

电子工业 生产技术手册

2

电子元件卷

电子陶瓷材料及器件

磁性材料及器件

声表面波与声光材料及器件

激光与红外器件

52
11
282

电子工业生产技术手册

(2)

电子元件卷

《电子工业生产技术手册》编委会 编

国防工业出版社

B

343697

内 容 简 介

本书为《电子工业生产技术手册》电子元件卷第二分册。共有4篇：电子陶瓷材料及器件、磁性材料及器件、声表面波与声光材料及器件、激光与红外器件。内容主要介绍以上各种器件的工艺流程、生产工艺、重要的原材料、生产设备、半自动和自动化生产线、测试方法和仪器，以及先进生产技术展望。

本书可供从事电子工业尤其是电子元器件生产、科研和教学的技术人员以及有关管理干部参考。

电子工业生产技术手册

(2)

电子元件卷

《电子工业生产技术手册》编委会 编

*

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码100044)

新华书店经售

新时代出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张53 插页2 1233千字

1991年9月第一版 1991年9月第一次印刷 印数：0 001-4 000

ISBN7-118-00213-5/TN·38 定价：40.20元

出版说明

《电子工业生产技术手册》(以下简称《手册》)是由电子工业部和中国电子学会联合组织编写的一部大型综合性工具书。全书共约一千五百万字,分成五卷:

1. 电子元件卷(1~3分册);
2. 电真空器件卷(4~5分册);
3. 半导体与集成电路卷(6~8分册);
4. 通用工艺卷(9~14分册);
5. 生产质量技术保证卷(15~17分册)。

《手册》主要是供具有中专以上水平的电子工业工程技术人员、高级技术工人及生产技术管理干部查阅使用,也可作为高等院校和中等专业学校电子类专业的教学参考书。

《手册》是在总结我国电子工业三十多年来生产技术实践经验的基础上,适当参阅了国外有关技术资料中对我国适用的电子生产技术编写而成的。对于一些即将淘汰与不宜继续采用的现行生产技术,一般不予编入;对那些国内外新近出现的,虽尚未经实践反复验证,但具有方向性的新技术,则在有关篇的“今后展望”中予以介绍。

《手册》力求突出电子工业生产技术的特点,原则上不编入与其他手册相重复的内容。但是,鉴于现代电子工业属高技术密集型工业,涉及的技术门类多,除与电子、机械、化工、冶金等基础科学有密切关系外,还涉及许多边缘科学。为便于查阅,也适当地收集了一些散见于其他手册中的共性资料。

在《手册》的编写过程中,结合我国电子工业的实际情况,认真贯彻了1984年国务院颁发的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》和《全面推行我国法定计量单位的意见》。

由于电子产品发展很快,更新换代频繁,各种生产技术进步迅速,第一次编写生产技术性的手册缺少经验,初版会有许多不足之处。为了使《手册》在我国电子工业的发展中能够不断地起到促进和指导作用,希望读者在使用《手册》过程中,如发现谬误或对《手册》的内容有新的建议,请及时与《手册》总编辑部(山西省太原市第115信箱)联系。今后将根据各篇的技术发展情况,及时修订或出版续篇。在适当时间,将全部重新编写出版。

《手册》的编写和出版工作,得到了中央各有关部、委、各省(市)电子工业领导部门及有关厂、所、院、校的大力支持。参加编写、审校和讨论的各方面的专家、教授、科技人员近千人。谨向这些单位与有关人员致以谢意。

《手册》总编辑委员会
一九八六年八月二十五日

总编辑委员会

主任委员

孙俊人

副主任委员

(按姓氏笔划为序)

边拱 陆崇真 周文盛 童志鹏
谢高觉 蒋葆增

委员

(按姓氏笔划为序)

厉声树 刘联宝 陈力为 陈克恭 张立鼎
杨臣华 沈金宝 武尔桢 周生珣 林金庭
郭文昭 郭桂庭 袁行健 戴昌鼎

总编辑部

主任

孙凤阁

成员

(按姓氏笔划为序)

李桂馨 赵全喜 虞苏玮

前 言

电子元件卷是《电子工业生产技术手册》的首卷。全卷约二百万字,共二十篇,分三个分册。第一分册:电容器、电阻器、电位器、电感器、电子变压器、混合集成电路、敏感元件及传感器、石英晶体及器件;第二分册:电子陶瓷材料及器件、磁性材料及器件、声表面波与声光材料及器件、激光与红外器件;第三分册:接插元件、继电器、安装式电表、电声器件、电子线缆、光纤光缆、微特电机、电池。

