



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103547915 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201280024812. 9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 05. 30

G01N 27/22(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/494, 578 2011. 06. 08 US

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 11. 21

CN 101447576 A, 2009. 06. 03,

CN 101949878 A, 2011. 01. 19,

CN 1043987 A, 1990. 07. 18,

CN 1657927 A, 2005. 08. 24,

CN 2080670 U, 1991. 07. 10,

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/039996 2012. 05. 30

US 2004036394 A1, 2004. 02. 26,

US 2004121210 A1, 2004. 06. 24,

US 4662220 A1, 1987. 05. 05,

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/170248 EN 2012. 12. 13

US 5036704 A, 1991. 08. 06,

US 5050434 A, 1991. 09. 24,

(73) 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

陈翠萍 等. 高分子湿度传感器的研制. 《仪表技术与传感器》. 2005, (第 10 期),

(72) 发明人 S·H·吉爾斯卡 M·C·帕拉佐托

K·A·萊溫斯基

陈贻焯 等. 电容式温度传感器—交联的聚甲基丙烯酸甲酯的感湿性能. 《精细化工》. 1996, 第 16 卷 (第 4 期),

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

审查员 李悦

代理人 陈长会

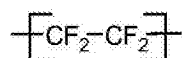
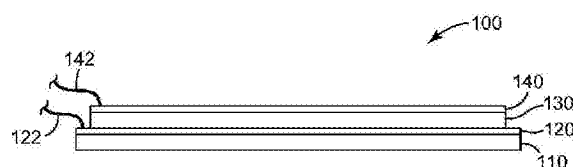
权利要求书2页 说明书13页 附图1页

(54) 发明名称

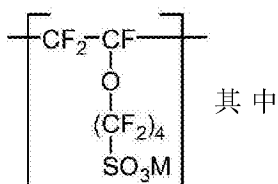
湿度传感器及其传感器元件

(57) 摘要

本公开涉及一种湿度传感器元件, 所述湿度传感器元件包括电介质基底、设置在所述电介质基底上的无孔导电电极、具有 4 至 10 纳米范围内的厚度并且水蒸气可渗透的可渗透导电电极, 和夹在所述无孔导电电极和所述可渗透导电电极之间的检测层。所述可渗透导电电极平行于所述无孔电极。两个导电电极均具有与其附接的相应导电引线。所述检测层包含具有单体单元的共聚物, 所述单体单元包括



和



其中

M 表示 H 或碱金属。还公开了一种湿度传感器, 所述湿度传感器包括湿度传感器元件。

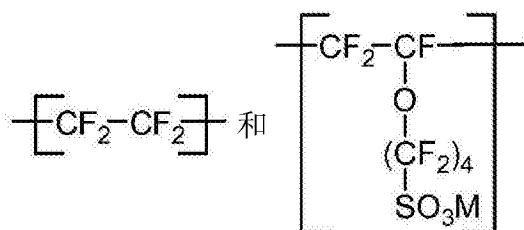
1. 一种湿度传感器元件,包括:

电介质基底;

无孔导电电极,所述无孔导电电极具有与其电联接的第一导电构件,其中所述无孔导电电极设置在所述电介质基底上;

可渗透导电电极,所述可渗透导电电极具有与其电联接的第二导电构件,其中所述可渗透导电电极具有4纳米至10纳米范围内的厚度,其中所述可渗透导电电极平行于所述无孔导电电极,并且其中所述可渗透导电电极可为水蒸气可渗透的;

检测层,所述检测层夹在所述无孔导电电极和所述可渗透导电电极之间,其中所述检测层包含具有单体单元的共聚物,所述单体单元包括



其中M表示H或碱金属。

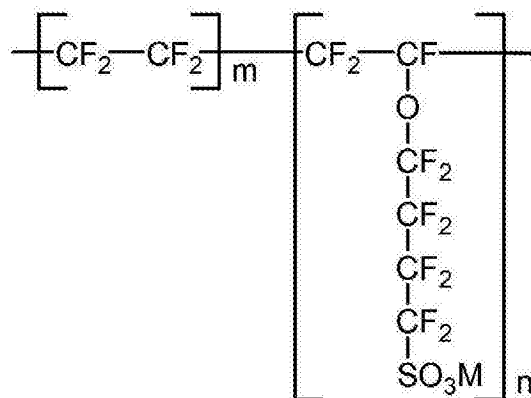
2. 根据权利要求1所述的湿度传感器元件,其中所述电介质基底是无孔的。

3. 根据权利要求1所述的湿度传感器元件,其中所述电介质基底包括玻璃板。

4. 根据权利要求1所述的湿度传感器元件,其中所述可渗透导电电极包含金。

5. 根据权利要求1所述的湿度传感器元件,其中所述无孔导电电极包含金。

6. 根据权利要求1所述的湿度传感器元件,其中所述共聚物为无规共聚物,所述无规共聚物具有由以下化学计量式表示的链段



其中m和n为正整数,并且M为H或碱金属。

7. 根据权利要求1所述的湿度传感器元件,其中所述共聚物具有500克/磷酸盐当量至1000克/磷酸盐当量范围内的磷酸盐当量重量。

8. 一种湿度传感器,包括:

传感器室,所述传感器室具有入口开口;

根据权利要求1至7中任一项所述的湿度传感器元件,其中所述湿度传感器元件具有电容,并且其中所述湿度传感器元件设置在与所述入口开口流体连通的传感器室内;和

操作电路,所述操作电路与所述湿度传感器元件的第一和第二导电引线电连通,从而如果所述湿度传感器元件连接至电力源,则所述操作电路测量所述传感器元件的电容。

9. 根据权利要求 8 所述的湿度传感器,其中所述传感器室还包括与所述入口开口流体连通的出口开口。

10. 根据权利要求 8 所述的湿度传感器,还包括以通信方式与所述操作电路联接的显示装置。

湿度传感器及其传感器元件

技术领域

[0001] 本公开广义地涉及电容式传感器元件和湿度传感器。

背景技术

[0002] 湿度传感器广泛地用于工业过程的监测和控制、环境应用、电子和生物技术领域、农业、图书馆和家庭应用中。在过去的几年中,对具有高精度、良好可重复性和长期稳定性的低成本湿度传感器的需求不断增加。遗憾的是,良好的湿度传感器非常昂贵,并且大多数廉价湿度传感器在高于 70% 或低于 20% 的相对湿度下表现不佳。

