

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：9311343²

※ 申請日期：93.5.12

※IPC 分類：H01M 6/18

一、發明名稱：(中文/英文)

聚亞醯胺基質電解質

POLYIMIDE MATRIX ELECTROLYTE

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商瑟利冠公司

SOLICORE, INC.

代表人：(中文/英文)

葛瑞格 R 尼爾森

NELSON, CRAIG R.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國佛州湖地市州際道 2700 號

2700 INTERSTATE DRIVE, LAKE LAND, FLORIDA 33805, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1. C 葛蘭 溫斯萊
WENSLEY, C. GLEN
2. 史考特 葛斯塔福森
GUSTAFSON, SCOTT

住居所地址：(中文/英文)

1. 美國佛州湖地市夏地丘圓環 5635 號
5635 SUMMERLAND HILLS CIRCLE, LAKELAND, FLORIDA
33813, U.S.A.
2. 美國佛州湖地市桑尼葛蘭道 4105 號
4105 SUNNY GLENN DRIVE, LAKELAND, FLORIDA 33813,
U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

- 1.-2. 均美國 U.S.A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項☐第一款或☐第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2003 年 05 月 13 日；10/437,559

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係一般性關於電解質，更明確關於為聚亞醯胺、鋰鹽及溶劑之均勻混合物的光學透明以聚亞醯胺為主之電解質。

【先前技術】

電池的很多性能參數與所選擇的電解質隔離器以及所選擇電解質與所用陰極和陽極材料之相互作用有關。所有電池均需要電解質在寬範圍溫度和電勢提供高離子電導率及電化學穩定性。離子電導率為電解質的最重要性能之一。高離子電導率一般使電池性能改良。因此，重要研究已集中於開發增加電化學電池所用電解質之離子電導率之方法。

鋰電池中所用的電解質可為液體或聚合物為主之電解質。包含液體電解質之鋰電池在市場上已有多數年。具有液體電解質之鋰離子可再充電池目前為用於如筆記本電腦、可攜式攝像機及蜂巢式電話之應用所製造之塊體。但，具有液體電解質工藝之鋰電池具有數個主要缺陷。此等缺陷與自使用液體電解質之成本和安全及阻塞有關。液體電解質一般需要包裝在可能降低能量密度的剛性密封的金屬"筒"內。此外，出於安全原因，具有液體電解質的鋰離子可再充電池和鋰金屬一次電池經設計，以在某些反常條件存在時自動排氣，如可由內或外部過熱導致的實質性內壓增加。如果在極端壓力下電池不排氣，則由於液Li電池所

用的液體電解質極易燃而可能爆炸。

具有固體聚合物電解質之鋰電池代表具有液體電解質之鋰電池之發展性替代物。固體聚合物電極一般為在聚合物孔隙中捕陷溶劑和鹽以提供用於離子傳導之媒介物之凝膠類型電解質。典型聚合物電解質包括聚氧化乙烯(PEO)、以聚醚為主的聚合物及可作為凝膠構成的其他聚合物，如聚丙烯腈(PAN)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)及聚偏二氟乙烯(PVDF)。聚合物電解質一般作為插入於電池陰極和陽極薄膜間之隔離器。

由於其電解質一般為通常在正常工作條件下不洩露的不揮發物質，所以，具有聚合物電解質之鋰電池本身比具有液體電解質之鋰電池安全。另外，聚合物電解質消除對排氣和包裝壓力控制之需要，此需要通常為操作具有液體電解質之鋰電池所需。因此，聚合物電解質可使用軟外殼，如金屬塑膠層合袋，與液體電解質筒類型Li電池比較，這產生重量和厚度改良。

鋰電池的很多性能參數與電解質選擇和所選擇電解質與所用陰極和陽極材料之相互作用有關。高電解質離子電導率一般產生改良的電池性能。已報告凝膠聚合物電解質之離子電導率在25°C高約 10^{-4} 西門子/釐米(S/cm)。但，對於一些電池應用，聚合物電解質之離子電導率理想達到更高值。此外，亦理想增強聚合物電解質對陽極和陰極材料之電化學穩定性，以改良電池可靠性及儲存與循環性能。

