

趣味与技巧

传感器在日常生活中的应用

(内部读物)

电子工业部敏感元器件专业情报网

一九八七年四月

TA79/1 TP21/23

序

传感器是能够感知并检出被观测对象之信息的装置，至今已有六十年的发展历史。随着科学技术的发展，不仅用于工业、农业、交通运输、国防工业、空间技术、环境保护、生命科学，而且也渗透到人们日常生活的各个方面，成为当今社会比较活跃的技术之一。

近几年来，多种书刊已介绍传感器的原理和应用，多偏重于工业控制和检测，而系统介绍传感器在日常生活中的书刊并不多见。为了扩大读者视野，系统了解这方面的知识，敏感元器件专业情报网组织编译了日本西村召义新著的“传感器在日常生活中的应用”一书。用十三章的篇幅详细介绍了传感器的工作原理、制做和使用方法。本书取材新颖，富有知识性、趣味性。

本书不仅对从事传感器专业的技术人员有参考价值，而且是广大读者了解、掌握和运用传感器技术较为适合的读物。

由于水平所限，错误缺点在所难免，敬请广大读者指教。

电子部敏感元器件专业情报网

1986、12

目 录

- 第一章 传感器的基本知识..... (1)
形形色色传感器的巡礼
- 第二章 摆动传感器的应用——应急灯..... (15)
倘若半夜地震……，应急灯会自动点燃
- 第三章 水份/光通量传感器的应用——..... (23)
水/光检测仪
阳台庭园盆栽管理者的福音
- 第四章 静电传感器的应用——使用场效应晶体管的静电
仪表..... (29)
- 第五章 一氧化碳气体传感器的应用——一氧化碳气体报
警器..... (36)
门窗紧闭、烤火取暖、委实危险!
- 第六章 日照传感器的应用——日照计..... (49)
你想知道自己庭院的日照时间吗?
- 第七章 热敏传感器的应用——热敏开关永保房间温暖如春
的佳品..... (59)
- 第八章 音响传感器的应用——声音计量器..... (67)
大声呼喊 心旷神怡 消除紧张和烦恼
- 第九章 酒精气体传感器的应用——醉酒检测器..... (77)
狂饮的警钟 健康与安全的卫士

- 第十章 触觉传感器的应用——触摸开关方便，只要轻轻触摸……………（90）
- 第十一章 超声波传感器的应用……………（98）
模拟式 / 数字式测距仪和“后向”测距仪，
- 第十二章 压力传感器的应用——超轻量电子秤 …（115）
可测重量的万用表
- 第十三章 金属传感器的应用——金属探测器 ……（124）
神奇般地探测 连狗都为之望洋兴叹

第一章 传感器的基本知识

形形色色传感器的巡礼

1.1 前言

在动手制作之前，让我们浏览一下，为了检测某种现象，应使用什么样的传感器呢？

传感器应用的舞台很大，它已进入了家用电器、工业、计量检测、医疗、运输和建筑等各个领域之中。因此，若想从事传感器的研究和应用技术的开发，不仅需要具备电子和电气工程技术基础，而且还要掌握化学、医学和机械工程等学科的知识。

因此，可以说传感器技术是现代最尖端的技术。掌握层出不穷的新型传感器的发展信息对研究和使用传感器来讲，是极其重要的。

要想详尽地介绍有关传感器的各种知识，无论如何是不现实的。因此，本章仅想谈谈传感器的基本知识以及几个具有代表性的传感器。

1.2 湿度传感器

作为湿度传感器，有久负盛名的赛璐玢纸湿度传感器。它的原理是吸湿后的赛璐玢纸将要伸长，巧妙地将它变为机械位移，从而构成了湿度传感器。因其时间老化特性差，故应定期进行更换赛璐玢纸。但是，由于它也有价格低廉、耐粉尘等优点。所以，至今仍然广泛地应用在与空调有关的

设备中。

相对湿度计的传感器一直使用人的头发。其原理与赛璐玢纸湿度传感器相同，毛发吸湿后伸长，再设法带动测量仪器的指针，使其发生偏转。据说，湿度传感器的毛发最好采用女性的头发，特别是以法国女郎的为最佳。

