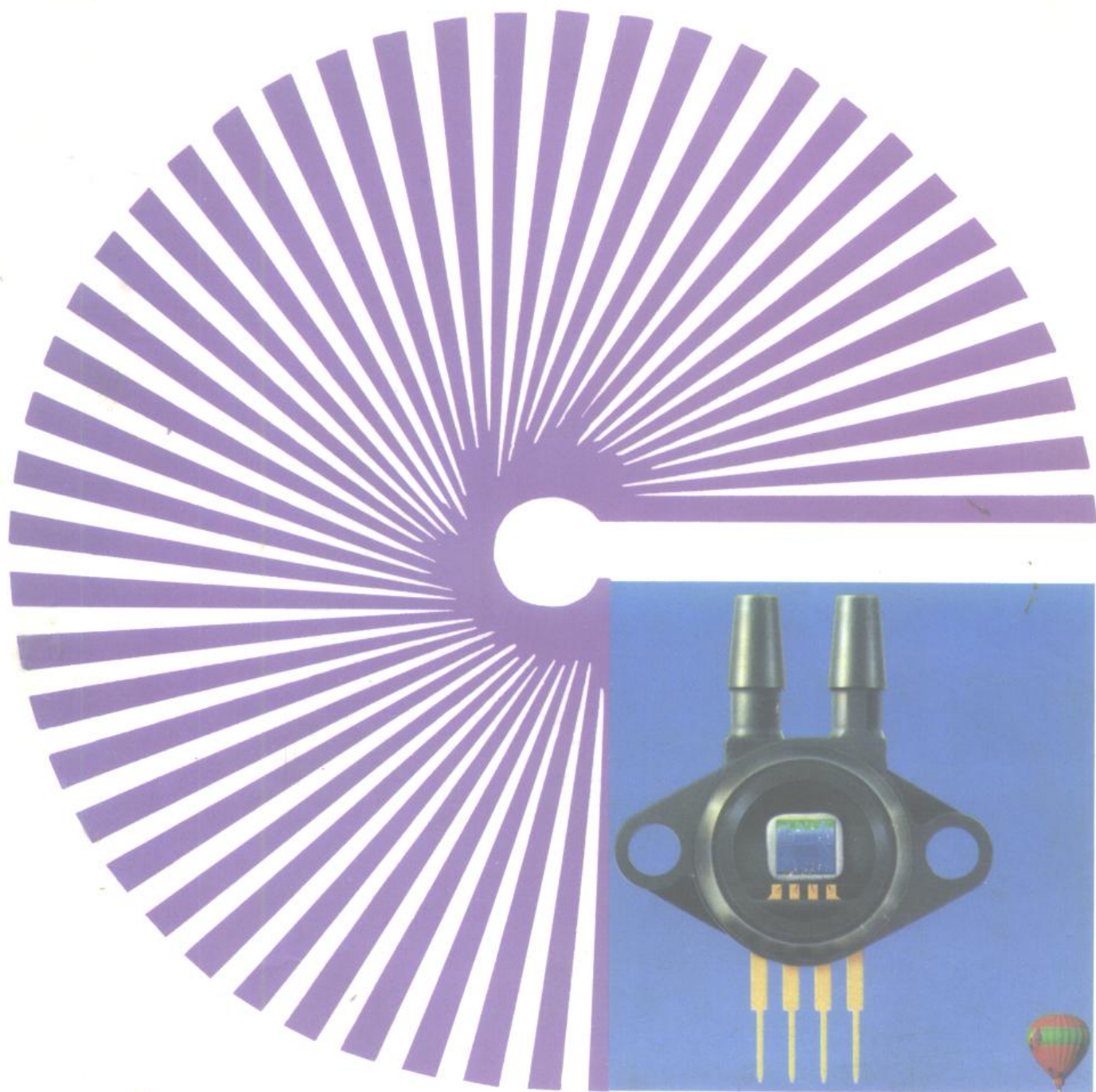


Motorola 集成电路应用技术丛书



孙肖子 刘 刚 孙万荣 编

传感器及其应用



电子工业出版社

75.552
491

Motorola 集成电路应用技术丛书

Motorola 传感器及其应用

孙肖子 刘 刚 孙万荣 编

电子工业出版社

内 容 简 介

《传感器及其应用》包括器件篇和应用篇,共15章。其中器件篇主要介绍摩托罗拉MPX系列压力传感器的基本结构及性能参数,并简单介绍摩托罗拉新品加速度传感器及化学传感器。应用篇主要介绍MPX系列压力传感器在各领域中的应用。

本书内容丰富,深入浅出,可作为广大工程技术人员和大专院校师生的参考书。

2169/1816

Motorola 集成电路应用技术丛书

Motorola 传感器及其应用

孙肖子 刘 刚 孙万荣 编

特邀编辑 赖金福

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

三河市双峰印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16.75 字数: 389 千字

1995年1月第1版 1996年1月第1次印刷

印数: 5000 册 定价: 27 元

ISBN 7-5053-2999-5/TN·847

Motorola 集成电路应用技术编委会

主 任：陈怀琛

付主任：赖金福 龚兰方

委 员：孙肖子 张厥盛 张义门 沈耀忠

杨新辉 高有行 高 平

前 言

为了增进国内外科技方面的交流,中国西北摩托罗拉半导体文献信息中心组织编写《Motorola 集成电路应用技术丛书》,《传感器及其应用》是其中的一个分册。

本书分“器件篇”和“应用篇”。“器件篇”包括第1~8章,其中第1~5章介绍摩托罗拉压力传感器,第6章介绍温度传感器,第7章介绍加速度传感器和化学传感器,第8章介绍摩托罗拉传感器的质量和可靠性。“应用篇”包括第9~15章,其中第9章介绍压力传感器的温度补偿、校准及非线性补偿的原理和方法,第10~14章介绍压力传感器在各个领域的应用实例,第15章介绍压力传感器的安装技术。

