

第四届全国敏感元件与传感器学术会议

论文集



全国敏感元件与传感器学术团体联合组织委员会

1995.5 上海

第四届全国敏感元件与传感器学术会议
(STC '95)

主办

- 全国敏感元件与传感器学术团体联合组织委员会
- 中国电子学会敏感技术学会
- 中国仪器仪表学会传感器学会
- 中国仪器仪表学会仪表元件学会
- 中国航空学会自动控制专业委员会
- 中国航天遥测传感技术研究中心
- 中国科学院传感技术协作组
- 全国高校传感技术研究会
- 中国生物医学工程学会生物医学传感技术学会
- 中国仪器仪表学会过程检测控制仪表学会

承办

- 中国科学院传感技术国家重点实验室
- 上海市传感技术学会

会议组织机构

大会主席：王渭源

副主席：郭以述 关定华 杨臣华 冯冠平 宋宗炎
黄俊钦 任 恕 黄西培 吴钦炜

程序委员会

主 任：陈克铭

副主任：鲍敏杭 崔大付 刘广玉 武蕴忠

委员(以姓氏笔划为序)

王渭源	方家熊	刘广玉	刘忠立	成柏华	朱厚卿	何铁春
陆德仁	张桂成	林明邦	胡文炯	赵志诚	袁中一	郭演仪
黄西培	赖宗声	虞承端	廖延彪	黎高翔	魏沛仁	

组织委员会

主 任：姚林声

副主任：余文杰 张国雄 章熙康 郑振兴

秘书处

秘书长：林心如

副秘书长：陈志良 胡吉生 洪志欣

委 员：殷家忠 沈德新 陆金龙 陈 红

丁 青 焦继伟 毛敏耀 戈肖鸿

本次会议受到下列单位的支持和资助,在此谨表示感谢:

中国科学院传感技术国家重点实验室
上海市传感技术学会
中国科学院上海冶金研究所信茂公司显示屏组
中国科学院上海冶金研究所信茂公司传感器组
中国科学院上海冶金研究所新康公司
中晶电脑公司
上海尼赛拉传感器有限公司
中国航天遥测传感技术研究中心
中国仪器仪表学会仪表元件学会
中国仪器仪表学会传感器学会
中国生物医学工程学会生物医学传感技术分会
中国仪器仪表学会过程检测控制仪表学会
中国科学院传感技术协作组
中国电子学会敏感技术学会

第四届全国敏感元件与传感器学术会议

1995年3月16日

前 言

第四届全国敏感元件与传感器学术会议 (STC'95) 今天在这里召开。我代表会议领导向参加会议的代表表示热烈欢迎, 向各位论文的作者致以衷心感谢。

STC'95 是继续以往三届 (STC'89, 北京; STC'91, 上海; STC'93, 北京) 由我国敏感元件和传感器学术团体联合组织委员会主办的全国大型学术盛会, 旨在交流这一领域的最新成果。我们曾考虑会议在其他地点召开, 但组织大型会议, 论交通条件, 不得不选择北京或上海。与本届会议同时, 中国电子基础产品装备公司在上海举办全国敏感元件与传感器展览会, 这类大型展览会在上海还是第一次。这也是我们将会议选在上海的理由之一。

本届会议的论文集共收进论文 215 篇。我们对于因各种原因未被录用或未收进论文集的论文作者表示歉意。

本届会议由中国科学院传感技术国家重点实验室、上海市传感技术学会承办, 会议得到联合组织委员会中各学会等单位资助。在此我对会议各位工作人员和资助单位表示感谢。

最近三年, 上海起了很大变化, 我希望代表们趁会议之际去各处观光一番。

我衷心祝贺 STC'95 圆满成功。

大会主席

王渭源

目 录

一. 大会报告

- 1.* 航天遥测传感器技术发展概况 宋宗炎 (1)
- 2.* 微机械传感器的新进展 鲍敏杭 (5)
- 3.* InSb 薄膜磁敏元件规模生产中的问题 于成民 (12)
- 4.* 化学传感器当前面临问题及应用前景 陈克铭 (16)

