第 6.5 代车载用压力传感器

6.5th-Generation Automotive Pressure Sensors

鹈泽　良平 UZAWA, Ryohei　　西川　睦雄 NISHIKAWA, Mutsuo　　田中　贵英 TANAKA, Takahide

现在，人们强烈要求汽车能降低对环境的压力。引擎高效化和尾气净化的控制系统中不可缺少的车载用压力传感器，被要求具备高温运行性能、耐腐蚀性、耐带电性以及实现小型化等。为满足这些要求，富士电机开发了第 6.5 代车载用压力传感器。以第 6 代产品为基础，增加了对尾气、气化燃料的耐腐蚀性能和耐带电性能，提升了传感器精度的可靠性，并实现了小型化。此外，通过优化温度特性，实现了 150℃下的运行保证，并追加了分离诊断电压区和一般的输出电压范围，防止误检测的钳位功能。

There is increasing demand for reducing the environmental load of automobiles. Automotive pressure sensors, which are indispensable for control systems for high efficient engines and cleaner exhaust gas, are required to achieve high-temperature operation, corrosion resistance, electrification resistance, and miniaturization. In order to meet these demands, the 6.5th-generation automotive pressure sensors have been developed. They inherit from the 6th-generation series while providing several enhancements, such as improved electrification resistance and corrosion resistance to exhaust gas and vaporized fuel, as well as a smaller size and improved reliability of sensor accuracy. They optimize temperature characteristic to guarantee operation at 150°C and add a clamp function to prevent erroneous detection by separating the diagnostic voltage range from the normal output voltage range.

1　引言

现在，人们不仅要求汽车能提升安全性和舒适性，对大气污染物质的尾气管制、CO_2 的排放管制等降低环境压力的需求也日益强烈。为满足这些管制的要求，面向混合动气汽车、电动汽车、燃料电池汽车等电动车辆的控制系统的开发工作不断加快。另一方面，对于汽油引擎车、柴油引擎车，通过精密控制空气与燃料的混合比来改善油耗，以及通过燃烧后气体的再循环，减少大气污染物质的排放量、净化尾气的技术也在加快普及。压力传感器是引擎高效化和尾气净化等引擎控制中不可缺少的器件之一，其重要性逐年增加。

1984 年，富士电机即开始量产车载用压力传感器。从那以后，针对耐受严苛使用环境的可靠性、提升检测精度的要求，富士电机通过提案高可靠性技术、电路技术和高度的 EMS（Micro Electro Mechanical Systems）技术，使产品被日本国内外的汽车广泛采用。从 2010 年开始，凭借 CMOS（Complementary Metal-Oxide-Semiconductor）工艺，开始量产数字修整型第 6 代车载用压力传感器。[1]

本文将对以传统的第 6 代车载用压力传感器为基础，继承了“All in one chip”的基本理念，附带了耐腐蚀性能和耐带电性能，保证了 150℃条件下的运行，同时还实现了传感器单元尺寸小型化的第 6.5 代车载用压力传感器进行介绍。

