



(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 202003458 A

(43)公開日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 16 日

(21)申請案號：108114473

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 04 月 25 日

(51)Int. Cl.：

C07C317/04 (2006.01)

C08K5/41 (2006.01)

C08K5/01 (2006.01)

C08L75/08 (2006.01)

C08J9/14 (2006.01)

C09K5/04 (2006.01)

C10M135/08 (2006.01)

F01K27/00 (2006.01)

H01M10/6569(2014.01)

(30)優先權：2018/04/26

美國

62/662,980

(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：拉馬納 威廉 馬力歐 LAMANNA, WILLIAM MARIO (US)；歐文 約翰 吉利恩 OWENS, JOHN GLENN (US)；史密斯 尚恩 麥可 SMITH, SEAN MICHAEL (US)；赫曲伯格 馬克斯 E HIRSCHBERG, MARKUS E. (DE)；克斯特洛 麥可 喬治 COSTELLO, MICHAEL GEORGE (US)；希特爾 克拉斯 HINTZER, KLAUS (DE)；布林斯其 麥克 約翰 BULINSKI, MICHAEL JOHN (US)；菲爾敏 貝敏黛 歐拉勒岡 FAYEMI, BAMIDELE OLALEKAN (US)；吐瑪 菲利普 艾瑞克 TUMA, PHILLIP ERIC (US)；克玲 佛瑞斯特 A COUGHLIN, FORREST A. (US)；強森 尼可拉斯 史考特 JOHNSON, NICHOLAS SCOTT (US)；尼爾葛恩 傑 羅伯 NIERENGARTEN, JAY ROBERT (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：44 項 圖式數：9 共 89 頁

(54)名稱

氟碲

(57)摘要

一種可發泡組成物包括一發泡劑、一可發泡聚合物或一其前驅物組成物、及一成核劑。該成核劑包括具有結構式(I)之化合物 $R^1SO_2R^2(SO_2R^3)_n$ (I) 其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中(catenated)醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

A foamable composition includes a blowing agent, a foamable polymer or a precursor composition thereof, and a nucleating agent. The nucleating agent includes a compound having structural formula (I) $R^1SO_2R^2(SO_2R^3)_n$ (I) where R^1 , R^2 , and R^3 are each independently a fluoroalkyl group having from 1 to 10 carbon atoms that is linear, branched, or cyclic and optionally contain at least one catenated ether oxygen atom or a trivalent nitrogen atom, and n is 0 or 1.

指定代表圖：

30 · · · 熱交換器



圖1

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】 氟磺

FLUOROSULFONES

【技術領域】

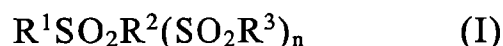
【0001】 本揭露關於氟磺及其製造和使用方法，並且關於包括該等氟磺之工作流體。

【先前技術】

【0002】 各種不同氟磺(fluorosulfone)係描述於例如英國專利第 1,189,561 號、美國專利第 6,580,006 號、及美國專利第 7,087,788 號中。

【發明內容】

【0003】 在一些實施例中，提供一種可發泡組成物。該可發泡組成物包括一發泡劑、一可發泡聚合物或一其前驅物組成物、及一成核劑。該成核劑包括具有結構式(I)之磺



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中(catenated)醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

【0004】 在一些實施例中，提供一種裝置。該裝置包括一介電流體，該介電流體包含具有上述結構式(I)之化合物。該裝置係一電裝置。

在一些實施例中，提供一種用於在朗肯循環中將熱能轉換成機械能之設備。該設備包括一工作流體；一熱源，用以汽化該工作流體並形成一經汽化之工作流體；一渦輪機，使該經汽化之工作流體通過該渦輪機藉以將熱能轉換成機械能；一冷凝器，用以在該經汽化之工作流體通過該渦輪機後冷卻該經汽化之工作流體；及

【0005】 一泵，用以再循環該工作流體。該工作流體包含具有上述結構式(I)之化合物。

【0006】 在一些實施例中，一浸入冷卻系統包括一外殼，其具有一內部空間；一產熱組件，其設置在該內部空間內；及一工作流體液體，其設置在該內部空間內，使得該產熱組件與該工作流體液體接觸。該工作流體包括具有結構式(I)之化合物。

【0007】 在一些實施例中，一用於一鋰離子電池組套組(lithium-ion battery pack)之熱管理系統包括一鋰離子電池組套組；及一工作流體，其與該鋰離子電池組套組熱連通。該工作流體包括具有結構式(I)之化合物。

【0008】 在一些實施例中，提供一種用於一電子裝置之熱管理系統。該熱管理系統包括一電子裝置，該電子裝置係選自一微處理器、用於製造一半導體裝置之一半導體晶圓、一功率控制半導體、一電化學電池(electrochemical cell)、一配電開關裝置(switch gear)、一功率變壓器、一電路板、一多晶片模組、一封裝或未封裝半導體裝置、一燃料電池、或一雷射。該熱管理系統進一步包括與該電子裝置熱連通之一工作流體。該工作流體包括具有結構式(I)之化合物。

【0009】 在一些實施例中，提供一種用於製造反應性金屬或反應性金屬合金零件之系統。該系統包括一熔融反應性金屬，該金屬選自鎂、鋁、鋰、鈣、鋇、及其合金。該系統進一步包括一覆蓋氣體，該覆蓋氣體設置在該熔融反應金屬或反應性金屬合金之一表面上或上方。該覆蓋氣體包括具有上述結構式(I)之化合物。該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

【0010】 本揭露之上述發明內容並非意欲描述本揭露之各實施例。本揭露一或多個實施例之細節亦都在底下的說明中提出。本揭露之其他特徵、目的及優點將由本說明書及由申請專利範圍而為顯而易見。

【圖式簡單說明】

【0011】

圖 1 係根據本揭露之一些實施例之兩相浸入冷卻系統的示意圖。

圖 2 為本發明之實施例與比較例之熱傳係數的變化圖。

圖 3 為朗肯循環之示意圖。

圖 4 顯示具有釘子刺穿及流體施加點之 2P 鋰離子電池組。

圖 5 顯示在初始電池刺穿後一分鐘，針對 50 mL/min 之流體流率，電池組熱失控預防測試中相鄰電池中之平均溫度。

圖 6 顯示在初始電池刺穿後兩分鐘，針對 25 mL/min 之流體流率，電池組熱失控預防測試中相鄰電池中之平均溫度。

圖 7 顯示在初始電池刺穿後一分鐘，針對 50 mL/min 之流體流率，電池組熱失控預防測試中初始電池之溫度及相鄰電池溫度。

圖 8 顯示在初始電池刺穿後兩分鐘，針對 25 mL/min 之流體流率，電池組熱失控預防測試中初始電池之溫度及相鄰電池溫度。

圖 9 係使用及不使用本發明之氟氫添加劑所製備之發泡體的孔隙大小分布圖。

【實施方式】

【0012】 特用材料（諸如六氟化硫(SF₆)、全氟碳化物(PFC)、全氟化三級胺胺(PFA)、全氟聚醚(PFPE)、及氫氟碳化物(HFC)）具有使其可用於諸如例如下列應用之特性的組合：電力產生與傳輸、反應性金屬鑄造、用於電子裝置與電池組中之熱管理的熱傳、用於電池組之熱失控預防、半導體製造中的熱傳、半導體蝕刻與清潔、及用於作為發泡體發泡添加劑。這些特用材料通常具有低可燃性或不可燃，具有非常良好熱及化學穩定性，通常具有低毒性，不會消耗臭氧，此外還具有該等應用所需之性質，諸如低導電性、高介電強度、高熱容量、高汽化熱、高揮發性、乾燥後極低殘留、非腐蝕性、及有機物中之低相互溶解性。

【0013】 SF₆、PFC、PFPE、及 HFC 之良好熱及化學穩定性亦表現為長大氣壽命及高全球暖化潛勢(global warming potential, GWP)。因此，這些材料中之一些者會包括在溫室氣體的清單中，而溫室氣體受到京都議定書及後續規章所規範以控制排放量。這些規章之目的是減少來自使用溫室氣體之程序的溫室氣體排放量，並且降低或最小化其等對氣候變遷的衝擊。捕集排放或在排放之前加以破壞已證

實是困難且成本高昂的。這些應用需要具有環境上更可接受之性質的替代材料。

【0014】 在諸如滅火劑及電子元件之精密清潔與塗覆的幾種應用中，以及在用來製造其等之程序中，兩組先進材料（氫氟醚(HFE)及氟酮(FK)）已顯示是 GWP 材料之令人滿意替代品。然而由於化學穩定性的限制，這些材料無法在所有應用中作為替代品。在一些應用中，HFE 及 FK 化學組成物並不適用。例如，如果在電力傳輸設備中用作為介電絕緣氣體，HFE 之碳主鏈可能會形成傳導性的碳質沉積物，並造成設備故障。並且，對於用作為聚胺甲酸酯發泡體發泡添加劑而言，HFE 及 FK 與發泡體配方之多元醇/胺組分的反應性通常會太高。

【0015】 因此，所欲的是在某些應用中具有令人滿意且安全之性能的額外替代材料。相較於所替代之材料，這些新的替代材料亦應具有遠為更短的大氣壽命及更低的 GWP，以在環境上是可接受的。

【0016】 本揭露之氟氫具有許多在例如下列者之應用中所欲的性質：電力產生與傳輸、用於反應性熔融金屬鑄造之保護覆蓋劑、直接接觸浸入冷卻與熱傳、半導體蝕刻與清潔、用於有機朗肯循環設備之工作流體、及用於作為發泡體發泡添加劑。一般而言、本揭露之氟氫係不導電、不可燃的（亦即，在以 ASTM D-3278-96「Standard Test Methods for Flash Point of Liquids by Small Scale Closed-Cup Apparatus」（以小規模閉杯設備測量液體閃點之標準測試方法）或 ASTM 方法 D 7236 – 06「Standard Test Method for Flash Point by

Small Scale Closed Cup Tester」(以小規模閉杯測試儀測量閃點之標準測試方法)(遞升法)測量時沒有閃點),並且具有在某些熱傳程序中用作為工作流體之良好熱性質。本揭露之某些氟氫係低沸點或氣態的,以用於需要較高揮發性之應用,諸如絕緣介電氣體。其他者則較不具揮發性,並且沸點適用於在直接接觸浸入冷卻中使用或作為用於有機朗肯循環設備之工作流體使用,以將原本浪費掉的熱轉換為電力。本揭露之氟氫於某些反應性化合物存在下會展現出高化學穩定性,從而讓其等能夠例如用於包括反應胺鹼及醇之程序中,而反應胺鹼及醇經常使用在聚胺甲酸酯發泡體之生產中。

【0017】 某些氟氫(尤其是全氟氫)已描述為具有高化學及熱穩定性。歷史上,高化學及熱穩定性已顯示會表現為長大氣壽命及高GWP,使得具有此類特性之材料不適用於許多排放性應用。

【0018】 然而令人驚訝的是,已發現本揭露之氟氫(包括全氟氫)對於羥基自由基具有反應性並且會在對流層中進行降解,所以其等之大氣壽命顯著低於 SF_6 、全氟碳化物(PFC)、全氟化胺(PFA)、全氟聚醚(PFPE)、及大多數氫氟碳化物(HFC)。這會將其等之 GWP 及其等作為溫室氣體之貢獻降低至可接受水準。

【0019】 雖然本揭露之氟氫在正常使用條件下具有良好化學穩定性,但暴露於羥基自由基時仍會造成這些材料分解。甚至已發現,本揭露之全氟氫(具有完全氟化(全氟化)之碳主鏈)在設計模仿對流層之大氣室實驗中,對於羥基自由基具有令人驚訝的反應性。因此,已發現本揭露之全氟氫具有遠較先前預期還要短之大氣壽命。本揭露

之全氟碘的令人驚訝地快速大氣毀變會縮短其預期地長的大氣壽命，使得其等遠低於許多其他全氟化材料（例如，PFC、PFA、PFPE），並且使得其等在需要高 GWP 材料之替代品的數種應用中成為環境上更可接受者。

【0020】 已有報告指出，全氟化碘會與各式不同親核劑（包括以氧及氮為中心之親核劑）快速反應，如在 *J. Fluorine Chemistry*, 117, 2002, pp 13-16 所述。研究顯示對於某些家族氟化合物而言，容易遭受親核侵襲(nucleophilic attac)可與毒性升高相關聯，如在以下文獻中所述：*J. Fluorine Chemistry*, 125, 2004, pp 685-693，以及 *Chem.Res. Toxicol.*, 27(1), 2014, pp 42–50。因此，習知智識會讓人聯想到，全氟碘對親核侵襲之明顯反應性將同樣導致毒性升高。然而已令人驚訝地發現，根據在大鼠中在相對高劑量下之標準 4 小時吸入毒性測試，本揭露之全氟碘展現出極低之毒性（顯示大於 10,000 ppm 或大於 20,000 ppm 之 LC-50）。

【0021】 同樣地，習知智識會讓人聯想到，報告指出之全氟碘容易遭受親核侵襲會使得其等不適於用在其等會長時間暴露於親核試劑的應用中。然而，於常用於聚胺甲酸酯發泡體之生產中的標準多元醇/胺催化劑混合物（已知會與其他反應性發泡體添加劑一起進行破壞性親核侵襲）存在下，本揭露之全氟碘顯示令人驚訝的穩定性。因此，對於降低吹製聚胺甲酸酯發泡體中之孔隙大小而言，這些全氟碘在作為穩定發泡體添加劑（成核劑）方面已顯示意料之外的穩定性，而孔隙大小在最佳化此類發泡體之絕緣性質中為關鍵參數。

【0022】 更進一步，已發現本揭露之全氟磺在氣相中提供出乎意料地高之介電擊穿強度，此係相較於在氣相中在相等壓力下之其他常見全氟化材料，諸如全氟丙烷(C_3F_8)、全氟環丙烷(cyclo- C_3F_6)、及甚至廣泛使用的全氟化介電氣體六氟化硫(SF_6)。相較於全氟化流體像是 FC-3283 (一種 PFA) 和 Galden HT-110 (一種 PFPE) 及 FC-72 (一種 PFC，可購自 3M, St. Paul, MN)，本揭露之全氟磺的意外高氣相介電擊穿強度與其在液相中之低下介電強度形成令人驚訝的對比。此連同其等之比其他全氟化材料要令人驚訝地低的 GWP，使其等相當適用於需要絕緣介電氣體以防止介電擊穿及發弧，且又不要有明顯不良環境效應之應用。因此，對於在中至高電壓開關裝置和高壓氣體絕緣電力線中作為 SF_6 替代品而言，本揭露之全氟磺係具有吸引力的候選者，例如能達到與 SF_6 相當或更佳之絕緣介電性能，同時亦提供明顯改善的環境永續性。

【0023】 本揭露之全氟磺已顯示令人驚訝之實用性的再另一個領域是在浸入冷卻及熱管理應用中，包括但不限於電子裝置及電池組之直接接觸單相及兩相浸入冷卻及熱管理。這些應用通常會對所採用之流體施加一長串必備要求，包括不可燃性、低毒性、低 GWP、優異介電性質（亦即，低介電常數、高介電強度、高體積電阻率）、長期熱及水解穩定性、及良好低溫性質（在低溫下有低傾點及低黏度）。在兩相浸入冷卻應用中，合適的流體應亦具有在正確範圍（對於所欲應用而言）內之沸點及高汽化熱。要滿足所有這些要求可能極為困難。現今用於浸入冷卻及熱管理應用中的現有材料包括 HFE、PFC、

PFPE、PFA、及 PFK。所有這些材料皆在某些應用中具有實用性，但由於一或多項缺陷而無法提供普遍實用性。PFC、PFPE、及 PFA 具有極高全球暖化潛勢，一般超過 8000（100 年 ITH），從而在排放性應用中導致環境疑慮。HFE 具有相對高之介電常數，因而不相容於以高訊號頻率操作的電子設備，因為對訊號完整性會有不利影響。對於在兩相浸入應用中之使用而言，PFC、PFPE、PFA、PFK、及 HFE 皆具有相對低的汽化熱，此對於冷卻效率具有負面影響。一些 PFK 在某些極端條件下可具有有限的水解穩定性，此可導致在長期間內的逐漸水解。本揭露之全氟磺克服了現有材料之許多問題及缺點。例如，本揭露之全氟磺提供遠比 PFC、PFPE、及 PFA 低之 GWP。本揭露之全氟磺亦提供明顯比 HFE 低之介電常數。此外，相較於 PFK 及 HFE，本揭露之全氟磺提供改良的水解穩定性。並且相較於 HFE、PFK、PFC、PFPE、及 PFA，本揭露之全氟磺通常提供較高的汽化熱，從而改善兩相浸入冷卻效率。因此，對於在直接接觸浸入冷卻及熱管理應用中之使用而言，本揭露之全氟磺提供優於現今市面上許多材料的性質平衡，同時亦提供不可燃性及低毒性。

【0024】如本文中所使用，「鏈中雜原子 (catenated heteroatom)」意指碳原子以外之原子（例如氧、氮、或硫），其鍵結至碳鏈（直鏈或支鏈或環內）中之至少兩個碳原子而形成碳-雜原子-碳鍵結。

【0025】如本文中所使用，「氟(fluoro-）」（例如，關於基團或部分，諸如在「氟伸烷基(fluoroalkylene)」或「氟烷基(fluoroalkyl)」

或「氟碳化合物(fluorocarbon)」情況下)或「氟化(fluorinated)」意指(i)僅部分氟化而使得有至少一個碳鍵結氫原子，或(ii)全氟化。

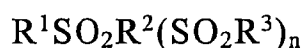
【0026】 如本文中所使用，「全氟(perfluoro-)」(例如，關於基團或部分，諸如在「全氟伸烷基(perfluoroalkylene)」或「全氟烷基(perfluoroalkyl)」或「全氟碳化合物(perfluorocarbon)」情況下)或「全氟化(perfluorinated)」意指完全氟化以使得除了可能另有指示以外，否則沒有可用氟置換的碳鍵結之氫原子。

【0027】 如本文中所使用，單數形式「一(a/an)」及「該(the)」皆包括複數個被指稱物(referents)，除非內文明確地另有指示。如本說明書及所附實施例中所使用者，用語「或(or)」通常是用來包括「及/或(and/or)」的意思，除非內文明確地另有指示。

【0028】 如本文中所使用者，以端點敘述之數字範圍包括所有歸於該範圍內的數字(例如，1至5包括1、1.5、2、2.75、3、3.8、4、及5)。

【0029】 除非另有所指，否則本說明書及實施例中所有表達量或成分的所有數字、屬性之測量及等等，在所有情形中都應予以理解成以用語「約(about)」進行修飾。因此，除非另有相反指示，在前述說明書及隨附實施例清單所提出的數值參數，可依據所屬技術領域中具有通常知識者運用本揭露的教示而企圖獲得之所欲性質而有所變化。起碼，至少應鑑於有效位數的個數，並且藉由套用普通捨入技術，詮釋各數值參數，但意圖不在於限制所主張實施例範疇均等論之應用。