电子元件是构成电子设备的基本单元,它的生产技术和电子工业的基础之一。近几十年来,随着电子学的飞速发展,电子元件及其生产技术也获得了巨大的进展。

电子元件品种繁多、机理各异,生产技术也各不相同。因此本卷各篇在叙述上基本以产品为主介绍各类元件的生产工艺;只有少数工艺相近的元件才以工艺为主叙述。

电子元件产量大、要求严,必须采用先进的生产技术和自动化大生产手段。因此本卷在择选叙述各类产品先进生产工艺、关键设备和仪器的同时,还特别注意对近几年从国外引进的技术和装备加以介绍。对某些国内尚未采用对国外已经使用有效的新的生产技术和方法也酌予介绍,以利于推广和借鉴。某一产品若有几种各具特色又均有实用价值的工艺,则一并介绍,供读者因地制宜地选择。

电子元件使用范围广、可靠性要求高。本卷各篇除介绍生产工艺外,还介绍各类产品的性能测试和质量控制,列出了测试方法、仪器和测试标准,对一些产品的可靠和寿命试验也作了说明。

电子元件和材料的关系非常密切,有的和材料难以截然分开;有的和材料通常在同一部门生产。对这些产品,在介绍元件生产工艺的同时,还阐述了材料的性能要求及其制备工艺。

电子元件发展迅速,不断出现新的品种。对一些尚属新技术、迄今国内尚未形成大批量生产但已使用较广泛的重要产品,本卷也予收入,并介绍其实验性试制工艺。但是,电子元件的种类太多,限于篇幅,本卷不可能全部编入。

需请读者注意的是,电子元件的生产技术与所使用的材料、设备、仪器和环境等具体条件密切有关,在某一单位采用的工艺参数,不一定完全适合另一单位,因此在使用本卷所列的工艺参数时必须与本单位的实际情况相结合。由于这一原因,本卷在介绍某些产品(特别是新产品)的生产技术时,还阐明必要的工作原理,在叙述工艺过程时也尽量介绍一些工艺原理和注意事项,以帮助读者正确理解和使用本卷有关内容。

本卷编审过程中有大专院校、工厂、研究所等九十一个单位,二百二十余位专家进行撰写、审核或参加编委会工作,还有许多单位提供了资料。本卷编委会挂靠单位为国营七一八厂,编辑部挂靠单位为电子工业部第十一研究所(国营七〇六厂、七一八厂、电子工业部第三研究所参加编辑部工作),上述单位和个人对本卷工作给予了大力支持,在此一并表示感谢。

由于编审水平所限,本卷难免存在错误之处,请读者批评指正。

电子元件卷编辑委员会

卷编辑委员会

主任委员

陈克恭

副主任委员

(按姓氏笔划为序)

杨臣华 郭以述

委员

(按姓氏笔划为序)

卜寿彭 马炳文 王季秩 王遵棠 曲喜新
孟庆龙 周志刚 范宝元 秦自楷 徐鲤庭
章士瀛 阚敏 潘福莹

卷编辑部

主任

鲍永民

成员

(按姓氏笔划为序)

