

第四届
国际固态传感器会议
论文集
(上)



安徽传感器系统工程公司
安徽省电子科学研究所

第四届国际固态传感器会议论文集

(中译本)

上

主编

宋 尔 纯

主审

施 锡 昌

责任编辑

张 黎 王保山

安徽传感器系统工程公司

安徽电子科学研究所

1988 • 合肥

第四届国际固态传感器会议论文集

(中译本)

中

主编

宋尔纯

主审

施锡昌 沈瑜生

责任编辑

张经国

安徽传感器系统工程公司

安徽电子科学研究所

1988·合肥

第四届国际固态传感器会议论文集

(中译本)

下

主编

宋 尔 纯

主审

施 锡 昌

责任编辑

张 经 国

安徽传感器系统工程公司

安徽电子科学研究所

1988 · 合肥

内 容 提 要

第四届国际固态传感器和执行器会议于1987年6月2日~5日在日本东京召开, 参加会议的有来自世界20个国家近700名代表。会上发表了197篇论文。本书根据会议论文集英文原版全译出版。内容涉及光纤传感器、核辐射传感器、压力和流量传感器、表面声波传感器、位置、角度和速度传感器、磁传感器、气体传感器、湿度传感器、离子传感器、生物传感器、微执行器以及传感工艺、接口和应用技术等。

本《论文集》全集分上、中、下三册出版, 上册汇集有关力、压力、位置、角度、速度、加速度、流量等传感器及微执行器方面的论文64篇; 中册汇集有关气敏、湿敏、温敏、光敏、光纤、核辐射及表面声波等传感器的论文68篇; 下册汇集有关化学、生物、离子、磁等传感器以及工艺技术和应用技术等方面的论文65篇。

本《论文集》是当代先进传感技术之精髓, 及时反映出世界传感器的最新水平和发展动态, 具有先进性、科学性和实用性, 有助于从事传感器教学、研究、设计和使用人员开阔视野、丰富设计思想、开发新品种、提高技术水平。本书对从事传感器技术及工业自动化仪表的研究、设计、制造和使用的工程技术人员、大专院校师生具有重要参考价值, 亦可供微机应用及有关的技术人员和管理人员阅读。

• 内部交流 •

第四届国际固态传感器会议论文集 (上)

编辑: 《国外传感器》编辑部(合肥市黑池坝5号)

出版: 安徽传感器系统工程公司

安徽电子科学研究所

印刷: 安徽省科技印刷厂

出书: 1988年4月

书号: ws8805-01

内 容 提 要

第四届国际固态传感器和执行器会议于1987年6月2日~5日在日本东京召开,参加这次会议的有来自世界20个国家近700名代表。会上发表了197篇论文。本书根据会议论文集英文原版全译出版。内容涉及光纤传感器、核辐射传感器、压力和流量传感器、表面声波传感器、位置、角度和速度传感器、磁传感器、气体传感器、湿度传感器、离子传感器、生物传感器、微执行器以及传感工艺、接口和应用技术等。

本《论文集》全集分上、中、下三册出版,上册汇集有关力、压力、位置、角度、速度、加速度、流量等传感器及微执行器方面的论文64篇;中册汇集有关气敏、湿敏、温敏、光敏、光纤、核辐射及表面声波等传感器的论文68篇;下册汇集有关化学、生物、离子、磁等传感器以及工艺技术和应用技术等方面的论文65篇。

本《论文集》是当代先进传感技术之精髓,及时反映出世界传感器的最新水平和发展动态,具有先进性、科学性和实用性,有助于从事传感器教学、研究、设计和使用人员开阔视野、丰富设计思想、开发新品种、提高技术水平。本书对从事传感器技术及工业自动化仪表的研究、设计、制造和使用的工程技术人员、大专院校师生具有重要参考价值,亦可供微机应用及有关的技术人员和管理人员阅读。

• 内部交流 •

第四届国际固态传感器会议论文集(中)

编辑:《国外传感器》编辑部(合肥市黑池坝5号)

出版:安徽传感器系统工程公司

安徽电子科学研究所

印刷:安徽省科技印刷厂

出书:1988年4月

书号:WS8805—02

内 容 提 要

第四届国际固态传感器和执行器会议于1987年6月2日~5日在日本东京召开, 参加这次会议的有来自世界20个国家近700名代表。会上发表了197篇论文。本书根据会议论文集英文原版全译出版。内容涉及光纤传感器、核辐射传感器、压力和流量传感器、表面声波传感器、位置、角度和速度传感器、磁传感器、气体传感器、湿度传感器、离子传感器、生物传感器、微执行器以及传感工艺、接口和应用技术等。

