林大学教授)
漆玄 (上海交通大学教授)
谭抚 (中国硅酸盐学会副秘书长、教授)
熊守美 (清华大学教授)
靳常青 (中科院物理研究所教授)
樊东黎 (中国热处理行业协会教授)
黎文献 (中南大学教授)
颜永年 (清华大学教授)
颜鸣皋 (北京航空材料研究院教授、院士)
潘正安 (化学工业出版社总编辑、编审)
潘叶金 (中南大学教授)
潘振魁 (中科院上海硅酸盐研究所教授)
潘健生 (上海交通大学教授、院士)
燕瑛 (中国复合材料学会秘书长、教授)
戴国强 (科学技术部高新司副司长)

鸣 谢

在编写过程中，得到以下部门和单位的支持和协作，使《中国材料工程大典》得以顺利编撰完成。在此，中国材料工程大典编委会代表全体作者表示衷心感谢！

支持部门：中华人民共和国科学技术部

国防科学技术工业委员会

国家自然科学基金委员会

中国科学技术协会

中国科学院

中国工程院

协 作 单 位

钢铁研究总院

北京有色金属研究总院

北京航空材料研究院

中国建筑材料科学研究院

中国科学院金属研究所

中国科学院上海硅酸盐研究所

上海宝钢集团公司

中国石油化工集团公司

中国铝业公司

清华大学

中南大学

太原钢铁集团公司

西北有色金属研究院

宁夏东方有色金属集团公司

华中科技大学

中国第二重型机械集团公司

北京科技大学

北京航空航天大学

中国航天集团第 703 研究所

中国特种设备检测研究中心

哈尔滨工业大学

贵州安大航空锻造公司

东北大学

西安重型机械研究所

中国科学院半导体研究所

四川大学

北京航空制造工程研究所

中国科学院物理研究所

西北工业大学

北京矿冶研究总院

沈阳铸造研究所

江苏法尔胜公司

序

材料是当代社会经济发展的物质基础，也是制造业发展的基础和重要保障。进入 21 世纪以来，随着经济全球化的发展和中国的崛起，现代制造业的重心正不断向中国转移。据统计，今天中国制造业直接创造国民生产总值的 1/3 以上，约占全国工业生产的 4/5，为国家财政提供 1/3 以上的收入，占出口总额的 90%。但是与发达国家相比，我国制造业的水平不高、自主创新能力不足、高端市场竞争力还不强。我国虽然已是世界制造业大国，但还不是世界制造业强国。在有关因素中，材料工程基础薄弱是制约我国制造业发展的关键因素。广义的材料工程包括材料制备、测试和加工成形过程。为了提高我国制造业的水平和竞争力，突破材料工程这个薄弱环节，中国机械工程学会和中国材料研究学会牵头，会同中国金属学会、中国化工学会、中国硅酸盐学会、中国有色金属学会、中国复合材料学会共同组织编撰《中国材料工程大典》（简称《材料大典》），其目的是力图为我国制造业提供一部集科学性、先进性和实用性于一体的综合性专业工具书。以满足广大科技工作者的迫切需求，为科技自主创新和我国制造业的崛起加强技术基础。

经过 5 年多的艰苦努力，《材料大典》终将出版了。这部共 26 卷约 7000 万字的巨著，是 39 位两院院士和 1200 余位参编专家教授们辛勤劳动的智慧结晶。有的作者为此牺牲了健康，如一位退休了的总工程师，为了把他多年的研究成果和实践经验写成书稿，由于长时间写作，导致眼睛视网膜脱落……。这种敬业精神与坚强毅力是值得学习铭记的。借此机会，我们要感谢中国金属学会、中国化工学会、中国硅酸盐学会、中国有色金属学会、中国复合材料学会的支持。这些学会的众多专家教授积极参与了《材料大典》编写工作，与中国机械工程学会和中国材料研究学会的专家教授一起完成这项艰巨任务，从而使《材料大典》在完整性与先进性、科学性与实用性的结合上得到了加强；我们要感谢科学技术部、国防科学技术工业委员会、国家自然科学基金委员会、中国科学技术协会、中国科学院、中国工程院，以及各协作单位对编写工作的大力支持和积极帮助；我们也要感谢师昌绪院士等顾问的殷切指导，他们在编委会的两次工作会议上提出了许多重要的意见和建议，平时也给予了经常关心和指导，使我们少走了许多弯路；我们还要对关心和支持《材料大典》编写工作的科研院所、院校、企业以及有关人员表示感谢。没有大家的支持与协同，就不可能有《材料大典》的成功编写和顺利出版。

