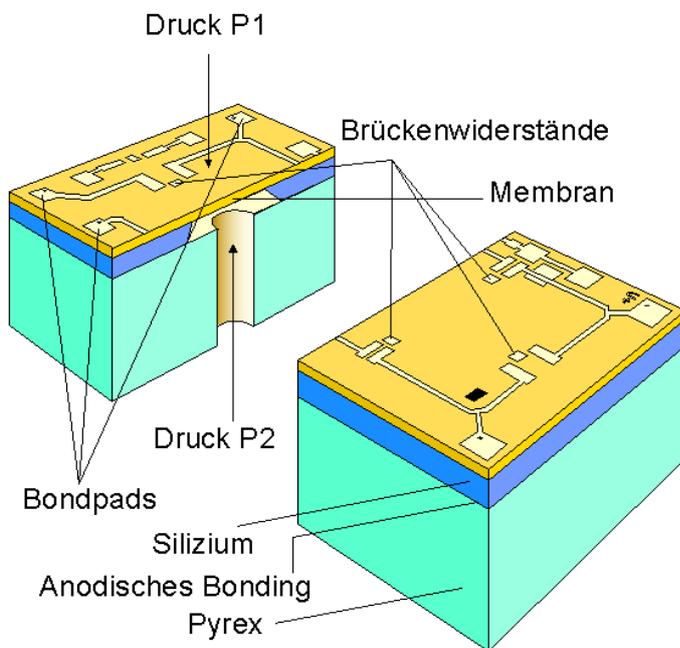


关于硅压阻芯体压力传感器的 介质兼容性

摘要：基于硅压阻芯体的压力传感器在使用中经常会受到一些液体或腐蚀性介质的影响，甚至损坏。本文将以硅压阻芯体压力传感器 **AMS 5812** 为例来描述如何避免这些影响。

一、引言

本文描述了一个可以用来大幅减少硅压阻芯体受到测量介质影响和损害的防护方法。为了理解硅压阻芯体压力传感器如何避免受损的方法，本文将先介绍这类传感器的结构和它的工作原理。



硅压阻芯体的压力传感器的尺寸取决于需要测量的压力范围和使用的高新技术。尺寸的范围主要在 $1.5 \times 1.5 \times 0.5 \text{ mm}^3$ （用于标准压力范围，即 300 mbar 到 10 bar 之间）到 $4.5 \times 4.5 \times 1 \text{ mm}^3$ （用于低压范围，即 10 mbar 到 250 mbar 之间）之间。硅压阻芯体由一个有刻蚀腔的硅底片（中间层蓝色部分）和一个膜片（表面层黄色部分），一个派热克斯玻璃基底（底层绿色部分）组成。

图 1：典型用于测量相对或差分压力的硅压阻芯体压力传感器的结构示意图

- (Druck-压力)
- (Membran-压力膜片)
- (BrueckenWiderstande-惠斯顿电桥)
- (Silizium-硅片)
- (Membra-真空)
- (Pyrex- 派热克斯玻璃)
- (bondpads-连接焊点)
- (Anodisches Bonding-阳极连接)

关于硅压阻芯体压力传感器的 介质兼容性

二、微机械加工的硅压阻压力传感器

采用半导体技术进行微机械加工的硅压阻芯体压力传感器就像集成电路一样具有高的可靠性和低廉成本，从而在众多自动化领域得到广泛应用。

所有微机械加工的硅压阻芯体都有一个对压力很敏感的膜片。这层膜片通常是从硅片底部刻蚀出一个腔体后形成的。在这层膜片的一些合适的位置，通过扩散的方法向硅晶体中注入硼或其他杂质原子，来产生一些有不同电导率的电阻区域。当压力施加到这层膜片上时，硅晶体的分子结构会随膜片的形变而改变。这时那些扩散形成的电阻会产生一个可用于测量的电阻变化（压阻效应）。如果将这些电阻以惠斯通电桥的方式连接，并在外界电压或电流的激励下，它就会产生一个与压力成正比的毫伏级的差分信号。使用合适的电路可以对这些信号进行放大和处理。