摩托罗拉公司依靠其本身的专利技术、先进的设计思想和精湛的微加工、微电子工艺,使摩托罗拉压力传感器具有优越的特性和性能价格比,因而在世界传感器行业占有重要的地位。在我国汽车工业、医疗、消费等领域的应用日趋广泛。本书将向我国广大读者介绍摩托罗拉压力传感器的性能和应用,对于这方面感兴趣的读者会有所帮助。

摩托罗拉传感器技术都是以半导体工艺为基础的,目前正向与微处理器结合的智能化、全集成化方向发展。而且,除压力传感器外,在加速度传感器、化学传感器方面也有新产品问世。

本书“器件篇”由西安电子科技大学孙肖子编写,“应用篇”由西安电子科技大学刘刚、孙万荣编写。西安电子科技大学图书馆赖金福副馆长给予本书的工作以极大的支持,摩托罗拉(中国)电子有限公司梁天波先生,中国电子器件总公司——摩托罗拉中国代理部王莉莎女士对于本书的编译和出版也给予热情的支持并提供了许多最新的资料,电子工业出版社龚兰方先生对本书的出版做了许多工作。在此,对于所有帮助和支持我们工作的同志表示衷心的感谢。

由于时间十分仓促,本书可能有许多不贴切甚至不正确的地方,我们恳切希望广大技术人员和读者给予指正。

编者

1995年3月于西安

目 录

器 件 篇

第一章 概述	1
1.1 摩托罗拉硅压力传感器的特点、发展及分类	3
1.2 摩托罗拉硅压力传感器的符号及命名	7
1.3 摩托罗拉硅压力传感器的基本结构及原理	8
1.4 摩托罗拉压力传感器的微加工技术和微电子技术	10
第二章 基本的无补偿型硅压力传感器	13
2.1 典型产品介绍——MPX10、MPX12 应变仪	13
2.2 其他系列无补偿硅压力传感器	19
第三章 具有片内温度补偿与校准的硅压力传感器	23
3.1 新产品 MPX2300D 压力传感器	23
3.2 典型产品介绍——MPX2010、MPX2012 应变仪	24
3.3 其他具有片内温度补偿和校正的硅压力传感器介绍	30
第四章 具有温度补偿、校正和信号调理电路的全集成单片硅压力传感器	37
4.1 MPX4250 歧管绝对压传感器——摩托罗拉新产品	37
4.2 其他系列全集成单片硅压力传感器	41
第五章 高输入阻抗型、具有片内温度补偿和校正的硅压力传感器	52
5.1 MPX7050 系列硅压力传感器	52
5.2 其他系列高输入阻抗型压力传感器	55
第六章 硅温度传感器	60
6.1 特点、封装及引脚	60
6.2 MTS102/103/105 系列温度传感器的额定参数、工作特性参数、热特性及机械特性	60
6.3 应用信息	63
第七章 摩托罗拉加速度传感器、化学传感器及其他	66
7.1 对加速度传感器和加速度仪的性能要求及各种加速度仪的对比	66
7.2 电容式加速度仪的工作原理及表面微加工技术	67
7.3 加速度传感器及其控制电路	68
7.4 加速度传感器的特性	71
7.5 加速度传感器小结	71
7.6 MMAS40G 加速度仪	71
7.7 摩托罗拉化学传感器	73
7.8 摩托罗拉集成半导体气体 (GAS) 传感器简介	75
7.9 烟雾检测器	76
7.10 光传感器及其在高速运动控制系统中的应用	77

第八章 质量与可靠性	79
8.1 综述	79
8.2 硅压力传感器的可靠性问题	80
8.3 汽车和工业传感器的可靠性测试	88
8.4 统计过程控制	89
8.5 静电释放数据	94

应 用 篇

概 述	101
第九章 摩托罗拉压力传感器的补偿	104
9.1 摩托罗拉 X [CD * 2] ducer 型压力传感器件的温度补偿方法 (AN840)	104
9.2 MPX10 系列压力传感器的非线性补偿方法 (AN935)	114
第十章 信号调理器	120
10.1 半导体压力传感器的放大器 (AN1325)	120
10.2 简单的传感器接口放大器 (AN1324)	124
第十一章 压力变换系统	128
11.1 采用摩托罗拉压力传感器设计的 4~20mA 变送器 (AN1082)	128
11.2 4~20mA 压力变送器评估模板 (AN1303)	131
11.3 MPX2000 系列传感器的频率输出系统 (AN1316)	134
11.4 半导体压力传感器的脉宽调制输出 (AN1518)	139
11.5 半导体压力传感器压力开关电路设计 (AN1517)	144
第十二章 用摩托罗拉压力传感器构成巴图 (Bar Graph) 压力计	150
12.1 用集成传感器构成简易巴图 (Bar Graph) 压力计 (DEVB129 巴图压力计) (AN1304)	150
12.2 补偿型传感器构成的巴图压力计 (AN1309)	154
12.3 半导体传感器在巴图压力计中的应用 (AN1322)	159
第十三章 压力传感器与微处理器构成应用系统	165
13.1 半导体传感器与微处理器接口 (AN1318)	165
13.2 MPX2000 系列压力传感器与微处理器接口数字系统 (AN1315)	172
13.3 免校准压力传感器系统 (AN1097)	193
13.4 MPX5100 压力传感器与微处理器直接相连的测量评估系统 (AN1305)	198
13.5 用摩托罗拉压力传感器扩展 A/D 转换器的分辨力 (AN1100)	210
第十四章 液位和气压测量系统	213
14.1 摩托罗拉传感器在液位控制中的应用 (AN1516)	213
14.2 用摩托罗拉 MPX700 系列压力传感器构成数字压力测量仪 (AN1105)	217
14.3 使用半导体压力传感器的气压测量仪 (AN1326)	222
14.4 用半导体压力传感器构成简单压力调节器 (AN1307)	231
第十五章 安装	237
15.1 安装注意事项	237
15.2 摩托罗拉压力传感器——推荐一种用于较低绝对压力测量的外壳设计 (AN1303)	239