王月珠 李庆星 姜璜 韩曲

学术秘书

赵光云

责任编辑

杨其眉

目 录

第 9 篇 电子陶瓷材料及器件

第 1 章 电子陶瓷材料及器件的应用与发展	3	2.4.1 一些金属氧化物及其盐类	19
1.1 电子陶瓷材料的类别	3	2.4.2 金红石瓷(TiO_2)	19
1.2 电子陶瓷材料的组成和组织结构	6	2.4.3 钛酸钙瓷	20
1.3 电子陶瓷材料及器件展望	6	2.4.4 钛酸镁瓷(MgTiO_3)	20
1.3.1 电子陶瓷材料展望	6	2.4.5 钛酸镁-钛酸钙瓷	20
1.3.2 电子陶瓷元器件的发展	7	2.4.6 硅钛钙系瓷	20
第 2 章 电子陶瓷原材料及配方	8	2.4.7 镁钨钛系瓷	21
2.1 电子陶瓷用矿物原材料	8	2.4.8 钛酸镍-二氧化钛瓷	22
2.1.1 菱镁矿	8	2.4.9 氧化锆-氧化钛系瓷	23
2.1.2 石英	8	2.4.10 铌酸钙瓷	23
2.1.3 长石	8	2.4.11 钛酸钙-钛酸锶-钛酸铋瓷	24
2.1.4 方解石	9	2.4.12 钛酸钡-钛酸铋(钨、钼)瓷	24
2.1.5 萤石	9	2.4.13 锆酸钙-钛酸钙系瓷	24
2.1.6 滑石	9	2.4.14 锆酸钙-铌酸钙-钛酸钙(钛酸锶)系瓷	25
2.1.7 粘土	9	2.4.15 锆酸锶-钛酸钙瓷	25
2.2 电子陶瓷用化工材料	10	2.4.16 锡酸钙-钛酸钙瓷	25
2.2.1 二氧化钛	10	2.4.17 钡钛钨系瓷	26
2.2.2 二氧化锆	11	2.4.18 微波陶瓷	27
2.2.3 氧化钨	11	2.5 高介电陶瓷	27
2.2.4 氧化铝	12	2.5.1 钛酸钡-钛酸盐瓷	27
2.2.5 二氧化锡	12	2.5.2 钛酸钡-锡酸盐系瓷	27
2.2.6 五氧化二铌	12	2.5.3 钛酸钡-锆酸盐系瓷	28
2.2.7 氧化铅	13	2.5.4 钛酸钡-多种盐系瓷	28
2.2.8 三氧化二铋	13	2.6 低温烧结独石电容器瓷	29
2.2.9 碳酸钙	13	2.6.1 铌铋锌系瓷($\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ - Nb_2O_5)	29
2.2.10 碳酸锶	14	2.6.2 铌铋镁系瓷($\text{MgO-Bi}_2\text{O}_3$ - Nb_2O_5)	29
2.2.11 碳酸钡	14	2.6.3 钨镁酸铅系瓷 [$\text{Pb}(\text{Mg}_{1/2}\text{W}_{1/2})\text{O}_3$]	30
2.3 装置瓷组成与性能	14	2.6.4 钨镁酸铅-钨钨酸铅系瓷	30
2.3.1 电阻基体用陶瓷	14	2.6.5 铌镁酸铅-铌铁酸铅系瓷	30
2.3.2 氧化铝瓷	15	2.7 电容器介质用微晶玻璃	31
2.3.3 高导热系数陶瓷	16	2.8 边界层陶瓷介质(BL 介质)	31
2.3.4 氮化硅瓷	18	2.9 压电陶瓷材料	33
2.3.5 滑石类低介瓷	18	2.10 电致伸缩陶瓷材料	35
2.4 电容器介质陶瓷	19		

第3章 瓷件制造方法	36	4.1.2 化学沉积法	122
3.1 陶瓷坯料的制备	36	4.2 结构陶瓷零件的制造	125
3.1.1 矿物和化工原料的制备	36	4.2.1 结构陶瓷零件的种类及 用途	125
3.1.2 烧块的合成	38	4.2.2 结构陶瓷零件制造中应 注意事项	125
3.1.3 坯料的细磨	39	4.3 陶瓷电容器的制造	127
3.1.4 除铁、过筛、搅拌、压滤、干燥	42	4.3.1 固定陶瓷电容器的制造	127
3.1.5 陶瓷粉料特性	44	4.3.2 半导体陶瓷电容器的制造	130
3.2 坯件成型	45	4.3.3 独石电容器的制造	141
3.2.1 挤压成型	47	4.3.4 微调电容器的制造	149
3.2.2 注塑成型	50	4.4 压电陶瓷滤波器的制造	153
3.2.3 旋坯成型和整挤一次成型	51	4.4.1 压电陶瓷谐振子的制造	153
3.2.4 注浆成型	53	4.4.2 压电陶瓷滤波器的制造	160
3.2.5 轧膜成型	56	4.5 压电陶瓷换能器	171
3.2.6 挤膜成型	59	4.5.1 压电陶瓷换能器的类别	171
3.2.7 流延成型	62	4.5.2 其它元器件	173
3.2.8 陶瓷薄膜的其它成型方法	68	第5章 参数测量	179
3.2.9 热压铸成型	68	5.1 陶瓷材料性能参数的测量	179
3.2.10 干压成型	73	5.1.1 物理参数	179
3.2.11 静水压成型工艺	74	5.1.2 电气参数	182
3.2.12 干坯加工成型	76	5.1.3 压电与铁电参数	186
3.3 陶瓷坯件的干燥	81	5.1.4 热学参数	193
3.3.1 陶瓷坯件的干燥过程	81	5.1.5 化学性能	195
3.3.2 影响干燥速度的因素及干燥 规范	82	5.1.6 热电性能	196
3.3.3 坯件干燥法	83	5.2 元器件性能参数的测量	198
3.3.4 干燥缺陷及产生原因	83	5.2.1 陶瓷电容器的参数	198
3.4 陶瓷烧成	85	5.2.2 陶瓷滤波器的性能	199
3.4.1 烧成过程及影响因素	85	5.2.3 压电陶瓷换能器的性能	202
3.4.2 烧成用设备及仪表	94	第6章 新技术	203
3.4.3 常规烧成工艺	97	6.1 超细粉末	203
3.4.4 热压烧结	99	6.1.1 冰冻干燥法	203
3.4.5 等静热压烧结	103	6.1.2 溶剂法	204
3.4.6 气氛烧结法	105	6.1.3 水热法	205
3.5 陶瓷烧后加工	107	6.1.4 气相沉积法	205
3.5.1 研磨加工	107	6.2 多孔技术	205
3.5.2 超声波加工	112	6.2.1 造孔方法	206
3.5.3 激光加工	114	6.2.2 多孔结构	206
3.5.4 放电加工	116	6.2.3 多孔结构的控制	207
3.5.5 电解加热加工	116	6.3 织构技术	208
3.5.6 电子束加工	117	6.3.1 拓扑反应织构化	208
第4章 器件制造方法	119	6.3.2 热加工织构化	209
4.1 金属化工工艺	119	6.3.3 定向生长织构化	210
4.1.1 烧渗法	119		