[0003] 已通过在两个平行电极之间夹入湿敏材料构造电容式湿度传感器。由于其优异的热稳定性和机械稳定性以及对湿度变化极其快速和准确的响应能力,磺化含氟聚合物已用作湿敏材料。

[0004] 在湿度传感器的构造中最广泛使用的磺化含氟聚合物之一包括 $\text{CF}_2=\text{CFOCF}_2\text{CF}(\text{CF}_3)\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{SO}_3\text{H}$ 和四氟乙烯的共聚物。该类型的聚合物可以商品名 NAFION 得自特拉华州威尔明顿的杜邦公司 (E. I. du Pont de Nemours and Company of Wilmington, Delaware)。例如,美国专利 4,662,220 (Laue) 报道了将已知的吸水性聚合物用作电容器的方法和设备,该电容器在 DC 电压下操作来测量相对湿度。当成形为多孔导电电极之间的层并在 RC 振荡器电路中操作时,振荡器频率随着待测量水分的分压逆向变化。在一个优选的实施例中,电容器由 NAFION 聚合物形成。

[0005] 美国专利 5,036,704 (Pusatcioglu 等人)报道了一种利用磺化碳氟化合物膜的水分传感器,该磺化碳氟化合物膜具有小于约一微米的厚度并能够提供准确的湿度测量结果和极其快速的湿度变化响应。公开了与传感器一起使用的电系统的一个优选实施例,并且膜的磺化四氟乙烯全氟醚共聚物形式是尤其优选的。

发明内容

[0006] 在一个方面,本公开提供了一种湿度传感器元件,其包括:

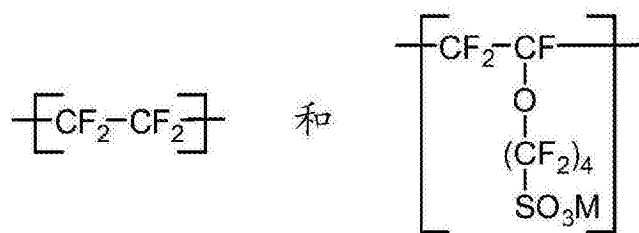
[0007] 电介质基底;

[0008] 无孔导电电极,其具有与其电联接的第一导电构件,其中无孔导电电极设置在电介质基底上;

[0009] 可渗透导电电极,其具有与其电联接的第二导电构件,其中可渗透导电电极具有 4 至 10 纳米范围内的厚度,并且其中可渗透导电电极为水蒸气可渗透的;

[0010] 检测层,其夹在无孔导电电极和可渗透导电电极之间,其中检测层包含具有单体单元的共聚物,所述单体单元包括

[0011]



[0012] 其中 M 表示 H 或碱金属(如 Li、Na 或 K)。

[0013] 根据本公开的湿度传感器元件可用于例如结合到湿度传感器中。因此,在另一方面,本公开提供了一种湿度传感器,其包括:

[0014] 传感器室,其具有入口开口;

[0015] 根据本公开的并且具有电容的湿度传感器元件,其中该湿度传感器元件设置在与入口开口流体连通的传感器室内;和

[0016] 操作电路,其与湿度传感器元件的第一和第二导电引线电连通,从而如果湿度传感器元件连接至电力源,则操作电路测量传感器元件的电容。

[0017] 用于本公开中的湿度传感器元件可具有更佳的可可靠性和/或耐久性,尤其是在高温下。

[0018] 如本文所用,术语“其中可渗透导电电极为水蒸气可渗透的”意指水蒸气能够穿过包括导电电极的松散材料的至少其全厚度的距离,并且并非是指穿过导电电极中的穿孔或其它此类有意设置的开口。

[0019] 如本文所用,“磺酸盐当量重量”是指每摩尔混合的磺酸和磺酸根基团的聚合物的重量(以克计)。

[0020] 基于磺化含氟聚合物的电容式传感器可对整个百分比范围内的湿度变化非常敏感。它们可用于例如家庭应用中以基于相对湿度自动打开/关闭浴室风扇或用于富有挑战性的工业应用中以监测腐蚀性气体的水分含量。这些传感器提供了对水蒸气的良好选择性和渗透性并且它们的响应时间与商业设备相当。

[0021] 在考虑具体实施方式以及所附权利要求书之后,将进一步理解本公开的特征和优点。

附图说明

[0022] 图 1 是根据本公开的示例性传感器元件 100 的示意性侧视图;并且

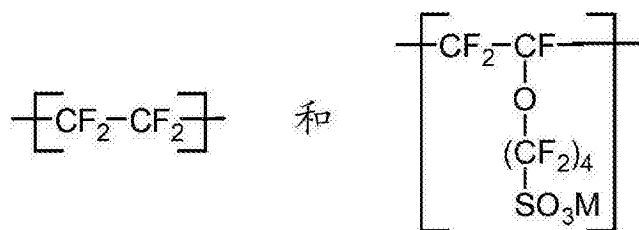
[0023] 图 2 是根据本公开的示例性湿度传感器 200 的示意性平面图。

[0024] 在所有情况下,公开内容以示例性而非限制性的方式展示。应当理解,本领域的技术人员可以设计出大量其它修改形式和实施例,这些修改形式和实施例也在落本公开原理的范围和精神内。各图可能未按比例绘制。