氯化锂式、磷酸钾式湿度传感器是精度较高的传感器。它是利用蒸发法在玻璃片上形成对置电极，然后在电极之间涂覆一层氯化锂或磷酸钾而成。这是利用了极板间的涂层电阻随着湿度的变化而改变的物理特性而进行工作的。因为使用直流电会引起电解现象，所以应采用低频交流电源。由于结构的关系，如果其表面落上灰尘，那么会直接影响精度。因此，要格外注意保持环境清洁。

除了氯化锂传感器外，干湿球湿度传感器也是一种高精度湿度检测器。所谓“干湿球”就是指水银温度计的水银球体。“干球”是指普通温度计，“湿球”则是指湿纱布包围着的水银球体的温度计。纱布中的水分是利用毛细现象由水瓶不断地提供的。在低湿情况下，由于湿球表面强烈的蒸发作用，湿球失去汽化热，其温度低于干球温度。温度愈高，湿球显示的温度就愈接近于干球。根据干、湿球的温度差，可以算出此时的湿度。

电子式干、湿球湿度传感器是利用热敏电阻和硅二极管之类的热敏元件取代水银球而成。至于热敏元件，以后再加以介绍。

从霉雨季节至夏季，人们经常使用“不舒适指数”这一术语。日本的不舒适指数值是以下式表示的：

$$(\text{干球温度} + \text{湿球温度}) \times 0.72 + 40.6$$

因此，如果改变其刻度，那么干湿球湿度传感器也可以作为不舒适指数仪使用。

最近，经常使用陶瓷湿度传感器，诸如松下电器公司生产的电阻式陶瓷湿度传感器等。然而，与把它作为湿度传感器相比，更多的倒是为防止结露而按装在磁带录象机的磁头上，作为结露传感器用。

1.3 温度传感器

双金属片是一种最通用的温度传感器。

把两枚温度系数相差很大的金属片贴在一起，使它随着温度变化产生的伸长、收缩转变成机械位移，从而电接点变为接通或断开状态。因此，这种传感器适于“开”和“关”的数字控制系统。改变双金属片中金属材料的种类和机械结构，可任意变换其工作点。此传感器的优点是价格低廉、坚固、体积小，可大电流工作。它们大都应用于冷气、暖气等设备中。

电子温度传感器包括热敏电阻器和热电偶。热敏电阻器是采用混料、压缩成形、烧结等工序以Ni、Co、Mn、Fe、Cu等金属氧化物粉末为原料制作的。通常具有较大的负温度系数，即温度越高，其电阻越小。虽然其温度使用范围不太宽，可是在其工作温度范围内，线性度较好。热敏电阻器本身不允许通过太大的电流。这是因为热敏电阻器的电阻阻值比较高，通电时会发热，由于发热使其电阻阻值下降，从而进一步发热，出现了所谓自身加热现象。其规格，通常是以常温（25℃）时的电阻阻值表示。市场上出售的产品种类繁多，其规格从几欧姆至数百欧姆。此外，还有下述两种热敏电阻器：一种是在某一温度时，其特性发生跳变的突变

型；另一种则是正温度系数热敏电阻器。

图1—1示出的热电偶是最重要的工业用温度传感器。它是由镍铬合金 ($\text{Ni}_{90}, \text{Cr}_{10}$) 和镍铝合金 ($\text{Ni}_{90}, \text{Al}_{10}+a$) 铜和康铜合金 ($\text{Cu}_{57}, \text{Ni}_{43}$) 等两种不同金属接合而成。如果在接合点处加热，那么将会产生电流。因为这一现象是德国科学家塞贝克发现的，所以把它也叫作塞贝克效应。热电偶检测温度范围宽，它是工业测量中最主要的传感器。

