

电子材料

科研开发、生产加工技术
与质量检测标准实用手册

主编 毕 荣 杨琨超

金版电子出版公司

电子材料科研开发、生产加工 技术与质量检测标准 实用手册

主编：杨琨超 毕荣

(第一卷)

金版电子出版公司

本书编委会

主 编 杨琨超 毕荣

副主编 王 胜 刘君强

执行编委 (排名不分先后)

石子才	师京赢	许为东	沙小东
姜艳子	刘 江	朱晓红	吴绋蓝
李 伟	廖森林	杜 平	刘资樱
李飞燕	荆希泉	贺国久	钟 洋
李静海	廖青山	钟相奎	李连营
刘 斌	赵海燕	刘 梅	刘建国
张建国	张 华	刘 涛	杨 海
何 平	廖 微	刘 青	李小进
何会珍	陈 虎	朱和巧	刘胡龙
梁志华	李 京	陆 鹏	刘振兴

目 录

第一章 电子材料类型与特征	(1)
第一节 电子材料的分类与特性	(1)
一、电子材料在国民经济中的地位	(1)
二、电子材料的分类	(1)
三、电子材料对环境的要求	(2)
四、电子材料与元器件	(4)
第二节 绝缘材料	(5)
一、绝缘材料的特征	(5)
二、有机绝缘材料	(6)
三、无机绝缘材料	(9)
第三节 导电材料	(11)
一、导电材料	(11)
二、导线的种类、特点及用途	(12)
第四节 磁性材料	(15)
一、磁性材料的特性	(15)
二、常用的软磁材料和硬磁材料	(18)
三、电子设备中常见的软磁铁氧体元件	(19)
第二章 电子材料的分类方法与应用	(21)
第一节 电子材料的表面与界面	(21)
一、表面的定义和种类	(21)
二、清洁表面的原子排布	(22)
三、实际表面的特征	(24)
四、晶粒间界	(27)
五、相界和分界面	(30)
第二节 电子材料常用微观分析方法	(31)
一、电子材料化学成分分析方法	(31)
二、电子材料结构分析方法——X 射线衍射分析法	(32)
三、电子材料的显微分析法	(34)
四、电子材料表面界面分析技术	(37)
五、扫描探针技术	(40)
第三节 应用的领域与工艺技术发展动态	(42)
一、现代社会对电子材料的要求	(42)

二、电子材料的选用原则	(43)
三、纳米材料	(43)
四、复合材料与梯度功能材料	(44)
五、电子材料的发展动态	(47)
第三章 电子材料的制备与成型加工技术	(51)
第一节 材料制备原理与方法	(51)
一、金属材料的制备	(51)
二、无机非金属材料的制备	(61)
三、高分子材料的制备	(80)
第二节 材料成型加工工艺	(87)
一、金属材料的加工工艺性	(87)
二、聚合物的成型加工特性及成型加工方法	(97)
第四章 晶体材料的结构、物性与生产加工技术	(116)
第一节 晶体材料的结构与物性	(116)
一、晶体的结构	(116)
二、单晶材料的物性	(120)
三、单晶材料的缺陷	(124)
四、多晶材料	(126)
第二节 晶体材料的生产制备技术	(129)
一、气相生长法	(131)
二、溶液生长法	(131)
三、熔融法	(133)
第三节 晶体材料的生产加工技术	(136)
一、晶体的定向	(136)
二、晶体的切割	(137)
三、晶体的研磨	(138)
四、晶体的抛光	(139)
第五章 半导体材料	(140)
第一节 元素半导体材料	(140)
一、硅材料	(140)
二、其它元素半导体材料	(147)
第二节 化合物半导体材料	(148)
一、Ⅲ - V族化合物半导体材料	(148)
二、Ⅱ - VI族化合物和硫属半导体	(157)
第三节 外延材料半导体微结构材料	(166)
一、外延材料	(166)