具体实施方式

[0025] 现在参见图 1,示例性湿度传感器元件 100 包括电介质基底 110、设置在基底 110 上的无孔导电电极 120、可渗透导电电极 140、和夹在无孔导电电极 120 和可渗透导电电极 140 之间的检测层 130。第一和第二导电构件 (122, 142) 分别与无孔导电电极 120 和可渗透导电电极 140 电联接。可渗透导电电极 140 具有 4 至 10 纳米范围内的厚度,并且为水蒸

气可渗透的。检测层 130 包含具有单体单元的共聚物,所述单体单元包括
[0026]



[0027] 其中 M 表示 H 或碱金属。

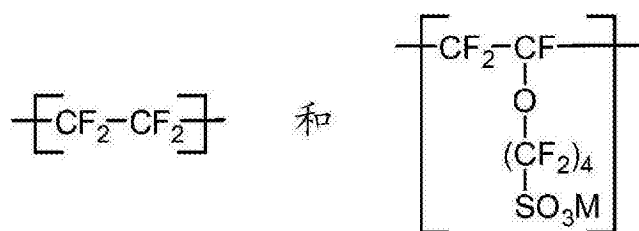
[0028] 电介质基底 110 可包含可用于向传感器元件提供物理强度和完整性的任何电介质材料。合适的材料包括玻璃、陶瓷、石材、矿物(如 α 氧化铝或蓝宝石)、热塑性材料(如聚酯、聚碳酸酯、聚酰胺、聚酰亚胺和聚醚醚酮)和热固性材料(如酚醛环氧树脂和固化环氧树脂)。在大规模生产中,可使用聚合物膜(例如,聚酯)。在一些实施例中,电介质基底是无孔的,尽管这并非必需,只要其可支承无孔导电电极即可。相似地,其通常至少与无孔导电电极共延,尽管这并非必需,只要其可支承无孔导电电极即可。在一些实施例中,电介质基底包括玻璃板。

[0029] 无孔导电电极 120 可包含任何导电材料,有利地为抗腐蚀导电材料。可使用不同材料(导电的和 / 或非导电的)的组合作为不同层或作为混合物,只要提供足够的总体导电性即可。通常,无孔导电电极具有小于约 10^7 欧姆 / 平方的薄层电阻,尽管也可使用更高的薄层电阻。可用于制备无孔导电电极的材料实例包括:有机材料、无机材料、金属及其合金、以及它们的组合。在某些实施例中,可使用涂布的(如热蒸气涂布的或溅射涂布的)金属或金属氧化物、或它们的组合。合适的导电材料包括例如铝、镍、钛、锡、铟锡氧化物、金、银、铂、钯、铜、铬、碳(如包括碳纳米管)、以及它们的组合。在一些实施例中,导电材料选自钛、金、铂、以及它们的组合。有利地,为了避免腐蚀,无孔电极的贵金属组分与检测层接触。

[0030] 无孔导电电极具有至少 4nm 至 400nm 或 10nm 至 200nm 范围内的厚度。

[0031] 检测层 120 包含具有单体单元的共聚物,所述单体单元包括

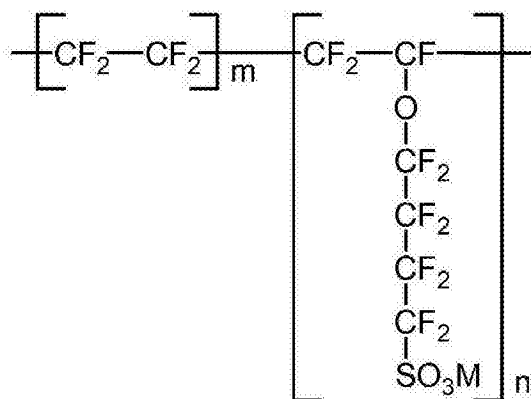
[0032]



[0033] 其中 M 表示 H (即,氢) 或碱金属(如锂、钠或钾)。

[0034] 此类共聚物描述于例如美国专利 7,348,088 (Hamrock 等人)中,该专利的公开内容以引用方式并入本文。在一个实施例中,共聚物可为无规共聚物,其具有由以下化学计量式表示的链段

[0035]



[0036] 其中 m 和 n 为正整数(即, 1、2、3 等), 并且 M 如此前所定义。还可存在诸如例如全氟烷基或全氟烷氧基的其它侧基。通常, 基本上无(如小于 5 摩尔 % 的)其它侧基存在于共聚物中; 并且更典型地, 不存在其它侧基。

[0037] 可通过四氟乙烯与 4'-氟磺酰基-1', 1', 2', 2', 3', 3', 4', 4'-八氟丁氧基-1, 2, 2-三氟乙烯(即, $\text{CF}_2=\text{CF}(\text{CF}_2)_4\text{SO}_2\text{F}$) 的共聚, 随后将磺酰氟碱性水解成碱金属磺酸盐形式或磺酸形式来制备共聚物。可包括另外的共聚单体以提供共聚物中的全氟烷基或全氟烷基醚侧基。还可将偏二氟乙烯用作单体。可通过任何合适的方法(包括水乳聚合)来实现聚合。共聚物通常可具有(即, 具有一个 $-\text{SO}_3\text{M}$ 基团的共聚物的重量)至少 500 克/磺酸盐当量, 更典型至少 650 克/磺酸盐当量, 并且更典型至少 750 克/磺酸盐当量的磺酸盐当量重量。共聚物通常具有小于 1200 克/磺酸盐当量、更典型小于 1100 克/磺酸盐当量, 或甚至小于或等于 1000 克/磺酸盐当量的磺酸盐当量重量。在一些实施例中, 共聚物具有 500 至 1000 克/磺酸盐当量范围内的磺酸盐当量重量。

[0038] 可商购获得的共聚物的实例包括可以商品名 3M 全氟磺酸离聚物购自明尼苏达州圣保罗市的 3M 公司 (3M Company, Saint Paul, Minnesota) 的那些。

