

2008/2009

传感器与执行器大全

——传感器·变送器·执行器(年卷)



中国电子学会敏感技术分会
北京电子学会
北京电子商会传感器分会

编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



2008/2009
传感器与执行器大全(年卷)

——传感器·变送器·执行器



机械工业出版社

本书是中国电子学会敏感技术分会、北京电子学会和北京电子商会传感器分会年卷编委会编写的出版物,每年一卷。本年卷分3部分,第1部分介绍应用压电铁电材料的各种传感器(上);第2部分介绍传感器、变送器和执行器产品;第3部分介绍研究、生产和销售这些产品的技术支持单位的信息资料。

本书是选用传感器与执行器的必备手册,可供传感器与执行器生产、研制和应用的厂商及科技工作者阅读,也可供高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

传感器与执行器大全:传感器·变送器·执行器.2008/2009(年卷)/中国电子学会敏感技术分会等编.—4版.—北京:机械工业出版社,2010.2

ISBN 978-7-111-29691-1

I. 传… II. 中… III. ①传感器—手册②变送器—手册③执行器—手册 IV. TP212-62 TH86-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第018824号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张沪光 责任编辑:张沪光

封面设计:陈沛 责任印制:乔宇

北京双青印刷厂印刷

2010年3月第4版·第1次印刷

184mm×260mm·46.75印张·2插页·1154千字

标准书号:ISBN 978-7-111-29691-1

定价:158.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

封面无防伪标均为盗版

读者服务部:(010)68993821

前 言

《传感器与执行器大全》(年卷)已连续出版12卷,《2008/2009 传感器与执行器大全》已是第13卷。为了方便科技人员掌握传感器基础知识,从《1999/2000 传感器与执行器大全》开始,增加了传感器基础知识部分,本卷主要介绍应用压电铁电材料的传感器基础、原理、功能、结构等知识(上)。

本书主要分如下3部分:

第1部分分为2篇,共13章。第1篇压电铁电学基础,共4章,详细介绍了各类压电铁电材料的基础知识;第2篇压电效应的应用,共9章,介绍了应用压电铁电材料的各种传感器的原理、功能、结构等内容。

第2部分分为3篇,共39章。第1篇敏感元器件与传感器,共28章,全面、系统地介绍了各类敏感元器件与传感器的原理、结构、性能和用途;第2篇变送器,共4章,介绍了各类变送器的原理、结构、性能和用途;第3篇执行器,共7章,介绍了执行器与执行机构、阀、泵、接近开关、调节器与连接器,控制器和报警器等原理、结构、性能和用途。全书共介绍产品438种,其中国内产品392种。

第3部分是研制、生产和销售传感器、执行器与变送器的国内外厂商的技术支持单位的信息资料,计4971家,其中国内厂商1225家。

传感器与执行器的种类和研制、生产的企事业单位很多,鉴于篇幅有限,已在《实用传感器手册》、《传感器敏感元器件实用指南》,以及《1997/1998 传感器与执行器大全》至《2006/2007 传感器与执行器大全》中编入的产品介绍,本书一般不再编入,敬请产品介绍未被编入本书的传感器企事业单位谅解。此外,编入本书的产品介绍基本上保持了各厂商的特色,这样就出现了有的产品命名、所用术语、图形符号及计量单位不符合国家标准公布的规定,为了方便读者查阅各厂商产品,这里不做标准方面的统一工作,在此也请读者注意。

为了适应传感器、变送器和执行器市场的需要,计划每年编辑出版《传感器与执行器大全》(年卷)。新卷本一般仅收集编入市场前景好的产品,欢迎国内外企事业单位和个人向编者推荐新的传感器、变送器与执行器产品。

由于编者水平有限,书中错漏难免,敬请读者批评指正。

编者

《传感器与执行器大全》(年卷) 编委会

顾问	罗沛霖(中国科学院院士,中国工程院院士)
主任委员	毕克允(原中国电子科学研究院副院长)
副主任委员	孔祥荣(中国电子学会敏感技术分会副主任委员) 王文襄(中国电子学会敏感技术分会副主任委员) 李士平(北京电子学会常务理事,北京电子报总编辑) 杨定江(中国电子学会敏感技术分会副主任委员) 陈克铭(中国电子学会敏感技术分会名誉副主任委员) 周志刚(中国电子学会敏感技术分会名誉副主任委员) 范茂军(中国电子学会敏感技术分会副主任委员) 郑振兴(中国电子学会敏感技术分会副主任委员) 赵志刚(中国电子学会敏感技术分会副主任委员) 郭以述(中国电子学会敏感技术分会名誉主任委员) 郭源生(中国电子学会敏感技术分会副主任委员) 鲍敏杭(中国电子学会敏感技术分会名誉副主任委员)
委员	朱强(中国电子学会敏感技术分会电压敏专业学部) 王文襄(中国电子学会敏感技术分会力敏专业学部) 张年容(中国电子学会敏感技术分会磁敏专业学部) 杨定江(中国电子学会敏感技术分会光敏专业学部) 胡文成(中国电子学会敏感技术分会温敏专业学部) 廖源彪(中国电子学会敏感技术分会光纤专业学部) 崔大付(中国电子学会敏感技术分会离子敏生物敏专业学部) 黄兆新(中国电子学会敏感技术分会气湿敏专业学部) 张富(中国电子学会敏感技术分会应用专业学部)
主编	张福学(中国电子学会敏感技术分会主任委员)
副主编	杨崇峰
编委	李万忠 汪建文
参编和审校	牛红磊 王遥 王凌 王禹 王晓晨 冯梅 刘宇 孙成祥 严庆文 吴立锋 张伟 张磊 杨军 单言丰 周华 周倩 岳萍 罗元海 欧国银 郭司琴 贺新春 郭亨 赵启凤 赵辉 徐鸿卓 程进

