



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201930872 A

(43)公開日：中華民國 108 (2019) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：107130650

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 08 月 31 日

(51)Int. Cl. : G01N27/26 (2006.01)

(30)優先權：2017/09/01 美國

62/553,567

(71)申請人：美商 3 M 新設資產公司 (美國) 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY (US)
美國(72)發明人：偉伯 瑞查德 恰德 WEBB, RICHARD CHAD (US)；穆勒 亞當 詹姆士
MEULER, ADAM JAMES (US)；維能 安德魯 史蒂芬 VINER, ANDREW
STEPHEN (US)；大衛 摩西斯 米卡拉 DAVID, MOSES MEKALA (US)；勾帕
勒克里斯南 狄普提 GOPALAKRISHNAN, DEEPTI (IN)；恩多 詹姆士 派翠
克 ENDLE, JAMES PATRICK (US)；波妮費斯 安德魯 保羅 BONIFAS, ANDREW
PAUL (US)；阿梅爾 尼可拉斯 葛羅葛瑞 AMELL, NICHOLAS GREGORY (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：22 項 圖式數：15 共 59 頁

(54)名稱

用於呼吸器之感測元件

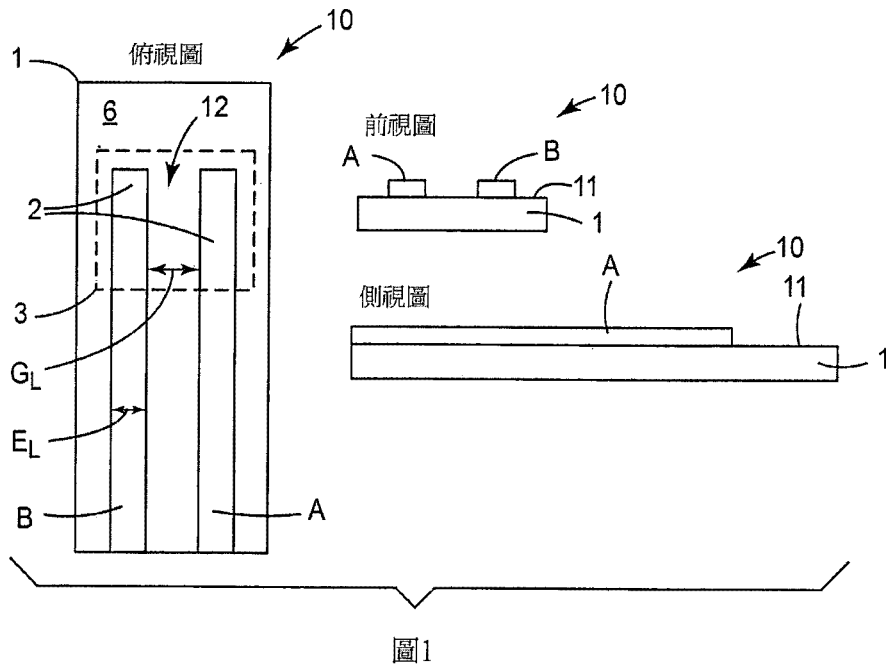
SENSING ELEMENT FOR RESPIRATOR

(57)摘要

感測元件包括基材，其包括不導電表面；至少一高表面能區域；及電極對結構，其係設置於不導電表面上。電極對結構包括至少一對電極，該對電極在其間具有間隙。電極中之至少一者係至少部分地在至少一高表面能區域內。感測元件經組態以感測流體可溶性微粒物質。

A sensing element includes a substrate including an electrically non-conductive surface, at least one high surface energy region, and an electrode pair structure disposed on the electrically non-conductive surface. The electrode pair structure includes at least one pair of electrodes having a gap therebetween. At least one of the electrodes is at least partially within the at least one high surface energy region. The sensing element is configured to sense fluid-soluble particulate matter.

指定代表圖：



- 符號簡單說明：
- 1 . . . 基材
 - 2 . . . 電極對結構
 - 3 . . . 高表面能區域
 - 6 . . . 低表面能區域/較低表面能區域/濕區域
 - 10 . . . 感測元件
 - 11 . . . 不導電表面/層
 - 12 . . . 間隙
 - A . . . 電極
 - B . . . 電極
 - E_L . . . 橫向寬度
 - G_L . . . 橫向距離

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】 用於呼吸器之感測元件

SENSING ELEMENT FOR RESPIRATOR

【技術領域】

【先前技術】

【0001】 微粒物質(PM)感測器係經組態以能夠定量在環境中之固體粒子濃度的感測元件，最常見的是粒子懸浮在氣相中的環境。由於更加意識到 PM 對人類健康的可能影響，PM 感測器已在過去十年中受到更多關注。PM 感測器常用於實現環境 PM 監測、柴油引擎煙灰粒子輸出、及粒子過濾器效率測量（包括呼吸器貼合性測試）。大部分感測器系統落入下列類別之一者：1)基於質量之測量，其藉由使用質量天平或石英晶體微量天平來監測隨時間沉積之粒子之質量（一般用於環境監測）；2)基於光學之測量，其中使用光學信號以監測空氣流中粒子之濃度（一般用於環境監測及定量呼吸器貼合性測試）；及 3)電導率感測，其中導電粒子沉積在一對電極上而得到可測量之電信號（一般用於柴油引擎煙灰監測，這是因為煙灰粒子具導電性）。

【0002】 基於質量之測量通常是繁瑣的，或者需要相對昂貴的石英晶體元件和頻率計數電子器件。光學感測亦需要相對昂貴的光學系統和高功率需求。電性感測器可以花費不多的方式製造，這是因為以其最簡單的形式，可僅由在基材上之一對電極組成。然而，基於電性測量之現有 PM 感測器（諸如在柴油引擎煙灰感測中所採用之 PM 感

測器) 要求所關注粒子在其固態下具導電性。這項要求排除將該等感測器用於監測電絕緣的固體粒子，諸如固體鹽粒子。另外，電性感測器可受到環境條件變化(諸如溫度和濕度變化)的影響。

【發明內容】

【0003】 本揭露係關於一種呼吸器之感測元件。具體而言，本揭露係關於一種電子感測元件，其經組態以在流體可離子化氣溶膠之存在下，經歷電性(電阻、電容、或其他 AC 阻抗性質)之變化。電子感測元件可經組態以能夠補償由環境因素引起的背景雜訊，環境因素例如溫度、濕度、及氣體組分相互作用。

【0004】 在一態樣中，感測元件包括基材，其包括不導電表面；至少一高表面能區域；及電極對結構，其係設置於不導電表面上。電極對結構包括至少一對電極，該對電極在其間具有間隙。電極中之至少一者係至少部分地在至少一高表面能區域內。感測元件經組態以感測流體可溶性或流體可離子化微粒物質。

【0005】 上文的發明內容非意欲描述本揭露之各個實施例或每一個實施方案。更為完整的理解藉由參照下列實施方式及申請專利範圍並搭配隨附圖式將變得顯而易見並被瞭解。換言之，此等及多種其他特徵與優點將因研讀下列實施方式而為顯而易見的。

【圖式簡單說明】

【0006】

圖 1 係一說明性感測元件的示意俯視圖、前視圖、及側視圖。

圖 2 係兩個說明性感測元件的示意俯視圖。

圖 3 係一說明性感測元件的示意剖面圖。

圖 4A 係另一說明性感測元件的示意俯視圖、前視圖、及側視圖。

圖 4B 係另一說明性感測元件的示意俯視圖、前視圖、及側視圖。

圖 5A 係製造感測元件之一說明性方法的流程圖。

圖 5B 係製造感測元件之另一說明性方法的流程圖。

圖 6 係繪示設置於電極對結構上之流體的圖 4A 之感測元件的示意剖視圖。

圖 7 係具有過濾元件之一說明性感測元件的示意剖視圖。

圖 8 係繪示設置於電極對結構上之流體的圖 7 之感測元件的示意剖視圖。

圖 9 係另一說明性感測元件的示意俯視圖。

圖 10 係另一說明性感測元件的示意俯視圖。

圖 11 係繪示感測器對不同於水中之 NaCl 濃度的反應的圖，上方三個圖繪示隨頻率變動之電阻（實線）和電抗（虛線），其係由以指示溶液之液體層塗佈時之感測器測量。下方三個圖繪示隨頻率變動之阻抗量值（實線）和相移（虛線），其係由以指示溶液之液體層塗佈時之感測器測量。Z = 阻抗量值， θ = 相移，R = 電阻，且 X = 電抗。

圖 12A 至圖 12C 係繪示針對施加於鹽氣溶膠感測器之不同表面改質及塗佈系統的等溫水吸收及 NaCl 氣溶膠反應之比較的圖。

圖 13A 至圖 13D 係繪示針對施加於鹽氣溶膠感測器之 O_2 +TMS 電漿+兩性離子矽烷接以不同塗層重量之葡萄糖的等溫水吸收及 NaCl 氣溶膠反應之比較的圖。

