## 一种非接触式的基于超声波二元气体传感器

概述

一种非接触式的气体传感器已经被制造用来测量在二元气体比如氢气，氦气混合在空气中的定量测量，基于超声信号在空气中的传输时间的测量。一种实验气体以不同的浓度混合在空气中并且它的浓度被测量出的传输时间数据和一个理论上的区分关系所决定。将结果与实际的气体浓度所比较，两者之间被发现有一个比较好的关系。这种方法有能被应用在各种领域的潜力，比如化学工业或者药物诊断。

1. 介绍

在一个给定的二元混合气体中测得某一特定非活跃气体的含量在一些领域有着重要的应用，比如药物制作和处理工业，或者是在一个给定的环境中实时测量一种特定的气体。例如，氢气在工业上广泛使用的，是一个潜在的无污染能源的未来在各个领域的能源需求。然而，当空气中的氢气浓度超过4%时，氢气会形成一个自我爆炸性的混合物，也被称作空气中瓦斯浓度的爆炸下限(LEL)。因此，在线监测如氧气等可与氢气形成自我爆炸混合物的气体，是一个非常重要的安全措施。对于这一点，钯薄膜场效应管已在文献[3-1]报道，可在100ppm级检测氢气。然而，电子器件（二极管或场效应管）在1000-10000ppm左右就会出现饱和，因此，他们并不适用于高浓度至接近甚至高出爆炸下限的氢气。此外，电子设备的响应时间为10-50s，这比改进后的测量方法大很多。所以一个更快且更可靠的且能在爆炸下限有着好的灵敏度的方法成为我们研究的目的。在其他气体检测中存在相似的困难所以一个相对更快的方法在此类应用中更具有应用性。

声音在气体中的速度是一个与压力和密度相关的函数。反过来说，任何气体的密度是一个气体分子的相对分子质量。因此，声速在特定压力和温度的气体中的测量可以用来发现气体或气体混合物的分子量[4]。对于一个非活跃气体混合物，气体压力是每部分气体压力的综合，同样，气体混合物的平均密度是每部分气体密度的加权和。因此，在保持其他参数如压力和温度不变的情况下测量声音的速度，是一个可以测量样品的气体成分的方法。声速可以通过声音脉冲在一端定长空气中传播的时间(TOF)来确定。或者，我们也可以使用一个谐振器，通过测量谐振器的谐振频率来获得声速的变化，今儿获得气体成分变化[7,8]。该技术已经被使用在找出具体的定量气体浓度，例如，在二元气体混合物[7]，在空气中[6]，或在其他载体气体中[5]。基于上述我们建造了一个系统通过测量TOF值得不同区分空气中不同气体成分如氢气，氧气和氦气的含量。然而，当我们计算通过使用我们的TOF数据并使用被Sheen et al.建立的方程计算味汁浓度的一个特定气体时，通过计算出的浓度总是与实际浓度有着非常大的差异。为了理解这种差异，我们获得了一个明显的关系式用来计算二元混合气体中某一给定气体的浓度。这个关系式被用来从TOF数据中计算气体浓度数据。一个良好的测试浓度和实际浓度的协调被获得。下面我们给我们的公式进行推导并拿出我们对于二元混合气体的观察数据与计算出的气体浓度数据。

1. 基本原理

我们在此获得了一种气体(1)在另一种气体(2)的混合物中的声速关系，其中气体(2)通常是空气。在气体介质中的等熵速度v是由下式给出

 (1)

是具体加热气体的比率，和分别表示在恒定压力和恒定体积的单位摩尔具体加热量。在这里，P是气体压力，是气体密度。对于给定的气体，被视为恒定在一个很小的温度变化范围中，在一个恒定的压力P中我们可以写出如下等式

 (2)

其中后缀2和m连接各自的参数表示它是空气还是某种位置气体的值。如果x是气体混合物中一种未知气体的摩尔浓度，那么参数和可以通过线性近似和获得。此外，如果t2和tm表示在气体(2)和混合气体中的传播时间，相应的，如果将发射器与接收器保持固定的距离，我们可以写出，最后通过方程(2)，我们可以得到下式

 (3)

这是一个关于x的二次方程，并且可以通过使用文献[9]中已知的气体热参数和测量的t2和tm来解方程。对于tm的每个值可解出的两个解，那个满足0≤x≤1条件的就是我们需要得到的气体浓度。

由方程(3)得到的关系式也可以进一步简化，当气体混合物中的两种气体分子中含有相同的原子数。在这种情况下，利用方程式(2)和(3)可得到

 (4)

此外，在混合物中若气体(1)浓度较低则方程(4)会产生一个线性近似关系

 (5)

在这里可以被认为是一个近似的常数与t2和tm相比的小值[10]。

1. 实验

我们使用一个来自印度的Roop Telsonic Ultrasonix(P)公司4400MX脉冲接收模型来进行测量。这个系统可以在0-5ms的范围内已10ns的精度测量超声波在空气中的传播速度。