6.4 复合技术	211	6.5 材料设计	215
6.4.1 陶瓷-陶瓷复合	212	6.5.1 材料设计程序	215
6.4.2 陶瓷-聚合物复合	213	6.5.2 材料设计原则	215
6.4.3 陶瓷-玻璃复合	214	6.5.3 材料设计方法	216
6.4.4 陶瓷-金属复合	214		

第 10 篇 磁性材料及器件

第 1 章 永磁材料及磁路	221	2.1.3 共沉工艺的粉料制备	259
1.1 铁氧体永磁材料	221	2.1.4 预烧	260
1.1.1 永磁铁氧体的一般特性	221	2.1.5 球磨	262
1.1.2 工艺流程	221	2.1.6 造粒	263
1.1.3 制备工艺	224	2.1.7 成型	264
1.1.4 利用拓扑反应制备永磁铁 氧体	231	2.1.8 烧结	266
1.1.5 钙铁氧体	232	2.1.9 铁氧体的磨加工	271
1.1.6 非磁场取向制备各向异 性永磁铁氧体	232	2.2 软磁铁氧体生产线介绍	272
1.1.7 永磁铁氧体发展趋势简介	233	2.2.1 工艺流程及说明	276
1.2 金属永磁材料	235	2.2.2 各工序的质量检测	276
1.2.1 各种金属永磁材料的特性	235	2.3 金属软磁材料制造工艺	277
1.2.2 脆性永磁体工艺	236	2.3.1 纯铁	277
1.2.3 韧性永磁体工艺	239	2.3.2 硅钢片	278
1.2.4 稀土永磁体工艺	241	2.3.3 铁镍合金	279
1.2.5 永磁体加工	244	2.4 非晶金属软磁材料的 制造工艺	283
1.2.6 金属永磁的发展趋势	245	2.4.1 母合金的制作	283
1.3 塑性粘结永磁体	245	2.4.2 热处理	283
1.3.1 塑性粘结永磁性能	245	2.5 磁介质生产工艺	283
1.3.2 塑性粘结永磁工艺	246	2.6 磁芯	284
1.3.3 塑性粘结永磁的发展	248	2.7 磁性液体	285
1.4 永磁体的稳定化处理	249	2.7.1 理化特性	286
1.5 永磁回路的基本类型	251	2.7.2 应用	286
1.5.1 串联磁路和并联磁路	251	2.7.3 组成	286
1.5.2 径向磁化和轴向磁化	251	2.7.4 制备工艺	287
1.5.3 面极式和隐极式	251	2.8 发展趋势	290
1.5.4 内磁式与外磁式	252	第 3 章 磁记录材料、介质及器件	291
1.5.5 整体式和拼块式	252	3.1 磁记录介质	292
1.5.6 简单磁路和复合磁路	253	3.1.1 磁记录介质的一般要求	292
第 2 章 软磁材料及磁芯	254	3.1.2 磁带	292
2.1 软磁铁氧体制造工艺	255	3.1.3 磁盘	294
2.1.1 主要软磁铁氧体材料的配方 及性能	256	3.1.4 磁鼓	294
2.1.2 氧化物工艺的粉料制备	258	3.1.5 磁性卡片	295
		3.2 磁记录介质材料(磁粉)	295

