

MEMS压力传感器原理与应用

张林伟

宁波中车时代传感技术有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 随着经济的快速发展以及科学的进步,传感技术在各个领域上都有涉及,其中MEMS传感器与智能传感器作为传感方面的先进技术之一,近年来,结合了很多创新成果,尤其是仿生机器人、微型飞行器的问世,为人类的健康以及科技创新,提供了有效的信息支持,并受到了人们的广泛关注,国内外均有关于相关技术研究,应用于很多人们的生活领域中,为人们的生活带来的便捷,所以,未来发展趋势以及发展方向,更加新颖化、便捷化、精简化。

关键词: MEMS; 压力传感器; 原理应用

引言: MEMS是一种以集成电路制造技术为基础的高新技术,采用MEMS技术开发的压力传感器具有体积小、重量轻、响应快、灵敏度高、易于批量生产、成本低廉等优点,正逐渐替代传统的机械压力传感器。汽车电子系统的压力传感器包括共轨压力、机油压力、进气歧管压力、胎压等。MEMS机油压力传感器是一种非常重要的传感器,它的工作性能对车辆和人员的安全都有很大的影响。

1 MEMS 概述

MEMS压力传感器是一种薄膜元件,受到压力时变形。可以利用应变仪(压阻型感测)来测量这种形变,也可以通过电容感测两个面之间距离的变化来加以测量。这两种方法都很流行,轮胎压力监测系统使用比较结实的压阻方法^[1]。

2 MEMS 传感器的发展现状

近年来,各国的传感器研究者都致力于发明体积更小、技术更精细的MEMS传感器,直到1987年,美国某组科技人员针对MEMS传感器创造出了一种只有5g物质的有效检测,真正做到小体积、高效能,MEMS传感器的研究就此进入更偏向于精细化的时代;日本作为科技水平领先的国家之一,在MEMS传感器的创新方面,加入了对其集成化以及多轴化的效能提升,目前已经实现了利用单个传感器实现多效能、多方位的传播,近年来,新型MEMS传感器已经进入大规模生产,为人们带来更便捷生活的同时,也为MEMS传感器的进一步发展奠定了基础。

3 压力传感器的工作原理

压力传感器就是指,使用MEMS技术,在多晶硅材料的弹性膜片上光刻出惠斯通电桥电路,在传感器弹性膜片背部施加一定压力,使半导体弹性膜片发生形变,进而获得压电阻抗效果,促进这种阻抗变化成电信号,进

而测量物理量的传感器装置,压力传感器的核心模块主要包括两部分,其一是信号处理模块,其二是压力敏感模块,根据其测试压力类型的不同,压力传感器还可划分为多种类别,比如差压传感器、表压传感器以及绝压传感器等。

4 MEMS 的应用

4.1 应用于汽车行业

MEMS压力传感器在汽车中的一个新应用是传动系统压力感测,通常用于自动装置之中,但也用于新型双离合传动系统。德国厂商推出了一款MEMS解决方案,使用油来保护硅薄膜,使其可以最高耐受70巴的压力。博世几年前也曾为MEMS压力传感器带来巨大变化,当时使用的是多孔硅,带来了高度可靠的MEMS器件,这些器件已用于目前的侧面气囊等应用之中^[2]。

4.2 应用于医疗市场

压力传感器主要充当外科手术使用的一次性低成本导管。但它们也用于昂贵的设备之中,在连续气道正压通气(CPAC)机中感测压力与差流。

4.3 应用于工业领域

MEMS压力传感器的主要应用包括采暖通风及空调(HVAC)、水平面测量、各种工业过程与控制应用。例如,除了精确的高度气压测量,飞机使用传感器监测引擎、襟翼等其它部件。

5 压力传感器的仿真模型构建分析

对压力传感器进行特性仿真时,首先应仿真方形多晶硅弹性膜片应力分布,可以利用一些专业仿真平台来实施操作,设定方形多晶硅弹性膜片的边长参数约为1000.0 μm ,后续参数约为30.0 μm ,对材料属性做定义,确定施加荷载并进行网格划分,方形硅膜应力仿真的杨氏模量为1.47E+11pa,密度控制在2330kg/m³,泊松比为0.35,热膨胀系数为1.2E-05C-1。再进一步获取100.0kpa

