



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I742160 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 10 月 11 日

(21)申請案號：106132479

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 09 月 21 日

(51)Int. Cl. : C08G77/50 (2006.01)

C08G77/52 (2006.01)

C08L83/04 (2006.01)

(30)優先權：2016/09/30 美國

62/402,246

(71)申請人：美商道康寧公司 (美國) DOW CORNING CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：傅 鵬飛 FU, PENG-FEI (US)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

(56)參考文獻：

CN 101925656A

JP 2014-205823A

審查人員：陳依微

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：0 共 43 頁

(54)名稱

橋接聚矽氧樹脂、膜、電子裝置及相關方法

(57)摘要

所揭示的是一種橋接聚矽氧樹脂，其具有下列通式(1)： $(\text{HSiO}_{3/2})_x(\text{RSiO}_{3/2})_y(\text{R}^1\text{SiO}_{3/2})_z(\text{SiO}_{3/2}-\text{X}-\text{SiO}_{3/2})_s$ (1)；其中 x 及 s 各係 >0 至 <1 且 $0 < y+z < 1$ ，並使得 $x+y+z+s=1$ ； R 獨立地係烷基； R^1 獨立地係芳基；且 X 係包含矽伸芳基或 $-(\text{CH}_2)_q\text{SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3-(\text{CH}_2)_{q'}$ -基之二價基團，其中 n 係 1 至 10 之整數，各 R^2 及 R^3 係經獨立地選擇之經取代或未經取代烴基，且 q 及 q' 各獨立地係選自 0 或 1 至 6 之整數。亦揭示的是各種關於該橋接聚矽氧樹脂之方法及其最終用途。

A bridged silicone resin is disclosed which has the general formula (1): $(\text{HSiO}_{3/2})_x(\text{RSiO}_{3/2})_y(\text{R}^1\text{SiO}_{3/2})_z(\text{SiO}_{3/2}-\text{X}-\text{SiO}_{3/2})_s$ (1); wherein x and s are each from >0 to <1 and $0 < y+z < 1$ such that $x+y+z+s=1$; R is independently an alkyl group; R^1 is independently an aryl group; and X is divalent group comprising a silarylene group or a $-(\text{CH}_2)_q\text{SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3-(\text{CH}_2)_{q'}$ - group, where n is an integer from 1 to 10, each R^2 and R^3 is an independently selected substituted or unsubstituted hydrocarbyl group, and q and q' are each independently integers selected from 0 or from 1 to 6. Various methods relating to the bridged silicone resin and end uses thereof are also disclosed.



I742160

發明摘要

公告本

※ 申請案號：

※ 申請日：

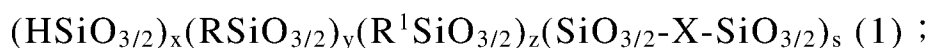
※IPC 分類：

【發明名稱】 橋接聚矽氧樹脂、膜、電子裝置及相關方法

BRIDGED SILICONE RESIN, FILM, ELECTRONIC
DEVICE AND RELATED METHODS

【中文】

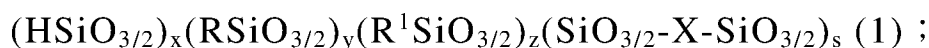
所揭示的是一種橋接聚矽氧樹脂，其具有下列通式(1)：



其中 x 及 s 各係 >0 至 <1 且 $0 < y+z < 1$ ，並使得 $x+y+z+s=1$ ；R 獨立地係烷基； R^1 獨立地係芳基；且 X 係包含矽伸芳基或 $(\text{CH}_2)_q\text{SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3\text{-(CH}_2)_{q'}$ -基之二價基團，其中 n 係 1 至 10 之整數，各 R^2 及 R^3 係經獨立地選擇之經取代或未經取代烴基，且 q 及 q' 各獨立地係選自 0 或 1 至 6 之整數。亦揭示的是各種關於該橋接聚矽氧樹脂之方法及其最終用途。

【英文】

A bridged silicone resin is disclosed which has the general formula (1):



wherein x and s are each from >0 to <1 and $0 < y+z < 1$ such that $x+y+z+s=1$; R is independently an alkyl group; R^1 is independently an aryl group; and X is divalent group comprising a silarylene group or a $-(CH_2)_qSiR^2R^3[O(SiR^2R^3O)_n]SiR^2R^3-(CH_2)_{q'}$ group, where n is an integer from 1 to 10, each R^2 and R^3 is an independently selected substituted or unsubstituted hydrocarbyl group, and q and q' are each independently integers selected from 0 or from 1 to 6. Various methods relating to the bridged silicone resin and end uses thereof are also disclosed.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：無

【本代表圖之符號簡單說明】：無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

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】 橋接聚矽氧樹脂、膜、電子裝置及相關方法

BRIDGED SILICONE RESIN, FILM, ELECTRONIC
DEVICE AND RELATED METHODS

【技術領域】

【0001】 本發明大體上關於聚矽氧樹脂，並且更具體而言關於形成具有極佳物理性質之膜的橋接聚矽氧樹脂及相關方法、膜、和電子裝置。

【先前技術】

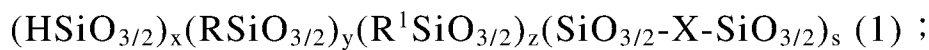
【0002】 聚矽氧樹脂在所屬技術領域中係已知的且用於各種最終用途應用中。聚矽氧樹脂一般由於存在 T 矽氧基單元($R^0SiO_{3/2}$)及/或 Q 矽氧基單元($SiO_{4/2}$)而包括三維網路，其中 R^0 係取代基。除此之外，聚矽氧樹脂之性質取決於其交聯密度及矽氧基單元之莫耳分率。提高交聯密度一般會導致具有較高硬度及/或剛性之聚矽氧樹脂。二氧化矽（或玻璃）包含 Q 矽氧基單元。

【0003】 T 樹脂（或矽倍半氧烷）常用於旋塗式玻璃(SOG, spin-on-glass)應用，藉由將 T 樹脂施加於基材上，旋塗成層然後退火，以給出旋塗式玻璃(SOG)膜。SOG 理想之處在於，彼等可形成自呈液體形式之 T 樹脂（例如在溶劑中），然後進行退火以給出具有類似於玻璃之性質的 SOG 膜。SOG 膜之介電性質讓許多種最終用途應用成為可能，尤其是在電子業中。

【0004】 然而，不像玻璃，SOG 膜常係易碎並且在升溫 (elevated temperature) 下有破裂問題。在特定 SOG 膜厚下這個問題尤其嚴重。因此，熱穩定性和抗裂性限制了 SOG 膜的潛在最終用途應用，也限制了適用於製備此等 SOG 膜之 T 樹脂。

【發明內容】

【0005】 本發明提供一種橋接聚矽氧樹脂。橋接聚矽氧樹脂具有下列通式(1)：



其中 x 及 s 各係 >0 至 <1 且 $0 < y+z < 1$ ，並使得 $x+y+z+s=1$ ；R 獨立地係烷基； R^1 獨立地係芳基；且 X 係包含矽伸芳基(silarylene)或 $(\text{CH}_2)_q\text{SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3-(\text{CH}_2)_{q'}$ -基之二價基團，其中 n 係 1 至 10 之整數，各 R^2 及 R^3 係經獨立地選擇之經取代或未經取代烴基，且 q 及 q' 各獨立地係選自 0 或 1 至 6 之整數。

【0006】 亦揭示的是一種製備該橋接聚矽氧樹脂之方法。此方法包含使起始聚矽氧樹脂與橋接化合物反應以給出該橋接聚矽氧樹脂。該起始聚矽氧樹脂具有式 $(\text{HSiO}_{3/2})_a(\text{RSiO}_{3/2})_b(\text{R}^1\text{SiO}_{3/2})_c$ ，其中 a 係 >0 至 <1 且 $0 < b+c < 1$ ，並使得 $a+b+c=1$ 。該橋接化合物具有下列通式 (4)：



其中各 R^5 獨立地係對該起始聚矽氧樹脂之矽鍵結氫原子具有反應性之官能基，且 Z' 包含伸芳基或矽氧烷部分。

【0007】 本發明亦提供一種用該橋接聚矽氧樹脂形成膜之方法。此方法包含將該橋接聚矽氧樹脂施加至基材。此方法進一步包含在該基材上自該橋接聚矽氧樹脂形成該膜。本發明進一步提供根據此方法所形成之膜。

【0008】 此外，本發明提供一種電子裝置。該電子裝置包含一電子組件，及形成自相鄰該電子組件設置之該橋接聚矽氧樹脂的膜。

【0009】 最後，本發明提供一種隔絕該電子裝置之方法。此方法包含對該電子裝置供電以使得該電子組件具有大於 20°C 至 $1,000^{\circ}\text{C}$ 之升溫。該膜會隔絕該電子組件並在升溫下顯示出實質之抗裂性。

【圖式簡單說明】

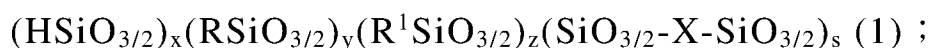
無

【實施方式】

【0010】 本發明提供一種橋接聚矽氧樹脂及一種製備該橋接聚矽氧樹脂之方法。該橋接聚矽氧樹脂具有優異性質並且適用於眾多最終用途應用。舉例而言，該橋接聚矽氧樹脂會形成具有優異性質之膜，包括介電性質、升溫下實質抗裂性及熱穩定性。因此，本發明亦提供一種用該橋接聚矽氧樹脂形成膜之方法及藉此所形成之膜。有鑒於該膜之優異物理性質，進一步提供一種電子裝置及一種隔絕該電子裝置之方法。然而，該橋接聚矽氧樹脂之最終用途應用不限於膜或電子裝

置。舉例而言，該橋接聚矽氧樹脂可用作為組成物（例如，黏著劑、化妝品等）中之組分、可用來形成膜以外之物品等。

【0011】 橋接聚矽氧樹脂具有下列通式(1)：



其中 x 及 s 各係 >0 至 <1 且 $y+z >0$ 至 <1 ，並使得 $x+y+z+s=1$ ； R 獨立地係烷基； R^1 獨立地係芳基；且 X 係包含矽伸芳基或 $-(\text{CH}_2)_q\text{SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3-(\text{CH}_2)_{q'}$ -基之二價基團，其中 n 係 1 至 10 之整數，各 R^2 及 R^3 係經獨立地選擇之經取代或未經取代烴基，且 q 及 q' 各獨立地係選自 0 或 1 至 6 之整數。

【0012】 下標 x 、 y 、 z 及 s 係莫耳分率且係獨立地經選擇。下標 x 及 s 獨立地係 >0 至 <1 。下標 y 及 z 係獨立地經選擇並使得 $0 < y+z < 1$ 。下標 y 或 z 各可係 0 但不同時係 0。在某些實施例中， y 係 0 且 z 係 >0 ；替代地 y 係 >0 且 z 係 0；替代地 y 及 z 皆獨立地係 >0 。在某些實施例中， x 係 >0 至 <1 、替代地 0.1 至 0.7、替代地 0.2 至 0.6、替代地 0.3 至 0.5、替代地 0.35 至 0.45。在這些或其他實施例中， $y+z$ 係 >0 至 <1 、替代地 >0.1 至 <1 、替代地 >0.2 至 0.9、替代地 >0.3 至 0.8、替代地 >0.4 至 0.7、替代地 0.5 至 0.6。在這些或其他實施例中， s 係 >0 至 0.5、替代地 >0 至 0.4、替代地 >0 至 0.3、替代地 >0 至 0.2、替代地 >0 至 0.15、替代地 >0 至 0.1。然而，下標 x 、 y 、 z 及 s 可在以上範圍內變化，只要 $x+y+z+s=1$ 。