目 录

前言

第 1 部分 压电铁电学基础及压电效应的应用(上)

第 1 编 压电铁电学基础

第 1 章 绪论	1
1.1 压电效应应用的历史	1
1.2 当今日常生活中离不开压电应用	1
1.3 压电铁电应用在现代科学技术中的地位	2
1.4 压电材料的现状	3
1.5 压电效应应用的现状	5
1.6 展望	6
参考文献	7
第 2 章 晶体的压电效应	8
2.1 晶体的压电性	8
2.2 压电振子	14
参考文献	17
第 3 章 晶体的铁电性质	18
3.1 铁电现象	18
3.2 铁电材料及其应用	24
参考文献	27
第 4 章 铁电、压电晶体的光学性质	28
4.1 折射率与双折射	28
4.2 热光效应	30
4.3 电光效应	30
4.4 弹光效应	32
4.5 非线性光学效应	33
参考文献	34

第 2 编 压电效应的应用

第 5 章 压电超声器件及装置	35
5.1 超声检测探头	35

5.2 超声波探伤仪	36
5.3 聚焦探头	37
5.4 超声波测厚仪	39
5.5 声阻法	39
5.6 液体声速仪	41
5.7 超声波风速仪	42
5.8 超声对位仪	44
5.9 气体中应用的大功率超声换能器	45
5.10 超声硬度计	46
5.11 超声黏度计	47
5.12 超声流量计	48
5.13 超声液位计	50
5.14 半穿孔结构的宽频带夹心换能器	51
5.15 压电超声乳化装置	52
5.16 功率超声	53
5.17 超声显微镜镜头	54
5.18 声子产生器	56
5.19 超声延迟线	57
5.20 其他压电超声器件及装置	58
参考文献	59
第 6 章 压电声表面波器件	60
6.1 SAW 非色散延迟线	60
6.2 SAW 带通滤波器	61
6.3 SAW 振荡器	63
6.4 SAW 相位编码抽头延迟线	64
6.5 SAW 色散延迟线	66
6.6 SAW 卷积器	67
6.7 SAW 压力传感器	68
6.8 SAW 热敏传感器	70
6.9 SAW 气敏传感器	71
6.10 SAW 加速度传感器	72
6.11 SAW 陀螺	74
参考文献	75
第 7 章 压电浅体声波器件	76

7.1	浅体声波延迟线(SBAWDL)	76	8.34	压电薄壳球形接收换能器	133
7.2	窄带 SBAW 带通滤波器(SBAWF)	78	8.35	压电圆锥喇叭换能器	135
7.3	宽带 SBAW 带通滤波器	81	8.36	潜艇声纳	136
7.4	浅体声波能量捕集器	83	8.37	舰壳声纳	137
7.5	浅体声波振荡器(SBAWO)	84	8.38	拖曳式声纳	138
7.6	浅体声波谐振器(SBAWR)	86	8.39	探雷声纳	139
第 8 章	压电水声器件	89	8.40	声纳浮标	140
8.1	深水复合棒发射换能器	89	8.41	航空吊放声纳	141
8.2	圆柱式增压水听器	90		参考文献	142
8.3	弯曲圆盘换能器	92	第 9 章	压电电声器件	143
8.4	弯曲伸张换能器	94	9.1	压电扬声器	143
8.5	深井换能器	95	9.2	压电耳机	145
8.6	混合圆环低频宽带声源换能器	96	9.3	压电传声器	146
8.7	低频宽带大功率镶嵌换能器	98	9.4	无噪声压电传声器	148
8.8	F27 型标准测量发射换能器	100	9.5	压电拾音器	150
8.9	F30 型标准测量发射换能器	102	9.6	电话机用压电送话器	152
8.10	水力学换能器	103	9.7	抗噪声压电送话器	154
8.11	浅海声学应答释放器	105		参考文献	155
8.12	FQ-20 型水声指令发射换能器	106	第 10 章	压电滤波器和鉴频器	156
8.13	地声、地震水听器	108	10.1	单个压电振子的滤波和陷波应用	156
8.14	压电圆管水听器	109	10.2	压电滤波器	157
8.15	宽带压电圆管水下校准声源	110	10.3	低频压电陶瓷滤波器	159
8.16	耦合腔低频互易校准测量装置	112	10.4	中频陶瓷滤波器	161
8.17	辐射压力浮子测量声功率的装置	113	10.5	高频陶瓷滤波器	163
8.18	空化阈激光检测装置	114	10.6	能陷型多重模滤波器	164
8.19	水下成像 PVF ₂ 宽带接收换能器	115	10.7	压电晶体振子与晶体滤波器	165
8.20	声顺管压电聚合物水听器	116	10.8	压电鉴频器	167
8.21	水下声全息压电换能器方阵系统	118	10.9	宽带晶体鉴频器	169
8.22	761 型多波束渔探仪	119		参考文献	170
8.23	MX-600 型多普勒声纳	120	第 11 章	压电振荡器	171
8.24	组合多圆管宽带水声换能器	121	11.1	石英晶体振荡器(XO)	171
8.25	浅海通信声参量端射阵	123	11.2	组件晶体振荡器(PXO)	174
8.26	圆环形自由液浸型发射换能器	124	11.3	恒温控制晶体振荡器(OCXO)	176
8.27	半空间无指向性发射换能器	125	11.4	电压控制晶体振荡器(VCXO)	178
8.28	远程传播水下声源	126	11.5	温度补偿晶体振荡器(TCXO)	180
8.29	小余响换能器	127	11.6	石英钟	182
8.30	声速仪	128	11.7	石英手表	182
8.31	海底地貌仪	130		参考文献	184
8.32	测深仪	130	第 12 章	压电发电机、电动机和变压器	185
8.33	压电船舶防垢装置	132	12.1	压电电源	185

