

新型高分子湿敏电容的研制及特性研究

章佩娴 梁 斌 何启泽 姚 杰

(中山大学物理学系, 广州 510275)

摘 要 采用新发现的一种高分子材料 (PAI) 作为感湿材料研制成一种新的高分子湿敏电容, 并对它的特性及工艺过程作了测量和探讨

关键词 高分子, 湿敏电容

分类号 TP 202

随着微电子技术的迅猛发展以及电脑的不断普及, 人们越来越感到作为获取外界信息的传感技术的落后, 而要实现生产、监控及测量的自动化, 就必须大力研究开发各种各样的传感器. 80年代以来, 国际上兴起“传感器热”, 一些发达国家将传感器列为重点加以开发. 在所有传感器中, 湿度传感器是目前最落后之一. 这是因为湿度是各种测量量中难以测量的量, 它的测量牵涉到其它的物理量如温度、压力等, 目前湿度传感器既是应用最广又是很不成熟, 其重复性及长期稳定性都极待提高^[1]. 所以从工艺上及材料上研究开发新的湿敏材料及元件, 尤其作机理性的探讨是当务之急的事. 高分子湿敏电容是80年代后期发展起来的称为第三代的湿度传感器, 它具有许多优良的特性^[2~4]. 本文作者从研究中发现一种改良的聚酰亚胺高分子材料 (称 PAI) 作为湿敏器件的感湿材料具有优异的性能, 从而研制出一种新的高分子湿敏电容, 并对其特性作了研究.

1 实验方法

1.1 样品制作 在彻底清洗干净的介质衬底上镀上一层黄金的下电极, 然后用拉膜的方法在金下电极上形成一层预先配制好的高分子 PAI 介质膜. 当介质膜自然干燥后将它进行热处理 ($> 200^{\circ}\text{C}$) 20 min, 接着在其上面正对下电极部分再镀上一层薄的黄金上电极, 这样就形成一个以两个黄金薄膜为极板而以高分子 PAI 为电介质的湿敏电容. 电容经引线就成为一个完整的元件.

1.2 特性测量 在恒温恒湿的环境下测量湿敏电容的各种特性——电容 (C) ? 相对湿度; 电容 ? 温度特性 (温度系数); 湿滞回差, 响应特性及稳定性等等. 本测量是在北京国家标准物质研究中心进行, 采用日制的 SRH-3M C135 ADR 型精密分流法湿度发生器作为湿度源, 湿度测量用 M1500/11D 精密露点仪, 温度测量用 HP-2804A 石英晶体温度计.

2 实验结果与分析

2.1 电容-相对湿度特性 图 1 所示为两只 PAI 湿敏电容的特性曲线, 测量讯号频率在 800Hz, 在这么低的频率下, 在全湿 (0% RH- 100% RH) 范围内电容 C 与相对湿度 (% RH) 的线性关系很好, 即使在高湿下也未偏离线性, 这是很难得的. 再者, 在全湿范围内, 这种湿敏电容在电容值约 100PF 时总变化量为 20~ 30PF, 是理想的变化量, 它说明这种高分子材料是属于湿度传感器所要求的优质湿敏材料——低湿敏类, 因此它应具有一系列的优良特性. 从图中可看出这种湿敏电容的灵敏度仍然较高.

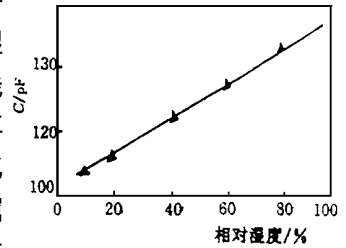


图 1 电容-温度特性曲线

2.2 温度特性 根据相对湿度 (% RH) 的定义:

$$\% \text{RH} = (P/P_0) \times 100\%$$

式中 P 为混合气体中水分压; P_0 为该温度下的饱和水蒸汽压. 并根据 Wexler 给出的饱和水蒸汽压方程:

$$\ln P_0 = -0.6951748 \times 104T^{-1} + 0.2116713595 \times 10^{-2} - 0.2722404 \times 10^{-1} T + 0.1680790 \times 10^{-4} T^2 + \ln(2.4505058)$$

可看出随着温度 T 的升高饱和蒸汽压 P_0 随之增大. 也即在一定的温度下, 温度升高, 水分压则增大. 这就是湿敏元件具有温度特性 (系数) 的原因. 除此以外, 温度的升高还可以引起高分子膨胀而改变表面孔隙, 使高分子吸湿量改变. 图 2 所示为 PAI 湿敏电容的温度特性曲线, 从中可推算出其温度系数小于 $0.06\% \text{RH}/^\circ\text{C}$, 且是正温度系数, 这与理论相符合.