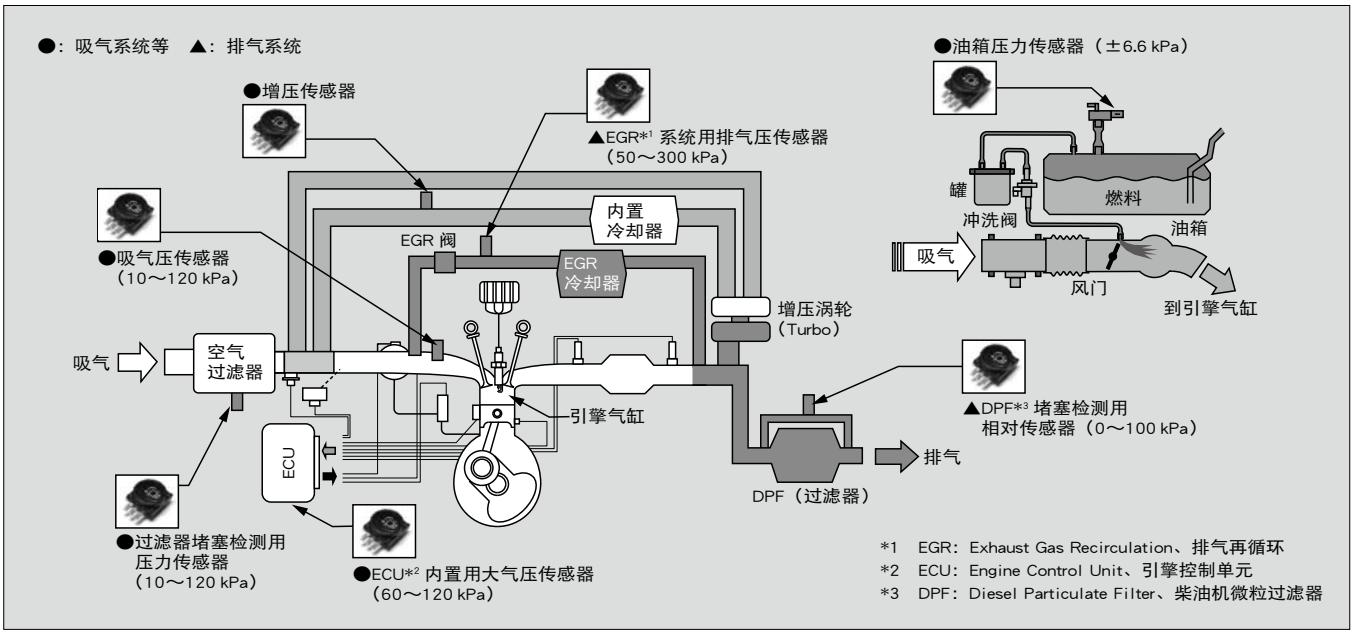

图 1　车载用压力传感器的使用例

2 压力传感器的概要

2.1 车载用压力传感器的使用例

图 1 中展示了车载用压力传感器的使用例。为改善汽车油耗，几乎所有的燃料喷射系统都采用电子控制方式。该电子控制式燃料喷射系统中使用测量吸气压的 MAP（Manifold Absolute Pressure）传感器或附带温度检测功能的 TMAP（Temperature Manifold Absolute Pressure）传感器。此外，防止汽车在高地上行驶时油耗恶化的高地校正用大气压传感器、检测吸气系统空气过滤盒堵塞的压力传感器、尾气再利用系统 EGR（Exhaust Gas Recirculation）系统用排气压传感器、搭载于涡轮引擎中的增压检测用传感器等，压力传感器被广泛用于改善油耗、抑制大气污染物质排放的引擎系统控制中。

另外，还有 DPF（Diesel Particulate Filter）堵塞检测用的压力传感器，它是为应对日本 2016 年尾气管制的强化和欧洲 2014 年以 Euro6 为代表的尾气管制的强化而推出的产品。

除上述以外，作为应对安全面管制的产品，还有欧美的油箱漏油检测用油箱压传感器（FTPS：Fuel Tank Pressure Sensor）等。

此外，空调冷媒压控制用、电动汽车热泵压力控制用、变速器等油压控制用等用途方面，压力传感器的需求也在不断增加。如上所述，汽车中使用的压力传感器的用途和需求正在急速扩大。

2.2 车载用压力传感器的搭载环境

过去，吸气压传感器和增压传感器的测定媒介（对象）以大气为主。但如前述所示，压力传感器的用途正在扩大，现在，测定媒介中有混入了尾气以及汽油和轻油等气化燃料等条件苛刻的对象。因此，要求压力传感器具备对这些测定媒介的耐腐蚀性和对带电荷的气化燃料的耐带电性。

此外，为了增加车内空间以改善油耗、提升舒适性，引擎室的小型化和高安装密度化不断推进。与此相伴，压力传感器的搭载环境高温化，同时会暴露在各种电子设备产生的电磁干扰中。因此，要求运行保证温度的高温化和 EMC（Electromagnetic Compatibility：电磁兼容性）的强化。

3 第 6.5 代车载用压力传感器的特点

3.1 产品概要

图 2 中展示了新开发的第 6.5 代车载用压力传感器和传统产品第 6 代车载用压力传感器的外观，**表 1** 中展示了第 6.5 代车载用压力传感器的规格。

第 6.5 代车载用压力传感器增加了耐腐蚀性能和耐带电性能，高温运行保证温度从传统产品的 125 ℃提高到了 150 ℃。而为了检测故障，追加了钳位功能，来分离线束断线检测区（诊断电压区）和一般使用区。传感器单元的尺寸相比第 6 代车载用压力传感器，体积缩小了约 48%，实现了小型化。