二、半导体微结构材料	(172)
第六章 半导体材料的制备工艺与应用	(183)
第一节 半导体材料的制备工艺	(183)
一、多晶工艺	(183)
二、单晶制备工艺	(183)
三、半导体薄膜制备工艺——外延技术	(190)
第二节 半导体材料的应用	(195)
一、半导体材料在集成电路上的应用	(195)
二、半导体材料在光电子器件中的应用	(197)
三、半导体材料在微波器件上的应用	(201)
四、半导体材料在电声耦合器上的应用	(202)
五、半导体材料在传感器中的应用	(203)
第七章 半导体激光器的材料与加工工艺	(205)
第一节 半导体激光器的材料	(205)
一、半导体激光器原理	(205)
二、蓝光半导体激光器材料	(207)
三、蓝绿光半导体激光器材料	(208)
四、红光半导体激光器材料	(209)
五、近红外短波长半导体激光器材料	(210)
六、近红外长波长半导体激光器材料	(211)
七、中红外波段(2~3 μm)半导体激光器材料	(211)
八、中远红外波段(4~17 μm)半导体激光器材料	(212)
第二节 III-V 族化合物的外延生长	(213)
一、液相外延(LPE)	(214)
二、金属有机化学气相沉积(MOCVD)	(230)
三、分子束外延(MBE)	(234)
第三节 半导体外延材料的性能检测	(237)
一、半导体异质结显示	(237)
二、异质结晶格匹配度的测定	(238)
三、光荧光测量	(239)
第四节 半导体激光器的加工工艺	(241)
一、引 言	(241)
二、化合物半导体中的掺杂扩散	(243)
三、化学腐蚀	(246)
第五节 欧姆接触	(249)
一、n 型 GaAs 的欧姆接触	(250)
二、P 型 GaAs 的欧姆接触	(250)

三、InP 材料的欧姆接触	(250)
第六节 后步工艺	(251)
一、烧焊	(251)
二、键合	(251)
三、与光纤耦合	(251)
四、封装	(252)
第八章 超导材料	(253)
第一节 超导材料的特性	(253)
一、临界温度(T_c)	(253)
二、临界磁场与临界电流	(254)
三、迈斯纳效应	(257)
四、穿透深度	(259)
五、相干长度	(261)
六、临界电流密度(J_c)	(262)
七、BCS 理论	(265)
第二节 低温超导材料	(267)
第三节 高温超导材料	(270)
一、钙钛矿结构	(270)
二、高温超导中的钙钛矿结构	(271)
三、功能材料中的钙钛矿结构	(272)
四、高 T_c 氧化物超导材料的晶体结构	(276)
五、高温铜酸盐超导体的晶场配位	(279)
六、高温超导材料的电子结构	(282)
七、铜酸盐超导体中的缺陷	(282)
八、高温超导体结构共性	(285)
第九章 超导材料的类型、特点及制备工艺	(287)
第一节 超导材料的分类	(287)
一、第一类超导体	(287)
二、第二类超导体	(287)
第二节 超导材料的特点	(288)
一、元素型超导材料	(288)
二、合金超导材料	(290)
三、化合物超导材料	(291)
第三节 超导材料的制备工艺	(293)
一、表面扩散法	(293)
二、复合加工法(亦叫青铜法)	(293)
三、原位(In-Situ)法和粉末法	(294)