本《论文集》全集分上、中、下三册出版, 上册汇集有关力、压力、位置、角度、速度、加速度、流量等传感器及微执行器方面的论文64篇; 中册汇集有关气敏、湿敏、温敏、光敏、光纤、核辐射及表面声波等传感器的论文68篇; 下册汇集有关化学、生物、离子、磁等传感器以及工艺技术和应用技术等方面的论文65篇。

本《论文集》是当代先进传感技术之精髓, 及时反映出世界传感器的最新水平和发展动态, 具有先进性、科学性和实用性, 有助于从事传感器教学、研究、设计和使用人员开阔视野、丰富设计思想、开发新品种、提高技术水平。本书对从事传感器技术及工业自动化仪表的研究、设计、制造和使用的工程技术人员、大专院校师生具有重要参考价值, 亦可供微机应用及有关的技术人员和管理人员阅读。

· 内部交流 ·

第四届国际固态传感器会议论文集 (下)

编辑: 《国外传感器》编辑部 (合肥市黑池坝5号)

出版: 安徽传感器系统工程公司

安徽电子科学研究所

印刷: 安徽省科技印刷厂

出书: 1988年8月

书号: ws8805-03

序

传感器是科学研究、工农业生产和国防技术等方面所必需的一类器件，它已有多年的发展历史了。五十年代后，计算机技术和固态电子学的持续、高速发展，给传感器的发展提供了强大的动力和有力的手段，促成了八十年代在世界范围内出现的传感器研究热潮，使传感器的发展进入了一个崭新的阶段。这一新发展阶段的特点是：广泛利用微电子技术提供的手段研制便于与计算机配合应用的传感器。因此，这一时期中，在继续改进和发展传统的结构型传感器的同时，大量的研究工作集中在固态传感器上。

为适应传感器蓬勃发展的热潮，八十年代初美国、欧洲和日本都相继建立了定期召开学术会议交流固态传感器的研究进展的体制。其中由美国葛文勳教授等学者发起的固态传感器会议很快地发展成了一个国际性的学术会议，并已正式定名为“国际固态传感器和执行器会议”（*International Conference on Solid-State Sensors and Actuators*）。该会的第一届会议是1981年在美国波士顿召开的，第二届会议1983年在荷兰Delft召开，第三届会议1985年在美国费城召开。在这届会议上还确定了会议的名称，通过了会徽，建立了有各国学者参加的会议组织机构，并决定今后每两年一次的会议轮流在亚州、欧洲和北美地区召开。1987年6月2日~5日第四届会议在日本东京召开，来自世界各地的学者达六百多人，会上报告的论文近二百篇，是这一领域中规模最大、最具权威性和国际性的大会。我国的学者也参加了这次会议的筹备和组织工作，为会议提供了九篇论文，产生了较大的影响，为会议的成功作出了贡献。

第四届国际固态传感器和执行器会议的内容十分丰富，学习和消化会议的内容对促进我国传感器技术的发展、赶超国际水平会有很大的作用。但是反映会议学术内容的英文原版论文集价格昂贵，高达二万日元。因此，进口册数有限，难以满足广泛的需要。安徽传感器系统工程公司（集团）和安徽电子科学研究所，为满足国内需要，及时组织，并且高速度、高质量地将这本八百七十多页的巨著全译成中文，这实是一件大好事。我相信这一工作将对我国传感器技术的发展起巨大的推动作用，并在我国传感器技术发展的历史上留下一个深深的脚印。

复旦大学电子工程系教授
第四届国际固态传感器和执行器会议程序委员会委员
A-5分会主席和邀请报告作者

鲍敏杭

目 录

•综合•

1. 光-光变换器..... (1)
2. 用于测量薄膜机械性能和附着力的微加工构件..... (8)
3. 具有数字或频率信号输出的传感器..... (14)
4. 微计量超声波传感器..... (22)
5. 自适应智能速度传感器..... (29)
6. 触发传感器阵列构成的图案识别器..... (36)
7. 引入触发器技术的NMOS数字输出多传感器芯片..... (42)
8. 加权函数可变的集成空间滤波器..... (47)
9. 一种具有CMOS接口电路的集成多路化学场效应晶体管..... (51)
10. 用于绝对位置测量的具有在片信号处理电路的集成光电二极管阵列..... (55)
11. 带新研制大规模集成电路的门诊用微型遥测传感系统的研制..... (59)
12. 采用特制CMOS大规模集成电路开发的外部控制植入式生物遥测系统... (63)
13. 用于CMOS集成电路传感器的低噪声、低漂移接口电路..... (68)
14. 一种用于电容传感器的双极型集成电路..... (73)
15. 关于传感器根据逆向普利萨奇图的滞环误差修正方法..... (77)

