

硅压阻式轮胎气压传感器电路设计

刘文光

(青岛理工大学 汽车与交通学院, 山东 青岛 266033)

摘要:分析硅压阻式压力传感器工作原理并比较电流源和电压源供电方式下温度变化时的测量效果,指出电流源供电电路所测结果不受温度变化的影响,可保证检测结果的真实性。硅压阻式压力传感器前置放大电路采用同相并联差动放大及级联对称全耗尽 CMOS 运放,具有较高增益和共模抑制比、低功耗及可在高温环境下稳定工作的特点。采用硅压阻式压力传感器可以满足轮胎气压检测的要求。

关键词:硅压阻式压力传感器;电压源;电流源;放大器;轮胎气压

中图分类号:TQ330.4⁺92;TP212.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2006)05-0299-03

汽车轮胎气压传感器是轮胎气压实时检测的关键设备,要求精度高、成本低、尺寸小且工作可靠。硅压阻式压力传感器是利用单晶硅压阻效应制成的器件,采用先进的半导体电子技术微细加工,经激光微调,电桥零位输出电压小于±1 mV,输出灵敏度一致且具有互换性,电路设计及调整更方便。传感器元件一般是具有一定形状的应变元件,受压力作用时,电阻发生变化,从而引起输出电压变化。硅压阻式压力传感器的特点是灵敏度高、测量范围宽、频率响应好、易于微型化、工作可靠和寿命长。由于硅压阻式压力传感器能满足轮胎气压检测对传感器的要求,因此可用作轮胎气压传感器。本文介绍硅压阻式压力传感器电路设计。

1 工作原理及电源选择

硅压阻式压力传感器基本结构如图 1 所示,其工作原理是将气体压力作用在硅膜上的应力分布转换为硅片上选择性扩散制成的应变区内电阻的变化。设半径为 a 的圆形薄硅膜片上作用均匀压力(F),则硅膜中产生的径向应力(σ_r)和切向应力(σ_τ)分别为^[1]:

$$\sigma_r = [(1 + \mu)a^2 - (3 + \mu)r^2] \quad (1)$$

$$\sigma_\tau = A[(1 + \mu)a^2 - (1 + 3\mu)r^2] \quad (2)$$

$$A = \frac{3F}{8h^2}$$

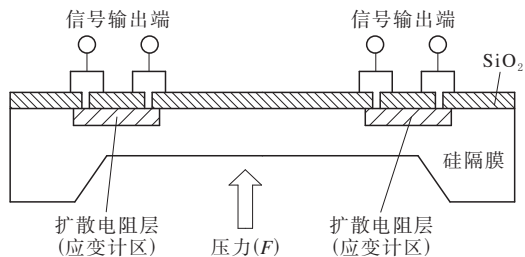


图 1 硅压阻式压力传感器基本结构

式中, μ 为泊松比, r 为离圆心的径向距离, h 为硅膜厚度。

膜片内任一点的径向和切向应变分别为:

$$\epsilon_r = \frac{A}{E}(1 - \mu^2)(a^2 - 3r^2) \quad (3)$$

$$\epsilon_\tau = \frac{A}{E}(1 - \mu^2)(a^2 - r^2) \quad (4)$$

式中, E 为材料的弹性模量。

因膜片内应力不能超过许用应力 $[\sigma_b]$,因此膜片厚度应为

$$h = \sqrt{\frac{3Fa^2}{4[\sigma_b]}} \quad (5)$$

在硅膜片上存在正负两个应力区,可以设计成压阻全桥,如图 2 所示。阻值均为 R 时,应变区内沿径向和切向布置的电阻相对变化关系为

$$\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_r = -\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_\tau \quad (6)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = K\epsilon \quad (7)$$