雖然凝膠聚合物電解質就安全和製造性而言代表超過液

體電解質之改良，但仍存在完全問題，因為凝膠聚合物在其孔隙上捕陷溶劑，且在極端條件(例如，加熱和/或壓力)下可能逸出並導致傷害。此外，凝膠聚合物電解質一般不能在寬溫度範圍工作，因為凝膠通常在低溫凝固，且在高溫與其他電池組分反應或熔融。另外，電極不穩定性以及產生不良循環性質(特別對於含金屬鋰之陽極)限制此等用凝膠聚合物電解質形成的電池之可能應用。

現已積極研究替代聚合物材料，以提供超過可得到的聚合物選擇物之改良性能。例如，頒予加斯坦森(Gustafson)等人的美國專利第5,888,672號(第'672號專利)揭示一種聚亞醯胺電解質及自該電解質形成的在室溫及在寬範圍溫度工作之電池。所揭示的聚亞醯胺可溶於多種溶劑，且實質上為無定形。在與鋰鹽混合時，以所產生的聚亞醯胺為主之電解質提供意外高離子電導率。第'672號專利中揭示的電解質完全為光學不透明性，這證明含不同組分之電解質有一些相分離。雖然可用第'672號專利揭示的電解質形成提供改良的工作溫度範圍、易於製造及超過習知凝膠聚合物電解質的改良安全性之聚合物電解質，但，如果能夠改良電解質穩定性及離子電導率將大有幫助。

【發明內容】

本發明之聚合物基質電解質(PME)包括完全相互混合的聚亞醯胺、由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種鋰鹽及至少一種溶劑。由其高水準光學透明度證明，PME一般均勻。在本文中，在將PME稱為"實

質光學透明"時，其指用540奈米光通過標準化1密耳薄膜透射由標準濁度測量檢測，PME為至少90%透明，較佳至少95%，且最佳至少99%。

Li鹽可選自由LiCl、LiBr、LiI、LiBOB、LiClO₄、LiBF₄、LiAsF₆、LiPF₆、LiCF₃SO₃、LiN(CF₃SO₂)₂及雙(三氟磺基)亞胺鎂(LiTFSi)所組成之群組。鎂鹽之濃度可在由聚亞磺胺提供的每莫耳磺亞胺環0.5至2.0莫耳Li之間，或在由聚亞磺胺提供的每莫耳磺亞胺環1.2至2.0莫耳Li之間。

聚亞磺胺之每磺亞胺環之重複單位重量可不大於350、不大於300或不大於250。聚亞磺胺可在25℃溶於至少一種選自由N-甲基吡咯啉酮(NMP)、二甲基乙磺胺(DMAc)及二甲基甲磺胺(DMF)所組成之群組之溶劑。

PME在25℃之離子電導率可為至少 1×10^{-4} 西門子/釐米，較佳至少 3×10^{-4} 西門子/釐米。該PME在約1630和1690釐米⁻¹之間提供至少一個吸收峰，即使鹽或聚亞磺胺在此範圍均不提供任何吸收峰。

形成聚合物基質電解質(PME)之方法包括以下步驟，將聚亞磺胺溶於至少一種溶劑，將由聚亞磺胺提供的每莫耳磺亞胺環至少0.5莫耳鎂濃度之至少一種鎂鹽加入該聚亞磺胺和溶劑，其中該聚亞磺胺、鹽及溶劑變得相互混合。該PME係實質光學透明，這證明其各組分沒有相分離。

【實施方式】

本發明描述一種實質光學透明電解質隔離器基質，該基質包括聚亞磺胺、至少一種鎂鹽和至少一種溶劑。溶劑一

般為低分子量、低黏度液體，該液體在低濃度使聚亞醯胺溶脹，而在足夠高濃度使聚亞醯胺、鹽和溶劑變得相互均勻混合。在本文中，實質光學透明電解質基質被稱為"聚合物基質電解質"或PME。該PME可用於電池、超級電容器及其它應用。