附 录

附录 1	封装外形尺寸图	241
附录 2	压力传感器标记信息	251
附录 3	压力传感器和温度传感器引脚图	252
附录 4	参考表	253
附录 5	符号、术语、定义	254
附录 6	压力/真空面积识别标志	255

器 件 篇

第一章 概 述

现代科学技术和工农业生产的发展,需要人们去探测各种非电物理量、化学量、生物量等。非电量信息大致有10多种,如:热、光、力、气、湿、磁、声、色、射线、离子等等。直接测量这些非电量是比较困难的,通常是把这些非电量转换为电量来监测。传感器就是能够将各种非电量转化为可测可用的电量的器件。如果说将信息处理、计算机比喻为人的“大脑”的话,那么传感器则为人的“耳目”。它作为人们采集大自然数据的第一关,其重要性是人所共知的。

按能量变换的功能可大致将传感器分为两大类:物理传感器(包括温度传感器、压力传感器、速度加速度传感器、流量传感器、光电传感器、磁传感器、压电传感器、光纤传感器、声表面波传感器等)和化学传感器(包括气传感器、湿度传感器、离子传感器等)。

传感器广泛应用于汽车、航空、航天、舰船、工业农业、生物医疗、计算机及消费领域,用来对各种系统的监测和自动控制。世界传感器市场蓬勃发展;1990年世界传感器总销售额为50亿美元,其中半导体传感器占3.5亿美元。预计到2000年,传感器总销售额为130亿美元,其中半导体传感器占30亿美元,增长率为23%。图1-1给出北美地区传感器应用市场情况,图1-2给出美国汽车传感器市场的各种传感器的应用比例图。

美国摩托罗拉公司拥有先进的半导体微加工、微电子技术,在半导体传感器科研和生产领域占据了极为重要的地位。特别是摩托罗拉专利—X型硅压力传感器技术和单片全集成化技术使摩托罗拉传感器具有独特的优点,在质量价格方面具有强大的生命力和竞争力。

首先是硅的良好电特性和机械特性是传感器倍受青睐的材料,硅做为微加工传感器的主要元素是因为硅的独到特性:

- 高弹性模量——与钢一样
- 高抗拉伸强度——强度比钢大
- 低密度——与铝一样
- 硬度——和石英一样
- 良好的弹性——没有机械迟滞现象

摩托罗拉掌握了“光”“压力”和“加速度”传感器技术方面的多项关键专利,其中光传感方面:14项专利

压力传感方面:44项专利

加速度传感方面:18项专利

摩托罗拉公司具有鉴别传感器的关键技术和手段以保证摩托罗拉作为世界范围内传感器供应者主导地位的战略。

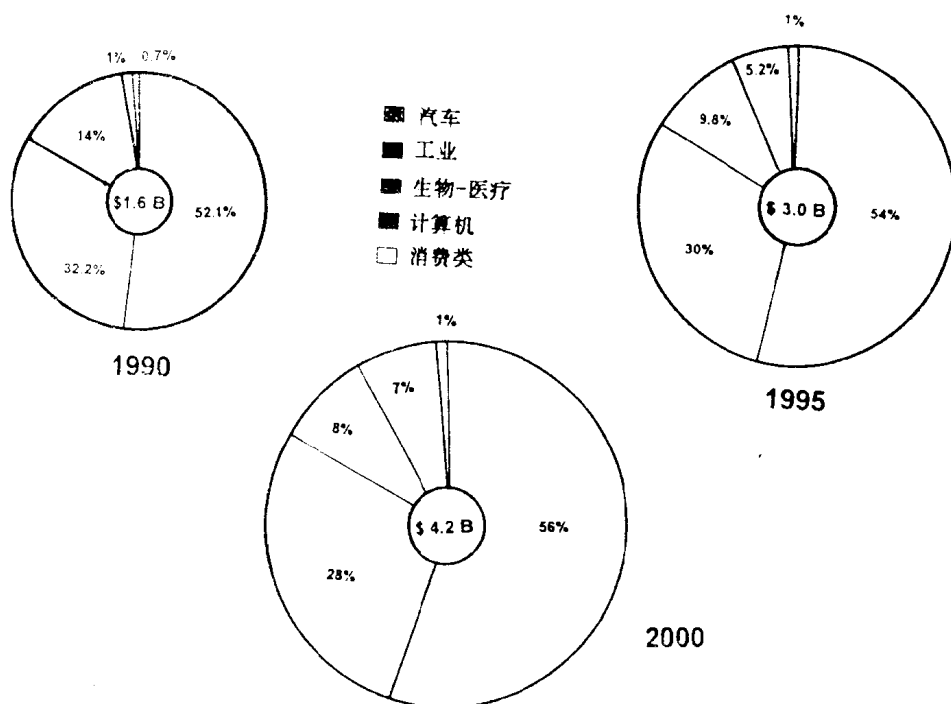


图 1-1 北美传感器应用市场概况

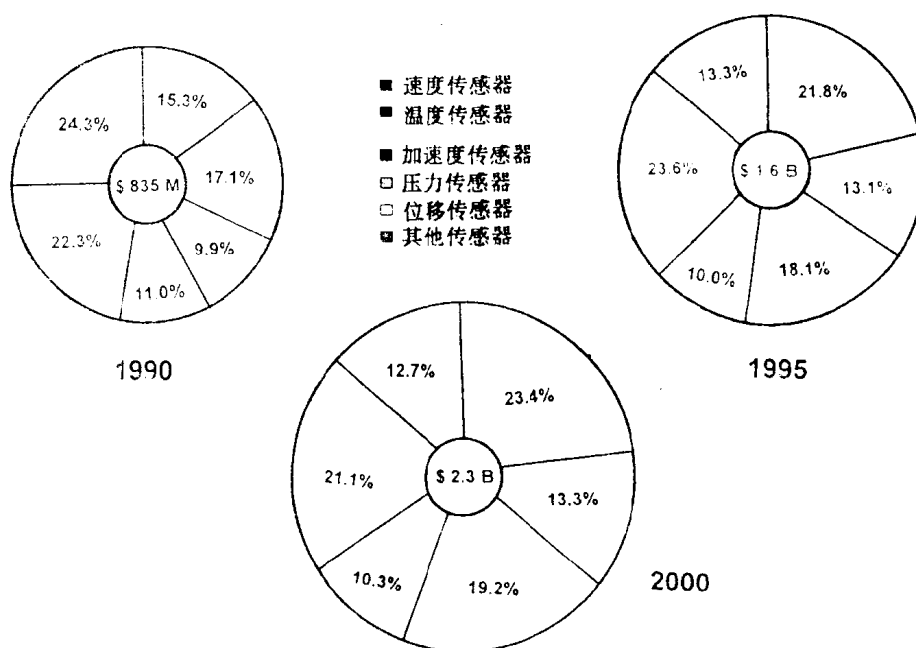


图 1-2 美国汽车传感器市场概况

压力传感器系列产品是摩托罗拉传感器的支柱产，它正向智能化、与微处理器结合的全集成化传感器系统方向发展。加速度传感器、光传感器、化学传感器、湿度传感器等半导体传感器也正在发展。本篇将详细介绍摩托罗拉硅压力传感器的原理、性能及各种参数，同时也介绍温度传感器和加速度传感器。

1.1 摩托罗拉硅压力传感器的特点、发展及分类

1.1.1 摩托罗拉硅压力传感器的特点

压力传感器是一种将非电物理量——压力转换为电量——电流或电压的器件。压力传感器可用来测量压力、位移等。压力传感器的种类很多，其中半导体硅压力传感器因其体积小、重量轻、成本低、性能好、易集成等优点，而得到越来越广泛的应用。

制造一般的硅压阻式压力传感器，是在硅片上用扩散或离子注入法形成四个阻值相等的电阻条，并将它们连接成一个惠斯登电桥。当没有外加压力作用在硅片上时，电桥处于平衡状态，电桥输出为零。当有外加压力时，电桥失去平衡而产生输出电压，该电压大小与压力有关，通过测电压便可得到相应的压力值。这种压力传感器由于四个桥臂电阻不匹配而引起测量误差，零点偏移较大，不易调整。

与惠斯登电桥结构不同，摩托罗拉的专利技术是采用单个X型压敏电阻元件，而不是电桥结构。该X型电阻是利用离子注入工艺光刻在硅膜上，并采用计算机控制的激光修正技术，温度补偿技术，使摩托罗拉硅MPX系列压力传感器的精度很高，其模拟输出电压正比于输入的压力值和电源偏置电压，具有极好的线性度，且灵敏度高，长期重复性好。

计算机控制的激光修正技术和补偿电阻网络使摩托罗拉传感器在非常宽的温度范围内提供高精度的压力测量，在0~85℃温度范围内的温度漂移为满量程的±0.5%。而这个漂移在小的温度范围内引起的电压偏移仅为±1mV。

表 1-1 摩托罗拉压力传感器的发展概况

第一代 80年代初	第二代 80年代末	第三代 今天	第四代 明天
X—型专利	温度补偿系列	集成压力传感器系列	MCU—传感器 (传感器与微处理器结合)
标准的独立单元	具有自身补偿的单片压力传感器	具有自身补偿和信号调理的单片压力传感器	具有自身补偿，信号调理和微处理器的单片压力传感器
• 压力传感器 • 外部温度补偿和校正 • 外部的信号调理	• 压力传感器 • 内部温度补偿 • 内部校正	• 压力传感器 • 内部温度补偿 • 内部校正 • 内部信号调理 • 内部信号调理	• 压力传感器 • 内部温度补偿 • 内部校正 • 内部信号调理 • 程序控制输出 • 个人仪器 • 自身含控制能力

