

# Quartz Resonant Sensor to Low Concentration Toluene Gas

Li-hua Chen, Kui-xue Liu, Yu-dong Zhao, Shao-peng Chang, Feng-min Liu

<sup>1</sup>Dept. Electronic Science and Engineering of Jilin University, Changchun, P R China,

Email: address, liufm@jlu.edu.cn

**Abstract:** The self-prepared mesoporous SnO<sub>2</sub> was used as sensitive materials for the quartz resonator sensor. We have tested the gas sensitivity of the quartz resonator sensors with different fundamental frequency 8M, 12M and 16M, respectively. The results show that the toluene gas sensor based on the quartz resonator with 16M fundamental frequency has the best sensing performance, which has 250Hz response change to 2ppm toluene gas compared with clean air.

**Keywords:** quartz resonator; mesoporous tin dioxide; toluene; gas sensor

## 石英谐振式低浓度甲苯气体传感器的研制

陈丽华, 刘奎学, 赵瑜东, 常少鹏, 刘凤敏

吉林大学电子科学与工程学院, 吉林 长春, 中国, 130012

<sup>2</sup> Email: liufm@jlu.edu.cn

**摘要:** 本文以自制介孔 SnO<sub>2</sub> 为敏感材料, 制作了石英谐振式甲苯气体传感器。分别以基频为 8M, 12M, 16M 的石英振子进行了甲苯气体敏感性测试。结果表明, 基频为 16M 的石英振子制作的甲苯气体传感器性能优良, 对 2ppm 甲苯气体的频率响应达到 250Hz。

**关键词:** 模石英振子; 介孔二氧化锡; 甲苯; 气体传感器

### 1 引言

甲苯气体是室内对人体有害的主要气体, 因此对甲苯气体的检测显得日益重要。金属氧化物半导体材料 SnO<sub>2</sub> 已经有较长的研究历史<sup>[1]</sup>, 光波导气敏传感器、声表面波气体传感器等新型传感器近年来已被开发出来并投入使用<sup>[2-4]</sup>。介孔 SnO<sub>2</sub> 作为一种吸附材料具有很高的比表面积和吸附能以及良好的热稳定性。本文作者研究了基于介孔 SnO<sub>2</sub> 材料的石英谐振式气体传感器对甲苯的检测特性。

### 2 实验

#### 2.1 器件结构及工作原理

气体传感元件是利用石英振子的等效电感对质量的敏感性制成的。石英振子的基本结构如图 1 所示, 由于在金电极上的涂层材料对气体分子的吸脱附效应引起了谐振系统的质量随外界环境气氛的改变, 石英

振子从而改变了等效电感, 导致谐振系统频率变化, 偏离原来的基频。

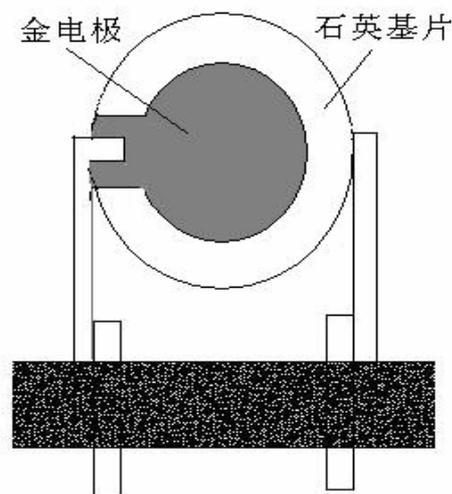


Figure 1. Structure of the quartz resonator

图 1. 石英振子的基本结构

基金来源: 国家自然科学基金资助项目 (60906036)。

频偏的大小与吸附气体的多少有关，从而可通过测量谐振频率的变化量实现对吸附气体的定量检测。石英振子频率的改变  $\Delta F$  与被测气体吸附的质量增量  $\Delta m$  有下列关系<sup>[5]</sup> $\Delta F = -C_f f_0^2 \Delta m / A$  式中  $f_0$  为石英谐振器的基频，A 为敏感涂层的面积， $C_f$  为质量灵敏系数。

## 2.2 器件制备

将自制介孔  $\text{SnO}_2$  材料分别涂覆在基频为 8M、12M、16M 的石英振子上，并制作气体传感器。将制成的气体传感器对甲苯气体进行实验，结果表明基频为 16M 的振子表面涂覆介孔  $\text{SnO}_2$  材料后频率变化更大，变化后的频率也很稳定，是最佳选择。

## 3 实验结果及讨论

### 3.1 灵敏度与响应恢复特性

图 2 和图 3 分别是利用 16M 的石英振子制作的气体传感器对甲苯气体的灵敏度曲线和响应恢复曲线。

从图 2 和图 3 中可以看出，用基频为 16M 的石英振子制作的气体传感器对于 2ppm 的甲苯有较好的响应，响应幅度达到 250Hz，响应时间为 2 分 30 秒，恢复时间为 6 分钟。