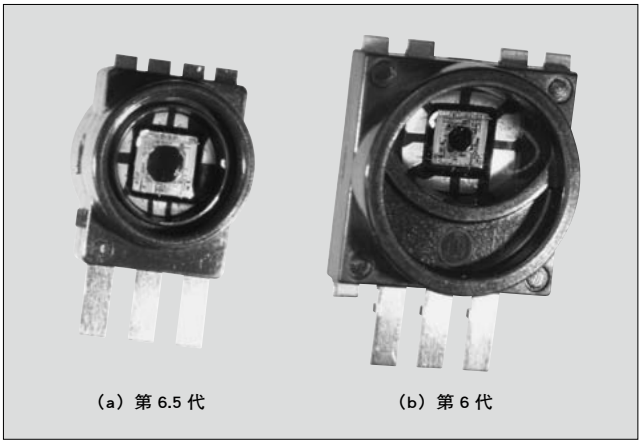

图 2　车载用压力传感器

表 1　第 6.5 代车载用压力传感器的规格

项目		规格
产品尺寸（树脂部）		W7.5×H10×D5.6（mm）
使用温度范围		−40～+150 ℃
使用压力范围（进气压传感器）		20～120 kPa
额定压力		压力范围 ×3 倍
电源电压		5±0.25 V
输出电压（电源电压 5 V 时）		0.5～4.5 V
灌电流和拉电流能力		灌电流 1 mA，拉电流 0.1 mA
钳位功能		钳位电压 0.3 V/4.7 V（typ.）
耐腐蚀性能		符合 JASO M 611-92/B 法（汽油、柴油成分）
ESD（外部接口端子）		
	MM（0 Ω，200 pF）	±1 kV 以上
	HBM（1.5 Ω，100 pF）	±8 kV 以上
过渡电压浪涌		ISO 7637（2011）标准 Pulse1，2，3a，3b 满足 LEVEL-Ⅲ
脉冲		±1 kV 以上
闩锁效应（电流注入法）		±500 mA 以上
EMS（G-TEM）（100 V/m）		变动：1%FS 以下
过电压（Vcc～GND 间）		16.5 V（max.）
逆接（Vcc～GND 间）		0.3 A（max.）

3.2 耐腐蚀性能

图 3 中展示了压力传感器中的传感器单元的截面结构。凭借可传递压力的凝胶状保护材料，可保护传感器芯片、引线免受煤烟等外来异物的干扰。为了使测定媒体中含有的尾气、汽油和轻油的气化燃料透过凝胶状保护材料，防止芯片表面的引线焊接垫片被腐蚀，本产品如**图 4** 所示，在引线焊接垫片和测试垫片上设置了防腐蚀部。

3.3 耐带电性能

图 5 中展示了压力传感器内置的压力检测部的概要。利用富士电机独创的蚀刻技术，将硅的一部分加工成薄膜，形成隔膜。在隔膜上配置由扩散配线组成的四个压敏电阻，构成惠斯通电桥。若施加压力、隔膜变形，则各压敏电阻值会