【0013】 R 係烷基，且各 R 係獨立地經選擇。R 一般具有 1 至 30 個碳原子、替代地 1 至 24 個碳原子、替代地 1 至 20 個碳原子、替代地 1 至 12 個碳原子、替代地 1 至 10 個碳原子、替代地 1 至 6 個碳原子、替代地 1 至 4 個碳原子、替代地 1 至 3 個碳原子、替代地 1 或 2 個碳原子、替代地係甲基。

【0014】 R^1 係芳基，且各 R^1 係獨立地經選擇。芳基係環狀、完全不飽和烴基。芳基可係單環或多環的，雖然 R^1 一般係單環的。芳基之實例包括但不限於環戊二烯基、苯基、蒽基及萘基。單環芳基可具有 5 至 9 個碳原子、替代地 6 至 7 個碳原子、且替代地 5 至 6 個碳原子。多環芳基可具有 10 至 17 個碳原子、替代地 10 至 14 個碳原子、且替代地 12 至 14 個碳原子。

【0015】 X 係二價基團。在第一實施例中，X 包含矽伸芳基。矽伸芳基可係包括至少一個矽鍵結伸芳基之任何二價基團。在某些實施例中，伸芳基係鍵結在 X 中的兩個矽原子之間。X 之具體實例（包括當 X 係矽伸芳基時）如下。

【0016】 在第二實施例中，X 係 $-(CH_2)_qSiR^2R^3[O(SiR^2R^3O)_n]SiR^2R^3-(CH_2)_{q'}$ -基，其中 n 係 1 至 10 之整數，各 R^2 及 R^3 係經獨立地選擇之經取代或未經取代烴基，且 q 及 q' 各獨立地係選自 0 或 1 至 6 之整數。在此第二實施例中，X 可稱為二價矽氧烷，或矽氧烷部分。相比之下，在以上針對 X 所介紹之第一實施例中，作為矽伸芳基之 X 一般不包括矽氧烷(Si-O-Si)鍵。

【0017】 各 R^2 及各 R^3 係獨立地經選擇且可係彼此相同或不同。

本文中任何關於 R^2 之描述亦獨立地適用於 R^3 且反之亦然。各 R^2 及各 R^3 可獨立地係直鏈、支鏈及/或環狀的。環狀烴基涵蓋芳基以及飽和或非共軛環狀基團。芳基可係單環或多環的。直鏈及支鏈烴基可獨立地係飽和或不飽和的。舉例而言，直鏈烴基包括烷基、烯基、炔基等。直鏈與環狀烴基之組合的一個實例係芳烷基(aralkyl)。所謂「經取代(substituted)」，其意指一或多個氫原子可經氫以外之原子（例如，鹵素原子，諸如氯、氟、溴等）所置換，或者 R^2 及/或 R^3 之鏈中碳原子可經碳以外之原子所置換，亦即 R^2 及/或 R^3 在鏈中可包括一或多個雜原子，諸如氧、硫、氮等。

【0018】 一般而言，各 R^2 及 R^3 之烴基獨立地包含烷基或芳基。

在這些實施例中，烷基一般具有 1 至 30 個碳原子、替代地 1 至 24 個碳原子、替代地 1 至 20 個碳原子、替代地 1 至 12 個碳原子、替代地 1 至 10 個碳原子、替代地 1 至 6 個碳原子、替代地 1 至 4 個碳原子、替代地 1 至 3 個碳原子、替代地 1 或 2 個碳原子、替代地係甲基。芳基一般具有 5 至 9 個碳原子、替代地 6 至 7 個碳原子、且替代地 5 至 6 個碳原子。

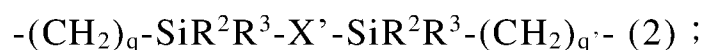
【0019】 在以上 X 之第二實施例中，橋接聚矽氧樹脂具有下列通式：

$(\text{HSiO}_{3/2})_x(\text{RSiO}_{3/2})_y(\text{R}^1\text{SiO}_{3/2})_z(\text{SiO}_{3/2}-(\text{CH}_2)_q-\text{SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3-(\text{CH}_2)_{q'}-\text{SiO}_{3/2})_s$ ，其中 x 、 y 、 z 、 q 、 n 、 q' 、 s 、 R 、 R^1 、 R^2 及 R^3 係定義於上。在某些實施例中， q 及 q' 各係

0。當橋接聚矽氧樹脂係經由縮合反應來製備時，此係典型情況。在其他實施例中， q 及 q' 各係 2。當橋接聚矽氧樹脂係經由矽氫化反應來製備時，此係典型情況。在後者實施例中， q 及 q' 之各者可獨立地係大於 2，例如 6。當矽氫化反應涉及矽鍵結乙烯基時，對於 q 及 q' 而言 2 係典型的，而矽鍵結乙烯基會變成分別由 q 及 q' 所指示之可選二價基團。矽氫化反應可涉及乙烯基以外之矽鍵結基團，例如矽鍵結己烯基，在此情況下 q 及 q' 不係 2。

【0020】 雖然以上介紹了 X 的兩個實施例，橋接聚矽氧樹脂可包括不同且係獨立地經選擇之由 X 所代表的二價基團。換言之，橋接聚矽氧樹脂可包括以上所介紹之兩個實施例的組合。

【0021】 在以上所介紹之 X 的第一個實施例中， X 包含矽伸芳基。包含矽伸芳基之 X 的一個具體實例係以下具有下列通式(2)者：

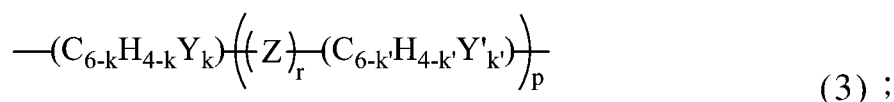


其中 q 及 q' 各係獨立地經選擇且定義於上； R^2 及 R^3 係獨立地經選擇且定義於上；且 X' 係包含伸芳基之二價鍵聯基。在通式(2)之實施例中，伸芳基（由 X' 所標示）係直接鍵結在各別 SiR^2R^3 嵌段中之兩個相鄰矽原子之間。所以， X' 本身可係伸芳基而使得通式(2)代表矽伸芳基，或者相對於 X ， X' 可係矽伸芳基而使得 X' 本身除了 SiR^2R^3 中之矽原子外尚包括其他矽原子。

【0022】 在以上通式(2)中，由 X' 所標示之伸芳基可係任何伸芳基。一般而言， X' 係伸芳基而使得 X 係矽伸芳基，但 X' 本身不構成

矽伸芳基。在這些實施例中，X 仍包含矽伸芳基，但 X' 僅包含伸芳基。替代地，X' 及 X 各可包含矽伸芳基。

【0023】 當 X' 包含伸芳基（但不是矽伸芳基）時，X' 的一個具體實例係在下列通式(3)中敘述：



其中 p 係選自 0 或 1 至 3 之整數，r 係 0 或 1，k 及各 k' 獨立地係選自 0 或 1 至 4 之整數，Y 及各 Y' 獨立地係選自 N、O、及 S，且各 Z 獨立地係選自 O、S、SiR⁴₂、CO、CR⁴₂、SO₂、PO₂ 及 NR⁴，其中各 R⁴ 獨立地係 H 或經取代或未經取代烴基。經取代及未經取代烴基之實例係以上關於 R 及 R¹ 所敘述者。

【0024】 在以上 X' 之實施例中，Y 及 Y'（分別由 k 及 k' 所指示）係可選的雜原子，其可係通式(3)中各別芳族結構之一部分。一般而言，k 及 k' 各係 0 而使得分別由 Y 及 Y' 所代表之可選雜原子係不存在。

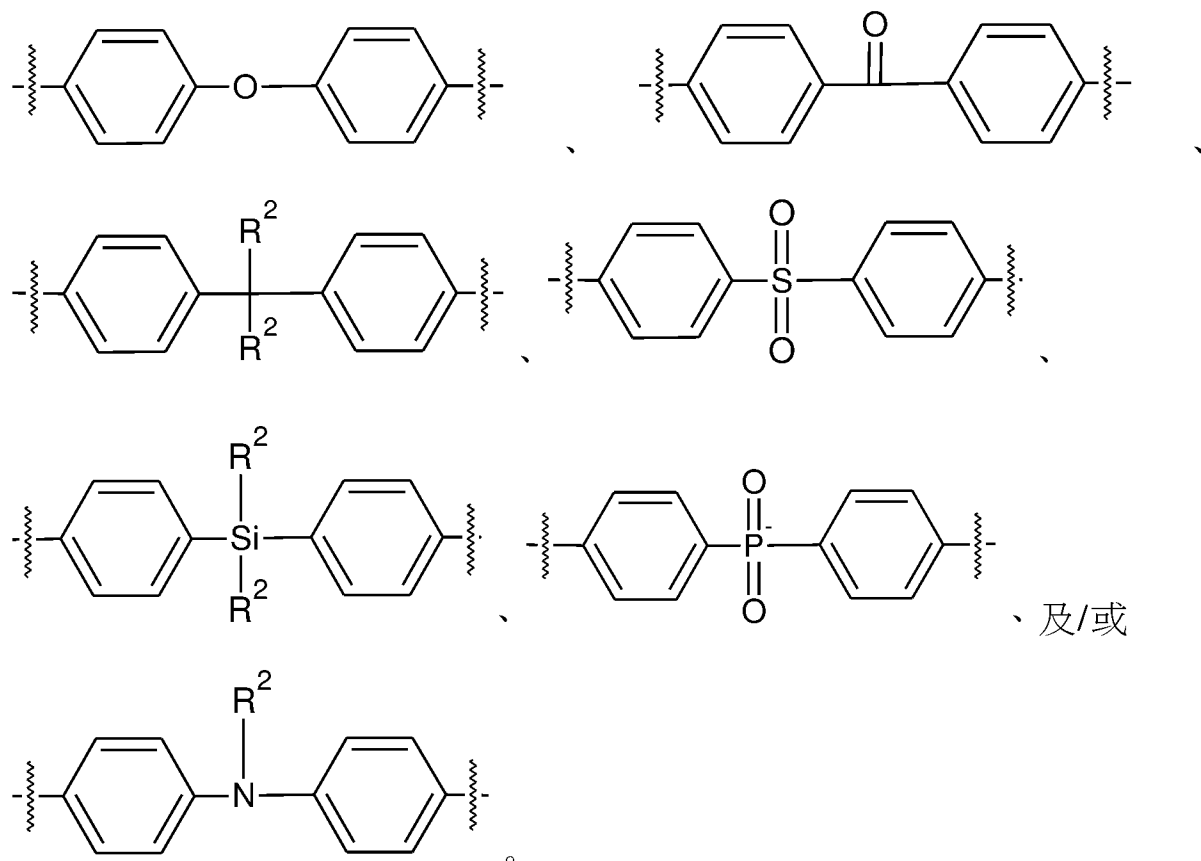
【0025】 由下標 r 所指示之 Z 係存在於相鄰芳族結構之間的可選雜原子或部分。下標 r 係獨立地經選擇以使得當下標 p 所指示之嵌段大於 0 時，各重覆嵌段可包括或可不包括 Z，且在 Z 係存在之任何情況下 Z 係獨立地經選擇。