照片1—1是温度传感器热敏电阻器具有不同的温度系数感温金属封装式热敏电阻器被应用在电子复印机和伺服机构中进行温度的精密控制。

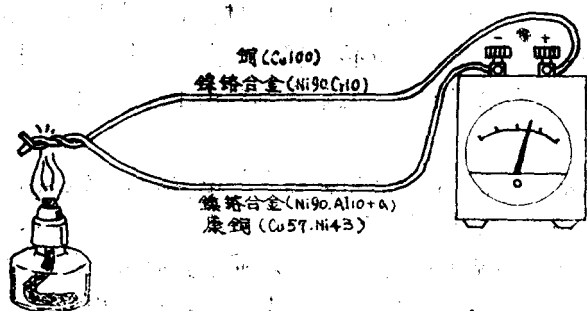


图1—1
热电偶

若在异种金属的接合点处加热，则环路中有电流流过。这也叫作塞贝克效应。利用塞贝克效应制作的传感器称为热电偶。

用水晶谐振器制作振荡器时，其频率随温度变化而变化，这是十分令人头痛的事情。但在这里，恰恰是利用了这一性质而把它作成了温度传感器。由于它能直接得到与温度变化成比例的频率，所以非常适宜利用微型计算机进行温度

控制。从低温到高温，它的线性度很好，精度也高。

硅二极管也是一种线性比较好的热敏元件。这是利用了二极管的正向压降是温度的函数这一性质的。

1.4 压力和位移传感器

工业上测量压力、位移、等，绝大多数使用应变计和差动变压器。

应变计就是一种如图1—2所示的金属箔，把它粘贴在欲检测的部位上。当它受到一个力的作用时，其阻值发生变化，若预先施加上一一定的电流，就可以把机械的变化转换成电学量的变化。

应变计系列中从敏感100g左右压力的U形高灵敏应变计到能检测吨数量级的荷重传感器应有尽有。

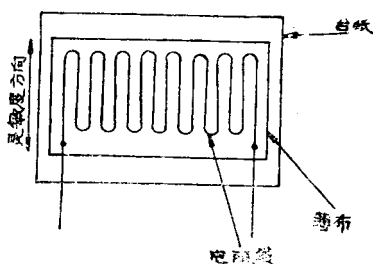


图1—2应变计

如图1—2 所示，把直径为0.02毫米的电阻丝贴在纸或聚乙烯等的薄台纸上，使其成为梳状或花瓣状，则可构成应变计。其电阻标准值为120Ω。

差动变压器的结构如图1—3所示，次级线圈差动联结，铁心位置是可动的。这样，当铁心处于中央位置时，由于次级线圈的感应电压 e_1 和 e_2 相位相反，电压相等，两者相互抵消，没有输出。当铁心偏离中央位置时，则 e_1 和 e_2 之间出现

了电压差，此差就是输出电压。其偏离量与输出电压的关系随着变压器结构不同而不同，可是其线性度甚佳。

差动变压器的分辨率高，甚至可以检测出 $1/100\text{mm}$ 的位移，可能检测的最大位移达 10cm 。象这样的从微小位移到大位移都能进行高精度检测的传感器，目前除它之外还没有竞争者。

U型应变计能够检测 $\pm 100\text{g}$ 的轴向压力变化。为了能够高灵敏地检测应变计的电阻值变化，应变计采用桥式电阻电路。因为在轴的前端安装了滑轮，所以可以计量纺纱工程中纱线的张力，同时也可以检测微小的重量和加速度的变化。

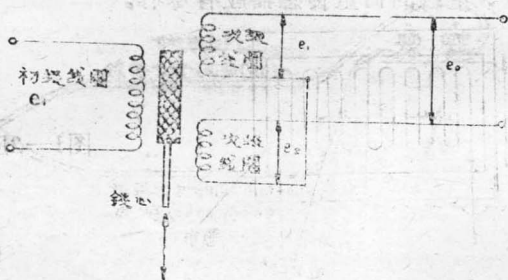


图1—3 差动变压器的结构

图1—4给出差动变压器在流量传感器的使用之例。

当水晶、罗谢尔盐 ($\text{NaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$)、钛酸钡 (BaTiO_3)、磷酸二氢铵 ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) 等晶体受到力的作用时，其表面将出现电荷。这种现象称为压电效应。可以用它来制造把压力变为电信号的传感器。