3.2.1	磁粉的一般要求	296	4.4.3	器件封装	358
3.2.2	γ - Fe_2O_3	297	4.4.4	器件测量	359
3.2.3	包钴的 γ - Fe_2O_3	299	第5章 微波铁氧体材料及器件	364	
3.2.4	CrO_2	300	5.1	微波多晶铁氧体材料	364
3.2.5	$\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ 和 $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$	301	5.1.1	多晶石榴石铁氧体	364
3.2.6	金属合金微粉	301	5.1.2	尖晶石铁氧体	367
3.2.7	磁粉的检测	302	5.1.3	磁铅石铁氧体	368
3.3	涂布型磁记录介质的 制备工艺	304	5.1.4	微波多晶铁氧体的制备工艺	369
3.3.1	涂布型磁带的制备工艺	304	5.2	微波单晶铁氧体材料	372
3.3.2	涂布型磁盘的制备工艺	309	5.2.1	微波单晶铁氧体的特性	372
3.4	连续薄膜型磁记录介质 的制备工艺	313	5.2.2	单晶铁氧体的生长方法	373
3.4.1	$\text{Co-}\gamma$ - Fe_2O_3 薄膜介质	314	5.3	晶体的加工	381
3.4.2	用电镀法和化学镀法制备 钴系合金薄膜介质	315	5.3.1	片状、棒状样品加工	381
3.4.3	真空蒸镀的金属薄膜磁带	317	5.3.2	球形样品加工	381
3.5	磁头	318	5.4	微波多晶铁氧体器件	384
3.5.1	磁头的分类及基本结构	319	5.4.1	隔离器	384
3.5.2	磁头的设计	323	5.4.2	微波铁氧体移相器	387
3.5.3	磁头的制造工艺	324	5.4.3	带线结环行器	391
3.5.4	磁头的检测	327	5.4.4	微带环行器	396
3.6	磁头材料	329	5.4.5	集总元件环行器	398
3.6.1	磁头材料的一般要求	329	5.4.6	铁氧体开关	400
3.6.2	磁头材料的特性	329	5.4.7	微波高功率器件	402
3.6.3	磁头材料的制备工艺	330	5.4.8	微波多晶铁氧体器件测量	404
3.6.4	磁头材料的检测	333	5.5	微波单晶铁氧体器件	407
3.7	磁记录的发展趋势	333	5.5.1	旋磁单晶振子	407
第4章 磁存储材料及器件	336		5.5.2	旋磁调谐滤波器	411
4.1	矩磁铁氧体磁芯	337	5.5.3	旋磁调谐振荡器	419
4.1.1	矩磁磁芯制备工艺	337	5.5.4	微波铁氧体器件的发展	424
4.1.2	质量检验	339	第6章 磁测量技术	428	
4.2	磁泡材料	339	6.1	基本磁性参量的测量	428
4.2.1	GGG 晶体生长	340	6.1.1	饱和磁化强度 M_s	428
4.2.2	晶体加工	344	6.1.2	居里温度	431
4.2.3	液相外延(LPE)膜制备	345	6.1.3	磁各向异性常数	432
4.2.4	离子注入抑制硬泡	349	6.1.4	磁致伸缩	434
4.3	磁泡材料测量	350	6.1.5	直流电阻率	435
4.3.1	测量内容及方法	350	6.2	软磁参数的测量	436
4.3.2	测量技术	351	6.2.1	试样准备	436
4.4	磁泡存储器件	354	6.2.2	初始磁化曲线和 饱和磁滞回线	437
4.4.1	芯片设计	357	6.2.3	交变磁场下软磁参量 的测量	441
4.4.2	芯片制备	357	6.2.4	脉冲状态下的磁特性	451
			6.3	矩磁参数测量	454

6.3.1 开关时间 τ_s 和开关系数 S_w 的测量	454	6.4.5 回复线和回复磁导率的测量	461
6.3.2 感应信号与抗干扰性能 的测量	455	6.4.6 高矫顽力永磁材料的磁化 与测量	462
6.3.3 主要测量仪器和测量条件	456	6.5 旋磁参数测量	463
6.4 永磁参量的测量	457	6.5.1 铁磁共振线宽 ΔH 和有效 g 因子的测量	464
6.4.1 磁化装置和对试样的要求	457	6.5.2 自旋波共振线宽 ΔH_K 的 测量	467
6.4.2 磁通量密度与磁场强度 的测量	458	6.5.3 有效线宽 ΔH_{eff} 的测量	470
6.4.3 退磁曲线的测量	459	6.5.4 复介电常数 ϵ_r 的测量	473
6.4.4 最大磁能积 $(BH)_{max}$ 的确定	461		

第 11 篇 声表面波与声光材料及器件

第 1 章 声表面波器件用的压电

材料	479
1.1 对声表面波材料的基本 要求	479
1.2 压电晶体的性能	480
1.2.1 水晶	480
1.2.2 铌酸锂	480
1.2.3 钽酸锂	483
1.2.4 锆酸铋	485
1.3 压电晶体的生长(提拉法)	486
1.3.1 提拉法生长铌酸锂、钽酸锂、 锆酸铋的工艺条件及设备	486
1.3.2 配料	488
1.3.3 拉晶	490
1.3.4 晶体退火	491
1.3.5 铁电晶体的极化	492
1.4 压电晶体的加工	494
1.4.1 晶体定向	494
1.4.2 晶体切割	500
1.4.3 晶体的研磨和抛光	503
1.5 无机压电薄膜	504
1.5.1 压电薄膜材料	504
1.5.2 压电薄膜制备	509
1.5.3 压电薄膜特性及测量	512
1.5.4 薄膜厚度测量及监控	515
1.6 声表面波用压电陶瓷材料	515