图 2 显示的是在不同的条件下，差分压力传感器中膜片的形变方向是如何发生的。输出信号的正负表示的仅仅是不同压力条件下膜片形变的方向。

测量时的压力方向，对于硅压阻传感器受到所测介质的影响将起到主要作用。这个问题将稍后再作讨论。

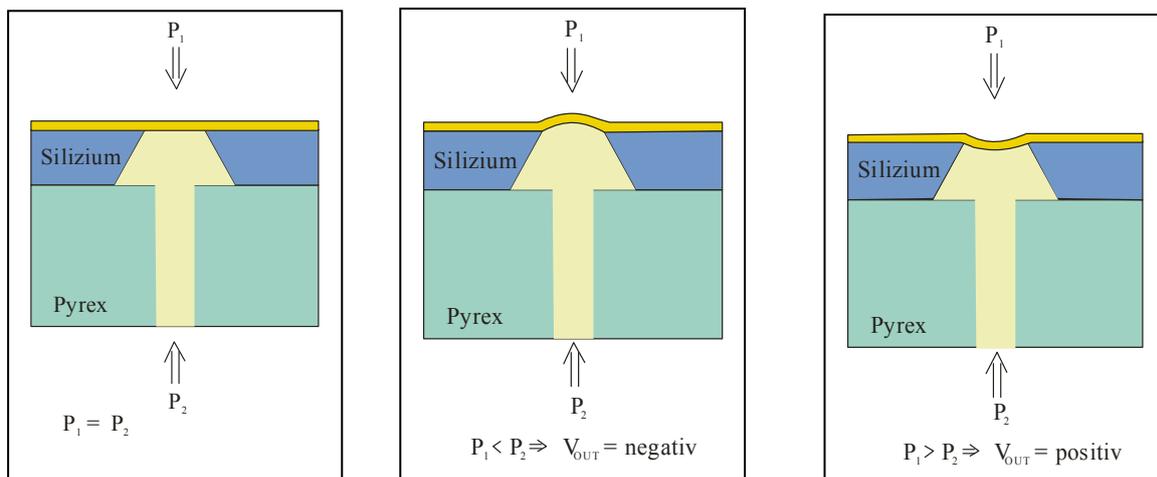


图 2: 硅压阻传感器测量差分或相对压力的原理
(negativ-负)
(positiv-正)

三、测量相对压力

待测压力 P_1 或 P_2 中有一个是环境压力时，所测即为相对压力。本质上就是差分压力测量的一种。

四、信号处理

由于使用惠斯通电桥的硅压阻传感器在受到压力时只能输出一个 $\leq 100\text{mV}$ 的差分信号（具体值取决于膜片的灵敏度），所以需要有一个仪表放大器来进行差分信号的放大处理（如图

关于硅压阻芯体压力传感器的 介质兼容性

3)。这个放大器必须有较小的失调电压和温漂以及较高的信噪比。这个放大后的信号通常是以地作为零点的单端接地电压或电流信号。这个信号也可以进行数字化处理。这意味着压力传感器在不受压力时，将会输出一个 0V 的电压值，或者在两线制电流回路应用中输出 4mA。在压力为满度值时，输出的电压或电流为 5/10V 或者 20mA。

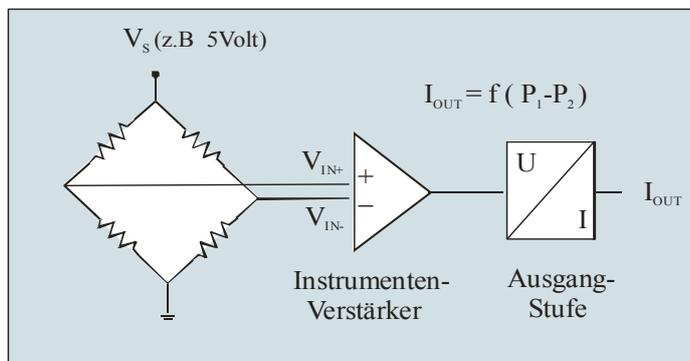


图 3：带有电流输出级的硅压阻压力传感器的信号处理电路。

(Instrumentverstärker-仪表放大器)

(Ausgangstufe-输出级)

如果信号放大电路（仪表放大器）被设置为只能放大正输入电压信号，就是当 $P_1 \geq P_2$ 时（压力膜片向刻蚀腔弯曲），压力和电压的转换关系如图 4 所示。

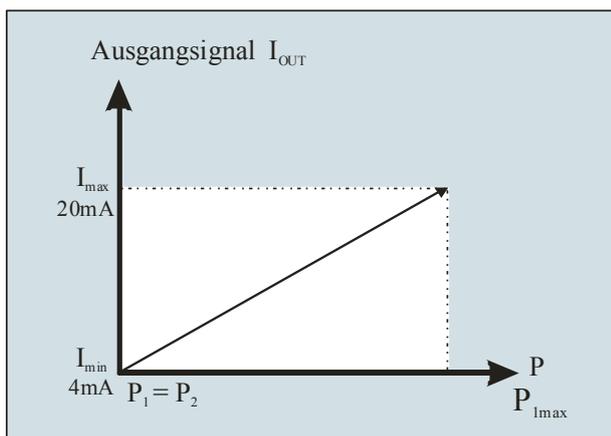


图 4：压力与电压信号的转换关系（Ausgangsignal-输出信号）

在上面这种情况下，如果 $P_1 < P_2$ 时，传感器输出的是负信号，而负输入信号是不能被仪表放大器放大的。这时，放大器的输出信号始终为 0，和 $P_1 = P_2$ 时的输出一样。