【0030】 在一些實施例中，本揭露關於由下列通式所代表之氟
 磺：

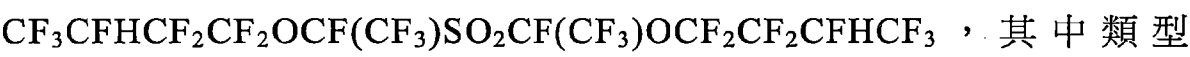
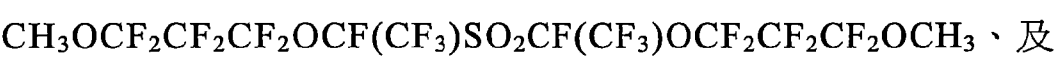
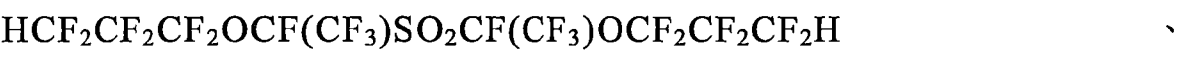
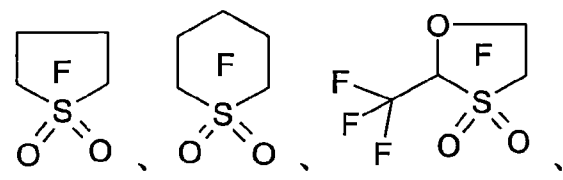
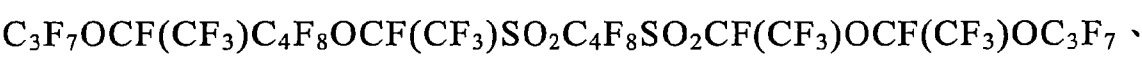
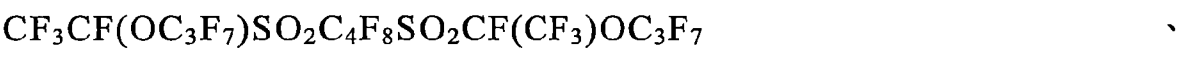


其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子（1 至 5 個碳原子、1 至 3 個碳原子、1 至 2 個碳原子、4 至 8 個碳原子、2 至 5 個碳原子、或 1 個碳原子）之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。在一些實施例中、當 n 係 1 時， R^2 係氟伸烷基；且在一些實施例中，當 n 係 0 時， R^1 與 R^2 可連結在一起以形成一環結構。氟烷基（ R^1 、 R^2 、及 R^3 ）上之碳可含有氟原子及/或氟與氫原子。當任何或所有氟烷基含有氫時，分子中氟與氫之比率足以使得沒有閃點（在以 ASTM D-3278-「以小規模閉杯設備測量液體閃點之標準測試方法」或 ASTM 方法 D 7236 – 06「以小規模閉杯測試儀測量閃點之標準測試方法」（遞升法）測量時）。在一些實施例中，任何或所有 R^1 、 R^2 、及 R^3 皆係全氟化烷基，因而不含鍵結至碳的氫原子。在一些實施例中， n 係 0 且 R^1 與 R^2 未連結在一起以形成一環結構。

【0031】 本揭露之氟磺的代表性實例包括但不限於下列：

$CF_3SO_2CF_3$ 、 $CF_3SO_2C_2F_5$ 、 $CF_3SO_2CF(CF_3)_2$ 、 $CF_3SO_2C_3F_7$ 、
 $CF_3SO_2CF(CF_3)CF_2CF_3$ 、 $CF_3SO_2CF_2CF(CF_3)_2$ 、 $CF_3SO_2C_4F_9$ 、
 $CF_3SO_2CF(CF_3)OCF_3$ 、 $CF_3SO_2CF(CF_3)OC_3F_7$ 、
 $CF_3SO_2CF(CF_3)OCF_2CF(CF_3)OC_3F_7$ 、 $C_2F_5SO_2C_2F_5$ 、

$C_2F_5SO_2CF(CF_3)_2$ 、 $C_2F_5SO_2C_3F_7$ 、 $C_2F_5SO_2C_4F_9$ 、
 $C_2F_5SO_2CF(CF_3)CF_2CF_3$ 、 $C_2F_5SO_2CF_2CF(CF_3)_2$ 、
 $C_2F_5SO_2CF(CF_3)OCF_3$ 、
 $C_2F_5SO_2CF(CF_3)OC_3F_7$ 、 $C_2F_5SO_2CF(CF_3)OCF_2CF(CF_3)OC_3F_7$ 、
 $C_3F_7SO_2CF(CF_3)_2$ 、 $C_3F_7SO_2CF(CF_3)_2$ 、 $C_3F_7SO_2C_3F_7$ 、 $C_3F_7SO_2C_4F_9$ 、
 $C_3F_7SO_2CF(CF_3)CF_2CF_3$ 、 $C_3F_7SO_2CF_2CF(CF_3)_2$ 、
 $C_3F_7SO_2CF(CF_3)OCF_3$ 、 $C_3F_7SO_2CF(CF_3)OC_3F_7$ 、
 $C_3F_7SO_2CF(CF_3)OCF_2CF(CF_3)OC_3F_7$ 、
 $C_4F_9SO_2CF(CF_3)_2$ 、 $C_4F_9SO_2C_4F_9$ 、 $C_4F_9SO_2CF(CF_3)CF_2CF_3$ 、
 $C_4F_9SO_2CF(CF_3)OCF_3$ 、 $C_4F_9SO_2CF(CF_3)OC_3F_7$ 、
 $C_4F_9SO_2CF(CF_3)OCF_2CF(CF_3)OC_3F_7$ 、
 $(CF_3)_2CFSO_2CF_2SO_2CF(CF_3)_2$ 、
 $CF_3CF(OCF_3)SO_2CF_2SO_2CF(CF_3)OCF_3$ 、
 $CF_3CF(OC_3F_7)SO_2CF_2SO_2CF(CF_3)OC_3F_7$ 、 $C_2F_5SO_2CF_2SO_2C_2F_5$ 、
 $C_2F_5SO_2(CF_2)_2SO_2C_2F_5$ 、 $C_2F_5SO_2(CF_2)_3SO_2C_2F_5$ 、
 $C_2F_5SO_2(CF_2)_4SO_2C_2F_5$ 、
 $C_3F_7OCF(CF_3)CF_2OCF(CF_3)SO_2CF_2SO_2CF(CF_3)OCF(CF_3)OC_3F_7$ 、
 $(CF_3)_2CFSO_2C_2F_4SO_2CF(CF_3)_2$ 、
 $CF_3CF(OCF_3)SO_2C_2F_4SO_2CF(CF_3)OCF_3$ 、
 $CF_3CF(OC_3F_7)SO_2C_2F_4SO_2CF(CF_3)OC_3F_7$ 、
 $C_3F_7OCF(CF_3)C_2F_4OCF(CF_3)SO_2C_2F_4SO_2CF(CF_3)OCF(CF_3)OC_3F_7$ 、



C_nF_{2n+1} 之式的所有出現皆代表該式之任何或所有異構物。

【0032】 用於合成氟磺之程序在所屬技術領域中係廣為人知的，並且例如係描述於美國專利 6,580,006 及 GB 1,189,561（其等之全文係以引用方式併入本文中）且描述於 S. Temple, J. Org Chem., 1968, 33, 344-346 及 R. Lagow, JCS Perkin I, 1979, 2675 中。用於合成氟磺之額外程序係揭示於本案實例中。

【0033】 在一些實施例中，本揭露係進一步關於包括上述氟磺作為主要組分之工作流體。例如，以工作流體之總重量計，工作流體可包括至少 25 重量%、至少 50 重量%、至少 70 重量%、至少 80 重量%、至少 90 重量%、至少 95 重量%、或至少 99 重量%之上述氟磺。除了氟磺以外，以工作流體之總重量計，工作流體可包括總共至多 75 重量%、至多 50 重量%、至多 30 重量%、至多 20 重量%、至多 10 重

量%、或至多 5 重量%的一或多個下列組分：醇類、醚類、烷烴、烯烴、鹵烯烴、全氟碳化物、全氟化三級胺、全氟醚、環烷烴、酯類、酮類、環氧乙烷、芳烴、矽氧烷、氫氟碳化物、氫氟醚、氫氟酮、氫氟腈、全氟酮、全氟腈、或其混合物。此等額外組分可經選擇針對特定用途以修飾或增強組成物之性質。

【0034】 已發現本揭露之氟氫具有遠比所屬技術領域中已知之其他高度氟化材料（SF₆、HFC、PFA、PFPE、及 PFC）要低的 GWP。已進一步發現，令人驚訝地，本揭露之全氟氫（儘管其等有完全氟化之碳主鏈）甚至有遠比其他全氟化材料（包括但不限於 SF₆、PFA、PFPE、及 PFC）要短的大氣壽命及相應較低的 GWP。在一些實施例中，本揭露之全氟氫的 GWP 比以上列出之其他全氟化材料中的一些者低上 5 至 10 倍。也就是說，本揭露之全氟氫可具有小於 2000、或小於 1000、或小於 800、或小於 600 之全球暖化潛勢（GWP，100 年 ITH）。

【0035】 如本文中所使用，GWP 係基於化合物結構之化合物全球暖化潛勢相對量值。化合物的 GWP 如政府間氣候變遷委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 1990 年所定義並於後續報告中所更新，係計算為經指定積分時程 (integration time horizon, ITH) 由於釋出 1 公斤化合物造成的暖化相對於由於釋出 1 公斤 CO₂ 造成的暖化。

$$GWP_x(t') = \frac{\int_0^{ITH} F_x C_{ox} e^{-t/\tau_x} dt}{\int_0^{ITH} F_{CO_2} C_{CO_2}(t) dt}$$

其中 F 係每單位質量化合物所對應之輻射強迫（由於此化合物之 IR 吸收所造成之穿透大氣之輻射的通量變化），C_o 係化合物在起始時間時之大氣濃度，τ 係化合物之大氣壽命，t 係時間，且 x 係所關注之化合物。

【0036】 通常接受之 ITH 為 100 年，代表短期作用（20 年）與長期作用（500 年或更久）之間的折衷。假定有機化合物 x 在大氣中之濃度符合準一級動力學（亦即，指數衰減）。CO₂ 在此相同時間間隔內之濃度結合了針對大氣中 CO₂ 交換及移除之更複雜模型（伯恩碳循環模型(Bern carbon cycle model)）。

【0037】 在此方面，在一些實施例中，本揭露之氟氫或含氟氫工作流體或熱傳流體可具有小於 2000、1000、800、600、500、300、200、100 或小於 10 之全球暖化潛勢(GWP)。

發泡體發泡

【0038】 在一些實施例中，本揭露係關於本揭露之氟氫於聚合發泡體之生產中（且尤其是在聚胺甲酸酯發泡體或酚樹脂發泡體之生產中）作為成核劑（或發泡體添加劑）之用途。在此方面，在一些實施例中，本揭露係關於一種可發泡組成物，其包括一或多種發泡劑、一

或多種可發泡聚合物或其前驅物組成物、及一或多種成核劑，該一或多種成核劑包括本揭露之氟氫。

【0039】 在一些實施例中，各種不同發泡劑可用於所提供之可發泡組成物，包括經汽化以將該聚合物發泡之液體或氣體發泡劑；或包括原位產生以將該聚合物發泡之氣體發泡劑。發泡劑之說明性例子包括氫氯氟碳化物(HCFC)、氫氟碳化物(HFC)、氫氯碳化物(HCC)、碘氟碳化物(IFC)、烴類、氫氟烯烴(HFO)及氫氟醚類(HFE)。用於所提供之可發泡組成物的發泡劑於大氣壓力下可具有約-45℃至約 100℃之沸點。一般而言，在大氣壓力下，該發泡劑具有至少約 15℃、更一般而言為介於約 20℃及約 80℃之間之沸點。該發泡劑可具有介於約 30℃及約 65℃之間之沸點。可使用之發泡劑的進一步說明性實例包括具有約 5 至約 7 個碳原子之脂族及環脂族烴類（諸如正戊烷及環戊烷）、酯類（諸如甲酸甲酯）、HFC（諸如 $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CHFCHFCF}_3$ 、 $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_2\text{H}$ 、 $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_2\text{CH}_3$ 、 $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{H}$ 、 $\text{CH}_3\text{CF}_2\text{H}$ (HFC-152a)、 $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$ and $\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{CH}_2\text{F}$ ）、HCFC（諸如 $\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{F}$ 、 CF_3CHCl_2 、及 CF_2HCl ）、HCC（諸如 2-氯丙烷）、及 IFC（諸如 CF_3I ）、以及 HFE（諸如 $\text{C}_4\text{F}_9\text{OCH}_3$ ）、及 HFO（諸如 $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ 、 $\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHF}$ 、 $\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCl}$ 、 $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ 、及 $\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCF}_3$ ）。在某些配方中，水與發泡體前驅物（諸如異氰酸酯）之反應所產生的 CO_2 可用作為發泡劑。

【0040】 在各種實施例中，所提供之可發泡組成物亦可包括一或多種可發泡聚合物或其前驅物組成物。適合用於所提供之可發泡組成

物的可發泡聚合物包括例如聚烯烴，例如聚苯乙烯、聚(氯乙烯)、及聚乙炔。發泡體可使用習知擠壓法製備自苯乙烯聚合物。在擠壓以形成發泡體前，該發泡劑組成物可注入在擠壓機內之經熱塑化苯乙烯聚物流中並與之混摻。合適的苯乙烯聚合物代表性例子包括例如苯乙烯之固體均聚物、 α -甲基苯乙烯、環烷基化苯乙烯、及環鹵化苯乙烯，還有這些單體及少量其他可迅速共聚之烯烴系單體的共聚物，例如甲基丙烯酸甲酯、丙烯腈、順丁烯二酸酐、檸檬酐、伊康酐、丙烯酸、N-乙烯基吡啶、丁二烯、及二乙烯基苯。合適的氯乙烯聚合物包括例如氯乙烯均聚物及氯乙烯與其他乙烯單體之共聚物。亦可用乙烯均聚物及乙烯與例如 2-丁烯、丙烯酸、丙烯、或丁二烯之共聚物。可利用不同類型聚合物之混合物。

【0041】 在各種實施例中，本揭露之可發泡組成物的成核劑對發泡劑之莫耳比可不多於 1:50、1:25、1:9、或 1:7、1:3、或 1:2。

【0042】 發泡體配方之其他習知組分可選地存在於本發明之可發泡組成物中。舉例而言，可利用交聯或鏈延伸劑、發泡體穩定劑或界面活性劑、觸媒及阻燃劑。其他可能的組分包括填料（例如，碳黑）、著色劑、殺真菌劑、殺細菌劑、抗氧化劑、強化劑、抗靜電劑、塑化劑、及其他添加劑或加工助劑。

【0043】 在一些實施例中，聚合發泡體可藉由以下方式來製備：於至少一種可發泡聚合物或其前驅物組成物及如上所述之氟磺成核劑存在下汽化至少一種液體或氣體發泡劑或產生至少一種氣體發泡劑。在進一步實施例中，聚合發泡體可使用所提供之可發泡組成物藉由以

下方式來製備：於如上所述之氟磺成核劑、至少一種有機聚異氰酸酯、及至少一種含有至少二個反應性氫原子之化合物（諸如含有至少二個反應性醇 OH 基團之多元醇）存在下汽化（例如，藉由利用前驅物反應之熱）至少一種發泡劑。在製造基於聚異氰酸酯之發泡體時，通常可將含反應性氫化合物、成核劑、及發泡劑組成物組合、徹底混合（使用例如任何各種已知類型的混合頭及噴霧設備）並允許其膨脹而固化為孔隙型聚合物（封閉孔隙發泡體）。在聚異氰酸酯與該含反應性氫化合物反應之前，經常便利、但非必要的是預摻合可發泡組成物之某些組分。例如，經常有用的是，先摻合聚異氰酸酯以外的含反應性氫化合物、發泡劑組成物、成核劑、及任何其他組分（例如，界面活性劑），接著再組合所得之混合物與聚異氰酸酯。或者，所有可發泡組成物組分可分別引入。亦可將所有或部分含反應性氫化合物與聚異氰酸酯預反應以形成預聚合物。

介電/絕緣氣體

【0044】 電力產生與傳輸系統中經常會使用介電氣體以絕緣開關、斷路器、傳輸線、及在極高電壓及高電流密度下操作的其他設備。SF₆ 係具有高介電強度的強陰電性氣體。其擊穿電壓在環境條件下接近空氣的三倍。當其在放電之高溫條件下解離時，其亦具有良好熱傳性質並且會自我部分再形成，因此會隨時間保持其絕緣性質。SF₆ 的大部分穩定分解產物不會劣化其絕緣性質。其在發弧時不會產生聚合產物或導電粒子或沉積物。SF₆ 與各種電設備（諸如，變壓器、開

關裝置等）中之構造（絕緣及傳導）的材料化學相容。多年來這些性質已使 SF₆ 成為電力產業之介電氣體選擇。

【0045】 然而，SF₆ 可由於放電而形成高度毒性產物，諸如 S₂F₁₀ 及 SO₂F₂。因此必須採用預防措施以避免與用過的介電氣體接觸。SF₆ 也是最強效的溫室氣體，其 GWP 為 CO₂ 的 22,200 倍。因為其極高的化學穩定性，其具有 3200 年的大氣壽命。可能的替代品包括 PFC、氬、及二氧化碳。許多 PFC 係比 SF₆ 為佳的介電質，這部分是由於其較高的分子量，但容易產生導電碳粒子而使性能隨時間劣化。用氬氣稀釋 PFC 會降低此傾向。然而，PFC 亦為強效的溫室氣體。

【0046】 乾的氬及二氧化碳係稍微比空氣為佳的介電質，這主要是由於移除了水蒸汽。已檢驗過其等替代 SF₆ 之潛力，但其等無法在所有應用及設備中皆足夠絕緣。

【0047】 根據本揭露，已發現某些氟氬提供 SF₆ 之所欲性能性質，包括高介電強度、良好熱傳性質、及穩定性。此外，氟氬在大氣中的降解速度遠為更快。這會降低其等之大氣壽命，因此其等在作為溫室氣體而言僅有低度貢獻，並且遠比例如 SF₆ 或 PFC 更可接受。在一些實施例中，本揭露係關於包括一或多種本揭露之氟氬的介電流體，以及包括此等介電流體之電裝置（例如，電容器、開關裝置、變壓器、或電纜或匯流排）。出於本申請案之目的，用語「介電流體 (dielectric fluid)」包含液體介電質及氣體介電質。流體之物理狀態（氣體或液體），係由電裝置在使用該電裝置之操作溫度和壓力條件及流體或流體混合物之熱物理性質而決定。在一些實施例中，本揭露

係關於包括一或多種本揭露之氟氬的介電氣體，以及包括此等介電質氣體之電裝置（例如，電容器、開關裝置、變壓器、或電纜或匯流排）。

【0048】 在一些實施例中，該等介電流體包括一或多種本揭露之氟氬（例如，一或多種氣體氟氬）及可選的一或多種其他介電流體。其他介電流體可係不可冷凝氣體或惰性氣體或另一種高度氟化介電氣體。合適的其他介電流體例如包括但不限於空氣、氮、一氧化二氮、氧、氬、氫、二氧化碳、七氟異丁腈、1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-(三氟甲基)丁-2-酮、SF₆、及 2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈、或其組合。大致上，其他介電流體之用量可使得蒸氣壓力在 25°C 下或在電裝置之操作溫度下係至少 70 kPa。

【0049】 在一些實施例中，本揭露之含氟氬介電流體可單獨包括氟氬或包括與一、二、三、或甚至四或更多種其他介電流體之混合物，其他介電流體包括但不限於七氟異丁腈、1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-(三氟甲基)丁-2-酮、2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈、SF₆、氮、二氧化碳、一氧化二氮、氧、空氣、氬、或氫。在本揭露之上下文中，當氧用作為介電稀釋氣體時，氧係以「小量」使用，意指氧係以在 1 至 25%或 2 至 15%或 2 至 10%範圍中之莫耳百分比存在於整體氣體混合物中。

【0050】 在一些實施例中，本揭露之介電流體的氟氬組分係全氟化的。

【0051】 在其他實施例中，氟磺介電流體及其他介電流體係乾的，意指流體之水含量以重量計小於 500 ppm、小於 300 ppm、小於 100 ppm、小於 50 ppm、小於 30 ppm、或小於 10 ppm。