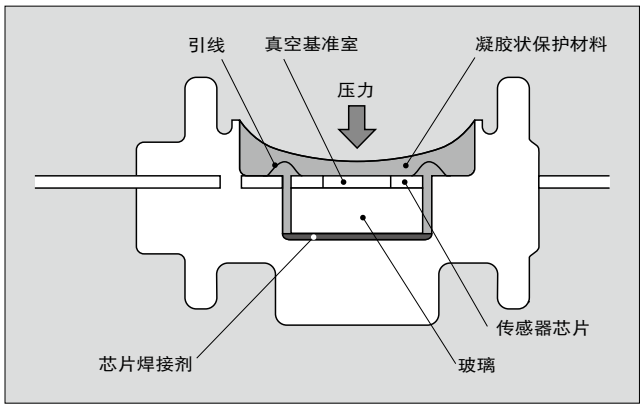

图 3　传感器单元的截面结构

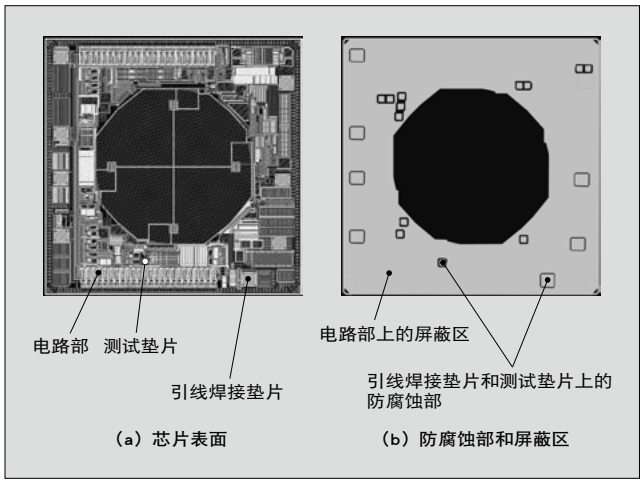

图 4　防腐蚀部和屏蔽区

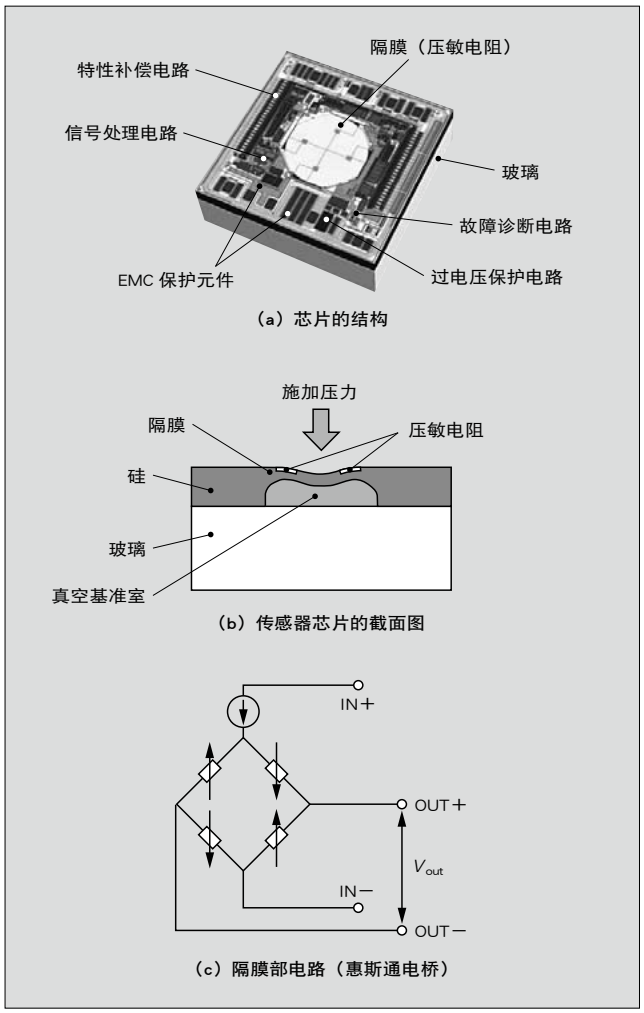

图 5　压力检测部的概要

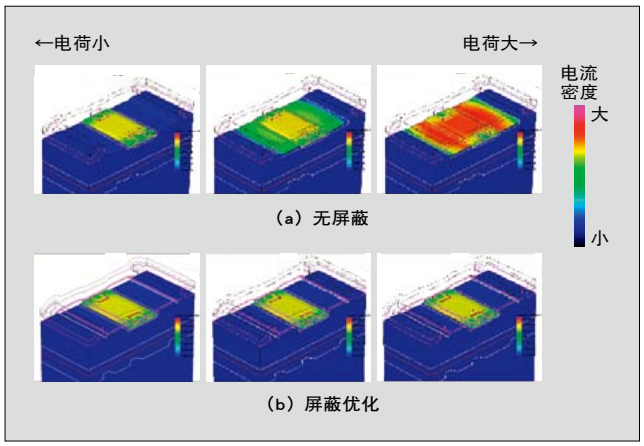

图 6　芯片表面电荷和压敏电阻区变化例

发生变化，惠斯通电桥的输出中会发生电位差。压力检测部增大这一电位差后，将压力转换为电气信号。

为防止带电荷的气化燃料附着在凝胶状保护材料上，导致压敏电阻值变动、传感器特性劣化，本产品在 MEMS 的可动部（隔膜部）采用了使用多晶硅的屏蔽结构。此外，如**图 4** 所示，形成了与防腐蚀部使用同一层，提升隔膜部以外电路部的耐带电性能的屏蔽区。

在进行结构优化之际，富士电机使用元件仿真进行了分析。**图 6** 中展示了芯片表面电荷和压敏电阻区变化的一例。在没有屏蔽的结构中，随着芯片表面带电的电荷量增大，压敏电阻的电阻值会发生变化（**图 6**(a)）。因此，通过在压敏电阻上合理配置屏蔽，无论芯片表面的带电电荷密度如何，压敏电阻都可保持一定（**图 6**(b)）。**图 7** 中展示了对采用该结构的本产品实际施加电荷，得到的输出特性的变化的结果。可以确认到，凭借屏蔽的合理配置以及**图 4** 所示的电路部的屏蔽区，输出将保持稳定。