《材料大典》既总结了 10 多年来在材料工程方面的最新数据、图表及科研成果，还汇集了国内外在材料工程方面的成熟经验和先进理念，它体现了科学性、先进性和实用性的结合。可供具有大专以上文化水平的有关工程技术人员查阅使用，也可供理工院校的师生参考。

编撰《材料大典》涉及范围广，难度大，书中不可避免地会存在一些缺点和不足之处，恳请各位读者指正。

中国机械工程学会理事长
中国材料工程大典编委会主任

2005 年 9 月 23 日

《信息功能材料工程》卷是《中国材料工程大典》中的卷目之一。

信息功能材料是信息科学技术和信息产业发展的基础和先导。21 世纪将是信息产业为核心的知识经济时代,对信息技术和信息资源的竞争将更加激烈。我国电子信息行业 2004 年完成产品销售收入达 26500 亿元,多年来已居外贸出口首位,并继续以高出工业发展速度 10% 的速度发展,已成为世界信息产业大国。加快由信息产业大国向信息产业强国迈进的步伐,是我们广大从事信息技术,特别是信息功能材料工作者义不容辞的责任。希望《中国材料工程大典》中《信息功能材料工程》卷的出版,将有力推动我国信息技术和信息产业的健康发展。

《信息功能材料工程》分上、中、下卷,共设 20 篇,约 600 万字。它涉及到信息的获取、传输、存储、显示和处理等主要技术用的材料与器件,是目前我国该领域比较完整的专业工具书。参加这部书编写的有中国科学院、高等院校和部分企业的专家教授近 200 名。参加编写的主要单位有中国科学院半导体研究所、中国科学院物理研究所、中国科学院微电子研究所、中国科学院上海精密光学机械研究所、中国科学院上海红外技术物理研究所、中国科学院长春应用化学研究所、中国科学院合肥固体物理所、南京大学、清华大学、西安理工大学、北京有色金属研究总院、武汉邮电科学研究院等。历时近 3 年完稿。由王占国、陈立泉、屠海令任主编并统稿。

各篇的主编如下:

第 1 篇	概论	王占国
第 2 篇	半导体硅材料	杨德仁
第 3 篇	集成电路制造技术	吴德馨 刘 明
第 4 篇	硅基异质结构材料和器件	余金中
第 5 篇	化合物半导体材料	屠海令 赵有文
第 6 篇	宽带隙半导体及其应用	郑有
第 7 篇	半导体低维结构和量子器件	陈涌海 叶小玲 王占国
第 8 篇	存储材料	顾冬红 吴谊群
第 9 篇	显示材料	邱 勇 应根裕
第 10 篇	通信光纤材料及其工艺	赵梓森
第 11 篇	全固态激光器及相关材料	许祖彦 沈德忠
第 12 篇	稀土磁性材料与自旋电子材料	刘治国
第 13 篇	超导材料	陈立泉 靳常青
第 14 篇	传感器材料	陈治明 雷天民
第 15 篇	红外材料	褚君浩
第 16 篇	先进储能材料	陈立泉
第 17 篇	一维纳米材料和纳米结构	张立德 解思深
第 18 篇	发光材料	石春山
第 19 篇	微加工技术	冯 毅
第 20 篇	光子晶体	张道中

本卷各篇不仅全面系统地反映了国内外信息功能材料研究领域的现状、最新进展和发展趋势,而且特别注重我国在该领域的研发和产业化方面取得的成果,力图使其具有实用性、先进性和权威性。本书适合于从事信息功能材料的科研工作者和工程技术人员查阅使用,也可供有关师生参考。

感谢有关单位和参编作者的大力支持和共同努力,由于编写时间和编者水平所限,书中的不当之处,恳请读者批评指正。

王占国 陈立泉 屠海令

2005年12月19日

篇 目

第1卷 材料工程基础

主编：师昌绪院士 钟群鹏院士 李成功教授

第1篇	材料科学与工程概论	主编：师昌绪院士	李成功教授	刘治国教授
第2篇	材料成形基础理论	主编：董湘怀教授		
第3篇	材料成形数值模拟	主编：柳玉起教授		
第4篇	材料成形优化设计方法	主编：赵国群教授		
第5篇	材料失效分析	主编：钟群鹏院士	李鹤林院士	张 峥教授
第6篇	材料强度设计	主编：谢里阳教授	王永岩教授	