四、新型超导材料的研究开发	(295)
五、陶瓷超导材料——高温超导体。	(296)
六、陶瓷超导材料的制备工艺	(303)
第十章 导电材料的结构特性与加工技术	(309)
第一节 金属导电材料	(309)
一、金属导电材料概论	(309)
二、铜	(311)
三、铜合金	(312)
四、铝	(314)
五、铝合金	(314)
第二节 电极和电刷材料	(315)
一、电容器电极材料	(315)
二、引出线	(317)
三、电刷与弹性材料	(318)
第三节 薄膜导电材料	(319)
一、铝薄膜	(320)
二、铬-金薄膜和镍铬-金薄膜	(320)
三、钛-金薄膜	(323)
四、钛-钯-金薄膜和钛-铂-金薄膜	(324)
五、镍铬-钯(铂)-金薄膜	(325)
六、镍铬-铜-钯(铂)-金薄膜	(325)
七、钛-铜-镍-金薄膜和铬-铜-镍-金薄膜	(326)
八、铁铬铝-铜-金薄膜	(327)
九、透明导电薄膜	(328)
十、薄膜导电材料在半导体集成电路中的应用	(328)
十一、薄膜导电材料的发展	(330)
第四节 厚膜导电材料	(330)
第五节 复合导电材料	(336)
一、加压导电薄片	(337)
二、有机导电纤维	(338)
第六节 导电聚合物	(338)
一、导电高分子材料概述	(338)
二、电子导电型聚合物	(339)
三、电子导电聚合物的应用	(342)
第十一章 导电材料的加工工艺	(344)
第一节 金属冶炼工艺	(344)
一、直接涂覆法	(344)

二、液态法	(346)
三、固态法	(348)
四、液态金属浸渍法	(352)
五、液态金属搅拌铸造(简称熔铸)法	(352)
六、硼/铝和硼/镁复合材料的性能	(353)
七、碳(石墨)/铝和碳(石墨)/镁复合材料的性能	(356)
八、碳化硅/铝和碳化硅/钎复合材料的性能	(357)
九、其他长纤维增强金属基复合材料的性能	(359)
十、增强体增强金属基复合材料的性能	(363)
第二节 导电聚合物合成工艺	(365)
一、聚合物基复合材料的分类与结构形式	(365)
二、聚合物基复合材料的制造技术	(370)
三、聚合物基复合材料的应用	(377)
第三节 复合导电材料加工工艺	(383)
一、功能复合材料	(383)
二、生体复合材料	(388)
三、智能复合材料	(393)
第十二章 电阻材料性能参数与制备技术	(395)
第一节 电阻材料类型及特性	(395)
一、电阻、电阻器和电阻单位	(395)
二、电阻率和膜电阻	(396)
三、电阻与温度的关系	(396)
四、电阻材料的电压特性	(402)
五、电阻材料噪声	(403)
第二节 线绕电阻材料	(403)
一、线绕电阻材料的特点和要求	(403)
二、贱金属电阻合金线	(404)
三、贵金属电阻合金线	(405)
第三节 薄膜电阻材料	(407)
一、碳基薄膜	(408)
二、金属膜	(410)
三、镍-铬系薄膜	(411)
四、合金箔	(413)
五、金属氧化膜	(415)
六、化学沉积金属膜	(417)
七、镍铬薄膜电阻	(418)
八、金属陶瓷电阻薄膜	(425)

九、铬-硅电阻薄膜	(429)
十、钽基电阻薄膜	(432)
十一、复合电阻薄膜	(437)
第四节 厚膜电阻材料	(438)
一、厚膜电阻浆料的组成	(438)
二、钉系厚膜电阻材料	(439)
三、钯银厚膜电阻	(448)
四、其他厚膜电阻	(452)
第十三章 电阻材料制备工艺与发展动态	(453)
第一节 线绕电阻材料制备工艺	(453)
一、选择电阻合金线的依据	(453)
二、线绕电阻材料的种类	(454)
第二节 非线绕电阻材料制备工艺	(461)
一、非线绕电阻材料种类及特性	(461)
二、典型非线绕电阻材料组成、制备工艺及性能	(464)
第三节 电阻材料发展动向	(467)
第十四章 压电晶体材料	(470)
第一节 压电晶体材料	(470)
一、晶体的压电效应和逆压电效应	(470)
二、什么是压电晶体材料	(471)
三、压电晶体材料的应用	(474)
第二节 热释电晶体材料	(477)
一、晶体的热释电效应	(477)
二、什么是热释电晶体材料	(478)
三、热释电晶体材料的应用	(480)
第三节 铁电晶体材料	(483)
一、晶体的铁电性	(483)
二、什么是铁电晶体材料	(486)
三、铁电晶体材料的应用	(488)
第十五章 压电晶体材料特性、应用与制备工艺	(490)
第一节 压电效应及其产生机理	(490)
第二节 特性参数、应用及制备工艺	(491)
一、介电常数	(491)
二、介电损耗	(492)
三、机械品质因数	(493)
四、机电耦合系数	(493)