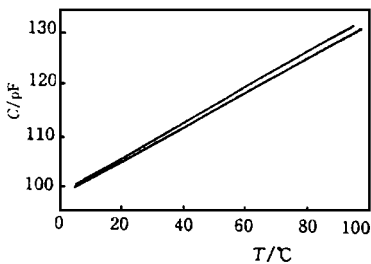


图 2 电容-温度关系特性

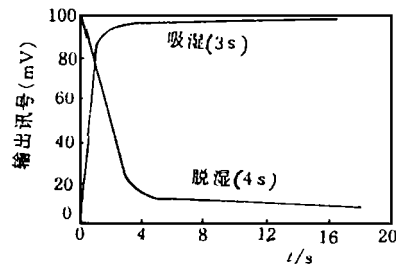


图 3 时间响应特性

2.3 响应特性 图 3 所示为 PAI 湿敏电容的响应特性曲线, 可以看出其响应时间很短, 只在几秒钟之内. 这么短的响应是高分子湿敏电容的优点之一, 其原因主要是上电极金薄膜厚度的严格控制及所选择的高分子吸附热很低所致.

2.4 湿滞回差 图 4 所示为 PAI 湿敏电容的湿滞回线 (差) 特性曲线. 由于吸湿与脱湿响应的差别而使湿敏元件具有湿滞回差特性, 从图中可推算出其湿滞回差小于 $0.1\% \text{RH}$, 是目前罕见的.

2.5 稳定性 图 5 所示为湿敏电容的老化试验结果, 每天在 120°C 高温环境下外加电压进行老化 16 h, 持续一个月以上, 图 5 为高湿 (85% RH) 环境下每天老化 6 h, 持续一个月以上, 从上图结果可看到两种试验曲线族都近似水平 (图中的少许起伏来源于恒温恒湿箱的控制精度不够引起的). 湿敏电容的稳定性, 主要决定于高分子材料的性质及工艺条件, 作者采

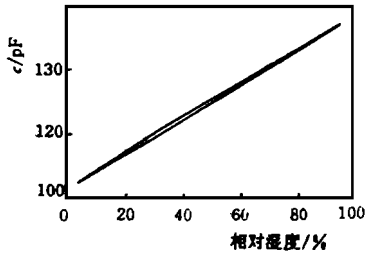


图 4 湿滞回线

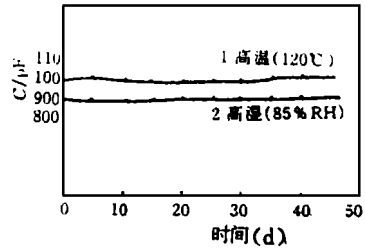


图 5 高温、高湿老化曲线

取优化的工艺,使 PAI 高分子之间的交联充分,使未交联的链尽可能少,不致于由于这些未交联的链不断地吸湿与降低化学价,从而导致电容性能漂移。

采用 PAI 高分子薄膜为介质的所制作的湿敏电容具有一系列优良的性能: 适合的灵敏度; 快的响应速度; 很低的温度系数和湿滞回差; 以及稳定性好。

参 考 文 献

- 1 高清桥, 小长井诚. 传感器电子学. 北京: 宇航出版社. 212~ 223
- 2 mark C Worley. Humidity Monitor. Radia- Eletronics, 1986. 57 (2): 61~ 71
- 3 Shinni Chi Takeda. Capacitive Humidity Elemet Using Polysteyrene Thin Films Formed By Plasma Polymerization. Japanese Journal of Applied Physics, 1981, 20 (7): 1219~ 1224
- 4 Kim Y J, Glass T E. Kinetic and Mechanitic Invesigations of The Formation of Polyimides Under Homogeneous Condition. Macramolecules, 1993, 26 (26): 1261~ 1271

A Research of Manu Facture and Characteristics of New Type Polymeric Capacitive Humidity Sensor

Zhang Peixian* Liang Bin He Qize Yao Jie

Abstract A new polymer capacitive humidity sensor was made using the special polymer material (PAI) that it is discovered recently as the humidity - sensitive material. It's process and performance were mearsed and studied.

Keywords polymer, humidity- capacitance

* Department of Physics, Zhongshan University, Guangzhou 510275