五、介质兼容性

为了将电桥的信号引出来，硅压阻传感器的膜片上表面有一些小的铝质金属焊点（连接焊点），见图 1 和图 5。这些金属焊点是不耐腐蚀的。当金导线连上之后，这些连接点将被涂上一层软硅胶来保护。这些硅胶能抵抗水，油或者酒精，但是没有一种胶能保证完全不受外来

关于硅压阻芯体压力传感器的 介质兼容性

的各种介质的影响，所以保护胶的选择要因传感器的待测介质的情况而变化。另外这种硅胶材料的另一个缺点是它的吸湿性。当这种胶直接接触液体或潮湿气体时，液体会被吸附在这种胶中，随着时间逐渐渗透最后到达硅芯体表面。液体渗透之后，不仅会导致膜片的腐蚀，也会在膜片上的不同电势的导线之间形成一些电阻，这些都会极大地影响测量结果。尤其在低压传感器中，这种硅胶保护层会对传感器的灵敏度和温度系数产生较大的影响。

因此，通常没有硅胶的保护的传感器只能用来测量干的，非腐蚀性的气体，比如空气等。

为了满足介质兼容性，硅压阻传感器的以上这些缺点可以通过以下方法来避免：把硅压阻芯体浸没在装满油的密闭空间中（这个方法会大幅提高成本）或者让压力施加在硅压阻传感器不易被介质损坏的背面（倒装片）