二. 力敏材料、元件及力学量传感器

- 1.* 数字量传感器的原理与发展 冯冠平 (22)
- 2.* 多晶硅X型压力传感器 田 雷 齐 虹 李 丹 李 瑞 王善慈 (28)
3. 纳米硅薄膜的压阻效应及其应用 于晓梅 何宇亮 (30)
4. 单晶金刚石薄膜外延生长研究 陈庆贵 王其闵 史日华 董荣康 (32)
5. 用激光束成像法研究簧片式硅弹性膜的应变
..... 温明生 唐世洪 戴 薇 (34)
6. E型扩散硅力敏器件的设计与制作
..... 李妍君 乔文华 李天茂 吴丁民 季 安 庞世信 (37)
7. 石英音叉压力敏感元件灵敏度提高的研究
..... 林 江 赵 宇 张滨华 薛宝东 陈 罡 刘 伟 (39)
8. 扩散硅压力传感器零位温度系数的双桥补偿法
..... 吴宪平 胡美凤 罗桂隆 龚凤英 (41)
9. 双岛结构扩散硅压力传感器的过压保护研究 吴宪平 胡美凤 (43)
10. 扩散硅压力传感器规模生产中的有关问题 庞世信 (45)
11. 采用硅-硼硅玻璃-金属复合结构的新型微压力传感器
..... 张滨华 林江 李忠晓 (48)
12. 一种高线性度SOI压力传感器芯片设计
..... 李金华 周 侗 许龙金 陆德仁 (50)
13. 对称岛膜结构硅电容压力传感器的研究
..... 李昕欣 鲍敏杭 朱海军 沈绍群 (52)
14. 口腔肌肉压力传感器研究 谢会开 詹嘉乐 熊建军 刘理天 (54)
15. 多功能力敏器件 庞世信 唐 慧 徐淑霞 刘 沁 吕忠刚 (56)
16. 压力传感器的低漂移化的研究 唐 慧 (58)
17. 提高应变式压力传感器精度的一些措施 王若松 (60)
18. 20Kpa小量程厚膜压力传感器 马以武 常慧敏 张绪萌 刘高升 (62)
19. 厚膜力传感器一体化补偿热敏浆料的研究
..... 刘高升 常慧敏 张绪萌 马以武 (64)
20. 厚膜压力传感器的集成化研究
..... 马以武 常慧敏 刘高升 张绪萌 戈 瑜 (66)
21. 电动汽车用无刷电机位置传感器 常 耿 徐玉铎 付志斌 宋 单 (68)

* 为本届会议特邀报告

22. 静压、差压组合式传感器及系统的研制	张声良 屈晓声 郝梅 (70)
23. 电感调频式荷重传感器	王德盛 (73)
24. 三种结构的压阻式加速度传感器特性比较	胡澄宇 陈宏 沈绍群 鲍敏杭 (75)
25. 微机械结构硅加速度传感器的空气阻尼	陈宏 陶盛 鲍敏杭 沈绍群 (77)
26. 硅微加速度传感器过载能力的设计与测试	陈宏 陶盛 沈绍群 鲍敏杭 (79)
27. 石英挠性加速度传感器的电激励建模	钮永胜 郭振芹 段尚枢 周庆东 (81)
28. 消除横向效应的硅一体化加速度传感器的设计与制作	周伟勤 金仲和 徐义刚 王跃林 胡鑫松 (83)
29. 新型后坐加速度开关阵列传感器	李科杰 石庚辰 (85)
30. 高精度电容加速度检测仪设计	杜玉峰 (87)
31. 微型电容加速度传感器的设计与研制	马青华 陶盛 鲍敏杭 李昕欣 沈绍群 (89)
32. 新型簧片式硅加速度传感器的研制	温明生 唐世洪 刘理天 谢会开 谭智敏 (91)
33. 压阻式双轴加速度计的研究	李瑞 付敬奇 张军 林冬辉 胡凤霞 (94)
34. 气流式加速度传感器	李邓化 陈占先 (96)
35. 棒状非接触直线大位移传感器	生寿华 (99)
36. 悬桥式流量传感器响应时间和最小流量的检测	陆德仁 熊斌 焦继伟 王渭源 (101)
37. 高灵敏管道外夹持超声流量传感器研究	袁易全 (103)
38. 谐振式传感器的新进展	刘广玉 樊尚春 魏鸿然 (105)
39. 低压高能型压敏电阻研制	王克逸 季幼章 (109)
40. 谐振传感器的闭环振荡电路研究	王亚强 金仲和 王跃林 徐义刚 丁纯 (111)
41. 电涡流效应的材质特性及其应用	宋单 徐玉铮 常耿 彭承正 (113)
42. 掺 Y^{3+} 、 La^{3+} 的 $(Sr, Ca)TiO_3$ 系电容-压敏多功能陶瓷	蔡赵辉 邹秦 孟中岩 (115)

三. 气敏材料、元件及气敏传感器

1. * 气敏传感器发展现状与趋势	沈瑜生 (117)
2. 一种新型的气敏传感器粘结浆料	陶文成 李同泉 张代瑛 苏功宗 (121)
3. SnO_2 粒径与生长热力学研究	王宗昌 张桂芳 郑子冀 (123)
4. 常压CVD法淀积薄膜 Fe_2O_3 气敏材料	柴常春 全刚 (125)
5. SAW气体传感器中的电导变化效应分析	戴恩光 冯冠平 (127)
6. In_2O_3 薄膜的AET作用及其对 O_3 的敏感性研究	牛文成 徐春林 张福海 祁增芳 张玉英 (130)