### 3.2 湿度对表面涂有介孔 $\text{SnO}_2$ 的 16M 石英振子的影响

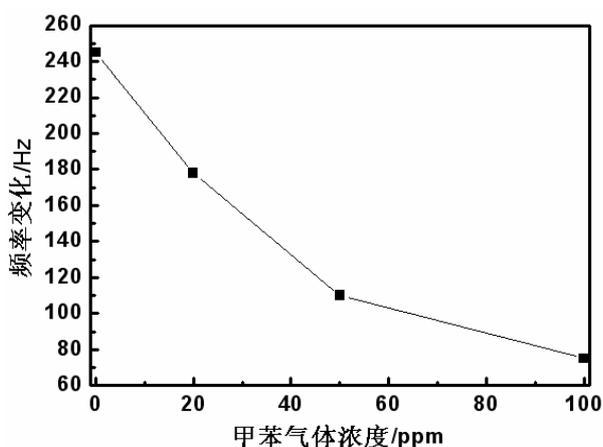


Figure 2. Sensitivity of the toluene sensor based on 16M quartz resonator

图 2. 利用 16M 的石英振子制作的气体传感器对甲苯气体的响应

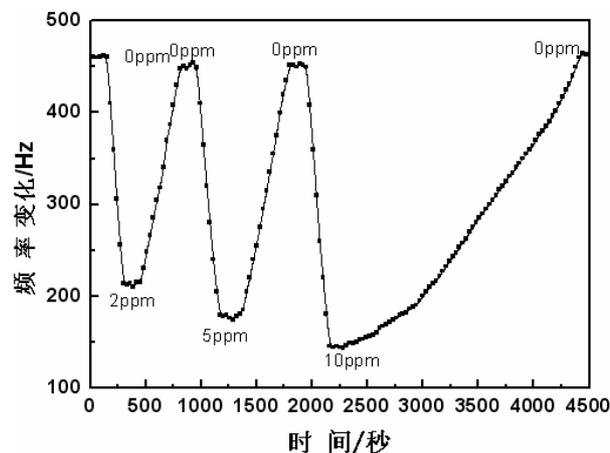


Figure 3. Response and recover of the toluene sensor based on 16M quartz resonator

图 3. 利用 16M 的石英振子制作的气体传感器与甲苯气体的响应恢复曲线

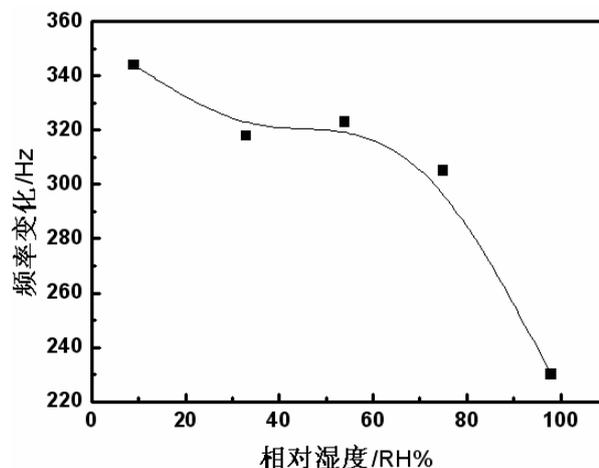


Figure 4. Influence of relative humidity on the toluene sensor based on 16M quartz resonator

图 4. 相对湿度对表面涂有  $\text{SnO}_2$  的 16M 石英振子的影响

下图是湿度对表面涂有  $\text{SnO}_2$  的 16M 石英振子影响的频率曲线。

从图 4 可以看出，当相对湿度在 75% 以下时，湿度对表面涂有  $\text{SnO}_2$  的 16M 石英振子的振荡频率影响很小。而当相对湿度超过 75%，相对湿度使振子频率的改变也在 100Hz 以下。即湿度对 16M 石英振子的影响很小。

## 4 结论

本文制作了基于介孔  $\text{SnO}_2$  材料的石英振子气体传感器，分别对频率为 8M、12M、16M 的石英振子进行了对甲苯气体测试。结果表明 16M 的石英振子制作

的甲苯气体传感器性能优良。响应恢复时间较长，需要进一步改善。。

## 5 致谢

感谢国家自然科学基金资助项目（60906036）对本课题的资助。

## References（参考文献）

- [1] J Tamaki, K Shimanoe, Y Yamada, Y Yamamoto, N Miura, N Yamazoe. Dilute hydrogen sulfide sensing properties of CuO-SnO<sub>2</sub> thin film prepared by low-pressure evaporation method. *Sens Actuators B*, 1998, 49: 121-125.
- [2] A Yimit, AG Rossberg, K Itoh. Thin film composite optical waveguides for sensor applications: a review[J]. *Sens. Actuators B*, 2005, 65:1102
- [3] YR Ron, YJ Lee, HB Kim. Development of a SAW gas sensor for monitoring SO<sub>2</sub>[J]. *Sens. Actuators A*, 1998, 64(1):173-178.
- [4] B Quan, Y Zhang, F Qiu, L Sun. NH<sub>3</sub> gas sensor with quartz oscillator [J]. *ACTA scientiarum naturalium universitatis Jilinensis*, 1996, 1:51-54(Ch).  
全宝富, 张迎春, 邱法斌, 孙良彦. 石英谐振式 NH<sub>3</sub> 敏元件. *吉林大学自然科学学报*, 1996,1: 51-54
- [5] B Zhao, L Chen, X Bai, G Zhang, B Quan. Fabrication of quartz resonance CO<sub>2</sub> gas sensor [J]. *Journal of Transducer Technology*, 2001, 20(9):30-32(Ch).  
赵本刚, 陈丽华, 白旭东, 张刚, 全宝富. 石英谐振式 CO<sub>2</sub> 气敏元件. *传感器技术*, 2001, 20(9):30-32