第2、3卷 钢铁材料工程（上、下）

主编：干 勇院士 田志凌教授 董 瀚教授 冯 涤教授 王新林教授

第1篇	概论	主编：干 勇院士		
第2篇	钢铁牌号表示方法	主编：林慧国教授		
第3篇	铁	主编：祖荣祥教授		
第4篇	铸铁与铸钢	主编：陈 琦教授	彭兆弟教授	
第5篇	非合金钢	主编：杨忠民教授		
第6篇	低合金钢	主编：董 瀚教授	雍歧龙教授	刘清友教授 杨才福教授
第7篇	超细晶钢	主编：刘正才教授		
第8篇	镍基和铁镍基耐蚀合金	主编：康喜范教授		
第9篇	电热合金	主编：唐昌世教授		
第10篇	高温合金	主编：冯 涤教授		
第11篇	金属功能材料	主编：王新林教授	陈国钧教授	
第12篇	钢铁焊接材料	主编：田志凌教授		
第13篇	合金钢	主编：董 瀚教授		

第4、5卷 有色金属材料工程（上、下）

主编：黄伯云院士 李成功教授 石力开教授 邱冠周教授 左铁镛院士

第1篇	概论	主编：黄伯云院士	邱冠周教授	
第2篇	铝及铝合金	主编：田荣璋教授	肖亚庆教授	
第3篇	镁及镁合金	主编：黎文献教授		
第4篇	铜及铜合金	主编：汪明朴教授	尹志民教授	
第5篇	镍、钴及其合金	主编：唐仁政教授		
第6篇	锌、铅、锡及其合金	主编：田荣璋教授		
第7篇	钛及钛合金	主编：李成功教授	马济民教授	邓 炬教授
第8篇	钨、钼及其合金	主编：王德志教授	潘叶金教授	
第9篇	硬质合金	主编：吴恩熙教授		
第10篇	钽、铌及其合金材料	主编：何季麟院士		
第11篇	铍、锆、钨及其合金材料	主编：刘建章教授	聂大钧教授	
第12篇	贵金属及其合金材料	主编：孙加林教授	张康侯教授	宁远涛教授 张永俐教授
第13篇	有色金属层状复合材料	主编：张新明教授	谢建新教授	
第14篇	有色金属新材料	主编：石力开教授	左铁镛院士	

第6、7卷 高分子材料工程（上、下）

主编：杨鸣波教授 唐志玉教授

第1篇	概论	主编：杨鸣波教授	唐志玉教授
第2篇	塑料工程	主编：吴智华教授	
第3篇	有机纤维	主编：叶光斗教授	徐建军教授
第4篇	橡胶工程	主编：谢邦互教授	

第5篇	高分子胶黏剂	主编：朱如瑾教授
第6篇	功能高分子	主编：罗祥林教授
第7篇	皮革材料	主编：张 扬教授

第8、9卷 无机非金属材料工程（上、下）

主编：江东亮院士 李龙土院士 欧阳世翕教授 施剑林教授

第1篇	概论	主编：江东亮院士		
第2篇	结构陶瓷	主编：江东亮院士	黄校先教授	潘振甦教授
第3篇	功能陶瓷	主编：李龙土院士	徐廷献教授	
第4篇	传统陶瓷	主编：同继锋教授		
第5篇	玻璃	主编：马眷荣教授		
第6篇	晶体材料	主编：罗豪甦教授	仲维卓教授	
第7篇	无机涂层材料	主编：丁传贤院士	赵金榜教授	
第8篇	耐火材料	主编：李 楠教授	张用宾教授	李虹霞教授
第9篇	碳、石墨材料	主编：李龙土院士	沈万慈教授	
第10篇	水泥与混凝土	主编：隋同波教授		
第11篇	其他新型无机材料	主编：施剑林教授		

第10卷 复合材料工程

主编：益小苏教授 杜善义院士 张立同院士

第1篇	复合材料导论	主编：益小苏教授		
第2篇	复合材料用增强体材料	主编：冯春祥教授	楚增勇教授	
第3篇	聚合物基体材料	主编：陈祥宝教授		
第4篇	纺织复合材料	主编：丁 辛教授		
第5篇	复合材料界面	主编：黄玉东教授		
第6篇	工业聚合物基复合材料与玻璃钢	主编：刘其贤教授	刘占阳教授	高红梅教授
第7篇	先进树脂基复合材料	主编：杨乃滨教授		
第8篇	热塑性聚合物基复合材料	主编：张 忠教授	傅绍云教授	
第9篇	金属基复合材料	主编：耿 林教授	吴 昆教授	
第10篇	陶瓷（玻璃）基复合材料	主编：张立同院士	黄 勇教授	
第11篇	碳基复合材料	主编：张立同院士	李贺军教授	
第12篇	水泥基复合材料	主编：吴科如教授		
第13篇	复合材料力学问题与设计	主编：杜善义院士	梁 军教授	
第14篇	复合材料结构设计与分析	主编：沈 真教授		
第15篇	复合材料性能实验、表征与质量控制	主编：张佐光教授	张子龙教授	
第16篇	功能复合材料与新型复合材料	主编：刘献明教授	傅绍云教授	张 忠教授

