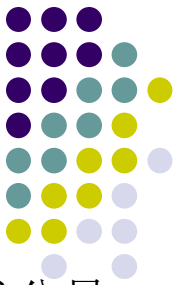


第13章 成分测量传感器



成分量的测量在现代测试技术中占有相当重要的地位，常见的成分量主要有湿度、浓度、气体成分及含量等等。

13.1 湿度及其测量

1 湿度与露点

1) 湿度

湿度是指大气中水蒸气的含量，即空气的干湿程度。通常采用绝对湿度和相对湿度两种方法来表示。绝对湿度是单位大气中所含水蒸气的绝对含量或者浓度（或密度），其单位为 g/m^3 ，一般用符号AH表示；相对湿度是指被测气体中的水蒸气压和该气体在相同湿度下饱和水蒸气压的百分比，一般用符号%RH表示。

2) 露点

降低温度可以使未饱和水蒸气变成饱和水蒸气，即湿度达到100%RH。露点就是使大气中原未饱和水蒸气变成饱和水蒸气所需要降低的温度，而露点跟大气中水蒸气的含量有关。



2 湿度传感器及分类

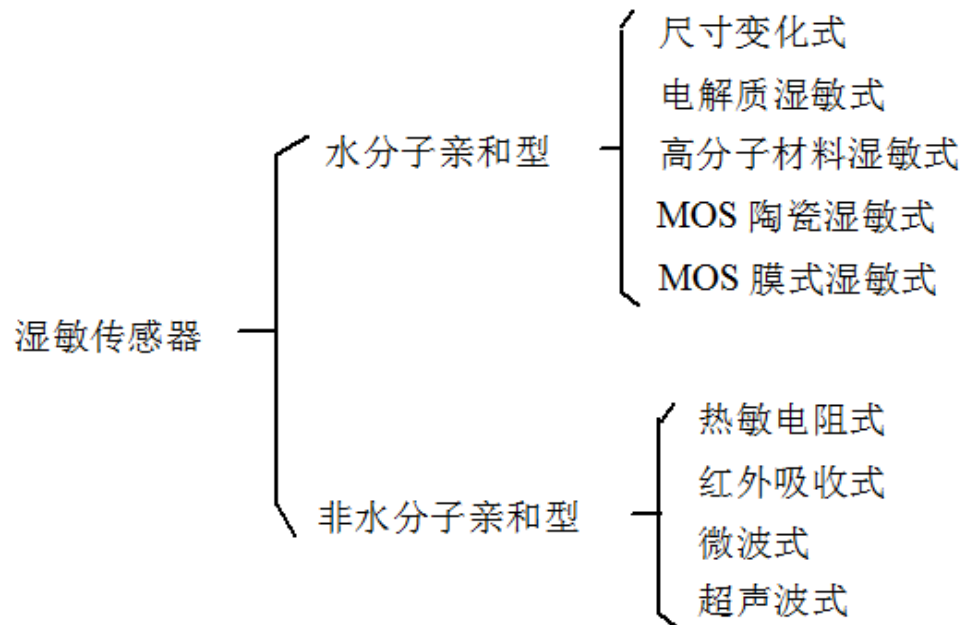


图13-1 湿度传感器的类型

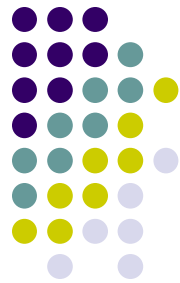
3 常见水分子亲和力型湿度传感器的工作原理

1) 电解质湿度传感器

传感器中湿敏材料电解质溶液中离子的导电能力与溶液浓度成正比，即当传感器置于某湿度环境下，如果环境相对湿度较高，则湿敏材料将吸收水分从而使溶液浓度降低，使电解质溶液导电能力降低，因此使湿敏材料电阻率增高；反之，如果环境相对湿度较低，则环境将从湿敏材料中吸收水分从而使溶液浓度升高，使电解质溶液导电能力增大，因此使湿敏材料电阻率降低。

2) MOS陶瓷湿度传感器

当水分子吸附在MOS半导体上时，使半导体陶瓷表面层电阻值发生变化。由于氧化物材料的不同，半导体陶瓷湿敏元件分为负特性湿敏半导体瓷和正特性湿敏半导体瓷。



3) MOS膜式湿度传感器



通过一定方式喷撒或涂敷在陶瓷基片上的MOS膜式湿敏元件（瓷粉）的阻值随湿度的变化相当剧烈。无论是负特性湿敏瓷粉还是正特性湿敏瓷粉，其阻值总是随湿度的增高而急剧下降。即MOS膜式湿敏元件具有负特性。只要能测得MOS膜式湿度传感器中湿敏元件的阻值，即可测得湿敏元件所处环境的湿度。