摩托罗拉永不停止地追求新技术、新工艺。表 1-1 给出摩托罗拉硅压力传感器发展的四个阶段。今天，摩托罗拉已实现了具有内部温度补偿、校正和信号调理电路的全集成化单片压力传感器。明天，摩托罗拉将实现压力传感器的智能化，内部含微处理器，由程序控制输出，个人仪器和自身的控制能力。

摩托罗拉建立了一套完整的、科学的、严格的质量和可靠性控制和管理体系，使摩托罗拉压力传感器以高质量和高可靠性而闻名于世。

摩托罗拉压力传感器质量高，使用方便，价格低廉，大规模集成技术将压力传感器、温度补偿网络和放大器集成在同一基片上，而且还可以和 A/D 变换器以及微处理器直接接口，这些都使摩托罗拉压力传感器具有很大的竞争力。摩托罗拉压力传感器在汽车、工业控制、仪器仪表、消费领域以及生物医疗仪器中都得到广泛的应用。

1.1.2 摩托罗拉硅压力传感器分类

摩托罗拉 MPX 系列硅压力传感器包括许多型号的产品，下面我们将从性能、工作方式和包装三个方面加以分类，以方便读者选用。

1. 按性能分类

MPX 系列硅压力传感器有四种型式，即基本的无补偿型；温度补偿和校正型；全信号调理型；高输入阻抗型。

用户在使用无补偿型压力传感器时，需自行附加外部补偿网络和信号调理电路。由于摩托罗拉专利技术——单个 X 型压阻本身就是压力应变仪，所以使得外部补偿技术比较简单，易于实现。

MPX2000 系列硅压力传感器是具有片内温度补偿和校正网络的，而且这种网络中的电阻是经过计算机控制下的激光修正的，因而精度很高，补偿效果好、稳定性好、漂移小，给使用者带来很大的方便。

MPX4000 系列硅压力传感器不仅具有片内的温度补偿和校正网络，而且将信号放大和调节电路也集成在一起，可以输出高达 4.9V 的信号电压而不需外加放大器。

MPX5000 系列硅压力传感器不仅具有单片集成全信号调理器电路，而且还可以和 A/D 转换器和微处理器直接接口。

MPX7000 系列硅压力传感器具有高输入阻抗的特征，输入阻抗高达 $10k\Omega$ 以上，适用于便携式、低功耗和电池供电的场合。诸如便携式医疗器械和带有 4~20mA 变送器的遥控传感系统应用 MPX7000 系统传感器是既合理又经济的选择。

表 1-2 形象地给出摩托罗拉 MPX 系列传感器的分类及特点。由图可见，传感器集成度越来越高，功能和性能越来越完善，需要用户和顾客做的事情将越来越少。新发展的 MPX9 系列传感器包括了中间接口电路，而 MPXM 则是含微处理器的传感器系统，从而，完美地实现了全集成、智能化的目标。

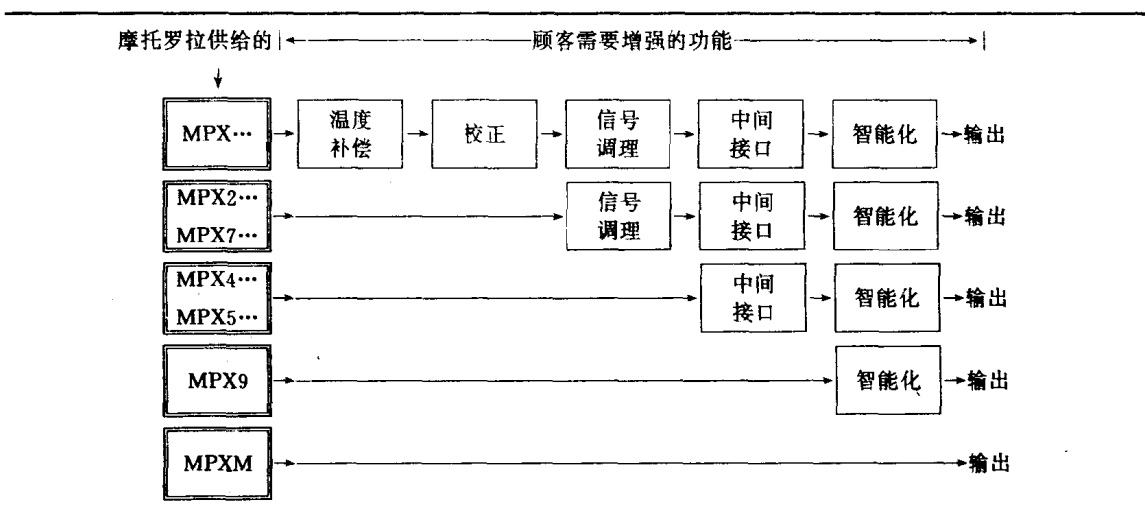
2. 按工作方式分类

摩托罗拉压力传感器分三种压力测量，即绝对压、差压和表压。

(1) 绝对压硅压力传感器 (Absolute Pressure Sensors)

绝对压（例如大气压），是相对于密封在绝对压传感器内部的基准真空（相当于零压力参考）而测量的。对于 MPX100A (15PSI) 传感器，当其硅膜受到的压力为一个大气压

表 1-2 摩托罗拉 MPX 压力传感器族



(15PSI, 100kPa) 时, 则产生满量程输出。而对于 MPX200A 压力传感器则产生半量程输出。测量外部压力时, 应对传感器的“压力面”施加一个相应的负压力, 如图 1-3 (a) 所示。