•力传感器•

16. 利用剪切压阻效应原理制作的多晶硅应变式传感器..... (82)
17. 微机械加工浮动元件剪力传感器..... (87)
18. 非接触压磁式扭矩传感器..... (91)
19. 高检测灵敏度自适应控制型张力传感器..... (96)

•压力传感器•

20. 微晶多晶硅及其在平面压力传感器中的应用..... (100)
21. 硅悬臂振荡器用作真空传感器..... (105)
22. 悬浮膜片式热真空传感器..... (110)
23. 一种用光干涉读出的微型微音器..... (115)
24. 用硅片制造超小型驻极体微音器的研究..... (119)
25. 压阻型压力传感器设计方法的新发展..... (123)
26. 植入电容式压力传感器的制造..... (131)
27. 一种制造电容式压力传感器的新工艺..... (136)
28. 直径0.5mm的生物医用压力传感器..... (139)
29. 蓝宝石上外延硅——高温压阻式压力传感器的关键工艺..... (143)
30. 蓝宝石上外延硅压力传感器..... (147)

31. 用硅微机械加工的压结晶体管新型力学量传感器·····	(150)
32. 压敏驻极体MOSFET结构样机的研制·····	(154)
33. 一种具有低挠度和高共振频率的力学量硅传感器·····	(158)
34. 用于测量压力、流量、加速度和姿态的硅膜片电容式传感器·····	(162)
35. 具有绝热结构的单片式压力-流量传感器·····	(167)
36. 心血管导液管用超微型固态压力传感器·····	(171)
37. 可变换的带有在片补偿线路的硅压力传感器·····	(175)
·位置、角度和速度传感器·	
38. 利用硅(100)面各向异性腐蚀制作的固体介质气载超声换能器·····	(179)
39. 行程传感装置·····	(184)
40. 表面缺陷对硅位置-灵敏探测器性能的影响·····	(189)
41. 新颖的集成光控电位器·····	(193)
42. 磁曲轴角度传感器·····	(197)
43. 直线位移用直流磁场型涡流速度传感器·····	(200)
·加速度传感器·	
44. 硅微加速度计·····	(204)
45. 能补偿横向加速度的硅微型加速度计·····	(208)
46. 一种用于汽车控制系统的半导体加速度计·····	(212)
47. 利用切变压力的四端应变片式硅压力传感器和加速度计·····	(216)
48. 采用三种设计解决微刻度g开关中碰到的问题·····	(219)
·流量传感器·	
49. 用于测量流速和流向的微片流动传感器·····	(224)
50. 对低速敏感的硅空气流动传感器·····	(228)
51. 用作风速计的轻掺杂多晶硅电桥·····	(232)
52. 一种带有脉冲调制输出的集成气体流动传感器·····	(238)
53. 集成流量摩擦传感器·····	(242)
54. 热电式质量流量计·····	(247)
·微执行器·	
55. 微型电-流体阀·····	(252)
56. 集成流量控制器的制造·····	(255)
57. 基于热膨胀效应的微机械硅执行器·····	(261)
58. 微机械硅悬臂结构中的光激发机械振荡·····	(264)
59. 谐振微传感器·····	(267)
60. 连接销、齿轮、弹簧、曲柄和其他新颖的微机械构件·····	(275)
61. 在硅平面上腐蚀微型齿轮和涡轮·····	(278)
62. 硅静电式电动机·····	(281)
63. 用硅微机械加工工艺制造的静电线性执行器的原理·····	(284)
64. 新型二维压电执行器·····	(289)