4) 高分子湿度传感器

高分子湿度传感器重要是利用具有感湿特性的高分子聚合物的迅速吸湿和脱湿能力而作成的湿度传感器。

(1) 高分子电容式湿度传感器

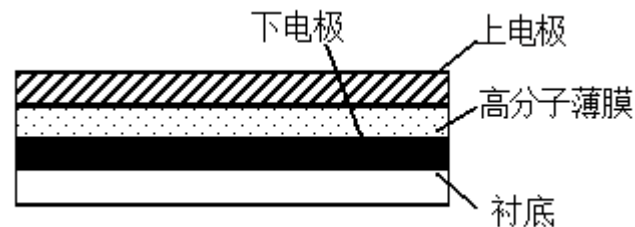
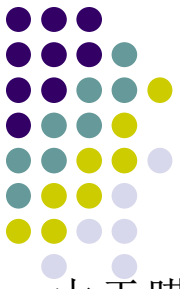


图13-2 高分子电容式湿度传感器

(2) 高分子电阻式湿度传感器



高分子电阻式湿度传感器主要使用高分子固体电解质材料做成感湿膜，由于膜中的可动离子而产生导电性，随湿度的增加，其电离作用增强，使可动离子的浓度增大，电极之间的电阻值减小。当湿度减小时，其电离作用减弱，使可动离子的浓度减小，电极之间的电阻值增大。这样，湿度传感器对水分子的吸附和释放情况，可根据电极间阻值的变化检测出来，从而测得相应的湿度。

(3) 石英振动式湿度传感器

在石英晶体片的表面涂敷高分子膜，当膜吸附或释放水分子时，膜的重量变化而使石英晶体片的振荡频率发生变化，不同的频率代表了高分子膜吸附不同的水分子含量，因此，可以通过测出石英晶体片的振荡频率来测得相对应的湿度。



4 常见非水分子亲和力型湿度传感器的工作原理

1) 微波式湿度传感器

微波式湿度传感器的工作原理如图13-3所示。

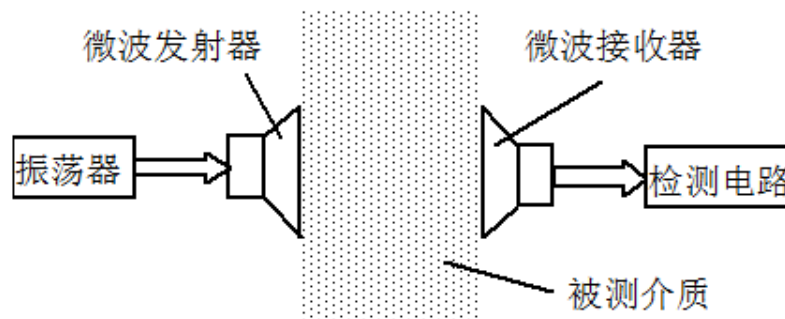


图13-3 微波式湿度传感器的工作原理图

2) 热敏电阻式湿度传感器

热敏电阻式湿度传感器由两个特性完全相同的热敏电阻 R_1 、 R_2 与 R_0 及 R_p 组成电桥。其中 R_2 作为温度补偿元件封入一个小盒内，而 R_1 用来作为湿敏检测元件。当有电流通过热敏电阻时，热敏电阻会发热。



工作开始前，在湿度为零的条件下（实际中常常是在干燥的空气情况下）对电桥进行调零。工作时，使 R_1 跟被测空气接触，由于空气中水分子含量的不同，相应的其热传导率就会发生变化，则 R_1 的阻值会相应的发生变化，从而电桥失去平衡，输出不平衡电势 U_{out} 。而输出的不平衡电势跟空气的湿度有一定的函数关系。具体的测量电路如图13-4所示。