[0039] 可通过任何合适的技术来沉积检测层(例如, 沉积在无孔导电层上)。通常有效的方法是用溶剂或水浇注, 随后加热以干燥并任选地对检测层进行退火。如果需要, 氟磺酰化的前体共聚物可用溶剂浇注, 随后水解, 如上所述。

[0040] 检测层可具有任何厚度, 但通常在约 100 纳米 (nm) 至 1 毫米的范围内。更典型地, 检测层具有 500nm 至 10 微米, 或甚至 700 至 3500nm 范围内的厚度。

[0041] 检测层可包含另外的添加物, 诸如例如着色剂、残余有机溶剂、填料或增塑剂; 然而, 由于此类添加剂可能是有害的, 因此检测层通常基本上由上述共聚物组成(或由其组成)。

[0042] 可渗透导电电极 140 为水蒸气可渗透的且导电的。通常, 可渗透导电电极具有小于约 107 欧姆/平方的薄层电阻, 尽管也可使用更高的薄层电阻。

[0043] 在一些实施例中, 可渗透导电电极包含至少一种贵金属(如金、铂、钯、或它们的组合)。在一些实施例中, 可渗透导电电极可具有至少 50 重量%, 60 重量%, 70 重量%, 80 重量%, 90 重量%, 95 重量%, 99 重量%, 或甚至至少 99.9 重量% 的贵金属含量。在一些实施例中, 可渗透导电电极由或基本上由金、钯、铂、或它们的组合组成。第二层可包含另外的组分, 只要其保持对水蒸气可渗透即可。可使用不同材料(导电的和/或非导电的)的组合作为不同层或作为混合物, 只要提供足够的总体导电性和渗透性即可。通常, 可渗透导电电极

具有小于约 10^7 欧姆 / 平方的薄层电阻。

[0044] 可渗透导电电极具有 4 至 10 纳米 (nm) 范围内的厚度。在一些实施例中,可渗透导电电极具有 5、6 或 7nm 最多至 8、9 或 10nm 范围内的厚度。例如,可渗透导电电极可具有 5nm 至 8nm 或 6nm 至 7nm 范围内的厚度。更大的厚度通常具有不理想的低渗透性水平,而更小的厚度可能变得不足以导电和 / 或难以电连接至第二导电构件。由于可渗透导电电极是可渗透的,因此第一电极通常包括连续的、不间断的层,但如果需要,其可包括开口或其它间断。

[0045] 可渗透导电电极可通过热气相沉积工艺来制备。在热气相沉积中,将用于制备可渗透导电电极的材料在真空下加热,直至其蒸发并沉积在湿度传感器元件的适当组件(如检测层 120)上。可使用任何合适的加热源;实例包括电阻加热、激光加热和电子束加热(也称为电子束蒸发)。热气相沉积通常在约 10^{-5} 或 10^{-6} 托 (1mPa-0.1mPa) 或更低的压强下进行。

[0046] 热气相沉积与溅射沉积不同。在溅射沉积中,高能原子冲击目标或源,然后所述目标或源喷射在基底上沉积的材料。涉及溅射沉积的典型压强在 10^{-2} - 10^{-4} 托 (1Pa-0.1Pa) 或更高的范围内。

[0047] 第一和第二导电构件 (122, 142) 可由任何导电材料形成,诸如例如金属(如金或铜)、碳、和 / 或导电氧化物。第一和第二导电构件 (122, 142) 可包括例如线材、迹线、或它们的组合。它们在传感器元件的组装期间可以任何适当的点电联接至可渗透和无孔导电电极。例如,在无孔导电电极的沉积之后和检测层的沉积之前可立即将第一导电构件 122 附接到无孔导电电极 120。

[0048] 现在参见图 2, 示例性湿度传感器 200 包括具有入口开口 222 和任选的出口开口 224 的传感器室 210。湿度传感器元件 100 (如上文所述) 设置在传感器室 210 中, 并与入口开口 222 和任选的出口开口 224 (如果存在) 流体连通。在典型的操作中, 含有水蒸气的样品 230 进入感测室 210, 在这里其接触湿度传感器元件 100。操作电路 240 经由导电路径 290 与湿度传感器元件 100 电连通。当连接至电力源 270 时, 操作电路 240 测量湿度传感器元件 100 的电容。在一些实施例中, 操作电路 240 以通信方式联接至数据存储装置 250、控制器装置 280, 和 / 或显示装置 260。

[0049] 操作电路 240 可具有任何合适的设计, 例如本领域的技术人员将已知的设计。例如, 操作电路可包括 LCR 计、万用表、或其它电子测量装置。

[0050] 在操作中, 操作电路 240 与电力源 270 电连通。

[0051] 示例性电力源包括电池、插入式电源、发电机、硬连线电源和 RF 发电机(例如, 如果操作电路包括 RF 接收器)。

[0052] 传感器室可由对水蒸气不可渗透的任何固体材料构造。实例包括金属和 / 或塑料。示例性显示装置 260 包括 LED 显示器、LCD 显示器、CRT 显示器、电测试仪 (galvanic meter) 和打印机。控制器装置 280 (如果存在) 包括指导操作电路的操作的硬件和 / 或软件。示例性数据存储装置 250 包括闪存卡、硬盘、数字磁带和 CD-R 媒体。

[0053] 根据本公开的湿度传感器元件和传感器装置可用于检测和 / 或监测(如定性或定量地) 空气的湿度水平, 并且还可用于检测被检测层吸附 / 吸收的其它分析物。