目 录

• 气传感器 •

- 65. 驻极体与铯气体传感器.....(293)
- 66. 用于鉴别固体或液体化合物的电化学气体传感器.....(299)
- 67. 两种化学敏感双极型器件.....(305)
- 68. 用于气体检测的调制型热电红外传感器.....(309)
- 69. 生物系统中化学传感器的传感机理及其在人造膜传感器中的应用.....(314)
- 70. 公共汽车自动通风系统的气体传感器.....(320)
- 71. 利用分离系数和溶解度性质了解和预测表面声波蒸气传感器的特性.....(325)
- 72. 用不对称轴向替代的兰米尔—布洛杰特薄膜作为气体传感器材料.....(330)
- 73. 光波导传感器的最新发展.....(332)
- 74. 高灵敏度甲烷传感器.....(337)
- 75. 用超细金属微粉的扩散现象检测气体.....(341)
- 76. 双梯度厚膜金属氧化物气体传感器.....(344)
- 77. 不同的集成薄膜气体传感器之间热机械性能和功耗的比较.....(352)
- 78. Pd-SnO_x MIS氧传感器检测机理的研究.....(357)
- 79. SnO₂陶瓷酒敏气体传感器.....(361)
- 80. 使用周期性温度变化的SnO₂气体传感器选择性地检测CO气体.....(365)
- 81. Ar⁺离子溅射对锡氧化物晶须气敏特性的影响.....(369)
- 82. SnO₂/Pt薄膜CO气体传感器.....(374)
- 83. PECVD SnO_x薄膜气体灵敏度的研究.....(378)

• FET气体传感器 •

- 84. 钯-银和钯-金合金作为MIS气体传感器的催化栅.....(382)
- 85. 用温扫增强催化栅MOSFET的选择性.....(387)
- 86. 探测有机分子的高温扩展钯栅场效应晶体管的设计.....(391)
- 87. 带固体电解质的FET型氧传感器.....(394)
- 88. 几种MOS晶体管氨敏特性的研究.....(398)
- 89. 二元MOS结构集成一氧化碳气体传感器.....(399)

• 氧传感器 •

- 90. 室温下工作的固态氧传感器的研究.....(402)
- 91. 酞菁铅选择性涂层对低温氧传感器的活化作用.....(407)
- 92. 电极对CeO₂基固体电解质氧传感器响应的影响.....(410)
- 93. In₂O₃薄膜半导体臭氧气体传感器.....(414)
- 94. λ-氧传感器.....(418)
- 95. 极限电流型氧传感器的湿敏特性.....(423)

• 温度传感器 •

- 96. 一种集成温度和湿度传感器..... (427)
- 97. Pd-ZnO二极管湿度传感器..... (430)
- 98. La_2O_3 - TiO_2 - V_2O_5 系多孔玻璃—陶器湿度传感器..... (434)
- 99. 季胺化4-乙烯吡啶—苯乙烯共聚物的高氯酸盐络合物湿度传感器材料... (439)
- 100. 利用 $\text{Zr}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 及其有关化合物制造的湿度传感器..... (444)
- 101. 有机硅化合物湿度传感器..... (448)

• 光导纤维传感器 •

- 201. o光纤传感器展望..... (452)
- 103. 多元光波导传感器..... (462)
- 104. 一种光纤上的有源变换器..... (466)
- 105. 带径向极性调整压电氟塑料护套的电场敏感光导纤维..... (470)
- 106. 具有双腔结构的光纤数字力敏传感器..... (474)
- 107. 微机械扫描镜的光纤开关和多路传输..... (478)

• 色和光传感器 •

- 108. 具有本征滤色本领的硅光电二极管..... (481)
- 109. 一种新型非晶硅全色传感器..... (486)
- 110. 一种基于集成硅热电堆的红外敏感阵列..... (490)
- 111. 新型光敏开关..... (495)

• 非晶体及光传感器 •

- 112. 引人注目的敏感材料——非晶材料..... (499)
- 113. 结构简单、性能优良的非晶薄膜功率传感器..... (505)
- 114. 用超晶格结构膜制作的a-Si紫外线传感器..... (508)
- 115. 用离子簇射掺杂技术形成的重掺杂非晶硅 n^+ 层及其在pin型光电二极管中的应用..... (513)

• 核辐射传感器 •

- 116. 核辐射硅检测器..... (515)
- 117. 碲化镉 β 射线探测器..... (522)
- 118. 金属/非晶硅多层膜X射线探测器..... (526)
- 119. 用于成象辐射的二维硅传感器..... (531)
- 120. 具有集成耦合电容与多晶硅偏置电阻的硅微带检测器..... (535)