第11、12、13卷 信息功能材料工程（上、中、下）

主编：王占国院士 陈立泉院士 屠海令教授

第1篇	概论	主编：王占国院士		
第2篇	半导体硅材料	主编：杨德仁教授		
第3篇	集成电路制造技术	主编：吴德馨院士	刘 明研究员	
第4篇	硅基异质结构材料和器件	主编：余金中研究员		
第5篇	化合物半导体材料	主编：屠海令教授	赵有文研究员	
第6篇	宽带隙半导体及其应用	主编：郑有蚪院士		
第7篇	半导体低维结构和量子器件	主编：陈涌海研究员	叶小玲教授	王占国院士
第8篇	存储材料	主编：顾冬红研究员	吴谊群研究员	
第9篇	显示材料	主编：邱 勇教授	应根裕教授	
第10篇	通信光纤材料及其工艺	主编：赵梓森院士		
第11篇	全固态激光器及相关材料	主编：许祖彦院士	沈德忠院士	
第12篇	稀土磁性材料与自旋电子材料	主编：刘治国教授		
第13篇	超导材料	主编：陈立泉院士	靳常青教授	
第14篇	传感器材料	主编：陈治明教授	雷天民教授	
第15篇	红外材料	主编：褚君浩教授		

第16篇	先进储能材料	主编: 陈立泉院士	
第17篇	一维纳米材料和纳米结构	主编: 张立德教授	解思深院士
第18篇	发光材料	主编: 石春山研究员	
第19篇	微加工技术	主编: 冯 稷教授	
第20篇	光子晶体	主编: 张道中教授	

第14卷 粉末冶金材料工程

主编: 韩凤麟教授 马福康教授 曹勇家教授

第1篇	概论	主编: 韩凤麟教授	
第2篇	金属粉末生产与特性	主编: 韩凤麟教授	夏志华教授
第3篇	金属粉末性能测试与相应标准	主编: 张晋远教授	
第4篇	成形与固结	主编: 果世驹教授	
第5篇	后续加工与质量控制	主编: 贾成厂教授	
第6篇	粉末冶金材料	主编: 曹勇家教授	马福康教授 易建宏教授
第7篇	粉末冶金材料应用与新发展	主编: 王尔德教授	韩凤麟教授

第15卷 材料热处理工程

主编: 樊东黎教授 潘健生院士 徐跃明研究员 佟晓辉研究员

第1篇	概论	主编: 樊东黎教授
第2篇	材料热处理技术基础	主编: 樊东黎教授
第3篇	材料热处理工艺	主编: 徐跃明研究员
第4篇	热处理设备	主编: 佟晓辉研究员
第5篇	材料热处理	主编: 徐跃明研究员
第6篇	热处理 CAD/CAM/CAE	主编: 潘健生院士
第7篇	热处理清洁生产和安全	主编: 樊东黎教授
第8篇	热处理质量控制与无损检测	主编: 佟晓辉研究员

第16、17卷 材料表面工程(上、下)

主编: 徐滨士院士 刘世参教授

第1篇	概论	主编: 徐滨士院士	刘世参教授
第2篇	材料服役中表面的失效行为及防治	主编: 涂善东教授	
第3篇	表面覆层形成与结合机理	主编: 徐滨士院士	朱绍华教授
第4篇	涂装	主编: 吴 行教授	
第5篇	热喷涂	主编: 徐滨士院士	李长久教授
第6篇	堆焊	主编: 董祖珏教授	
第7篇	电镀与电刷镀	主编: 马世宁教授	
第8篇	化学镀与转化膜技术	主编: 姜晓霞研究员	董首山研究员
第9篇	化学热处理	主编: 董汉山教授	
第10篇	热浸镀	主编: 刘邦津教授	
第11篇	气相沉积技术及功能薄膜材料制备	主编: 吕反修教授	
第12篇	高能束表面处理技术	主编: 左铁钊教授	
第13篇	纳米表面工程	主编: 徐滨士院士	
第14篇	封存与包装	主编: 梁志杰高工	
第15篇	表面工程技术设计	主编: 徐滨士院士	朱绍华教授
第16篇	表面工程质量控制与检测	主编: 史耀武教授	