第 2 章 声表面波器件的制造技术

2.1 声表面波器件的特点	518
---------------------	-----

2.2 声表面波器件制造的

基本工艺流程及特点	519
2.2.1 基本工艺流程	519
2.2.2 工艺特点	519
2.3 声表面波器件的设计 计算	519
2.3.1 具有对称通带的声表面 波带通滤波器的设计计算	519
2.3.2 具有非对称通带的声表面 波带通滤波器的设计计算	522
2.4 声表面波器件的主要 工艺	523
2.4.1 光掩模版制备	523
2.4.2 基片清洗及真空镀膜	526
2.4.3 光刻	528
2.4.4 引线焊接及器件封装	530
2.5 离子束刻蚀技术	531
2.5.1 离子束刻蚀技术的用途	531
2.5.2 离子束刻蚀设备	532
2.5.3 沟槽反射栅阵列刻蚀工艺	532
2.5.4 刻蚀深度加权程序	534
2.6 等离子体频率修正刻蚀	534
2.6.1 频率修正原理	534
2.6.2 等离子体频率修正刻蚀 设备	536
2.6.3 频率修正刻蚀工艺	536

第 3 章 声表面波器件电性能

参数测试	539
------------	-----

3.1 声表面波滤波器主要

电性能参数测试	539
3.1.1 幅频特性测试	539
3.1.2 时域特性测试	542
3.1.3 阻抗测试	543
3.2 声表面波延迟线主要电性能参数测试	544
3.2.1 中心频率、3dB 带宽和插入损耗测试	544
3.2.2 延迟时间测试	544
3.3 声表面波色散延迟线主要电性能参数测试	545
3.3.1 中心频率和色散带宽测试	545
3.3.2 插入损耗测试	547
3.3.3 色散时间测试	547
3.3.4 主旁瓣比和-4dB 处主瓣宽度测试	548
3.4 声表面波振荡器性能参数测试	549
3.4.1 瞬时频率稳定度测试	549
3.4.2 频率温度稳定度测试	549
3.4.3 长期频率稳定度测试	550
3.4.4 输出电平和波形测试	550
第4章 声光材料	552
4.1 对声光材料的基本要求	552
4.2 声光材料的种类	553
4.3 声光晶体材料	554

4.3.1 二氧化碲声光单晶材料	554
4.3.2 钼酸铅声光单晶材料	558
4.4 声光玻璃材料	561

第5章 声光器件的制造技术及

其性能参数测试	563
5.1 声光器件的制造	563
5.1.1 声光器件制造工艺流程	563
5.1.2 对晶体加工要求	563
5.1.3 晶体的清洗	563
5.1.4 压电换能器的设计	564
5.1.5 压电换能器与声光介质的键合方法	570
5.1.6 压电换能器厚度减薄方法	576
5.1.7 焊接层厚度的监控	578
5.2 声光器件设计	579
5.2.1 声光调制器	579
5.2.2 声光偏转器	582
5.2.3 其它声光器件	588
5.3 声光器件主要性能参数的测试方法	592
5.3.1 声光偏转器主要性能参数测试方法	592
5.3.2 声光调制器主要性能参数测试方法	594
5.3.3 声光器件静态透过率的测量	595
5.3.4 测量误差	596

第12篇 激光与红外器件

第1章 激光晶体	599
1.1 激光工作晶体	599
1.1.1 对激光工作晶体的要求	599
1.1.2 激光工作晶体分类	599
1.1.3 主要激光工作晶体物化特性	601
1.1.4 主要激光工作晶体激光特性	601
1.2 激光工作晶体生长技术	602
1.2.1 主要生长方法分类	602
1.2.2 激光工作晶体制造总工艺流程	603
1.3 提拉法晶体生长	603

1.3.1 生长设备	603
1.3.2 生长控制方法	606
1.3.3 原料制备	608
1.3.4 生长工艺	608
1.3.5 激光工作晶体提拉法生长工艺参数	612
1.3.6 提拉法晶体生长工艺技术发展	612
1.4 其他生长方法	613
1.4.1 坩埚下降法	613
1.4.2 熔熔法	615
1.4.3 高温溶液法	618
1.5 晶体退火与选棒工艺	620
1.5.1 工艺流程	620