12.2 压电点火器	187	1.1.7 三维压电射流角速度陀螺	227
12.3 压电静电发电机	188	1.2 CJAYS 型压电射流角加速度传感器	228
12.4 爆-电换能器	190	1.3 DMU 型惯性测量装置及垂直陀螺	229
12.5 压电振动电动机	192	1.4 CWT 100 型无线遥测系统	235
12.6 压电线性电动机	193	1.5 X-VIEW 和 X-ANALYZE 数据采集与分析软件	236
12.7 压电变压器	194	1.6 CJSYS-B01 型二轴压电角速度陀螺	237
参考文献	198	1.7 CJS-DR-WB01 型硅微机械陀螺	238
第 13 章 压电压力传感器	199	1.8 XS-5G 型具有北向保持功能的航姿仪	240
13.1 电荷输出式压电缸压力传感器	199	1.9 XS-11 型惯性组合	241
13.2 压电爆振传感器	200	1.10 QRS14 型角速度传感器	242
13.3 振膜式压电压力传感器	202	1.11 数字式角度传感器	243
13.4 振梁式压电压力传感器	203	第 2 章 转速传感器	244
13.5 振筒式压电压力传感器	205	2.1 SZCG-I 型智能磁性转速传感器	244
13.6 振筒式压电差压传感器	206	2.2 CJS 型转速传感器	244
13.7 音叉式压电压力传感器	207	2.3 TQG15 型光电式转速传感器	244
13.8 检测切削状态的压电力传感器	208	2.4 SMS16 型磁敏转速传感器	245
13.9 压电硬币传感器	210	2.5 JX71 系列涡流式转速传感器	245
13.10 电压输出式压力传感器	211	2.6 HU-42 型泵冲转盘转速传感器	246
13.11 频率输出式压力传感器	213	2.7 RP6600 系列转速传感器	246
13.12 压电式真空传感器	214	2.8 S-HC 型齿轮转速传感器	247
13.13 压电应变传感器	215	第 3 章 编码器	248
13.14 压电触觉传感器	216	3.1 AME-A001 型磁性编码器	248
参考文献	218	3.2 TC5000T 型编码器	248
第 2 部分 传感器、变送器和执行器		3.3 HA78 系列不锈钢重载型编码器	249
第 1 篇 敏感元器件与传感器		3.4 VES/VEC 系列旋转编码器	249
第 1 章 角速度、角度和角加速度陀螺	219	3.5 RCML15 系列超薄光电型编码器	249
1.1 压电射流陀螺	219	3.6 GLCK-115 型光电编码器	250
1.1.1 PFRS 系列压电射流角速度传感器	219	3.7 ED-18 型磁性编码器	250
1.1.2 CJSYS 型压电射流角速度传感器	222	第 4 章 倾角传感器	252
1.1.3 CJSYS-A01 型压电射流角速度传感器	223	4.1 气体摆式倾角传感器	252
1.1.4 CJSYS-A02 型压电射流角速度传感器	224	4.1.1 CJRS-A 型气体摆式倾角传感器	252
1.1.5 CJSYS-A03 型压电射流角速度传感器	225	4.1.2 CJRS-A01 型气体摆式倾角传感器	253
1.1.6 二维压电射流角速度陀螺	225	4.1.3 CJRS-B 型二维气体摆式倾角传感器	255
		4.1.4 CJRS-B01 型二维气体摆式倾角传感器	255

4.1.5	CJRS-B04 型低成本静态数字式气体摆水平姿态传感器	257	5.8	CJSD-YD-5 型数字式压电石英加速度传感器	296
4.1.6	CJRS-Z01 型动态气流式水平姿态传感器(有角速度输出)	258	第 6 章	振动和速度传感器	297
4.1.7	全方位水平姿态传感器	260	6.1	DP 系列低频振动传感器	297
4.1.8	CJRS-K01 型抗干扰气体摆式倾角传感器	262	6.2	YD-9200 型一体化机壳振动传感器	298
4.2	CZT-YD 系列压电石英倾斜仪	263	6.3	CDX-2 系列振动监视保护仪	299
4.3	CXT 系列倾角传感器	264	6.4	AC102 型振动传感器	300
4.3.1	CXTILT 系列双轴数字式倾角传感器	264	6.5	JP16SDJ-SG-2 型振动传感器	300
4.3.2	CXTA 系列模拟式倾角传感器	268	6.6	SC-3 型微振动传感器	301
4.3.3	CXTSW 型双轴倾角开关	269	第 7 章	线性位移传感器	302
4.4	XS-51 型动态水平仪	271	7.1	高精度 LVDT 传感器	302
第 5 章	线性加速度传感器	273	7.2	非接触位移传感器	304
5.1	CAJZS-40 型压电石英加速度传感器	273	7.3	CTS 420 系列线性位移传感器	305
5.2	CARS 型气体摆式线性加速度传感器	274	7.4	KYDM-L 型磁致伸缩线性位移传感器	305
5.3	1210 型模拟式加速度传感器	275	7.5	SLT190 型非接触式线性位移传感器	305
5.4	2430 型三轴模拟式加速度计	278	7.6	W-DC 型磁感应线性位移传感器	306
5.5	气体摆式微机械加速度计	280	第 8 章	厚度、距离和高度传感器	307
5.6	其他加速度计及相关产品	281	8.1	覆铜板 PC 及通孔铜壁厚度测量仪	307
5.6.1	1010 型数字式、1110 型门限式单轴加速度计	281	8.2	CH1 系列烧蚀厚度传感器	307
5.6.2	开架式三轴加速度计	281	8.3	HW-1 型测漆厚度传感器	307
5.6.3	2210 型模拟式加速度计模块	282	8.4	SKD-1 型激光距离传感器	308
5.6.4	用于模拟式加速度计模块的 2230 型组合安装件	282	8.5	JCS 系列超声波距离传感器	308
5.6.5	带连接器的测试板	282	8.6	FYH-3002 型高度传感器	309
5.6.6	评测板	283	第 9 章	孔径、圆度和对中仪	310
5.6.7	3310 型加速度数据采集系统	283	9.1	D505 型激光轴对中仪	310
5.7	加速度计及相关产品	284	9.2	LMDD-50 型模具孔径测量仪	310
5.7.1	通用型 M 系列加速度计	284	9.3	KJY-Ⅲ型精密孔径测量仪	310
5.7.2	高稳定型 LF 系列加速度计	286	9.4	JWFLU-LWDS(A)型智能全角扫描式孔径仪	311
5.7.3	振动型 HF 系列加速度计	287	9.5	RD60 II 型电机圆度仪	312
5.7.4	封装外形及安装尺寸和引线分配	289	9.6	GW12-DTP-1000C 型圆度仪	312
5.7.5	加速度计附件	290	9.7	D550 型防爆激光对中仪	312
5.7.6	运用 CXLM 加速度计进行振动分析及机械监测的方法	295	9.8	DU20 型高精度激光轴对中仪	313
			第 10 章	液位和物位传感器	315
			10.1	CF-TD2000 型超声波液位计	315
			10.2	HL2000 型超声波液位计	315
			10.3	CH-SY 型深井液位计	316
			10.4	PTH601 型液位传感器	316