五、弹性系数	(494)
六、压电常数	(495)
七、频率常数	(496)
八、压电材料的应用	(496)
九、压电材料的制备工艺	(501)
第十六章 光电子材料	(507)
第一节 固体激光材料	(507)
一、激光的特点及发光原理	(507)
二、激光晶体	(508)
三、激光玻璃	(513)
第二节 半导体发光材料	(515)
一、辐射跃迁	(515)
二、发光效率	(518)
三、电致发光激发机构	(519)
第三节 光导纤维材料	(520)
一、光导纤维导光原理	(520)
二、氧化物系统材料	(523)
三、非氧化物系统材料	(528)
四、光导纤维的结构及应用	(529)
第四节 透明导电薄膜材料	(533)
一、透明导电薄膜的基本要求及应用	(533)
二、透明导电薄膜的种类	(534)
三、透明导电薄膜的制备	(537)
第五节 其他光电材料	(539)
一、光电探测材料	(539)
二、光电显示材料	(541)
三、非线性光学晶体材料	(542)
第十七章 信息显示材料及其制备技术	(545)
第一节 等离子与液晶显示材料	(545)
一、等离子显示材料	(545)
二、PDP 技术原理	(546)
三、PDP 优缺点	(547)
四、液晶显示材料	(548)
第二节 其他发光材料	(558)
一、有机发光材料	(558)
二、金属配合物	(561)
三、高分子聚合物	(562)

第三节 CRT 的制作工艺	(565)
一、荫罩	(565)
二、显示屏、荫罩的组装	(566)
三、涂黑及涂布荧光体	(567)
四、封接、排气工程	(567)
五、阴极老化处理	(568)
六、装附偏转磁轭	(568)
第四节 粉末发光材料的制备	(568)
一、高温固相反应	(568)
二、几种新型制备方法	(571)
第五节 薄膜制备	(573)
一、物理气相沉积(physical vapor deposition, PVD)	(573)
二、化学气相沉积(chemical vapor deposition, CVD)	(575)
第六节 单晶的制备	(576)
一、气相生长法	(576)
二、溶液生长法	(577)
三、熔融法	(578)
四、固相生长法	(579)
第七节 LED 的制作工艺	(580)
一、单晶制作技术	(580)
二、外延技术	(582)
三、掺杂技术	(584)
四、元件制作及组装技术	(585)
第八节 PDP 的主要部件及材料制造工艺	(587)
一、玻璃基板	(591)
二、前基板制造工艺中相关的部件与材料	(593)
三、后基板制造工艺中相关的部件与材料	(595)
四、装配工艺中相关的部件与材料	(600)
第九节 VFD 的制造工艺	(601)
一、VFD 的材料	(601)
二、VFD 的制造	(603)
第十八章 信息传输材料及制备技术	(605)
第一节 微波通信材料	(605)
第二节 GSM 数字蜂窝移动通信材料	(609)
第三节 光纤通信材料	(612)
一、光发送机材料	(612)
二、光纤材料	(613)