圖 14A 至圖 14C 係繪示針對具有和不具有過濾器元件之感測器的等溫水吸收及 NaCl 氣溶膠反應之比較的圖。

圖 15 係一說明性呼吸器感測器系統的示意圖。

【實施方式】

【0007】 下文實施方式將參考構成本說明書之一部分的隨附圖式，而且在其中以圖解說明的方式呈現數個具體實施例。要理解的是，其他實施例係經設想並可加以實現而不偏離本揭露的範疇或精神。因此，以下之詳細敘述並非作為限定之用。

【0008】 除非另有具體說明，本文中所用之所有科學及技術用語具有所屬技術領域中所通用的意義。本文所提出的定義是要增進對於本文常用之某些用語的理解，並不是要限制本揭露的範疇。

【0009】 除非另有所指，本說明書及申請專利範圍中用以表達特徵之大小、數量、以及物理性質的所有數字，皆應理解為在所有情況下以用語「約(about)」修飾之。因此，除非另有相反指示，否則在前面說明書以及隨附申請專利範圍中所提出的數值參數為近似值，其可依據所屬技術領域中具有通常知識者運用在本文中所揭示之教示而獲得的所要性質而變。

【0010】 由端點表述的數值範圍包括在該範圍之內包含的所有數字（例如，1 至 5 包括 1、1.5、2、2.75、3、3.80、4、及 5）以及該範圍內的任何範圍。

【0011】 如本說明書以及隨附申請專利範圍中所使用，除非內文明確地另有所指，單數形「一(a/an)」以及「該(the)」涵蓋具有複數個指稱物(referents)的實施例。

【0012】 如本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，用語「或(or)」通常係以包括「及/或(and/or)」之含義採用，除非內文明確另有所指。

【0013】 如本文中所使用，「具有(have, having)」、「包括(include, including)」、「包含(comprise, comprising)」或諸如此類係以其開放式意義使用，且一般意指「包括但不限於(including, but not limited to)」。應理解，「基本上由…組成(consisting essentially of)」、「由…組成(consisting of)」、以及類似用語係歸於「包含(comprising)」以及類似用語中。

【0014】 如本文中所使用，用語「流體可溶性(fluid-soluble)」與「流體可離子化(fluid-ionizable)」在本揭露中為均等的。

【0015】 本揭露係關於一種呼吸器之感測元件。具體而言，本揭露係關於一種電子感測元件，其經組態以在流體可離子化氣溶膠之存在下，經歷電性（電阻、電容、或 AC 阻抗）之變化。電子感測元件可經組態以能夠補償由環境因素引起的背景雜訊，環境因素例如溫度、濕度、及氣體組分相互作用。電子感測元件亦可經組態以容易地

插入感測器中並自感測器移除，以便能夠讀出感測元件信號。在一些情況下，感測器可係無線，從而實現完全無線的氣溶膠監測系統，其具有可拋棄式感測器元件，可拋棄式感測器元件可經組態以與呼吸防護裝置整合。電子感測元件可使得一些在固體粒子狀態下為不導電之粒子能夠進行電氣偵測，且亦提供針對環境變化之背景補償的手段。電子感測元件經組態以偵測溶解於流體中之導電組分的粒子。例如，結晶鹽粒子（諸如氯化鈉粒子）在固體粒子狀態下為電絕緣的，但溶解成為導電鈉和氯離子於極性流體（諸如水）中。感測元件能夠偵測此等粒子，這是因為感測元件之表面經設計，使得流體膜形成於電極之間的區域中。當所關注粒子碰撞感測元件時，該等粒子溶解於流體中，使其接著能夠進行偵測。感測元件可經設計使得流體膜自環境中之氣體形成。作為一實例，藉由來自人類呼吸之水蒸氣的凝結，可形成流體。在此實例中，可將感測元件放置在呼吸器內部，以用於呼吸器貼合性測試。洩漏至呼吸器中之氣溶膠化鹽粒子可碰撞感測元件表面，該感測元件表面具有由佩戴者呼氣中之水蒸氣所形成的流體層，以實現呼吸器的洩漏偵測。

【0016】 背景補償可由感測元件表面上的第二對電極提供（雖然兩對電極可共用單一共同接地元件）。此第二對電極（參考電極）可具有在電極表面上之粒子過濾元件，該粒子過濾元件可防止所關注粒子與參考電極相互作用。然而，隨著過濾元件的適當壓降，與第一對電極相互作用的相同氣體組分可能能夠通過過濾器且亦與第二對參考電極相互作用。電極對周圍的表面改質可經圖案化，使得在電極對之

間的流體中存在不連續性。此不連續性可防止元件自一電極對遷移至另一電極對。此總成產生一參考電極對，該參考電極對經歷由第一電極對所經歷的環境效應，但經歷較少量的微粒效應。此實現自由第一對電極所記錄之信號移除環境效應的方式。在一些實施例中，參考電極對可具有預設置於表面上的所關注顆粒材料，使得背景補償信號包括與所關注 PM 的環境相互作用。例如，如果感測元件經組態以監測氯化鈉粒子，則參考對可預先載有已知量之氯化鈉，使得當來自第一對電極之信號與來自參考對之信號匹配時，可推斷第一對電極具有與參考對相同數量之氯化鈉。透過討論下文提供之實例，將獲得對本揭露之各種態樣之理解，然而未如此限制本揭露。

【0017】 圖 1 係說明性感測元件 **10** 的示意俯視圖、前視圖、及側視圖。感測元件 **10** 經組態以與所關注環境相互作用。感測元件 **10** 包括基材 **1**，其具有不導電表面 **11**；至少一高表面能區域 **3**；及電極對結構 **2**，其係設置於不導電表面 **11** 上。電極對結構 **2** 包括至少一對電極 **A、B**，該對電極在其間具有間隙 **12**。電極 **A** 或 **B** 中之至少一者係至少部分地在至少一高表面能區域 **3** 內。感測元件 **10** 經組態以感測流體可溶性微粒物質。

【0018】 至少一些高表面能區域 **3** 可重疊並相鄰於電極對結構 **2** 或電極對 **A、B**，且可經組態以與所關注環境相互作用，其係藉由例如促進氣體分子或微粒物質在高表面能區域 **3** 上凝結成凝結流體，且特別是凝結在電極對結構 **2** 或電極對 **A、B** 之間隙 **12** 內，或促進對所關注組分之靈敏度。

【0019】 流體可溶性微粒物質係可或可不以固態形式導電之微粒物質，但其可在流體（諸如水）中離子化成導電組分。流體可溶性微粒物質溶解於流體中可提供可由電極對結構 2 偵測或感測之液體的電性變化。一種有用的流體可溶性微粒物質係氯化鈉(NaCl)。

【0020】 在至少一對電極 A、B 中之電極 A 及 B 可彼此共面。在至少一對電極 A、B 中之電極 A 及 B 可平行延伸或呈指叉狀，或具有任何其他有用的構形。由在至少一對電極 A、B 中之電極 A 與 B 之間的距離界定之間隙 12 可具有任何有用值之橫向距離 G_L 值。此橫向距離 G_L 值可在 25 至 125 微米之範圍內。電極可具有任何有用的橫向寬度 E_L 值。此橫向寬度 E_L 值可在 25 至 125 微米之範圍內。電極 A 及 B 可由任何導電且耐腐蝕或抗氧化之材料（諸如各種金屬或金屬合金）形成。

【0021】 高表面能區域 3 可經圖案化於基材 1 或不導電表面 11 上，以提供液體選擇性沉積於基材 1 或不導電表面 11 上，以接觸電極對結構 2。高表面能區域 3 可至少部分地或完全地由一或多個低表面能區域 6 環繞或受該一或多個低表面能區域限制。高表面能區域 3 可提供液體或水選擇性沉積，以形成在電極對結構 2 之間隙 12 內之液體層或液體體積於高表面能區域 3 上。因此，液體層或液體體積可接觸電極對結構 2 中的電極 A 及 B 兩者。高表面能區域 3 可界定任何有用的形狀或表面積。

【0022】 詞組「高表面能區域(high surface energy region)」係指依 ASTM D7334-08 所測量，展現小於 90 度、或小於 80 度、或小

於 60 度、及/或較佳地小於 45 度之前進水接觸角的表面區域。值得注意的是，ASTM D7334-08 中通常建議的 20 微升之水體積可能過大而無法進行適當測試，其取決於表面幾何。必要的是，水體積相對於表面區域大小係足夠小，使得前進接觸角不受區域限制的干擾。

【0023】 詞組「低表面能區域(low surface energy region)」係指具有較高表面能區域低的表面能之區域，使得低表面能區域所具有的前進水接觸角大於高表面能區域的前進水接觸角。低表面能區域所具有之前進水接觸角可較高表面能區域之前進水接觸角大 1 至 10 度、或 10 至 20 度、或 20 至 45 度、及/或較佳地超過 45 度。