压力条件下, 方形多晶硅弹性膜片仿真时的等效力分布情况。通过对方形多晶硅弹性膜片的纵向及横向压力分析可知, 其外加应力作用下, 在不同压力分布区域中膜上距离也不相同, 这是为了方便确定压力传感器压敏电阻的具体位置范围^[3]。

6 压力传感器单片机集成的芯片版图设计以及制作

6.1 芯片版图设计

在开展芯片版图设计时, 详细了解压力传感器的运行原理, 基于上述分析的压力传感器仿真分析可知, 采用第二种仿真设计方案, 其压力传感器的压力灵敏度会较高, 不过对于方形多晶硅弹性膜片来说, 其电阻R1与R3与中心的位置距离过近, 因此开展铝引线布线的设计难度较高, 故而选择具体设计方案时没有采用第二种, 确定为第一种设计。在传感器中应用的芯片, 将以芯片结构左下角标记为正方向, 设计芯片为矩形, 其边长值为3100.0 μm (长宽相等), 硅膜同样为矩形, 边长值为1000.0 μm (长宽相等), 设计芯片上制作4个压敏电阻, 铝引线的实际宽度值为16.0 μm , 其中两个压敏电阻设计在方形硅膜内侧位置, 另两侧则是设计在边缘外侧位置, 宽长之比为3:1, 芯片上制作8个基极电阻, 每4个划分为一组, 共具有两组基极电阻, 一组设计在右下角, 一组设计在左下角, 基极还要与外界相连接, 通过铝丝键合技术来实现。

6.2 传感器制作及芯片封装

基于上述芯片的版图设计, 采用MEMS技术以及CMOS工艺进行传感器制作。具体的制作流程为: 先是对多晶硅片加以清洗, 主要用到RCA, 再开展第一次氧化工作, 用到高温氧化炉设备, 将多晶硅圆衬底上利用热生长法来生长出双面二氧化硅层, 其厚度约为400nm, 随后进行七次光刻工作, 首次光刻在隔离区窗口位置, 将其上层二氧化硅去除后使用高温氧化铝做氧化处理; 第二次光刻主要是在压敏电阻窗口和集电极负载电阻窗口处, 主要是在窗口处采用离子注入方式来注入P离子, 让其形成电阻掺杂区域; 第三次光刻会形成集电区窗口, 同样注入P离子, 出现n+型的集电区域, 第四次光刻则是注入B离子, 让其形成基区窗口, 出现p+型基区; 第五次光刻要形成发射区窗口, 注入离子为P离子, 出现n+型的发射区域, 同时还要运用ICP刻蚀技术促进U型硅杯的形成, 将其下表面的二氧化硅除去, 重新生长二氧化硅层; 第六次光刻则主要是将引线孔刻蚀出来; 第七次光刻则是对上表面进行反刻, 形成Al金属引线^[4]。

7 MEMS技术的压力传感器单片机集成化

7.1 压力传感器静态特性标定系统

对压力传感器静态特性的测定, 其标定系统主要是采用高精度全自动压力变送器测试系统, 本次试验采用的是润宇公司自主开发具有软件著作权的工业装备压力变送器测试系统V1.0, 同时还会使用对应的贝尔高低温试验箱装置, 搭建出的测试系统具有良好应用效果, 测试系统的主要结构包括了计算机、WIKA压力控制器装置, 普源恒压源、安捷伦示波器以及氮气瓶等等。在具体实施测试时的操作为: 在高低温测试下中放入底座完整封装好的压力传感器, 同时使用气管将压力变送器测试系统和压力传感器封装底座进行连接, 进一步完成检测压力传感器的工作^[1]。