1.5.2	工艺要点	620	2.6.1	方解石格兰棱镜偏振镜	653
1.6	晶体光学性能检测	624	2.6.2	纵向电场电光 Q 开关晶 体盒	653
1.6.1	晶体光学加工要求	624	2.6.3	横向电场电光 Q 开关晶 体盒	655
1.6.2	光学性能检测方法	625	2.6.4	声光 Q 开关	655
1.7	晶体激光性能测试	626	2.6.5	染料 Q 开关	657
1.7.1	测试条件	626	2.7	冷却	659
1.7.2	激光阈值测量	627	2.7.1	液体冷却	659
1.7.3	单程损耗测量	628	2.7.2	气体冷却	661
1.7.4	斜率效率测量	629	2.7.3	传导冷却	662
1.7.5	测量误差	630	2.7.4	半导体冷却	662
1.8	非线性光学晶体	630	2.8	谐振腔的调整	663
1.8.1	对非线性光学晶体的要求	631	2.9	输出特性及测量	663
1.8.2	溶液法晶体生长	632	2.9.1	尖峰结构	663
1.8.3	DKDP 晶体溶液降温法 生长工艺	635	2.9.2	激光模式	664
第 2 章	固体激光器	638	2.9.3	激光发散角	664
2.1	中小型固体激光器的基本 结构及主要工艺流程	638	2.9.4	发射能量、功率及效率	666
2.1.1	基本结构	638	2.9.5	激光能量、功率测量	669
2.1.2	主要工艺流程	638	2.10	激光防护	672
2.2	固体激光工作物质及 其加工	639	2.10.1	激光辐射危害	672
2.2.1	三种主要激光工作物质 的性能	639	2.10.2	电气危害	673
2.2.2	对工作物质几何尺寸 的要求	641	2.10.3	防护	673
2.2.3	加封套管	642	第 3 章	气体激光器	674
2.3	泵浦光源	642	3.1	气体激光器的结构形式	674
2.3.1	惰性气体放电灯的结构	643	3.2	制造气体激光器的典型 工艺流程	675
2.3.2	生产工艺流程	643	3.3	放电型气体激光器放 电管的制造	675
2.3.3	电极	643	3.3.1	纵向放电型	675
2.3.4	灯管	645	3.3.2	横向放电型	679
2.3.5	封接	646	3.3.3	波导管型	680
2.3.6	排气、充气	646	3.3.4	电泳型	683
2.4	聚光腔	647	3.3.5	空心阴极型	684
2.4.1	转换效率	647	3.3.6	射频放电型	685
2.4.2	金属聚光腔	648	3.4	放电管的管端研磨	686
2.4.3	玻璃聚光腔	649	3.4.1	内腔式激光器放电管 管端研磨	686
2.4.4	其它注意事项	650	3.4.2	布儒斯特角窗口的研磨	688
2.5	机械构件和密封工艺	650	3.5	反射镜加工及其材料的 选择	689
2.5.1	底座及支撑件	650	3.5.1	全反射镜	689
2.5.2	调整架	650	3.5.2	输出反射镜	690
2.5.3	密封	652			
2.6	光学元件	652			

3.5.3	光栅反射镜	690
3.6	镜片与管体组装	691
3.6.1	镜片粘结	691
3.6.2	光栅的安装	692
3.6.3	稳定腔长的措施	692
3.7	放电管气体参数	693
3.7.1	总气压	693
3.7.2	气体成分及其比例	693
3.8	提高气体激光器寿命的 工艺措施	695
3.8.1	提高氮氛激光器寿命的 措施	695
3.8.2	提高氩离子激光器寿命的 措施	697
3.8.3	提高CO ₂ 激光器寿命的 措施	697
3.8.4	提高CO激光器寿命的措施	698
3.9	排气和充气	698
3.9.1	检漏	698
3.9.2	除气和老炼	699
3.9.3	充气、装调和封离	699
3.10	气体激光器电源	699
3.10.1	功率稳定的气体激光器 电源	700
3.10.2	频率稳定的气体激光器 电源	700
3.10.3	脉冲气体激光器电源	700
3.11	其他几种气体激光器	701
3.11.1	闭合循环气体激光器	701
3.11.2	快速脉冲放电气体激光器	702
3.11.3	光泵远红外气体激光器	704
3.11.4	光分解气体激光器	707
3.11.5	气动激光器	707
第4章	染料激光器	710
4.1	染料激光器特性及典型 工艺流程	710
4.1.1	染料激光器特性	710
4.1.2	染料激光器典型工艺 流程	711
4.2	闪光灯泵浦染料激光器	711
4.2.1	同轴闪光灯泵浦染料激 光器	712
4.2.2	直管闪光灯泵浦染料激	