7. α - Fe_2O_3 系材料的微结构、催化性能与气敏特性	张瑞芳	张天舒	沈瑜生	刘杏芹 (132)
8. 一种新型胶体膜气敏元件	张耀华	刘锦淮	唐红霖	(134)
9. ZnSnO_3 气敏薄膜的制备与应用	唐红霖	张耀华	祁志美	刘锦淮 (136)
10. $\text{Sb}_x\text{Sn}_{1-x}\text{O}_2$ 半导体的固溶与导电机制研究	刘杏芹	朱海宁	沈瑜生	(138)
11. SnO_2 敏感材料选择性研究	王宗昌	张桂芳	郑子冀	(140)
12. 溶胶-凝胶 SnO_2 气敏薄膜的特性研究	祁志美	韩泾鸿	张耀华	唐红霖 (142)
13. SnO_2 气敏元件热特性规律研究	迟宗涛	孙光辉		(145)
14. V、P对 SnO_2 电学行为的影响研究	邓希敏	郭进	黄津梨	(147)
15. SnO_2 超微粒薄膜气敏选择性研究	候后琴	丁召	罗昌新	连红 (148)
16. Pd在 SnO_2 薄膜上的淀积、扩散及对气敏性能的影响	曾宇平	张天舒	沈瑜生	(151)
17. 混合电势型CO传感器研究	王鹏	吴驰明	孙成文	杨芝洲 (153)
18. YSZ/Pt电极检测空气中的CO浓度	孙成文	王鹏	王梅东	杨芝洲 (155)
19. SPE--氧化碳传感器的响应时间	严河清	陆君涛	王鄂凤	(157)
20. 用半导体传感器阵列对酒类鉴别的研究	梁坚	沈悦	辛德瑗	陆毅新 胡真 (159)
21. 粉末溅射平面薄膜型酒敏传感器	李蕾	刘文利	李建明	裘南畹 (161)
22. 新型电化学式 H_2S 气体传感器的研制	祁欣			(163)
23. 一种具有极高灵敏度的 H_2S 气敏元件	全宝富	孙良彦	张彤	(165)
24. 厚膜型甲烷气体敏感元件	李先全	黄元龙	罗凤兰	(167)
25. 智能型甲烷测定仪	王剑钢	李宝华	孙良彦	(169)
26. 味觉电化学传感器的研究	金利通	毛煜	赖宗声	胡健 (171)
27. 新型嗅觉传感器与气味识别	王平	李蓉	陈裕泉	(173)
28. 新型组合式气敏元件的研制	付蔷	黎丽琳	才春莉	(176)
29. 电化学气体传感器应用初探	黎丽琳	李淑霞	张亚力	(178)
30. 聚邻甲苯胺的合成和氨敏特性	吴家琨	董志武	韩晶波	胡志江 (180)
31. 低浓度氨敏元件的研制	李淑霞	才春莉		(182)
32. 实现快速重复测量微分输出式氯气传感器	李昕欣	郎海宁		(185)
33. 气敏元件瞬态特性计算辅助测试系统设计	刘笃仁	彭军		(187)
34. 气体监测系统中气敏信号的远距离采集与传输	顾文照			(189)

四. 微机械加工及微电子机械系统

1. *微电子机械系统	王渭源	(193)
2. 感应电悬浮原理及实验	何国鸿 陈抗生 谭松生	王渭源 (197)
3. 静电梳谐振子动力学模型研究分析	李碧洲 李平梁 赖宗声 王添平 刘芳	陆德仁 (199)
4. 电热致动体硅微流体泵	战长青 刘理天	钱佩信 (201)

5. 硅台阶无掩膜腐蚀技术与对称梁岛结构的研制
..... 李昕欣 鲍敏杭 马青华 陶 盛 (203)
6. 低应力薄膜工艺技术的研制 邹泉波 刘理天 李志坚 (205)
7. 多孔硅作为牺牲层材料的研究及其应用
..... 王新君 吴光励 王云珍 赖宗声 (207)
8. 用电化学方法腐蚀C型硅杯 徐淑霞 张 纯 庞世信 唐 慧 (209)
9. 数片硅同时自停止腐蚀技术研究
..... 徐义刚 周伟勤 王跃林 丁 纯 金仲和 (211)
10. 硅台面结构凸角腐蚀原因探析 黄庆安 秦 明 向 涛 张会珍 (213)
11. 直梁在静电作用下的横向弯曲行为的研究 邹泉波 刘理天 李志坚 (215)
12. 微传感器技术中的悬隔膜 郑养术 (217)
13. 单晶硅微悬臂梁的疲劳特性测试 叶雄英 张靖海 周兆英 李 勇 (220)
14. 常温静电封接技术的研究与实验尝试
..... 孔德义 余 兵 梅 涛 虞承端 (222)
15. 反应离子刻蚀修正薄膜铂厚度 戈肖鸿 陈芬扣 朱建生 王渭源 (225)
16. 利用反应离子刻蚀技术形成磁敏器件的场发射阵列 (FEA) 电子源
..... 刘新福 徐静芳 李 琼 宋海波 (227)
17. 溅射沉积NiTi形状记忆合金薄膜的晶化行为研究
..... 王效东 陈 红 王渭源 李戈扬 (229)
18. 原子力显微镜 (AFM) 的力传感器
..... 薛实福 刘永生 李庆祥 高 宏 徐毓炯 于 水 (231)
19. 侧向驱动的静电多晶硅谐振器
..... 王添平 解健芳 刘 芳 陆德仁 王渭源 李碧洲 赖宗声 (234)
20. LIGA技术中的x射线掩膜
..... 梁静秋 王 飞 王志勤 姚劲松 宣 明 (236)
21. 微机械结构型薄膜微电极电化学器件的稳定性研究
..... 周仲柏 吴清海 刘炯权 (238)
22. 微机械方法制作热导式湿度传感器的研究 丁 青 武蕴忠 张 华 (240)
23. 用微机械加工技术制备微型Clark型氧传感器
..... 朱建中 蒋惠英 陆德仁 (242)