【0052】 適用於此類應用之氟磺的說明性實例包括但不限於雙(三氟甲基)磺、三氟甲基五氟乙磺、全氟二乙磺、或一或多種本揭露之氟磺的混合物，其在約-20℃至約 50℃之溫度範圍內具有明顯的蒸氣壓（在一些實施例中大於或等於約 0.05 atm、大於或等於約 0.1 atm、大於或等於約 0.2 atm、大於或等於約 0.3 atm、或甚至大於或等於約 0.4 atm）。

【0053】 本申請案之介電流體對於電絕緣及對於在電能傳輸及分配中所使用之電弧淬熄或電流中斷設備而言係有用的。通常，可使用本揭露之流體的電裝置類型主要有三種：(1)氣體絕緣斷路器及電流中斷設備，(2)氣體絕緣傳輸線，及(3)氣體絕緣變壓器。此氣體絕緣設備係輸電及配電系統之主要組件。

【0054】 當在中及高電壓電設備中使用時，上述本揭露之介電流體及流體混合物會提供顯著優點及效益。這些包括但不限於高介電強度、不可燃性、低毒性、低全球暖化潛勢、良好熱傳性質、以及在該應用中之良好穩定性。

【0055】 在一些實施例中，本揭露提供電氣裝置如電容器，其包含互相間隔開之金屬電極，而使氣體介電質填充於電極之間的空間。電氣裝置的內部空間亦可包含液體介電質流體之貯槽，其與氣體介電質流體成平衡。因此，該貯槽會補充任何損失之介電質流體。

有機朗肯循環

【0056】 能源的成本上升、對溫室氣體排放的顧慮增加、以及電網的限制都讓可再生能源源、局部或區域電力產生、及利用原本會浪費掉之能量的技術受到大量關注。後者的其中之一為有機朗肯循環 (Organic Rankine Cycle, ORC) 技術。ORC 類似於發電廠中所使用之習知蒸汽朗肯循環，不同之處在於 ORC 廠通常規模低於 10 百萬瓦且通常在遠為較低之溫度下操作，在此等溫度下來自水之蒸汽不再是理想的工作流體，並且較低沸點之有機流體（諸如烴戊烷）係較佳的。烴對於環境相當溫和，但由於可燃性而常被認為在 ORC 中使用會過於危險，尤其是經過安裝以從例如水泥乾燥廠、內燃引擎排氣歧管等捕集能量之近接耦合 ORC。

【0057】 不可燃工作流體是較佳的，但合適候選者並不多。氯氟碳化物(CFC)、HCFC、及溴化材料已被排除，因為其等會消耗臭氧。長久來已建議全氟碳化物(PFC)流體作為候選者。HFC 最近已在這些應用中受到檢驗。然而，PFC 及 HFC 皆由於其等之高 GWP 而遭指定要降低排放量，並且在歐盟及日本皆已不受到偏好。HFE 具有合適的性能性質，但對於在一些 ORC 應用中使用而言可能缺乏足夠的熱穩定性。已建議氟酮作為可行的候選者，但對於在 ORC 中長期使用而言可能亦不足夠穩定。

【0058】 本揭露之氟碲通常具有適合作為 ORC 工作流體之物理及熱性質，並且對於該應用展現出足夠穩定性，同時亦提供比 PFC、

PFA、PFPE、及 HFC 相對為低之 GWP。此性質組合使得其等成為 ORC 工作流體之良好候選者。在一些實施例中，氟氬係全氟化的。

【0059】 在一些實施例中，本揭露係關於一種用於在朗肯循環（例如，ORC）中將熱能轉換成機械能之設備。該設備可包括一工作流體，該工作流體包括一或多種本揭露之氟氬。該設備可進一步包括一熱源（用以汽化該工作流體並形成經汽化之工作流體）、一渦輪機（該經汽化之工作流體通過該渦輪機而藉此轉換熱能成機械能）、一冷凝器（用以在該經汽化之工作流體通過該渦輪機後冷卻該經汽化之工作流體）、及一泵（用以將該工作流體再循環）。

【0060】 在一些實施例中，本揭露關於一種用於在朗肯循環中將熱能轉換成機械能之程序。該程序可包括使用一熱源以汽化一工作流體以形成經汽化之工作流體，該工作流體包括本揭露之一或多種氟氬。在一些實施例中，熱係從熱源傳遞至蒸發器或鍋爐中之工作流體。該經汽化之工作流體可被加壓且可藉由膨脹用於作功。該熱源可具有任何形式，諸如來自化石燃料，例如石油、煤、或天然氣。另外，在一些實施例中，該熱源可來自核能、太陽能或燃料電池。在其他實施例中，該熱可為來自其他熱傳系統之原本會散失到大氣中的「廢熱(waste heat)」。「廢熱」在一些實施例中可為從第二朗肯循環系統中自冷凝器或從於第二朗肯循環中之其他冷卻裝置回收的熱。

【0061】 「廢熱」之另外來源可在燃燒掉甲烷氣體之掩埋場得到。為了防止甲烷氣體進入環境且因此造成全球暖化，可藉由「燃燒塔(flare)」燃燒由掩埋場產生之甲烷氣體，從而產生二氧化碳及水，

就全球暖化潛勢而言，二氧化碳及水皆比甲烷對環境害處更小。可用於所提供程序之「廢熱」之其他來源為地熱源及來自其他類型之引擎之熱，該等引擎諸如在其廢氣中放出大量熱且放出大量熱至諸如水之冷卻液及潤滑劑的氣渦輪引擎。

【0062】 在所提供之程序中，該經汽化之工作流體可透過可將經加壓工作流體轉換成機械能之裝置而膨脹。在一些實施例中，該經汽化之工作流體係透過渦輪機膨脹，其可造成一軸由於膨脹的經汽化工作流體之壓力而旋轉。該渦輪機可隨後用來作機械功，諸如在一些實施例中操作發電機，因此發電。在其他實施例中，該渦輪機可用於驅動帶、輪、齒輪或可將機械功或能量傳送於附接或連接之裝置使用的其他裝置。

【0063】 在該經汽化之工作流體轉換成機械能之後，可使用冷卻源使經汽化之（且現階段經膨脹之）工作流體冷凝以液化，而供再使用。由冷凝器釋放之熱可用於其他目的，包括再循環至同一或另一朗肯循環系統，因此節省能量。最終，該經冷凝之工作流體可藉由泵而泵回至該鍋爐或蒸發器，以供在封閉系統中再使用。

【0064】 有機朗肯循環工作流體之所欲熱力學特性為所屬技術領域中具有通常知識者所熟知且論述於例如美國專利申請公開案第 2010/0139274 號（Zyhowski 等人）。該熱源之溫度與經冷凝液體或所提供散熱裝置在冷凝之後之溫度之間的差異愈大，朗肯循環熱力學效率就愈高。熱力學效率係受工作流體與熱源溫度之匹配所影響。工作流體之汽化溫度與源溫度愈接近，系統之效率就愈高。例如，甲苯

可用於 79°C 至約 260°C 之溫度範圍中，然而甲苯具有毒理學及可燃性疑慮。在此溫度範圍中可使用諸如 1,1-二氯-2,2,2-三氟乙烷及 1,1,1,3,3-五氟丙烷之流體作為替代。但 1,1-二氯-2,2,2-三氟乙烷可在低於 300°C 時形成毒性化合物，並且需要限於約 93°C 至約 121°C 之蒸發溫度。因此，所欲的是具有較高臨界溫度之其他環境友善朗肯循環工作流體，所以源溫度（諸如氣體渦輪機及內燃機排氣）可更好地與工作流體匹配。

【0065】 在一些實施例中，可用於朗肯循環工作流體的本揭露之氟氬本身或在與其他氟氬或其他作為工作流體之流體組合時，可具有約 10°C 至約 120°C（在一些實施例中約 10°C 至約 20°C、約 20°C 至約 50°C、約 50°C 至 80°C、或甚至約 80°C 至約 120°C）之沸點。

直接接觸電子浸入

【0066】 數十年來 PFC 流體已經用於特用、通常是高價值電子冷卻應用中，並且經常與待冷卻之電子設備直接接觸。實例包括軍用電子設備及超級電腦應用。PFC 流體因為其等極為惰性且係優異的介電質而受到偏好。最近 HFC、HFE、及 PFK 已針對這些應用而受到檢驗。

【0067】 更主流之電子設備（像是伺服器及桌上型電腦）過去曾經使用空氣冷卻，但近來對於更多運算能力的需求已造成晶片功率上升到液體冷卻已在高性能機器中開始興起的程度，而這是由於效率獲得改善。水性工作流體在間接接觸液相系統中就性能觀點而言係較佳

的，但由於其等如果發生洩漏傾向會造成短路而引發可靠性顧慮。介電液體因為類似原因而應為不可燃的，因為發生洩漏時可能會造成起火。介電液體的環境性質亦必須符合電腦製造商及其客戶的環境要求。PFC 液體（包括全氟化烴、全氟化胺、及全氟化醚與聚醚液體）及 HFC 液體由於其等之高 GWP 而不是此應用的理想候選者，因此仍持續需要開發可提供改善之環境特性，同時亦滿足直接接觸電子浸入冷卻之所有其他要求的材料。

【0068】 本揭露之氟氬通常符合此應用之性能及環境要求。其等之安全性、不可燃性、高介電強度、低體積電阻率、材料相容性、及優異熱傳性質皆適用於直接接觸冷卻，而且適用於與高價值電子設備搭配使用並有優異之可靠性。此外，其等之短大氣壽命會表現為顯著降低之 GWP 及作為溫室氣體之最低衝擊。

【0069】 例如，現代的功率半導體像是場效電晶體(FET)及絕緣閘雙極電晶體(IGBT)皆會產生非常高的熱通量。這些裝置會用於油電混合電動車輛中的電力轉換器模組中。這些裝置必須在極熱及冷的條件下運作，並且此引致了直接接觸冷卻技術的採用。用於這些應用中的液體同樣必須是電絕緣的、不可燃的、與其等接觸之電子組件相容，並且提供符合油電混合技術之環境目標的環境永續性水準。本揭露之氟氬通常符合這些要求。

【0070】 本揭露之氟氬本身或在組合時可作為用於藉由直接接觸而自各種電子組件傳遞熱的流體，以提供熱管理並在極端操作條件下維持最佳組件性能。說明性材料係具有 10°C 至約 150°C（在一些實

施例中約 10°C 至約 25°C、約 25°C 至約 50°C、或甚至約 50°C 至約 150°C) 之沸點的氟醚。在一些實施例中，氟醚係全氟化的。

【0071】 直接接觸流體浸入技術廣為人知可用於電子組件的熱管理。氫氟醚及全氟酮是環境永續化學物質的兩個實例，其等已在直接接觸流體浸入熱傳應用中使用多年，而這些應用對於所採用之流體施加了嚴格的性能要求，諸如不可燃性、低毒性、小環境足跡（零 ODP、低 GWP）、高介電強度、低介電常數、高體積電阻率、穩定性、及良好熱性質。這些流體在許多熱管理應用中已發現用途，這些應用包括半導體製造及電子設備冷卻（例如，電力電子設備、變壓器、及電腦/伺服器）。令人驚訝的是，已發現相較於氫氟醚，本揭露之全氟化醚通常提供改善的介電性質，包括較低介電常數、較高介電強度、及較高體積電阻率。全氟化醚亦提供比 HFE 或全氟酮為高的汽化熱及優異的熱傳係數，從而改善在兩相浸入應用中的熱傳性能。此外，已發現相較於全氟酮及 HFE，氟醚通常提供改良的水解穩定性。因此，針對在直接接觸浸入冷卻應用中的使用，近來已發現本揭露之氟醚提供了獨特的性質平衡，使得其等成為具有高度吸引力的流體候選者。

【0072】 在一些實施例中，本揭露描述氟醚作為用於電子裝置（包括電腦伺服器）之兩相浸入冷卻流體的用途。

【0073】 大型電腦伺服器系統可以執行大量工作負載，並在其操作過程中產生大量的熱。這些伺服器的操作會產生大部分的熱。部分由於產生大量的熱，這些伺服器一般是機架安裝的，並且通過內部風

扇及/或附接至機架背面或伺服器生態系統中其他地方的風扇空氣冷卻。隨著為了存取越來越多的處理和存儲資源的需求不斷擴大，伺服器系統的密度（即，放置在單一伺服器上的處理功率及/或存儲量、放置在單一機架中的伺服器數量、及/或部署在單一伺服器場中的伺服器及/或機架數量）持續增加。隨著在這些伺服器系統中所欲增加的處理或存儲密度，導致的熱挑戰仍然是顯著阻礙。習知空氣冷卻系統（例如，基於風扇者）需要大量的電力，並且驅動此類系統所需電力的成本會隨著伺服器密度增加而急劇提高。因此，需要有效率、低電力使用系統來冷卻伺服器，同時允許伺服器系統之處理及/或儲存密度有所欲的增加。

【0074】 兩相浸入冷卻是一種用於高性能伺服器運算市場的新興冷卻技術，其依賴於將液體（冷卻流體）汽化成氣體之過程中所吸收的熱（亦即，汽化熱）。此應用中所使用的流體必須滿足某些要求在該應用中是可行的。例如，操作期間的沸騰溫度應在介於例如 45°C 至 75°C 之間的範圍內。大致上，此範圍容許將伺服器組件維持在足夠冷之溫度下，同時讓熱能夠有效率地消散至最終熱匯（例如，外部空氣）。流體必須是惰性的，以便其與構造材料和電氣組件相容。流體應係穩定的，使得其不與常見污染物（諸如水）或與試劑（諸如活性碳或氧化鋁）反應，該活性碳或氧化鋁可能用於在操作期間擦洗流體。母化合物及其降解產物的全球暖化潛勢(GWP, 100yr ITH)和臭氧損耗潛勢(ozone depletion potential, ODP)應低於可接受的限值，例如

分別為低於 2000、1000、800、或 600 之 GWP 及低於 0.01 之 ODP。
本揭露之氟氫通常符合這些要求。

【0075】 在另一個實施例中，本發明描述氟氫作為用於電子設備之單相浸入冷卻流體的用途。單相浸入冷卻在電腦伺服器冷卻方面有著悠久的歷史。單相浸入中沒有相變。而是改為當液體流動或被泵送通過電腦硬體和熱交換器時，液體分別會變熱與冷卻，從而將熱從伺服器傳出。用於伺服器之單相浸入冷卻的流體應符合以上概述之相同要求，除了其等一般具有超過約 75 度 C 之較高沸騰溫度以限制蒸發損失。本揭露之氟氫通常符合這些要求。

【0076】 在一些實施例中，本揭露可關於浸入冷卻系統，其包括以上論述之含氟氫工作流體。在一些實施例中，浸入冷卻系統可操作為兩相汽化冷凝冷卻容器，以用於冷卻一或多個產熱組件。如圖 1 中所示，在一些實施例中，兩相浸入冷卻系統 10 可包括具有內部空間 15 之外殼 10。在內部空間 15 之下部體積 15A 內，可設置含氟氫工作流體之液相 20，其具有上部液面 20A（即液相 20 之最高液位）。內部空間 15 亦可以包括從液面 20A 向上延伸至外殼 10 之上部分 10A 的上部體積 15B。

【0077】 在一些實施例中，產熱組件 25 可設置在內部空間 15 內，使得其至少部分地浸入（並且至多完全浸入）工作流體的液相 20 中。亦即，儘管產熱組件 25 繪示為僅部分地浸沒在上部液面 20A 的下方，但是在一些實施例中，產熱組件 25 可以完全浸沒在液面 20A

的下方。在一些實施例中，產熱組件可包括一或多個電子裝置，諸如電腦伺服器。

【0078】 在各種實施例中，熱交換器 30（例如，冷凝器）可設置在上部體積 15B 內。大致上，熱交換器 30 可經配置以使得其能夠冷凝工作流體的氣相 20B，該氣相係由於產熱元件 25 所產生的熱而產生。例如，熱交換器 30 可具有維持在低於工作流體之氣相的冷凝溫度之溫度的外部表面。就此而言，在熱交換器 30 處，當工作流體的上升氣相 20B 與熱交換器 30 接觸時，上升氣相 20B 可藉由釋放潛熱至熱交換器 30 而冷凝回到液相或冷凝物 20C。然後可使所得冷凝物 20C 回到設置在 15A 之下部體積中的液相 20。

【0079】 在一些實施例中，本揭露可關於浸入冷卻系統，其藉由單相浸入冷卻來操作。大致上，單相浸入冷卻系統與兩相系統相似，其中可包括設置在外殼之內部空間內的產熱組件，並使得其至少部分浸入（並且至多完全浸入）於 15 工作流體之液相中。該單相系統可進一步包括一泵及一熱交換器，該泵操作以將該工作流體移入並移出該產熱組件及該熱交換器，而該熱交換器操作以冷卻該工作流體。該熱交換器可設置在該外殼內部或外部。

【0080】 雖然本揭露在圖 1 中描示了合適兩相浸入冷卻系統之特定實例，但應當理解，本揭露之含氟氫工作流體的效益及優點可在任何已知的兩相或單相浸入冷卻系統中實現。

【0081】 在一些實施例中，本揭露可關於用於冷卻電子組件之方法。大致上，該等方法可包括至少部分將一電子產熱組件（例如，一

電腦伺服器）浸入一包括上述氟氫或工作流體之液體中。該方法可進一步包括使用上述氟氫或工作流體來傳遞來自該產熱電子組件的熱。

直接接觸浸入電池組熱管理

【0082】 電化學電池（例如，鋰離子電池組）係在世界各地極為大量的電子及電裝置之中廣泛使用，範圍從油電混合及電動車輛至動力工具、可攜式電腦、及行動裝置。雖然鋰離子電池組通常是安全且可靠的能量儲存裝置，但在某些條件下會遭受稱為熱失控之災難性故障。熱失控是由熱所觸發之一系列內部放熱反應。過多熱的產生可能來自過度充電、過熱、或來自內部電短路。內部短路一般係由製造缺陷或雜質、樹枝狀鋰形成、及機械損壞所造成。雖然在充電裝置中且在電池組套組中一般會有保護電路，其會在發生

【0083】 過度充電或過熱時停用電池組，但其無法保護電池組免於由內部缺陷或機械損壞所造成的內部短路。

【0084】 經常需要用於鋰離子電池組套組之熱管理系統來最大化鋰離子電池組之循環壽命。此類型的系統會維持電池組套組內之各電池的均勻溫度。高溫可增加鋰離子電池組之容量衰退率及阻抗，同時減少其壽命。理想上，電池組套組內之各個別電池將在相同的環境溫度下。

【0085】 電池組之直接接觸流體浸入可減輕低可能性，但卻是災難性的熱失控事件，同時亦為鋰離子電池組套組之有效率正常操作提供必要的持續熱管理。當流體與熱交換系統搭配使用時，此類型的應

用會提供熱管理以維持理想的操作溫度範圍。然而，在發生機械損壞或任何鋰離子電池發生內部短路時，該流體亦會防止熱失控事件經由蒸發冷卻而傳播或串級崩潰(cascading)至套組中的相鄰電池，因此顯著減輕涉及多個電池之災難性熱失控事件的風險。如同上述之電子設備浸入冷卻，電池組之浸入冷卻及熱管理可使用設計用於單相或兩相浸入冷卻的系統來達成，並且電池組冷卻之流體要求類似於以上針對電子設備所述之流體要求。在任一情況中，流體係設置為與電池組熱連通以維持、升高、或降低電池組之溫度（亦即，熱可經由流體傳入或傳出電池組）。