【0024】 例如，高表面能區域 3 可具有 20 度之前進水接觸角，而低表面能區域 6 可具有 60 度之前進水接觸角。在另一實例中，高表面能區域 3 可具有 70 度之前進水接觸角，而低表面能區域 6 可具有 100 度之前進水接觸角。前進水接觸角之差異促使將凝結流體限制於預界定區域，此可最小化非所欲的相互作用。前進水接觸角可受到表面區域之親水性本質或表面區域中材料之吸濕性本質的影響，其有效地改變前進水接觸角。

【0025】 高表面能區域 3 可藉由基材 1 或不導電表面 11 之表面處理形成。此等表面處理包括例如電漿、化學改質、及類似者。電漿處理可包括氧電漿處理。化學處理包括矽烷或矽氧烷的沉積或氣相沉積，以形成例如界定高表面能區域 3 之矽氧烷表面或兩性離子矽氧烷表面。化學處理亦可包括或替代地包括沉積吸濕材料以界定高表面能區域 3。高表面能區域 3 可具有小於 $1\text{E}-9$ 莫耳/ mm^2 的可溶性離子含

量。例如，具有 10 ng 的氯化鈉之 1 mm² 表面區域具有大約 3.45E-10 莫耳/mm² 之可溶性離子含量（1.72E-10 莫耳/mm² 由鈉貢獻，且 1.72E-10 莫耳/mm² 由氯離子貢獻），這是因為當水凝結於該區域上時，氯化鈉可能離解成鈉離子及氯離子。可溶性離子含量會影響感測器之表面電阻率。然而，由於高表面能區域 3 與環境的不同相互作用，表面電阻率亦受周圍環境（諸如相對濕度）影響。例如，在具有 10 ng 氯化鈉之 1 mm² 表面區域的情況下，在低濕度環境（其中氯化鈉仍然是結晶固體）中，表面電阻率會是大的，而在高濕度環境（其中氯化鈉吸收來自空氣的濕氣並溶解成液態溶液）中，表面電阻率會較低。可溶性離子含量亦受到高表面能區域中物種的離子離解常數影響。例如，氯化鈉在水中具有大的離子解離常數，而化合物（諸如葡萄糖）的離子解離常數遠遠較低。因此，對於裝載在表面上之葡萄糖當量莫耳量而言，葡萄糖表面的可溶性離子含量將顯著低於具有氯化鈉之表面的可溶性離子含量。

【0026】 吸濕材料包括吸收或吸附來自周圍環境的水之材料，且較佳的是吸收或吸附來自周圍氣體介質的水蒸氣之材料。例如，吸濕材料可係鹽、酸、鹼、或較佳地在水中具有低離子解離常數之化合物（諸如吸水性聚合物、單醣、多醣、醇、或更佳地多元醇），使得感測器之表面電阻率變化因水的吸收或吸附而最小化。

【0027】 多元醇可係聚合多元醇或單體多元醇，且較佳地可為糖醇，諸如山梨醇。吸濕層較佳地為增強保水性的化合物，且亦可在稱為保濕劑的化合物之類別內。吸濕材料較佳地為在攝氏 25 度及 1 大氣

壓下具有以下潮解點之材料：小於 100 百分比相對濕度、或小於 90 百分比相對濕度、或更佳地小於 80 百分比相對濕度。潮解點係指材料自周圍氣體介質吸收足夠的水，使得該材料溶解並形成液態溶液時之相對濕度。液體溶液的形成可藉由提供粒子可溶解於其中之液體溶液，增強流體可離子化微粒物質感測元件的效能。吸濕材料和塗層重量較佳地經選擇，使得所關注的溶解微粒物質之離子的電子遷移率因吸濕材料之效應而最低限度地降低。

【0028】 基材 1 可由任何不導電材料形成。基材 1 可係層壓體或單一材料構造。基材 1 可由任何用於作為電路板或電感測器基材之材料形成。基材 1 可由任何玻璃或介電樹脂形成。說明性基材 1 材料可商購自 Advanced Circuits, Colorado, USA（在其他印刷電路板製造實體中）。

【0029】 圖 2 係說明性感測元件 10 的示意俯視圖。如上所述，感測元件 10 包括基材 1，其包含不導電表面 11；至少一高表面能區域 3；及電極對結構 2，其係設置於不導電表面 11 上。電極對結構 2 包括至少一對電極 A、B，該對電極在其間具有間隙 12。如上所述，電極 A 或 B 中之至少一者係至少部分地在至少一高表面能區域 3 內。感測元件 10 經組態以感測流體可溶性微粒物質。

【0030】 圖 2 左側繪示指叉狀電極對 A、B，該電極對具有相對的兩對指叉狀構件 A₂ 及 B₂。指叉狀構件 A₂ 與 B₂ 之間間隙 12 可具有任何有用值之橫向距離值。此距離值可在 25 至 125 微米之範圍內。指叉狀構件 A₂ 及 B₂ 可具有任何有用的橫向寬度。此橫向寬度可在 25

至 125 微米之範圍內。指叉狀構件 **A₂** 及 **B₂** 可具有任何有用的長度，諸如 500 至 10,000 微米之範圍。指叉狀構件 **A₂** 及 **B₂** 可由任何導電且耐腐蝕或抗氧化之材料（諸如各種金屬或金屬合金）形成。指叉狀電極對 **A**、**B** 係顯示為具有四個指叉狀構件，然而指叉狀電極對 **A**、**B** 可具有任何總指叉狀構件數，諸如在 2 至 50、或 4 至 40 之範圍內。

【0031】 圖 2 右側繪示感測元件 10 之另一實施例，其中電極對結構 2 界定至少部分地環繞第二電極 **A** 之第一電極 **B**，並在其間界定間隙 12。

【0032】 圖 3 係一說明性感測元件 10 的示意剖面圖。圖 3 提供一合適的分層結構之圖示，該分層結構可應用於不導電表面 11 及電極對結構 2，以定義高表面能區域 3 並增強例如對於流體可溶性目標顆粒材料（諸如鹽氣溶膠）之電阻抗反應。電極對結構 2 包括至少一對電極 **A**、**B**，該對電極在其間具有間隙 12。

【0033】 說明性表面處理層 120 可包括兩性離子矽烷層或表面，該兩性離子矽烷層或表面經化學接枝至矽氧烷層或表面（其中該矽氧烷表面可藉由氧+四甲基矽烷電漿處理形成，如圖 5A 所繪示）。說明性表面處理層 120 可稱為矽烷表面處理層 120。此說明性表面處理層 120 主要可存在於在電極對結構 2 之間或在至少一對電極 **A**、**B** 之間或在間隙 12 內的不導電表面 11 之表面上。說明性表面處理層 120 可界定高表面能區域 3。

【0034】 圖 5A 係用於形成說明性表面處理層 120 之製程的流程圖。此製程包括：在步驟 210，形成電極 **A**、**B** 於不導電表面 11 上。

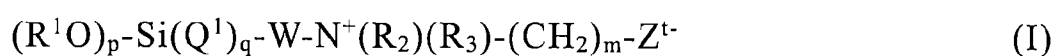
然後，在步驟 **220**，施加遮蔽層以界定高表面能區域於不導電表面 **11** 上，使得至少一電極 **A** 或 **B** 係至少部分地在所界定之高表面能區域內。可將遮蔽層施加至不導電表面 **11**，使得不導電表面 **11** 之一些區域暴露於後續處理，且一些區域係受到保護免於後續處理。受到保護免於後續處理之區域可形成低表面能區域。合適的遮蔽層係任何形成所欲圖案以形成所欲表面組成之層，且可在所界定之位置中抵抗電漿處理。例如，合適的遮蔽層係可以商標名稱「3M Vinyl Tape 491」商購自 3M, MN, USA 之膠帶。

【0035】 在步驟 **230**，將經遮蔽物品放置在真空室中。真空室可提供 100 毫托或更低、或 50 毫托或更低之真空環境。然後，在步驟 **231**，將氧電漿施加至經遮蔽物品。可將氧氣（例如，濃度為 500 百萬分點(ppm)）引入並形成電漿，其與至少一些電極表面進行流體接觸達一段時間（例如，六十秒）。在某些實施例中，可藉由施加 500W 射頻場產生電漿。然後，在步驟 **232**，將矽烷沉積或氣相沉積於經電漿處理之物品上。然後，可將四甲基矽烷（例如，濃度為 150 ppm）添加至電漿達一段時間（例如，三十秒）。四甲基矽烷流可採間隔方式，而氧電漿則持續一段時間（例如，六十秒）。在步驟 **233**，將第二氧電漿施加至經遮蔽物品。然後，在步驟 **234**，自真空室中移除經電漿處理之物品。

【0036】 然後，在步驟 **240**，將兩性離子矽烷溶液塗佈於經處理之物品上。施加含有兩性離子矽烷之溶液（例如，為 2 wt% 於水中），其與感測元件表面進行流體接觸達一段時間（例如，十秒）。

在步驟 **241**，將經塗佈之物品吹乾，然後在升高溫度下烘烤一段時間（例如，在 110°C 下十分鐘）。然後，在步驟 **250**，將感測元件 **10** 用去離子水潤洗，且在步驟 **251**，將該感測元件乾燥。