五. 离子敏及生物传感器

1. * 生物传感技术的发展动向 黎高翔 (244)
2. 传感技术与三M技术 任 恕 吴 蒙 (248)
3. 芳香族聚脲的膜厚方向压电共振 王贤珊 深田荣一 (250)
4. 分子传感器敏感材料的研究——液晶冠醚 吴 蒙 任 恕 (252)
5. 无试剂型乙醇脱氢酶电极的研制 张维成 尚艳娥 何亚明 (254)
6. LB膜与涂敷膜卵磷脂叉指电极的比较 孙安纳 崔 莉 海秀兰 (256)
7. 次氯酸根离子选择电极的研制 吕鸣祥 陈建和 (258)
8. 微电极对EC过程后续均相反应盲视性能的研究
..... 朱俊华 刘晓辉 陆新根 林心如 (260)

9. 电极流动注射法在照相乳化过程中的研究 杨林楚 徐秀珍 邹景瑶 (263)
10. 新型微流通池PH-ISFET集成传感器 丁辛芳 牛蒙年 向 涛 林 巍 (265)
11. 用于在线检测的光纤PH传感器及其检测系统 任 麒 黄颂羽 王美俊 (268)
12. 表面光电势技术 (SPV) 检测溶液的PH值 陈德勇 韩泾鸿 (270)
13. 半导体生物酶场效应晶体管 李和太 杜 萍 崔志武 (272)
14. 半导体生物酶传感器的研制 李和太 杜 萍 崔志武 (274)
15. 一种可实用化的中医PH传感针的性能研究
..... 江 琦 沈安华 胡永熙 任 恕 (276)
16. 光纤荧光钾、乙酰胆碱微型传感器的初步研究
..... 徐 俊 任 恕 (278)
17. 一种可实用化的中医氧分压传感针的研制
..... 沈安华 胡永熙 江 琦 任 恕 (280)
18. 中医传感针型组织传感器的研制及应用 林志红 邹立君 任 恕 (282)
19. 用酶抗体修饰电极检验C₂型葡萄球菌肠毒素的研究
..... 黄振才 曲丽云 吕鸣祥 董淑英 (284)
20. 硼掺杂多晶金刚石薄膜在电化学传感器中的应用
..... 朱建中 蒋惠英 王建新 毛敏耀 章熙康 (286)
21. 大规模细胞培养监测系统的构建 阮复昌 公国庆 莫炳禄 李向明 (288)
22. 基于状态观与系统论的生物医学传感技术的研究
..... 胡永熙 任 恕 沈安华 江 琦 (290)
23. BOD微生物传感器及其智能化测定仪的研制
..... 孟绍田 袁纪连 李子明 薛 勇 (292)
24. 测定营养物质的新型生物传感器的研究
..... 储 炬 俞俊棠 (295)
25. L-乳酸生物传感器的研制 王 辉 秦文华 刘海喜 余善法 任 恕 (297)
26. 固态生物传感器在线检测系统的研制
韩泾鸿 崔大付 李亚亭 蔡金娥 蔡新霞 张 虹 余 浩 (299)
27. DNA 光纤生物传感器 袁津玮 周宜开 郝巧玲 任 恕 (301)
28. 液体介质石英晶体谐振传感器 张 超 冯冠平 隋森芳 (303)

六. 湿敏材料、元件及湿度传感器

1. 国外湿度传感器发展动态 孙良彦 (307)
2. 采用等离子体接枝技术制备湿敏元件
..... 王佳宇 辛耀权 闫大卫 陈丽华 孙良彦 (312)
3. 聚酰亚胺感湿材料的研制 王绍鸿 杨大本 林建明 (314)
4. 新型高稳定性高分子湿敏材料的合成
..... 王佳宇 辛耀权 闫大卫 陈丽华 孙良彦 (316)
5. 湿敏材料羟基磷灰石的合成 蔡可芬 庄牧林 (318)
6. AM-S电阻式湿敏元件的表面修饰 张 彤 孙良彦 邱法斌 车吉泰 (320)
7. 开关式、结露控制型湿敏元件研究 邱法斌 孙良彦 平田光寿 (322)
8. SCA-2型湿度传感器原理 吕秋霞 修德斌 齐 红 (324)