【0086】 直接接觸流體浸入技術已顯示可用於電池組之熱管理，並且可用於提供熱失控保護，但對於可提供更佳化學穩定性及系統耐久性的改良流體仍然有需求。在用於電池組熱管理及熱失控保護之直接接觸流體浸入熱傳應用中，氫氟醚及全氟酮是已顯示具有實用性的兩個實例，同時亦提供可接受的全球暖化潛勢。這些應用對於所採用之流體施加嚴格的性能要求，諸如不可燃性、低毒性、小環境足跡、高介電強度、低介電常數、高體積電阻率、穩定性、材料相容性、及良好熱性質。令人驚訝的是，已發現相較於飽和及不飽和氫氟醚，本揭露之氟磺（尤其是全氟磺）通常提供改善的介電性質，包括較低介電常數、較高介電強度、及較高體積電阻率。低介電常數對於在流體中將溶解離子雜質之含量保持在低含量，以長期維持高體積電阻率而言可能是重要的。這些離子雜質可源自電池組套組之構造的材料或源自個別的電池（來自電解質洩漏）並且可隨時間被提取至熱傳流體

中，從而不利地改變流體性質。高介電強度在預防高電壓下發弧方面是重要的。本揭露之氟氬亦提供比氫氟醚、全氟酮、或全氟化流體（諸如 PFC、PFA、或 PFPE）為高之汽化熱，以改善兩相浸入應用中之熱傳性能。此外，已發現相較於全氟酮及 HFE，本揭露之氟氬提供改良的水解穩定性。流體的水解降解可產生離子污染物，其可造成腐蝕或減損電池組性能。因此，針對在用於電池組之直接接觸浸入冷卻及熱管理應用中的使用，已發現本揭露之氟氬提供了獨特的性質平衡，使得其等成為具有高度吸引力的流體候選者，同時亦提供低全球暖化潛勢。因此，在一些實施例中，本揭露係關於一種用於鋰離子電池組套組之熱管理系統。該系統可包括一鋰離子電池組套組，以及與該鋰離子電池組套組熱連通之一工作流體。該工作流體可包括一或多種本揭露之氟氬（例如，全氟氬）。

高溫熱交換

【0087】 在一些實施例中，本揭露之氟氬（或含有該等氟氬之工作流體或熱傳流體）可在各種應用中用作為熱傳劑（例如，用於半導體工業中之積體電路工具的冷卻或加熱，包括諸如乾式蝕刻器、積體電路測試儀、光微影術曝光工具（步進器）、灰化器(asher)、化學氣相沉積設備、自動化測試設備（探測器）、物理氣相沉積設備（例如，濺鍍機）、和氣相軟焊流體、及熱衝擊流體之工具）。

【0088】 在一些實施例中，本揭露進一步關於一種用於熱傳之設備，其包括一裝置以及用於將熱傳遞入或傳遞出該裝置之一機構。該

用於傳遞熱之機構可包括一熱傳或工作流體，其包括一或多種本揭露之氟氬。

【0089】 所提供的用於熱傳之設備可包括一裝置。該裝置可係待冷卻、待加熱、或待維持在一預定溫度或溫度範圍之一組件、工作件、總成等。此等裝置包括電組件、機械組件、及光學組件。本揭露之裝置的例子包括但不限於微處理器、用於製造半導體裝置之晶圓、功率控制半導體、配電開關裝置、功率變壓器、電路板、多晶片模組、封裝及未封裝半導體裝置、雷射、化學反應器、燃料電池、熱交換器、以及電化學電池。在一些實施例中，該裝置可包括一急冷器(chiller)、一加熱器、或其組合。

【0090】 又於其他實施例中，該等裝置可包括電子裝置，例如處理器，其包括微處理器。隨著這些電子裝置功率變得更高，每單位時間所產生之熱量增加。因此，該熱傳之機構在處理器性能中扮演重要角色。該熱傳流體一般而言具有良好熱傳性能、良好電相容性（即使用在例如利用冷板者之「間接接觸」應用亦然），以及低毒性、低（或不）可燃性、及低環境衝擊。良好電相容性要求熱傳流體候選者展現出高介電強度、高體積電阻率，以及對極性材料之不佳溶解力。此外，該熱傳流體應展現良好的機械相容性，亦即其不應以不利的方式影響典型構造材料，並且其應具有低傾點及低黏度以在低溫操作期間維持流動性。

【0091】 所提供之設備可包括用於傳遞熱之機構。該機構可包括一熱傳流體。該熱傳流體可包括一或多種本揭露之氟氬。熱可藉由將

該熱傳機構放置為與該裝置熱接觸來傳遞。該熱傳機構當放置為與該裝置熱接觸時，會自該裝置移除熱或提供熱至該裝置，或將該裝置維持在經選定之溫度或溫度範圍。熱流動方向（自裝置或至裝置）係由該裝置及該熱傳機構之間的相對溫度差所決定。

【0092】 該熱傳機構可包括用於管理該熱傳流體之設施，其包括但不限於泵、閥、流體圍阻系統、壓力控制系統、冷凝器、熱交換器、熱源、熱匯(heat sink)、致冷系統、主動式溫度控制系統、及被動式溫度控制系統。合適熱傳機構之實例包括但不限於在電漿增強化學氣相沉積(PECVD)工具中之溫度控制晶圓卡盤、用於晶粒性能試驗之溫度控制測試頭、在半導體程序設備內之溫度控制工作區、熱衝擊試驗浴液儲槽、及恆溫浴。在一些系統中，諸如蝕刻器、灰化器、PECVD 室、氣相軟焊裝置、及熱衝擊測試機，所欲之上限操作溫度可高達 170°C、高達 200°C、或甚至高達 230°C。

【0093】 熱可藉由將該熱傳機構放置為與該裝置熱連通來傳遞。該熱傳機構當放置為與該裝置熱連通時，會自該裝置移除熱或提供熱至該裝置，或將該裝置維持在經選定之溫度或溫度範圍。熱流動方向（自裝置或至裝置）係由該裝置及該熱傳機構之間的相對溫度差所決定。所提供之設備亦可包括致冷系統、冷卻系統、試驗設備、及機械加工(machining)設備。在一些實施例中，所提供之設備可為恆溫浴或熱衝擊試驗浴。

【0094】 展現意外高熱穩定性的本揭露之氟硼在高溫應用中可能尤其有用。在一些實施例中，具有介於約 150°C 與約 300°C（在一些

實施例中約 180 至約 290、約 200 至約 280、或甚至約 220 至約 260 °C) 之沸點的本揭露之氟磺可用於無鉛焊料的氣相軟焊。具有高於約 70°C (在一些實施例中高於約 100°C、高於約 130°C、或甚至高於約 150°C) 之沸點，以及在 -40°C 下 (在一些實施例中在約 -20°C 下且在其他實施例中在約 25°C 下) 低於約 30 厘司之黏度的氟磺在同時需要高溫及低溫操作之熱傳應用類型中尤其有用。在一些實施例中，氟磺係全氟化的。

蒸氣反應器清潔、蝕刻、及摻雜氣體

【0095】 化學氣相沉積腔室、物理氣相沉積腔室、及蝕刻腔室廣泛地用於半導體產業，並且與各種不同電子裝置及組件之製造有關。此類腔室使用反應性氣體或蒸氣以沉積、圖型化、或移除各種介電及金屬材料。PFC (諸如 C_2F_6) 廣泛與蒸氣反應器搭配使用，以用於蝕刻或圖型化材料及用於去除堆積在反應器壁及零件上之非所要沉積物。當與在射頻電漿中之氧結合時，這些 PFC 提供產生可用於蒸氣反應程序之各種自由基 (諸如 $CF_3\cdot$ 及 $CF_2\cdot$) 及原子氟之能力。然而，這些 PFC 具有長大氣壽命及高 GWP。因此，半導體產業正在嘗試減少將這些化合物排放到環境中。此產業已對不會促進全球暖化之用於蒸氣反應技術的替代化學品表達出需求。

【0096】 在一些實施例中，本揭露提供在蒸氣反應器中使用氟磺作為反應性氣體之方法，用以移除非所要之沉積物、用以蝕刻介電及金屬材料、以及用以摻雜材料。相較於傳統上在此應用中所使用之

PFC，本揭露之氟磺具有較短的大氣壽命及較低的全球暖化潛勢。就像 PFC，氟磺（諸如 $C_2F_5SO_2C_2F_5$ 及 $CF_3SO_2CF_3$ ）提供在蒸氣反應程序中產生各種自由基（諸如 $CF_3\cdot$ 及 $CF_2\cdot$ ）及原子氟之能力。然而，本揭露之氟磺亦提供顯著減少來自這些程序之溫室氣體排放的優點，這是由於其等之較低 GWP。

【0097】 適用於諸如蒸氣反應器清潔、蝕刻、及摻雜氣體之用途的氟磺之說明性實例包括沸點低於約 $150^\circ C$ （在一些實施例中低於約 $130^\circ C$ 、低於約 $100^\circ C$ 、或甚至低於約 $80^\circ C$ ）者。在一些實施例中，氟磺係全氟化的。

用於熔融活性金屬之保護覆蓋劑

【0098】 以具有高強度重量比及良好電磁屏蔽性質之鎂（或其合金）所製成的零件在汽車、航太、及電子產業中作為組件之使用益見增加。這些組件一般係藉由鑄造技術來製造，其中將鎂金屬或其合金在高達 $1400^\circ F (800^\circ C)$ 之溫度下加熱至熔融狀態，然後將所得液體金屬倒入模具或壓模中以形成組件或零件。在原生金屬生產之情況下，會進行熔融純化金屬或合金化金屬之類似鑄造以形成各種大小及形狀的鑄錠。

【0099】 當鎂處於熔融狀態時，必須對其進行保護以免於與大氣氧氣反應。此反應是一種非常難以撲滅的自發性放熱反應，因此對於製造設備及設施極具破壞性，並且對於工廠工人及緊急應變人員也是一項危險。保護熔融鎂之第二、但同樣重要的目的是防止鎂蒸氣昇華

至鑄造設備的較冷部分。此等昇華之固體亦非常容易在空氣存在下起火。熔融鎂及昇華鎂蒸氣皆可產生極熱的鎂火焰，可能造成廣泛的財產損失及嚴重的人身傷害或人命損失。同樣地，其他反應性金屬（諸如鋁、鋰、鈣、鋇、及其合金）在其熔融狀態下具有高度反應性，必須對其進行保護以免於接觸大氣空氣或氧氣。

【0100】 已使用各種方法來最小化熔融鎂或其他反應性金屬對空氣之暴露。兩種最可行之方法係使用鹽助焊劑，以及使用覆蓋氣體或保護氣氛。鹽助焊劑在鎂熔融溫度下係液體，並會形成浮在熔融金屬表面上的一不透層，其有效地將熔融金屬與空氣隔開。然而，助焊劑具有在升溫下會氧化的缺點，並且會形成金屬氧化物及/或金屬氯化物之厚硬化層，其可能會輕易破裂，從而可能使熔融金屬暴露於空氣。並且，在將鑄錠添加至熔融金屬浴時，可能會發生液體助焊劑夾雜在熔體中。此類夾雜物會產生引發鑄造零件腐蝕並使所生產金屬零件之物理性質劣化的位點。最後，來自使用助焊劑之粉塵粒子及煙霧會對鑄造廠中之鐵金屬造成嚴重的腐蝕問題，並且對鑄造廠工人造成嚴重的安全問題。

【0101】 因此，鎂鑄造廠已轉為使用保護覆蓋氣體，該等保護覆蓋氣體會在熔融鎂之表面上形成薄保護膜。此保護膜會有效地將反應性金屬與氧隔開，並防止破壞性起火及氧化物與助焊劑之難處理金屬夾雜物。由於 SF_6 的高度穩定性及低毒性，其成為所選擇之覆蓋氣體劑。 SF_6 穩定到在暴露於熔融鎂時仍會大部分留存並且會被排放至大氣中。 SF_6 的長大氣壽命結合極高紅外光吸收截面會導致其具有非常

高的 GWP，亦即比 CO_2 大上 22,200 倍（100 年 ITH），因此需要其替代品。

【0102】 對於作為 SF_6 替代品之有效覆蓋氣體劑的要求在於，其會在熔融鎂及熔融鎂合金上有效形成保護表面膜，具有短的大氣壽命且/或具有低的紅外光吸收截面（低 GWP），基本上沒有臭氧消耗潛勢，不可燃且低毒性，當暴露於熔融鎂時產生極少或不產生有害的降解產物，並且可與現有的程序及設備相容。

【0103】 目前，數種可能的替代品已受到檢驗，包括 SO_2 、HFC（例如，HFC-134a 及 HFC-125）、及氟化酮（諸如 $\text{C}_2\text{F}_5\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$ ）。長久已知二氧化硫(SO_2)會藉由形成含 MgSO_4 膜來保護熔融鎂。然而， SO_2 之毒性性質（容許暴露極限(PEL)=2 ppmV）使其安全使用相當困難且成本高昂。HFC 及氟化酮之氟可迅速形成 MgF_2 並在熔融鎂上變成表面層之一部分。HFC 之明顯 GWP 及 HF 生產 HFC 之可能問題亦會降低 HFC 可用性。

【0104】 本揭露之氟氬可用於此應用中並且提供環境上更可接受之材料。與熔融鎂接觸之氟氬會形成保護表面膜，其提供可靠且安全的保護覆蓋。如同其他覆蓋氣體劑，氟氬與許多載體氣體（諸如乾的空氣、氮氣、二氧化碳、及氬氣，單獨或呈混合物）相容。氟氬在載體氣體中之有效濃度範圍在約 0.01 至約 5.0 體積百分比，視程序與所保護之合金及/或所使用之特定程序參數（溫度、覆蓋氣體流率、分配系統、及設備）而定。

【0105】 在一些實施例中，本揭露提供覆蓋氣體之組成物及一種使用覆蓋氣體以保護熔融反應性金屬之方法，其以約 0.01 至 5 體積百分比之濃度包含本揭露之氟磺在乾的空氣、氮、二氧化碳、氫或這些者之混合物中。覆蓋氣體混合物係分布在熔融金屬上方，從而產生防止該金屬燃燒的保護表面膜。在一些實施例中，氟磺係全氟化的。

實施例清單

【0106】

1. 一種可發泡組成物，其包含：

一發泡劑；

一可發泡聚合物或其前驅物組成物；及

一成核劑，其中該成核劑包含具有結構式(I)之化合物



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中 (catenated) 醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

2. 如實施例 1 之可發泡組成物，其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 係全氟化的。

3. 如實施例 1 至 2 中任一者之可發泡組成物，其中該成核劑與該發泡劑之莫耳比係小於 1:2。

4. 如實施例 1 至 3 中任一者之可發泡組成物，其中該發泡劑包含具有約 5 至約 7 個碳原子之脂族烴、具有約 5 至約 7 個碳原子之環脂族烴、烴酯、水、或其組合。
5. 如實施例 1 至 4 中任一者之可發泡組成物，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。
6. 一種以如實施例 1 至 5 中任一者之可發泡組成物所製成之發泡體。
7. 一種用於製備聚合發泡體之程序，其包含：

於至少一種可發泡聚合物或一其前驅物組成物及一成核劑存在下，將至少一種液體或氣體發泡劑汽化或產生至少一種氣體發泡劑，其中該成核劑包含具有結構式(I)之化合物

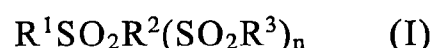


其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1，

並且其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

8. 一種裝置，其包含：

一介電流體，其包含具有結構式(I)之化合物



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1；

其中該裝置係一電裝置。

9. 如實施例 8 之裝置，其中該電裝置包含氣體絕緣斷路器、斷路器、電流中斷設備、氣體絕緣傳輸線、氣體絕緣變壓器、或一氣體絕緣變電站(gas-insulated substation)。
10. 如實施例 8 至 9 中任一項之裝置，其中該介電流體進一步包含一第二介電流體。
11. 如實施例 10 之裝置，其中該第二介電流體包含一惰性氣體。
12. 如實施例 10 至 11 中任一者之裝置，其中該第二介電流體包含空氣、氮、一氧化二氮、氧、氦、氬、二氧化碳、七氟異丁腈、2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈、1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-(三氟甲基)丁-2-酮、 SF_6 、或其組合。
13. 如實施例 8 至 12 中任一者之裝置，其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 係全氟化的。
14. 如實施例 8 至 13 中任一者之裝置，其中， $n=0$ 且 R^1 及 R^2 各獨立地係具有 1 至 2 個碳原子之氟烷基。
15. 如實施例 8 至 14 中任一者之裝置，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。
16. 一種用於在一朗肯循環中將熱能轉換成機械能之設備，其包含：

一工作流體；

一熱源，用以汽化該工作流體並形成一經汽化之工作流體；

一渦輪機，該經汽化之工作流體通過該渦輪機而將熱能轉換成機械能；

一冷凝器，用以在該經汽化之工作流體通過該渦輪機後冷卻該經汽化之工作流體；及

一泵，用以將該工作流體再循環，

其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

17. 如實施例 16 之設備，其中以該工作流體之總重量計，該化合物係以至少 25 重量%之量存在於該工作流體中。
18. 如實施例 16 至 17 中任一者之設備，其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 係全氟化的。
19. 如實施例 16 至 18 中任一者之設備，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP（100 年 ITH）。
20. 一種用於在一朗肯循環中將熱能轉換成機械能之程序，其包含：

以一熱源將一工作流體汽化以形成一經汽化之工作流體；

透過一渦輪機將該經汽化之工作流體膨脹；

使用一冷卻源將該經汽化之工作流體冷卻以形成一經冷凝之工作流體；及

將該經冷凝之工作流體泵送；

其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1，

並且其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

21. 一種用於回收廢熱之程序，其包含：

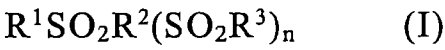
將一液體工作流體通過與一產生廢熱之程序連通的一熱交換器以產生一經汽化之工作流體；

自該熱交換器移除該經汽化之工作流體；

將該經汽化之工作流體通過一膨脹器，其中該廢熱係轉換成機械能；及

在該經汽化之工作流體已通過該膨脹器後冷卻該經汽化之工作流體；

其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



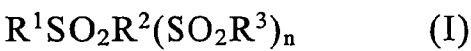
其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1，

並且其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

22. 一種浸入冷卻系統，其包含：

- 一外殼，其具有一內部空間；
- 一產熱組件，其設置在該內部空間內；及
- 一工作流體液體，其設置在該內部空間內，使得該產熱組件與該工作流體液體接觸；

其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物

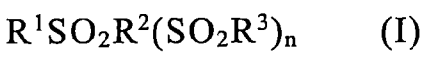


其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

23. 如實施例 22 之系統，其中以該工作流體之總重量計，該化合物係以至少 25 重量%之量存在於該工作流體中。

24. 如實施例 22 至 23 中任一者之系統，其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 係全氟化的。

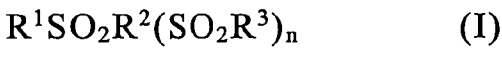
25. 實施例 22 至 24 中任一者之系統，其中該產熱組件包含一電子裝置。
26. 如實施例 22 至 25 中任一者之系統，其中該電子裝置包含一電腦伺服器。
27. 如實施例 26 之系統，其中該電腦伺服器在大於 3 GHz 之頻率下操作。
28. 如實施例 22 至 27 中任一者之系統，其中該浸入冷卻系統進一步包含設置在該系統內的一熱交換器，使得在該工作流體液體汽化時，該工作流體蒸氣接觸該熱交換器。
29. 如實施例 22 至 28 中任一者之系統，其中該浸入冷卻系統包含一兩相浸入冷卻系統。
30. 如實施例 22 至 29 中任一者之系統，其中該浸入冷卻系統包含一單相浸入冷卻系統。
31. 如實施例至 22 至 30 中任一者之系統，其中該浸入冷卻系統進一步包含一泵，該泵係經配置以將該工作流體移入並移出一熱交換器。
32. 如實施例 22 至 31 中任一者之系統，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。
33. 一種用於冷卻一產熱組件之方法，該方法包含：
將一產熱組件至少部分地浸入一工作流體中；及
使用該工作流體傳遞來自該產熱組件之熱；
其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