• 红外及温度传感器 •

- 121. 光谱检测光导纤维温度传感器..... (539)
- 122. 用于 $10\mu\text{m}$ 波段的碲镉汞混合线性红外电荷耦合器件..... (542)
- 123. 采用热电单晶 LiTaO_3 的IR-CCD图象传感器..... (546)
- 124. 石英振荡器应用于微型无电池膜盒遥测温度传感器..... (550)
- 125. 一种新型的热电器件..... (555)

• 表面声波传感器 •

- 126. 具有再生试剂层选择性的表面声波苯乙烯蒸气传感器..... (558)
- 127. 对高湿度敏感的表面声波谱..... (561)

128. 利用表面声波对聚合物与水界面的研究.....	(566)
129. 声表面波微传感器.....	(571)
130. 声波器件在液体传感中的应用.....	(579)
131. 传感用的硅声表面波物理电子系统.....	(584)
132. 超声波振荡器位置传感器.....	(589)

目 录

· 离子敏传感器 ·

- 133. 具有离子注入制备的离子敏感膜的 $ISFET$ (593)
- 134. 具有硅-绝缘体-硅结构的离子敏场效应晶体管 (597)
- 135. $ISFET$ 传感器中电解液绝缘体界面的静态和动态模型 (601)
- 136. 电量计式传感器 (605)
- 137. 具有离子选择性膜片微型封装的硅化学传感器 (610)
- 138. 具有背面接触的 $pH-ISFET$ 和集成 pH 压力传感器 (613)
- 139. 固态化学传感器的阳极焊接玻璃封装 (617)
- 140. 在溅射的 I/O_2 膜的 pH 测量中的不稳定性 (621)
- 141. 利用在离子敏感场效应半导体电极上的中性物质减少干扰 (626)
- 142. 生物医学用 Al_2O_3 栅双 $ISFET/MOSFET$ 传感器结构评价 (630)
- 143. SiO_2/Al_2O_3 pH $ISFET$ 的基线漂移机理及其通过脉冲激励的某些改进 (636)
- 144. Al_2O_3 层作为 pH 绝缘栅场效应管敏感材料的结构和漂移分析 (642)
- 145. 平面 ISE 膜工艺的可能性 (646)
- 146. 一种新型的漆基体氯化物离子选择性场效应晶体管 (652)
- 147. 硝酸盐离子敏场效应晶体管 (657)
- 148. 改进离子感膜特性以更好地适应固体/膜的界面 (662)
- 149. 利用二氧化硅栅化学接枝制备 $ISFET$ (666)
- 150. 改进了 $ISFET$ 聚合膜的物理特征和性能 (670)

· 生物传感器 ·

- 151. 光学式生物传感器和化学传感器 (673)
- 152. 使用含有固定化金属(结合)酶的蛋白酶热敏电阻对流体系统中的二价铜离子进行生物传感 (680)
- 153. 利用合成脂中相变动态特性的味觉传感系统 (684)
- 154. 测定 $Sake$ 中乙醇和葡萄糖的酶传感器 (688)
- 155. 用固定化抗体的硅片实现抗原电位式测定 (691)
- 156. 同时测定电流和电位的集成多功能生物传感器 (695)
- 157. 以磷脂双层膜为基体的集成硅生物传感器 (700)

158. 生物医学应用的多功能腔型探头..... (704)
159. 具有一个结型FET的高灵敏度生物传感器..... (708)
160. 将镀铂作为一种新的转换器用于微型生物传感器..... (712)

• 生物医学应用 •

161. 用限流型氧传感器连续监测吸氧量..... (715)
162. 血液中pH值的连续监测..... (719)
163. 人体位置和压力分布传感器..... (724)
164. 活性神经传感器噪声性能的最佳化..... (728)
165. 多通道内皮层记录微探针——定标限度、器件特性和电路封装..... (733)

• 化学测量系统 •

166. 用于微型电流测定葡萄糖传感器的CMOS恒势器..... (738)
167. 利用与时间相关的化学传感器信号测定选择性..... (742)
168. 伏安测量法——测定和控制薄膜型电极工艺的一种有效方法..... (746)
169. 利用悬浮栅场效应晶体管测量阻抗..... (749)

• 触觉传感器 •

170. 硅集成传感器..... (753)
171. 具有CMOS信号处理电路的高分辨率硅压力成象传感器..... (758)
172. 可组成多路信号传输触觉阵列的超小型荷重传感器..... (763)
173. 集成触觉成象传感器..... (767)