(2) 差压传感器 (Differential Pressure Sensors)

差压, 例如气体管道中气流调节器或过滤器上的压力降。测量时利用差压传感器测量同时加到硅膜两侧的压力之差。如图 1-3 (b) 所示, 一个正向压力被加到“压力面”所产生的正向输出电压, 相当于一个相等的负向压力加到“真空面”一样。

(3) 表压传感器 (Gauge Pressure Sensors)

表压测量是差压测量的特殊情况, 测量时以环境大气压力为参照基准 (例如血压测量)。大气压通过差压传感器元件上的通气孔加到传感器的膜片上。

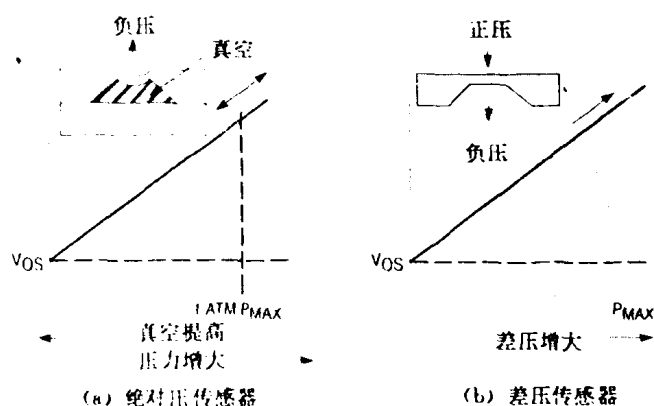


图 1-3 压力测量

3. 按封装形式分类

为了让用户安装方便, 摩托罗拉设计了三种类型的封装形式。一种是基本芯片载体单元, 如图 1-4 (a) 所示。这种封装有 4 个引出头, 分别对应电源、地、正输出和负输出。也有一种是 6 个引出头的, 其中分别是电源、地和输出, 另有三条引脚是空脚。

第二种封装是在基本单元基础上另加外壳和端口，如图 1-4 (b)、(c) 所示。这个封装一般提供 1~2 个端口，有“压力测”端口、“真空测”端口，或轴向端口，用户可按照实际安装的需要灵活选用，这方面的详细内容请阅读“应用篇”有关安装的内容。