【0026】 當 r 係 0，p 係 0，且 k' 係 0 時，X' 具有通式-(C₆H₄)-。在此具體實施例中，X 具有通式-(CH₂)_q-SiR²R³-(C₆H₄)-SiR²R³-。

$(\text{CH}_2)_q-$ ，其中 q 、 R 、 R^1 、 q' 係定義如上。在某些實施例中， q 及 q' 各係 2。 X' ，或 $-(\text{C}_6\text{H}_4)-$ 係鍵結在矽原子之間。這些鍵結可位於 $-(\text{C}_6\text{H}_4)-$ 的任何位置，即可位於鄰位、間位、及/或對位。

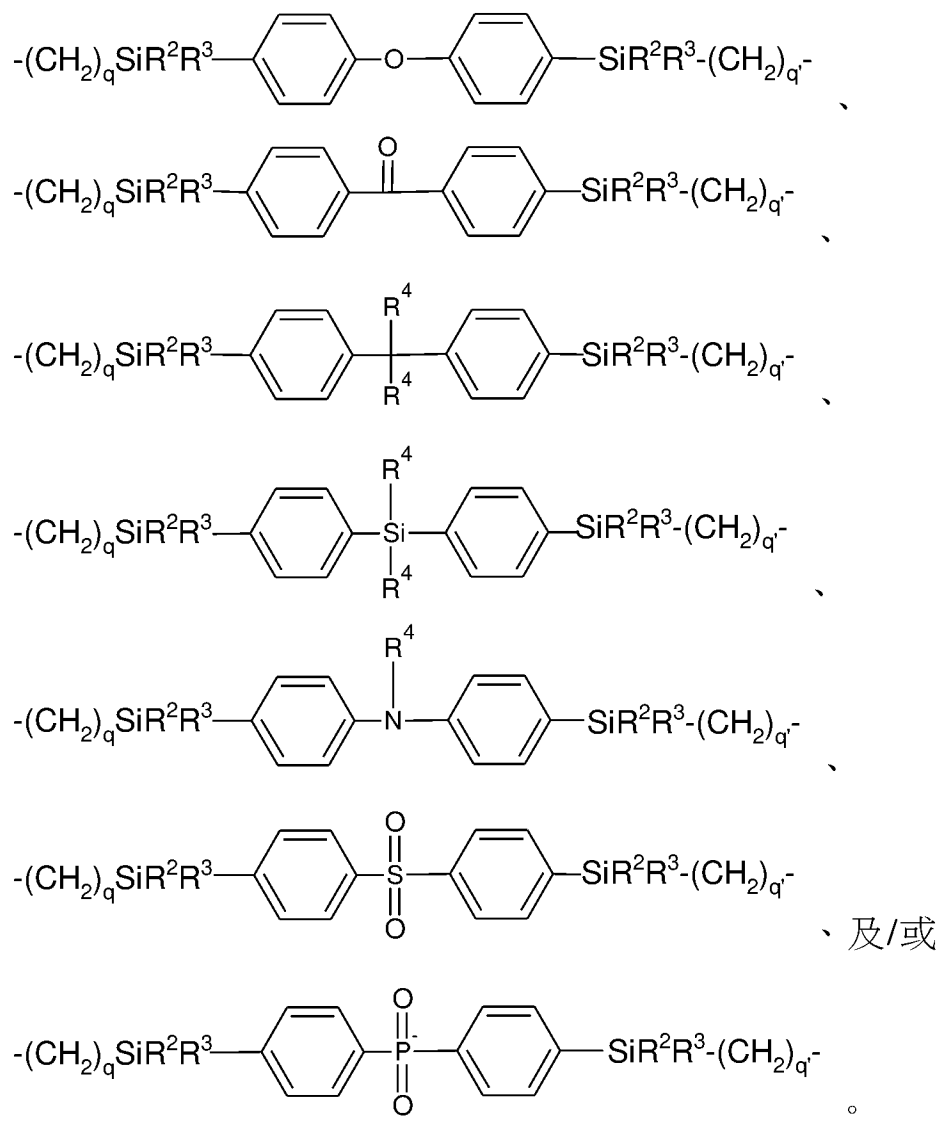
【0027】 在其他實施例中， r 係 0 且 p 係 1。當 k 及 k' 各係 0 時， X' 在此實施例中具有通式： $-(\text{C}_6\text{H}_4)-(\text{C}_6\text{H}_4)-$ ，且 X 具有通式 $(\text{CH}_2)_q-\text{SiR}^2\text{R}^3-(\text{C}_6\text{H}_4)-(\text{C}_6\text{H}_4)-\text{SiR}^2\text{R}^3-(\text{CH}_2)_{q'}$ ，其中 q 、 R^2 、 R^3 、 q' 係定義於上。在某些實施例中， q 及 q' 各係 2。 X' ，或 $-(\text{C}_6\text{H}_4)-(\text{C}_6\text{H}_4)-$ 係鍵結在矽原子之間。這些鍵結可位於各 $-(\text{C}_6\text{H}_4)-$ 的任何位置，即可位於鄰位、間位、及/或對位。

【0028】 在又其他實施例中， r 係 1 且 p 係 1。當 k 及 k' 各係 0 時， X' 可具有例如以下任何結構，視 Z 之選擇而定：



R⁴ 係定義於上且獨立地係 H 或經取代或未經取代烴基。這些僅係 X' 之適合物種的例示性實例。

【0029】 針對以上就 X' 所提供之具體實例，X 具有下列對應結構（根據以上介紹 X' 之例示性實例的順序來提出）：



R⁴ 係定義於上且獨立地係 H 或經取代或未經取代烴基。這些僅係基於以上針對 X' 所提出者之 X 之適合物種的例示性實例。

【0030】 替代地又在其他實施例中，r 係 1 且 p 係>1，即 p 係 2 或 3。在這些實施例中，Z 獨立地可存在或不存在於由 p 所指示之各嵌

段中，並且如果存在於兩或更多個由 p 所指示之嵌段中，則獨立地可經選擇。

【0031】 在各種實施例中，橋接聚矽氧樹脂具有 100 至 5,000、替代地 115 至 4,000；替代地 130 至 1,000 之重量平均分子量(M_w)，如藉由基於聚苯乙烯標準品而校準之凝膠滲透層析術(GPC)所測量。

【0032】 如上所介紹，亦揭示的是一種製備橋接聚矽氧樹脂之方法（製備方法）。此製備方法包含使起始聚矽氧樹脂與橋接化合物反應以給出橋接聚矽氧樹脂。

【0033】 起始聚矽氧樹脂具有通式 $(HSiO_{3/2})_a(RSiO_{3/2})_b(R^1SiO_{3/2})_c$ ，其中 a 係 >0 至 <1 且 $0 < b+c < 1$ ，並使得 $a+b+c=1$ ，且 R 及 R^1 係定義於上。起始聚矽氧樹脂係矽倍半氧烷樹脂，其係包含 T 矽氧基單元之樹脂、替代地基本上由 T 矽氧基單元所組成之樹脂、替代地由 T 矽氧基單元所組成之樹脂。矽倍半氧烷樹脂、及其製備方法係所屬技術領域中已知的。起始聚矽氧樹脂可結合該製備方法來原位獲得及利用、製備或形成。

【0034】 下標 a 、 b 、及 c 係莫耳分率且係獨立地經選擇。下標 a 係 >0 至 <1 。因為該製備方法中會消耗掉一部分由 a 所指示之 T 矽氧基單元，下標 a 一般大於橋接聚矽氧樹脂之下標 x 。在某些實施例中， b 與 y 相同；在這些或其他實施例中， c 與 z 相同。由下標 b 及 c 所指示之矽氧基單元一般在該製備方法中不具反應性。下標 b 及 c 係獨立地經選擇並使得 $0 < b+c < 1$ 。下標 b 或 c 各可係 0 但不同時係 0。在某些

實施例中，b 係 0 且 c 係 >0 ；替代地 b 係 >0 且 c 係 0；替代地 b 及 c 皆獨立地係 >0 。

【0035】 在某些實施例中，b+c 係 >0 至 <1 、替代地 >0.1 至 <1 、替代地 >0.2 至 0.9 、替代地 >0.3 至 0.8 、替代地 >0.4 至 0.7 、替代地 0.5 至 0.6 。

【0036】 一般而言，橋接聚矽氧樹脂一般具有 $1,500$ 至 $100,000$ 、替代地 $2,000$ 至 $50,000$ 、替代地 $3,000$ 至 $30,000$ 之重量平均分子量(M_w)，如藉由基於聚苯乙烯標準品而校準之凝膠滲透層析術(GPC)所測量。

【0037】 在製備橋接聚矽氧樹脂時，起始聚矽氧樹脂可設置在媒劑、替代地溶劑中。媒劑可係用於攜載起始聚矽氧樹脂、替代地至少部分溶解起始聚矽氧樹脂、替代地溶解起始聚矽氧樹脂之任何媒劑。

【0038】 合適媒劑之實例包括但不限於飽和脂族烴，諸如正戊烷、己烷、正庚烷、異辛烷及十二烷；環脂族烴，諸如環戊烷及環己烷；芳族烴，諸如苯、甲苯、二甲苯及萘；環醚，諸如四氫呋喃(THF)及二噁烷；醇類，諸如甲醇、乙醇、異丙醇、丁醇、或正丙醇；酮類，諸如甲基異丁基酮(MIBK)；二醇醚，諸如丙二醇甲基醚、二丙二醇甲基醚、丙二醇正丁基醚、丙二醇正丙基醚、丙二醇甲基醚乙酸酯(PGMEA)、或乙二醇正丁基醚；鹵化烴，諸如三氯乙烷、二氯甲烷、1,1,1-三氯乙烷、二氯甲烷或氯仿；二甲基亞砷；二甲基甲醯胺；乙腈；白油溶劑(white spirit)；礦油精(mineral spirit)；石腦油

(naphtha)；及鹵化芳族烴，諸如溴苯和氯苯。亦可使用不同媒劑之組合。

【0039】 當起始聚矽氧樹脂係設置於媒劑中時，媒劑與起始聚矽氧樹脂之相對量可有所變化。一般而言，相對量係基於起始聚矽氧樹脂與媒劑之混合物的所欲黏度或可流動性來加以選擇。在某些實施例中，以混合物之總重量計，混合物所包含之起始聚矽氧樹脂量係大於 0 至 50、替代地 2.5 至 47.5、替代地 5 至 42.5、替代地 7.5 至 40、替代地 10 至 30 重量百分比。在這些實施例中，混合物之平衡係媒劑。