【0037】 矽烷表面處理層 **120** 可由如國際專利公開案第 WO2016/044082A1 號（Riddle 等人）中所述之具有式(I)之化合物形成：



其中：

各 R^1 係獨立地為氫、甲基、或乙基；

各 Q^1 係獨立地選自羥基、含有 1 至 4 個碳原子之烷基、及含有 1 至 4 個碳原子之烷氧基；

各 R^2 及 R^3 獨立地係飽和或不飽和、直鏈、支鏈、或環狀有機基團（較佳地具有 20 個或更少碳原子）， R^2 及 R^3 可連接在一起、可選地與基團 W 之原子連接在一起，以形成環；

W 為有機鍵聯基；

Z^{t-} 為 $-SO_3^-$ 、 $-CO_2^-$ 、 $-OPO_3^{2-}$ 、 $-PO_3^{2-}$ 、 $-OP(=O)(R)O^-$ 、或其組合，其中 t 為 1 或 2，且 R 為脂族、芳族、支鏈、直鏈、環狀或雜環基團（較佳地具有 20 個或更少碳原子，更佳地 R 係具有 20 個或更少碳原子之脂族基團，且甚至更佳地 R 係甲基、乙基、丙基、或丁基）；

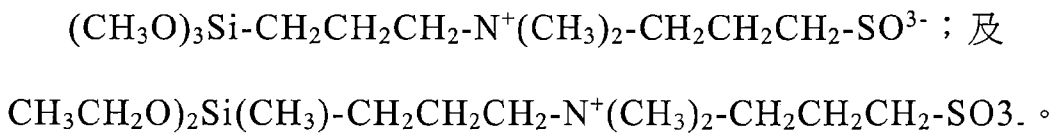
p 係 1 至 3 之整數；

m 係 1 至 11 之整數；

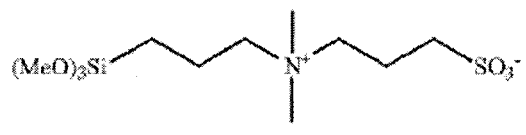
q 係 0 或 1；及

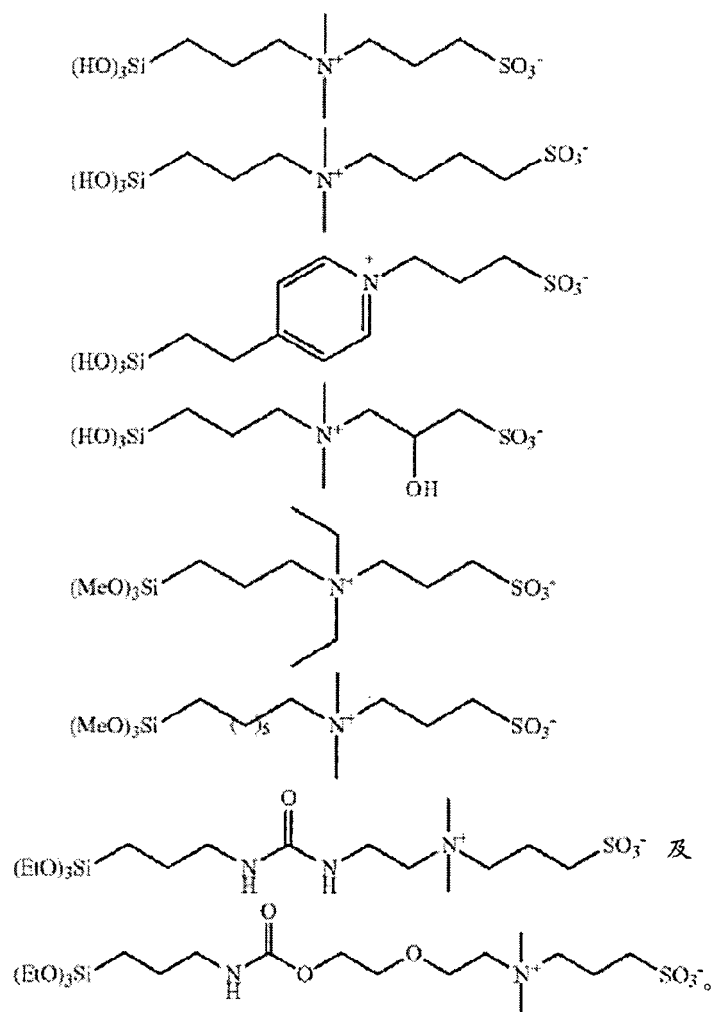
p+q=3。

【0038】 式(I)之兩性離子矽烷化合物的合適實例係描述於美國專利第 5,936,703 號（Miyazaki 等人）中，包括例如：



【0039】 合適的兩性離子矽烷化合物及其製備的其他實例係描述於美國專利申請案第 13/806,056 號（Gustafson 等人）中，包括例如：





【0040】 在一些實施例中，將一層鹽材料 **140** 施加至感測元件 **10** 或感測元件 **10** 之表面處理層 **120**。該層鹽材料 **140** 可提供電極對 **A**、**B** 之參考電性值。此在二或更多個電極對與感測元件 **10** 一起使用時係有用的。該層鹽材料 **140** 可設置於高表面能區域 **3** 上。

【0041】 在一些實施例中，將包含吸濕材料之層 **130** 施加至感測元件 **10** 或感測元件 **10** 之表面處理層 **120**，然後讓其乾燥。在一些此等實施例中，一層鹽材料 **140** 可在感測元件 **10** 之高表面能區域 **3** 內，設置於吸濕材料層 **130** 上或與該吸濕材料層一起設置。鹽材料 **140** 可與吸濕材料層 **130** 混合以形成組合之吸濕材料與鹽層 **130**、**140**。

【0042】 在一些實施例中，吸濕材料層 130 係設置於感測元件 10 上，並與層 11、120 中之至少一者及電極對結構 2 接觸。圖 5B 係上述之圖 5A 加上吸濕材料層 130 之製程的流程圖。將圖 5A 之具有表面處理層 120 之感測元件 10 接著在步驟 260 用吸濕材料溶液（例如，吸濕材料溶液可係 0.1 wt% 山梨醇於水中）處理，並在步驟 261 將其加熱至攝氏 110 度。此說明性吸濕材料層 130 主要可存在於在電極對結構 2 之間或在至少一對電極 A、B 之間或在間隙 12 內的不導電表面 11 之表面上，或者於表面處理層 120 上。說明性表面處理層 130 可界定高表面能區域 3。

【0043】 在一些實施例中，吸濕材料層 130 之添加可用來修改該吸濕材料層所施加至之感測元件 10 表面的吸濕性質，並可在感測元件 10 上界定高表面能區域 3。當用於基於電阻抗變化作用之感測元件 10 之表面上時，一些吸濕材料具有改變吸濕性質而不在溶液中貢獻可動離子的特性。另外，一些吸濕材料所具有之另一個有利性質為低蒸氣壓。多元醇之吸濕性質歸因於其水活性，而水活性受到在分子中存在大量羥基的影響。各種多元醇糖醇之水活性熱力學係描述於 Compennolle, S. 及 Muller, J.-F., *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 12815-12837 (2014)。例如，山梨醇係顯示在相對濕度大於 40% 下會形成熱力學穩定的水-山梨醇混合物。此性質在待改質之感測元件 10 基於液體中粒子之離子化作用時可為有利的。吸濕材料（諸如糖醇）存在於感測元件 10 或在電極對結構 2 之間或在至少一對電極 A、B 之間或在

間隙 **12** 內的不導電表面 **11** 之表面上、或者於表面處理層 **120** 上可實現於更廣泛範圍的濕度環境中之使用。

【0044】 在某些實施例中，吸濕材料層 **130** 包括具有複數個羥基之化合物。例如，吸濕材料層 **130** 可包含聚乙二醇（可購自 Sigma-Aldrich, MO, USA）。在其他合適的實例中，多元醇層可包括至少一種糖醇。合適的糖醇之一些實例包括甘油、赤藻糖醇、阿拉伯糖醇、木糖醇、核糖醇、甘露醇、山梨醇、半乳糖醇、蒜糖醇(allitol)、艾杜糖醇、麥芽糖醇、異麥芽糖醇(isomalitol)、乳糖醇(lactitol)、甜醇(dulcitol)、及塔羅糖醇(talitol)，以上皆可購自 Sigma-Aldrich, MO, USA。在其他合適的實例中，多元醇層 **130** 可包括醣類化合物。合適的醣類之一些實例包括葡萄糖、果糖、半乳糖、蔗糖、乳糖、纖維素、及澱粉，可購自 Sigma-Aldrich, MO, USA。

【0045】 表面處理層 **120** 或矽烷表面處理層 **120** 之厚度可係任何有用的厚度。在許多實施例中，表面處理層 **120** 或矽烷表面處理層 **120** 係小於 50 奈米、或 1 至 50 奈米厚。

