复杂介质兼容性的集成温感二极管背压式绝压传感器
- ASTG NovaSensor PT1907

AN-NOVA-A004

在 ASTG NovaSensor 诸多硅阻压力传感器中，PT1907（如图-1[1]所示），这是一款基于 NovaSensor SenStable®技术的绝压传感器。继 NovaSensor 推出第一款基于背压式传感器 P1905 以来，背压式结构的压力传感器以其独特的构造，在保证产品的线性度、灵敏度、低迟滞及可靠性的前提下，给压力传感器提供了优异的介质兼容性，可在不使用常规凝胶，或者薄膜硅油隔离的情况下，传感器可与被测负责气液复杂介质直接接触，这给产品的封装结构设计带来的变革，从而产品在汽车变速箱液压控制等应用中被广泛使用。

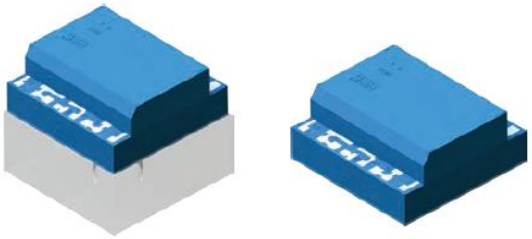


图-1 背压式 PT1907 绝压传感器

❖ 与一般的压力传感器相比，设计的改变并没有改变产品的尺寸大小：

- PT1907-1: 1.9mm × 1.9mm × 1.6mm（有玻璃基座，集成温感二极管）
- PT1907-2: 2.0mm × 2.0mm × 0.8mm（无玻璃基座，集成温感二极管）
- P1905 : 1.93mm × 1.93mm × 1.64mm
- P883 : 2.1mm × 2.1mm × 2.0mm
- P1602 : 1mm × 1mm × 0.6mm

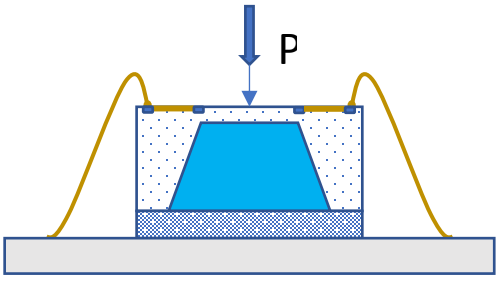


图-2 通常绝压传感器及绑线示意

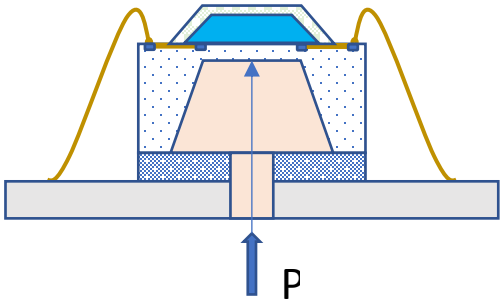


图-3 背压式绝压传感器及绑线示意

在测量差压或者表压时，有时候会将压力传感器敏感面的背面作为受力面。如果产品性能及工况允许，如很多款 Nova 表压或者差压型的传感器或者硅片，虽然不推荐，有时也可以这样使用，不过输出信号是相反的。但是当需要测量绝压时，非背压式的传感器和绑定线就必须将受压面直面测量介质，如图-2 所示，其中蓝色部分为真空腔体。

❖ 比较两种构造的绝对压力传感器使用方式：

- **通常绝压传感器**：由于绑定线及传感器都处在被测量介质这一面，对于一般性的气体压力测量，几乎毫无例外地需要在绑定线及硅片上覆盖凝胶，即传递压力，又保护传感器及绑定线；遇到或者腐蚀性气体或者液体，则必须使用硅油加不锈钢薄膜的方式进行保护。
- **背压式绝压传感器**：被测介质不再直接接触绑定线及传感器敏感面，而是通向介质的钝面直接施压。在钝面是致密的氮化硅及氧化硅，可以与当前绝大多数的介质接触而无不良的反应。因此，通过封装设计可以避免使用以上介质隔离的方式而直接应用于测量。实践证明，该类型的绝压传感器在汽车机油及液压高温复杂环境下完全可以胜任绝对压力的测量。

❖ PT1907 内部压力部分的参数：

要在压力检测面上另加一个真空腔体结构，而不对传感器形成长期稳定性的应力影响，需要克服难以想象的技术困难。ASTG（安费诺传感器技术集团）旗下的 NovaSensor 利用其擅长的硅熔键合（Silicon Fusion Bonding），深度反应式离子蚀刻技术（DRIE）及独有的 SenStable®技术，加上优异的设计，很好地解决了以上的难题。