第18、19卷 材料铸造成形工程(上、下)

主编: 柳百成院士 黄天佑教授

第1篇	概论	主编: 柳百成院士
第2篇	铸造合金及其熔炼	主编: 邢建东教授
第3篇	铸造成形工艺技术基础	主编: 郭景杰教授
第4篇	砂型铸造	主编: 黄天佑教授
第5篇	特种铸造	主编: 姜不居教授

第6篇	铸造成形 CAD/CAE	主编:熊守美教授
第7篇	铸造生产质量检测及控制	主编:黄天佑教授

第20、21卷 材料塑性成形工程(上、下)

主编:胡正寰院士 夏巨谌教授

第1篇	概论	主编:夏巨谌教授	张金教授
第2篇	锻造成形	主编:夏巨谌教授	郭会光教授
第3篇	板料冲压成形	主编:杨合教授	华林教授 刘郁丽教授
第4篇	板型管轧制成形	主编:张杰教授	杨海波教授 施东成教授
		陈南宁教授	
第5篇	零件轧制成形	主编:胡正寰院士	华林教授
第6篇	特种锻造	主编:王高潮教授	
第7篇	板管特种成形	主编:李明哲教授	蔡中义教授
第8篇	型材挤压成形	主编:夏巨谌教授	闫洪教授
第9篇	塑性成形 CAD/CAM	主编:李志刚教授	
第10篇	塑性成形质量控制与检测	主编:吕炎教授	

第22、23卷 材料焊接工程(上、下)

主编:史耀武教授

第1篇	概论	主编:史耀武教授	
第2篇	材料焊接加工技术基础	主编:史耀武教授	
第3篇	焊接方法与设备	主编:史耀武教授	殷树言教授
第4篇	材料焊接	主编:史耀武教授	任家烈教授
第5篇	焊接生产过程自动化	主编:蒋力培教授	
第6篇	焊接结构设计	主编:陈祝年教授	
第7篇	焊接结构制造	主编:史耀武教授	
第8篇	焊接生产质量管理与无损检测	主编:解应龙教授	
第9篇	焊接结构服役与再制造	主编:史耀武教授	

第24、25卷 材料特种加工成形工程(上、下)

主编:王至尧研究员

第1篇	概论	主编:齐从谦教授	
第2篇	材料电火花成形加工技术	主编:刘晋春教授	白基成教授 郭永丰教授
第3篇	材料数控电火花线切割技术	主编:李明辉教授	
第4篇	材料电化学加工技术	主编:徐家文教授	
第5篇	材料高能束流加工技术	主编:王亚军教授	
第6篇	快速原型与快速制造	主编:颜永年教授	
第7篇	电加工机床质量控制与检测	主编:连克仁教授	

第26卷 材料表征与检测技术

主编:徐祖耀院士 黄本立院士 鄢国强教授

第1篇	概论	主编:徐祖耀院士	黄本立院士	陈文哲教授
		鄢国强教授	朱万森教授	
第2篇	化学成分分析方法	主编:黄本立院士	吴诚教授	方禹之教授
		邱德仁教授	吴性良教授	
第3篇	常用材料化学成分分析	主编:鄢国强教授	马冲先教授	卓尚军研究员
第4篇	材料物理性能测试	主编:陈文哲教授	李强教授	
第5篇	材料力学性能测试	主编:陈文哲教授	陈运远教授	杨晓华教授
第6篇	材料化学性能测试	主编:杨武教授	李光福教授	
第7篇	金相分析	主编:唐汝钧教授	李晋教授	
第8篇	无损检测	主编:王务同教授	杨晓华教授	
第9篇	X射线衍射分析	主编:漆玄教授	蒋建中教授	
第10篇	电子显微分析	主编:陈世朴教授	孙坚教授	
第11篇	核技术分析及其他检测与表征技术	主编:陈世朴教授	梁齐教授	