9. 高分子膜温湿敏器件新结构研究	王年元 王长青 (326)
10. 金红石型多孔陶瓷湿度传感器稳定性的探讨 曲宝函 丁鲁军 周革非 姜瑞敏 (328)	
11. TiO_2 系多孔湿敏陶瓷感湿机理的复阻抗分析 曲宝函 王者和 孙红月 蒋永超 丁鲁军 (330)	
12. ‘氧化还原对’表面掺杂对陶瓷湿敏元件稳定性的影响 张洪泉 张淑兰 (332)	
13. $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3$ 开关湿敏材料研究 武明堂 周 有 方湘怡 唐 勤 (334)	
14. 容量型湿敏元件稳定性探讨	周明军 张 彤 关桂芳 卢崇考 (336)
15. PI型高温湿敏电容	周明军 张 彤 (338)
16. 粮食水分测控系统	李廷禄 李延源 (340)
17. 新型湿度变送器	焦红志 遇程伟 (342)

七. 温敏元件及温度传感器

1. * 国外传感技术发展动向	虞承端 (344)
2. 软基底薄膜热敏电阻设计	孙承松 李云鹏 周立军 (348)
3. PTC热敏电阻限流元件的研制	杨荣升 (350)
4. 高密度聚乙烯/碳黑复合材料PTC热敏特性研究 王玲玲 王利臣 胡 刚 刘波勇 周志刚 (354)	
5. NTC热敏电阻的激光调阻技术	朱建生 (356)
6. 厚膜CTR的研究	郝永德 林 洪 陈卢金 (358)
7. 贱金属镍浆料及其在厚膜型传感器中的应用	赵光明 黄元龙 (361)
8. 新型高精度光纤温度传感系统的实用化研究	金晓丹 廖延彪 赖淑蓉 (363)
9. 扩散硅压力传感器温度补偿用交叉布线厚膜温度网络器件 陈卢金 林 洪 郝永德 (365)	
10. 铠装热敏电缆用绝缘热敏材料的选择 张忠模 雷 霆 刘碧君 何 明 (368)	
11. 参数可变多功能集成温度传感器	邵志标 候新科 岑元飞 (370)
12. 温度形状记忆传感器	李丹之 劳风英 蒋燕萍 (372)
13. 快速温度传感器及其智能化测控仪的研制	孟绍田 袁纪连 薛 勇 (374)
14. 有源R型温度/频率转换电路接口设计	夏哲雷 栗金红 (376)

八. 磁敏元件及磁传感器

1. 高灵敏度霍尔元件用InSb薄膜制备工艺 于成民 刘佩瑶 冯桂华 孙仁淘 王晓雯 (378)	
2. 共晶型In-InSb磁敏薄膜的生长和特性研究	黄钊洪 (380)
3. 磁阻(MR)薄膜传感元件中磁畴结构的变化过程 宋柏泉 周 勇 徐 东 余晋岳 (382)	
4. 霍尔功率传感器	倪忠群 (384)
5. 高精度反馈式霍尔电流传感器	栾海林 (386)

6. 硅霍尔传感器的可靠性增长模型与加速试验法的研究 王幼学 秦永列 谢华钧 于恩涛 (388)
7. 硅霍尔传感器失效机理及失效率模型的研究 王幼学 谢华钧 秦永列 于恩涛 (391)
8. 带通用接口的磁敏传感器 郭志友 李 颖 (394)
9. 霍尔电磁隔离放大器 邹高芝 (396)

九. 光敏元件及光传感器

1. * 光纤传感器在航空中最新应用 周浩敏 刘广玉 (399)
2. 非晶硅线性图象探测器的研究 郑怀德 廖显伯 刁宏伟 (405)
3. γ 辐射损伤与硅光电二极管结构的关系 陈炳若 李世清 唐承欢 向梅芝 尹德强 (407)
4. 内调制光敏管和微光仪的研制 张 钢 何民才 戴 锋 黄启俊 (409)
5. 红外光学远距火灾传感器 陈学江 田恒贵 唐占齐 (411)
6. 多传感信息溶合的模糊处理及集成化研究 胡 健 赖宗声 王成道 (413)
7. 超导红外探测器中降低温漂噪声的结构设计研究 陈 红 王渭源 王德宁 (415)
8. 干涉型光纤传感器PGC调制--解调技术的研究 周效东 张 宇 汤伟中 杜春仁 (417)
9. 一种消除光源及磁光材料影响的光学电流传感器 易本顺 刘延冰 (419)
10. 紫外敏感光纤的研究 李 林 (423)
11. 用SPR法测量LB膜的厚度 赵 杰 李建平 韩泾鸿 崔大付 (425)

