

优化紧凑型力传感器设计以提高性能

作者：Hai Mei，现场应用工程高级经理

自动化已成为我们的日常职能中越发重要的一部分。这种趋势不仅提高了传感器内容处理要求，而且还要求传感器可以提供更高的性能、更紧凑的尺寸和满足量产需求的最优化设计。

测力感知

测力因素是过程控制和过程监控中最重要的基本参数之一。力传感器（也称作称重传感器）将力转换为未经放大的毫伏信号、放大的模拟电压、电流信号或数字输出信号。

力传感器的应用非常广泛。它们的应用，包括但不限于：

- 在输液泵中，两个力传感器检测由药液压力产生的力，并将差分信号与药液的流速相关联。
- 胰岛素泵中的力传感器通过感应注射器柱塞上的力过载来检测堵塞，并通过基于时间的柱塞力程序控制启动操作。
- 许多力传感器用于工业和医疗机器人，以精确控制关节扭矩以及工具上的触力。
- 力传感器也用于医院病床，为患者称重。
- 矫形器械也利用钻头等设备中的力传感器来监测扭矩或力。
- 运动自行车等运动设备将力传感器集成到主轴中，以测量能量。
- 微波炉等家用电器将力传感器用于各种烹饪功能的定时控制。



矫形钻



运动自行车



医用输液泵



胰岛素泵



工业和医疗机器人



病床

力传感器最基本的特性是灵敏度、稳定性、可重复性和精度。此外，力传感器还应能够在正常使用和操作过程中承受高过载（包括意外跌落和其他不可预见的压力）而不会损坏，这是很重要的。除了仅以传感器精度、稳定性和可重复性为主要因素的计量应用外，设备制造商和消费级市场中的大多数应用都需要考虑力传感器功能的执行与生产成本的平衡以及扩展到批量生产阈值的能力。

FX29 力传感器

图1所示为 TE Connectivity (TE) 的 FX29 按钮压缩式力传感器，它是兼具高性能和卓越价值的典范，同时设计尺寸非常紧凑。

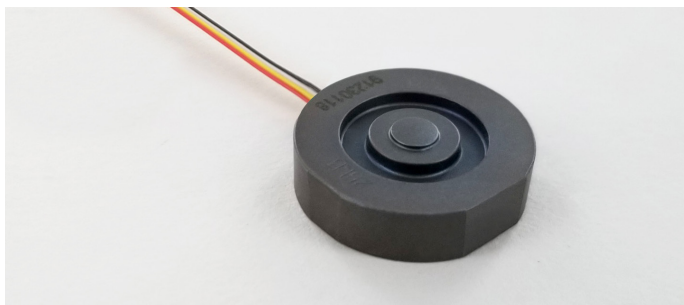


图1. FX29 力传感器 (直径 19.7MM X 高 5.5MM)

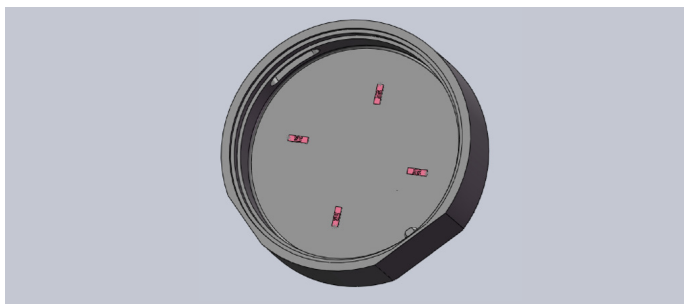


图2. 带有应变片的 FX29 力传感器

核心传感元件是一个半导体微机械硅压阻式应变片。每个力传感器有四个精心排布的 MEMS 裸芯片，如图2所示。这些应变片根据密切匹配的热 / 电工作特性配对，形成一个惠斯通电桥，其中两个应变片测量张力，另外两个应变片测量压缩力，应变片所依附的基板可在受到外界力或扭矩作用时变形。电桥产生的差分电压输出信号与外界施加在 FX29 基板上的力的大小成正比。

与许多制造商使用的粘结箔应变片 (BFSG) 技术相比，半导体应变片具有 75 倍的灵敏度，因此可支持更硬的负载受力结构和更小的应力等级，但仍可产生 10 倍的信号输出。