目 录

第7篇 半导体低维结构和量子器件	1
第1章 概述	3
1 半导体低维结构的定义	3
2 半导体低维结构材料的基本特性	3
2.1 量子尺寸(约束)效应	3
2.2 量子隧穿效应	4
2.3 库仑阻塞效应	4
2.4 量子干涉效应	5
2.5 二维电子气和量子霍尔(Hall)效应	5
3 半导体低维结构的制备技术	5
3.1 分子束外延(MBE)技术	5
3.2 金属有机物化学气相沉积(MOCVD)技术	6
3.3 半导体微结构材料生长和精细加工相结合的制备技术	6
3.4 应变自组装纳米半导体结构生长技术	6
4 半导体低维结构材料的评价技术	6
4.1 近场光学显微镜	6
4.2 显微拉曼光谱技术	7
5 半导体量子器件	8
5.1 低维结构半导体电子器件	8
5.2 低维结构半导体光电子器件	9
6 半导体低维结构材料和量子器件的发展趋势	11
第2章 半导体低维结构物理	12
1 GaAs/AlGaAs 调制掺杂异质结构中的二维电子气	12
1.1 二维电子(2DEG)的形成	12
1.2 2DEG的能级结构	12
1.3 2DEG的面密度 N_s	13
1.4 2DEG的散射机制	14
1.5 强磁场中的2DEG	15
1.6 量子霍尔效应	15
2 量子阱和超晶格	18
2.1 计算电子能级结构的包络函数模型	18
2.2 量子阱的能级结构	18
2.3 超晶格的能级结构	20
2.4 量子阱、超晶格的光学性质	21
2.5 双势垒结构中的共振隧穿现象	23
3 量子线和量子点	25
3.1 量子线的电子能级结构	25
3.2 量子点的电子能级结构	25
3.3 量子线、量子点的光学性质	27
第3章 半导体低维结构材料的制备技术	32
1 金属有机气相外延	32
1.1 生长系统	32
1.2 原材料	33
1.3 生长机构	37
1.4 化合物半导体材料的外延生长	42
2 分子束外延(molecular beam epitaxy)	53
2.1 设备	54
2.2 基本原理	55
2.3 生长技术	57
2.4 MBE的衍生技术	59
2.5 分子束外延材料及其应用	61
3 半导体低维结构材料的制备方法	64
3.1 晶格匹配 GaAs/AlGaAs 量子阱材料的MBE生长技术	64
3.2 量子阱结构的应变异质外延生长	65
3.3 层状异质结构生长与精细加工相结合制备量子线、量子点结构	65
3.4 量子线、量子点的化学合成方法	66
3.5 量子线的VLS生长技术	66
3.6 量子线的MBE直接生长方法	66
3.7 应变自组装生长量子点、量子线结构	67
3.8 量子点的可控生长技术	69
第4章 半导体低维结构材料的评价技术	73
1 透射电子显微分析技术	73
1.1 工作原理	73
1.2 TEM结构	73
1.3 工作模式	73
1.4 TEM制样	74
1.5 应用实例	74
2 扫描电子显微镜技术	75
2.1 工作原理	75
2.2 工作模式	75
2.3 SEM样品制备	76
2.4 应用实例	76
3 扫描隧道电流显微镜技术	76
3.1 工作原理	76
3.2 隧道电流谱	76
3.3 半导体样品的制备和处理	77
3.4 应用实例	77
4 原子力显微镜(AFM)测试技术	78
4.1 工作原理	78
4.2 AFM工作模式	78
4.3 针尖效应	79
4.4 AFM的应用	79
5 X射线散射(XRD)技术	79
5.1 工作原理	79
5.2 X散射技术的种类	80
5.3 倒格子空间的扫描模式	81
5.4 应用	81
6 光荧光谱和荧光激发光谱技术	82
6.1 工作原理	82
6.2 实验装置	82
6.3 空间分辨PL谱技术	83
6.4 应用实例	83
7 反射高能电子衍射	84
7.1 工作原理	84
7.2 RHEED的应用	84
8 反射差分谱	85
8.1 工作原理	85
8.2 应用实例	86
第5章 半导体高频、高速微电子器件及其应用	88
1 场效应器件	88
1.1 GaAs MESFET	89
1.2 GaAs HEMT	89