表-1：PT1907 压力参数[1]

PT1907 参数性能 @ 25℃, 5V 激励		单位
Zero Offset	±10	mV/V
FSO	160 ± 45	mV
Pressure Linearity	±0.2	%FSO
Pressure Hysteresis	±10	μV/V
Temperature Coef. Of Zero	±5	μV/V/℃
Temperature Coef. Of Resistance	0.27	%/℃
Temperature Coef. Of Sensitivity	−0.19	%/℃
Thermal Hysteresis of Zero	±25	μV/V (0~70℃)
Pressure Range	60, 120, 180, 300, 450, 600, 1000	PSIA (1psi ~= 6.89kPa)

❖ PT1907 内部测温二极管部分的参数：

在硅阻压力传感器的应用过程中，始终需要处理压力校准和温度补偿的问题。无论是单独设计的信号处理电路，还是调理芯片，其内部或者应用电路中，都应有一个温度传感器。

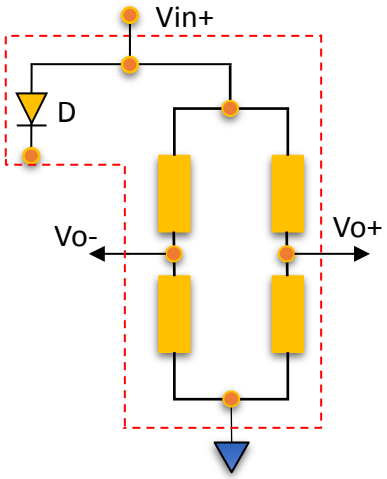


图-4 PT1907 原理图

当硅阻压力传感器，借助 MEMS 技术中与 IC 生产相近的工艺部分，把二极管集成在硅片传感器之上后，与之前的独立于压力传感器的温度传感器比较，集成温度二极管的压力产品具有以下特点：

- 温度参数更准确无迟滞地反映压力传感器的实际温度；
- 无论对于产品压力校准还是实际应用，具有更快的温度响应时间特性；
- 提高了产品的测量响应特性，避免因为压力信号测量与温度测量之间存在迟滞而导致的测量不准；
- 更方便可靠地利用二极管前向电压与温度之间的关系进行测温；
- 省却额外的测温器件，大大节省了设计空间；

PT1907 就是这样一款产品。内部原理图简化如图-4（略去需与基底部分连接的焊盘）。二极管的极电流方程：

$$I_D = I_s \times (e^{\frac{qV_D}{nkT}} - 1) \quad (1)$$

令$V_T = \frac{kT}{q}$，由于$V_D \gg V_T$，所以：

$$V_D \approx n \times \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I_D}{I_s}\right) \quad (2)$$

其中：

- I_D为二极管极电流大小
- I_s为反向饱和电流
- q为电子电量基本单位，V_D为二极管两极电压
- k为波兹曼常数
- n为理想系数
- T为热力学温度，V_T为热点压

一般分析实验都可获悉，在一定温度范围内，公式（2）中，当二极管电流I_D保持恒流作用下，二极管前向电压值V_D与当前的温度基本呈线性关系。

表-1：PT1907 温感二极管参数[1]

PT1907 温感二极管参数性能 @ 25℃, 20μA		单位
Zero	0.625	V
Sensitivity	−2.15	mV/℃
FSO	405	mV
Linearity	±0.1	% （0~70℃）
Zero Pressure Sensitivity	±10	μV/PSI
Excitation	10~100	μA