其中 R¹、R²、及 R³ 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1；

並且其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

- 34. 一種用於一鋰離子電池組套組之熱管理系統，其包含：
 - 一鋰離子電池組套組；及
 - 一工作流體，其與該鋰離子電池組套組熱連通；其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



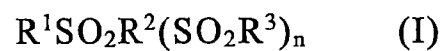
其中 R¹、R²、及 R³ 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中 (catenated) 醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

- 35. 如實施例 34 之系統，其中以該工作流體之總重量計，該化合物係以至少 25 重量%之量存在於該工作流體中。
- 36. 如實施例 34 至 35 中任一者之系統，其中 R¹、R²、及 R³ 係全氟化的。
- 37. 如實施例 34 至 36 中任一者之系統，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。
- 38. 一種用於一電子裝置之熱管理系統，該系統包含：

一電子裝置，該電子裝置選自一微處理器、用於製造一半導體裝置之一半導體晶圓、一功率控制半導體、一電化學電池、一配電開關裝置、一功率變壓器、一電路板、一多晶片模組、一封裝或未封裝半導體裝置、一燃料電池、或一雷射；及

一工作流體，其與該電子裝置熱連通；

其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



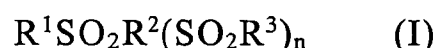
其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

39. 如實施例 38 之熱管理系統，其中該裝置係選自一微處理器、用於製造一半導體裝置之一半導體晶圓、一功率控制半導體、一電路板、一多晶片模組、或一封裝或未封裝半導體裝置。
40. 如實施例 38 至 39 中任一者之熱管理系統，其中該電子裝置係至少部分浸入該工作流體中。
41. 如實施例 38 至 40 中任一者之系統，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。
42. 一種用於製造反應性金屬或反應性金屬合金零件之系統，其包含：

一熔融反應性金屬，其係選自鎂、鋁、鋰、鈣、鋇、及其合金；及

一覆蓋氣體，其設置在該熔融反應金屬或反應性金屬合金之一表面上或上方；

其中該覆蓋氣體包含具有結構式(I)之化合物



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1，

並且其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

43. 一種如實施例 42 之用於製造反應性金屬或反應性金屬合金零件之系統，其中該熔融反應性金屬包含鎂或鎂合金。

44. 如實施例 42 至 43 中任一者之系統，其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 係全氟化的。

實例

【0107】 藉由以下比較性及說明性實例進一步說明本揭露之目的及優點。除非另有註明，否則實例及說明書其他部分中之所有份數、百分比、比率等皆以重量計，並且實例中所使用之所有試劑係可購自諸如例如 Sigma-Aldrich Corp., Saint Louis, MO, US 之一般化學供應

商，或者可藉由習知方法來合成。本文中使用下列縮寫：mL = 毫升，L = 公升，min = 分鐘，hr = 小時，g = 克， μm = 微米(10^{-6} m)， $^{\circ}\text{C}$ = 攝氏度，cSt = 厘司，KHz = 千赫茲，kV = 千伏特，J = 焦耳，ppm = 百萬分點，kPa = 千帕，K = 凱氏度。

實例 1：全氟二甲磺， $\text{CF}_3\text{SO}_2\text{CF}_3$

【0108】 將乾的 600 ml 壓力反應器裝以 100 克無水乙腈、56.1 克 (0.39 莫耳) 三甲基(三氟甲基)矽烷、及 2.5 克 (0.04 莫耳) 無水氟化鉀。將反應器在乾冰中冷卻並抽真空。將 50 克 (0.33 莫耳) 全氟甲磺醯氟 (可得自 EP0707094B1，實例 1 中所述之程序) 裝入反應器並讓內容物伴隨攪拌達到室溫。將反應器保持在 25°C 額外 2 小時，然後將蒸氣空間冷凝至 -70°C 抽真空、不鏽鋼瓶中。回收 68 克，並且全氟二甲磺之純度係 19.4% (以 GC-FID)。全氟二甲磺可藉由水洗及分餾來進一步純化。沸點係大約 15°C 。產物之鑑定及純度係以 GC-MS 及 ^{19}F NMR 光譜術來確認。

實例 2：1,1,1,2,2,3,3,4,4-九氟-4-((三氟甲基)磺醯基)丁烷，



【0109】 向三頸 500 mL 圓底燒瓶 (配備有磁性攪拌棒、溫度探針、及水冷迴流冷凝器) 中裝入 CsF (14.1 g, 92.8 mmol)。將反應容器抽真空並以氮氣回填三次，接著加入無水二甘二甲醚 (125 mL) 及 1,1,2,2,3,3,4,4,4-九氟丁烷-1-磺醯氟 (170 g, 563 mmol)。將所得混合

物在室溫下攪拌，接著在 3 小時期間內逐滴加入三甲基(三氟甲基)矽烷(88.0 g, 619 mmol)。控制添加速率以使得內部反應混合物不超過 36 °C。在添加完成後，將所得反應混合物攪拌 16 小時並且不加熱，接著加入水(300 mL)。收集氟相，並以 GC-FID 分析所得粗產物混合物，其指出三甲基(三氟甲基)矽烷完全轉化。氟相之同心管蒸餾提供呈無色液體之所欲 1,1,1,2,2,3,3,4,4-九氟-4-((三氟甲基)磺醯基)丁烷 (95 °C, 740 mm/Hg, 78 g, 39%產率)。產物之鑑定及純度係以 GC-MS 分析來確認。

實例 3：全氟二乙磺， $\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2\text{C}_2\text{F}_5$

【0110】 將乾的 4.0 L 壓力反應器裝以 50.0 g KF、1,500.0 g DMF、100.0 g 18-冠-6、及 1.0 g α -蒎烯，然後立即封起以最小化對大氣水分之暴露。在真空中在 -20°C 下移除殘餘氧後，將反應器裝以 400g 的 SO_2F_2 (可購自 Douglas Products, Liberty, MO, US)。然後將反應器溫熱至 70°C，並在 200 g/hr 下裝入四氟乙烯 (TFE，可購自 ABCR GmbH, Karlsruhe, Germany)，直到將總共 800g 總 TFE 裝入反應器中。在裝入所有 TFE 後，將反應器溫度增加至 90°C 並伴隨攪拌保持在此溫度下，直到反應器壓力停止下降，這表示反應接近完成。然後將溫度降低至 -20°C 並將反應器短暫抽真空以移除殘餘未反應的 TFE 及 SO_2F_2 。以氮氣減輕真空並將反應器溫熱至室溫，然後將內容物排出並收集。粗反應混合物由兩個不可混溶液體相以及一些懸浮之 KF 所組成。將反應混合物轉移至分液漏斗，結合 1.5 kg 的水然後振

盪。讓兩相混合物相分離並收集下方氟化合物相，然後用三份 1.0 Kg 的水洗滌。在最後一次水洗之後，收集下方氟化合物相(911.0 g)，然後使其通過矽膠 60 (70 至 230 網目) 之短管柱以移除顏色及殘餘水分。然後使用 20 塔板 Oldershaw 管柱在大氣壓力下藉由分餾將洗提液純化，產出大約 680 g 的純全氟二乙磺 (99.85% 純度，以 GC-FID)。產物之鑑定及純度係以 GC-MS 及 ^{19}F NMR 譜術來確認。

實例 4：1,1,1,2,2,3,3,4,4-九氟-4-((全氟乙基)磺醯基)丁烷，



【0111】 向 3 頸圓底燒瓶 (配備有攪拌棒、水冷迴流冷凝器、及溫度探針) 中裝入 CsF (2.51 g, 16.6 mmol)。將反應容器抽真空並以氬氣回填三次，接著加入無水四甘醇二甲醚 (75 mL) 及 1,1,2,2,3,3,4,4,4-九氟丁烷-1-磺醯氟 (50.2 g, 166 mmol)。將所得混合物在室溫下攪拌，接著在 2 小時期間內逐滴加入三甲基(全氟乙基)矽烷 (39.1 g, 203 mmol)。控制添加速率以使得內部反應混合物溫度不超過 41°C。在添加完成後，將所得反應混合物攪拌 16 小時並且不加熱，接著加入水 (100 mL)。收集氟相並以 GC-FID 分析，其指出三甲基(全氟乙基)矽烷起始材料完全轉化。氟相之同心管蒸餾提供 47.4g (71% 產率) 呈無色液體之所欲 1,1,1,2,2,3,3,4,4-九氟-4-((全氟乙基)磺醯基)丁烷 (B.P. = 118°C, 740 mm/Hg, 純度 = 97.4%，以 GC-FID，未針對感應因子作修正)。產物之鑑定及純度係以 GC-MS 分析來確認。

實例 5：全氟二甲磺， $\text{CF}_3\text{SO}_2\text{CF}_3$

【0112】 將基本上為美國專利第 2,713,593 號中所述之類型的 Simons 電化學氟化 (ECF) 電池用來電化學地氟化二甲磺， $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{CH}_3$ 。將粗氟化產物用氟化鈉處理以移除溶解的氟化氫，然後在 44 塔板真空有夾套 Oldershaw 管柱中進行分餾。產物餾分之沸點大約為 15°C 。合併產物餾分總計為 413.9 克的蒸餾產物。產物之 GC-MS/TCD 分析報告指出 98.0 面積%的全氟二甲磺， $\text{CF}_3\text{SO}_2\text{CF}_3$ 。

實例 6：1,1,1,2,2-五氟-2-((三氟甲基)磺基)乙烷， $\text{CF}_3\text{SO}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$

【0113】 向 2 L 不鏽鋼反應容器中裝入氟化鉀(56.4 g, 371 mmol)及四甘醇二甲醚(500 g)。接著將容器抽真空然後裝以全氟乙磺磺基氟(500 g, 2.47 mol)。在一小時期間內經由用氫加壓之不鏽鋼瓶向所得攪拌混合物中緩慢添加三甲基(三氟甲基)矽烷(387 g, 2.72 mol)。在完成添加後，讓所得反應混合物在室溫下攪拌整夜。接著將內部溫度升至大約 70°C 並將頂部空間轉移至浸在乾冰/丙酮浴中之抽真空不鏽鋼瓶中。粗混合物之 GC-FID 分析顯示全氟乙磺磺基氟完全轉化。將不鏽鋼瓶之內容物轉移至圓底燒瓶，然後經由同心管蒸餾來純化，以提供呈無色液體之所欲 1,1,1,2,2-五氟-2-((三氟甲基)磺基)乙烷 (120 g，在 92%純度下，18%分離產率)。產物之鑑定及純度係以 GC-MS 分析來確認。

物理性質

【0114】 測量實例 2、3、4、及 5 之性質並與浸入冷卻應用中常用的其他氟化流體進行比較：比較例 CE1 (NOVEC 7100，可購自 3M, St. Paul, MN, US)、CE2 (NOVEC 7300，可購自 3M, St. Paul, MN, US)、CE3 (OPTEON SF10，一種不飽和氫氟醚，可購自 Chemours, Wilmington, DE, US)、CE4 (FLUORINERT FC-3283，一種全氟化胺(PFA)，可購自 3M, St. Paul, MN, US)、及 CE5 (GALDEN HT-110，一種全氟化聚醚(PFPE)，可購自 Solvay, Brussels, Belgium)。

【0115】 動黏度係使用 Schott AVS 350 Viscosity Timer 來測量。針對低於 0°C 之溫度，使用 Lawler 溫度控制浴。用於所有溫度之黏度計係 Ubbelohde 毛細管黏度計型號 545-03、545-10、545-13、及 545-20。黏度計亦使用 Hagenbach 校正來進行校正。

【0116】 沸點係根據 ASTM D1120-94「Standard Test Method for Boiling Point of Engine Coolants」(引擎冷卻劑沸點之標準測試方法)來測量。

【0117】 傾點係藉由將 4 mL 玻璃小瓶中之大約 2 mL 的樣本置於手動溫度控制浴中來判定。溫度係以 Analytical Instrument No. 325 來讀取。傾點係定義為在水平傾斜達 5 秒之後，樣本目視觀察到流動之最低溫度。

【0118】 介電常數及電性損耗因子($\tan \delta$)係使用 Alpha-A High Temperature Broadband Dielectric Spectrometer (Novocontrol

Technologies, Montabaur, Germany)根據 ASTM D150-11「固體電絕緣的 AC 損耗特性及介電係數(介電常數)之標準測試方法(Standard Test Methods for AC Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulation)」來測量。針對此測量選擇平行板電極配置。將平行板之樣本槽(Agilent 16452A 液體測試夾具, 其由 38 mm 直徑平行板(Keysight Technologies, Santa Rosa, CA, US)所組成)介接至 Alpha-A 主架, 同時採用 ZG2 Dielectric/Impedance General Purpose Test Interface (可購自 Novocontrol Technologies, Montabaur, Germany)。將各樣本準備在具有間距 d (一般為 $d = 1$ mm) 的平行板電極之間, 然後自電極電壓差(V_s)及電流(I_s)之相位敏感測量來評估複數介電係數(介電常數及損耗)。頻率域測量係在 0.00001 Hz 至 1 MHz 之離散頻率下進行。測量 10 毫歐姆至最高 1×10^{14} 歐姆之阻抗至達 4.2 伏特 AC 的最大值。然而針對於此實驗, 則使用 1.0 伏特之固定 AC 電壓。DC 傳導率(體積電阻率之倒數)亦可從最佳化寬頻介電弛豫適配函數(其含有低頻率 Havriliak-Negami 介電弛豫函數及一個分開之頻率相依傳導率項)來獲取。

【0119】 液體介電擊穿強度測量係根據 ASTM D877 - 87(1995)絕緣液體介電擊穿電壓之標準測試方法(Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Liquids)來執行。使用直徑 25 mm 之圓盤電極搭配 Phenix Technologies Model LD 60, 此儀器專為在 7-60 kV, 60 Hz (較高電壓)擊穿範圍中進行測試而設計。針

對此實驗，採用 60 Hz 之頻率及每秒 500 伏特之斜坡率，如典型所使用。

【0120】 汽化熱係使用以下 Clausius-Clapeyron 方程式自各別流體之蒸氣壓曲線來計算：

$$dH_{\text{vap}} (\text{焦耳/莫耳}) = d(\ln(P_{\text{vap}})) / d(1/T) \times R$$

其中 R 係通用氣體常數（每℃每莫耳 8.314 焦耳）。隨溫度而變之蒸氣壓係使用 ASTM E-1719-97「以沸點測定法進行之蒸氣壓測量 (Vapor Pressure Measurement by Ebuillimetry)」中所述之攪拌燒瓶沸點計法來測量，並且將所收集之數據用來建立蒸氣壓曲線。

【0121】 環境壽命及全球暖化潛勢 (GWP) 值係使用 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fifth Assessment Report (AR5)中所述之方法來判定，該方法基本上由下列三個部分所組成：

- (1) 基於針對化合物所測得之紅外光截面之化合物的輻射效率計算。
- (2) 化合物之大氣壽命的計算、測量、或估計。
- (3) 在 100 年時間範圍內化合物相對於 CO₂ 之輻射效率及大氣壽命的組合。

【0122】 用來計算 GWP 的三個步驟如下。在 3M Environmental Lab 製備待評估之材料的氣體標準品（具有已知及已記錄之濃度），並將其用於獲得此化合物之 FTIR 光譜。使用質量流量控制器用氮將

樣本標準品稀釋，以兩個不同濃度水準產生定量氣相、單組分 FTIR 資料庫參考光譜。流率係使用通過認證之 BIOS DRYCAL 流量計 (Mesa Labs, Butler, NJ, US) 在 FTIR 槽排出處進行測量。亦使用經過認證之乙烯校準氣體鋼瓶來驗證稀釋程序。利用 AR5 中所述之方法，使用 FTIR 數據來計算輻射效率，接著將其與大氣壽命結合以判定全球暖化潛勢(GWP)值。

【0123】 實例 3、4、及 5 之全球暖化潛勢(GWP)值係使用先前所述之三部分方法 AR5 來判定，如以下針對實例 3 所詳細說明。實例 3（全氟二乙醚）之輻射效率係計算為 $0.282 \text{ Wm}^{-2}\text{ppbV}^{-1}$ 。此輻射效率有採納平流層溫度調整及壽命校正。全氟二乙醚之大氣壽命係由採用氯甲烷(CH_3Cl)作為參考化合物之相對速率研究來判定。參考化合物及具有羥基自由基($\cdot\text{OH}$)之全氟二乙醚的準一級反應速率係在實驗室腔室系統中判定。參考化合物之大氣壽命係記錄在文獻中，並且基於此值及在腔室實驗中所測得之準一級速率，實例 3（全氟二乙基醚）之大氣壽命係判定為 10 年。測試腔室中之氣體濃度係以 FTIR 來定量。使用所測得之實例 3 大氣壽命值來計算 GWP。實例 3（全氟二乙醚）之所得 100 年 GWP 值係判定為 580。實例 4 及 5 之 GWP 值係經由類似程序來判定。

【0124】 實例 2、3、4、及 5 與 CE1 至 CE5 之物理性質及環境壽命結果係歸納於表 1 中，並且顯示大致上全氟化醚（尤其是全氟二乙醚）提供優越之介電性質（較低之介電常數、較高或相當之介電強度、較高的體積電阻率），優於供比較之氫氟醚 CE1 至 CE3。表 1 亦

顯示實例 3、4、及 5 令人驚訝地具有遠比 CE4（一種 PFA）及 CE5（一種 PFPE）要低之環境壽命及全球暖化潛勢。結果進一步顯示實例 3 提供比任何其他比較例要明顯更高之汽化熱，一個對於電子設備或電池組之兩相浸入冷卻性能非常重要的性質。最後，結果顯示相較於比較流體，實例 3 及 4 提供相當（或優越）之低溫性質，如以傾點及溫度相依黏度所測量—浸入冷卻性能中之另一個重要因素。

表 1.物理性質

	實例 2	實例 3	實例 4	實例 6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5
沸點(°C)	95	64	112.4	39	61	98	110	128	110
傾點(°C)		-86	-84		-135	-38	< -90	-50	-100
動黏度@ 25°C (cSt)		0.34	0.72		0.61	0.7	0.7	0.8	0.8
動黏度@ -40°C (cSt)		1.17	3.4		-	-	3.4	5.3	3.7
介電常數(1KHz)	3.3	3.23	3.0		7.4	6.1	5.5	1.9	1.92
液體介電擊穿強度(kV)		32			25	34	29	43	40
體積電阻率 (ohm-cm)		1.9×10 ¹²			10 ⁸	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹⁵	5×10 ¹⁵
汽化熱(J/g，在 25°C 下)		123			112	102	115	78	71
大氣壽命(yr)		10	10	8.2	4.1	3.8	<0.03	2,000	-
GWP (100 年)		580	550	647	297	310	2.5	8,690	>8,000

熱傳係數

【0125】 用於測量熱傳係數隨熱通量之變化(HTC)的熱傳設備包含位在 4 個薄輻射狀肋條上之酚樹脂平台，其含有 25-mm 直徑銅加熱器。將整合在平台中之熱電偶探針放在加熱器上方，使得潤滑的沸騰增強塗層(boiling enhancement coating, BEC)盤可放置在探針上及加