十. 应用

1. * An Overview for Commercialization of Micromachined Transducers Michael Young Maw-Rong chin (427)
2. * 从汽车防撞气袋的开发看传感技术研究和应用 范良藻 (432)
3. 新型传感器动态性能及其改进研究 黄俊钦 (436)
4. 感应电悬浮微机械在加速度传感器中的应用 何国鸿 陈抗生 谭松生 王渭源 (438)
5. 用高分子湿敏电容测量有机溶剂的微量水份 章佩娴 牟建群 姚 杰 (440)
6. 高抗爆军用水深变送器 吴宪平 胡美凤 罗桂隆 龚凤英 (442)
7. 新型流体脉动传感器及其应用 常 耿 徐玉铮 付志斌 彭承正 (444)
8. 传感技术在诊断心脏疾病时的应用 潘家城 窦素琴 (446)
9. 用微型葡萄糖传感器测定血清中葡萄糖的含量 朱建中 蒋惠英 吴佳俐 陆德仁 张国雄 (447)
10. 库仑型传感器--执行器系统用于缓冲容量的直接测定 罗 江 任 恕 (449)
11. 电涡流传感器在汽轮机组差胀监测中的应用 傅尚新 徐玉铮 (451)
12. 组合机床钻削加工刀具状态监控研究 张 军 孙宝元 (453)
13. 谐振筒式BGJ型精密高度表的研制 陈学江 田恒贵 唐占齐 (455)

14. 单片机在综合罗盘航向数字显示系统中的应用 陈学江 徐惠敏 田恒贵 唐占齐 (457)
15. 去偏振干涉型光纤干涉仪 周效东 汤伟中 周 文 (459)
16. 压力传感器在油罐计量中的应用 乔 宏 唐 伟 赵洪亮 高克山 唐 欣 徐广忠 (461)
17. BX-2 便携数字压力校验仪的研制 文 晖 徐广忠 (467)
18. 霍尔元件在钳形万用表上的应用 冯桂华 李鸿儒 于成民 (470)
19. NT873 吹气式耐腐蚀液位变送器 乔 宏 唐 伟 吴贞培 宁如龙 (472)
20. 高分辨率钢弦式测量仪器系统 邓铁六 马俊亭 王学水 (474)
21. 地下金属管线探测仪器的研制 王 君 刘希芳 (477)
22. 钢材裂纹磁检测的定量分析 张政保 徐章遂 马爱文 (479)
23. 硅片表面平整度和薄膜应力的计算机辅助测量装置 陆德仁 朱文玉 荣 刚 李宝清 王渭源 (481)
24. 测力平台中传感器新的配置原则 钱 敏 孙宝元 (483)
25. 一种新型径向测力轴承传感器的研制 孙宝元 钱 敏 张 军 (485)
26. 新型悬臂梁绝对高真空压力规的设计 朱长纯 William N. Carr 王海笑 (487)
27. 在火炮复进机气液量检测中提高压力传感器检测精度的措施 赵圣元 (489)
28. 光尺和电尺组成的二维尺寸测量系统 岑文远 (493)
29. 半导体热敏电阻在对数放大器中的应用 杨成刚 (495)
30. 静重式群控测力机测量与控制系统的研究 张 卫 (499)
31. 敏感元件及传感器可靠性数据的微机处理技术 吴 虹 候玉华 (502)
32. 贯彻执行 JJG669-90《称重传感器计量规程》中的几个问题探讨 马洪发 苏 原 (505)
33. 传感器可靠性试验方法及其发展探讨 于恩涛 (508)

航天遥测传感器技术发展概况

宋宗炎

中国运载火箭技术研究院、北京遥测技术研究所

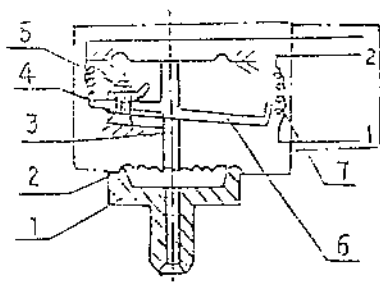
前言

本文从中国航天遥测传感器创立初期开始,介绍了中国航天遥测传感器技术的发展过程,目前航天应用传感器的各种原理与水平以及对未来航天传感器技术发展的设想,概括介绍了中国航天遥测传感器的过去、现在与未来。

关键词: 遥测传感器 微结构传感器 智能传感器

一、航天遥测传感器发展的历史回顾

我国航天遥测传感器事业的发展已经历了三十年,第一代遥测传感器是以结构型传感器的电位计式传感器为主体,诸如电位计式压力、过载、线速度、角位移、转速、相对位移……等,并辅之以电阻式温度传感器、涡轮流量传感器等。典型的传感器型式如图1所示:



- | | |
|---------|---------|
| 1. 受感部 | 2. 波纹膜片 |
| 3. 顶杆 | 4. 曲柄摇杆 |
| 5. 导电弹簧 | 6. 电刷 |
| 7. 电位计 | |