75 倍
灵敏度

10 倍
输出

如图 3 所示，当外界施加较大的力时（通常导致传感器基板 0.02mm 甚至更小的形变），FX29 力传感器不会由于反复的受力循环而导致疲劳失效。基板的高强度设计对于外界的机械冲击或者振动具有较好的免疫性。力传感器的过载能力通常是标称值的 2.5 倍，而 BSFG 传感器则只有 1.5 倍。其它设计和生产的关键要素（譬如密闭外壳设计、自动化线生产）均证实了 FX29 力传感器经过精心设计，可实现更优测力性能。

MEMS 应变片（图 4）使用玻璃这种无机材料通过微熔技术的高温工艺与不锈钢基板相粘合。一般来说，BFSG 力传感器采用的粘合材料为有机材料，而这种材料往往会成为导致传感器长时间使用出现参数漂移的重要因素，而且，有机材料最终会被淘汰。此外，微熔技术的工艺可减轻机械零件中的残余应力，从而确保传感器的长期稳定性。

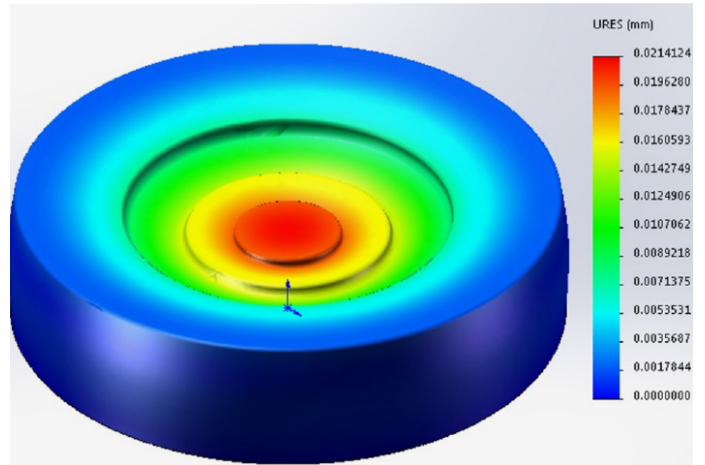


图 3. FX29 力传感器受力点的全量程形变度分析

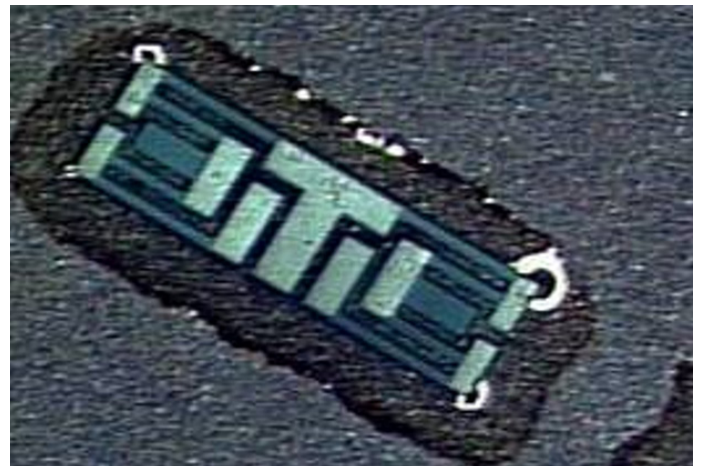


图 4. 基于微熔技术的应变片

微熔技术的制造工艺已经过微调，以保证数百万数量级的批量生产。事实上，大多数汽车防抱死制动系统 (ABS) 使用的压力传感器都是采用这种技术制造的；因此，它的可靠性和性价比是显而易见的。

FX29 力传感器主体是采用金属注塑成型和冲压技术制成的两件式结构，专为大批量、低成本生产而设计。此外，一体多信号输出（图 5）是 FX29 力传感器的另一个特性。标准产品在一个紧凑型封装中可以提供未经放大的 mV/V 信号、放大的模拟电压输出以及数字 I²C 输出，其中后者不需要加外围放大电路，客户可以直接连接至 MCU。