3．4　高温运行保证和钳位功能

图 8 中展示了本产品的电路框图。通过各电路块温度特性的优化，抑制了高温运行区的特性劣化，实现了 150℃下的运行保证。

图 9 中展示了本产品的压力 – 输出的特性图。线束断线时，通过使传感器输出到诊断电压区，上级系统可检测到故障。另一方面，施加过大压力或过小压力时，输出到诊断电压区可能会误检测为断线。本产品通过搭载钳位输出电压的电路，切实分离了诊断电压区和一般输出电压范围，追加了防止误检测的钳位功能。

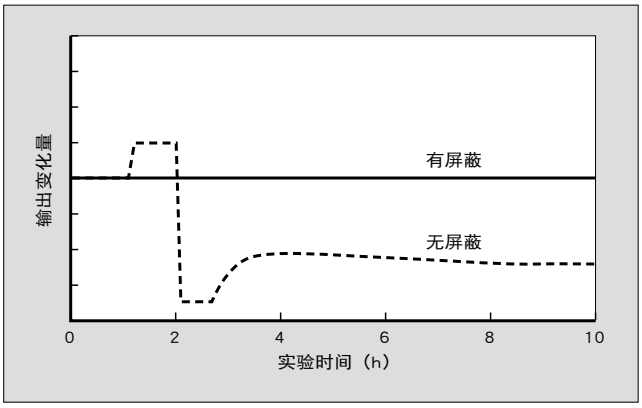

图 7　耐带电性能试验结果

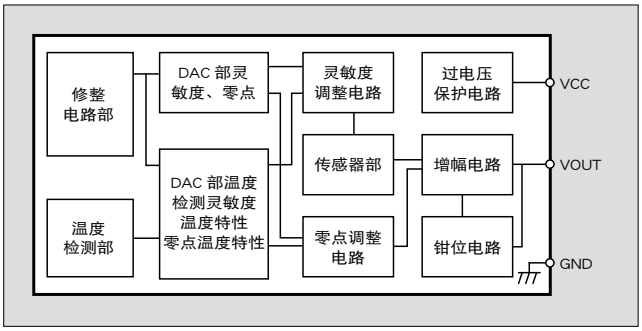

图 8　第 6.5 代车载用压力传感器的电路框图

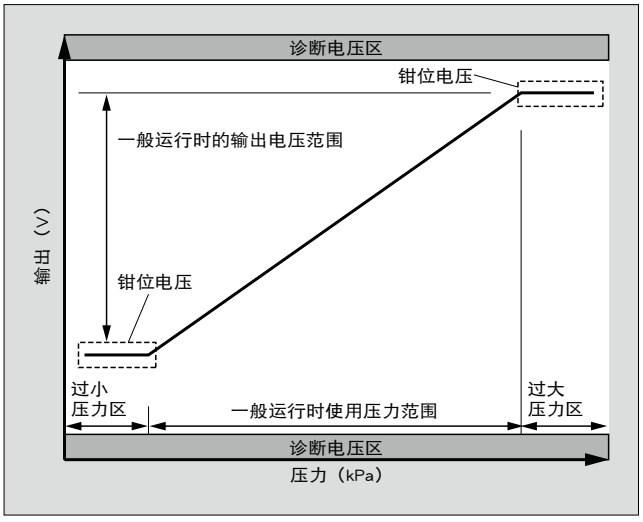

图 9　第 6.5 代车载用压力传感器的压力 – 输出特性图

4　后记

本文对第 6.5 代车载用压力传感器进行了介绍。在向日本国内外推广产品之际，对于压力传感器，从改善油耗、满足环境管制、安全管制的要求的方面来看，预计提升产品性能的严格要求将加快出现。为满足这些市场要求，富士电机今后将继续开发市场所需要的产品。

参考文献

(1)　西川睦雄ほか. 第 6 世代小型圧力センサ. 富士時報 . 2010, vol.83, no.6, p.420-424.

鹈泽　良平

从事半导体压力传感器的设计和开发。现就职于富士电机株式会社电子元件事业本部事业统括部电装分立器件部。

西川　睦雄

从事半导体压力传感器的设计和开发。现为富士电机株式会社电子元件事业本部事业统括部电装分立器件部组长。

田中　贵英

从事功率 IC、传感器 IC 的器件、工艺的研究开发。现就职于富士电机株式会社电子元件事业本部开发统括部元件开发部。IEEE 会员。

富士电机

Fuji Electric

＊本刊记载的公司名称及产品，有可能是各相关公司的商标或注册商标。