

在现代社会的生产和生活中，人们往往会接触到各种各样的气体，需要对它们进行检测和控制。比如化工生产中气体成分的检测与控制；煤矿瓦斯浓度的检测与报警；环境污染情况的监测；煤气泄漏；火灾报警；燃烧情况的检测与控制等等。气敏电阻传感器就是一种将检测到的气体的成分和浓度转换为电信号的传感器。

### 一、气敏电阻的工作原理及其特性

气敏电阻是一种半导体敏感器件，它是利用气体的吸附而使半导体本身的电导率发生变化这一机理来进行检测的。人们发现某些氧化物半导体材料如  $\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{BaTiO}_3$  等都具有气敏效应。

常用的主要有接触燃烧式气体传感器、电化学气敏传感器和半导体气敏传感器等。接触燃烧式气体传感器的检测元件一般为铂金属丝（也可表面涂铂、钯等稀有金属催化层），使用时对铂丝通以电流，保持  $300^\circ\text{C}\sim 400^\circ\text{C}$  的高温，此时若与可燃性气体接触，可燃性气体就会在稀有金属催化层上燃烧，因此，铂丝的温度会上升，铂丝的电阻值也上升；通过测量铂丝的电阻值变化的大小，就知道可燃性气体的浓度。电化学气敏传感器一般利用液体（或固体、有机凝胶等）电解质，其输出形式可以是气体

直接氧化或还原产生的电流，也可以是离子作用于离子电极产生的电动势。半导体气敏传感器具有灵敏度高、响应快、稳定性好、使用简单的特点，应用极其广泛；半导体气敏元件有 N 型和 P 型之分。

N 型在检测时阻值随气体浓度的增大而减小；P 型阻值随气体浓度的增大而增大。象  $\text{SnO}_2$  金属氧化物半导体气敏材料，属于

N 型半导体，在  $200\sim 300^\circ\text{C}$  温度它吸附空气中的氧，形成氧的负离子吸附，使半导体中的电子密度减少，从而使其电阻值增加。当遇到有能供给电子的可燃气

体（如  $\text{CO}$  等）时，原来吸附的氧脱附，而由可燃气体以正离子状态吸附在金属氧化物半导体表面；氧脱附放出电子，可燃行气体以正离子状态吸附也要放出电子，

从而使氧化物半导体导带电子密度增加，电阻值下降。可燃性气体不存在了，金属氧化物半导体又会自动恢复氧的负离子吸附，使电阻值升高到初始状态。这就是半

导体气敏元件检测可燃气体的基本原理。

目前国产的气敏元件有 2 种。一种是直热式，加热丝和测量电极一同烧结在金属氧化物半导体管芯内；另一种是旁热式，这种气敏元件以陶瓷管为基底，管内穿加热丝，管外侧有两个测量极，测量极之间为金属氧化物气敏材料，经高温烧结而成。

以  $\text{SnO}_2$  气敏元件为例，它是由  $0.1\sim 10\mu\text{m}$  的晶体集合而成，这种晶体是作为 N 型半导体而工作的。在正常情况下，是处于氧离子缺位的状态。当遇到离解能较小且易于失去电子的可燃性气体分子时，电子从气体分子向半导体迁移，半导体的载流子浓度增加，因此电导率增加。而对于 P 型半导体来说，它的晶格是阳离子缺位状态，当遇到可燃性气体时其电导率则减小。

气敏电阻的温度特性所示，图中纵坐标为灵敏度，即由于电导率的变化所引起在负载上所得到的值号电压。由曲线可以看出， $\text{SnO}_2$  在室温下虽能吸附气体，但其电导率变化不大。但当温度增加后，电导率就发生较大的变化，因此气敏元件在使用时需要加温。

### 气敏电阻灵敏度与温度的关系

此外，在气敏元件的材料中加入微量的铅、铂、金、银等元素以及一些金属盐类催化剂可以获得低温时的灵敏度，也可增强对气体种类的选择性。

气敏电阻根据加热的方式可分为直热式和旁热式两种，直热式消耗功率大，稳定性较差，故应用逐渐减少。旁热式性能稳定，消耗功率小，其结构上往往加有封压双层的不锈钢丝网防爆，因此安全可靠，其应用面较广。

#### 1、氧化锌系气敏电阻

ZnO 是属于 N 型金属氧化物半导体，也是一种应用较广泛的气敏器件。通过掺杂而获得不同气体的选择性，如掺铂可对异丁烷、丙烷、乙烷等气体有较高的灵敏度，而掺钨则对氢、一氧化碳、甲烷，烟雾等有较高的灵敏度。这种气敏元件的结构特点是：在圆形基板上涂敷 ZnO 主体成分，当中加以隔膜层与催化剂分成两层而制成。例如生活环境中的一氧化碳浓度达 0.8~1.15

ml/L 时，就会出现呼吸急促，脉搏加快，甚至晕厥等状态，达 1.84ml/L 时则有在几分钟内死亡的危险，因此对一氧化碳检测必须快而准。利用 SnO<sub>2</sub>

金属氧化物半导体气敏材料，通过颗粒超微细化和掺杂工艺制备 SnO<sub>2</sub> 纳米颗粒，并以此为基体掺杂一定催化剂，经适当烧结工艺进行表面修饰，制成旁热式烧结

型 CO 敏感元件，能够探测 0.005%~0.5% 范围的 CO 气体。

#### 2、氧化铁系气敏电阻

当还原性气体与多孔的接触时，气敏电阻的晶粒表面受到还原作用转变为，其电阻串迅速降低。这种敏感元件用于检测烷类气体特别灵敏。