10.5	ACD-1 型数字液位传感器	316	15.2	EPM-P 系列功率计	333
10.6	磁翻板液位计	317	15.3	NRP 系列功率计	334
10.7	RISEN-TS 型高精度超声波物位 变送器	318	15.4	HF 型段数字功率计	334
10.8	LP-T50 型非侵入式超声波物位 传感器	318	15.5	7100 型光度计	335
第 11 章	流量计	319	15.6	DR2700 型便携式分光光度计	335
11.1	FBLU 系列涡街流量计	319	15.7	TSI-8587A 型气溶胶光度计	336
11.2	D07-9N 系列质量流量计	319	15.8	SP-751 型紫外分光光度计	336
11.3	焦炉煤气流量计	320	第 16 章	红外测温仪与热像仪	338
11.4	R-MC 系列质量流量计	320	16.1	TI200 型红外测温仪	338
11.5	V 形锥流量计	321	16.2	MS0818 型红外测温仪	338
11.6	LSQ 系列外夹式超声波流量计	321	16.3	DX13-DT880B 迷你型红外测温仪	339
11.7	FV 系列固定外夹式超声波流量计	321	16.4	MOBIR [®] M4 型手机式红外热像仪	339
11.8	DH-D 型气体涡轮流量计	322	16.5	MIDAS 320 型便携式红外热像仪	340
第 12 章	荷重传感器	323	第 17 章	温度传感器	341
12.1	WH07 型轴销式荷重传感器	323	17.1	SLST 系列数字温度传感器	341
12.2	MCC-X1 系列传感器称重模块	323	17.2	PT-100 型温度传感器	341
12.3	HG-HL-2 型荷重传感器	323	17.3	KGX-W I 型温度传感器	342
12.4	HG-LS-1 型拉力荷重传感器	324	17.4	隔爆型温度传感器	342
12.5	KHY-3 型闸门开度荷重测控仪	324	17.5	DY-SEN-IR 型红外温度传感器	343
12.6	XH 系列荷重测控仪	325	第 18 章	磁敏传感器	344
第 13 章	力敏传感器	326	18.1	DWQ-BL 型磁敏角度传感器	344
13.1	压电力敏元件	326	18.2	SZMZ-02 型磁敏转速传感器	344
13.2	声纳用宽带换能器及换能器阵	327	18.3	MRS-F-21 型半导体磁敏传感器	345
13.3	SLC 系列测力传感器	328	18.4	MRS-30E2 型磁敏传感器	345
13.4	DMP2000 型高精度数字应变仪	328	18.5	MT10 系列薄膜磁敏电阻元件	345
13.5	QYX21/TO-8 系列简易硅压阻式 力敏传感器	329	第 19 章	电流传感器与电导仪	347
第 14 章	光纤位移、温度传感器和陀螺仪	330	19.1	HB-BDLH 型电流传感器	347
14.1	FBGD 系列探杆式光纤光栅位移 传感器	330	19.2	ETCR5100 系列高精度钳形电流 传感器	347
14.2	光纤光栅温度传感器	330	19.3	YWG 系列霍尔效应传感器	348
14.3	BGK-FBG-8600 型中速光纤光栅 分析仪	330	19.4	HANNA 型台式电导仪	348
14.4	ST100 型光纤陀螺仪	331	19.5	DDS-11A 型数显电导仪	348
14.5	XW-FG100 型光纤陀螺仪	332	19.6	DDS-307 型精密数显电导率仪	349
14.6	VG951 型光纤陀螺仪	332	第 20 章	气敏传感器	350
第 15 章	功率计与光度计	333	20.1	BKR-3 型可燃性气体检测报警仪	350
15.1	钳形功率计	333	20.2	BKG-1800 型固定式安装气体检测 探头	350
			20.3	XOY-3 型氧气检测报警仪	351
			20.4	BSQ-1 型钢瓶液化石油气残气报 警仪	352