關於電池，PME可用於含鋰離子和鋰金屬之電池。與凝膠聚合物電解質不同，一旦形成PME，一般沒有自由溶劑或可識別的孔隙。例如，利用在50Å解析度之SEM，可鑒定出在PME中沒有孔隙性。相反，溶劑與聚合物和鋰鹽在均勻且實質光學透明的基質中成為整體。此外，與其中聚合物僅提供機械支撐之習知凝膠聚合物不同，包含聚合物、鹽和溶劑之PME均參與離子傳導。

該PME提供高電流運載電容量、循環穩定性，且跨寬溫度範圍保持此性能水平，如至少-40°C至100°C。例如，包含PME之電池經受高溫 and 壓力，且開路電壓和電容量有很小變化，如在信用卡製造所用熱層合製程中所通常使用的條件，或甚至在典型注模製程。

在本文中，"實質光學透明"指用540奈米光通過標準化1密耳薄膜透射由標準濁度測量檢測，材料為至少90%透明，較佳至少95%，且最佳至少99%。根據本發明形成的PMEs之光學透明度數據顯示於實例1中，數據顯示通過1密耳(標準化)薄膜至少99%之光學透射。由於顯著相分離實質降低薄膜之光學透明性，PME的高水準光學透明性證明含各組分(聚合物、鹽及溶劑)之PME之均勻性。

根據本發明之鹽和聚合物間之相互作用產生通常高光學透明薄膜。加入溶劑一般不改變薄膜之光學透明性。在鹽濃度增加時，將達到鹽開始形成分離相的點。在彼點，PME薄膜開始損失其透明性。

PME一般以一或多種聚亞醯胺為主，與其他以聚合物為主之電解質不同，該聚亞醯胺通過存在醯亞胺環和其他極性基團參與離子傳導。包含具有能夠與鋰鹽複合且參與離子傳導之官能基之高極性基團之其他聚合物類型包括聚苯并咪唑和聚醯胺-醯亞胺。因此，此等聚合物類型亦可包括用於形成PME之種類。

聚亞醯胺為二胺和二酐間進行縮合反應以初始形成聚(醯胺酸)中間體之反應產物。二胺和二酐反應劑之一或二者可為二胺和二酐種類之混合物。然後使聚醯胺酸中間體轉化成完全醯亞胺化的聚亞醯胺。

生成的所得聚亞醯胺之性能依賴特定二胺和二酐單體之選擇。一般已知聚亞醯胺提供高熱穩定性，化學耐性和高玻璃態化溫度，如200°C至大於400°C。

本發明已鑒定與第'672號專利中揭示者不同的聚亞醯胺，且發現將溶劑加入一些此等不同聚亞醯胺可導致PME生成。在本文中鑒定的一些聚亞醯胺提供代表性新合成聚合物。與第'672號專利中揭示的聚合物不同，本文中揭示的聚合物在與適合濃度鹽及溶劑混合時形成實質均勻基質物質(PME)。均勻性由提供的高水準光學透明性證明。相反，由亦顯示各組分相分離之不透明度證明，在第'672號專利中

揭示的電解質為不均勻混合物。

本發明者已由定性關聯某些聚合物參數與離子電導率鑒定及合成用於形成PMEs之經改良聚亞醯胺。咸信醯亞胺環密度可解釋在用鋰鹽填充時聚亞醯胺薄膜為何甚至在無溶劑存在下顯示有效離子電導率。每醯亞胺環之重複單位重量為醯亞胺環密度的一種測量，且由各聚亞醯胺之全部重複單位之分子量除以各重複單位內的醯亞胺環數計算。

因為由環提供的高電子密度，醯亞胺環可提供對材料之高介電常數當量。因此，可以相信，醯亞胺環和鋰離子間之相互作用為決定PME離子電導率的一個因素。因此，一般可由首先計算所給聚亞醯胺中每分子重複單位之醯亞胺環數(及較少程度其他高極性基團，如磺、羰基及氰化物)進一步考慮選擇用作PMEs的經改良聚亞醯胺。每單位重量顯示的醯亞胺環官能越多，聚合物之平均介電強度當量越高。咸信較高當量介電強度一般產生改良的鹽相互作用，該作用可改良PME之離子電導率。