1.3 InP HEMT 器件	91	参考文献	137
1.4 MHEMT (Metamorphic High Electron Mobility Transistor, 变晶格高电子迁移率晶体管)	92	第8篇 存储材料	141
1.5 InAs HEMT	93	第1章 概述	143
1.6 GaN HEMT	93	1 光盘存储技术的发展	143
2 异质结双极晶体管 (HBT)	95	2 高密度光盘存储材料	144
2.1 GaAs HBT	96	2.1 可录型光盘存储材料	144
2.2 InP HBT	97	2.2 相变型光盘存储材料	144
2.3 MHEMT (Metamorphic Heterojunction Bipolar Transistor, 变晶格异质结双极晶体管)	100	3 超高密度光存储材料	144
2.4 InAs HBT	102	3.1 光学全息存储材料	144
2.5 SiGe HBT	102	3.2 近场光存储材料	145
2.6 GaN-Based HBT	104	3.3 电子俘获光存储材料	145
第6章 半导体量子阱激光器	105	3.4 光子选通光存储材料	145
1 量子阱中电子的能量状态和状态密度分布	105	3.5 双光子吸收光存储材料	146
2 量子阱的光学增益	106	3.6 多波长多阶光存储材料	146
3 量子阱激光器的特性	107	4 磁性和磁光存储材料	146
3.1 阈值电流特性	107	4.1 磁性存储材料	146
3.2 光谱线宽特性	107	4.2 磁记录磁头材料	147
3.3 温度特性	107	4.3 磁光盘存储材料	147
3.4 偏振选择特性	107	4.4 光磁混合存储材料	147
3.5 动态特性	108	5 非易失性存储材料	148
4 应变量子阱激光器	108	第2章 可录光盘存储材料	149
4.1 晶格失配与应变	108	1 CD-R 光盘存储材料	149
4.2 应变量子阱能带结构	109	1.1 CD-R 光盘存储材料概述	150
4.3 应变量子阱增益	110	1.2 CD-R 光盘存储材料的光谱性质	152
4.4 应变量子阱激光器	111	1.3 CD-R 光盘存储材料的光学常数	154
5 量子阱激光器的制备技术	112	1.4 CD-R 光盘存储材料的热学性质	154
5.1 MOCVD	112	1.5 CD-R 光盘的记录性能测试主要参数	155
5.2 MBE	112	2 DVD-R 光盘存储材料	157
6 半导体量子阱激光器的应用	113	2.1 DVD-R 光盘存储材料概述	158
6.1 光纤通信	113	2.2 DVD-R 光盘存储材料的光谱性质	159
6.2 光存储	113	2.3 DVD-R 光盘存储材料的光学常数	159
6.3 激光二极管泵浦固体激光器 (DPSS)	114	2.4 DVD-R 光盘存储材料的热学性质	160
6.4 气体探测	114	2.5 DVD-R 光盘的记录性能测试主要参数	160
6.5 低维量子限制激光器	115	2.6 可录光盘存储数据寿命预测	161
第7章 新型半导体量子器件	116	3 蓝光可录光盘存储材料	162
1 量子阱红外探测器	116	3.1 无机蓝光可录光存储材料	162
1.1 工作原理	116	3.2 有机蓝光可录光存储材料	164
1.2 GaAs/AlGaAs 量子阱红外探测器性能	117	第3章 相变光存储材料	168
1.3 热电子晶体管探测器	118	1 相变光存储原理	168
1.4 多色量子阱红外探测器	118	2 相变光存储材料的重要性质	169
1.5 量子点红外探测器	119	2.1 对激光的响应	169
1.6 焦平面阵列 (FPA)	120	2.2 反射率对比度	169
1.7 FPA 应用	120	2.3 擦除速度和稳定性	170
2 量子级联激光器	122	2.4 写/擦循环性能	171
2.1 量子级联激光器的工作原理	123	3 重要的相变光存储材料体系	172
2.2 量子级联激光器的结构与特性	126	3.1 Ge-Sb-Te 三元化合物	172
2.3 量子级联激光器的应用	127	3.2 In-Ag-Sb-Te 四元合金	173
2.4 量子级联激光器研究的新进展	128	3.3 其他相变光存储材料	174
3 垂直腔面发射激光器	129	4 相变光存储材料的掺杂改性	175
3.1 VCSEL 结构	130	4.1 掺杂金属元素	175
3.2 VCSEL 基本特性	131	4.2 掺杂气体元素	177
3.3 各类 VCSEL	133	5 超高密度相变光存储	177
4 量子点激光器	134	5.1 近场光存储	177
4.1 量子点激光器的特性	134	5.2 超分辨技术	178
4.2 量子点激光器的结构	135	5.3 超分辨近场结构	178
4.3 量子点激光材料的外延生长	135	第4章 光学全息存储材料	180
4.4 GaAs 基长波长量子点激光器	135	1 光学全息存储的基本原理	180
		1.1 基本原理	180