【0040】 在某些實施例中，該橋接化合物具有下列通式(4)：



其中各 R^5 獨立地係對該起始聚矽氧樹脂之矽鍵結氫原子具有反應性之官能基，且 Z' 包含伸芳基或矽氧烷部分。一般而言，各 R^5 係在橋接組分中之矽鍵結，即 Z' 包括各 R^5 所鍵結之矽原子。橋接化合物在與起始聚矽氧樹脂反應之後，即形成橋接聚矽氧樹脂中之 X 。

【0041】 起始聚矽氧樹脂與橋接化合物之相對量取決於這些組分之選擇及起始聚矽氧樹脂中矽鍵結氫原子與橋接化合物中 R^5 官能基之所欲比例，以及橋接聚矽氧樹脂之所欲結構。起始聚矽氧樹脂中矽鍵結氫原子與橋接化合物中 R^5 官能基之莫耳比可在例如 40:1 至 1:1、替代地 20:1 至 2:1、替代地 10:1 至 5:1 之範圍內。

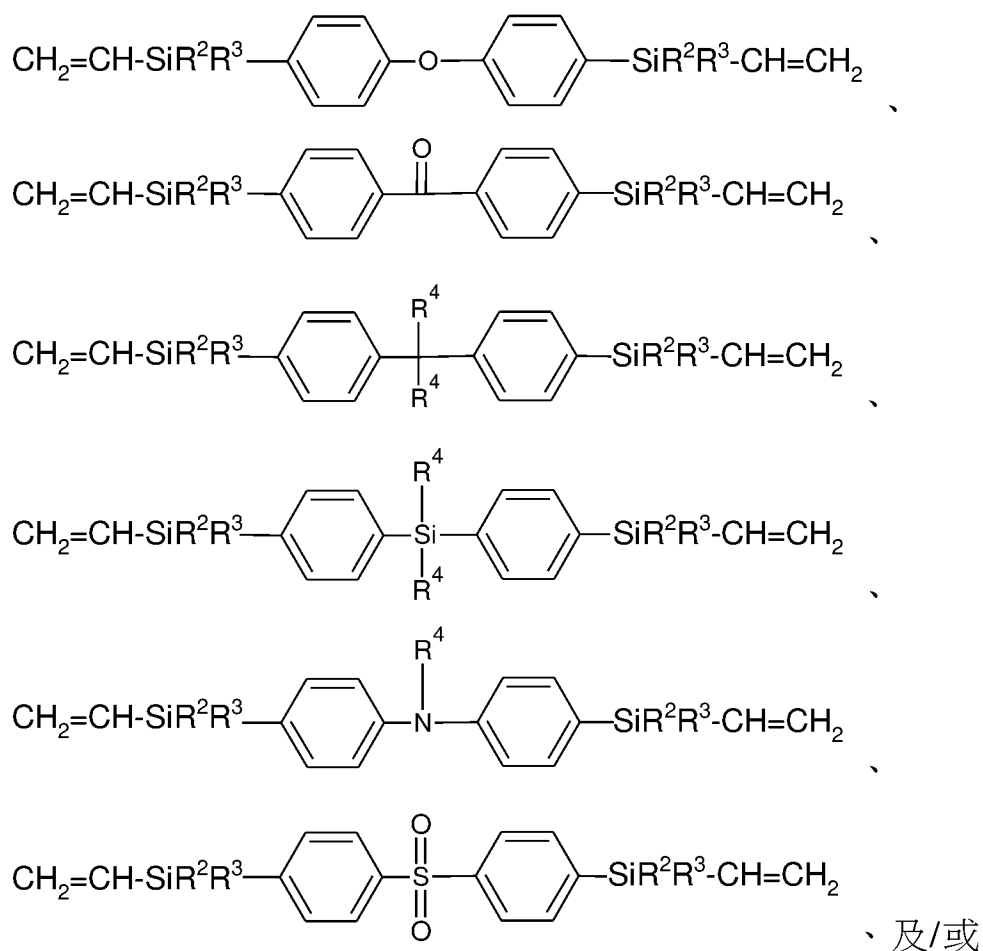
【0042】 在具體實施例中， Z' 具有下列通式(5)：

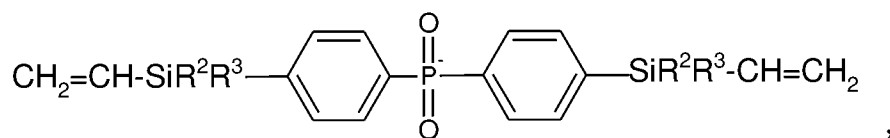


其中 R^2 及 R^3 係獨立地經選擇且定義於上，並且 X' 係定義於上。

【0043】 R^5 係對起始聚矽氧樹脂之矽鍵結氫原子具有反應性。在某些實施例中， R^5 包括乙烯系不飽和基團。不飽和基團一般在 R^5 中位於末端。在此等實施例中， R^5 可獨立地係烯基及/或炔基。當 R^5 包括乙烯系不飽和基團時，橋接化合物與起始聚矽氧樹脂之間的反應係矽氫化反應。

【0044】 當橋接化合物之各 R^5 係乙烯基時，且當 Z' 包含伸芳基時，合適橋接化合物之例示性實例（其大致對應於以上針對橋接聚矽氧樹脂之 X 的例示性實例）如下（順序與以上所提出者相同）：





其中 R^2 、 R^3 及 R^4 係定義於上。

【0045】 在以上例示性實例中，各 R^5 係矽鍵結乙烯基。在這些例示性實例中，橋接化合物之 Z' 包含作為伸芳基化合物之矽伸芳基化合物，如在以上通式(5)中者。然而，通式可用不同方式來表現，並且將矽原子歸屬於各 R^5 而不是 Z' ，使得 Z' 係伸芳基化合物且各 R^5 係（在這些具體實施例中） $-\text{SiR}^2\text{R}^3-\text{CH}=\text{CH}_2$ 。再者，以上伸芳基可經矽氧烷部分置換，且/或以上乙烯基可經經基置換。

【0046】 當橋接聚矽氧樹脂之 X 係 $-(\text{CH}_2)_q\text{SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3-(\text{CH}_2)_{q'}-$ 時，橋接聚矽氧樹脂在 q 及 q' 各係 2 時的一個具體實例係 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3-\text{CH}=\text{CH}_2$ ，並且 n 係定義於上。此對應於 q 及 q' 各係 2。在此實施例中， R^5 再度係矽鍵結乙烯基，且 Z' 係矽氧烷部分，在此情況下，係 $\text{SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3$ 。

【0047】 橋接化合物與起始聚矽氧樹脂之間的矽氫化反應一般於矽氫化催化劑存在下發生，矽氫化催化劑可係包含鉑族金屬或含鉑族金屬化合物之任何熟知矽氫化催化劑。

【0048】 所謂鉑族金屬，其意指鈥、銨、鈹、鐵、銱、及鉑，以及任何其錯合物。通常，該鉑族金屬為鉑，因為鉑在矽氫化反應中具有高活性。可用於矽氫化催化劑之含鉑族金屬催化劑包括如 Willing 之美國專利第 3,419,593 號、及 Brown 等人之美國專利第 5,175,325

號所述所製備之鉑錯合物，該等專利之各者係特此以引用方式併入本文中，以展示此等錯合物及其製備。有用含鉑族金屬催化劑之其他實例可見於 Lee 等人之美國專利第 3,989,668 號；Chang 等人之美國專利第 5,036,117 號；Ashby 之美國專利第 3,159,601 號；Larnoreaux 之美國專利第 3,220,972 號；Chalk 等人之美國專利第 3,296,291 號；Modic 之美國專利第 3,516,946 號；Karstedt 之美國專利第 3,814,730 號；及 Chandra 等人之美國專利第 3,928,629 號，該等專利全皆特此以引用方式併入本文中，以展示有用之含鉑族金屬催化劑及用於其等之製備的方法。含鉑族催化劑可係鉑族金屬、沉積於載體（諸如矽膠或粉狀炭）上之鉑族金屬、或鉑族金屬之化合物或錯合物。含鉑催化劑之具體實例包括氯鉑酸（可呈六水合物形式或無水形式），及/或含鉑催化劑，其係藉由包含使氯鉑酸與脂族不飽和有機矽化合物（諸如二乙基四甲基二矽氧烷，或烯烴-鉑-矽基錯合物）反應之方法來製備，如 Roy 之美國專利第 6,605,734 號中所述。這些烯烴-鉑-矽基錯合物可例如藉由將 0.015 莫耳(COD)PtCl₂ 與 0.045 莫耳 COD 及 0.0612 莫耳 HMeSiCl₂ 混合來製備。

【0049】 矽氫化催化劑亦可係撐載型矽氫化催化劑，其包含撐體且該撐體具有鉑族金屬於其表面上。撐載型催化劑之實例包括但不限於碳上鉑、碳上鈀、碳上鈳、碳上銻、二氧化矽上鉑、二氧化矽上鈀、氧化鋁上鉑、氧化鋁上鈀、以及氧化鋁上鈳。

【0050】 矽氫化催化劑亦可係或替代地係光可活化矽氫化催化劑，其可經由輻射及/或熱來起始固化。光可活化矽氫化催化劑可係能

夠催化矽氫化反應之任何矽氫化催化劑，尤其是一旦曝露於具有 150 至 800 奈米(nm)之波長的輻射。光可活化矽氫化催化劑可係包含鉑族金屬或含鉑族金屬化合物之任何熟知矽氫化催化劑。鉑族金屬包括鉑、銨、釕、鈦、鈹、鐵、及銱。通常，該鉑族金屬為鉑，因為鉑在矽氫化反應中具有高活性。特定光可活化矽氫化催化劑在本發明之聚矽氧組成物中的適用性可藉由常規實驗來輕易判定。

【0051】 適用於本發明目的之光可活化矽氫化催化劑的具體實例包括但不限於 β -二酮鉑(II)錯合物(platinum(II) β -diketonate complexes)，諸如雙(2,4-戊二酸)鉑(II)、雙(2,4-己二酸)鉑(II)、雙(2,4-庚二酸)鉑(II)、雙(1-苯基-1,3-丁二酸)鉑(II)、雙(1,3-二苯基-1,3-丙二酸)鉑(II)、雙(1,1,1,5,5,5-六氟-2,4-戊二酸)鉑(II)； $(\eta$ -環戊二烯基)三烷基鉑錯合物，諸如(Cp)三甲基鉑、(Cp)乙基二甲基鉑、(Cp)三乙基鉑、(氯-Cp)三甲基鉑、及(三甲基矽基-Cp)三甲基鉑，其中 Cp 代表環戊二烯基；氧化三氮烯(triazene oxide)-過渡金屬錯合物，諸如 $\text{Pt}[\text{C}_6\text{H}_5\text{NNNOCH}_3]_4$ 、 $\text{Pt}[\text{p-CN-C}_6\text{H}_4\text{NNNOC}_6\text{H}_{11}]_4$ 、 $\text{Pt}[\text{p-H}_3\text{COC}_6\text{H}_4\text{NNNOC}_6\text{H}_{11}]_4$ 、 $\text{Pt}[\text{p-CH}_3(\text{CH}_2)_x\text{-C}_6\text{H}_4\text{NNNOCH}_3]_4$ 、1,5-環辛二烯 . $\text{Pt}[\text{p-CN-C}_6\text{H}_4\text{NNNOC}_6\text{H}_{11}]_2$ 、1,5-環辛二烯 . $\text{Pt}[\text{p-CH}_3\text{O-C}_6\text{H}_4\text{NNNOCH}_3]_2$ 、 $[(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{P}]_3\text{Rh}[\text{p-CN-C}_6\text{H}_4\text{NNNOC}_6\text{H}_{11}]$ 、及 $\text{Pd}[\text{p-CH}_3(\text{CH}_2)_x\text{-C}_6\text{H}_4\text{NNNOCH}_3]_2$ ，其中 x 係 1、3、5、11、或 17； $(\eta^4$ -二烯烴)(σ -芳基)鉑錯合物，諸如 $(\eta^4$ -1,5-環辛二烯基)二苯基鉑、 η^4 -1,3,5,7-環辛四烯基)二苯基鉑、 $(\eta^4$ -2,5-降莖二烯基)二苯基鉑 $((\eta^4$ -2,5-norboradienyl)diphenylplatinum)、 $(\eta^4$ -1,5-環辛二烯基)雙-(4-二甲基胺