【0046】 當存在時，吸濕材料層 **130** 之厚度可係任何有用的厚度。在一些實施例中，吸濕材料層 **130** 之厚度可係 0.1 至 10 微米厚。大於 10 微米或小於 0.1 微米的厚度亦可係有用的。吸濕材料層 **130** 的厚度可影響水吸收總量、以及吸收的動力學。藉由改變厚度（可藉由改變塗層重量實現），可改善對給定環境的感測元件反應。吸濕層厚度的影響之實例係繪示於圖 **13A** 至圖 **13D** 中。

【0047】 感測元件 10 可省略上述層之一或多者，且該等層可用一系列的塗層重量和厚度組合構成（若為所欲）。當與基於電阻抗變化作用之感測元件 10 一起使用時，矽烷表面處理層 120 具有改變表面性質而不在溶液中貢獻顯著量之可動離子的特性。在一些實施例中，吸濕材料層 130 之添加可用來修改感測元件 10 之吸濕性質，並協助在感測元件 10 上界定高表面能區域 3。當與基於電阻抗變化作用之感測元件 10 一起使用時，吸濕材料層 130 可具有改變表面性質而不在溶液中貢獻顯著量之可動離子的特性。

【0048】 圖 4A 係另一說明性感測元件 10 的示意俯視圖、前視圖、及側視圖，該感測元件具有兩個電極對結構 2、4、或兩對電極 A、B 與 C、D。

【0049】 感測元件 10 經組態以與所關注環境相互作用。感測元件 10 包括基材 1，其包括不導電表面 11；兩個高表面能區域 3；及兩個電極對結構 2、4，其係設置於不導電表面 11 上。各電極對結構 2、4 包括至少一對電極 A、B 及 C、D，該對電極在其間具有間隙 12_{AB} 及 12_{CD}。各電極對結構 2、4 之至少一部分係在對應的高表面能區域 3 內。高表面能區域 3 可係不連續的，使得較低表面能區域 6 將對應於各電極對 A、B 及 C、D 之高表面能區域 3 分開，如所繪示。感測元件 10 經組態以感測流體可溶性或流體可離子化微粒物質。低表面能區域 6 可將兩個高表面能區域 3 分開。導電區域 5 可使電極對結構 2、4 與感測電子器件電連接。此電極構形可稱為包括四個電極 A、B、C、及 D，其中形成兩對電極 A-B 及 C-D。

【0050】 低表面能區域 **6** 可協助使在兩個高表面能區域 **3** 之各者中的液體保持彼此分開。在高表面能區域 **3** 之周緣外的區域所具有之表面能較在高表面能區域 **3** 之周緣內的表面能低。因此，液體蒸氣或水蒸氣可選擇性地凝結並形成留在高表面能區域 **3** 之周緣內的液體層或液體體積。

【0051】 例如，水蒸氣可藉由在呼吸器內的人類呼吸產生，呼吸器諸如過濾式面罩呼吸器(FFR)或彈性呼吸器。此水蒸氣可凝結至感測元件之高表面能區域 **3** 上。在一實例中，鹽氣溶膠粒子（諸如氯化鈉）可能接觸到此凝結水蒸氣，使得鹽粒子溶解並改變電極對 **A**、**B** 及 **C**、**D** 中之至少一者的電性（例如，阻抗）。空間上分開的表面處理使得能夠藉由防止電極對結構 **2** 與 **4** 之間的分子遷移而確實分開信號。

【0052】 在一些實施例中，環繞電極對結構 **2**、**4** 中之至少一者的區域之至少一部分可具有顆粒或鹽材料，該顆粒或鹽材料係預設置於電極對結構 **2**、**4** 上或於其間之間隙 **12_{AB}**、**12_{CD}** 內（如圖 **3** 所繪示）。例如，氯化鈉可預設置於環繞電極對結構 **2** 或 **4** 之表面上或在間隙 **12_{AB}** 或 **12_{CD}** 內，以產生與預設置之氯化鈉之數量相關的電阻抗。此可稱為參考電極。固體材料（例如，氯化鈉）可以已知量設置或提供於高表面能區域 **3** 之周緣內。一旦水蒸氣凝結在此高表面能區域 **3** 上，已知量之固體材料（例如，氯化鈉）經溶解，且可提供參考電性或參考電極（電極對結構 **2** 或 **4**），可將感測電極（**2** 或 **4** 之剩餘電極）在測試或感測操作期間與該參考電極比較。

【0053】 圖 4B 係另一說明性感測元件 10 的示意俯視圖、前視圖、及側視圖。

【0054】 感測元件 10 經組態以與所關注環境相互作用。感測元件 10 包括基材 1，其包含不導電表面 11；兩個高表面能區域 3；及兩個電極對結構 2、4，其係設置於不導電表面 11 上。各電極對結構 2、4 包括一個電極並共用一個共同電極 C，且在其間具有間隙 12_{AC}、12_{BC}。各電極對結構 2、4 之至少一部分係在對應的高表面能區域 3 內。感測元件 10 經組態以感測流體可溶性微粒物質。低表面能區域 6 可將兩個高表面能區域 3 分開。導電區域 5 可使電極對結構 2、4 與感測電子器件電連接。此電極構形可稱為包含三個電極 A、B、及 C，其中形成兩對電極 A-C 及 B-C，且其中電極 C 對兩個電極對而言是共同的。

【0055】 感測元件可經組態以與一或多個額外電子元件電耦合或去耦合，其係藉由實體鄰近於一或多個電子元件。在一些實施例中，例如，導電區域 5 可經組態以與連接器中之電子元件實體接觸。在一些實施例中，例如，導電區域 5 可經組態以與另一電子元件電耦合而不經由時變電磁場進行實體接觸。

【0056】 圖 6 係繪示設置於電極對結構 2、4 上之流體 9 的圖 4A 之感測元件 10 的示意剖視圖。感測元件 10 包括基材 1，其包括不導電表面 11；兩個高表面能區域 3；及兩個電極對結構 2、4，其係設置於不導電表面 11 上。各電極對結構 2、4 包括至少一對電極 A、B 及 C、D，該對電極在其間具有間隙 12_{AB} 及 12_{CD}。各電極對結構 2、4

之至少一部分係在對應的高表面能區域 **3** 內。感測元件 **10** 經組態以感測流體可溶性微粒物質。低表面能區域 **6** 可將兩個高表面能區域 **3** 分開。高表面能區域 **3** 之構形使得水或液體蒸氣能夠選擇性凝結至此等高表面能區域 **3** 上以形成液體氣泡、或液體層、或液體體積 **9**。

【0057】 在具有多個電極對 **A、B** 及 **C、D** 之實施例中，不同表面能之區域可經組態，使得流體 **9**（如圖 **6** 中之實例所繪示）較佳地潤濕高表面能區域 **3**，該高表面能區域環繞電極對 **A、B** 或 **C、D** 中之至少一者，但是流體 **9** 不與另一電極對 **A、B** 或 **C、D** 形成流體接觸。與不同電極對接觸之液體的較佳分開方式係如圖 **6** 中所示，其中流體 **9** 較佳地潤濕鄰近兩個電極對結構 **2** 及 **4** 的區域，但是歸因於低表面能區域 **6**，故不在電極對 **A、B** 與 **C、D** 之間形成流體橋。液體或水 **9** 對濕區域 **6** 具有較低親和性，從而產生彼此不流體連通之多個不同流體區域 **9**。

【0058】 圖 **7** 係具有過濾元件 **7** 之說明性感測元件 **10** 的示意剖視圖。圖 **8** 係繪示設置於電極對結構 **2、4** 上之流體 **9** 的圖 **7** 之感測元件的示意剖視圖。

【0059】 過濾元件 **7** 可經組態，使得其防止來自環境之至少一些粒子或組分接觸至少一電極對 **C、D**。在一些實施例中，顆粒過濾器 **7** 可係非織造過濾器元件。在一些實施例中，隔絕材料 **8** 係設置於不導電表面 **11** 上，使得材料 **8** 環繞電極對結構 **4** 之至少一部分，且過濾器材料 **7** 係設置於隔絕材料 **8** 上，使得過濾器材料 **7** 經組態以不實體接觸電極對 **C、D**。

【0060】 隔絕材料 **8** 之一合適的實例係黏著劑發泡體，例如，其可以商標名稱「3M Urethane Foam Tape 4056」商購自 3M Co., MN, USA。隔絕材料 **8** 或發泡體可具有小於 1000 ppm 之離子含量，使得藉由凝結流體之離子提取最小化。作為一實例，此構形可導致參考電極對 **C**、**D**，其可與能夠通過過濾器材料 **7** 之環境中氣體化合物相互作用。然而，至少一些粒子係由過濾器材料 **7** 攔截而防止其與參考電極對 **C**、**D** 相互作用。