1.2 全息存储的特点	180	4.2 多进制存储	211
1.3 全息存储的分类	180	4.3 破坏性读出	211
1.4 全息存储记录材料的性能表征	181	4.4 存储信息的稳定性	211
1.5 全息存储对记录材料的要求	181	4.5 数据传输速率	211
2 卤化银乳胶全息记录材料	181	4.6 应用	212
2.1 卤化银乳胶全息记录材料的构成和 光化学反应原理	181	第7章 光子选通光存储材料	213
2.2 卤化银全息记录材料的显影	181	1 无机材料	213
2.3 定影过程	181	1.1 Sm^{2+} 掺杂 PGSHB 无机材料体系	213
2.4 漂白过程	182	1.2 Eu^{2+} 掺杂玻璃体系	215
3 重铬酸盐明胶 (DCG)	182	2 有机材料	215
3.1 重铬酸盐明胶的光化学反应原理	182	2.1 卟啉类化合物	215
3.2 处理方法	182	2.2 有机聚合物	217
3.3 性能特点及其应用	182	第8章 双光子吸收光存储材料	218
4 光致聚合物	182	1 双光子激发光致变色材料	218
4.1 光致聚合物全息存储的机理	183	2 双光子激发光致聚合材料	219
4.2 光致聚合物的构成	183	3 双光子激发光致氧化材料	219
4.3 光聚合物的高密度全息记录特性	183	4 双光子激发光致荧光漂白材料	220
4.4 光致聚合物的高密度全息存储特性	185	5 双光子激发光折变材料	221
5 光折变晶体	185	第9章 多波长多阶光存储材料	222
5.1 光折变晶体产生光折变效应的原理	186	1 二芳基乙烯光致变色材料	223
5.2 光折变全息图的挥发和固定	186	2 螺吡喃光致变色材料	225
5.3 光折变晶体的分类	186	3 胆甾醇型液晶材料	225
5.4 铌酸锂晶体的生长与性能	187	4 其他材料	225
6 光折变聚合物	187	第10章 磁性存储材料	226
6.1 非线性聚合物为基体的系统	187	1 磁记录过程简介	226
6.2 以惰性聚合物为基体的系统	187	1.1 模拟式磁记录	226
6.3 以电荷传输体聚合物为基体的系统	188	1.2 数字式磁记录	226
6.4 玻璃态和全功能型光折变聚合物材料	188	2 磁记录材料综述	226
6.5 液晶光折变聚合物材料	189	3 水平磁记录磁粉材料	227
7 光致变色材料	189	3.1 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 磁粉	227
7.1 光致变色材料的光致变色机理	189	3.2 包钴的 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 磁粉	227
7.2 光致变色材料的全息性能	189	3.3 CrO_2 磁粉	227
8 光导热塑材料	189	3.4 金属磁粉	228
8.1 光导热塑材料的全息记录机理	189	4 水平磁记录连续薄膜及介质	228
8.2 光导热塑材料的成分	189	4.1 高密度化对记录介质的要求	228
8.3 材料的全息性能	189	4.2 高密度水平磁记录连续薄膜介质的制备	228
9 其他存储材料	190	4.3 超高密度水平磁存储薄膜介质	229
9.1 光致抗蚀剂	190	5 垂直磁记录及存储材料	232
9.2 金属薄膜	190	5.1 高密度(短波长)记录中出现的问题	232
9.3 磁光薄膜	190	5.2 垂直磁记录介质	232
9.4 硫族化合物玻璃	190	5.3 垂直磁记录用的钕铁氧体涂布介绍	232
第5章 近场光存储材料	192	5.4 垂直磁记录用的 CoCr 合金膜	233
1 近场光存储的实现途径	192	5.5 磁头与介质的磁相互作用	234
2 近场光存储材料	194	5.6 垂直磁记录介质的研究进展	236
2.1 一次写入型近场光存储材料	194	第11章 磁头材料	237
2.2 磁光可擦写型近场光存储材料	197	1 环形磁头的工作原理	238
2.3 相变可擦写型近场光存储材料	199	2 环形磁头的性能指标	238
2.4 光致变色可擦写型近场光存储材料	201	3 对磁芯材料的要求	239
3 超分辨近场结构中的掩膜材料	205	4 薄片合金磁芯磁头	239
第6章 电子俘获光存储材料	208	5 铁氧体材料的制备和性能	240
1 电子俘获光存储原理	208	6 铁氧体磁头的应用	241
2 电子俘获材料的制备	208	7 薄膜磁头	242
3 电子俘获光存储材料的特性	209	8 电镀薄膜磁头材料	243
3.1 光谱特性	209	9 溅射薄膜	243
3.2 写入和读出相对效率与温度的关系	210	10 磁电阻读出头材料	244
3.3 写入和擦除特性	210	11 巨磁电阻效应及其应用	246
4 电子俘获光存储系统	211	12 磁性隧道结	247
4.1 电子俘获光盘驱动器	211	第12章 磁光盘存储材料	249
		1 磁光盘存储技术	249