❖ 当前测压温补的驱动传感器的两个方案：

(1) 独立电路的信号放大处理

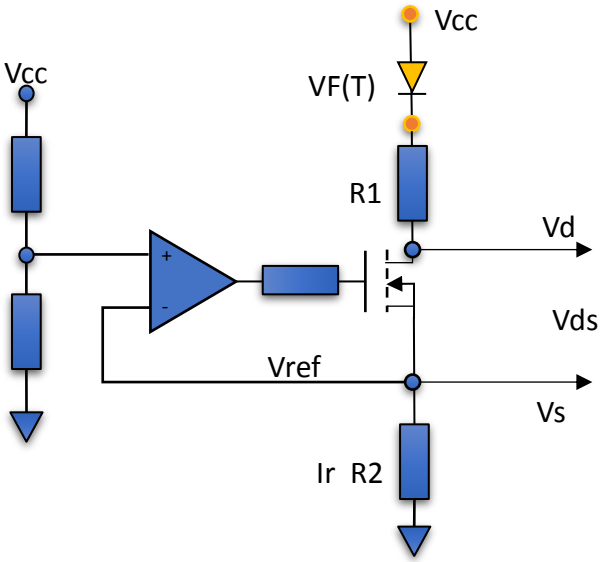


图-5　恒流驱动二极管测温电路示意

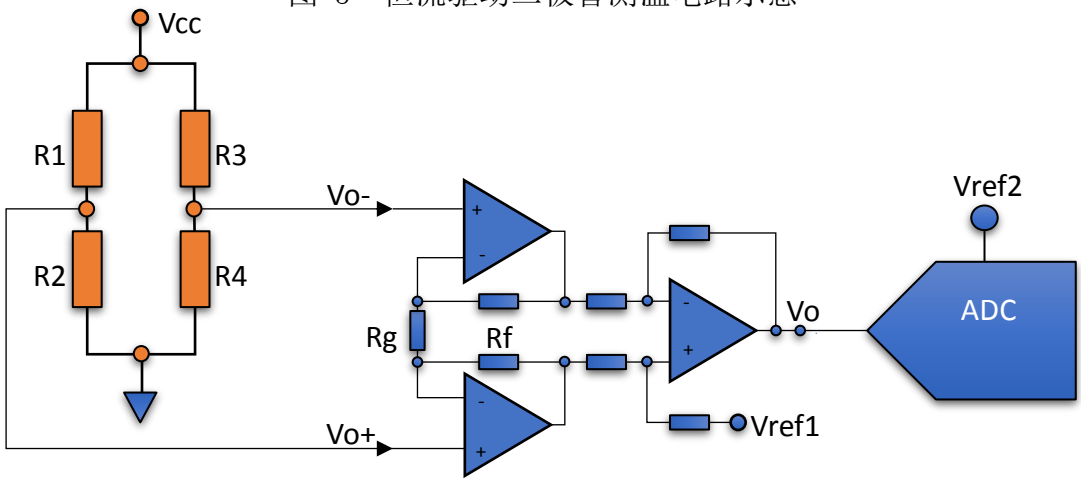


图-6　压力传感器典型的差分放大电路示意

应用中，测温和测压两个电路分别进行。当然，测温电路（图-5）中因为源极电压V_s已知，也可以单端处理V_d，且该电路可以通过调整共模电压范围再差分放大以期获得更好的分辨率。其中，测温二极管的两极前向电压$VF(T)$和场效应管漏源极间电压可以表示为：

$$V_{ds}(T) = V_{cc2} - V_{ref} - VF(T) - R_1 \times I_r \quad (3)$$

$$I_r = V_{ref}/R_2 \quad (4)$$

(2)调理芯片（如 ZDC31150）

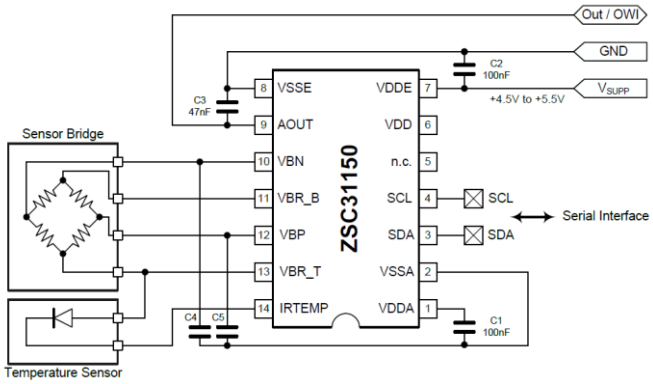


图-7　带外部测温二极管输入的调理芯片[2]

❖ 该款产品的典型应用

- 该系列产品适用于多个压力温度测量应用领域：
- 汽车各压力控制系统，包括空调管路压力传感器
- 工业过程控制系统
- 航空航天
- 富挑战性的气液复杂介质、温度测量应用

【参考】

[1] ASTG　《AAS-920-766A-NovaSensor-PT1907-PressrTemp-Sensor 013020-web》
[2] Renesas　《IDT_ZSC31150-Datasheet_DST_20161206》

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

©2014 AMPHENOL CORPORATION PROVIDES TECHNICAL AND DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with AAS products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate AAS products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, or other requirements. These resources are subject to change without notice. AAS grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the AAS products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other AAS intellectual property right or to any third party intellectual property right. AAS disclaims responsibility for, and you will fully indemnify AAS and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources. Other company names and product names used in this document are registered trademarks of their respective owners.

服务热线：400 620 8986

www.amphenol-sensors.com

www.amphenol-sensors.cn

©2020Amphenol Corporation. All Rights Reserved.