20.5	SS-7 型气敏传感器	352	25.1	HR 系列智能热球式风速计	377
20.6	TP-3C 型酒精气体传感器	352	25.2	MODEL KA22 型热式风速仪	377
20.7	SP4110 型平面结构旁热式半导体可燃 气体敏感元件	353	25.3	AZ8901 型风速/风温/风量仪	378
第 21 章	湿敏(水分)传感器与露点仪	354	25.4	TN-2426 型风速计	378
21.1	LM324N 型陶瓷湿敏传感器	354	25.5	AM4202 型风速计	378
21.2	高精度土壤水分传感器	354	25.6	ZRQF-F30J 型智能热球风速仪	379
21.3	FT-1 型在线水分测定仪	355	第 26 章	扭矩、力矩传感器	380
21.4	CS620 型便携式土壤水分传感器	355	26.1	NJ 系列静态扭矩传感器	380
21.5	CERMAX 型便携式露点仪	356	26.2	ZNJ 系列旋转扭矩传感器	380
21.6	VAISALA 型露点仪	356	26.3	TQ-66 系列扭矩传感器	381
21.7	DP99 型先进露点仪	357	26.4	TQ-664 型静止扭矩传感器	383
第 22 章	声敏传感器	358	26.5	ZLJ200 型汽车自动张紧轮力矩 测量仪	384
22.1	灵敏度可调式水听器	358	26.6	F1 型扭矩传感器	384
22.2	CYMBAL-A 型压电换能器	359	26.7	HX-908 型扭矩传感器	385
22.3	HU2109 型在线式超声波浓度 测试仪	360	26.8	YKT-3、LTS 系列力矩电机	385
第 23 章	硬度、密度和浊度传感器	361	第 27 章	传感器用电路	387
23.1	TH300 型洛氏硬度计	361	27.1	SJ5521 型线性可变差动变压器接口专用 集成电路	387
23.2	TQ-886 型插入式液体密度计	361	27.2	祥云系列放大系统模块	388
23.2.1	自由流体安装-法兰或结构件 连接	362	27.2.1	FS21-4C 型超高增益、超低噪声应 变/通用放大系统	388
23.2.2	T 型件安装-法兰或结构件 连接	363	27.2.2	XIN/X 系列国际水平超高指标参数 放大系统	388
23.2.3	流通室安装	363	27.2.3	PRE 系列电生理信号放大通 道/系统	389
23.3	TQ-880 型在线液体密度计	364	27.3	YF 型应变信号调理模块	389
23.4	TQ-884 型密度计	365	27.4	T-PS 系列汽车油压传感器用厚膜 电路	390
23.5	TF10 型低浊度传感器	366	第 28 章	传感器试验用设备仪器	391
23.6	971 系列闭环式传感器万能硬度计	366	28.1	元器件检测设备	391
23.7	BT18-LB444 型同位素密度浓度计	366	28.2	PBD 系列传感器标定试验箱	393
第 24 章	多功能传感器	368	28.3	CSY2000G 型光电传感器系统 实验台	393
24.1	多功能智能传感器	368	28.4	SB-811 型检测与转换技术实验台	394
24.2	动调型惯性组合	371	28.5	DICE-CG2 型传感器与检测技术 实训仪	394
24.3	低成本高精度寻北仪	372	28.6	CSY-SY 系列生物医学传感器 实验系统	395
24.4	静电振动型惯性组合	373			
24.5	低成本高精度多功能双轴水平仪	374			
24.6	KD2306 型多功能传感器	375			
24.7	LM-400、410、420、430 系列多功能温湿度 传感器	376			
第 25 章	风速计	377			

第 2 篇 变 送 器

第 29 章 物位、液位和流量变送器	396
29.1 PCM260 型液位变送器	396
29.2 LWGB 系列涡轮流量变送器	396
29.3 CTS-DLB 型物位变送器	397
29.4 RISEN 型物位变送器	397
29.5 UDM-20 型浮子液位(界面)变送器 ..	397
29.6 JCJ8001 型投入式液位变送器	398
29.7 CYH 型硅压阻式液位变送器	399
第 30 章 压力、差压变送器	400
30.1 BP2088 系列压力变送器	400
30.2 JCJ800D 通用型压力变送器	400
30.3 PB8200 系列扩散硅式压力变送器 ..	401
30.4 迅尔压力变送器	401
30.5 HSB-1151GP 型压力变送器	402
30.6 HART 系列智能压力变送器	402
30.7 PMD235 型智能差压变送器	403
30.8 PD-39 系列差压变送器	404
第 31 章 温度、露点变送器	405
31.1 JCJ100F/JCJ100R 型温度变送器	405
31.2 SBW 系列一体化温度变送器	405
31.3 JH-10 型一体化温度变送器	406
31.4 STH 系列温湿度变送器	406
31.5 SBWR/Z 系列一体化温度变送器	407
31.6 MICHHELL 型易露变送器	407
31.7 CERMET II 智能型在线露点 变送器	408
第 32 章 电流、电容和压阻式变送器	409
32.1 RS-1122 系列模块式直流电流隔离 变送器	409
32.2 RS-1218 型导轨式二线制电流隔离 变送器	409
32.3 GDB 系列电量隔离变送器	409
32.4 TK-1151 系列电容式变送器	410
32.5 HW-3851/1151 系列电容式变送器 ..	411
32.6 SL131 型压阻式变送器	411