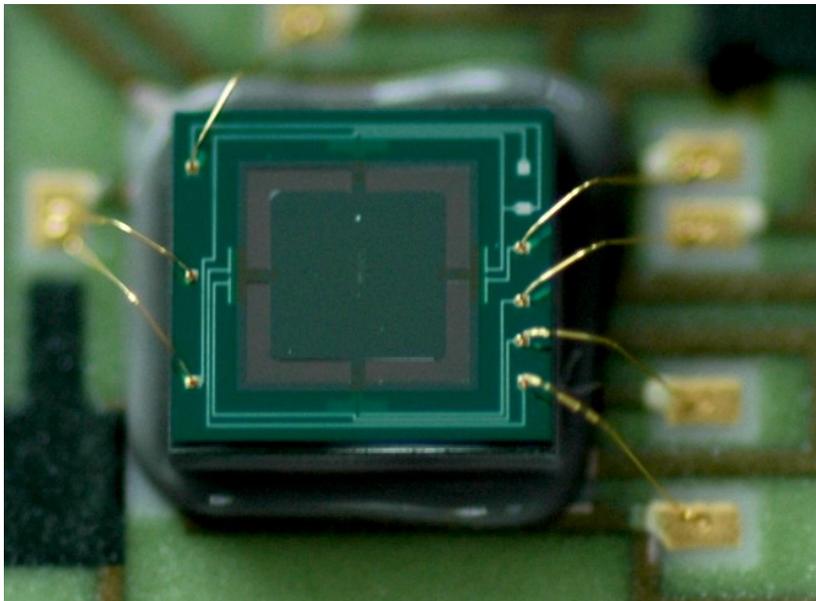


图 5：用金导线连接的低压压力芯体

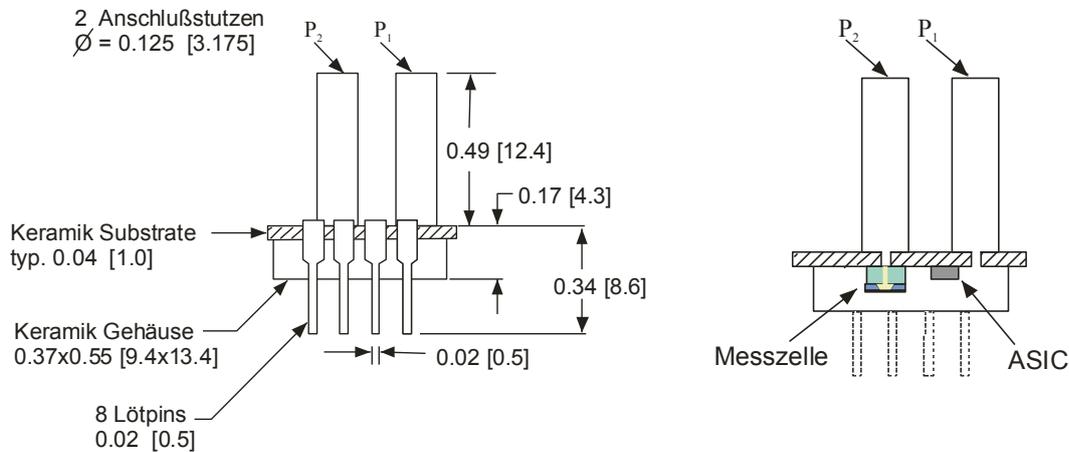
六、倒装片

硅压阻传感器（图 1）的下表面比上表面具有更好的抗腐蚀性，因为它不像上表面那样有连接点和导线，唯独与待测介质接触的只有氧化硅，派热克斯玻璃，陶瓷和粘结剂（环氧树脂等）。所以如果在测量腐蚀性介质时，只要将压力施加在下表面，就可以测量对氧化硅，派热克斯玻璃，陶瓷不腐蚀的大部分介质，也不会的连接点之间形成无效的阻抗。

对传感器来说，从下表面施加压力意味着较高的压力是 P_2 （图 1 和 6），则 $P_1/P_2 \geq 1$ 将变为 $P_2/P_1 \geq 1$ ，也就导致膜片的形变方向反向，从而让差分电桥输出信号改变正负号。这样的话，从仪表放大器的负端输入的信号就会比从正端输入的信号大。通常的仪表放大器不能

关于硅压阻芯体压力传感器的 介质兼容性

放大这样的输入信号。这时，仪表放大器的输出信号将保持为零。但是，只要我们仪表放大器的正负输入端反接，在 $P_2/P_1 \geq 1$ 的情况下，放大器就能得到一个正信号，从而一样可以将信号放大。



All dimension in inch[mm]

图 6: AMS 5812 的结构

(2 Anschlusstutzen-2 个压力连接端子)

(Keramik Substrate-陶瓷基座)

(Keramik Gehäuse-陶瓷后盖)

(8 Lotpins-8 管脚封装)

(Messzelle-硅压力芯体) (ASIC-专用集成电路)

以上这个方法的缺点是，当 P_2 比较大的时候，对固定用的粘合剂会有很高的要求。派热克斯玻璃和陶瓷基座之间、派热克斯玻璃和硅芯体之间的粘结（图 1）必须使用合适的粘合剂以确保其有足够的牢固度和长期的稳定性。要找到这种合适的粘合剂，需要耗费大量的时间和进行大量的试验。在 AMG 公司开发的压力传感器中使用的粘合剂可以在温度范围 -45 到 125 °C 中正常工作，并且允许所测量的压力最高可以达到 60bar。

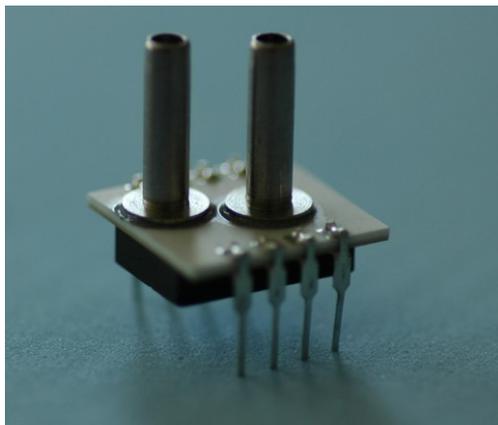


图 7: AMS 5812

以上提到的对仪表放大器的极性反向可以在 AMS 5812 的生产过程中根据客户的要求进行定制，使得 AMS 5812 能够几乎完全避免来自介质的损害，例如在液位测量的应用中。

关于硅压阻芯体压力传感器的 介质兼容性

七、总结

通过在下表面施加压力并把仪表放大器的极性反向的方法，可以很大程度上防止腐蚀性气体和液体对硅压阻压力传感器的影响。这使得压力传感器可以被应用到例如液位测量和潮湿气体系统中的压力控制中。

通过以上改进，就可以生产较少被测量介质影响的低成本的硅压阻压力传感器，这将能完成差分 and 相对压力测量领域中更多的任务。

参考文献：

【1】 AMS5812 产品说明书：<http://www.analogmicro.de/en/products/sensors/pressuresensors/ams5812>

【2】 应用文章：AMS5812 在单向差分压力和双向差分压力传感器的测量：
<http://www.amsys.de/sheets/amsys.de.aan510.pdf>