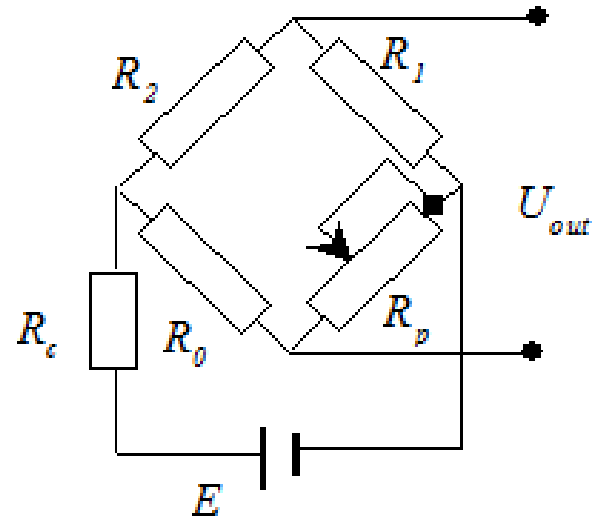


图13-4 热敏电阻式湿度传感器测量电路

13.2 气体成分测量

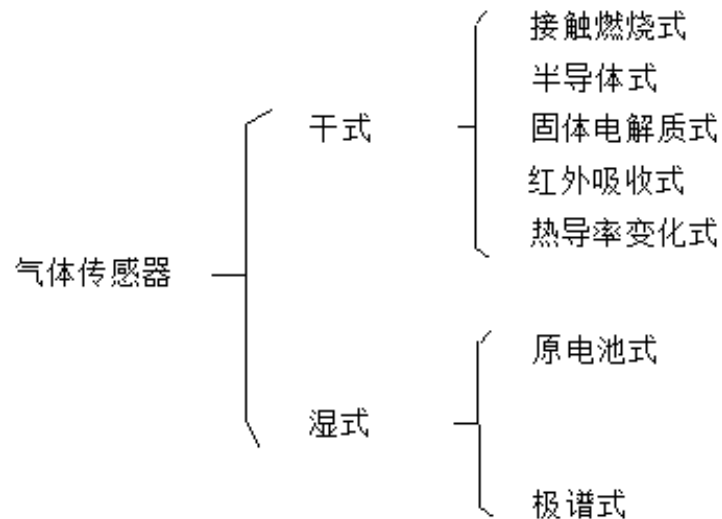


图13-5 气体成分测量传感器的类型

1 半导体气敏传感器工作原理

半导体气敏元件的敏感部分是金属氧化物半导体微结晶粒子烧结体，当其表面吸附有被测气体时，半导体微结晶粒子接触界面的导电电子比例会发生改变，即使气敏元件的电阻值随被测气体的成分含量的改变而改变。

2 接触燃烧式气体成分传感器



接触燃烧式气体成分传感器是一种用于可燃气体测量的传感器。其结构组成是在铂丝制成的线圈上涂上氧化铝等载流子材料制成的球状物，进行烧结，然后再在球状物的表面涂敷Pt、Pd、Rh等稀有金属的催化剂。

在进行测量时，对铂丝线圈通电并加热到300~400oC，如果此时在与球状物接触处有可燃气体，则气体就会在金属催化剂层燃烧，进而引起金属催化剂层和铂丝线圈的温度升高，由于温度的升高，铂丝线圈的电阻值会发生变化，其电阻的变化量 ΔR 与气体的浓度 m 之间的关系为

$$\Delta R = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot Q \cdot m}{C}$$

传感器的电阻变化与气体浓度成正比，只要测得铂丝电阻值的变化便可测得球状物所处环境中被测气体的浓度。其测量电路如图13-6所示。

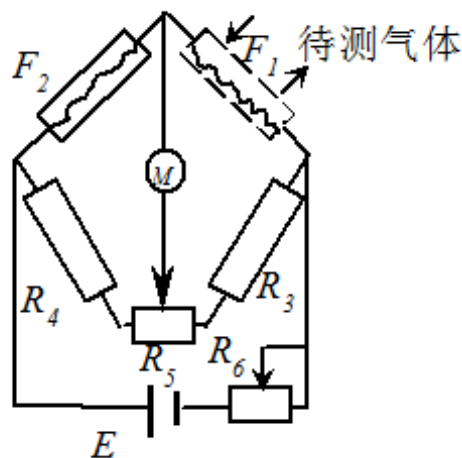


图13-6接触燃烧式气体成分传感器测量电路

F_1 是气敏元件， F_2 是温度补偿元件，都由铂丝线圈构成，在工作时， F_2 封入一小盒内， F_1 带有催化剂并与外界相通。

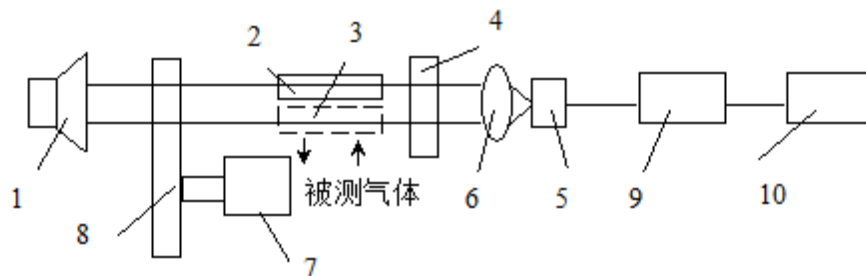
3 热导率变化式气体传感器



每种气体都有其固定的导热率，混合气体的导热率也可以利用空气作为基准跟被测气体进行比较而近似求得，从而可求出混合气体的含量。热导率变化式气体传感器的测量电路与接触燃烧式气体成分传感器相同，如图13-6所示。