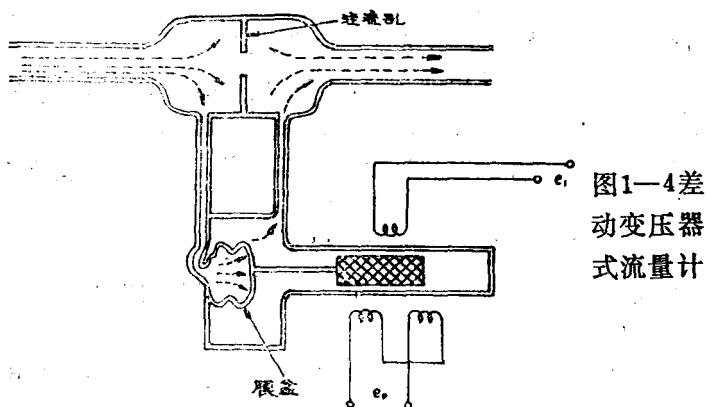


图1—4 差
动变压器
式流量计

图1—4 应用于流量计中的差动变压器（把注流孔的压力变化传递给膜盒，从而带动铁心）

在压电材料中，水晶是最稳定的，即使在 500°C 左右的高温下也能工作。压电传感器适于动态检测振动和加速度等，可是却难以应用在静态压力检测中。

1.5 光传感器

以前，最活跃的光传感器是光电管。现在在闪烁计数管（辐射能计数器）等装置中使用的光电倍增管，是否仍可以说是唯一能称为光电管的器件。在光变为电的转换器中，很早就使用了半导体。其典型器件是硒光电池、氧化亚铜光电池，它们已经作为光传感器应用在照度计、曝光表之中。如果光照射在半导体的PN结上，会激发起载流子，因而产生电。因此，凡具有PN结的半导体几乎都能够被采用来做光电转换用，事实上，锗二极管、三极管、硅二极管等都可以直接作为光传感器使用。

半导体光电转换元件的基础是二极管和三极管，但是在

结构上应制作得使PN结更利于光的接收。

通过调整半导体中的杂质浓度，可以做成不仅对可见光敏感，甚至于对紫外光和红外光也敏感的器件。

因为它是一种能识别色彩的光三极管，所以叫作颜色传感器。

半导体光电器件——光三极管和光二极管与发光二极管组合或者单独使用都可广泛应用在产业机器和家用电器中，其商品也是种类繁多的。

有效地利用集成电路存贮器技术，可在一个片子上制作很多小型光电元件。把这种元件叫作图象传感器。它广泛地应用在车站和商店的自动售货机中，作为识别钞票图案的电子眼。

固体摄像器件推动了图象传感器的发展，它取代了电子摄像管、光导管，已应用在工业电视摄像机中。

提高半导体光电转换元件的转换效率和输出功率，使它输出实用能量的器件是太阳能电池。

半导体光电转换元件正如其名字所表示的那样，是一种把光能变为电能输出的有源器件。至于无源光电转换器件，通用的有硫化镉（CdS）元件。CdS是一种具有高的暗电阻，但其电导率却随光照量成正比增加的光电转换元件。它作为最普通的光电开关使用时，具有很高的灵敏度，但在弱光下其灵敏度却迅速地降低。因为它的响应时间长，为 $10\sim 100\text{ mS}$ ，所以不适宜对若明若暗的微光进行检测，以及在上升、下降时间太快的情况下应用。

CdS感光元件种类繁多。日本滨松光电公司生产的。金属管壳型产品是二种防潮式产品。

在CdS系列中有一种叫光延伸计的新颖产品，它是把电阻体和CdS光传感器制作在陶瓷片上，其电阻值随着光照射的延伸而改变。其结构如图1—5所示。

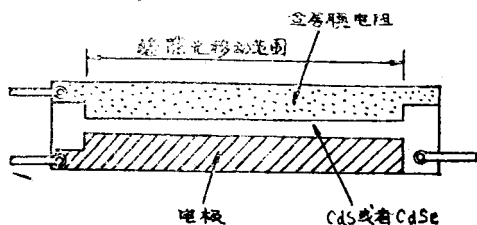


图1—5 光延伸计的结构

硒光电池是由固定在铁板上很薄的亚硒膜构成的。很早以来就用于曝光表、照度计。其转换效率虽然不如太阳能电池，但是因为它在低照度的可见光区灵敏度较高，并且价格低廉，所以至今仍广泛使用。