熱器頂上。得自 Celsia, Santa Clara, CA, US、具有識別號碼 01MMM02-A1 之 BEC (具有 300 μm 之厚度) 包含 50 μm 粒子，並且塗佈在 3-mm 厚之 100 系列銅盤的 5 cm^2 區域中。使熱電偶探針以下列方式彎曲：當盤被鎖定在適當的 x-y 位置時，探針會輕輕地向上壓入熱電偶溝槽的終端以測量冷源溫度(sink temperature, T_s)。平台在 z 軸滑件上移動，該滑件具有槓桿及彈簧而使 BEC 盤與有墊圈玻璃管接合，另一熱電偶伸入該玻璃管中以測量 T_f (流體飽和溫度)。

【0126】 透過裝置頂部的充填口(fill port)添加約 10 mL 之流體。將蒸氣冷凝在氣冷式冷凝器中並讓其回落至池中。冷凝器係在頂部打開，所以 $P=P_{\text{atm}}$ 且 $T_f = T_b = T_s(P_{\text{atm}})$ 。測量開始於 100 W (20 W/cm^2)之 3 分鐘暖機，旨在最小化後續測量期間銅加熱器底部的傳導損失。然後將功率降低至 50 W (10 W/cm^2)並且讓其平衡 2 分鐘，於此時記錄數據，之後再推進 10 W 至下一數據點。此會持續直到 T_s 超出預設限制，通常約 $T_b+20^\circ\text{C}$ 。數據獲取系統會向 DC 電力供應查詢加熱器電壓 V 及電流 I。熱通量 Q'' 及熱傳係數 H 定義為 $Q'' = Q/A = VI/A$ 且 $H = Q''/(T_s-T_f)$ ，其中 A 係面積。

【0127】 測量全氟二乙磺 (實例 3) 隨熱通量而變之熱傳係數，並且與比較例 CE6 (FLUORINERT FC-72，一種全氟碳化物(PFC)，可購自 3M, St. Paul, MN, US.) 進行比較。結果係繪製於圖 2 中。針對在兩相浸入冷卻中之使用，較佳的是較高的熱傳係數。因此，圖 2 中的數據顯示，相較於常用熱傳流體 CE6，實例 3 針對兩相浸入冷卻

應用而言具有改良之熱傳性質，同時亦提供全球暖化潛勢遠低於 CE6 之環境效益。

氣相介電擊穿電壓

【0128】 使用 Hipotronics OC60D 介電強度測試儀（可購自 Hipotronics, Brewster, NY），以實驗方式測量全氟二乙醚（實例 3）及全氟二甲醚（實例 5）與比較例 CE7（ SF_6 ，可購自 Solvay, Brussels, Belgium）及 CE8（全氟環丙烷， $\text{cyclo-C}_3\text{F}_6$ ，可購自 SynQuest Laboratories, Alachua, FL, US）之氣體介電擊穿強度。使用平行圓盤電極自 PTFE 建造出氣密槽，類似於 ASTM D877-13「使用圓盤電極的絕緣液體介電擊穿電壓之標準測試方法(Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Liquids Using Disk Electrodes)」中所述者。先將測試槽抽真空，然後從隨著氣體測試化合物添加至該槽中之壓力增加來測量介電擊穿電壓。在各次氣體添加後，測量介電擊穿電壓 10 次。

【0129】 各壓力下之 10 次測量的平均值係歸納在表 2A 及 2B 中。令人驚訝的是，結果顯示在相等絕對壓力下，相較於廣泛用於氣體絕緣高電壓開關裝置及輸電線之 SF_6 (CE7)，全氟二乙醚（實例 3）及全氟二甲醚（實例 5）提供明顯更高之介電擊穿強度。在相等絕對壓力下，全氟二乙醚（實例 3）亦展現出明顯比全氟環丙烷（CE8，已被考慮在類似應用中使用之 PFC）要高之介電擊穿強度。此外，實例

3 及實例 5 提供此改良之氣相介電擊穿性能，同時亦提供比任何比較材料低上超過 10 倍之 GWP，如先前於表 1 中所示。

表 2A.全氟二乙磺、SF₆、及 Cyclo- C₃F₆之氣相介電擊穿電壓

實例 3		CE7		CE8	
絕對壓力 (kPa)	平均 kV	絕對壓力 (kPa)	平均 kV	絕對壓力 (kPa)	平均 kV
6.9	4.5	13.9	4.6	13.8	4.6
13.4	6.5	27.6	5.4	27.9	6.4
28.1	9.1	41.4	7.8	41.4	8.0

表 2B.全氟二甲磺及 SF₆之氣相介電擊穿電壓

實例 5		CE7	
絕對壓力(kPa)	平均 kV	絕對壓力(kPa)	平均 kV
50	11.2	55	9.5
75	14.7	69	10.9
100	18.1	83	12.5
125	21.1	97	13.5
150	24.1	110	15.3
175	26.5	124	16.7
190	28.6	139	18.0
208	30.3	152	19.2
50	11.2	55	9.5
75	14.7	69	10.9
100	18.1	83	12.5

熱及水解穩定性

熱物理性質

【0130】 表 3 顯示實例 3、4、及 CE1 具有類似的熱物理特性。

表 3.熱物理性質

	正常沸點 (°C)	傾點 (°C)	黏度 @ 25°C (×10 ⁻⁷ m ² /s)	蒸氣壓@ 25°C (kPa)	比熱容量 (J/kg-K)
--	--------------	------------	---	--------------------	------------------

實例 3	64	-86	3.4	23	1181
實例 4	112.4	-84			1060
CE1	61	-135	3.8	27	1183

水解穩定性

【0131】 實例 3 及 CE1 之重複樣本係在 150℃ 下藉由以下方式來測試：將 10 克的測試材料連同 10 克去離子水置於乾淨 40 mL Monel 壓力容器中，將其密封並置於設定在 150℃ 之對流烘箱中 24 小時。在老化之後，氟離子濃度係藉由將來自各樣本之 1 mL 的水相與 1 mL 的 TISAB II (Total Ionic Strength Buffer) 緩衝液溶液混合來判定。接著使用具有 ORION 9609BNWB Fluoride-Ion Specific Electrode (ISE) (Thermo Fisher Scientific, Minneapolis, MN, US) 之 ORION EA 940 量表測量氟離子濃度。使用 ORION IONPLUS 氟離子標準品（1、2、10、及 100 ppm 氟離子）來校準量表。

【0132】 實例 3 及 CE1 之水解穩定性值在表 4 中係記述為游離氟離子於水中之平均重量百萬分點(ppmw)。較高游離氟離子濃度水準對應於穩定性降低。結果顯示，全氟二乙矽（實例 3）之水解穩定性明顯優於比較例 CE1。

表 4. 水解穩定性

樣本	在室溫下之平均 F 濃度 (ppmw)	使用 DI H ₂ O 在 24 小時後在 150 °C 下之平均 F 濃度(ppmw)
CE1	<0.05	395.0
實例 3	<0.05	11.55

熱穩定性

【0133】 實例 3 及 CE1 的熱穩定性係藉由以下方式來判定：將二重複 10 公克樣本置於乾淨 40 mL Monel 壓力容器中然後封緊。接著將壓力容器置於設定在 100℃之對流烘箱中 24 小時。在老化後，將各樣本與已知重量的超純(18.2 MΩ)水混合，在機械振盪器中高速攪動 15 分鐘，最後進行離心以分離兩相。隨後如先前所述測量水相中之氟離子濃度。接著使用相同方法在 150℃下對其進行另一次實驗。如表 5 所示，實例 3 及 CE1 在 100 及 150℃下所測得之氟離子濃度皆小於 0.5 ppmw，表示這些材料在沒有水的情況下皆提供優異的熱穩定性。

表 5.熱穩定性

樣本	在室溫下之平均 F 濃度(ppmw)	在 24 小時後在 100℃下之平均 F 濃度(ppmw)	在 24 小時後在 150℃下之平均 F 濃度(ppmw)
CE1	<0.05	<0.05	0.05
實例 3	<0.05	<0.05	0.36

使用作為有機朗肯循環之工作流體

【0134】 實例 3 之臨界溫度及壓力（呈現於表 6 中）係使用 Wilson-Jasson 之方法（給出於 Poling, Prausnitz, O’Connell, *The Properties of Gases and Liquids*, 5th ed., McGraw-Hill, 2000）由其分子結構來判定。

【0135】 臨界密度係使用來自以下文獻中之普遍化液體密度關聯來評估：Valderrama, J. O; Abu-Shark, B., *Generalized Correlations for the Calculation of Density of Saturated Liquids and Petroleum Fractions. Fluid Phase Equilib.* **1989**, 51, 87-100。用於關聯之輸入係

所測得的正常沸點、在 25℃ 下之液體密度、及來自以上之估計臨界溫度。

【0136】 理想氣體熱容量係由所測得之液體熱容量來計算，其使用以下文獻中所給出之用於液體比熱的對應狀態方程式：Poling, Prausnitz, O’Connell, *The Properties of Gases and Liquids*, 5th ed., McGraw-Hill, 2000。

【0137】 實例 3 之熱力學性質係使用 Peng-Robinson 狀態方程式(Peng, D.Y., and Robinson, D.B., *Ind. & Eng. Chem. Fund.* 15: 59–64, 1976)來得到。狀態方程式所需之輸入是臨界溫度、臨界密度、臨界壓力、偏心因子、分子量、及理想氣體熱容量。

【0138】 針對 CE1，熱物理性質數據係適配至 Helmholtz 狀態方程式，並且使用以下文獻中所述之泛函形式：Lemmon E.W., McLinden M.O., and Wagner W., *J. Chem.& Eng. Data*, 54: 3141-3180, 2009。

表 6.熱物理性質

	材料	比熱容量 (J/kg-K)	臨界溫度 (℃)	臨界壓力 (kPa)	臨界密度 (kg/m ³)
CE1	C ₄ F ₉ OCH ₃	1183	195	2230	555
實例 3	C ₂ F ₅ SO ₂ C ₂ F ₅	1181	183	2040	434

【0139】 使用基於圖 3 之配置且在 50℃ 與 140℃ 之間操作的朗肯循環來評估實例 3 和 CE1 兩者的性能。該朗肯循環係使用自以下文獻中所述之狀態方程式及一般程序所計算得到的熱力學性質來模擬：

Cengel Y.A. and Boles M.A., *Thermodynamics: An Engineering Approach, 5th Edition*; McGraw Hill, 2006。用於該循環之熱輸入係 1000 kW，並且工作流體泵及膨脹器效率分別採用 60%及 80%。結果係示於表 7 中。計算得到之全氟二乙矽（實例 3）熱效率與 CE1 相當。

表 7.計算得到之朗肯循環性能

	實例 3	CE1
冷凝器溫度[°C]	50.0	50.0
冷凝器壓力[kPa]	62	71
鍋爐溫度[°C]	140	140
鍋爐壓力[kPa]	860.1	829.2
流體流量[kg/s]	5.3	5.0
泵功[kJ/kg]	0.81	0.87
Q，鍋爐[kJ/kg]	188.3	200.3
膨脹器功[kJ/kg]	20.6	23.0
淨功[kJ/kg]	19.8	22.1
淨功[kW]	105.1	110.5
熱效率	0.105	0.110

大鼠中之吸入毒性

【0140】 在 10,000 ppm(v/v)下之單次 4 小時全身暴露後，在公 Sprague Dawley 大鼠中評估實例 3 之吸入毒性潛勢。測試材料（純度 98.84%）係以收到時原樣在適當體積下投予至內有 3 隻大鼠的 40-L 測試腔室。測試材料在添加至腔室時即會汽化。腔室內之空氣會在適當間隔時再生，以維持 18%氧濃度。將三個對照組動物放置在填充有環境空氣的另一個腔室中。將暴露當天指定為第 0 天。在暴露期間及暴露後的 14 天內記錄臨床觀察。在暴露前（第 0 天）、在暴露後第 1

天、第 2 天、及第 14 天記錄受到測試材料處理之動物及對照組動物之體重。在 4 小時暴露期間及整個 14 天研究期間，未有死亡或異常臨床觀察之報告。所有動物的體重皆增加，並且在整個研究期間且在大體剖檢時皆為正常。在相同劑量水準下進行的 3 天吸入重複劑量研究中獲得類似結果。最後，基於此研究之結果，全氟二乙磺（實例 3）之近似吸入 4 小時 LC_{50} 大於 10,000 ppm。

在多元醇-胺催化劑混合物中作為發泡體添加劑之穩定性

【0141】 實例 3（全氟二乙磺）之穩定性係在常用於製造聚胺甲酸酯發泡體之標準多元醇/胺催化劑/發泡體發泡劑混合物中測量。將其穩定性與 CE9 (PF-5060)及 CE10 (FA-188)進行比較，兩者皆可購自 3M Company, St. Paul, MN, US。在室溫下混合所有組分後，藉由測量氟離子含量隨時間之增加來判定穩定性。氟離子含量之增加是氟化發泡添加劑與多元醇/胺催化劑混合物反應而釋放氟離子之程度的一種量度方式。氟離子測量係使用 ThermoScientific ORION DUAL STAR pH/ISE 頻道量表及 VWR 14002-788 F 氟離子專用電極來進行。電極係使用含水 TISAB II (Total Ionic Strength Transfer)緩衝液溶液中之 1、2、10、及 100 ppm 氟離子濃度標準品來校準。

【0142】 多元醇/胺催化劑/發泡劑/發泡體添加劑樣本混合物係藉由混合 ELASTAPOR P 17655R Resin（一種多元醇/胺催化劑摻合物，得自 BASF, Ludwigshafen, Germany）、環戊烷（一種常見發泡劑）、及實例 3、CE9、或 CE10 作為發泡劑添加劑來製備。使用

SARTORIUS A200S 天平，環戊烷/發泡體添加劑混合物係先藉由混合 25.5 克的環戊烷與 2.3 克的發泡體添加劑來製成。接著將含有胺催化劑之 43.1 克的 ELASTAPOR 多元醇轉移至廣口 4 oz 玻璃罐中，然後將 7 g 的環戊烷/發泡體添加劑混合物加入並振盪。

【0143】 在將樣本混合物充分振盪並混合後，取出一個等分試樣，並在時間 0 hr 時判定初始氟離子濃度。分析樣本係藉由將 1 g 的樣本混合物用 1 g 的異丙醇及 0.5 mL 的 1 N 硫酸稀釋於聚丙烯離心管中並充分混合來製備。將樣本進一步用 1 g 的水稀釋然後再次混合。自此混合物中取出 1 mL 等分試樣，然後在新鮮聚丙烯離心管中與 1 mL 的 TISAB II 溶液混合，並且在進行氟離子測量之前充分混合。使用 3 次獨立氟離子測量之平均來判定各樣本之氟離子濃度，此使用上述氟離子專用電極及量表。每 24 小時進行類似測量。在 0 及 48 小時後之結果係歸納於下表 8 中。

表 8.在室溫下老化後，多元醇/胺催化劑/發泡體添加劑/環戊烷樣本混合物中之平均氟離子濃度

	在時間 0 之[F-] (ppm)	在 48 小時之[F-] (ppm)
CE9	0.83	0.71
CE10	1.51	168.42
實例 3	11.74	10.67

【0144】 結果顯示，實例 3 及 CE9 之氟離子含量隨時間過去基本上沒有變化，表示這些發泡體添加劑與多元醇/胺催化劑混合物僅有極少或沒有反應。然而，CE10 會與多元醇/胺催化劑混合物迅速反

應，導致氟離子含量在 48 小時內急劇上升。因此，相較於商用發泡體添加劑 CE10，使用實例 3 作為發泡體添加劑可提供穩定性優點，並且相較於 PFC 發泡體添加劑 CE9 (GWP = 9000, 100 yr ITH) 提供遠為更低的 GWP 及改善的環境永續性。有鑑於報告所指出全氟烷基磺容易遭受親核侵襲，包括與醇及胺之反應（如在 *J. Fluorine Chemistry*, **117**, 2002, pp 13-16 中所述），實例 3 對於多元醇/胺/發泡體發泡劑混合物之相對高穩定性是令人驚訝的。

電池組浸入熱失控保護性能

【0145】 進行下列實驗以評估例示性流體在減輕電池對電池串級崩潰熱失控中之有效性。將兩個 3.5 安培小時石墨/NMC 18650 電池以 2P 配置焊接在一起並充電至 100% SOC。接著，將該等電池中之一者經由釘子刺穿而驅使進入熱失控。在起始事件後，將流體以各種速率施加在兩個電池之間。圖 4 顯示釘子及流體施加點。在流體施加後，監測相鄰電池之溫度以查看是否發生串級崩潰熱失控。在兩個流率（25 ml/min 進行兩分鐘及 50 ml/min 進行一分鐘）下評估兩種不同流體並比較其等之相對有效性。所使用之測試流體係實例 3（全氟二乙磺）及 CE11（NOVEC 649，一種氟化酮，可購自 3M Company, St. Paul, MN, US），先前已揭露其在此應用中具有實用性。

【0146】 針對各流率，相鄰電池中之平均溫度係顯示於圖 5 及圖 6 中。在這兩種流率下，實例 3 展現出比 CE11 更有效的相鄰電池中之溫度降低。圖 7 及圖 8 比較當在兩個流率下使用實例 3 及 CE11 時，

初始及相鄰電池溫度。在流體施加期間降低減少相鄰電池的溫度方面，實例 3 比 CE11 更有效，但一旦不再施加流體，電池溫度會增加至幾乎完全相同的水準。

聚胺甲酸酯發泡體之製備

【0147】 將實例 3（全氟二乙磺，0.5 克）混合至 5.8 g 的環戊烷中而形成澄清溶液。接著將此混合物添加至 39.5 g 的聚醚多元醇樹脂，其在 25 °C 下具有大約 2000 cP 的黏度（可購自 BASF, Ludwigshafen, Germany，商品名稱為 ELASTAPOR），並且使用渦旋混合器混合 30 秒，直到形成不透明乳液。多元醇樹脂含有用於發泡體穩定化之界面活性劑及三級胺催化劑。向此乳液中，添加 54.2 克的聚合 MDI 異氰酸酯樹脂（來自 BASF 的 LUPRANATE 277），其在 25 °C 下具有大約 350 cP 之黏度，同時在 4000 rpm 下混合 15 秒。所得混合物產生自由上升發泡體，其會固化成具有大約 30 kg/m³ 之密度的剛性、封閉孔隙發泡體。比較例(CE12)係使用相同程序來製備，但省略實例 3。

【0148】 以 X 射線微斷層攝影術(microtomography)來分析各發泡體之樣本以判定孔隙之大小。以 2.96 μm 的解析度掃描來自各發泡體樣本之條狀切片。所得孔隙大小分布係繪製於圖 9 中且歸納於表 9 中。使用實例 3 作為添加劑所生產之發泡體顯示較小的孔隙直徑。較小的孔隙大小通常等同於在封閉孔隙發泡體中有較佳絕緣性質。

表 9.發泡體孔隙大小分布

	使用 CE12 製備之 發泡體	使用實例 3 製備之發泡 體
數目平均孔隙直徑(μm)	46.3	43.8
峰值孔隙直徑(μm)	29.6	23.7

【0149】 本揭露中的各種修改與變更對於所屬技術領域中具有通常知識者將為顯而易見且不悖離本揭露之範圍與精神。應理解，本揭露不意欲受到本文所提出之說明性實施例及實例過度地限制，且此等實例及實施例僅係以舉例方式呈現，其中本揭露之範疇僅意欲由本文提出如下之申請專利範圍所限制。所有本發明所引用之參考資料係以參照方式被完整納入。

【符號說明】

【0150】

- 10...外殼
- 15...內部空間
- 15A...下部體積
- 15B...上部體積
- 20...液相
- 20A...液面
- 20B...氣相
- 20C...冷凝物
- 25...產熱組件
- 30...熱交換器