第三种封装方式是 1995 年即将推出的新型封装，如图 1-5 所示。这种封装为环氧树脂封装，体积小、价格低、使用方便。

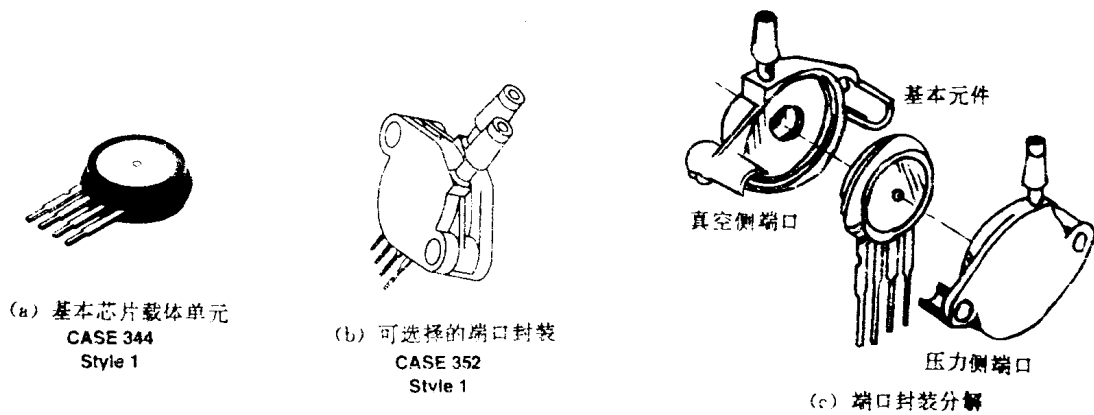


图 1-4 摩托罗拉压力传感器封装形式

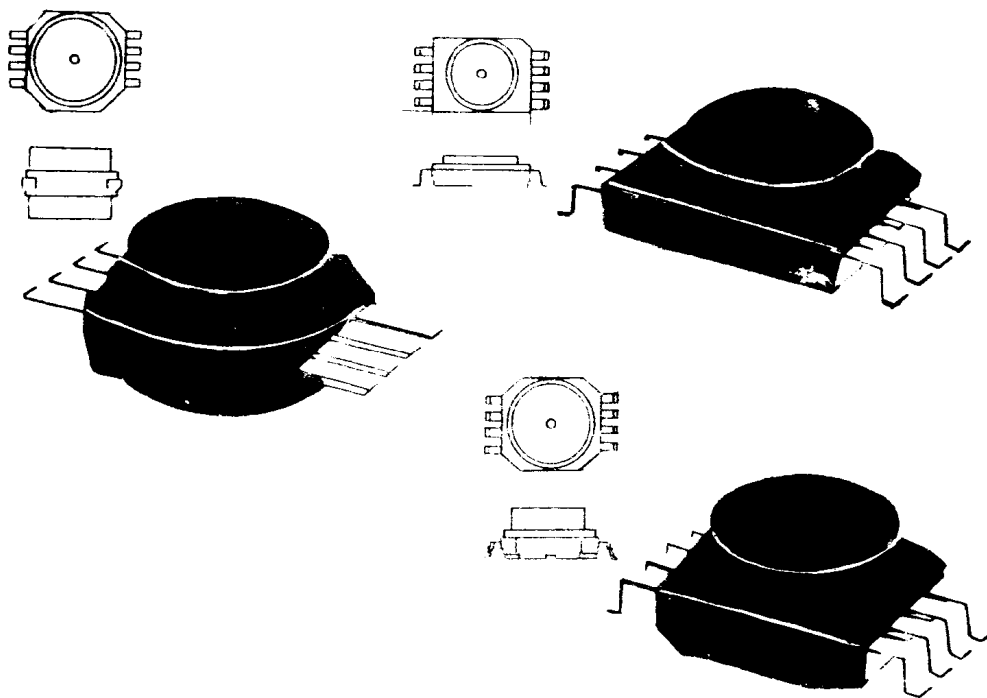


图 1-5 1995 年即将推出的封装形式

1.2 摩托罗拉硅压力传感器的符号及命名

1.2.1 摩托罗拉硅压力传感器的符号

摩托罗拉硅压力传感器是一项专利技术，它是硅膜上的单个 X 型的压敏电阻，共有 4 个引出头，即：电源、地、正输出及负输出，其符号如图 1-6 所示。

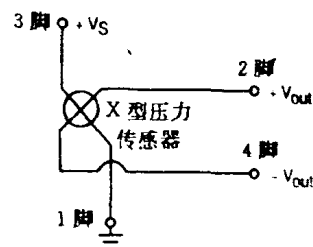


图 1-6 摩托罗拉硅压力传感器元件符号

1.2.2 摩托罗拉硅压力传感器命名

摩托罗拉硅压力传感器元件符号命名如表 1-3 所示，其中第一部分“MPX”是代表摩托罗拉 X 型压力传感器；第二部分表示性能特点；第三部分表示压力量程范围；第四部分代表压力测量类型及封装端口情况。例如 MPX100D 则表示无补偿的、满量程为 100kPa、差压传感器、基本单元。

表 1-3 摩托罗拉压力传感器元件符号命名系统

MPX	2	100	DP
压力测量及端口选择 A. 绝对压，基本单元 B. 绝对压，单端口 AS. 绝对压，热管端口 ASX 绝对压，轴向端口 D. 差压，基本单元 DP. 差压，双端口 GP. 表压，单端口 GVP 表压真空侧端口 GS. 表压热管端口 GVS 表压真空侧端口 GVX 表压真空侧轴向端口 GVS 表压真空侧轴向端口			
以千帕 (kPa) 为单位的压力量程范围 性能说明符号 没有指明者，无补偿型 2, 温度补偿/校正型 4, 歧管绝对压型，温补/校正/信号调理型 5, 温补/校正/信号调理型 7, 高输入阻抗/温补/校正型			
摩托罗拉 X 型压力传感器			

1.3 摩托罗拉硅压力传感器的基本结构及原理

摩托罗拉硅压力传感器采用专利 X 型单个四端压敏电阻应变仪。它与传统的设计不同,四个电阻条的惠斯登电桥被一个四端元件所代替,由于四端元件呈 X 型而得名。这种压力传感器由于其成品率高,性能好,因而具有蓬勃的生命力,是一种很有发展前景的新产品。

1.3.1 硅 X 型压力传感器的基本工作原理

我们知道,半导体硅材料的晶体结构属于金刚石结构,它的原子间的结合是靠外层的四个价电子与相邻原子的价电子形成共用电子对而互相结合的。当受到压力时,原子结构中的导带和价带之间的禁带宽度发生变化,使载流子的数量和载流子的迁移率发生变化,从而使电阻率发生变化,这就是半导体材料的压阻效应。在数学上,压阻效应可以用一组电场分量 E_i 和电流密度分量 i_i 及应力分量 δ_{ij} 的关系式来描述。在晶轴坐标系下,这种关系式具有简单的形式,即:

$$\frac{E_1}{\rho} = i_1[1 + \pi_{11}\delta_{11} + \pi_{12}(\delta_{22} + \delta_{33})] + \pi_{44}(i_2\delta_{12} + i_3\delta_{13}) \quad (1-1)$$

$$\frac{E_2}{\rho} = i_2[1 + \pi_{11}\delta_{22} + \pi_{12}(\delta_{11} + \delta_{33})] + \pi_{44}(i_2\delta_{12} + i_3\delta_{23}) \quad (1-2)$$

$$\frac{E_3}{\rho} = i_3[1 + \pi_{11}\delta_{33} + \pi_{12}(\delta_{11} + \delta_{22})] + \pi_{44}(i_1\delta_{13} + i_3\delta_{23}) \quad (1-3)$$

式中 ρ ——无应力作用时的各向同性电阻率

1、2、3——表示 3 个轴方向

π_{11} ——表示纵向压阻系数

π_{12} ——表示横向压阻系数

π_{44} ——表示剪切压阻系数

π_{12} 、 π_{12} 、 π_{44} 随材料的掺杂类型、浓度的不同及环境温度的不同而变化。其典型数据如表 1-4 所示。

表 1-4 压阻系数

导电类型	P-Si	n-Si
π_{11} ($10^{-12}\text{cm}^2/\text{达因}$)	6.6	-102.2
π_{12} ($10^{-12}\text{cm}^2/\text{达因}$)	-1.1	53.4
π_{44} ($10^{-12}\text{cm}^2/\text{达因}$)	133.1	-13.6