图1 电位计式压力传感器

其服务对象以液体燃料运载火箭为主,飞行器遥测传感器的主要作用有:监视飞行器的工作情况、检测事故、判断各系统的协调性和完成各分系统需要的检测参数的电转换。

第一代遥测传感器的主要特点是:输出信号大,不需要二次仪表,有飞机自动驾驶仪表和工业自动化仪表生产工艺基础具有小批量生产的条件,保证了第一代航天飞行器遥测配套任务的需要。第一代传感器存在着一些固有的缺点,如传感器内部传动机构与运动零件多,在力学环境恶劣的条件下工作不可靠,传动零件多,相互之间的量值的转换、传递和摩擦带来的误差大,因此精度低(1.5~2.0%)。被测参数主要集中在力(压力)、热、位置与运动参数。

航天遥测传感器的第二代产品的开发工作首先是从精度要求提出来的，1964年，在远程运载火箭研制任务中提出了燃烧室压力参数及以后提出的过载参数（加速度测量）等的测量精度要求为（0.5~1.0%），同时，远程火箭和固体火箭的发展带来了火箭在发射与飞行过程中的环境对箭上仪器使用的可靠性问题则是至关重要的问题。在我国一些飞行器的飞行试验过程中也暴露了此类问题。如在振动，冲击较激烈的环境下，电位计型传感器的输出在记录屏幕上是一片模糊的散点、无法判读实际测量结果。到了七十年代中期，由于电子元器件不断发展与完善，与传感器接口的信号调节电路的小型化水平已经能满足当时航天飞行器对遥测仪器的配套要求（主要是指体积和重量），在此期间，对利用场原理的靠近式高可靠性传感器和闭环伺服原理的传感器的开发研究，如变气隙电感、电容型传感器与小过载伺服原理的加速度计，同时对第一代电位计式传感器进行改进，主要是减小体积与轻量化方面取得了成就，比较有代表性的成果如CY1-1Z，CG1-8等小型电位计式压力，过载传感器。靠近结构的传感器由于结构简单、紧凑、输入与输出之间环节少，所以精度可达（0.5~1.0%）。当然，伺服加速度计的精度更高，初期的产品（CG3-3）精度指标已经达到（0.1~0.5%）同时，在振动测量中研制了一批陶瓷压电材料的振动、冲击等加速度参数测量用传感器与信号调节电路，在温度测量领域中的以铂丝绕元件为中心的各种表面、空间、点温度测量用的电阻式传感器以及热电偶、半导体型的各类温度传感器与配套的信号调节电路、热流传感器；在液位测量方面杆簧式、光电式、电容式等多种传感器与信号调节装置相继问世。直至七十年代中期到八十年代中期，航天遥测传感器的发展开始进入了第二代传感器的全面研制、设计阶段。

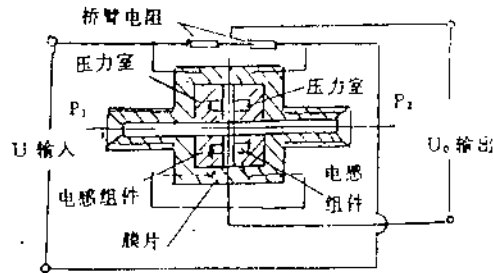


图2 变气隙电感压力传感器

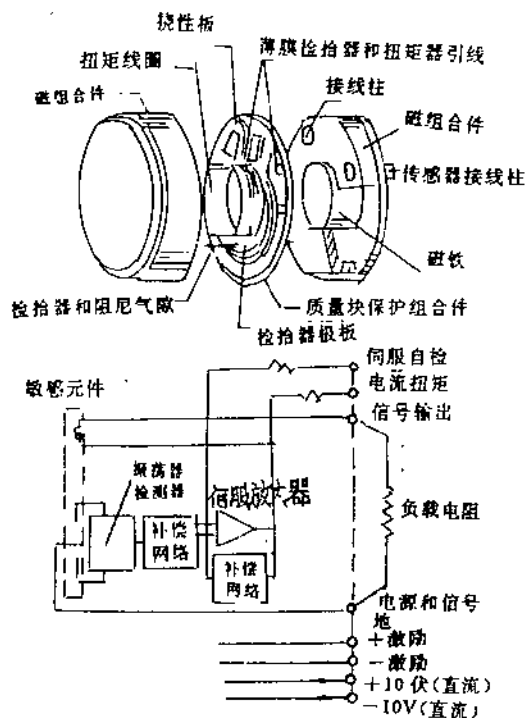


图3 石英挠性加速计结构、原理图

到八十年代初期，固态传感器的工艺基础在国内逐步成熟，考虑到航天用传感器小型化与高精度这一特点，八十年代中期，在航天遥测传感器的开发、研制工作中开始注意到固态传感器的研究与开发工作，八十年代末建成我所第一个初级水平的固态敏感元件实验室，以研制压阻式压力传感器为主，其膜片尺寸最小 2×2 (毫米²)，近期已经开始用于火箭的飞行试验中。从那时起，在航天遥测传感器研制的领域中开展了二个方向的研究工作，但重点仍集中在小型化、可靠性高、高精度的结构型传感器的开发、研究等方面。