或者，可計算粗略與醯亞胺環密度(稱為每醯亞胺環之重複單位重量)成倒數的量，亦同樣比較聚亞醯胺中醯亞胺環之相對濃度。在每醯亞胺環之重複重量降低時，醯亞胺環對重複單位作為整體變成漸大貢獻者。因此，在每醯亞胺環之重複重量降低時，聚亞醯胺之當量介電常數及離子電導率通常增加。

提供高氫滲透性之聚亞醯胺一般可產生較高離子電導率並因此形成較佳PMEs。在25℃，已發現根據本發明之大多

數聚亞醯胺之測量He滲透性為至少20伯列(barrer)。He滲透性可至少為25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75或80伯列或更多。

氮滲透性可用以下建議方式檢測。氣體組分通過具有厚度(l)和面積(A)之特定薄膜之氣體滲透性(GP)可由跨薄膜施加等於氣體組分之上流壓力減去下流壓力之壓力(p)並測量在STP通過薄膜滲透的所得氣流之穩態速率(f)而測定。

$$GP=(fl)/(Ap)$$

GP之較佳單位為(釐米²)(秒⁻¹)(釐米Hg)，其中1伯列係定義為GP乘以10¹⁰。

可以相信，PME之最大離子電導率一般在聚亞醯胺/鹽/溶劑組合產生完全均勻、透明基質時出現。可預料任何相分離均減少離子電導率值，因為相分離使PME內的曲折性增加。

PME在特定溫度的最大電解質電導率一般在聚亞醯胺/鹽/溶劑基質具有在規定範圍內之比時出現。最佳鹽濃度一般在聚亞醯胺的每莫耳醯亞胺環0.5至2.0莫耳Li之範圍內。太少鹽一般無法提供足夠促進電荷轉移之數量的離子。太多鹽一般導致相不穩定性，且可能沈澱聚亞醯胺，並導致均勻性損失，這可由光學透明性損失證明。

可以相信，溶劑對聚合物擔當溶脹劑角色，以略微移開主鏈，並因此使離子擴散係數更大。溶劑亦作為離子的溶劑化載劑。一般選擇溶劑，以同樣在所選擇的電池類型限度內穩定。例如，對於鋰離子類型電池，溶劑必須穩定到

鋰金屬之還原電勢。溶劑之量可依賴在一些所需溫度的所需電導率或基質之軟化點最佳化。溶劑可選自包含 γ -丁內酯 (GPL)、碳酸伸丙酯、N-甲基吡咯啉酮(NMP)、四氫噻吩-1,1-二氧(TMS)、聚碳酸酯(PC)及二甲基甲醯胺(DMF)之溶劑之群組。

圖 1(a)-(m)顯示根據本發明一具體實施例之數種聚亞醯胺之重複單位結構。稱為聚亞醯胺 A 的聚合物之重複單位顯示於圖 1(a)中。該聚亞醯胺可藉由使 PMDA[89-32-7]與 TMMDA[4037-98-7]反應而生成。該高分子量聚合物可溶於 NMP 有限數個小時，因此不能產生含鋰鹽之電解質。

稱為聚亞醯胺 B 的聚合物之重複單位顯示於圖 1(b)中。該聚亞醯胺可藉由使 90 莫耳 % PMDA[89-32-7]、10 莫耳 % 6FDA[1107-00-2]二酐與二胺 TMMDA[4037-98-7]反應而生成。所生成的聚合物以 20 重量 % 無限期溶於 NMP。

稱為聚亞醯胺 C 的聚合物之重複單位顯示於圖 1(c)中。該聚亞醯胺可藉由使 85.7 莫耳 % PMDA[89-32-7]、14.3 莫耳 % 6FDA[1107-00-2]與 TMMDA[4037-98-7]反應而生成。所生成的聚合物以 20 重量 % 無限期溶於 NMP。