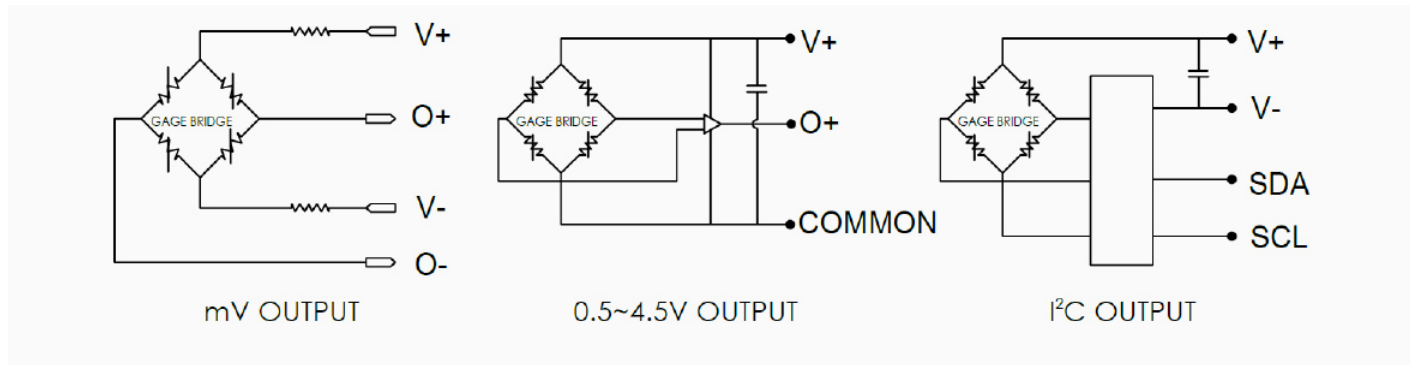


图 5. 输出原理图

总结

总而言之，FX29 紧凑型力传感器具有极高的长期稳定性和卓越的性价比，由成熟的批量生产技术提供支持，广泛适用于各类力觉感知应用。

关于 TE CONNECTIVITY

TE Connectivity (TE) 总部位于瑞士，是全球连接和传感领域技术与制造的领先企业。TE 年销售额达 140 亿美元，致力于创造一个更安全、可持续、高效和互连的未来。75 余年以来，TE 的连接和传感解决方案经受严苛环境的验证，持续推动着交通、工业应用、医疗技术、能源、数据通信和家居的发展。TE 在全球拥有约 80,000 名员工，其中 8,000 多名为工程师，合作的客户遍及全球近 140 个国家。TE 相信“无限连动，尽在其中”。

关于作者

Hai Mei 来自波士顿地区，现任 TE Connectivity 传感器解决方案方面的高级应用工程经理。Hai 在仪器仪表行业拥有 30 年的工作经验，曾在产品设计和应用工程，战略采购和供应商开发等领域任职。Hai 拥有 7 项美国专利，并开发了多种压力和力传感产品。Hai 拥有罗德岛大学机械工程硕士学位和上海交通大学工程力学学士学位。

北美	欧洲	亚洲
Measurement Specialties, Inc. 为 TE Connectivity 旗下公司 电话：+1 800 522 6752 邮箱：customer-care.frmt@te.com	Measurement Specialties (Europe), Ltd., 为 TE Connectivity 旗下公司 电话：+31 73 624 6999 邮箱：customer-care.dtmd@te.com	精量电子（深圳）有限公司 为 TE Connectivity 旗下公司 电话：+86 400 820 6015 邮箱：customer-care.shzn@te.com

te.com/sensorsolutions

Microfused、TE Connectivity、TE Connectivity（徽标）和“无限连动，尽在其中”均为商标。此处提及的所有其他徽标、产品和/或公司名称是其各自所有者的商标。

本文信息，包括为说明产品目的而使用的图纸、插图和图表，据信为准确的信息。但是，TE Connectivity (TE) 不对本信息的准确性、完整性或最新性作出任何保证，且不对该信息的使用承担任何责任。TE 的义务只在该产品的 TE 的标准销售条款和条件中规定，且在任何情况下，TE 均不对产品销售、转售、使用或误用造成的偶然的、间接性的或结果性的损失承担赔偿责任。TE 产品的使用者应自行评估确定每种产品是否适用于特定用途。TE 有权对本文中提及的信息进行调整，本文中的尺寸、参数如有变更，恕不另行通知。若要了解最新尺寸和设计规格，请咨询 TE。

©2019 TE Connectivity 保留所有权利。

2019 年 7 月