苯基)鉑、(η^4 -1,5-環辛二烯基)雙-(4-乙醯苯基)鉑、及(η^4 -1,5-環辛二烯基)雙-(4-四氟甲基苯基)鉑。一般而言，光可活化矽氫化催化劑係 β -二酮鉑(II)錯合物，而更一般而言催化劑係雙(2,4-戊二酸)鉑(II)。矽氫化催化劑可係單一種光可活化矽氫化催化劑或包含兩或更多種不同光可活化矽氫化催化劑之混合物。

【0052】 矽氫化催化劑之濃度係足以催化橋接化合物與起始聚矽氧樹脂之間的矽氫化反應。以橋接化合物與起始聚矽氧樹脂之合併重量計，矽氫化催化劑之濃度一般會提供 0.1 至 1000 ppm 的鉑族金屬、替代地 0.5 至 100 ppm 的鉑族金屬、替代地 1 至 25 ppm 的鉑族金屬。

【0053】 在這些或其他實施例中， R^5 包括羥基、替代地 R^5 係羥基。在這些實施例中，橋接化合物與起始聚矽氧樹脂之間的反應係縮合反應。

【0054】 在這些實施例中， R^5 一開始可係任何可水解基團。可水解基團可於水存在下先進行水解以給出羥基，其後續會與起始聚矽氧樹脂之矽鍵結氫原子縮合，以給出橋接聚矽氧樹脂（並且水作為副產物）。在這些實施例中，橋接化合物可進行水解然後與起始聚矽氧樹脂進行後續縮合。

【0055】 當鍵結至矽時，可水解基團之實例包括 H、鹵基、烷氧基、烷胺基、羧基、烷亞胺氧基(alkyliminoxy)、烯氧基、及 N-烷醯胺基。

【0056】 當橋接聚矽氧樹脂之 X 係 $-(CH_2)_qSiR^2R^3[O(SiR^2R^3O)_n]SiR^2R^3-(CH_2)_q-$ 時，橋接化合物的一個具

體實例係 $\text{OH-SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3\text{-OH}$ ，並且 n 係定義於上。
此對應於 q 及 q' 各係 0。在此實施例中， R^5 係矽鍵結烴基，且 Z' 係矽氧烷部分，在此情況下，係 $\text{SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3$ ，其中 n 係定義於上。

【0057】 橋接化合物與起始聚矽氧樹脂之間的縮合反應一般於催化劑存在下發生，該催化劑可係任何縮合催化劑。

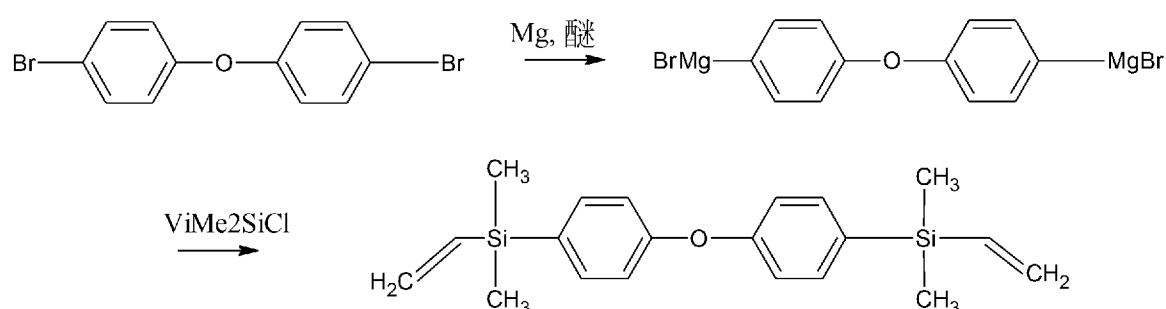
【0058】 合適縮合催化劑之實例包括酸類，諸如羧酸，例如甲酸、乙酸、丙酸、丁酸及/或戊酸；鹼類；有機酸之金屬鹽，諸如二辛酸二丁錫、硬脂酸鐵、及/或辛酸鉛；鈦酸酯，諸如鈦酸四異丙酯及/或鈦酸四丁酯；螯合化合物，諸如乙醯丙酮鈦；過渡金屬催化劑，諸如含鉑催化劑，包括例如以上介紹為合適矽氫化催化劑者；胺基丙基三乙氧基矽烷、及類似者。如果有使用，縮合催化劑一般係以催化量使用，例如以基於橋接化合物與起始聚矽氧樹脂之合併重量的 100 重量份計，催化量係大於 0 至 5、替代地 0.0001 至 1、替代地 0.001 至 0.1 重量百分比。

【0059】 當 R^5 包括乙烯系不飽和基團時，在橋接聚矽氧樹脂之 X 中下標 q 及 q' 一般各係至少 2。當 R^5 係烴基時，在橋接聚矽氧樹脂之 X 中下標 q 及 q' 一般各係 0。

【0060】 給出橋接聚矽氧樹脂之反應可在環境條件下或在經改變條件下進行。舉例而言，反應可在升溫（例如，大於環境溫度至 100℃）下、在攪拌/剪切下、在真空下、在惰性氛圍下等進行。橋接聚矽

氧樹脂一般係形成在反應混合物中，並且製備方法可進一步包含自反應混合物中單離出橋接聚矽氧樹脂，例如藉由過濾。

【0061】 所屬技術領域中具有通常知識者會輕易瞭解如何製備此等橋接化合物。僅作為一個實例，當 X 係 $-(CH_2)_2-Si(CH_3)_2-(C_6H_4)-O-(C_6H_4)-Si(CH_3)_2-(CH_2)_2-$ 時，橋接化合物可根據下列反應機制來形成：



其中 Vi 表示乙烯基且 Me 表示甲基。

【0062】 起始聚矽氧樹脂及橋接化合物可用各種不同之量或比例來反應，取決於所欲之橋接聚矽氧樹脂最終性質。在某些實施例中，以橋接化合物與起始聚矽氧樹脂之合併重量計，橋接化合物之使用量係大於 0 至 30、替代地大於 0 至 20、替代地大於 0 至 15、替代地大於 0 至 10 重量百分比。

【0063】 本發明亦提供一種用該橋接聚矽氧樹脂形成膜之方法（「膜製備方法」）。膜製備方法包含將橋接聚矽氧樹脂施加至基材。膜製備方法進一步包含在該基材上自該橋接聚矽氧樹脂形成該膜。用橋接聚矽氧樹脂形成膜涵蓋僅將橋接聚矽氧樹脂施加於基材上、乾燥、

退火，並且無論橋接聚矽氧樹脂或膜內是否有任何物理及/或化學變化。

【0064】 在某些實施例中，將橋接聚矽氧樹脂施加至基材包含將包含橋接聚矽氧樹脂及媒劑之聚矽氧組成物施加至基材。媒劑可攜載、替代地部分溶化、替代地完全溶化橋接聚矽氧樹脂。媒劑通常會降低聚矽氧組成物之黏度，使得聚矽氧組成物可呈濕形式來施加。

【0065】 媒劑可係任何合適媒劑。合適媒劑之實例包括但不限於飽和脂族烴，諸如正戊烷、己烷、正庚烷、異辛烷及十二烷；環脂族烴，諸如環戊烷及環己烷；芳族烴，諸如苯、甲苯、二甲苯及萘；環醚，諸如四氫呋喃(THF)及二噁烷；醇類，諸如甲醇、乙醇、異丙醇、丁醇、或正丙醇；酮類，諸如甲基異丁基酮(MIBK)；二醇醚，諸如丙二醇甲基醚、二丙二醇甲基醚、丙二醇正丁基醚、丙二醇正丙基醚、丙二醇甲基醚乙酸酯(PGMEA)、或乙二醇正丁基醚；鹵化烷烴，諸如三氯乙烷、二氯甲烷、1,1,1-三氯乙烷、二氯甲烷或氯仿；二甲基亞碲；二甲基甲醯胺；乙腈；白油溶劑(white spirit)；礦油精(mineral spirit)；石腦油(naphtha)；及鹵化芳族烴，諸如溴苯和氯苯。亦可使用媒劑之組合。

【0066】 橋接聚矽氧樹脂在聚矽氧組成物中之相對量可有所變化。在各種實施例中，聚矽氧組成物所包含之橋接聚矽氧樹脂量係 5 至 75 wt%、替代地 10 至 60 wt%、替代地 15 至 55 wt%、替代地 20 至 50 wt%、替代地 10 至 30 wt%、替代地 30 至 50 wt%、替代地 12 ± 2 wt%、替代地 14 ± 2 wt%、替代地 16 ± 2 wt%、替代地 18 ± 2 wt%、替

代地 20 ± 2 wt%、替代地 25 ± 2 wt%、替代地 30 ± 2 wt%、替代地 35 ± 2 wt%、替代地 40 ± 2 wt%、替代地 45 ± 2 wt%、替代地 50 ± 2 wt%、替代地 55 ± 2 wt%、替代地 60 ± 2 wt%、替代地 65 ± 2 wt，以上所有量皆以聚矽氧組成物之總重量計。

【0067】 施加橋接聚矽氧樹脂（本身或在聚矽氧組成物中）可包含任何合適施加技術。一般而言，聚矽氧組成物係經由濕式塗佈技術以濕形式來施加。在某些實施例中，橋接聚矽氧樹脂係藉由下列方式來施加：i)旋轉塗佈；ii)刷式塗佈；iii)滴液塗佈；iv)噴灑塗佈；v)浸漬塗佈；vi)滾筒塗佈；vii)流式塗佈；viii)狹縫式塗佈；ix)凹版塗佈；或 x)任何 i)至 ix)之組合。

【0068】 在具體實施例中，橋接聚矽氧樹脂係藉由旋轉塗佈來施加。在這些實施例中，聚矽氧組成物係分配在基材上以給出濕沉積，該基材諸如裝置晶圓（例如，半導體裝置晶圓，如砷化鎵晶圓、矽(Si)晶圓、碳化矽(SiC)晶圓、具有 SiO_x 層設置於其上之 Si 晶圓、或具有 SiN 層設置於其上之 Si 晶圓）。下標 x 係有理數或無理數，其表示氧化矽層中每一個矽原子之平均氧原子數目。一般而言，x'係 1 至 4。