稱為聚亞醯胺 D 的聚合物之重複單位顯示於圖 1(d)中。該聚亞醯胺可藉由使 80 莫耳 % PMDA[89-32-7]、20 莫耳 % PSDA[2540-99-0]與 TMMDA[4037-98-7]反應而生成。所生成的聚合物以 20 重量 % 無限期溶於 NMP。

稱為聚亞醯胺 E 的聚合物之重複單位顯示於圖 1(e)中。該聚亞醯胺可藉由使 BPDA[2421-38-5]和 3,6-二胺基四甲苯

[3102-87-2]反應而生成。所生成的聚合物以20重量%無限期溶於NMP。

稱為聚亞醯胺F的聚合物之重複單位顯示於圖1(f)中。該聚亞醯胺可藉由使6FDA[1107-00-2]與3,6-二胺基四甲苯[3102-87-2]反應而生成。所生成的聚合物以20重量%無限期溶於NMP，且亦溶於丙酮、GBL、DMAc及DMF。

稱為聚亞醯胺G的聚合物之重複單位顯示於圖1(g)中。該聚亞醯胺可藉由使PSDA[2540-99-0]與TMMDA[4037-98-7]反應而生成。所生成的聚合物以20重量%無限期溶於NMP，且溶於GBL。

稱為聚亞醯胺H的聚合物之重複單位顯示於圖1(h)中。該聚亞醯胺可藉由使6FDA[1107-00-2]與TMMDA[4037-98-7]反應而生成。所生成的聚合物以20重量%無限期溶於NMP，且溶於丙酮、GBL、DMAc及DMF。

稱為聚亞醯胺I的聚合物之重複單位顯示於圖1(i)中。該聚亞醯胺可藉由使BPDA[2421-28-5]和4,4'-(9-亞芴基)雙苯胺[15499-84-0]反應而生成。所生成的聚合物以20重量%無限期溶於NMP。

稱為聚亞醯胺J的聚合物之重複單位顯示於圖1(j)中。該聚亞醯胺可藉由使PMDA[89-32-7]、33.3莫耳% TMPDA[22657-64-3]及66.7莫耳% TMMDA[4037-98-7]反應而生成。所生成的聚合物以20重量%無限期溶於NMP。

稱為聚亞醯胺K的聚合物之重複單位顯示於圖1(k)中。該聚亞醯胺可藉由使PMDA[89-32-7]及DAMs[3102-70-3]反

應而生成。所生成的聚合物僅短時間溶於NMP。

稱為聚亞醯胺L的聚合物之重複單位顯示於圖1(l)中。該聚亞醯胺可藉由使PMDA[89-32-7]及4-異丙基-間-苯二胺[14235-45-1]反應而生成。所生成的聚合物以20重量%無限期溶於NMP。

稱為聚亞醯胺M的聚合物之重複單位顯示於圖1(m)中。該聚亞醯胺可藉由使PMDA[89-32-7]、33.3莫耳% DAMs [3102-70-2]及66.7莫耳% TMMDA[4037-98-7]反應而生成。所生成的聚合物以20重量%無限期溶於NMP。

圖1所示典型結構以外的聚亞醯胺結構可為形成PME基質所用的優良選擇物。優良PI應顯示的性能可為第一標準，如在NMP(或其他適合溶劑)中至少20重量%之溶解度以及每醯亞胺環之低重複單位重量。但，在與可應用於電池應用的高濃度鋰鹽混合時，PI自身之溶解度或溶液穩定性不容易預測。

在溶液中的性質一般不能由簡單查看聚合物重複單位結構確定。但，可自查看是否聚合物可能為結晶性或在固相是否具有高或低相對密度之結構確定。由於最可能為易溶，聚亞醯胺較佳為非晶、低密度重複結構。但，單側基團自甲基改變到乙基可導致PI性質自有用改變到無用。對於電池應用所用選擇性聚亞醯胺的建議有意義篩選步驟為，假定已知聚亞醯胺在溶劑自身中具有優良溶解度，然後嘗試以每醯亞胺環0.5莫耳Li或更多引入鋰鹽，並查看是否(i)所得PI/鹽/溶劑溶液透明且均勻數小時及(ii)自彼溶液