式中, K 为校正率, ϵ 为应变变量。

采用恒压源供电的压阻全桥结构如图 3 所

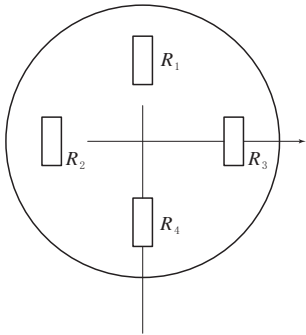


图2 压阻全桥结构示意图

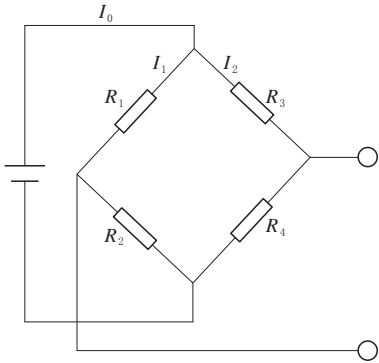


图3 恒压源供电的压阻全桥结构

示。受压力作用时,其中两个桥臂增大的电阻值为 ΔR ,而另外两个桥臂电阻值则减小 ΔR ,若由于温度变化,引起每个电阻阻值的变化为 ΔR_T ,则电桥的输出电压^[2]为

$$U = \frac{E\Delta R}{R + \Delta R_T} \quad (8)$$

式中, E 为恒压源电压。由公式(8)可知,电桥输出电压 U 的大小会受温度影响。在车辆行驶过程中,轮胎温度变化较大,因此采用恒压源供电会产生很大测量误差。

采用恒流源为传感器压阻全桥供电的结构如图4所示,则有以下关系:

$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (9)$$

$$I_1(R_1 + R_2) = I_2(R_3 + R_4) \quad (10)$$

由式(9)和(10)可得:

$$I_1 = \frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} I_0 \quad (11)$$

$$I_2 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} I_0 \quad (12)$$

输出电压为

$$U = \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} I_0 \quad (13)$$

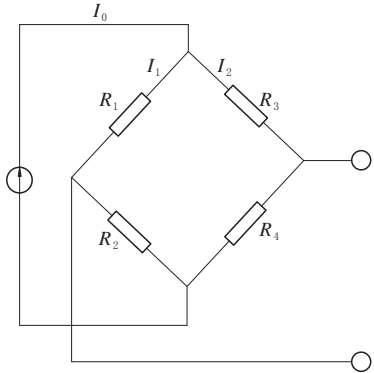


图4 恒流源供电的压阻全桥结构

设 R_1, R_2, R_3 和 R_4 的阻值均为 R 。无压力时 U 为零;受压力作用时,因 R_1 和 R_4 有负增量,则输出电压为

$$U = \Delta R I_0 \quad (14)$$

由公式(14)可以看出,采用恒流源供电时,输出电压与压敏电阻增量及恒流源电流成正比,不受温度影响,传感器的测量精度仅受恒流源影响。因此设计的硅压阻式压力传感器采用恒流源供电,但由于制造工艺和温度影响,电桥仍然存在零点输出、热零点漂移、热灵敏度漂移和非线性等问题,影响传感器的精度,需要采取其它措施减小并补偿这些因素带来的误差,以提高传感器精度。

2 传感器电路设计

硅压阻式压力传感器由恒流源和前置放大器两部分组成,电路原理如图5所示。其输出电压为

$$U = -\frac{R_9}{R_{10}} \left(1 + \frac{2R_{12}}{R_{11}}\right) (U_1 - U_2) \quad (15)$$