光开关是使来自发光二极管的光被光电晶体管接收。从而，当物体进入“C”字形开口区时，光被遮断，继电器工作，使接点接通。它用于测量在传送带上通过物体的数量以及传送带的转数、单位时间通过物体的数目的检测等。

这是检测一氧化碳、异丁烷、煤气的传感器。它是把加热器以及检测气体时电导会发生改变的氧化物烧结体按装在金属网内而成。烧结体的种类和加热器的温度随着检测气体而异。

还有一种识别色彩的传感器，把它叫作颜色传感器。它是由三层硅光电膜构成的。利用蓝光被表面吸收，红光被深处吸收的现象，使每种膜产生的光敏输出信号在外部再混合，以获得颜色输出信号。这可望得到广泛应用。例如色标

读出、染料和丝线的颜色辨别，彩色复印机的色彩调整及用于色温和光波长的测量等。在光传感器中，与激光相关的器件以及光通信器件等也是重要的。但是由于太专业化了，本书只好割爱了。

1.6 气体传感器

氧化锌 (ZnO)、二氧化锡 (SnO_2) 等氧化物烧结体在吸附气体时，则其电导率会发生改变。利用此性质，能够做成气体传感器。

因为 ZnO 等传感器温度愈高，检测灵敏度愈高。此外，其灵敏度受湿度和温度影响较大，所以通常利用恒流源驱动的加热器，一边对器件加热，一边测量。一般的产品是把加热器装在管壳内。因为 ZnO 对碳化氢气体和氢气的灵敏度高，所以可用来检测丙烷气的泄漏。在民用和工业上，气体

传感器应用得特别多，象气体报警器之类的产品垂手可得，而单个的传感器似乎却不易得到。这样的吸附型气体传感器适宜作报警器使用。因为它的电阻变化与气体浓度虽然成比例，可是其线性不太好。在检测氧的传感器中，利用“磁风”的方法颇为有趣，下面介绍一下。图1—6给出了其结构图。

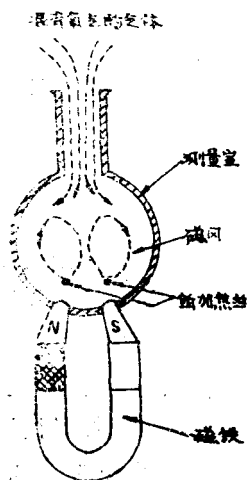


图1—6磁风式氧传感器

通常，气体对磁并不敏感，可是氧气却对磁敏感，并且可被磁铁吸引。但如果温度升高，那么它对磁性的敏感性会

剧减。磁风式传感器正是巧妙地利用了氧的这种性质。在图1—6中，当含有氧气的气体进入测量室时。仅氧气被磁铁吸引，因而集中于该室的底部。但在底部有白金加热丝，氧气被加热后迅速地失去磁性而上升。当氧气升到顶部时变凉，从而又恢复了磁性，因此再被吸回底部。象这样周而复始地重复，使得测量室内产生了循环风，把此风称为磁风。其循环风速度与氧气的浓度成比例。由于磁风的循环，使得加热丝的温度发生变化，从而导致电阻的改变，可以利用电桥检测此变化，从而达到检测氧气的目的。