鑄造之薄膜在大部分(例如, 95%)溶劑已蒸發時保持實質透明。

提供高相對局部電子密度(例如, 可與相鄰於聚亞醯胺中醯亞胺環之電子密度比較)及由多鍵共軛分離電荷之電勢的聚亞醯胺以外之聚合物可生成聚合物/鹽複合物, 且顯示以所生成複合物為基礎的特徵吸收峰, 但要以它們可溶為條件。因此, 可用吸收光譜(如FTIR)鑒定顯示複合物生成根據的用作PME的此等可溶非聚亞醯胺聚合物。

PME包括至少一種鋰鹽。高PME離子電導率一般用高鹽含量與一些溶劑取得, 如聚亞醯胺聚合物的每莫耳醯亞胺環約0.5至2.0莫耳。但, 鋰鹽濃度可為聚亞醯胺之每莫耳醯亞胺環0.6、0.7、0.8、0.9、1.0、1.1、1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、1.7、1.8、1.9、2.0、2.1、2.2、2.3、2.4或2.5莫耳。

在本文中亦將鹽濃度描述為鹽之重量對不包含鹽的聚合物(例如, 聚亞醯胺)之重量之比。例如, 1x濃度對應於等量鹽及聚合物。而2x鹽濃度對應於與聚合物濃度比較2倍鹽濃度。鋰鹽一般可為技藝上已知的任何鋰鹽。鋰鹽較佳選自LiCl、LiBr、LiI、LiClO₄、Li(BF)₄、Li(PF₆)、Li(AsF₆)、Li(CH₃CO₂)、Li(CF₃SO₃)、Li(CF₃SO₂)₂N、Li(CF₃SO₂)₃、Li(CF₃CO₂)、Li(BC₆H₅)₄、Li(SCN)和Li(NO₃)、雙(三氟磺醯基)亞胺鋰(LiTFSi)、LiBOB及LiSCN。鹽較佳為Li(PF₆)或LiTFSi。

圖2為顯示根據本發明一具體實施例之以聚亞醯胺為主PME在20.5°C之離子電導率及對應薄膜組合物之表, 該PME

包括圖 1(m)中所示的聚亞醯胺、LiTFSi鹽(2.2x)及溶劑GBL。用複合物阻抗分析儀自所測阻抗計算PME薄膜之室溫離子電導率值。在1 MHz至0.1 Hz之頻率範圍用阻抗分析儀進行測量。用Nyquist標繪圖之真軸或由對真軸外推回應曲線之高頻部分取得薄膜之電阻值R作為截距。亦可在10 kHz固定頻率在LCR計進行檢測，在此，電阻值係直接讀取。離子電導率用以下公式計算：

$$C(\text{西門子/釐米})=t/R \times 10^{-4}$$

其中t為薄膜厚度(微米)，且R為所測薄膜電阻(歐姆)。

如圖2所示，對於所試驗的PMEs，在20.5℃的最大離子電導率對1x鹽濃度為約 1×10^{-4} 西門子/釐米，而對2.2x濃度為 4×10^{-4} 西門子/釐米，在此，PEM薄膜包括37.9% GBL。圖2中所示的下表部分顯示對1.0、1.4、1.8和2.2x鹽濃度提供 1×10^{-4} 西門子/釐米之電導率所需的最低溶劑含量。

圖2中的溶劑範圍表示為溶劑/PI比，且自約1走向約2。對於特定應用，較低值被設定為離子電導率最低值，如 1.0×10^{-4} 西門子/釐米。經發現，最大電導率依賴鹽濃度在1.5至2.0之溶劑/PI之間出現。

較上溶劑/PI限度接近2由PME之機械性能控制。在高溶劑/PI比，PME薄膜變得很軟，且可能不在延長的溫度範圍作為隔離器用於電池。應用於鋰金屬電池，作為實際情況，應選擇溶劑以對鋰金屬、高沸(>150℃)適度穩定、能夠溶解所選擇的鹽且使PI溶脹，且其最終應具有對鹽/溶劑自身組合及對PME促進高電導率之低黏度。