第 3 篇 执 行 器

第 33 章 执行器与执行机构	412
33.1 3800 系列智能型电液式执行器	412

33.2 DYS-22/80 型电液伺服执行机构	412
33.3 DKZ 型直行程电动执行器	413
33.4 XR3610 系列智能型电子式电动 执行器	413
33.5 ZHB 系列智能电动执行机构	414
33.6 SKJ 型快速电动执行机构	415
33.7 PS 系列电动执行机构	415
第 34 章 阀	416
34.1 DTLV-0.6 型电动推杆平板闸阀	416
34.2 GA49H-16 型冲量安全阀	416
34.3 电动蝶阀	416
34.4 ZJHP 型气动单座套筒调节阀	417
34.5 API 系列铸钢固定球阀	418
34.6 HTS 系列单座调节阀	418
第 35 章 泵	420
35.1 IHF 系列化工衬氟泵	420
35.2 2XZ 系列双级旋片式真空泵	420
35.3 DP-35 型微型隔膜泵	421
35.4 LG/LG-B 型立式多级离心泵	421
35.5 KCB 系列齿轮泵	422
35.6 2CY 系列齿轮油泵	423
第 36 章 接近开关	424
36.1 TV618 型电容式耐高温接近开关	424
36.2 IFRM05P/N 型电感式接近开关	424
36.3 E3F3-DS50P2 型电感式接近开关	425
第 37 章 调节器与连接器	426
37.1 CTA 系列汽车电子调节器	426
37.2 CARBUR 型电压调节器	426
37.3 3150RG 型调节器	427
37.4 KCS1 型动态无功功率调节器	427
37.5 DT2031 型数字调节器	428
37.6 WAIN 系列重载连接器	428
第 38 章 控制器	430
38.1 SC100B 型单轴运动控制器	430
38.2 KD2-160A 型精密阻焊控制器	430
38.3 GSI-3 系列智能控制器	431
38.4 UQK-01、02、03 型浮球液位控制器 ..	431
38.5 RC2000F 系列智能谐波分相自动 补偿控制器	431
38.6 JKW1A-12 型控制器	432

第 39 章 报警器	433
39.1 KS-200A-299 大型无线远程报警系统	433
39.2 氢气气体报警器	433
39.3 FC-7448 大型报警主机系统	434
39.4 AL-GPRS/232/T 报警系统	434
39.5 GSM 短信遥控防盗报警器	435
39.6 JCB-CJ128A 智能型甲烷探测报警仪	435

第 3 部分 传感器与执行器技术支持

一、中国	437
1. 北京市	437
2. 天津市	451
3. 河北省	451
4. 山西省	454
5. 内蒙古自治区	455
6. 辽宁省	456
7. 吉林省	463
8. 黑龙江省	463
9. 上海市	464
10. 江苏省	473
11. 浙江省	479
12. 安徽省	483
13. 福建省	485
14. 江西省	487
15. 山东省	488
16. 河南省	491
17. 湖北省	491
18. 湖南省	494
19. 广东省	495
20. 广西壮族自治区	508
21. 海南省	508
22. 重庆市	508
23. 四川省	510
24. 贵州省	513
25. 云南省	514
26. 陕西省	514

27. 甘肃省	517
28. 青海省	518
29. 宁夏回族自治区	518
30. 新疆维吾尔自治区	519
31. 香港特别行政区	519
32. 台湾省	520
二、美国	521
三、日本	624
四、德国	688
五、法国	704
六、意大利	711
七、瑞士	715
八、英国	719
九、荷兰	722
十、瑞典	724
十一、比利时	725
十二、丹麦	726
十三、加拿大	727
十四、奥地利	728
十五、爱尔兰	729
十六、芬兰	729
十七、土耳其	730
十八、挪威	730
十九、以色列	731
二十、斯洛文尼亚	731
二十一、澳大利亚	731
二十二、新加坡	732
二十三、匈牙利	732
二十四、南非	733
二十五、希腊	733
二十六、葡萄牙	733
二十七、白俄罗斯	733
二十八、捷克	734
二十九、新西兰	734
三十、西班牙	734
三十一、克罗地亚	734
三十二、爱沙尼亚	734
三十三、卢森堡	735
三十四、波兰	735

第 1 部分 压电铁电学基础及压电效应的应用(上)

第 1 编 压电铁电学基础

第 1 章 绪 论

1.1 压电效应应用的历史

1880 年居里兄弟发现电气石的压电效应,从此开始了压电学的历史。1881 年居里兄弟实验验证了逆压电效应,给出石英相同的正逆压电常数。1894 年沃伊特(Voigt)指出,仅无对称中心的 20 种点群的晶体才有可能具有压电效应。石英是压电晶体的代表,它一直被广泛采用。利用石英的压电效应可构成振荡器和滤波器等频控元件。第一次世界大战中,居里的继承人郎之万为了探测德国的潜水艇,利用石英的压电效应制作了水下超声探测器,从而揭开了压电应用史的光辉篇章。

除石英外,罗歇尔盐、磷酸二氢胺(ADP)、酒石酸乙二胺(EDT)、酒石酸二钾(DKT)等压电晶体也有种种用途,但压电材料及其应用取得划时代的进展是开始于第二次世界大战中发现的钛酸钡(BaTiO_3)陶瓷。美国、日本和前苏联分别独自发现 BaTiO_3 后,1947 年美国的罗伯特(Roberts)在 BaTiO_3 陶瓷上加高电压进行极化处理,获得了压电陶瓷的压电性。随后,日本积极开展应用 BaTiO_3 压电陶瓷制作超声换能器、音频换能器、压力传感器等检测器件、滤波器、谐振器等的压电应用的研究,这种广泛的应用研究进行到 20 世纪 50 年代中期。

1955 年美国 B. 贾菲(B. Jaffe)等人发现比 BaTiO_3 的压电性优越的锆钛酸铅(PZT)压电陶瓷及其实用化,大大加快了应用压电陶瓷的速度, BaTiO_3 时代难于实用化的一些应用,特别是压电陶瓷滤波器和谐振器,以及机械滤波器等,随着 PZT 的出现而迅速实用化。应用压电声表面波(SAW)的滤波器、延迟线和振荡器等 SAW 器件,20 世纪 70 年代末期即已实用化。

聚合物压电性的研究开始于木材、羊毛和骨头等生物材料,后来研究合成聚合物的压电性。1969 年报导的聚偏二氟乙烯(PVF₂)已实用化。20 世纪 70 年代在治疗骨伤时,应用骨头的压电性治疗能加快痊愈速度。