• 磁传感器 •

174. 对曲面结边界下的双极磁传感器结构所进行的有限元分析..... (773)
175. 双极作用在磁晶体管中的数值模型..... (778)
176. 检测X、Y和Z磁场分量的集成磁传感器..... (782)
177. 采用单个硅传感器同时测量极接近样品处的三维磁场..... (786)
178. 一种用无掩模离子注入技术制作的0.25 μ m霍尔传感器..... (792)
179. 检测磁畴的半导体霍尔器件的位置敏感几何因子..... (796)
180. 集成霍尔器件中的非线性及其补偿..... (799)
181. 用CMOS工艺制造的抑制侧壁注入式磁敏晶体管..... (804)
182. 二维电子气磁场传感器..... (808)

• 工艺技术 •

183. 采用丝网印刷和烧结工艺制成的物理量与化学量传感器..... (813)
184. 新的三维刻蚀技术及其在制造微探头传感器中的应用..... (819)
185. 固体压力传感器的连接技术..... (823)
186. 用于制作离子敏感场效应晶体管及相关电路的CMOS工艺..... (828)
187. 用于制造传感器的高纯硅工艺..... (834)

188. 传感器研究战略	(839)
189. 新颖的电化学微机械加工及其在半导体集成加速度传感器中的应用··	(846)
190. 形成硅膜片用的新颖四电极电化学刻蚀停止法	(850)
191. 各向异性硅刻蚀机理及其与微机械加工的关系	(854)
192. (100)硅各向异性腐蚀中削角补偿的研究.....	(860)
193. 用于制作小型固态压力传感器硅膜片的 NH_4F 电化学蚀刻法.....	(864)

• 应用 •

194. 反射式光敏传感器在电冰箱除霜检测器中的应用	(868)
195. 用于汽车挡风玻璃刮雨器控制的光波导水汽检测器	(872)
196. 用于轮胎压力检测的硅单片开关系统	(874)
197. 声化色彩鉴别系统及其对盲人训练的应用	(878)

钯-银和钯-金合金作为MIS

气体传感器的催化栅

R.C.Hughes 等

(瑞典国家实验室)

提 要

在钯中添加银或金形成金属-氧化物-半导体(MOS)气体敏感二极管的金属合金栅,能改善传感器的特性和改变传感器对各种混合气体的选择性。当合金中银或金的含量低于40%时,对氢分子的主要灵敏度不会衰减。钯栅二极管和钯-银合金栅二极管对氢气和氧化气体 NO_2 、 Cl_2 的混合气体的输出信号有很大的差别。

一、引 言

使用过渡金属,特别是以钯作为半导体

器件栅的气体传感器近来受到越来越多的关注^[1-4]。它们比基于化学电阻器的陶瓷具有优越性是因为它们的低工作温度及与半导体器件的工艺技术兼容。这种传感器最通常的

致氧离子吸附太少,并且样品未掺Pd,从而造成灵敏度低。但是,我们确实发现了功函数的变化。

通过对 H_2 吸附和解吸后所得XPS能谱进行分析,未发现任何化学漂移,这说明了PECVD SnO_x 薄膜在化学性质上是稳定的。长期稳定性(图4)也证实了这个结论。

五、结 论

基于PECVD技术得出的 SnO_x 薄膜为n型半导体,呈现多晶性和良好分布的晶粒。

SnO_x 薄膜具有良好的化学稳定性,气体吸附和解吸均不会引起化学漂移。

SnO_x 栅MOS FET气体传感器对 H_2 和城市管道煤气具有较快的响应和恢复时间。

- [1] T. Seiyama, A. Kato, K. Fujiishi and M. Nagatanl, Anal. Chem., 34 (1962) 1502-1503.
- [2] I. Lundstrom, S. Shivaraman, C. Svensson and L. Lundkvist, Appl. Phys. Lett., vol. 26, No. 2, 15 Jan. 1975 55-57.
- [3] J. Watson, Sensors and Actuators, 5 (1984) 29-42.
- [4] T. Nishino, Y. Hamakawa, Jap. Jour. Appl. Phys., Vol. 9, Sept. 1970 1085-1090.
- [5] S. C. Chang, IEEE Trans. Vol. ED-26, No. 12, Dec. 1979 1875-1880.
- [6] P. K. Clifford and D. T. Tuma, Sensors and Actuators, 3 (1982/83) 233-281.

参 考 文 献

张经国译 方仁业校