為使各PI、鹽、溶劑濃度最佳化，以下描述建議步驟。在第一步驟，選擇可溶於適當溶劑(如NMP或GBL)之PI種類。除圖1(k)中所示的聚亞醯胺外，圖1中所示的其餘所有聚亞醯胺可溶於NMP。在第二步驟，選擇所需鋰鹽及初始濃度，如由所選擇PI提供的每醯亞胺環給予1個鋰離子之質量比。然後可使溶劑濃度自約0.8改變到2.0之溶劑/PI比，同時對其間的數個溶劑/PI資料點測量離子電導率。這可在更高和更低鹽濃度重複。一般有給予類似離子電導率的數個PI/鹽/溶劑質量組合(如，在2之因數內)。

圖3(a)-(d)為一種PME之離子電導率對各溶劑TMS、PC、GBL和NMP作為溶劑填充量及溫度之函數之標繪圖，該PME包括圖1(m)中所示的聚亞醯胺和鋰鹽LiTFSi(2.2x)。此等曲線一般未顯示清晰電導率最大值，因為鹽含量為2.2x，因此，提供最大離子電導率所需的溶劑之量大且一般不切實際。

圖4為一種PME在20°C之離子電導率作為溶劑/聚亞醯胺比之函數之標繪圖，該PME包括圖1(m)中所示的聚亞醯胺和鋰鹽(LiTFSi; 2.2x)，其中溶劑為GBL。離子電導率似乎因溶劑對聚亞醯胺比達約1.5之GBL/聚亞醯胺比而增加，其中離子電導率在約 7×10^{-4} 西門子/釐米之數值變平。

可以相信，以聚亞醯胺為主的PME之離子電導率與聚亞醯胺與鹼鹽(特別為Li鹽)締合之程度相關。此締合可能與聚亞醯胺之極性基團(例如，醯亞胺和苯)和鹽間生成複合物相關。此締合之根據可由檢測與鹽混合時聚合物顯示的吸收

頻率且將此資料與聚亞醯胺和鹽自身顯示的吸收頻率比較來發現。

對於聚亞醯胺，咸信特徵吸收頻率與包含聚亞醯胺主鏈的醯亞胺環和苯環相關。此等吸收峰對於醯亞胺環在約 1778 cm^{-1} 和 1721 cm^{-1} ，而對苯環在 730 cm^{-1} 。普通Li鹽(包括 LiPF_6 、 LiBOB 、 LiI 及 LiTFSi)在此等頻率未顯示吸收，在約 1630 和 1690 cm^{-1} 之間亦未顯示任何吸收峰。但，在強烈與Li鹽締合的某些聚亞醯胺與彼等鹽混合時，所得聚亞醯胺/鹽薄膜顯示出現很強雙線，第一峰在約 1672 cm^{-1} ，而第二峰在約 1640 cm^{-1} 。

第一吸收頻率在有效濃度鹽處於聚亞醯胺薄膜時存在，如至少33重量%，但未隨鹽濃度增加顯著改變。因此，可用此峰表明相互作用，但要以存在足夠鹽濃度為條件。第二峰之量級接近與Li離子濃度對醯亞胺環之比成比例，並可用於接近聚亞醯胺和鹽間之相互作用程度。

圖5(a)為無Li鹽或任何溶劑加入的典型聚亞醯胺之FTIR資料，該聚亞醯胺顯示於圖1(c)中。與醯亞胺環相關的吸收峰顯示於約 1778 cm^{-1} 和 1721 cm^{-1} ，且對苯環顯示於 730 cm^{-1} 。該聚亞醯胺在約 1630 和 1690 cm^{-1} 之間未顯示任何可測吸收峰。

普通Li鹽(包括 LiPF_6 、 LiBOB 、 LiI 及 LiTFSi)在 1630 和 1690 cm^{-1} 之間未顯示吸收。圖5(b)顯示 LiBOB 之FTIR，證明在約 1630 和 1690 cm^{-1} 之間不存在紅外吸收。