[0054] 检测层吸收足够的水蒸气之后, 与湿度传感器元件相关的电性能(如电容、阻抗、

电感、导纳、电流、或电阻)可发生可检测的变化。此类可检测的变化可由与无孔导电电极和可渗透导电电极电连通的操作电路检测。在该上下文中,“操作电路”一般是指可用于向无孔导电电极和可渗透导电电极施加电压(从而向电极赋予电荷差)和/或用于监测传感器元件的电性能的电设备,其中电性能可以响应于水蒸气的存在而变化。在各种实施例中,操作电路可监测以下的任一个或组合:电感、电容、电压、电阻、电导系数、电流、阻抗、相位角、功耗因子、或耗散。

[0055] 此类操作电路可包括单个设备,该设备既向电极施加电压,又监测电性能。在一个可供选择的实施例中,此类操作电路可以包括两个单独的设备,一个提供电压,并且一个监测信号。操作电路通常通过第一和第二导电构件与无孔导电电极和可渗透导电电极电联接。

[0056] 根据本公开的湿度传感器元件可用作例如湿度传感器中的传感器元件,例如,如上文所述。

[0057] 通过以下非限制性实例进一步示例本公开的目的和优点,但这些实例中所述的具体材料及其用量,以及其它条件和细节不应视为不当地限制本公开。

[0058] 实例

[0059] 除非另外指明,实例和说明书的其余部分中的所有份数、百分比、比率等均为以重量计。

[0060] 样品的制备

[0061] 通过在得自纽约怀特普莱恩斯艾可纳公司(Alconox, Inc., White Plains, New York)的ALCONOX LIQUI-NOX洗涤剂溶液中浸泡30-60分钟,然后用硬毛刷擦洗载片的每一侧,在温热自来水下冲洗,随后用去离子水最终冲洗,清洁载玻片(玻璃编号0050-0050-0010-GF-CA, 50mm×50mm, 1.1mm厚,材料C-263,表面80/50,得自加利福尼亚州圣安娜的精密玻璃光学公司(Precision Glass&Optics, Santa Ana, California))。允许载片在被覆盖下风干,以防止灰尘积聚在表面上。将干燥、清洁的载片保存在3英寸(7.6-cm)的晶片载体(得自明尼苏达州查斯卡的英特格公司(Entegris, Chaska, Minnesota))中。

[0062] 通过使用方形掩模(掩模A)热蒸气涂布5.0纳米(nm)的钛,随后涂布20.0nm的金来将无孔导电电极沉积到清洁载玻片上,该方形掩模具有单个矩形开口,该开口具有0.46英寸(1.2cm)的顶部边缘、0.59英寸(1.5cm)的底部边缘以及0.14英寸(0.35cm)的左边缘和右边缘,掩模A由激光切割1.16mm厚不锈钢制备。使用得自纽约州东锡拉库扎的英福康公司(INFICON)的INFICON XTC/2膜沉积控制器来控制沉积工艺。

[0063] 接着,使用得自宾夕法尼亚州北威尔士的劳雷尔技术公司(Laurell Technologies Corporation, North Wales, Pennsylvania)的WS400B-8NPP/LITE型旋涂机,用磺化含氟聚合物的溶液/分散体(3M全氟磺酸离聚物(825克/磺酸盐当量、明尼苏达州圣保罗市的3M公司或NAFION DE2820共聚物,特拉华州威尔明顿的杜邦公司(E. I. du Pont de Nemours&Co., Wilmington, Delaware)))对无孔导电电极进行旋涂。将待涂布的每个样本置于旋涂机中,并将约0.5ml的甲醇置于样品上。将每个样品以指定的特定转速(rpm)旋转60秒。然后,对于所有样本,将约1mL的磺化含氟聚合物溶液/分散体分散在样品上并以特定rpm(参见实例)旋转60秒。旋涂后,使用得自加利福尼亚州圣克鲁斯AMBiOS技术公司(AMBiOS Technology of Santa Cruz, California)的XP-1型轮廓曲线仪对磺化含

氟聚合物(即,检测层)进行厚度测量。在涂布之后,将所有样品在 150℃下烘烤一小时。

[0064] 通过 2 英寸 (5cm) × 2 英寸 (5cm) 掩模(掩模 B),使用 6nm 厚度的金热沉积来气相沉积可渗透导电电极,掩模 B 具有以 0.22 英寸 (0.56cm) 竖直隔开以及以 0.48 英寸 (1.2cm) 水平隔开的四个 0.60 英寸 (1.5cm) 高度 × 0.33 英寸 (0.84cm) 宽度的矩形开口的 2×2 规则阵列,该掩模通过激光铣削由 24 规格不锈钢制成。沉积可渗透导电电极之后,通过 2 英寸 (5cm) × 2 英寸 (5cm) 掩模(掩模 C),通过热蒸气涂布 5.0nm 的钛,随后涂布 20.0nm 的金来沉积连接电极,掩模 C 具有 0.4 英寸 (1cm) 高度,0.14 英寸 (0.36cm) 左边缘和右边缘,以及 0.92 英寸 (2.4cm) 间隔的两个水平的矩形开口,该掩模通过激光铣削由 50 规格不锈钢制备。使用 INFICON XTC/2 薄膜沉积控制器来控制所述沉积工艺。

[0065] 该样本制备工艺产生一组 4 个大约 5mm × 6mm 有效面积(夹在可渗透导电电极和无孔导电电极之间的面积)的样本,所述样本设置在大约 50mm × 50mm 玻璃基底上。通过在支承样本的同时使用标准玻璃划线切割器在背面(非活性侧)上将样本切片来制备各个样本,使得不损坏它们的正(活性)表面。在切片后,使用 Protek 万用表(63005in1 型,数字万用表,得自新泽西州恩格尔伍德的 Protek 测试和测量公司(Protek Test and Measurement of Englewood, New Jersey))来测试各个样本的电短路。

[0066] 所有测试都在空气中进行,所述空气已穿过硫酸钙干燥剂(得自俄亥俄州齐尼亚的 W.A. 哈蒙德干燥石膏有限公司(W.A. Hammond Drierite Co. Ltd., Xenia, Ohio))来去除水分,并穿过活性炭以消除有机污染物。用设置在测试室内的样本进行蒸气测试,该测试室引入具有变化的相对湿度水平的空气。