【0069】 接著使濕沉積及基材進行旋轉塗佈一段時間以給出旋塗層。在將濕沉積旋轉塗佈於基材時，塗轉塗佈可在最高旋轉速度下進行並且進行足夠之旋轉時間以獲得所欲之旋塗層厚度。最高旋轉速度可係 400 至 5,000、替代地 500 至 4,000、替代地 800 至 3,000 轉/分鐘(rpm)。

【0070】 在將濕塗層旋轉塗佈於晶圓上時，旋轉時間可係 0.5 秒至 10 分鐘。旋轉時間可以係固定的，例如在 30 秒至 2 分鐘時保持恆定，並且在使用習知旋轉塗佈機設備之技術領域中具有通常知識者可輕易調整旋轉速度，以獲得特定厚度。

【0071】 在某些實施例中，膜製備方法進一步包含退火旋塗層以在基材上形成膜。當旋塗層有進行退火時，可將膜稱為旋塗式玻璃(SOG)層或膜。旋塗層一般係濕的。所以，旋塗層可在退火之前先進行加熱，例如以在退火橋接聚矽氧樹脂以給出膜之前先驅除任何媒劑。

【0072】 一般而言，基材可具有整合式熱板或整合式或獨立式爐，其等可具有石英內襯。基材及旋塗層係例如接連在三個熱板上加熱，溫度係 125 至 175°C（例如，150°C）；接著 175 至 225°C（例如，200°C）；然後 325 至 375°C（例如，350°C），各進行一段期間。期間可係大於 0 秒至 10 分鐘、替代地約一分鐘。加熱步驟會將任何媒劑自聚矽氧組成物中驅除而與橋接聚矽氧樹脂分開，以給出乾燥膜。在最終退火之前，加熱步驟亦會開始引發橋接聚矽氧樹脂內之結構變化。環境濕氣及水分可能會促成橋接聚矽氧樹脂內之 T 單元的進一步水解及/或縮合，以給出 Q 單元。在某些實施例中，在上述加熱步驟之後，可使乾燥膜曝露於環境條件及相對濕度下。

【0073】 接著乾燥膜一般會在約 300 至 900、替代地 350 至 500、替代地 375 至 425°C 之溫度下進行退火。退火通常會在惰性環境中（例如，在氮氣下）發生。由於氧化所致之 Si-H 鍵解離一般會在大

於 360°C 之溫度下出現。然而，即使在退火之後仍至少有一些 Si-H 鍵留存。

【0074】 可將膜（物理及/或化學）黏合至基材，或者膜可係可剝離的或可用其他方式自基材上移除。可將膜物理黏合至基材及/或化學黏合至基材。

【0075】 在各種實施例中，視膜之最終用途應用而定，使膜經歷進一步加工。舉例而言，可使膜經歷氧化物沉積（例如，SiO₂ 沉積）、阻劑沉積和圖案化、蝕刻、化學或電漿剝除、金屬化、或金屬沉積。此等進一步加工技術通常係已知的。此沉積可係化學氣相沉積（包括低壓化學氣相沉積、電漿增強化學氣相沈積、及電漿輔助化學氣相沈積）、物理氣相沉積、或其他真空沉積技術。許多此等進一步加工技術涉及升溫，尤其是真空沉積，有鑒於膜之優異熱穩定性，其係相當適合的。

【0076】 膜所具有之厚度可隨其最終用途應用而有變化。一般而言，膜具有大於 0 至 10 微米(μm)、替代地 1.5 至 10 微米(μm)之厚度。然而，亦考慮到其他厚度，例如 0.1 至 200 μm。舉例而言，膜之厚度可係 0.2 至 175 μm；替代地 0.5 至 150 μm；替代地 0.75 至 100 μm；替代地 1 至 75 μm；替代地 2 至 60 μm；替代地 3 至 50 μm；替代地 4 至 40 μm；替代地 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、15、20、25、30、35、40、45、50、60、70、75、80、90、100、150、175、及 200 μm。

【0077】 膜具有優異之物理性質，尤其是與習知旋塗式玻璃(SOG)膜相比。舉例而言，許多習知 SOG 膜易碎而且熱穩定性不佳。然而，本發明之膜具有實質抗裂性並且在升溫下具有優異熱穩定性。舉例而言，在某些實施例中，當加熱至下列升溫時膜仍實質上抗裂：i) 100 至 1000°C；ii) 400 至 850°C；或 iii) i)及 ii)兩者。

【0078】 本文中所使用之實質抗裂性意指當在光學顯微鏡及/或掃描式電子顯微鏡下目視檢查時，當膜在 500°C 下加熱 60 分鐘時，膜在 1.5 微米之厚度下並未顯示出碎裂現象。

【0079】 膜亦具有優異之熱穩定性以及針對圖案化之蝕刻選擇性（如果膜如以上所介紹進行進一步加工）。

【0080】 本發明亦提供電子裝置。電子裝置包含一電子組件，及相鄰該電子組件設置之膜。所謂「相鄰(adjacent)」，其意指膜係相鄰電子組件設置且與之接觸，替代地相鄰電子組件設置但與之分開。膜所形成於上之基材可係電子裝置之電子組件。

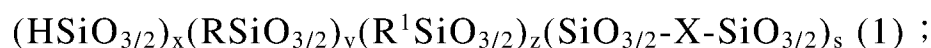
【0081】 電子裝置並未限定並且可稱為「微電子裝置」及/或「電子電路」。其等之例示性實例包括基於矽之裝置、砷化鎵裝置、焦平面陣列、光學電子裝置、光伏電池、光學裝置、介電層、經摻雜介電層（用以產生類電阻器之裝置）、顏料加載黏合劑系統（含有矽以產生電容器及類電容器裝置）、多層裝置、3-D 裝置、絕緣體上矽(SOI, silicon-on-insulator)裝置、超晶格裝置及類似者。

【0082】 電子裝置之電組件一般係半導體組件，替代地導電組件。膜具有優異之介電性質並且可將此等半導體組件與熱及/或電流隔

絕。然而，電組件可係電子裝置之任何組件，此係熟知的。熱可能由於使用電子裝置之環境或周遭條件所致。替代地，熱可能由於使用電子裝置及對電子裝置供電所致，此通常會導致熱在電子裝置之各種電組件中產生，尤其是在其導電組件中。

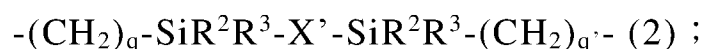
【0083】 亦提供隔絕電子裝置之方法。該方法包含對該電子裝置供電以使得該電子組件具有大於 20°C 至 1,000°C 之升溫。如上所述，該膜會隔絕該電子組件並在升溫下展現出實質之抗裂性。由於膜之優異介電性質，其隔絕一般會延伸至在升溫下隔絕熱及在對電子裝置供電時隔絕電流兩者。

【0084】 實施例 1 關於一種橋接聚矽氧樹脂，其具有下列通式 (1)：



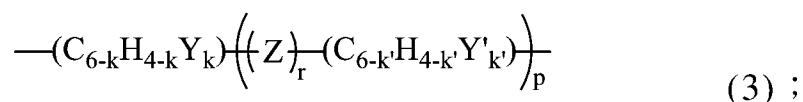
其中 x 及 s 各係 >0 至 <1 且 $0 < y+z < 1$ ，並使得 $x+y+z+s=1$ ；R 獨立地係烷基； R^1 獨立地係芳基；且 X 係包含矽伸芳基或 $-(\text{CH}_2)_q\text{SiR}^2\text{R}^3[\text{O}(\text{SiR}^2\text{R}^3\text{O})_n]\text{SiR}^2\text{R}^3-(\text{CH}_2)_{q'}$ -基之二價基團，其中 n 係 1 至 10 之整數，各 R^2 及 R^3 係經獨立地選擇之經取代或未經取代烴基，且 q 及 q' 各獨立地係選自 0 或 1 至 6 之整數。

【0085】 實施例 2 關於實施例 1 之橋接聚矽氧樹脂，其中 X 具有下列通式(2)：



其中 q 及 q' 各係獨立地經選擇且定義於上； R^2 及 R^3 係獨立地經選擇且定義於上；且 X' 係包含伸芳基之二價鍵聯基。

【0086】 實施例 3 關於實施例 2 之橋接聚矽氧樹脂，其中 X' 具有下列通式(3)：

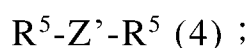


其中 p 係選自 0 或 1 至 3 之整數； r 係 0 或 1； k 及各 k' 獨立地係選自 0 或 1 至 4 之整數； Y 及各 Y' 係獨立地選自 N、O、及 S；且各 Z 係獨立地選自 O、S、 SiR^4_2 、CO、 CR^4_2 、 SO_2 、 PO_2 及 NR^4 ，其中各 R^4 獨立地係 H 或經取代或未經取代烴基。

【0087】 實施例 4 關於一種製備實施例 1 之橋接聚矽氧樹脂之方法。實施例 4 之方法包含使起始聚矽氧樹脂與橋接化合物反應以給出橋接聚矽氧樹脂；

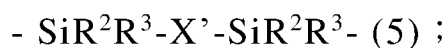
其中該起始聚矽氧樹脂具有式 $(\text{HSiO}_{3/2})_a(\text{RSiO}_{3/2})_b(\text{R}^1\text{SiO}_{3/2})_c$ ，其中 a 係 >0 至 <1 且 $0 < b+c < 1$ ，並使得 $a+b+c=1$ ；且

其中該橋接化合物具有下列通式(4)：



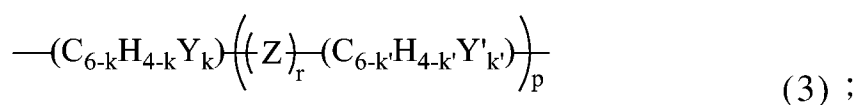
其中各 R^5 獨立地係對該起始聚矽氧樹脂之矽鍵結氫原子具有反應性之官能基，且 Z' 包含伸芳基或矽氧烷部分。

【0088】 實施例 5 關於實施例 4 之方法，其中 Z' 具有下列通式 (5)：



其中 R^2 及 R^3 係獨立地經選擇且定義於上；且

X' 係具有下列通式(3)之二價鍵聯基：



其中 p 係選自 0 或 1 至 3 之整數， r 係 0 或 1， k 及各 k' 獨立地係選自 0 或 1 至 4 之整數， Y 及各 Y' 獨立地係選自 N、O、及 S，且各 Z 獨立地係選自 O、S、 SiR^4_2 、CO、 CR^4_2 、 SO_2 、 PO_2 及 NR^4 ，其中各 R^4 獨立地係 H 或經取代或未經取代烴基。

【0089】 實施例 6 關於實施例 4 或 5 之方法，其中使該起始聚矽氧樹脂與該橋接化合物反應，包含(i)矽氫化反應；(ii)縮合反應；或者 (iii) (i)與(ii)之組合。