三、光接收机材料	(615)
四、光放大器材料	(616)
五、光波系统互连器件材料	(618)
第四节 感光材料的加工过程	(619)
一、感光材料的主要照相性能	(620)
二、黑白胶片的摄影和冲洗加工	(622)
三、彩色摄影及其冲洗加工	(626)
第十九章 信息存储材料及其制备技术	(634)
第一节 半导体存储器材料	(634)
一、随机存取存储器(RAM)	(634)
二、只读存储器(ROM)	(635)
第二节 磁存储材料	(637)
第三节 无机与有机光盘存储材料	(639)
一、无机光盘存储材料	(639)
二、有机光盘存储材料	(649)
第四节 超高密度光存储材料	(652)
一、近场扫描光学显微(NSOM)存储材料	(652)
二、光谱烧孔材料	(653)
三、全息存储材料	(655)
第五节 铁电存储材料	(657)
第二十章 信息处理材料的结构分析及生产加工	(659)
第一节 微电子与光电子信息处理材料	(659)
一、微电子信息处理材料	(659)
二、光电子信息处理材料	(662)
第二节 集成光路材料	(666)
一、平面光波导	(666)
二、集成光路(IOC)材料	(668)
第三节 光电子集成回路材料	(669)
第二十一章 声光材料结构性能及生产技术	(670)
第一节 电光晶体材料	(670)
一、晶体的电光效应	(670)
二、什么是电光晶体材料	(671)
三、电光晶体材料的应用	(674)
第二节 声光晶体材料	(678)
一、晶体的声光效应	(678)
二、声光晶体材料	(678)

第三节 磁光晶体材料	(680)
一、晶体的磁光效应	(680)
二、磁光晶体材料	(682)
三、磁光晶体材料的应用	(684)
第二十二章 介电材料及其制备工艺	(686)
第一节 电容器介电材料的分类及特性	(686)
一、介电材料的分类	(686)
二、有机介电材料的类别和通性	(686)
三、有机介电材料膜的举例	(688)
第二节 气体介电材料	(692)
第三节 微波陶瓷介质材料	(697)
一、微波陶瓷的介电性能	(698)
二、微波陶瓷介质的应用	(701)
第四节 电解电容器及其材料	(705)
一、电解电容器	(705)
二、微波介质材料	(706)
第五节 云 母	(720)
一、云母的分类	(721)
二、云母的微观结构	(721)
三、云母的性能	(722)
四、合成石母	(726)
第二十三章 磁性材料的分类特性与应用	(729)
第一节 磁现象与磁性材料	(729)
第二节 磁化特性及其参数与分类	(730)
一、磁化特性及参数	(731)
二、磁性材料的分类	(732)
第三节 永磁、软磁、微波铁氧体材料的应用	(734)
一、永磁材料的应用	(734)
二、软磁材料的应用	(735)
三、铁氧体材料的应用	(737)
第四节 磁记录与磁存储材料的应用	(738)
一、几种主要的磁记录与磁存储材料	(738)
二、材料的应用	(740)
第五节 微波吸收材料的应用	(741)
一、反雷达伪装—隐身材料	(741)
二、提高雷达系统的可靠性	(741)

三、微波暗室	(742)
四、其它应用	(742)
第二十四章 永磁体及其制作工艺	(743)
第一节 永磁体的强度及其提高方法	(743)
一、永磁体的强度	(743)
二、如何提高永磁体的强度	(749)
第二节 合金系永磁体	(753)
第三节 铁氧体永磁体	(754)
第四节 稀土系永磁材料	(755)
一、稀土系永磁材料的发展过程	(755)
二、第一代和第二代稀土永磁体	(757)
三、Nd-Fe-B 永磁体的制作方法	(764)
四、Nd ₂ Fe ₁₄ B 硬磁性相的结构和内禀磁性	(766)
五、Nd-Fe-B 磁体的宏观磁性和微结构	(769)
六、R(稀土元素)-Fe-N 系永磁体	(770)
第二十五章 磁记录与磁性材料的结构、特性及生产技术	(773)
第一节 磁头及材料	(773)
一、磁头的种类	(773)
二、铁氧体磁芯材料	(776)
三、坡莫合金(Ni-Fe 系)磁芯材料	(776)
四、仙台斯特合金(Fe-Si-Al 系)磁芯材料	(777)
五、非晶态磁头材料	(777)
六、微晶[Fe-M(Nb, Ta, Zr, Hf, Ti, V 等)-(N, C, B)]薄膜磁头材料	(777)
七、多层膜磁头材料	(778)
八、磁致电阻效应(MR)磁头及材料	(778)
第二节 磁记录介质及材料	(780)
一、磁记录介质应具备的性质	(780)
二、记录媒体的制作工艺	(781)
三、涂布型介质	(790)
四、薄膜介质	(796)
五、垂直磁记录介质	(798)
第三节 磁泡及磁性石榴石材料	(801)
第二十六章 磁光效应材料的技术性能及加工工艺	(807)
第一节 光磁记录原理	(807)
一、激光及光记录	(807)
二、记录与再生的原理	(810)