[0067] 测试样本在环境温度下对各种相对湿度水平的响应。使用简单的流通递送系统以将已知的相对湿度水平递送至电容式传感器用于测量。递送系统整体使用 PTFE 管材。通过含有蒸馏水的温度受控蒸发瓶由 10L/min 空气流来产生暴露浓度。通过得自 VWR 的加热/冷却循环器来控制双壁烧瓶中的水温,并且通过 Matheson 气体流量计来调节干燥空气的气流。用购自康涅狄格州斯坦福德 ω 工程有限公司(Omega Engineering Inc., Stamford, Connecticut)的 iTHX-M 湿度计来监测气体流中的相对湿度。将潮湿的空气引入含有湿度传感器(以上制备的)的测试室(保持在受控温度下)中。将湿度传感器的电极连接至操作电路,该操作电路包括使用弹簧加载的探针的 LCR 计(以 Instek Model821LCR 计购自加利福尼亚州奇诺的固纬美国公司(Instek America, Corp. Chino, California))。在整个水蒸气测试过程中以特定的时间间隔以 1kHz 的频率和 1V 来监测电容式传感器的电容变化(以皮可法拉(pF)计)。此类低操作电势和高扰动频率的选择确保与所测量气流中存在的电解水相关的任何可能的法拉第过程不存在干扰。

[0068] 根据表 1(下文)中所示的以上工序制备样本(即,湿度传感器元件减去导电构件)。

[0069] 表 1

[0070]	样本	检测层厚度, 纳米	0%相对湿度下的基极电容, pF
	1	708	1.6
	2	5084	1.8
	3	2456	0.8
	4	3361	1.8
	5	2038	1.6

[0071] 实例 1

[0072] 通过用甲醇将其稀释来制备 3M 全氟磺酸离聚物 (825 克 / 磺酸盐当量) 的 10 重量 % 固体溶液。以 2000rpm 进行旋涂。在测试前, 将样本 (样本 1) 置于 150°C 下的烘箱中 15 分钟。通过将 Instek 型 821LCR 计的弹簧夹探针附接到无孔导电电极和可渗透导电电极来评估样本。湿度暴露显示在广泛的相对湿度范围内与 ω iTHX-M 湿度计相当的非常良好的传感器灵敏度。将在相同条件下使用 ω iTHX-M 湿度计测量的湿度和测量的湿度传感器的电容值报告于表 2 (下文) 中。

[0073] 表 2

[0074]

ω ITHX-M 湿度计, %相对湿度	样本 1 的电容, 皮可法拉
1.7	1.59
8.2	1.76
10.9	1.79
12.5	1.83
18	2.11
27.8	4.23
42.3	17
60.6	75
81.5	321
61.1	100
18.1	2.13
15.4	2.02
10.6	1.77
6.6	1.67
1.4	1.58
1.1	1.57

[0075] 实例 2

[0076] 将 3M 全氟磺酸离聚物 (825 克 / 磺酸盐当量) 在 60/40 (重量 / 重量) 正丙醇 / 水中的 20.2 重量 % 固体溶液用于该样本 (样本 2) 的制备中。以 1000rpm 进行旋涂。在测试前, 将样本置于 150℃ 下的烘箱中 15 分钟。通过将 Instek 型 821LCR 计的弹簧夹探针附接到无孔导电电极和可渗透导电电极来评估样本。湿度暴露显示在广泛的相对湿度范围内与 ω iTHX-M 湿度计相当的非常良好的传感器灵敏度。将在相同条件下使用 ω iTHX-M 湿度计测量的湿度和测量的湿度传感器的电容值报告于表 3 中。

[0077] 实例 3

[0078] 将 3M 全氟磺酸离聚物 (825 克 / 磺酸盐当量) 在 60/40 (重量 / 重量) 正丙醇 / 水中的 20.2 重量 % 固体溶液用于该样本 (样本 3) 的制备中。以 2000rpm 进行旋涂, 从而得到比样本 2 中更薄的检测层。在测试前, 将样本置于 150℃ 下的烘箱中 15 分钟。通过将 Instek 型 821 LCR 计的弹簧夹探针附接到无孔导电电极和可渗透导电电极来评估样本。湿度暴露显示在广泛的相对湿度范围内与 ω iTHX-M 湿度计相当的非常良好的传感器灵敏度。将在相同条件下使用 ω iTHX-M 湿度计测量的湿度和测量的湿度传感器的电容值报告

于表 3 (下文) 中。

[0079] 表 3

[0080]

ω ITHX-M 湿度计, %相对湿度	样本 3 的电 容, 皮可法拉	样本 2 的电 容, 皮可法拉
0.6	0.78	1.42
10.1	2	7.2
16.4	8.3	42
33.2	96	457
46.9	302	1377
57.3	573	2698
75.6	1798	7830
58.2	776	3581
47.6	420	2024
33.4	128	657
18.5	14.3	79
10.4	2.4	8.6
1.1	0.81	1.46

[0081] 实例 4

[0082] 将 3M 全氟磺酸离聚物 (825 克 / 磺酸盐当量) 在 60/40 (重量 / 重量) 正丙醇 / 水中的 20.2 重量 % 固体溶液用于该样本 (样本 4) 的制备中。以 4000rpm 进行旋涂。在测试前, 将样本置于 150℃ 下的烘箱中 15 分钟。通过将 Instek 型 821LCR 计的弹簧夹探针附接到无孔导电电极和可渗透导电电极来评估样本。湿度暴露显示在广泛的低相对湿度范围内与 ω iTHX-M 湿度计相当的非常良好的传感器灵敏度。将在相同条件下使用 ω iTHX-M 湿度计测量的湿度和测量的湿度传感器的电容值报告于表 4 中。