在恒流源中通过调节 R_5 和 R_8 的比例可设定基准电压,调节 R_7 可调节供电电流,电流大小为

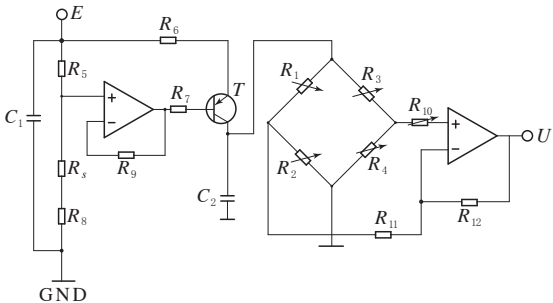


图5 硅压阻式压力传感器的电路原理

$$I = \frac{ER_8}{R_7(R_5 + R_8)} \quad (16)$$

硅压阻式压力传感器前置放大电路采用同相并联差动放大。前置放大器第1级是有深度电压串联负反馈的电路,输入电阻很高;采用相同特性的运放并联,共模输出电压和漂移也相同,组成的差分式电路可以互相抵消漂移,使整个电路有很强的共模抑制能力和较小的输出电压漂移,同时具有较高的差模电压增益。由于采用级联对称全耗尽 CMOS 运放,可抑制高温条件下器件泄漏电流,有效降低功耗。全耗尽 CMOS 器件高温环境下阈值电压变化小,改善了器件的退化特性,可使电路在高温下正常稳定地工作。

3 结语

在汽车轮胎气压传感器设计中采用硅压阻式压力传感器,并选用恒流源供电,前置放大电路采用同相并联差动放大,并采用级联对称全耗尽 CMOS 运放,可减小测量的电压漂移、提高差模电压增益和共模抑制比,同时还可降低功耗和改善器件的退化特性。

参考文献:

- [1] 刘迎春. 传感器原理设计与应用[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1989. 243.
- [2] 王雪文,张志勇. 传感器原理及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004. 346.

收稿日期:2005-12-07

三角集团大型宽基工程机械 子午线轮胎通过技术鉴定

中图分类号:TQ336.1;U463.341+.5 文献标识码:D

2006年4月7日,中国石油和化学工业协会、中国橡胶工业协会在威海市主持召开了三角集团大型宽基工程机械子午线轮胎生产技术开发项目成果鉴定会,鉴定委员会专家对三角集团研发的以26.5R25,29.5R25和29.5R29为代表规格的大型宽基工程机械子午线轮胎生产技术文件进行了审核,听取了研发单位报告,并考察了生产现场,最后通过了该项目的鉴定。

该项目在轮胎结构设计、配方设计、工艺设计等方面具有重大创新,产品填补了国内空白,总体达到国际先进水平。该项目已形成年产10万条的产业化规模,产品主要用于出口,为卡特比勒、约翰·迪尔和沃尔沃等世界知名企业产品配套。产品经使用部门路试,寿命达3000h以上,各项性能均达到国外同类产品的先进水平。

大型三段多鼓缠绕式成型机组为世界首创,成型效率很高,班产达30条以上;大型内衬层压延机、大型帘布裁断机和硫化机等均有很高的技术难度和创新性,这些设备为工程机械子午线轮胎的产业化奠定了良好的基础。该项目将于2007年达到年产20万条的规模,为我国工程机械轮胎的子午化创造了生产条件,具有显著的经济效益和社会效益。

(北京橡胶工业研究设计院 陈志宏供稿)

库珀与成山建合资公司

中图分类号:TQ336.1 文献标识码:D

英国《欧洲橡胶杂志》2006年188卷1期6页报道:

美国库珀轮胎和橡胶公司将投资7000万美元与中国山东成山轮胎股份有限公司成立两家合资公司,分别为库珀成山(山东)轿车轮胎有限公司和库珀成山(山东)载重轮胎有限公司。库珀将拥有这两家合资公司51%的股份,同时还将拥有成山厂附近一家钢丝帘线厂25%的股份。

合资协议已于2005年12月底获中国政府有关当局批准。

位于荣成市的成山公司是中国第3大轮胎生产商,年销售额为5亿美元,产品包括半钢子午线轮胎、全钢子午线轮胎和载重斜交轮胎。

库珀公司说,与成山公司合资是库珀亚洲战略中的又一个重要步骤。成山公司是一家盈利的优秀公司,在世界各地,特别是中国销售许可轮胎,而库珀计划未来在中国市场占有重大的份额。

这次合资是库珀在中国的第3次建立合资生产厂的活动。它已经找到了与杭州中策橡胶有限公司合作生产半钢和全钢子午线轮胎的突破口;同时投资2亿美元与台湾建大橡胶工业有限公司组建了两家公司各自拥有50%股份的合资厂,该厂预定于今年投产。

(涂学忠摘译)