从表中可见,对于 P 型硅,剪切压阻系数 π_{44} 具有最大值。如果令 i_1 、 $i_3=0$, 则有

$$\frac{E_1}{i_2} = \rho\pi_{44}\delta_{12} = \Delta\rho \quad (1-4)$$

$$E_1 = \rho\pi_{44}i_2 \cdot \delta_{12} \quad (1-5)$$

从上式可以看出,当有剪切应力作用时,将会产生一个垂直于电流方向的电场变化,电场分量与电流密度分量的比即为电阻率的变化,这就是压阻效应的定量描述。

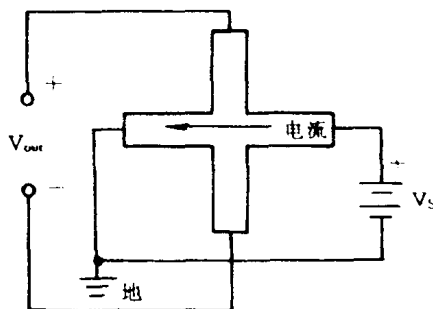


图 1-7 X 型硅压力传感器工作原理

在硅膜片表面用离子注入工艺制作一个 X 型的四端元件。如图 1-7 所示,在四端元件

的一个方向上加偏置电压而形成电流，当有剪切应力作用时，将会产生一个垂直电流方向的电场变化即 $E_1 = i_2 \Delta \rho$ 。电场 E_1 引起该方向的电位分布发生变化，从而在与电流垂直方向上的两端可以得到由被测压力而引起的输出电压 V_{out} ，该电压正比于 E_1 。由式 (1-5) 可见，电场 E_1 与电流密度 i_2 和剪切应力 δ_{12} 的乘积成比例，那么一旦 i_2 固定， E_1 就只与剪切应力成比例，因此，产生的输出电压 V_{out} 是与外加剪切应力，即被测压力成正比的，二者之间有很好的线性关系，即

$$V_{out} = d \cdot E_1 = d \cdot K \delta_{12} = K' \delta_{12} \quad (1-6)$$

式中

$$K = \rho \pi_4 i_2$$

$$K' = d \cdot K \quad (1-7)$$

1.3.2 X型硅压力传感器的基本结构

摩托罗拉 X 型硅压力传感器的俯视图和抛面图分别如图 1-8 (a)、(b) 所示。

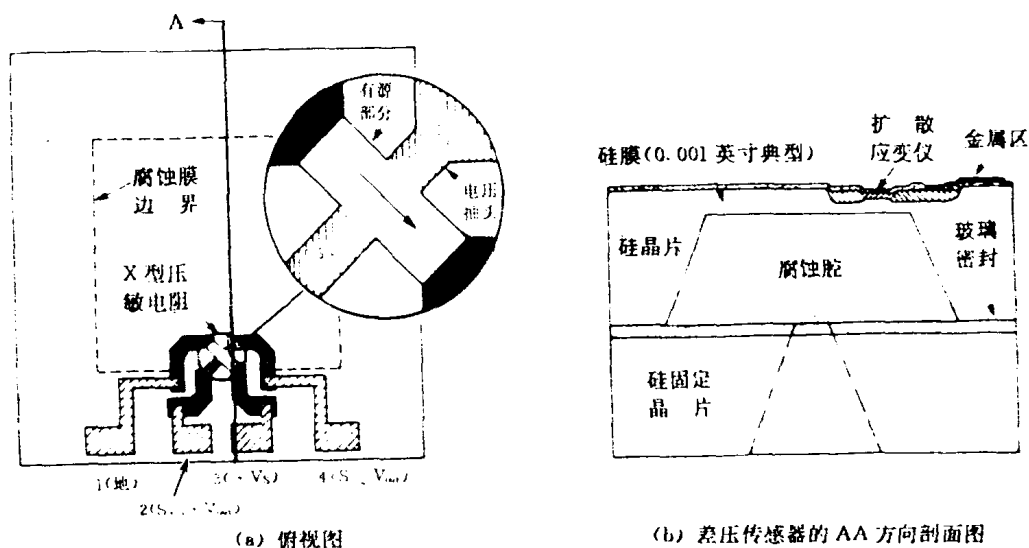


图 1-8 X 型压阻压力传感器基本结构图

由图 1-8 (a) 可见，一只 X 型压敏电阻器被置于硅膜边缘。其中，1 脚接地，三脚加电源电压 $+V_s$ ，激励电流流过 3 脚和 1 脚。加在硅膜上的压力与电流相垂直，该压力在电阻器上建立了一个横向电场，该电场穿过电阻器中点，所产生的电压差由 2 脚和 4 脚引出，这种横向电压应变仪可以看作是霍尔效应器件的力学模拟。

由图 1-8 (b) 抛面图可以看出，实际上，是用两个硅晶片来构成压阻硅压力传感器的。顶层的硅晶片被腐蚀成我们所要求的很薄、很平坦的硅薄片，该薄片大约为 1mil 厚。一个矩形的空间被强行复制出来，构成一个腐蚀腔，其腔壁成 57.4° 角。被腐蚀的顶层硅晶片粘贴在底层硅晶片上，其间形成的腔体便构成一个封闭的真空腔，该真空区就是绝对压压力传感器测量时的基准真空，即零压力参考点。

有几种方法可以将顶层硅晶片粘贴（固定）在底层硅晶片上，如阳极键合法，玻璃密封法或最新的硅对硅键合法。

如果用激光或用其他的微加工方法在底层（固定）晶片上钻一小孔，那么大气压便可