[0083] 实例 5

[0084] 将 3M 全氟磺酸离聚物 (825 克 / 磺酸盐当量) 在 60/40 (重量 / 重量) 正丙醇 / 水中的 20.2 重量 % 固体溶液用于该样本 (样本 5) 的制备中。以 8000rpm 进行旋涂, 从而得到比样本 4 中更薄的检测层。在测试前, 将样本置于 150℃ 下的烘箱中 15 分钟。通过将 Instek 型 821LCR 计的弹簧夹探针附接到无孔导电电极和可渗透导电电极来评估样本。湿度暴露显示在广泛的低相对湿度范围内与 ω iTHX-M 湿度计相当的非常良好的传感器灵敏度。将在相同条件下使用 ω iTHX-M 湿度计测量的湿度和测量的湿度传感器的电容值报告于表 4 (下文) 中。

[0085] 表 4

[0086]	ω ITHX-M 湿度计, %相对湿度	样本 5 的电 容, 皮可法拉	样本 4 的电 容, 皮可法拉
	0.6	1.562	1.549
	3.9	1.635	1.694
	6.6	1.752	2.045
	9	1.963	2.774
	11.3	2.348	4.081
	14.7	3.53	7.724
[0087]	15.7	3.973	8.997
	14.1	3.148	6.539
	12	2.449	4.421
	9.2	1.973	2.871
	7.7	1.819	2.355
[0088]	1.1	1.578	1.588

[0088] 实例 6

[0089] 如同实例 1 中执行实例 6, 不同的是金可渗透导电电极为 7nm 厚并且连接电极由 50nm 金制成。将 3M 全氟磺酸离聚物 (825 克 / 磺酸盐当量) 在 60/40(重量 / 重量)正丙醇 / 水中的 20 重量 % 固体溶液用于该样本(样本 6)的制备中。以 2500rpm 进行旋涂, 从而得到 1.444nm 厚的检测层。在测试前, 将样本置于 150℃ 下的烘箱中 15 分钟。通过将 Instek 型 821LCR 计的弹簧夹探针附接到无孔导电电极和可渗透导电电极来评估样本。将在相同条件下使用 ω iTHX-M 湿度计测量的湿度和测量的湿度传感器的电容值报告于表 5 中。

[0090] 比较例 A

[0091] 比较例 A 一般以如同实例 6 的方式制备, 不同的是使用 NAFIONDE2820 代替 3M 全氟磺酸离聚物, 并且修改旋涂条件以达到类似的检测层厚度。通过用 60/40(重量 / 重量)正丙醇 / 水稀释来制备 NAFIONDE2820 共聚物的 20 重量 % 固体溶液。以 8000rpm 进行旋涂, 从而得到 1.433nm 厚的检测层。在测试前, 将样本(比较样本 A)置于 150℃ 下的烘箱中 15 分钟。通过将 Instek 型 821LCR 计的弹簧夹探针附接到无孔导电电极和可渗透导电电极来评估比较样本 A。与相当的基于 3M 全氟磺酸离聚物的样本(样本 6)相比, 湿度暴露显示非常良好的灵敏度, 但较少的响应。

[0092] 将在相同条件下使用 ω iTHX-M 湿度计测量的湿度和测量的样本 6 和比较样本 A 的电容值报告于表 5 (下文) 中。

[0093] 表 5

[0094]

ω ITHX-M 湿度计, %相对湿度	样本 6 的电容变化, 毫微法拉	比较样本 A 的电容变化, 毫微法拉
0.1	657	475
0.5	723	512
2.1	824	545
6.3	1040	659
12.0	1266	787
25.0	1720	1238

[0095] 选择本公开的实施例

[0096] 在第一实施例中, 本公开提供了一种湿度传感器元件, 所述湿度传感器元件包括:

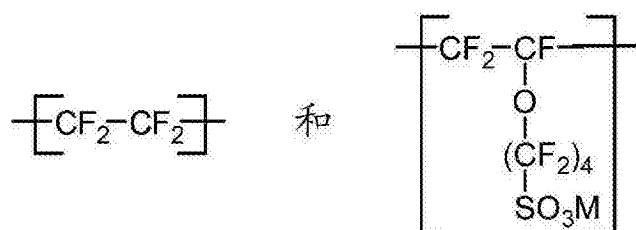
[0097] 电介质基底;

[0098] 无孔导电电极, 所述无孔导电电极具有与其电联接的第一导电构件, 其中所述无孔导电电极设置在所述电介质基底上;

[0099] 可渗透导电电极, 所述可渗透导电电极具有与其电联接的第二导电构件, 其中所述可渗透导电电极具有 4 至 10 纳米范围内的厚度, 其中所述可渗透导电电极平行于所述无孔导电电极, 并且其中所述可渗透导电电极为水蒸气可渗透的;

[0100] 检测层, 所述检测层夹在所述无孔导电电极和所述可渗透导电电极之间, 其中所述检测层包含具有单体单元的共聚物, 所述单体单元包括

[0101]



[0102] 其中 M 表示 H 或碱金属。

[0103] 在第二实施例中, 本公开提供了根据第一实施例所述的湿度传感器元件, 其中电介质基底是无孔的。

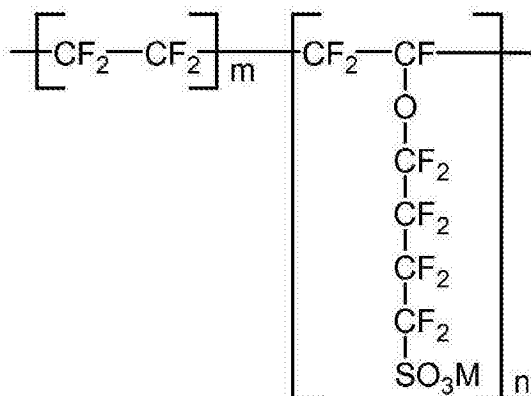
[0104] 在第三实施例中, 本公开提供了根据第一和第二实施例所述的湿度传感器元件, 其中所述电介质基底包括玻璃板。