三、光磁盘介质的结构	(813)
四、光磁记录介质应具备的特性	(814)
第二节 如何获得性能优良的光磁记录介质	(815)
一、采用非晶态膜	(815)
二、采用重稀土 - 过渡族金属非晶态膜	(816)
三、光磁记录材料需要制成垂直磁化膜	(817)
四、补偿温度(T_{comp})应在室温附近	(819)
五、影响 R - TM 合金膜磁克尔角的因素	(820)
六、采用多层复合膜用以提高 θ_k	(822)
第三节 磁超分辨技术和磁畴扩大再生技术	(824)
一、磁超分辨技术	(824)
二、磁畴扩大再生技术	(827)
第四节 下一代光磁记录材料及相关技术	(829)
一、NdTb - Fe - Co 系及 PrTb - Fe - Co 系合金膜	(829)
二、Bi 置换石榴石膜	(829)
三、磁性超晶格	(831)
四、超高密度信息记录的新技术	(833)
五、光单向波导	(834)
第二十七章 粘结磁体的生产加工及应用	(837)
第一节 粘结磁体加工工艺	(837)
一、Nd - Fe - B 粘结磁体用磁粉制备方法	(837)
二、粘结磁体成形工艺	(840)
第二节 Nd - Fe - B 粘结磁体的性能	(845)
一、各向同性 Nd - Fe - B 粘结磁体	(845)
二、各向异性 Nd - Fe - B 粘结磁体	(847)
第三节 Nb - Fe - B 粘结磁体的应用	(849)
第四节 稀土粘结磁体性能的提高	(850)
一、HDDR 各向异性 Nd - Fe - B 粘结磁体	(850)
二、剩磁增强型 Nd - Fe - B 各向同性磁体	(852)
三、高温 Nd - Fe - B 粘结磁体	(853)
四、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_y$ 粘结磁体	(853)
第二十八章 其他新型磁性材料及其制备工艺	(855)
第一节 超磁致伸缩材料	(855)
一、从磁致伸缩到超磁致伸缩	(855)
二、超磁致伸缩的机制	(856)
三、超磁致伸缩材料及加工工艺	(858)
四、超磁致伸缩材料的应用	(861)

第二节 巨磁化强度材料 Fe_{16}N_2	(865)
一、Fe-N 化合物的晶体结构	(866)
二、 Fe_{16}N_2 的制备方法	(867)
第三节 磁性液体	(869)
一、何谓磁性液体	(869)
二、磁性液体的制作方法及种类	(870)
三、磁性液体的特性	(873)
四、磁性液体的应用	(876)
第二十九章 触点材料的性能与加工工艺	(879)
第一节 电接触的分类	(879)
一、电接触的分类	(879)
二、电接触产生的主要现象和问题	(879)
第二节 电触点材料	(881)
一、纯金属触点材料	(881)
二、合金触点材料	(883)
三、复合材料	(886)
四、金属-金属复合材料	(888)
第三节 触点材制备的方法	(890)
一、熔炼法	(890)
二、电镀法	(890)
三、烧结法	(891)
四、内氧化法	(891)
第四节 触点材料的作用及新型触点材料的设计	(892)
一、触点材料的作用	(892)
二、新型触点材料的设计	(893)
第三十章 集成电路与混合微电路用附属材料(敷铜板材料)及其加工工	(894)
第一节 厚膜电子浆料	(895)
一、导体浆料	(895)
二、电阻浆料	(896)
三、厚膜电介质浆料	(898)
第二节 引线框架和引线材料	(899)
一、引线框架	(899)
二、引线和连接	(900)
第三节 封装及其材料	(901)
一、塑料封装	(901)