	光器	712
4.2.3	涡流稳定闪光灯泵浦染料 激光器	714
4.2.4	闪光灯激励电源	714
4.3	激光泵浦染料激光器	715
4.3.1	连续波激光泵浦染料激光器	716
4.3.2	脉冲激光泵浦染料激光器	718
4.4	其他类型的染料激光器	721
4.5	染料循环冷却与控温系统	721
4.6	激光染料	722
4.7	调谐技术	723
第5章	红外光子探测器	724
5.1	探测器种类和特点	724
5.1.1	光导探测器	725
5.1.2	光伏探测器	725
5.1.3	探测器的特点	725
5.2	薄膜型探测器制造工艺	726
5.2.1	硫化铅探测器	726
5.2.2	硒化铅探测器	729
5.3	单晶型探测器材料参数及 通用工艺	730
5.3.1	材料参数	730
5.3.2	通用工艺	731
5.4	碲化铟探测器制造工艺	732
5.4.1	室温光导型	732
5.4.2	77K 光伏型	733
5.5	碲镉汞探测器制造工艺	735
5.5.1	光导型	735
5.5.2	光伏型	736
5.6	碲锡铅探测器制造工艺	738
5.6.1	碲化铅/碲锡铅液相外延层	738
5.6.2	碲锡铅探测器	739
5.7	探测器参数及其测量	739
5.7.1	探测器参数	739
5.7.2	探测率(D_{DB^*})的测量	741
5.7.3	光谱响应的测量	743
5.7.4	响应时间的测量	744
5.7.5	伏安特性的测量	745
5.7.6	小光点的测量	747
5.8	杜瓦瓶结构及制冷器	748
5.8.1	杜瓦瓶结构	749
5.8.2	探测器用制冷器	753
5.9	探测器用前置放大器	754

5.10 探测器工艺技术的发展趋势	755	7.6 光学零件真空镀膜工艺	792
第6章 热释电探测器	757	7.6.1 光学镀膜工艺流程	792
6.1 概述	757	7.6.2 镀膜前的准备工作	793
6.2 热释电探测器制作工艺	760	7.6.3 增透膜镀制工艺	794
6.2.1 典型工艺流程及设备要求	760	7.6.4 反光膜镀制工艺	797
6.2.2 硫酸三甘肽及其同晶系探测器	761	7.6.5 分光膜镀制工艺	799
6.2.3 钽酸锂热释电探测器	763	7.6.6 窄带介质滤光片镀制工艺	800
6.2.4 铁电陶瓷热释电探测器	764	7.6.7 透明导电膜镀制工艺	801
6.3 离子束刻蚀技术在热释电探测器工艺中的应用	764	7.7 光学薄膜光学性能测量	801
6.4 热释电探测器的表面吸收层	766	7.7.1 反射率测量	801
6.4.1 铂黑吸收层工艺	766	7.7.2 透射率测量	803
6.4.2 金黑吸收层工艺	766	7.8 膜料的毒性与防护	804
6.4.3 炭黑及涂料	767	7.9 光学薄膜工艺发展趋势	805
6.5 热释电组件工艺	768	7.9.1 离子镀	805
6.5.1 组件工艺流程图	768	7.9.2 离子束辅助镀	805
6.5.2 热释电组件前放线路	768	7.9.3 光学薄膜控制	805
6.6 热释电探测器电参数及其测试	769	7.9.4 混合膜料的应用	806
6.6.1 热释电探测器的主要电参数	769	第8章 光学零件加工	807
6.6.2 参数测试	771	8.1 晶体定向	807
6.7 热释电探测器的发展趋势	772	8.1.1 偏光法	807
第7章 光学零件镀膜	774	8.1.2 X射线衍射法	810
7.1 光学薄膜分类	774	8.2 晶体切割	814
7.2 淀膜方法	774	8.2.1 外圆切割	814
7.2.1 电阻加热蒸发法	774	8.2.2 金刚石内圆切割	816
7.2.2 电子束蒸发法	778	8.2.3 超声切割	818
7.2.3 其他真空镀膜方法	780	8.2.4 水线切割	819
7.3 光学薄膜厚度控制方法	780	8.2.5 其它切割方法	820
7.3.1 极值法	780	8.3 晶体研磨	820
7.3.2 波长扫描法	782	8.3.1 磨料	820
7.3.3 任意膜层厚度控制法	785	8.3.2 磨盘材料	823
7.4 常用光学镀膜材料的特性	787	8.3.3 研磨工艺要点	824
7.5 真空镀膜设备	791	8.4 晶体抛光	824
		8.4.1 工艺要求	824
		8.4.2 抛光粉	825
		8.4.3 抛光模	827
		8.4.4 抛光方法	827
		8.5 安全防护	828
		8.5.1 X射线的防护	828
		8.5.2 毒性的防护	829
		附录 常用晶体名称缩写	830

电子陶瓷材料及器件

主 编 许昌昆

主 审 周志刚