1.2 当今日常生活中离不开压电应用

当今社会,压电材料及其应用已遍及日常生活的每个角落,每人每天都离不开压电应用。

香烟、煤气炉、汽车发动机等点火要用压电点火器；电子手表要用压电谐振器；声控门、报警器和儿童玩具等要用压电蜂鸣器；银行、商店、超净厂房和安全保密场所的管理，以及侦察、破案等要用能验证每个人笔迹和声音特征的压电力敏传感器。家用电气产品要用压电器件，如电视机要用压电陶瓷滤波器、压电 SAW 滤波器、压电变压器和压电风扇；收录机要用压电微音器、压电扬声器和压电电动机；收音机要用压电陶瓷滤波器和高保真压电扬声器（喇叭）；电唱机要用压电拾音器和压电电动机；闪光灯要用压电高压发生器。

生物制品具有压电性。生物纤维和皮毛制成的衣、帽和鞋都是压电材料，当受力作用时，它们都会产生“压电”。“压电”触击皮肤，可促进血液循环、消除疲劳。因此，人们还专门研制了压电鞋。

更有趣的是，生物都具有压电性，压电效应伴随和引导万物生长。人就是一个复杂的压电体，人的各种感觉器官实际上是生物压电传感器。应用生物压电学的原理既可防病、治病，使人延年益寿，还可弄清人的生理功能。过去人们对中医与西医某些对立的观点不可理解，如治疗骨伤，西医主张患者静，中医主张患者动，以致有的人认为中医不科学。当今根据生物压电学的原理得知，骨头具有压电性，压电效应引导骨头生长，因此运动能加速骨头的痊愈。根据正压电效应治疗骨折，不仅可加快痊愈速度，还可治愈骨头已干燥的骨折（一般西医是不可能治愈的）。根据逆压电效应，将骨头通电可矫正畸形腿骨、臂骨等，还可使断骨生长。

1.3 压电铁电应用在现代科学技术中的地位

利用压电铁电材料可构成压电、铁电、热释电、光铁电和光学等器件，表 1-1 列举其中部分产品在电子学各个领域中的应用。由表可知，压电产品已是电子学各个领域中的关键元器件（或部分），它是现代电子学的重要组成部分。

表 1-1 压电铁电在电子学中的应用

电子学领域	压电产品		作用	
信号处理	滤波器、鉴频器、放大器、衰减器、延迟线、混频器、卷积器；光电调制器、弹光调制器、光偏转器、光开关、热光开关、可调滤光器、光倍频器、光混频器、光频移和脉冲压缩器；声光偏转器、声光调制器、声光可调滤光器、声光频谱分析仪		电 \longleftrightarrow 声 处理光信号	
存贮显示	铁电存储器、铁电显示器；光铁电存储显示器、光折变全息存储器、X 射线全息存储器		存储显示信息和图像	
接收发射	声纳、鱼探仪、超声测声仪、水下扬声器和传声器；超声探伤仪、超声厚度计、混凝土探伤仪、地质结构探测仪；拾音器、传声器、耳机、扬声器、电视遥控器		发射与接收水中、地下和固体中的超声波	
计 测	加速度表、陀螺、声阻抗检测仪、微位移器、微量天平、热释电探测器、压力计、方位探测器、车辆识别器、计数器、流量计、流速计、风速计、声速计、液面计、诊断仪		计测和自动控制	
信号发生器	电信号发生器——压电振荡器		标准信号源	
	声信号发生器	电声换能器	送受话器、拾音器、传声器、扬声器、蜂鸣器	长距离通话、电子手表报时、报警
		超声换能器	水声换能器	舰船声纳、海上浮标
			工业超声换能器	清洗、切割、焊接、探伤
	遥测遥控超声换能器	遥测、遥控、防盗、报警		

(续)

电 源	压电发电机	压电打火机、汽车点火器、压电引信、X光机高压电压	引燃、引爆、高压源
	压电变压器	压电电源 静电除尘器、负离子发生器、静电复印机、静电涂覆机	电视显像管、电场治疗仪等的电源

人类已进入信息社会,而信息要通过传感器才能获得。在信息社会,如果没有良好的传感器,微处理机就不能很好地发挥作用。因此,20世纪80年代美、日等发达国家在安排开发新技术的计划时,列在首要地位的是传感器技术。传感器种类繁多,各有优缺点,而压电传感器具有高灵敏度和高可靠性等其他传感器不可相媲美的特点,它属优质高档传感器。20世纪80年代欧洲传感器产值为38亿美元,其中压电传感器占很大比例。表1-2列出压电力敏、声敏、热敏、光敏、湿敏、气敏等各类型传感器中的部分产品。

表 1-2 压电传感器

传感器类型	生物功能	转换	压电传感器名称	压电材料
力敏	接触传感	力→电	微音器、应变仪、声纳、拾音器、压电发电机、血压计、压电射流陀螺、压电加速度计	BaTiO ₃ 、PZT、PMS、ZnO、PVF ₂ 、石英
		电→机械形变	位移器、继电器、注射器、压电风扇、压电笔、机械手、压电电动机	
声敏	听觉传感	声→电 声→力	振动器、微音器、超声探测器、助听器、盲人导行仪	石英、PZT PMS、PVF ₂
		声→光	声光偏转器、声光调制器	LiNbO ₃ 、PbTiO ₃ 、 PbMoO ₄
热敏	接触传感	热→电	高温计、计数器、防盗报警器	BaTiO ₃ 、PZT TGS、 PbTiO ₃ 、LiTaO ₃ 、PVF ₂
光敏	视觉传感	光→电	热电红外探测器、热电显像管、光调制器、光偏转器	LiTaO ₃ 、PbTiO ₃ 、PLZT
气(湿)敏	嗅觉传感	湿度→电 气→电	湿度指示器、井下瓦斯和大气污染等有害气体浓度报警器	石英