【0061】 過濾元件 **7** 可提供與電極對結構 **4** 或電極對 **C**、**D** 及周圍環境之唯一氣流連通，但是不提供與電極及周圍環境之顆粒連通。因此，電極對結構 **4** 可操作為即時參考電極，例如，該即時參考電極可自感測電極對結構 **2** 或電極對 **A**、**B**（不受過濾元件 **7** 保護）之感測信號移除環境效應。在其他實施例中，固定量的所關注固體材料，諸如鹽 **140**（參見圖 **3**）或氯化鈉，可設置於參考電極對結構 **4** 或電極對 **C**、**D** 上且由過濾元件 **7** 所含有。此構形可提供具有設定信號至感測電子器件之參考電極對或電極對結構 **4** 或電極對 **C**、**D**，以與感測電極對或結構 **2** 或電極對 **A**、**B**（不受過濾元件 **7** 保護）比較。

【0062】 圖 **9** 係另一說明性感測元件 **10** 的示意俯視圖。感測元件 **10** 包括基材 **1**，其包含不導電表面 **11**；兩個高表面能區域 **3**；及兩個電極對結構 **2**、**4**，其係設置於不導電表面 **11** 上。各電極對結構 **2**、**4** 包括至少一對電極 **A**、**B** 及 **C**、**D**，該對電極在其間具有間隙 **12_{AB}** 及 **12_{CD}**。各電極對結構 **2**、**4** 之至少一部分係在對應的高表面能區域 **3** 內。感測元件 **10** 經組態以感測流體可溶性微粒物質。低表面能區域 **6**

可將兩個高表面能區域 **3** 分開。此處，一電極對 **A、B** 係在另一電極對 **C、D** 之間。內電極對 **C、D** 係顯示為線性、平行且共延伸，然而，內電極對 **C、D** 可呈如上所述之指叉狀。

【0063】 圖 10 係另一說明性感測元件 **10** 的示意俯視圖。感測元件 **10** 包括基材 **1**，其包含不導電表面 **11**；一個高表面能區域 **3**；及一個電極對結構 **2**，其係設置於不導電表面 **11** 上。電極對結構 **2** 包括至少一對電極 **A、B**，該對電極在其間具有間隙 **12**。各電極對結構 **2** 之至少一部分係在高表面能區域 **3** 內。感測元件 **10** 經組態以感測流體可溶性微粒物質。低表面能區域 **6** 可環繞或限制高表面能區域 **3**。電極對 **A、B** 係顯示為線性、平行且共延伸，然而，電極對 **A、B** 可呈如上所述之指叉狀。一或多個穿孔、孔、或孔隙 **15** 延伸穿過基材 **1**。穿孔、孔、或孔隙 **15** 可提供氣流連通穿過感測元件 **10**，並可改善與感測元件 **10** 之粒子接觸或改善電極對 **A、B** 附近流體之流體動力學。

【0064】 保護膜或可移除襯墊（未圖示）可以可移除地黏附至感測元件 **10**，以在運輸和安裝感測元件 **10** 及電極對結構 **2、4** 期間提供保護。可將感測元件 **10** 應用於呼吸器或個人防護性裝置或元件，如下所述。

【0065】 圖 15 係說明性呼吸器感測器系統 **300** 的示意圖。系統 **300** 包括呼吸器 **310**；感測器 **320**，其包括感測元件（如本文中所述）；及讀取器 **330**，其經組態以與感測器 **320** 無線通訊。感測器 **320** 實質上係位於呼吸器 **310** 之內部氣體空間中。

【0066】 呼吸器感測器系統 **300** 可經組態以偵測呼吸器 **310** 之內部氣體空間內未過濾空氣的存在。呼吸器感測器系統 **300** 可經組態以偵測呼吸器 **310** 之內部氣體空間內未過濾空氣的洩漏。

【0067】 如上所述，當液體層係設置於感測元件之表面之至少一部分上的間隙中時，感測元件經組態以感測流體可溶性微粒物質。流體可離子化粒子可至少部分地溶解且可至少部分地離子化於液體層中，從而導致電極中之至少二者之間的電性變化。

【0068】 水蒸氣可藉由在呼吸器內的人類呼吸產生，並凝結至感測元件之高表面能區域上而形成液體層。在一實例中，鹽氣溶膠粒子（諸如氯化鈉）可能接觸到此凝結水蒸氣，使得鹽粒子溶解並改變電極對中之至少一者的電性（例如，阻抗）。此電性變化可由感測器 **320** 感測，並無線傳送至遠端讀取器 **330**。流體可離子化微粒物質至感測元件之運輸可受到人類呼吸影響。

【0069】 感測元件係流體可離子化偵測元件，其可經組態以使得凝結中蒸氣未均勻地在感測元件之表面上凝結（如上所述）。流體可離子化偵測元件可經進一步組態，使得與至少一個電極接觸之凝結蒸氣不形成連續凝相到至少一個其他電極。

【0070】 呼吸器 **310** 可係任何個人防護性呼吸器物品，諸如例如過濾式面罩呼吸器或彈性呼吸器。感測器 **320** 可包括電源、通訊介面、感測電子器件、及天線。感測器 **320** 電源可係電池、可充電電池、或能量採集器。

【0071】 感測元件可經組態以為可置換的且可與感測器 320 機械分離。感測元件可與感測器 320 可移除地連通。感測器 320 可藉由用全新或新的感測元件置換用過或淘汰的感測元件而為可重複使用的。

【0072】 感測器 320 可固定至、或黏附至、或連接至呼吸器 310 或個人防護性裝置或元件之內部表面。一旦呼吸器 310 或個人防護性裝置或元件經使用者配戴，內部表面可界定呼吸器之內部氣體空間。內部氣體空間與佩戴呼吸器 310 或個人防護性裝置或元件的使用者之呼吸氣流連通。感測器 320 可以可移除地位於或附接於內部氣體空間內。感測器 320 可以可移除地位於或附接至呼吸器 310 之內部表面。

【0073】 例如，感測器 320 可藉由任何有用的附接系統（諸如，黏著劑、壓合帶(hook and loop)、或吸引件）固定至、或黏附至、或連接至呼吸器 310 之內部表面。感測器附接系統可不穿透呼吸器 310 之內部表面之厚度，感測器附接系統可不延伸穿過呼吸器 310 之內部表面之厚度，感測器附接系統可不與呼吸器 310 之外部表面接觸。感測器附接系統可不穿透與外部氣體空間接觸的呼吸器之表面。

【0074】 感測器 320 之大小和重量經選擇，使得感測器不會干擾佩戴者使用呼吸器 310。感測器 320 之大小及感測器 320 之重量經選擇，使得感測器 320 不改變呼吸器 310 在佩戴者身上的貼合性。感測器 320 可具有在 0.1 至 225 克（較佳地小於 10 克）、或 1 至 10 克之範圍內的重量。如果呼吸器足夠緊，則稱重 225 克之感測器可不改變呼吸器之貼合性，但是較低重量係較佳的以減輕呼吸器重量。感測器

320 可具有在 0.1 至 50 cm^3 （較佳地小於 10 cm^3 ）、或 1 至 10 cm^3 之範圍內的體積。

【0075】 感測器 **320** 可與遠端讀取器 **330** 無線通訊。感測器 **320** 可將數據無線傳送至讀取器 **330**，其係有關感測元件之電性變化。讀取器 **330** 與感測器 **320** 之間的通訊係經由電磁通訊，諸如經由磁場、或近場通訊、或低功耗藍牙(Bluetooth Low Energy)、或光學照明及偵測、WiFi、Zigbee、或類似者。

【0076】 感測器 **320** 可且讀取器 **330** 可與彼此進行關於以下之通訊：內部氣體空間內之氣體或氣溶膠的一或多種成分。感測器 **320** 可且讀取器 **330** 可與彼此進行關於以下之通訊：與內部氣體空間內之氣體相關的物理性質，諸如溫度、壓力、濕度、及類似者。感測器 **320** 可且讀取器 **330** 可與彼此進行關於以下之通訊：用於評估呼吸器之佩戴者之生理狀況的參數。

【0077】 讀取器 **330** 可包括電源、通訊介面、控制電子器件、及天線。讀取器 **330** 可經由網際網路 **340** 與遠端裝置 **350** 無線通訊。讀取器 **330** 可經由無線連接與網際網路 **340** 通訊。讀取器 **330** 可經由直接的有線通訊與網際網路 **340** 通訊。遠端裝置 **350** 可包括任何的記憶體、數據儲存、控制軟體、或至少一個處理器，以直接地或經由網際網路 **340** 接收並利用由讀取器 **330** 提供的數據或資訊。

【0078】 可利用呼吸器感測器系統 **300** 以偵測在氣體介質中之流體可離子化粒子。該方法包括：使氣體介質與流體可離子化微粒物質感測元件接觸，並使該氣體介質之組分凝結於該流體可離子化微粒物

質感測元件之至少一部分上；及判定在該流體可離子化微粒物質偵測元件之一對電極之間在第一時間點的電性；及判定在該流體可離子化微粒物質偵測元件之一對電極之間在第二時間點的電性；及至少部分地藉由將在該第一時間點之電性值與在該第二時間點之電性值比較，判定與流體可離子化粒子於該氣體介質中之存在相關的值。