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

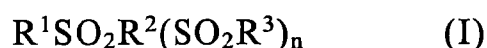
※IPC分類：

【發明名稱】 氟磺

FLUOROSULFONES

【中文】

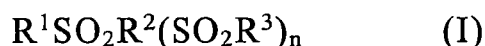
一種可發泡組成物包括一發泡劑、一可發泡聚合物或一其前驅物組成物、及一成核劑。該成核劑包括具有結構式(I)之化合物



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中(catenated)醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

【英文】

A foamable composition includes a blowing agent, a foamable polymer or a precursor composition thereof, and a nucleating agent. The nucleating agent includes a compound having structural formula (I)



where R^1 , R^2 , and R^3 are each independently a fluoroalkyl group having from 1 to 10 carbon atoms that is linear, branched, or cyclic

and optionally contain at least one catenated ether oxygen atom or a trivalent nitrogen atom, and n is 0 or 1.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1

【本代表圖之符號簡單說明】：

10...外殼

15...內部空間

15A...下部體積

15B...上部體積

20...液相

20A...液面

20B...氣相

20C...冷凝物

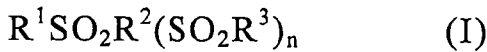
25...產熱組件

30...熱交換器

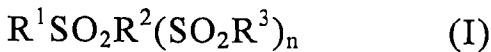
【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

申請專利範圍

1. 一種可發泡組成物，其包含：
一發泡劑；
一可發泡聚合物或一其前驅物組成物；及
一成核劑，其中該成核劑包含具有結構式(I)之化合物



- 其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中(catenated)醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。
2. 如請求項 1 之可發泡組成物，其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 係全氟化的。
 3. 如請求項 1 之可發泡組成物，其中該成核劑與該發泡劑之莫耳比係小於 1:2。
 4. 如請求項 1 之可發泡組成物，其中該發泡劑包含具有約 5 至約 7 個碳原子之脂族烴、具有約 5 至約 7 個碳原子之環脂族烴、烴酯、水、或其組合。
 5. 如請求項 1 之可發泡組成物，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。
 6. 一種以如請求項 1 之可發泡組成物所製成之發泡體。
 7. 一種用於製備聚合性發泡體之程序，其包含：
於至少一種可發泡聚合物或一其前驅物組成物及一成核劑存在下，將至少一種液體或氣體發泡劑汽化或產生至少一種氣體發泡劑，其中該成核劑包含具有結構式(I)之化合物

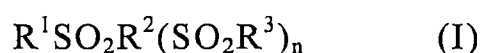


其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1，

並且其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

8. 一種裝置，其包含：

一介電流體，其包含具有結構式(I)之化合物

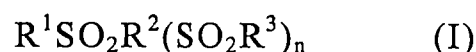


其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1；

其中該裝置係一電裝置。

9. 如請求項 8 之裝置，其中該電氣裝置包含氣體絕緣斷路器、電流中斷設備、一氣體絕緣傳輸線、氣體絕緣變壓器、或一氣體絕緣變電站。
10. 如請求項 8 之裝置，其中該介電流體進一步包含一第二介電流體。
11. 如請求項 10 之裝置，其中該第二介電流體包含一惰性氣體。
12. 如請求項 10 之裝置，其中該第二介電流體包含空氣、氮、一氧化二氮、氧、氦、氬、二氧化碳、七氟異丁腈、2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈、1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-(三氟甲基)丁-2-酮、 SF_6 、或其組合。
13. 如請求項 8 之裝置，其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 係全氟化的。

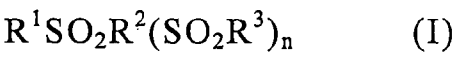
14. 如請求項 8 之裝置，其中， $n=0$ 且 R^1 及 R^2 各獨立係具有 1 至 2 個碳原子之氟烷基。
15. 如請求項 8 之裝置，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。
16. 一種用於在一朗肯循環中將熱能轉換成機械能之設備，其包含：
 - 一工作流體；
 - 一熱源，其用以汽化該工作流體並形成一經汽化之工作流體；
 - 一渦輪機，該經汽化之工作流體通過該渦輪機而將熱能轉換成機械能；
 - 一冷凝器，其用以在該經汽化之工作流體通過該渦輪機後冷卻該經汽化之工作流體；及
 - 一泵，其用以將該工作流體再循環，其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

17. 如請求項 16 之設備，其中以該工作流體之總重量計，該化合物係以至少 25 重量%之量存在於該工作流體中。
18. 如請求項 16 之設備，其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 係全氟化的。
19. 如請求項 16 之設備，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。
20. 一種用於在一朗肯循環中將熱能轉換成機械能之程序，其包含：

以一熱源將一工作流體汽化以形成一經汽化之工作流體；
透過一渦輪機將該經汽化之工作流體膨脹；
使用一冷卻源將該經汽化之工作流體冷卻以形成一經冷凝之工作流體；且
將該經冷凝之工作流體泵送；
其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物

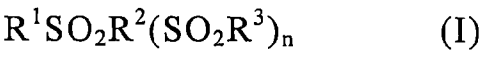


其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1，

並且其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

21. 一種用於回收廢熱之程序，其包含：

將一液體工作流體通過與一產生廢熱程序連通的一熱交換器以產生一經汽化之工作流體；
自該熱交換器移除該經汽化之工作流體；
將該經汽化之工作流體通過一膨脹器，其中該廢熱係轉換成機械能；且
在該經汽化之工作流體已通過該膨脹器後冷卻該經汽化之工作流體；
其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1，

並且其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

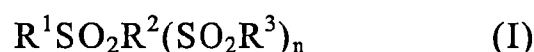
22. 一種浸入冷卻系統，其包含：

一外殼，其具有一內部空間；

一產熱組件，其設置在該內部空間內；及

一工作流體液體，其設置在該內部空間內，使得該產熱組件與該工作流體液體接觸；

其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

23. 如請求項 22 之系統，其中以該工作流體之總重量計，該化合物係以至少 25 重量%之量存在於該工作流體中。

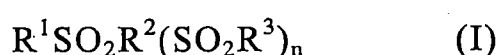
24. 如請求項 22 之系統，其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 係全氟化的。

25. 如請求項 22 之系統，其中該產熱組件包含一電子裝置。

26. 如請求項 22 之系統，其中該電子裝置包含一電腦伺服器。

27. 如請求項 26 之系統，其中該電腦伺服器在大於 3 GHz 之頻率下操作。

28. 如請求項 22 之系統，其中該浸入冷卻系統進一步包含設置在該系統內的一熱交換器，使得在該工作流體液體汽化時，該工作流體蒸氣接觸該熱交換器；
29. 如請求項 22 之系統，其中該浸入冷卻系統包含一兩相浸入冷卻系統。
30. 如請求項 22 之系統，其中該浸入冷卻系統包含一單相浸入冷卻系統。
31. 如請求項 22 之系統，其中該浸入冷卻系統進一步包含一泵，該泵係經配置以將該工作流體移入並移出一熱交換器。
32. 如請求項 22 之系統，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。
33. 一種用於冷卻一產熱組件的方法，該方法包含：
 - 將一產熱組件至少部分地浸入一工作流體中；且
 - 使用該工作流體傳遞來自該產熱組件之熱；
 - 其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



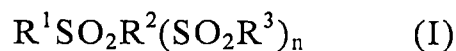
其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1；

並且其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

34. 一種用於一鋰離子電池組套組之熱管理系統，其包含：
 - 一鋰離子電池組套組；及

一工作流體，其與該鋰離子電池組套組熱連通；

其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中(catenated)醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

35. 如請求項 34 之系統，其中以該工作流體之總重量計，該化合物係以至少 25 重量%之量存在於該工作流體中。

36. 如請求項 34 之系統，其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 係全氟化的。

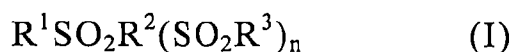
37. 如請求項 34 之系統，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

38. 一種用於一電子裝置之熱管理系統，該系統包含：

一電子裝置，其選自一微處理器、用於製造一半導體裝置之一半導體晶圓、一功率控制半導體、一電化學電池、一配電開關裝置、一功率變壓器、一電路板、一多晶片模組、一封裝或未封裝半導體裝置、一燃料電池、或一雷射；及

一工作流體，其與該電子裝置熱連通；

其中該工作流體包含具有結構式(I)之化合物



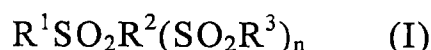
其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1。

39. 如請求項 38 之熱管理系統，其中該裝置係選自一微處理器、用於製造一半導體裝置之一半導體晶圓、一功率控制半導體、一電路板、一多晶片模組、或一封裝或未封裝半導體裝置。
40. 如請求項 38 之熱管理系統，其中該電子裝置係至少部分浸入該工作流體中。
41. 如請求項 38 之熱管理系統，其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。
42. 一種用於製造反應性金屬或反應性金屬合金零件之系統，其包含：

一熔融反應性金屬，其係選自鎂、鋁、鋰、鈣、鋇、及其合金；及

一覆蓋氣體，其設置在該熔融反應性金屬或反應性金屬合金之一表面上或上方；

其中該覆蓋氣體包含具有結構式(I)之化合物



其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 各獨立地係具有 1 至 10 個碳原子之直鏈、支鏈、或環狀氟烷基且可選地含有至少一個鏈中醚氧原子或三價氮原子，並且 n 係 0 或 1，

並且其中該結構式(I)之化合物具有小於 2000 之 GWP (100 年 ITH)。

43. 如請求項 42 之用於製造反應性金屬或反應性金屬合金零件之系統，其中該熔融反應性金屬包含鎂或鎂合金。
44. 如請求項 42 之系統，其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 係全氟化的。