七十年代中期到八十年代中期，随着固体中、远程火箭的发展，第二代传感器在材料、工艺与微电子技术等方面得到了改进，研制出了一大批性能稳定、可靠性高、有较高精度的航天用传感器，如用石英材料做挠性摆片的加速度计CG3-4，其精度达到0.05%，可以测到 $10^{-6}g$ ，磁器采用全密封，用电子束焊封结压力腔室的小型电感压力传感器CY3-8，其精度达到0.5%，且稳定性、可靠性好；在温度测量方面选用了铂薄膜CW2-45等型传感器以及在国内首先研制成功的铂厚膜测温元件，电阻温度系数(TCR)达到国际标准38.50ppm，在振动传感器方面也研制出了内装式振动传感器CZ3-16、二向或三向压电加速度计CZ-43，以及驻极体电容噪声传感器等，在压力测量的领域中用内装式应变压力传感器、箔式薄膜等代替了电位计式传感器，大大的提高了传感器抗力学环境的

能力和测量精度。由于固态传感器实验室的建立，使结构型、固态型传感器两个研究方向相互渗透、相互促进、特别是在工艺上的相互渗透，起到了促进作用，在此期间研制出一批已经飞行试验考验的优质传感器。

二、航天传感器发展现况

现用传感器的工作原理

- 流量：涡轮流量计、热阻风速计(2~5)米/秒；
- 液位：浮子式杠簧液位传感器、分级式电容液位传感器、光电液位传感器；
- 温度：丝绕铂电阻温度传感器、半导体热敏电阻温度传感器、薄膜、厚膜温度传感器、各种热电偶；
- 热流：园箔型热流传感器；
- 振动、冲击：压电陶瓷(铝钛酸铅等)
- 加速度：电容式、石英挠性伺服加速度计、固态压阻式加速度计、电位计式(已淘汰)；
- 噪声：电容式、驻极体电容式、压电晶体；
- 位移、速度：旋转电位计、霍尔行程开关、电位计式角位移传感器；
- 压力、压差：应变式(薄膜、箔式)、电感式(变气隙、差动变压器式)、小型电位计式(全压、绝压)、固态压阻式(低压、绝压)；
- 烧蚀测厚：金属箔通断式、弹簧触点式；
- 湿度：湿敏电阻式；

信号调节电路一体与分立元件相结合为主。混合集成专用模块作为电路的补充，并逐步按各种传感器的不同原理进行开发、研究，使其日趋完善。

三、航天传感器技术在民用领域中的应用

航天传感器的应用随着我国国民经济的发展已经向许多工业领域中扩展，如自来水管网的供水自动测控调度系统、供暖管网的监控系统、热力发电厂热力参数集散控制系统、发电机组泵机故障监控、防盗报警、医疗仪器与海洋研究中都已经应用了我所的压力、温度加速度等航天传感器，几十年来本所已经开发了适用于民用的传感器、变送器、信号调节器系列。

微机械传感器的新进展*

鲍敏杭 陈宏

复旦大学电子工程系 200433

摘要:

微机械加工技术在微执行器方面的应用最引人注目,但迄今从微机械技术发展中得到最大好处的仍是传感器。在微机械加工技术的推动下微机械传感器,特别是力敏传感器获得了很大的发展;压力传感器继续向高性能化方向发展,加速度传感器已商品化,微机械陀螺产品也行将问世。而微机械技术在其它各类传感器中的应用例子则比比皆是。本文将结合实际综述国内外微机械传感器的新进展。

* 国家自然科学基金资助项目

一、引言

近年来,在固态传感器与执行器的领域中,微机械加工技术引起了广泛的兴趣。特别是作为微机械执行器代表的微马达的出现与发展,甚至引起了一般新闻媒介的广泛报导。但是回顾微机械技术的发展历史,人们可以看到,早期微机械加工技术之所以获得重视与得到发展,是因为它在固态传感器(主要是压力传感器)方面的成功应用。微机械加工的传感器的成功为它的进一步发展打下了基础并提供了巨大的推动力。

1987年以来,人们又更多地把注意力转向微机械加工的执行器,人们期望能用微机械加工技术研制出复杂的执行器,甚至微机器人。但是,由于微机械在强度和功率方面的不足和相对比较大的摩擦,使微机械执行器还难以具有实际的应用价值。当然这并不意味着微机械执行器没有应用价值,而只是说明人们应当根据它的特点来发展应用。人们在努力改进技术以提高微机械执行器的强度与功率的同时,已成功地将它应用在光路开关、微动平台,磁印头与流体阀门等方面。

在近几年来,微机械执行器得到蓬勃发展的同时,人们继续在不懈地将微机械加工技术应用到传感器。显然,这一方面的努力更具有近期的与现实的目标。实际上也得到了更加实惠的结果,因而它的进展又成了微机械加工继续受到重视的重要基础。

微机械加工技术在传感器方面应用的重点,还在于力敏传感器、压力传感器仍然是它的传统阵地,加速度传感器已得到很大发展,已出现了许多产品,占领了摊头阵地。微机械陀螺(角速度传感器),还有流量传