【0079】 可利用呼吸器感測器系統 **300** 以偵測在氣體介質中之流體可離子化粒子。該方法包括：使氣體介質與流體可離子化微粒物質感測元件接觸，並使該氣體介質之組分凝結於該流體可離子化微粒物質感測元件之至少一部分上；及判定在該流體可離子化微粒物質偵測元件之一對電極之間在第一頻率（諸如 1 Hz）下的電性；及判定在該流體可離子化微粒物質偵測元件之一對電極之間在第二頻率（諸如 100 kHz）下的電性；及至少部分地藉由將在該第一頻率下之電性值與在該第二頻率下之電性值比較，判定與流體可離子化粒子於該氣體介質中之存在相關的值。頻率可包括 DC。

【0080】 呼吸器感測器系統 **300** 可包括額外計算系統或遠端裝置 **350**，其中數據係在呼吸感測器系統 **300** 與額外計算系統或遠端裝置 **350** 之間傳送。在一些實施例中，額外計算系統係雲端計算架構。讀取器 **330** 與額外計算系統或遠端裝置 **350** 之間的通訊可經由有線連接或經由無線網際網路。額外計算系統或遠端裝置 **350** 可記錄由讀取器 **330** 傳輸之數據。額外計算系統或遠端裝置 **350** 可處理由讀取器 **330** 傳輸之數據，並將資訊傳送回讀取器 **330**。

【0081】 可利用呼吸器感測器系統 **300** 以偵測在氣體介質中之流體可離子化粒子。該方法包括：使氣體介質與流體可離子化微粒物質感測元件接觸，並使該氣體介質之組分凝結於該流體可離子化微粒物質感測元件之至少一部分上；及判定在該流體可離子化微粒物質偵測元件之第一對電極之間的電性；及判定在該流體可離子化微粒物質偵測元件之第二對電極之間的電性；及至少部分地藉由將該第一對電極之電性值與該第二對電極之電性值比較，判定與流體可離子化粒子於該氣體介質中之存在相關的值。

【0082】 該方法可包括用作為參考電極之第二對電極。參考電極可係分析物參考電極。參考電極可與氣體介質之目標組分隔離。例如，氣體介質之目標組分可係流體可離子化粒子，諸如鹽。

【0083】 可利用呼吸器感測器系統 **300** 提供對於呼吸器貼合性之品質的即時反饋。可利用呼吸器感測器系統 **300** 提供一種貼合性測試之方法。貼合性測試方法包括：提供呼吸器，接著提供感測器，該感測器包括感測元件，該感測元件實質上可移除地位於該呼吸器之內部氣體空間內，接著提供讀取器，該讀取器經組態以與該感測器無線通訊；及當該感測器實質上係位於該呼吸器之內部氣體空間內時，將該呼吸器定位於使用者之口部及鼻部上方；及觀察自該感測器傳送至該讀取器之呼吸器貼合性評估數據。

【0084】 呼吸器感測器系統 **300** 可與電腦視覺工具或相機一起使用，以保證呼吸器貼合性品質一致。該方法包括：1)呼吸器佩戴者在站立於相機前面時經受呼吸器貼合性測試。用配備有本文中所述之無

線氣溶膠感測器的所選呼吸器模型來進行貼合性測試。2)當工作者調整呼吸器以貼合他/她的臉部時，感測器即時測量氣溶膠至呼吸器中之洩漏。3)一旦所測量的氣溶膠洩漏下降至低於所接受的確保適當貼合性之臨限，無線感測器將自動地發信號給相機以擷取呼吸器在工作者臉部上處於其正確貼合位置的影像。4)每當工作者戴上呼吸器時，所擷取之影像經分析並儲存以在未來用作為參考，以確保在工作者臉部上的呼吸器貼合位置一致。影像可在測試期間之任何點（諸如測試開始之前）擷取，影像隨後連結至由無線氣溶膠感測器系統判定之貼合性值。

【0085】 用語「貼合位置(fit position)」描述呼吸器在使用者臉部上之構形、位置、及定向。貼合位置包括鼻夾位置、鼻夾形狀、條帶位置、臉部上定向。成像感測器可包括傳統 RGB 感測器，且亦可包括 NIR 相機、深度感測器、及類似者。

【0086】 工作者可將「貼合位置」影像與在工作者臉部上之呼吸器的當前位置比較。可對呼吸器貼合作出調整，直到「貼合位置」與在工作者臉部上之呼吸器的當前位置匹配或實質上匹配為止。

【0087】 本揭露之目的及優點係藉由以下之實例而進一步說明，但不應不當地解讀這些實例中詳述的特定材料及其用量、以及其他條件及細節而限制本揭露。

實例

【0088】 在實例中的所有份數、百分比、比率等等皆以重量表示，除非另有指示。所使用的溶劑和其他試劑係獲自 Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, Missouri，除非另行說明。

氯化鈉氣溶膠感測器

【0089】 根據圖 5A 及圖 5B 所述之方法建構感測元件，並評估其呼吸器貼合性測試應用。

【0090】 介質之電阻抗隨以下變動：介質中移動電荷載體的數目、載體的單位電荷、以及彼等對由庫侖引力所引起之運動的反向對抗(opposition)。因此，具有溶解之離子溶質的液體溶劑之電阻抗通常隨溶質濃度變動。感測元件（諸如上述之一者）可藉由使電極與介質接觸並監測對外加電場的電阻來用於探測介質的電阻抗。在流體介質（諸如水）中，電場一般係在指定頻率下之交流電場，其可提供電阻性阻抗(resistive impedance)及電抗性阻抗(reactive impedance)資訊兩者。

【0091】 作為一實例，圖 11 顯示當感測元件（諸如上述之一者）浸入不同濃度的水/氯化鈉溶液中時，其隨頻率變動之電阻抗（具體的是阻抗量值）、相移、電阻、及電抗。圖 11 上列係繪示感測器對不同於水中之 NaCl 濃度的反應的圖，即隨頻率變動之電阻（實線）和電抗（虛線），其係由以指示溶液之液體層塗佈時之感測器測量。R = 電阻，X = 電抗。圖 11 下列係繪示感測器對不同於水中之 NaCl 濃度的反應的圖，即隨頻率變動之對應阻抗量值（實線）和相移（虛

線)，其係由以指示溶液之液體層塗佈時之感測器測量。 Z = 阻抗量值， θ = 相移。

【0092】 阻抗數據係由可購自 Agilent, USA 之 Precision Impedance Analyzer 4294A 記錄。已觀察到介質之阻抗量值和電阻顯著降低（以對數尺度作圖），伴隨電導率以及所有曲線之整體曲線偏移的增加。雖然此實例係液體介質而非氣溶膠的情況，其基本測量機制形成本申請案中所述之感測器可如何用於測量溶液可離子化氣溶膠之基礎，如下所述。

【0093】 到目前為止所描述之組成可經組態以改變流體可離子化氣溶膠感測元件的效能。說明原理的例示性數據係顯示於圖 12A 至圖 12C。圖 12A 至圖 12C 係繪示針對施加於鹽氣溶膠感測器之不同表面改質及塗佈系統的等溫水吸收及 NaCl 氣溶膠反應之比較的圖。

【0094】 用於產生圖 12A 至圖 12C 中之數據的實驗設置如下：將流體可離子化感測元件（其在表面上具有一對指叉狀導電電極）連接至電阻抗譜分析儀。在 $t = 0$ 時，開始感測器的阻抗譜記錄。在 $t = 60$ s 時，將感測器放入測試室中，該測試室使空氣以每分鐘 15 公升流動，且具有大約 95% 相對濕度。感測元件與流動之一部分進行流體接觸。在各圖中的指示時間（「NaCl 氣溶膠開啟」）時，將氣溶膠引入流動流中，該氣溶膠含有大約 10 $\mu\text{g/L}$ NaCl 氣溶膠，其具有 2 微米之質量平均粒徑。藉由使用霧化器將大約 5 wt% NaCl 之 NaCl/水溶液霧化，以產生氣溶膠流。然後，在指示時間移除氣溶膠流（「NaCl 氣溶膠關閉」）。

【0095】 在實驗期間，感測元件與空氣流大致呈熱平衡，且空氣流溫度係恆定。**圖 12A** 顯示沒有可改變表面能之表面改質的一例示性感測元件之反應，**圖 12B** 顯示具有電漿+兩性離子矽烷表面改質的一感測元件（如**圖 5A**所述）之反應，且**圖 12C** 顯示具有電漿+兩性離子矽烷表面改質與額外葡萄糖層的一感測元件（如**圖 5B**中所述）之反應。

【0096】 **圖 12A** 繪示沒有表面改質或塗層之感測元件，其在實驗期間的任何點皆未顯示顯著的電阻抗變化。

【0097】 沒有改質的此感測元件不具有可在表面上形成流體層之強親和性，而因此缺少讓 NaCl 氣溶膠粒子可離子化於該感測元件上之強力機制。

【0098】 **圖 12B** 繪示僅具有電漿+兩性離子矽烷處理之感測元件導致回應於潮濕空氣的阻抗微幅降低、及在整個 NaCl 氣溶膠暴露期間的額外降低。氣溶膠流一經移除時的阻抗微幅增加可能歸因於由 NaCl 氣溶膠流引入的濕度微幅變化。