1.7 声传感器

一提到声传感器，无论哪一个人的头脑中都会油然浮起微音器的形象。微音器是否应列入传感器范畴，这是有争议的。但我认为它应属于传感器之列。

在录音和广播设备中的微音器应该音域宽阔，而作为传感器使用的微音器只要在所要求的音域内灵敏就行了。其通带可用放大电路进行处理，只是这样会使电路复杂。

有一种频率很高以致于人的耳朵听不见的声波，我们把它叫做超声波。它是微音器作为传感器应用的主要舞台。

超声波容易形成聚焦的细波束，能量减小，因此，它与超声扬声器同时使用，可接收反射波，广泛地应用在感知物体的存在，检测物体的形状和软硬上。在日常生活中的应用有：电视和立体声的遥控、街道停车费征收器、汽车后向传感器。在工业上的应用有：金属探伤，鱼群搜索。在医疗上的应用是寻找生物体内组织的异常状态。在普通应用中，超声波使用的频率为40KHz，在要求分辨率特别高的医

用装置中，使用1~20MHz的高频超声波。此外，利用超声波还能测量液体的流量、风速。

其方法如图1—7所示，在有液体或气体流动的管道上，斜着按装发射和接收换能器，使两换能器交替工作，这时超声波在液体或者气体中传播的时间差与液体流速或风速成正比。这种利用脉冲波测量流量的方法，叫做时间差法。也可以利用连续波，根据相位差来测量流速。超声流量传感器主要应用在医疗事业中，如用于血管中血液流量的测量。这样的超声微音器和扬声器的振动膜、谐振器是利用钛酸钡、锆钛酸铅等陶瓷制作的。

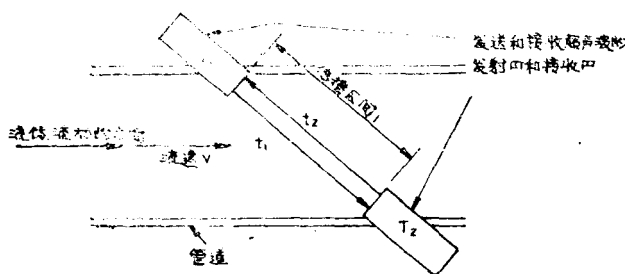


图1—7 时间差式超声流量计

图中，流速 $V \approx \frac{(\text{超声波速度})^2}{2L \cos \theta} (t_2 - t_1)$

最近，又研制出采用霍尔元件的超声传感器。

这是一种霍尔集成电路，利用集成电路技术为霍尔元件制作了放大电路，松下的产品有线性型和数字型两种。它以磁为媒介，可非接触地检测对磁敏感的金属之位置、转动、距离、重量和加速度等。

霍尔元件是一种磁传感器。它是利用流经半导体的电流由于受到磁场的作用而发生方向偏移，导致其电导改变的物理性质制作的。给霍尔器件按装上振动膜，并且浮置于磁场中，则可把超声信号变为电信号。

使用声传感器时，声波在空气中传播速度随着温度和气压改变，其中随温度变化最大。知道这一点是最重要的。在以声速作为主要敏感因素使用时，如果要求较高的精度，那么就应该进行温度补偿。

例如考查图 1—8 的装置。

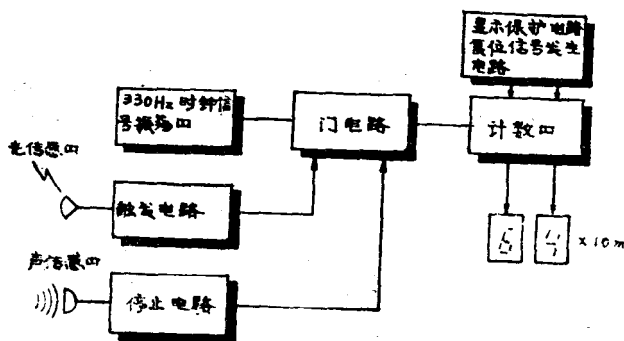


图1—8 测量至雷鸣处距离之原理图

图1—8是测量从测试点到雷鸣处距离的原理图。当闪电出现的时刻，门电路开启；当雷声到达的时刻，门电路关闭。设时钟信号的频率在数值上等于一个大气压下的声速，即为330赫兹，那么原则上，计数值本身就表示至雷鸣处的距离。

若忽略气压的影响，则声速可用下式表示，即