【0090】 實施例 7 關於實施例 4 至 6 中任一者之方法，其中該起始聚矽氧樹脂及該橋接化合物係於催化劑存在下反應。

【0091】 實施例 8 關於一種用橋接聚矽氧樹脂形成膜之方法。實施例 8 之方法包含：

將橋接聚矽氧樹脂施加至基材；及

在該基材上自該橋接聚矽氧樹脂形成該膜；

其中該橋接聚矽氧樹脂係實施例 1 至 3 中任一者之橋接聚矽氧樹脂。

【0092】 實施例 9 關於實施例 8 之方法，其中施加該橋接聚矽氧樹脂包含施加包含該橋接聚矽氧樹脂及媒劑之聚矽氧組成物。

【0093】 實施例 10 關於實施例 8 或 9 之方法，其中該橋接聚矽氧樹脂係藉由下列方式來施加：(i)旋轉塗佈；ii)刷式塗佈；iii)滴液塗佈；iv)噴灑塗佈；v)浸漬塗佈；vi)滾筒塗佈；vii)流式塗佈；viii)狹縫式塗佈；ix)凹版塗佈；或 x)任何 i)至 ix)之組合。

【0094】 實施例 11 關於實施例 9 之方法，其進一步包含將該聚矽氧組成物旋轉塗佈於該基材上以在該基材上形成旋塗層；及

退火該旋塗層以在該基材上形成該膜。

【0095】 實施例 12 關於根據實施例 8 至 11 中任一者之方法所形成之膜。

【0096】 實施例 13 關於實施例 12 之膜，其具有大於 0 至 10 微米之厚度。

【0097】 實施例 14 關於實施例 12 或 13 之膜，當其加熱至下列溫度時仍實質上抗裂：i) 100 至 1000°C；ii) 400 至 850°C；或 iii) i)及 ii)兩者。

【0098】 實施例 15 關於一種電子裝置，其包含：

一電子組件；及

相鄰該電子組件設置之一膜；

其中該膜係實施例 12 至 14 中任一者之膜。

【0099】 實施例 16 關於實施例 15 之電子裝置之用途。

【0100】 實施例 17 關於一種隔絕電子裝置之方法，該電子裝置包含一電子組件及相鄰該電子組件設置之一膜。實施例 17 之方法包含：

對該電子裝置供電以使得該電子組件具有大於 20℃ 至 1,000℃ 之升溫；

其中該膜係實施例 12 至 14 中任一者之膜；

其中該膜會隔絕該電子組件並在該升溫下顯示出實質抗裂性。

【0101】 應當理解的是，所附申請專利範圍並不限於實施方式中所述之明確特定化合物、組成物、或方法，該等化合物、組成物、或方法可以在落入所附申請專利範圍之範疇內的特定實施例之間變化。關於本說明書中用於描述各種實施例之特定特徵或態樣所憑藉的馬庫西(Markush)群組，不同、特殊及/或非預期的結果可能自各別馬庫西群組的各成員獲得並且獨立於所有其他馬庫西成員。可個別或組合地憑藉馬庫西群組的各成員，並對落於隨附申請專利範圍之範疇中的具體實施例提供充分支持。

【0102】 另外，描述本發明之各種實施例所憑藉的任何範圍與子範圍皆獨立且共同落入隨附申請專利範圍之範疇中，並且將其理解為描述且預想到包括整體及/或其中部分值的所有範圍，即使此些值在本說明書中並未明白寫出。所屬技術領域中具有通常知識者可輕易認可的是，所列舉的範圍和子範圍充分描述並使本發明的各種實施例得以

實行，並且這樣的範圍和子範圍可被進一步描述為相關的二等分、三等分、四等分、五等分等等。以下僅作為一個實例，一「0.1 至 0.9」的範圍可進一步分述為下三分之一（即 0.1 至 0.3）、中三分之一（即 0.4 至 0.6）以及上三分之一（即 0.7 至 0.9），其個別且共同落入隨附申請專利範圍之範疇中，並且可被個別及/或共同地憑藉，而且會對落於隨附申請專利範圍之範疇中的具體實施例提供充分支持。此外，關於界定或修飾一範圍的詞語，例如「至少」、「大於」、「小於」、「不超過」與類似者，應理解為此類詞語包括次範圍及/或上限或下限。以下作為另一個實例，一「至少 10」的範圍自然包括至少 10 至 35 的子範圍、至少 10 至 25 的子範圍、25 至 35 的子範圍等等，並且可個別及/或共同地憑藉各子範圍，而且會對落於隨附申請專利範圍之範疇中的具體實施例提供充分支持。最後，可憑藉落入所揭示範圍的個別數字，並且對落於隨附申請專利範圍之範疇中的具體實施例提供充分支持。例如，一「從 1 至 9」的範圍包括各種個別整數如 3，以及包括一小數點（或分數）的個別數字如 4.1，其可被憑藉，並且對落於隨附申請專利範圍之範疇中的具體實施例提供充分支持。

【0103】 以下實例意圖說明本發明，而且不應被以任何方式視為限制本發明的範圍。

實例

【0104】 根據本發明之橋接聚矽氧樹脂係製備於下。在製備橋接聚矽氧樹脂之前，先製備特定橋接化合物。

製備實例 1：橋接化合物 1

【0105】 橋接化合物（橋接化合物 1）係經由格任亞(Grignard)反應來產生。特定而言，將 100 克的對二溴苯、10 克的鎂、及 400 克的二乙醚置於燒瓶中以形成混合物。將混合物加熱至回流、保持回流 6 小時，然後冷卻至室溫。將 56.3 克的乙烯基二甲基氯矽烷置於燒瓶中，然後將燒瓶之內容物攪拌 2 小時。使用旋轉蒸發器將任何揮發物自燒瓶移除以留下濃縮物。接著將濃縮物藉由真空蒸餾純化以單離出橋接化合物 1，其係 4-雙(乙烯基二甲基矽基)苯。

製備實例 2：橋接化合物 2

【0106】 第二橋接化合物（橋接化合物 2）係經由格任亞反應來產生。特定而言，將 100 克的二溴苯氧、10 克的鎂、及 400 克的二乙醚結合於燒瓶中以形成混合物。將混合物加熱至回流、保持回流 12 小時，然後冷卻至室溫。將 40.5 克的乙烯基二甲基氯矽烷添加至燒瓶中，然後將燒瓶之內容物攪拌 2 小時。使用旋轉蒸發器將任何揮發物自燒瓶移除以留下濃縮物。接著將濃縮物藉由真空蒸餾純化以單離出橋接化合物 2，其係 4-雙(乙烯基二甲基矽基)苯氧基苯。

實施實例 1：

【0107】 橋接聚矽氧樹脂（橋接聚矽氧樹脂 1）係根據本發明來產生。

【0108】 具體而言，將 100 克的起始聚矽氧樹脂 ($(\text{T}^{\text{H}}_{0.85}\text{T}^{\text{Ph}}_{0.15})$)，呈甲苯中之 20 wt.% 溶液，其中 Ph 代表苯基)、2.0 克的橋接化合物 1、及 0.01 克的卡斯德特(Karstedt)Pt 催化劑結合於燒瓶中以形成混合物。

【0109】 將混合物加熱至回流並在回流下攪拌 48 小時，以形成聚矽氧樹脂混合物。接著將聚矽氧樹脂混合物冷卻至 60°C，然後將 5 克的活性碳置於燒瓶中以形成懸浮液。接著將懸浮液過濾，然後使用旋轉蒸發器將濾液用丙二醇單甲基醚乙酸酯(PGMEA)進行溶劑交換，以在橋接聚矽氧樹脂 1 之 PGMEA 溶液中形成 20 重量%。橋接聚矽氧樹脂 1 具有通式 $(\text{PhSiO}_{3/2})_z(\text{HSiO}_{3/2})_x(\text{SiO}_{3/2}(\text{CH}_2)_2\text{-SiMe}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SiMe}_2\text{-(CH}_2)_2\text{SiO}_{3/2})_s$ ，其中 z 係 0.146，x 係 0.829，s 係 0.025 且 Me 表示甲基。

實施實例 2：

【0110】 橋接聚矽氧樹脂（橋接聚矽氧樹脂 2）係根據本發明來產生。

【0111】 具體而言，將 100 克的起始聚矽氧樹脂 ($(\text{T}^{\text{H}}_{0.70}\text{T}^{\text{Ph}}_{0.10}\text{T}^{\text{Me}}_{0.20})$)，呈甲苯中之 20 wt.% 溶液)、2.0 克的橋接化合物 1、及 0.01 克的卡斯德特 Pt 催化劑結合於燒瓶中以形成混合物。將混合物加熱至回流並在回流下攪拌 48 小時，以形成聚矽氧樹脂混合物。接著將聚矽氧樹脂混合物冷卻至 60°C，然後將 5 克的活性碳置於燒瓶中以形成懸浮液。接著將懸浮液過濾，然後使用旋轉蒸發器將濾

液用丙二醇單甲基醚乙酸酯(PGMEA)進行溶劑交換，以在橋接聚矽氧樹脂 2 之 PGMEA 溶液中形成 20 重量%。橋接聚矽氧樹脂 2 具有通式 $(\text{PhSiO}_{3/2})_z(\text{MeSiO}_{3/2})_y(\text{HSiO}_{3/2})_x(\text{SiO}_{3/2}(\text{CH}_2)_2\text{-SiMe}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SiMe}_2\text{-(CH}_2)_2\text{SiO}_{3/2})_s$ ，其中 z 係 0.097， y 係 0.195， x 係 0.683， s 係 0.025 且苯基表示苯基而 Me 表示甲基。

實施實例 3：

【0112】 橋接聚矽氧樹脂（橋接聚矽氧樹脂 3）係根據本發明來產生。

【0113】 具體而言，將 100 克的起始聚矽氧樹脂 $((\text{T}^{\text{H}}_{0.85}\text{T}^{\text{Ph}}_{0.15})$ ，呈甲苯中之 20 wt.% 溶液)、2.0 克的橋接化合物 2、及 0.01 克的卡斯德特 Pt 催化劑結合於燒瓶中以形成混合物。將混合物加熱至回流並在回流下攪拌過夜，以形成聚矽氧樹脂混合物。接著將聚矽氧樹脂混合物冷卻至 60°C，然後將活性碳置於燒瓶中以形成懸浮液，其包括 10 重量% 活性碳。接著將懸浮液過濾，然後使用旋轉蒸發器將濾液用丙二醇單甲基醚乙酸酯(PGMEA)進行溶劑交換，以在橋接聚矽氧樹脂 3 之 PGMEA 溶液中形成 20 重量%。橋接聚矽氧樹脂 2 具有通式 $(\text{PhSiO}_{3/2})_z(\text{HSiO}_{3/2})_x(\text{SiO}_{3/2}(\text{CH}_2)_2\text{-SiMe}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-O-C}_6\text{H}_4\text{-SiMe}_2\text{-(CH}_2)_2\text{SiO}_{3/2})_s$ ，其中 z 係 0.147， x 係 0.834， s 係 0.019 且苯基表示苯基而 Me 表示甲基。