【0099】 僅具有電漿+兩性離子矽烷處理之感測元件使得電極上之親水性表面能夠促進一些量的流體凝結，然而在熱平衡下，在表面上形成流體的驅動力係低於具有額外吸濕材料層之感測元件的驅動力（**圖 12C**）。

【0100】 **圖 12C** 繪示具有電漿+兩性離子矽烷處理之感測元件，該感測元件亦具有葡萄糖層，其對潮濕空氣流顯示更顯著反應，然後

對 NaCl 氣溶膠流顯示更顯著反應。此係歸因於藉由添加葡萄糖（吸濕材料）層所引入的感測元件之吸濕性質變化。

【0101】 圖 13A 至圖 13D 顯示改變吸濕材料層之塗層重量如何影響感測元件反應之一實例，其繪示一類似於圖 12C 且具有吸濕層塗層重量變化之實驗的結果。圖 13A 至圖 13D 係繪示針對施加於鹽氣溶膠感測器之 O₂+TMS 電漿+兩性離子矽烷接以不同塗層重量之葡萄糖的等溫水吸收及 NaCl 氣溶膠反應之比較的圖。

【0102】 圖 14A 至圖 14C 係繪示針對具有和不具有過濾器元件之感測器的等溫水吸收及 NaCl 氣溶膠反應之比較的圖。可如何使用顆粒過濾器來建立參考電極對（如圖 7 及圖 8 所述）之一實例係由圖 14A 至圖 14C 中之數據顯示。

【0103】 所有測試均在濕度控制的 NaCl 氣溶膠系統之流動流中，用感測元件進行。藉由使用霧化器將 5 wt% NaCl 於水中之溶液霧化，以產生氣溶膠。所有測試的濕度皆介於 95% RH 與 100% RH 之間。所有測試中的感測元件係指叉狀陣列，其具有 5 密耳線/指部空間寬度，且具有~0.5 cm² 面積。圖顯示在五種不同頻率下隨時間之阻抗量值（實線）和相移（虛線）。阻抗數據係由可購自 Agilent, USA 之 Precision Impedance Analyzer 4294A 記錄。

【0104】 例如，圖 14A 顯示一感測元件之反應，該感測元件實質上類似於本申請案中所述之感測元件，且沒有顆粒過濾器，其插入於含有氣溶膠化氯化鈉微粒及奈米粒子之空氣流中。

【0105】 圖 14B 顯示一類似的實驗，其中氣溶膠化溶液不含氯化鈉，使得氣溶膠化溶液僅產生水蒸氣而沒有氯化鈉粒子。

【0106】 圖 14C 顯示與圖 14A 相同的實驗之結果，不同的是感測元件經組態成具有如先前所述之顆粒過濾器。圖 14B 與圖 14C 中所示之反應的相似性證實，顆粒過濾器充分地允許流體組分（諸如水蒸氣）接觸參考電極對，但防止微粒物質接觸參考電極對。

【0107】 因此，揭示了用於呼吸器之感測元件的實施例。

【0108】 在此特以引用之方式將本文所引述之所有參考文件以及出版品之全文明示納入本揭露中，除非其內容可能與本揭露直接抵觸。雖在本文中是以具體實施例進行說明及描述，但所屬技術領域中具有通常知識者將瞭解可以各種替代及/或均等實施方案來替換所示及所描述的具體實施例，而不偏離本揭露的範疇。本申請案意欲涵括本文所討論之特定具體實施例的任何調適形式或變化形式。因此，本揭露意圖僅受限於申請專利範圍及其均等者。本文所揭示之實施例僅為說明性目的而非限制性。

【符號說明】

【0109】

- 1...基材
- 2...電極對結構
- 3...高表面能區域
- 4...電極對結構
- 5...導電區域

6...低表面能區域/較低表面能區域/濕區域

7...過濾元件/顆粒過濾器/過濾器材料

8...隔絕材料

9...流體/液體體積/液體/水/流體區域

10...感測元件

11...不導電表面/層

12...間隙

12_{AB}...間隙

12_{CD}...間隙

12_{AC}...間隙

12_{BC}...間隙

15...穿孔/孔/孔隙

120...表面處理層

130...吸溼材料層/多元醇層

140...鹽材料/鹽

210...步驟

220...步驟

230...步驟

231...步驟

232...步驟

233...步驟

234...步驟

240...步驟

241...步驟

242...步驟

250...步驟

251...步驟

260...步驟

261...步驟

300...呼吸器感測器系統

310...呼吸器

320...感測器

330...讀取器

340...網際網路

350...遠端裝置/計算裝置

A...電極

A₂...指叉狀構件

B...電極

B₂...指叉狀構件

C...電極

D...電極

E_L...橫向寬度

G_L...橫向距離

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】 用於呼吸器之感測元件

SENSING ELEMENT FOR RESPIRATOR

【中文】

感測元件包括基材，其包括不導電表面；至少一高表面能區域；及電極對結構，其係設置於不導電表面上。電極對結構包括至少一對電極，該對電極在其間具有間隙。電極中之至少一者係至少部分地在至少一高表面能區域內。感測元件經組態以感測流體可溶性微粒物質。

【英文】

A sensing element includes a substrate including an electrically non-conductive surface, at least one high surface energy region, and an electrode pair structure disposed on the electrically non-conductive surface. The electrode pair structure includes at least one pair of electrodes having a gap therebetween. At least one of the electrodes is at least partially within the at least one high surface energy region. The sensing element is configured to sense fluid-soluble particulate matter.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1

【本代表圖之符號簡單說明】：

1...基材

2...電極對結構

3...高表面能區域

6...低表面能區域/較低表面能區域/濕區域

10...感測元件

11...不導電表面/層

12...間隙

A...電極

B...電極

E_L ...橫向寬度

G_L ...橫向距離

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

申請專利範圍

1. 一種感測元件，其包含：
 基材，其包含不導電表面；
 至少一高表面能區域；及
 電極對結構，其係設置於該不導電表面上，該電極對結構包含至少一對電極，該對電極在其間具有間隙，且該等電極中之至少一者係至少部分地在該至少一高表面能區域內，且該感測元件經組態以感測流體可溶性微粒物質。
2. 如請求項 1 之感測元件，其進一步包含二或更多對電極。
3. 如前述請求項中任一項之感測元件，其中該至少一對電極中之電極係相對於彼此定位成共面。
4. 如前述請求項中任一項之感測元件，其中當該感測元件經組態以感測流體可溶性微粒物質時，液體層設置在該間隙中，使得該液體層與該至少一對電極中之兩電極接觸。
5. 如前述請求項中任一項之感測元件，其中該基材進一步包含至少一低表面能區域。
6. 如前述請求項中任一項之感測元件，其進一步包含過濾元件，該過濾元件係圍繞至少一電極之表面設置，使得流體必須實質上通過該過濾元件以到達該電極。
7. 如前述請求項中任一項之感測元件，其中該至少一高表面能區域包含矽氧烷表面。
8. 如前述請求項中任一項之感測元件，其中該至少一高表面能區域包含兩性離子矽氧烷表面。
9. 如前述請求項中任一項之感測元件，其中該至少一高表面能區域

包含吸濕材料。

10. 如前述請求項中任一項之感測元件，其中該等高表面能區域中之至少一者完全受低表面能區域限制。
11. 如前述請求項中任一項之感測元件，其中該等高表面能區域之水性離子含量小於 $1\text{E-}9$ 莫耳離子/ mm^2 。
12. 如前述請求項中任一項之感測元件，其進一步包含設置於該等高表面能區域上的一層吸濕材料及一層鹽中之至少一者。
13. 如前述請求項中任一項之感測元件，其進一步包含設置於該等高表面能區域上的一層吸濕材料及一層鹽。
14. 如前述請求項中任一項之感測元件，其中該電極對結構包含四個電極 A、B、C、及 D，且形成兩對電極 A-B 及 C-D。
15. 如請求項 1 至 13 中任一項之感測元件，其中該電極對結構包含三個電極 A、B、及 C，且進一步地，其中形成兩對電極 A-C 及 B-C，且電極 C 對兩電極對而言是共同的。
16. 如前述請求項中任一項之感測元件，其進一步包含設置於該元件之表面上的保護膜。
17. 如請求項 6 之感測元件，其中該過濾元件係藉由黏著劑發泡體黏附至該表面。
18. 如請求項 16 之感測元件，其中該發泡體具有小於 1000 ppm 之離子含量。
19. 如請求項 9、12、或 13 之感測元件，其中該吸濕材料為多元醇。
20. 如請求項 19 之感測元件，其中該多元醇為糖醇。
21. 一種使用如前述請求項中任一項之感測元件的呼吸器。
22. 一種製作如請求項 21 之呼吸器的方法。