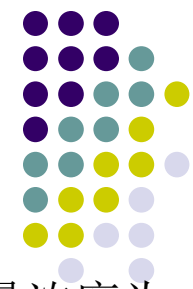
4 红外线气体成分分析仪

如图13-7所示为红外气体成分分析仪系统的结构图，在测量时，由红外光源1发出红外线，使其分别通过标准气室2和充满被测气体的气室3，然后通过干涉滤光片4后被红外传感器5接收。



1—红外光源 2—标准气室 3—测量气室 4—干涉滤光片 5—红外传感器
6—透镜 7—步进电机 8—调制盘 9—交流放大器 10—检测电路

图13-7 红外气体成分分析仪系统结构图



13.3 浓度的测量

1 浓度的概念

若总体积为 V 的溶液（气体）中溶质 A 的质量为 $m(A)$ ，则溶质 A 的质量浓度为

$$\rho(A) = \frac{m(A)}{V}$$

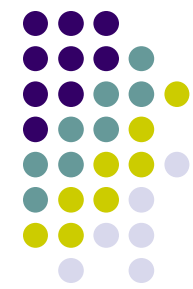
溶质 A 的浓度为

$$C(A) = \rho(A) / M(A)$$

2 浓度的测量

由于广义的溶液可分为液体和气体两大类，故浓度的测量方法也相应的分为气体浓度的测量和液体浓度的测量。

电导法溶液浓度测量的测量电路如图13-8所示， M 为一装有被测溶液的电导池（作为电桥中的一桥臂），其内放置两相距 L 的极板，设两极板之间溶液的截面积为 S ，溶液的电导率为 r ，则两极板之间在回路中的电阻 R 及电导 G 分别为



$$R = \frac{1}{G} = \frac{\lambda L}{S}$$

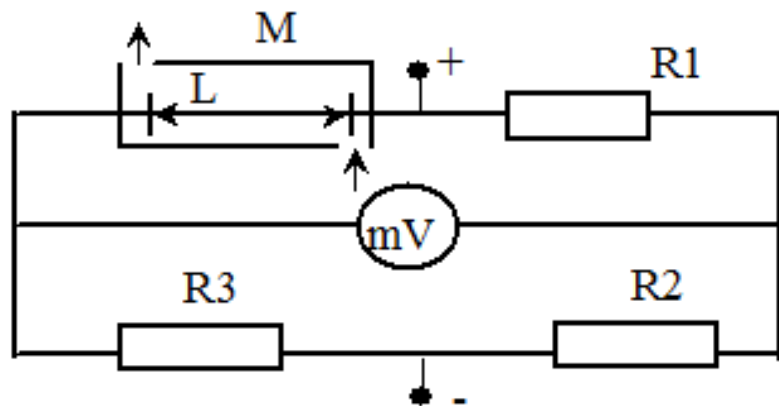


图13-8 电导法溶液浓度测量电路

13.4湿度传感器的应用

1 湿度检测器

湿度检测器电路如图13-9所示，其中CH为电容式湿度传感器。由555时基电路、湿敏传感器CH等组成的多谐振荡器的输出端接有电容器C2，它将3端输出的方波信号变为三角波。



当相对湿度变化时，湿敏传感器CH的电容值将随之改变，使多谐振荡器输出的频率及三角波幅值都发生相应变化。输出信号经二极管D1和D2整流及C4滤波后，可从电压表上直接读出与相对湿度对应的指数。电位器Rp用于仪器的调零。