實施實例 4：

【0114】 橋接聚矽氧樹脂（橋接聚矽氧樹脂 4）係根據本發明來產生。

【0115】 具體而言，將 100 克的起始聚矽氧樹脂（ $(T^{H_{0.85}}T^{Ph_{0.15}})$ ，呈甲苯中之 20 wt.% 溶液）、2 克的橋接化合物 3（經基封端之苯甲基有機聚矽氧烷，其具有 4 之平均聚合度(DP)）、及 0.2 克的 4-乙基嗎啉結合於燒瓶中以形成混合物。將混合物加熱至 60°C 並攪拌 12 小時。將 2.0 克的乙酸置於燒瓶中以給出聚矽氧樹脂混合物。接著將聚矽氧樹脂混合物用去離子水洗滌，然後使用旋轉蒸發器用丙二醇單甲基醚乙酸酯(PGMEA)進行溶劑交換，以在橋接聚矽氧樹脂 4 之 PGMEA 溶液中形成 20 重量%。橋接聚矽氧樹脂 4 具有通式 $(PhSiO_{3/2})_z(HSiO_{3/2})_x(SiO_{3/2}-(SiPhMeO)_n-SiO_{3/2})_s$ ，其中 z 係 0.149，x 係 0.842，s 係 0.009 且 Ph 表示苯基，而 n 係 4。

實施實例 5：

【0116】 橋接聚矽氧樹脂（橋接聚矽氧樹脂 5）係根據本發明來產生。

【0117】 具體而言，將 100 克的起始聚矽氧樹脂（ $(T^{H_{0.85}}T^{Ph_{0.15}})$ ，呈甲苯中之 20 wt.% 溶液）、2.0 克的橋接化合物 4（經基封端之二甲基有機聚矽氧烷，其具有 4 之平均聚合度(DP)）、及 0.2 克的 4-乙基嗎啉結合於燒瓶中以形成混合物。將混合物加熱至 60 °C 並攪拌 12 小時。將 2.0 克的乙酸置於燒瓶中以給出聚矽氧樹脂混合物。接著將聚矽氧樹脂混合物用去離子水洗滌，然後使用旋轉蒸發器

用丙二醇單甲基醚乙酸酯(PGMEA)進行溶劑交換，以在橋接聚矽氧樹脂 5 之 PGMEA 溶液中形成 20 重量%。橋接聚矽氧樹脂 5 具有通式 $(\text{PhSiO}_{3/2})_z(\text{HSiO}_{3/2})_x(\text{SiO}_{3/2}-(\text{SiMe}_2\text{O})_n-\text{SiO}_{3/2})_s$ ，其中 z 係 0.147， x 係 0.833， s 係 0.020，Ph 表示苯基，而 n 係 4。

實施實例 6：

【0118】 橋接聚矽氧樹脂（橋接聚矽氧樹脂 6）係根據本發明來產生。

【0119】 具體而言，將 100 克的起始聚矽氧樹脂（ $\text{T}^{\text{H}}_{0.70}\text{T}^{\text{Ph}}_{0.30}$ ，呈甲苯中之 20 wt.% 溶液）、2.0 克的橋接化合物 3（羟基封端之甲苯基有機聚矽氧烷，其具有 4 之平均聚合度(DP)）、及 0.2 克的 4-乙基嗎啉組合於燒瓶中以形成混合物。將混合物加熱至 60°C 並攪拌 12 小時。將 2.0 克的乙酸置於燒瓶中以給出聚矽氧樹脂混合物。接著將聚矽氧樹脂混合物用去離子水洗滌，然後使用旋轉蒸發器用丙二醇單甲基醚乙酸酯(PGMEA)進行溶劑交換，以在橋接聚矽氧樹脂 4 之 PGMEA 溶液中形成 20 重量%。橋接聚矽氧樹脂 6 具有通式 $(\text{PhSiO}_{3/2})_z(\text{HSiO}_{3/2})_x(\text{SiO}_{3/2}-(\text{SiPhMeO})_n-\text{SiO}_{3/2})_s$ ，其中 z 係 0.297， x 係 0.692， s 係 0.011，Ph 表示苯基，而 n 係 4。

實施實例 7：

【0120】 橋接聚矽氧樹脂（橋接聚矽氧樹脂 7）係根據本發明來產生。

【0121】 在實施實例 7 中，起始聚矽氧樹脂係原位形成。特定而言，將 120 克的 PGMEA、18.5 克的苯基三氯矽烷、及 22.01 克的三氯矽烷在氮氣下置於容器中以給出混合物。容器具有三頸及水夾套。使用循環水浴以維持容器內容物之溫度，並且循環水係在 20℃ 下。利用攪拌棒及攪拌板將混合物連續攪拌。在 1 個小時期間內，將 200 克的 PGMEA 與 10 克的水之溶液置於燒瓶中，之後讓燒瓶內容物在攪拌下放置一小時。將 2 克的橋接化合物 3（羥基封端之苯甲基有機聚矽氧烷，其具有 4 之平均聚合度(DP)）在攪拌下置於燒瓶中 30 分鐘，以給出聚矽氧樹脂溶液。將聚矽氧樹脂溶液轉移至燒瓶，然後經由旋轉蒸發器在 40℃ 下濃縮至橋接聚矽氧樹脂 7 之 10 wt.% 溶液。將橋接聚矽氧樹脂 7 之 10 wt.% 溶液與 40 克的乙醇結合，然後經由旋轉蒸發器再度汽提以給出橋接聚矽氧樹脂 7 之 20 wt.% 溶液。利用額外 PGMEA 將橋接聚矽氧樹脂 7 之 20 wt.% 溶液稀釋成橋接聚矽氧樹脂 7 之 10 wt.% 溶液。橋接聚矽氧樹脂 7 具有通式 $(\text{PhSiO}_{3/2})_z(\text{HSiO}_{3/2})_x(\text{SiO}_{3/2}-(\text{SiMe}_2\text{O})_n-\text{SiO}_{3/2})_s$ ，其中 z 係 0.346， x 係 0.643， s 係 0.011 且 Me 表示甲基，而 n 係 4。

膜塗佈及特性

【0122】 可將實施實例 1 至 7 中所形成之橋接聚矽氧樹脂的 PGMEA 溶液用來在基材上形成膜，尤其是在晶圓上。使特定 PGMEA 通過 0.2 毫米(mm) TEFLON™ 過濾器過濾，然後將其旋轉塗佈至標準單面四吋拋光低電阻晶圓或雙面拋光 Fourier Transform Infrared

Spectroscopy (FTIR 晶圓，經由 Karl Suss CT62 旋轉塗佈機，市售可得自 SUSS MicroTec Inc. of Corona, CA)，以給出旋塗膜。PGMEA 溶液及其中之橋接聚矽氧樹脂濃度，以及旋轉塗佈機每分鐘所選之轉數，可根據所欲之膜厚度來加以選擇。使用快速熱處理(RTP)烘箱並伴隨氮氣吹掃將旋塗膜在 180 °C 下軟烘烤 60 秒，以給出經烘烤膜。接著在氮氣下將經烘烤膜在 350 °C、450 °C、550 °C、650 °C、或 800 °C 下退火 60 分鐘以給出膜。在退火之後，將晶圓及膜冷卻至室溫然後使用光學顯微鏡檢查是否破裂。膜厚度係使用 J. A. Woollam 橢圓偏光儀或輪廓儀（市售可得自 J. A. Woollam Co. of Lincoln, NE.）來判定。

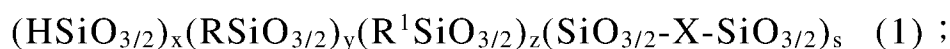
【0123】 已用說明性的方式描述本發明，並且應理解的是所用的用語皆意欲為說明詞語的性質而非限制。顯然地，鑑於上述的教示，本發明的許多修改和變化是可能的。本發明可以被以不同於具體描述的其它方式實施。

【符號說明】

無

申請專利範圍

1. 一種橋接聚矽氧樹脂，其具有下列通式(1)：



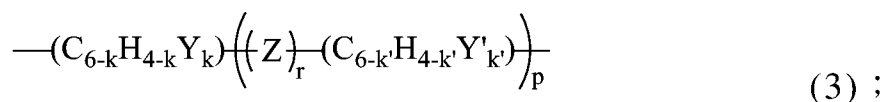
其中 x 及 s 各係 >0 至 <1 且 $0 < y+z < 1$ ，並使得 $x+y+z+s=1$ ； R 獨立地係烷基； R^1 獨立地係芳基；且 X 係包含矽伸芳基之二價基團。

2. 如請求項 1 之橋接聚矽氧樹脂，其中 X 具有下列通式(2)：



其中 q 及 q' 各係獨立地選自 2 至 6；各 R^2 及 R^3 係獨立地選擇的經取代或未經取代烴基；且 X' 係包含伸芳基之二價鍵聯基。

3. 如請求項 2 之橋接聚矽氧樹脂，其中 X' 具有下列通式(3)：



其中 p 係選自 0 或 1 至 3 之整數； r 係 0 或 1； k 及各 k' 獨立地係選自 0 或 1 至 4 之整數； Y 及各 Y' 係獨立地選自 N、O、及 S；且各 Z 係獨立地選自 O、S、 SiR^4_2 、CO、 CR^4_2 、 SO_2 、 PO_2 及 NR^4 ，其中各 R^4 獨立地係 H 或經取代或未經取代烴基。

4. 一種製備如請求項 1 之橋接聚矽氧樹脂之方法，該方法包含：

使起始聚矽氧樹脂與橋接化合物反應以給出該橋接聚矽氧樹脂；

其中該起始聚矽氧樹脂具有式 $(\text{HSiO}_{3/2})_a(\text{RSiO}_{3/2})_b(\text{R}^1\text{SiO}_{3/2})_c$ ，

其中 a 係 >0 至 <1 且 $0 < b+c < 1$ ，並使得 $a+b+c=1$ ；且

其中該橋接化合物具有下列通式(4)：



其中各 R^5 獨立地係對該起始聚矽氧樹脂之矽鍵結氫原子具有反應性之官能基，且 Z' 包含伸芳基。

5. 如請求項 4 之方法，其中使該起始聚矽氧樹脂與該橋接化合物反應，包含(i)矽氫化反應；(ii)縮合反應；或者(iii) (i)與(ii)之組合。

6. 一種用橋接聚矽氧樹脂形成膜之方法，該方法包含：

將該橋接聚矽氧樹脂施加至基材以形成一層；及

在該基材上退火該層以給出該膜；

其中該橋接聚矽氧樹脂係如請求項 1 至 3 中任一項之橋接聚矽氧樹脂。

7. 如請求項 6 之方法，其進一步包含：

將該聚矽氧組成物旋轉塗佈於該基材上以在該基材上形成旋塗層；及

退火該旋塗層以在該基材上形成該膜。

8. 一種根據如請求項 7 之方法所形成之膜。

9. 如請求項 8 之膜，其具有大於 0 至 10 微米之厚度，且當其加熱至下列溫度時仍實質上抗裂：i) 100 至 1000°C；ii) 400 至 850°C；或 iii) i)及 ii)兩者。

10. 一種電子裝置，其包含：

一電子組件；及

相鄰該電子組件設置之一膜；

其中該膜係如請求項 8 之膜。

11. 一種如請求項 10 之電子裝置之用途。

12. 一種隔絕電子裝置之方法，該電子裝置包含一電子組件及相鄰該電子組件設置之一膜，該方法包含：

對該電子裝置供電以使得該電子組件具有大於 20°C 至 1,000°C 之升溫；

其中該膜係如請求項 8 之膜；

其中該膜會隔絕該電子組件並在該升溫下顯示出實質抗裂性。