7.2 封装集成化压力传感器静态特性

封装集成化压力传感器就是指, 将具有U型硅杯方形多晶硅弹性膜片的压力传感器封装到一个PCB板上进行集成处理, 再进行静态特性研究, 为单片集成化研究提供条件。测试压敏特性, 在室温的条件下, 保持电压运行范围在0.5V到5.0V之间, 其步长参数为0.5V, 差压工作的范围控制在0-100.0kPa, 步长参数为10.0kPa, 开展压力传感器压敏特性测试工作。通过测试可以发现, 特性输入输出曲线具有重复性特点, 当电压保持恒定时, 传感器压力灵敏度会随着外部压力的增大而增加。当电压为最大值5.0V时, 其压力灵敏度也会达到最大值, 而迟滞以及重复性的参数均为0.04%F.S., 线性度的误差参数为0.60%F.S.。本次研究的压力传感器具有两个pad点, 其开口处于左上方位^[2]。压力范围处于0-100.0kPa压力条件下, 输出电压在x与y方向上都为呈现出上升趋势, 具有线性规律, 不过相较于y方向上的输出电压值, x方向上的值偏小。最后是测试温度特性, 本次开展压力传感器的温度测试工作, 主要是运用到高低温试验箱设备, 在测试时绘制出压力传感器温度特性的相关曲线, 可以发现, 压力传感器受到温度的影响较大, 其主要表现出负温度系数, 测试发现该系数值约为-2083.3ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 。

7.3 单片机集成化压力传感器静态特性

单片机集成化压力传感器, 就是指将U型硅杯方形硅膜压力传感器在一个芯片上做集成处理, 从而进一步研究压力传感器的静态特性。测试压敏特性, 保持室温环境条件, 电压为5.0V, 实际差压变化的范围为0-100.0kPa, 对应的步长值为20.0kPa, 有效开展压力特性测试工作, 根据其特性变化来看, 当电压值保持恒定时, 对集成的芯片施加一定压力, 会发现压力灵敏变化, 为了尽可能促进压力传感器在单片集成制作中实现工艺上的兼容, 选择的压敏电阻构件为n型扩散类电阻, 特点是压阻系数偏低, 因而压力灵敏度也是偏低的^[3]。

8 传感器的发展趋势

8.1 低耗能

目前,科技不断进步,传感器的应用范围越来越广泛,国内外针对传感器的发明从未停止,但是传感器是一种耗电的应用技术,电量的转化必定由非电量因素提供,因此,传感器是完全依赖电量运作的,但如果使用者在野外或者离电网较远的地方使用传感器,通常是使用太阳能或结束传感器的使用,这对人们的日常使用造成了困扰,因此传感器的耗电问题是未来发展的主要探究问题之一^[3]。

8.2 小型化

便捷成为了人们对随身携带的装备要求,随着科技的不断发展,各种设备上的元件已经逐渐小型化,传感器的研究也正在向小型化发展,因此,需要对传感器的材料、制作工艺等方面做出一定的调整,加强针对小型化的研究。

8.3 高精度

随着经济的发展和技术的提高,工厂、图书馆、医院等场所,都已经加入自动化设备,尤其是国内外很多工厂的流水间,其自动化水平已经进入较高水平,因此,相关研究技术人员应针对自动化的需求,加强对传感器精准度、灵敏的装置提升,为自动化提供有力的装置基础,这在一定程度上提高了生产自动化的水平^[4]。

结语

MEMS传感器和智能传感器的发展速度是有目共睹的,但是随之也会增加越来越多的挑战,无论是传感器的装置性能,还是对人类的安全系数操作,都是值得相关技术人员所考虑的,在未来的科技化时代,传感器必定成为人们生活中不可或缺的一部分,随着市场的需求变化,传感器也必定向着精准、高效、低能、便捷的方向发展,而这势必会为新型传感器带来更广阔的发展空间。

参考文献

- [1]赵正平.MEMS智能传感器技术的新进展(续)[J].微纳电子技术,2019(2):85-94
- [2]韩允.MEMS传感器的发展概况[J].电子产品世界,2019(1):4-8.
- [3]霍大云,赵介军,过峰.基于物联网智能家居对MEMS传感器可靠性技术现状及发展方向的探究[J].物联网技术,2018(3):37-39.
- [4]汪超,段红军,李开明,等.基于自主芯片的车用MEMS压力传感器[Z].上海文襄汽车传感器有限公司.2020.
- [5]滕飞,孙海鑫,顾常飞,等.面向物联网应用的MEMS技术压力传感器[Z].江苏奥力威传感高科股份有限公司.2018.