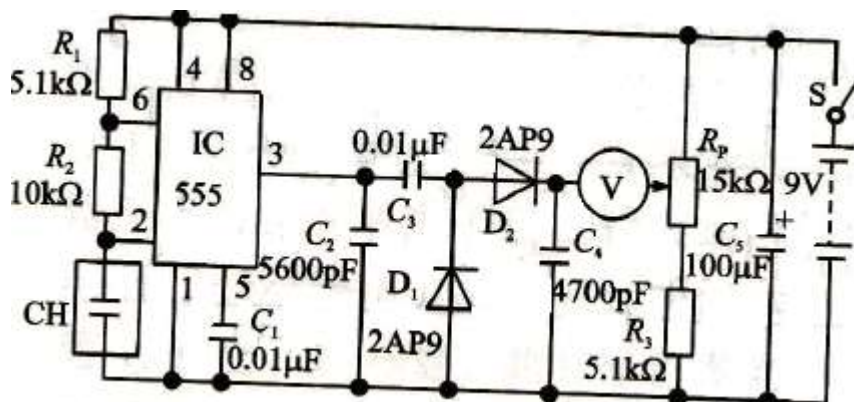


图13-9 湿度检测器电路图

2 花盆缺水指示器

花盆缺水指示器电路如图13-10所示。



当振荡器工作时，发光二极管D将随着低频振荡信号闪烁发光，提醒浇水。当花盆不缺水时，土壤的电阻率很低，T1的栅极相当于接地。这时T1导通，T2截止，振荡电路停止工作，发光二极管D熄灭。

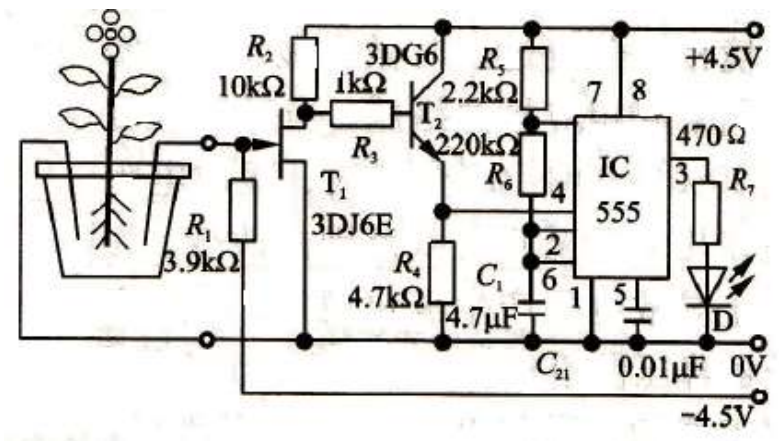


图13-10 花盆缺水指示器电路

3高湿度显示器

MSOI-A型湿敏电阻构成的高湿度显示电路如图13-11所示。

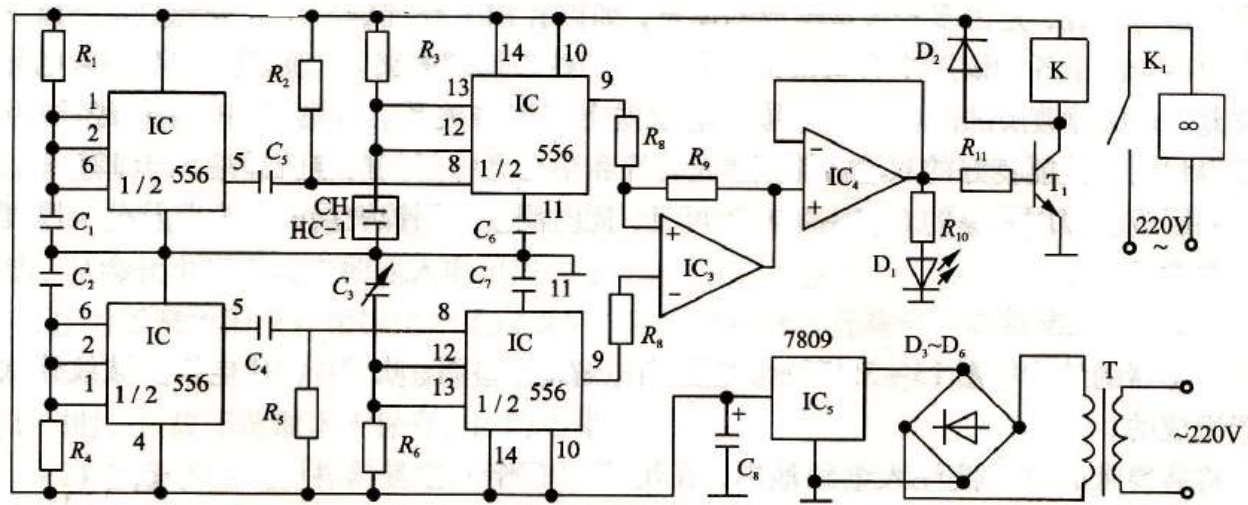


图13-12是仓储湿度控制电路原理图