[0105] 在第四实施例中, 本公开提供了根据第一至第三实施例中任一项所述的湿度传感器元件, 其中所述可渗透导电电极包含金。

[0106] 在第五实施例中, 本公开提供了根据第一至第四实施例中任一项所述的湿度传感器元件, 其中所述无孔导电电极包含金。

[0107] 在第六实施例中,本公开提供了根据第一至第五实施例中任一项所述的湿度传感器元件,其中所述共聚物为无规共聚物,所述无规共聚物具有由以下化学计量式表示的链段

[0108]



[0109] 其中 m 和 n 为正整数,并且 M 为 H 或碱金属。

[0110] 在第七实施例中,本公开提供了根据第一至第六实施例中任一项所述的湿度传感器元件,其中所述共聚物具有 500 至 1000 克 / 磺酸盐当量范围内的磺酸盐当量重量。

[0111] 在第八实施例中,本公开提供了一种湿度传感器,所述湿度传感器包括:

[0112] 传感器室,所述传感器室具有入口开口;

[0113] 根据第一至第七实施例中任一项所述的并且具有电容的湿度传感器元件,其中所述湿度传感器元件设置在与所述入口开口流体连通的传感器室内;和

[0114] 操作电路,所述操作电路与所述湿度传感器元件的第一和第二导电引线电连通,从而如果所述湿度传感器元件连接至电力源,则所述操作电路测量所述传感器元件的电容。

[0115] 在第九实施例中,本公开提供了根据第八实施例所述的湿度传感器,其中所述传感器室还包括与所述入口开口流体连通的出口开口。

[0116] 在第十实施例中,本公开提供了根据第八或第九实施例所述的湿度传感器元件,还包括以通信方式与所述操作电路联接的显示装置。

[0117] 在不脱离本公开的范围和精神的条件下,可由本领域的技术人员对本公开进行各种修改和更改,并且应当理解,本公开不会不当地受限于本文所示的示例性实施例。

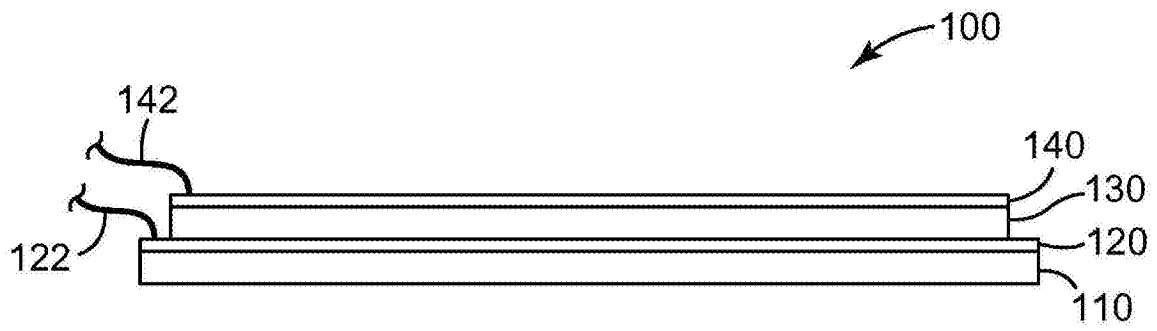


图 1

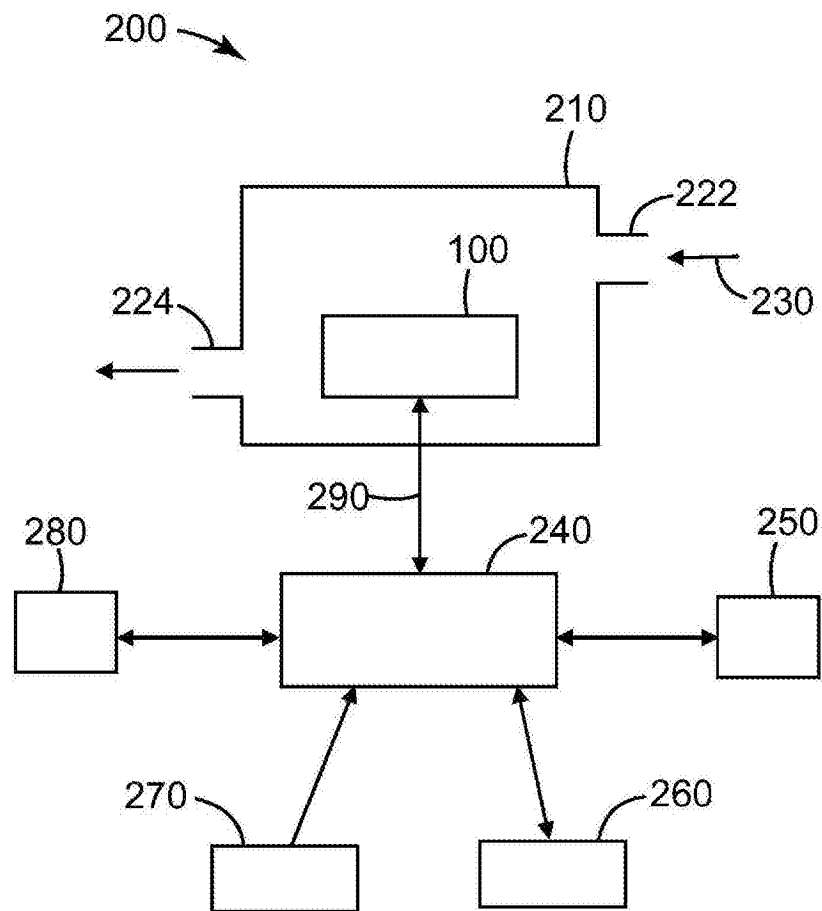


图 2