注:PMS—铋锰酸铅压电陶瓷;TGS—硫酸三甘肽(一种热释电晶体);PLZT—掺镧钛酸铅。

压电学是介于生物、医学和电子学之间的一门边缘科学。研究生物的压电和热电性,弄清生物功能的机理,这是生命科学。从理论上弄清人的生理功能,特别是人体特异功能,可进一步开发人的智能,并促进医学的发展。因此,如果说21世纪是生物、医学和电子学的世纪,那么,开发生物压电学将具有深远的意义。

1.4 压电材料的现状

1.4.1 压电单晶

压电应用的发展取决于压电材料种类的更新和性能的提高。为了开发压电新应用,在石英之后研制出了罗歇尔盐、ADP、KDP(磷酸二氢钾)、EDT、DKT和LH(硫酸锂)等压电单晶。但由于它们的性能存在某些缺陷,如罗歇尔盐易水解等,故随着人造石英的大量生产和压电陶瓷性能的提高,这些晶体大多数都已基本不用。至今石英仍是最重要的也是用量最大的振荡器、谐振器和窄带滤波器等频控元件的压电材料。除石英外,性能好而用量也大的压电单晶是

钼酸锂和钽酸锂,它们大量用作 SAW 器件,而 LiNbO_3 还是高耦合压电晶体,可用作谐振器和换能器。此外,氧化锌和氧化铝等压电薄膜已是当今微波器件的关键材料。

1.4.2 压电陶瓷

BaTiO_3 是最早发现的压电陶瓷,早在 1949 年日本就研究应用它的压电性设计鱼群探测器,其最大缺点是谐振频率的温度特性差。但用 Pb 和 Ca 部分取代 BaTiO_3 中的 Ba 可改善频率温度特性,故在广泛使用 PZT 压电陶瓷的今天,仍有部分压电换能器用 BaTiO_3 陶瓷生产。象 BaTiO_3 那样的单元系压电陶瓷,还有用 Mn、W、Ca、Bi、La 和 Nb 等改性的 PbTiO_3 ,它有良好的压电性能,是当前生产高频滤波器用的良好压电陶瓷。

用石英作滤波器、谐振器和换能器难于实现宽带,用 BaTiO_3 构成的频控元件温度性能差。PZT 的机械耦合系数高,温度特性好,并有高的居里温度(约 300°C),用 Sr、Ca、Mg 等元素部分取代 Pb,或添加 Nb、La、Sb、Cr、Mn、Fe、Co、Ni 等元素改性,可得到不同用途的许多 PZT 系压电陶瓷,如 PZT-4、PZT-5、PZT-6、PZT-7、PZT-8 等。PZT 的出现是压电陶瓷发展史上的一件划时代的大事,许多在 BaTiO_3 时代不可能或非常难于实现的新器件随 PZT 的实用化而随之出现。二元系压电陶瓷材料,除 PZT 外,可适用的还有 $\text{Pb}_{0.6}\text{Ba}_{0.4}\text{Nb}_2\text{O}_6$ 、 $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ 和 $\text{Na}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{NbO}_3$ 等。

在 PZT 的基础上,日本于 1965 年研制成功性能更好的 PbZrO_3 - PbTiO_3 - $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ 三元系压电陶瓷(简称 PCM),至今在日本广泛采用。我国压电与声光技术研究所于 1969 年研制成功的 $\text{Pb}(\text{Mn}_{1/3}\text{Sb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbZrO_3 - PbTiO_3 三元系压电陶瓷(简称 PMS)的性能比 PZT 和 PCM 的优越,获国家发明奖。用 PMS 先后研制成功压电陀螺、压电陶瓷滤波器、压电变压器、压电超声换能器、压电传声器和压电蜂鸣器等,其中压电陀螺获国家发明奖。表 1-3 列出 PMS 的常用配方及其性能。

表 1-3 PMS 部分配方的组成及其性能

主成分(摩尔分数)(%)			添加杂质的质量分数(%)	R / Ω	C / μF	K_p (%)	Q_m	$\Delta f/f_m$ (%)	
X	Y	Z						-55 $^\circ\text{C}$	+85 $^\circ\text{C}$
4.0	43.50	52.50		11	369	45.8	932	+0.020	-1.583
4.5	47.16	48.34		2.7	1075	70.0	600	< ± 0.30	
5.0	46.00	49.00		5.3	500	61.2	730		
5.5	45.00	49.50		6.6	540	57.1	740		
5.5	46.10	48.40		4.0	450	60.7	940		
6.0	48.8	45.2		9.7	1127	56.6	1108		
6.0	62.6	31.4		16.0	320	22.0	3585	+0.173	-0.396
6.5	62.3	31.2		16.6	308	20.0	3102	+0.242	-0.203
7.0	50.0	43.0		5.0	690	48.4	1580	-0.260	-0.100
7.0	49.0	44.0		4.0	656	52.7	1458	-0.200	-0.303
7.0	47.5	45.5		2.0	1086	63.9	945	+0.395	-0.319
7.0	55.0	38.0		4.5	770	30.7	2050	-0.077	-0.164
7.0	60.0	33.0		16	377	26.0	1947		
7.0	45.5	47.5		3.4	370	52.6	2340		
7.0	48.25	44.75		1.5	893	60.3	1847	+0.070	-0.160
7.0	10.0	83.0		44	249	14.0	3249		
7.0	24.0	69.0	0.25 Nb_2O_5	7.8	369	25.0	7000	-1.90	+0.034
7.0	50.00	43.0	0.5 La_2O_3 + 0.25 Cr_2O_3 + 0.3 Bi_2O_3	2	960	44.6	1500	+0.05	-0.08
7.0	75.0	18.0		128	157	12			