圖式

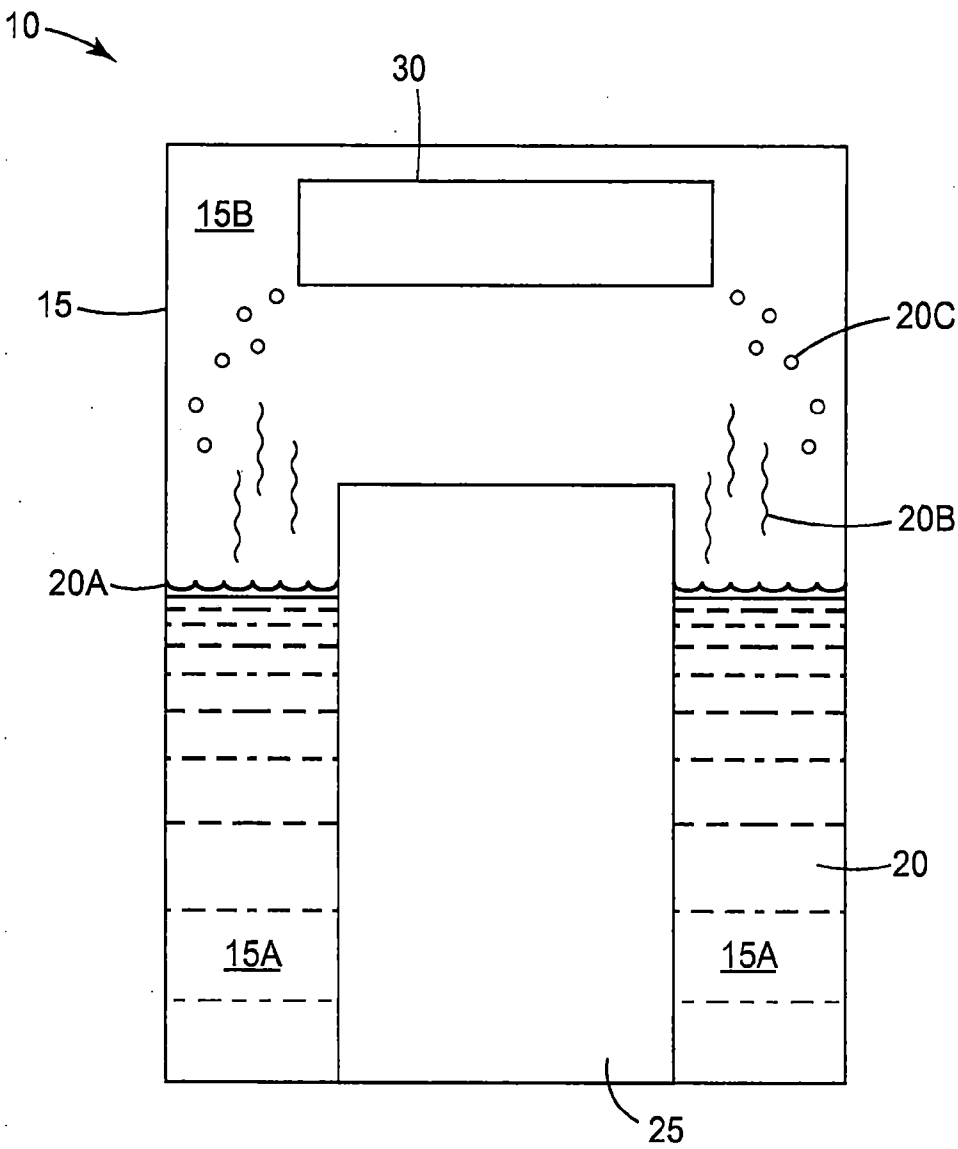


圖1

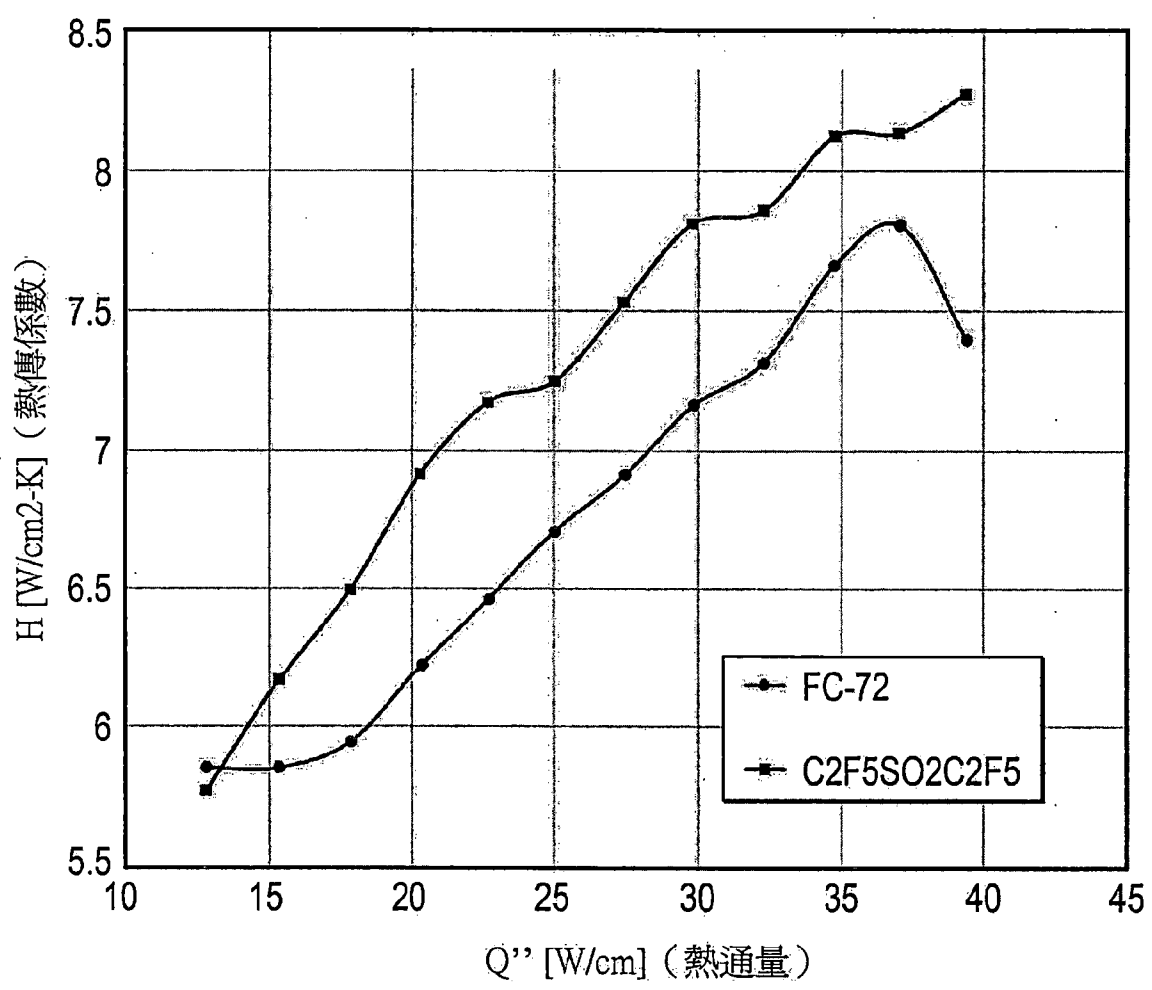


圖2

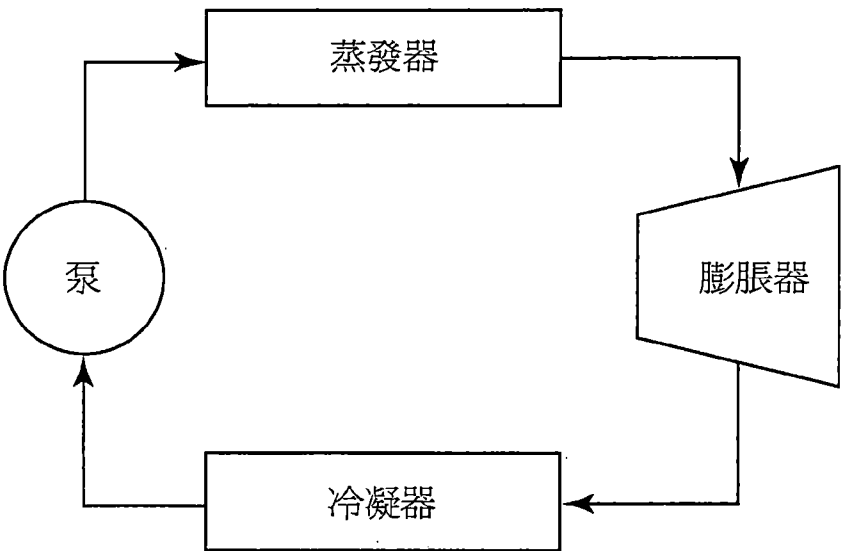


圖3

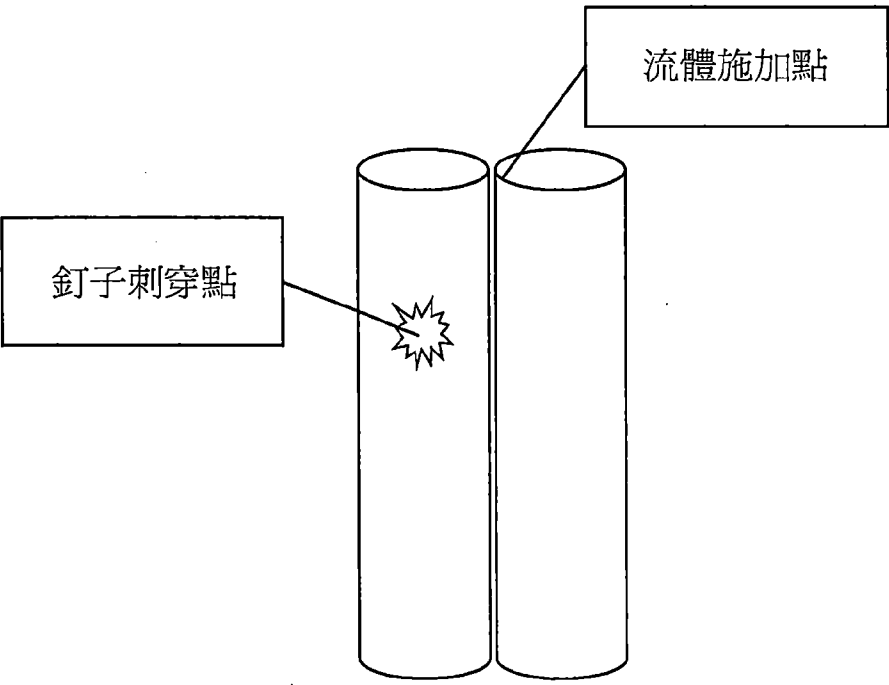


圖4

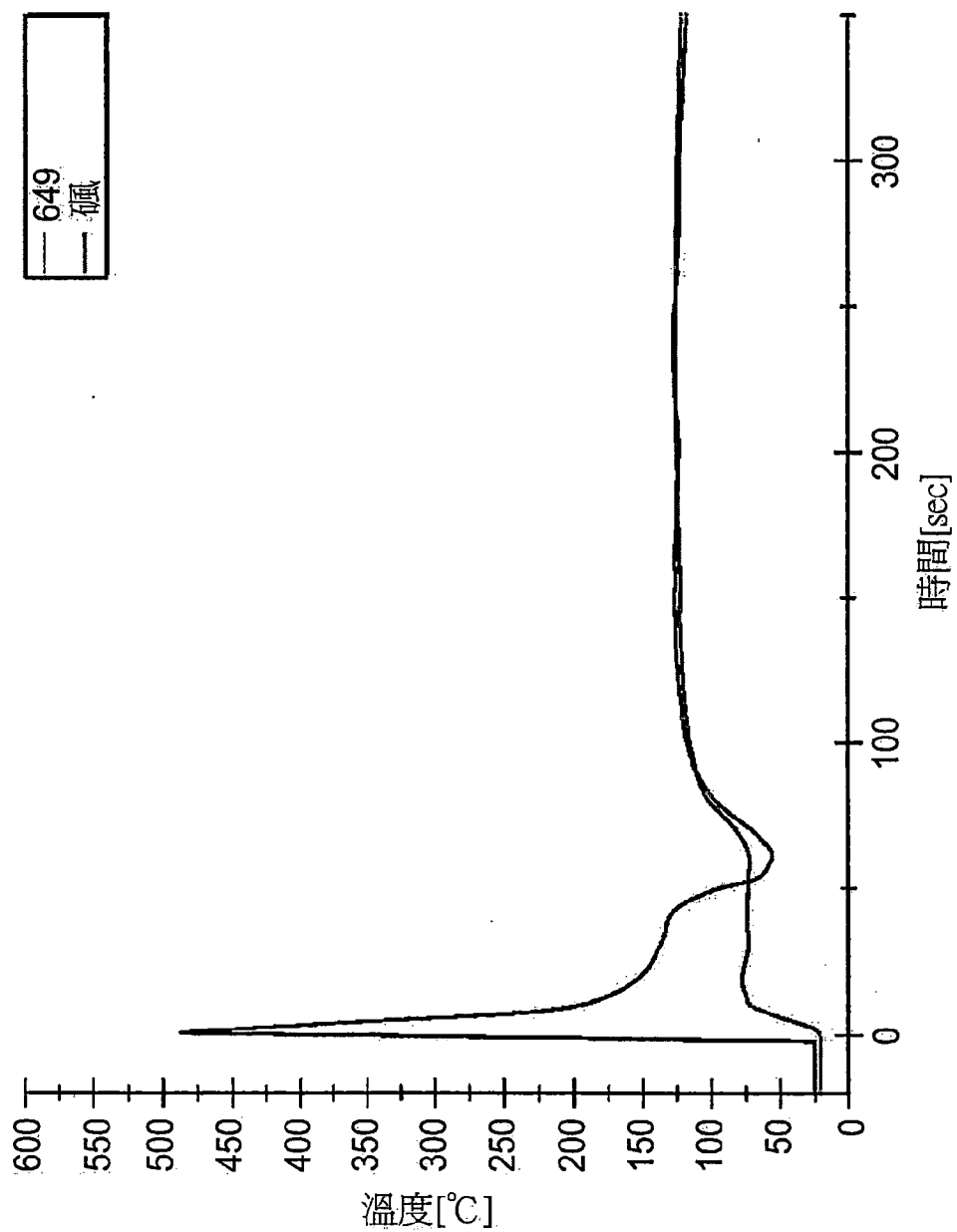
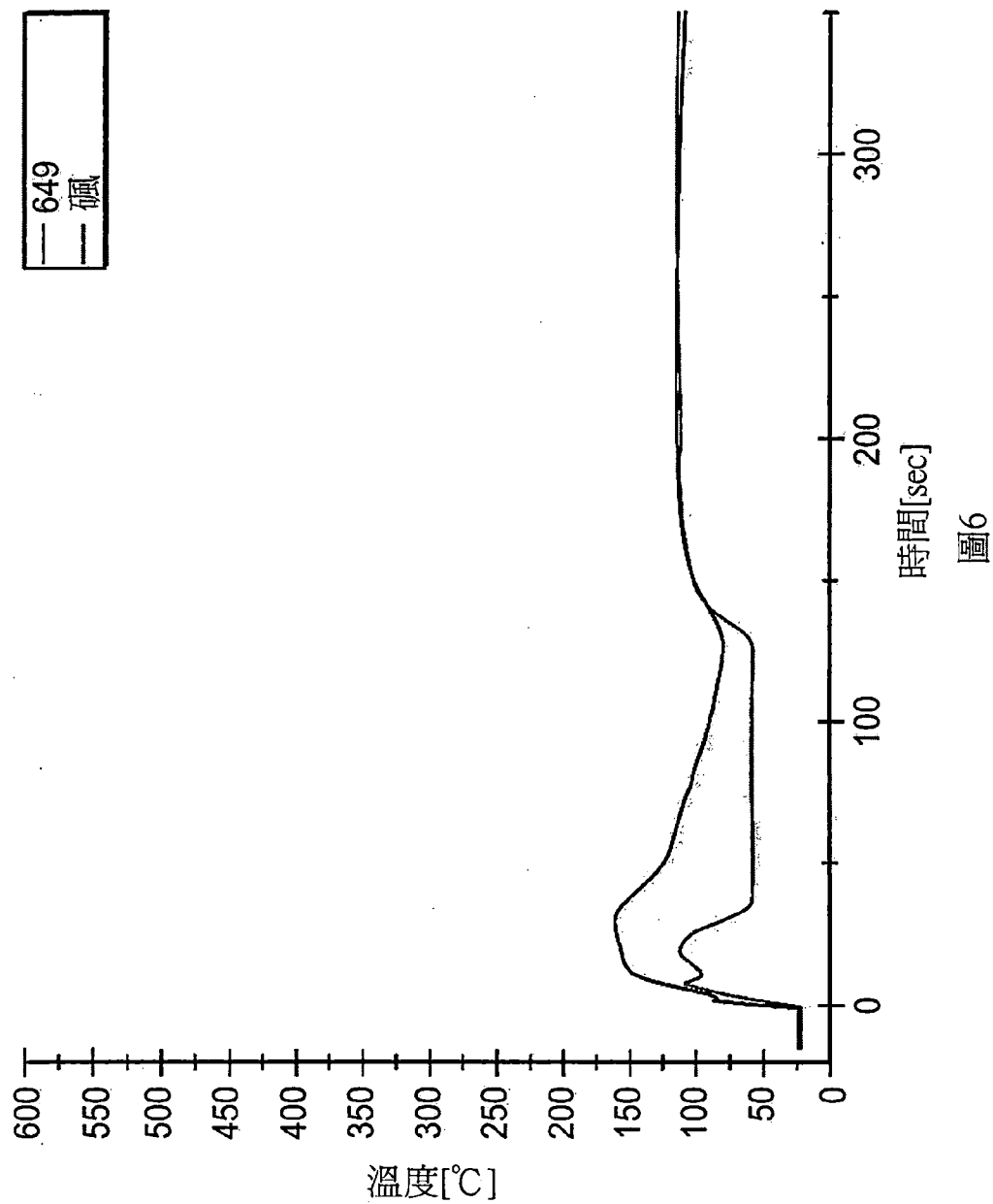
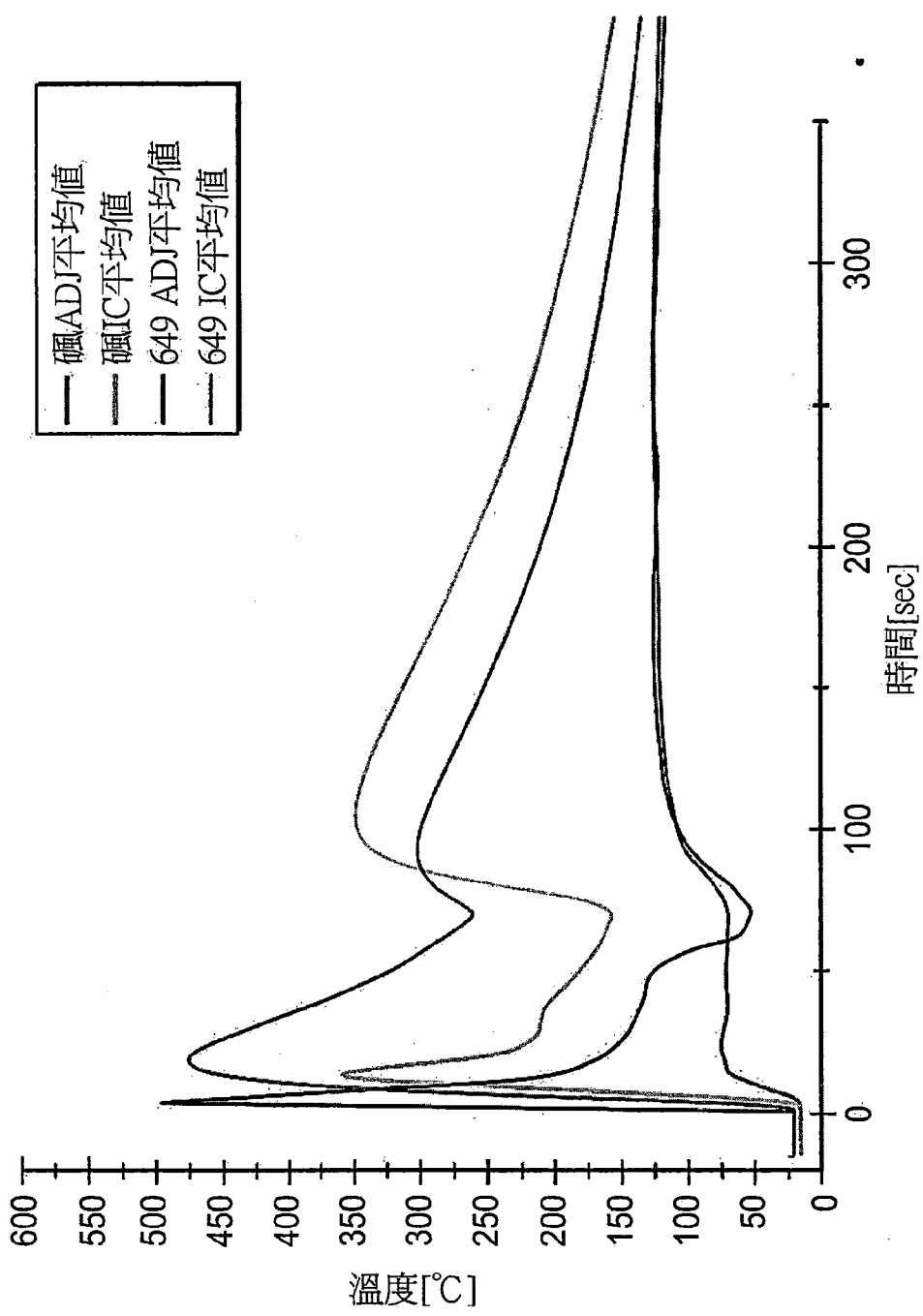


圖5





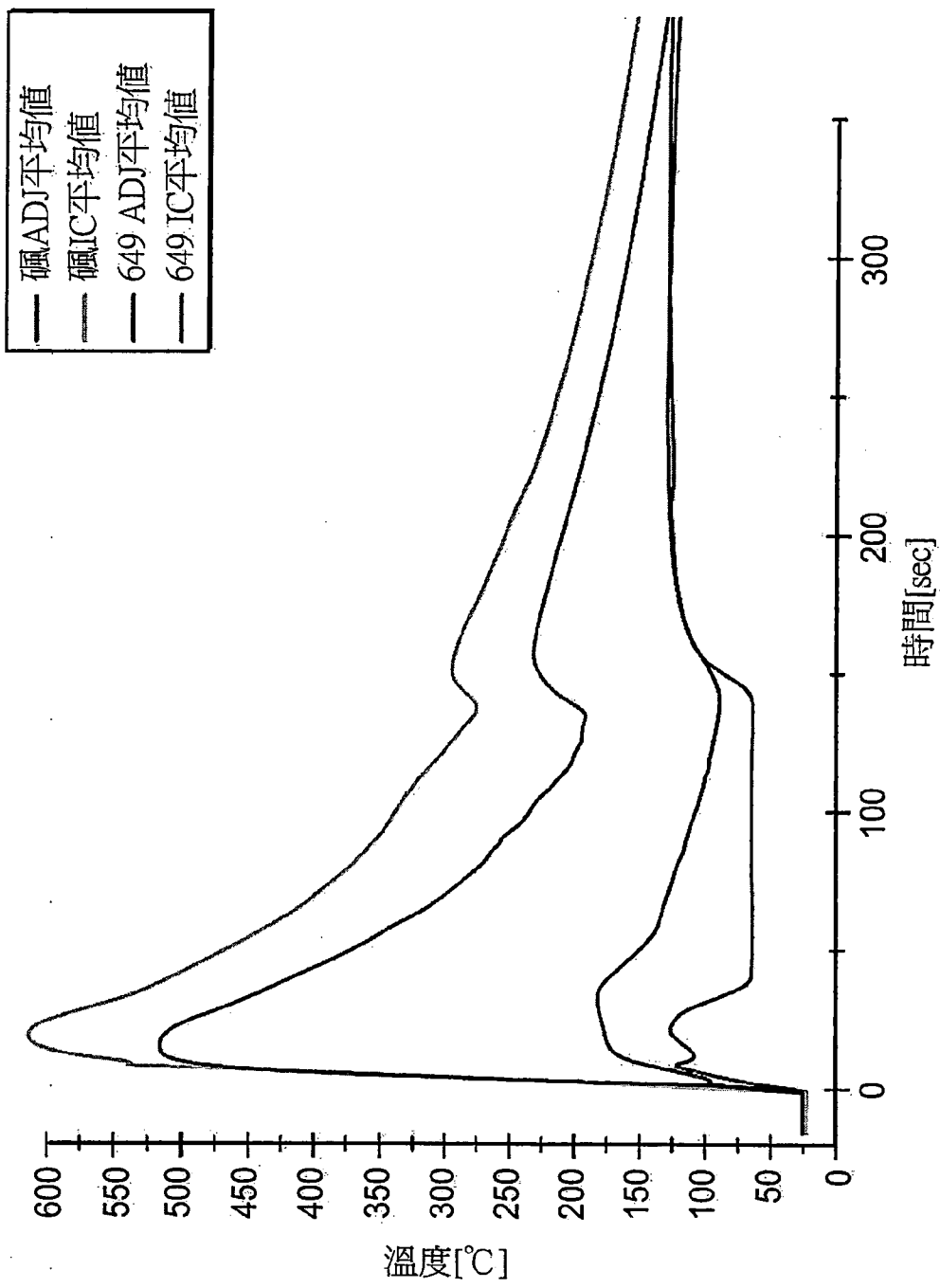


圖8

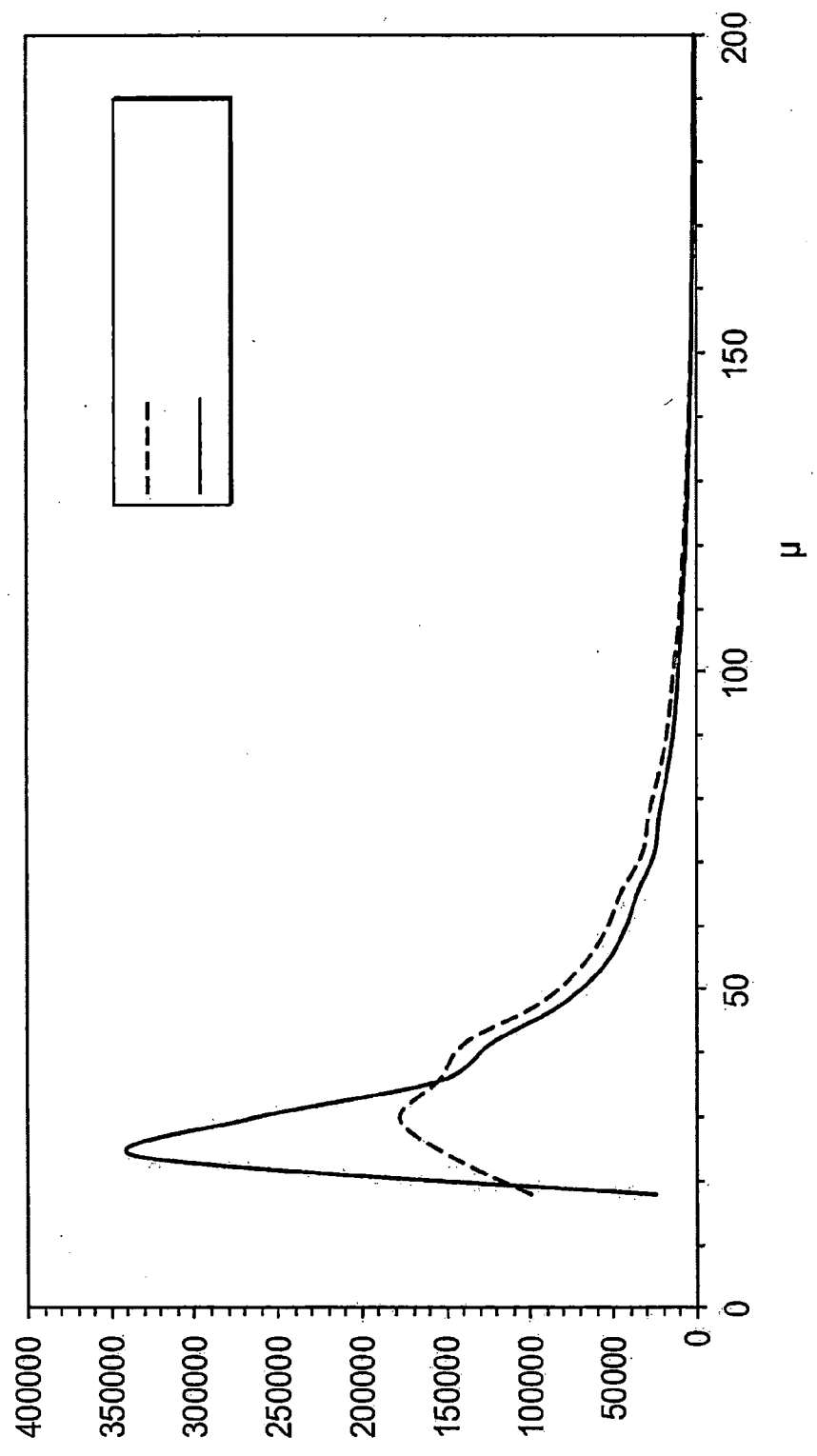


图9