圖5(c)顯示與 LiBOB 組合的圖1(c)所示的聚亞醯胺之

FTIR數據。所得聚亞醯胺電解質顯示很強雙線，第一峰在約 1672 cm^{-1} ，而第二峰在 1640 cm^{-1} 。

因此，自根據本發明之典型PMEs取得的FTIR檢測提供鋰鹽與聚亞醯胺之醯亞胺環形成複合物之證明。這可能為聚亞醯胺/鋰鹽組合為何在乾燥薄膜中無明顯結構或結晶性的主要原因之一。缺乏結晶性可由平DSC示蹤顯示。在PME薄膜為光學透明時(無論為自由直立薄膜或作為經塗覆薄膜)，亦發現此證明為鋰鹽和聚亞醯胺間之相互作用。

PME可用於多種應用。可用本發明形成自鋰離子或鋰金屬陽極形成的一次和可再充電池。PME亦可用於超級電容器及其它應用。

聚亞醯胺一般藉由使一或多種二胺和一或多種二酐單體在分步縮合反應中反應製備。較佳二胺和二酐顯示於圖6中。

已發現單體反應劑之純度很重要。已知芳族二胺對空氣敏感。因此，純化方法通常包括除去部分經氧化的二胺物質。純化後，芳族二胺一般變白。但，絕對純二胺難以獲得，且通常沒有必要。已發現自醇和水之混合物使二胺再結晶有效而且足夠。收集的結晶較佳在真空下乾燥，因為結晶所用的水在室溫可能不容易除去。

二酐亦較佳經純化，並可用至少兩種方法純化。較佳純化方法為自乙酸酐再結晶。乙酸酐使反應性酐環閉合。但，除去所產生的乙酸有時困難。以醚或MTBE清洗可用於除去殘餘乙酸。二酐結晶一般需要在真空烘箱中乾燥。一種選

擇性方法為用無水乙醇快速清洗結晶，以除去打開的酐環，然後在真空烘箱中快速乾燥經清洗的粉末。如果引入的純度為至少約96%，則此方法服務於純化BPDA。

縮合反應進行到聚(醯胺酸)階段。1莫耳二胺與約1.005至1.01當量二酐反應。通常較佳使用過量二酐，以保證二酐反應劑決定反應產物之端基，二酐過量保證聚合物鏈用已知使聚合物產物之穩定性最大化的酐端基終止。此外，此過量抵消可能與酐基團反應的微量水。

溶液較佳在NMP溶劑中總共為約15至20重量%。通常首先使二胺較佳在氮氣下溶解，唯並非所有二胺皆必要。然後加入二酐。大規模反應較佳分批加入二酐，因為有一些反應熱，且需要使溫度保持低於40℃。例如，50克的小規模反應可同時一次加入全部二酐，但其限制條件為有極佳初始混合。

二酐通常比二胺溶解慢得多。對於小規模反應，進行反應的最佳和最簡單方式為使用具有聚四氟乙烯封閉蓋之圓柱形罐。可將罐在開始手搖，然後放在慢速滾動攪拌機上，以使罐流暢旋轉。反應最佳在室溫於2或12小時期間進行。一旦初始反應完成，如由實質不變溶液顏色和黏度證明，溶液即可用於醯亞胺環閉合。

自聚(醯胺酸)生成聚亞醯胺之化學反應可用每醯亞胺環1.1當量乙酸酐和1當量吡啶作為環閉合催化劑進行。可加入吡啶，且搖滾較佳繼續到混合。乙酸酐可使部分醯胺酸聚合物沈澱。

應在加熱前使聚合物再溶解。需要小心將罐加熱到大於80°C但小於90°C。最佳使用烘箱，且偶爾移出罐振搖。加熱在充分加熱進行60分鐘或進行到顏色完全改變。將罐放在滾動攪拌機，以在旋轉時冷卻。一旦溶液返回到室溫，即得到溶於NMP的完全鹽亞胺化聚合物。但，溶液通常亦具有一些殘餘吡啶、乙酸，並可包括一些乙酸酐。可預料該溶液在合理時間期間穩定。

自小規模反應收集產物之較佳方法為使聚合物沈澱入甲醇。這除去溶劑填充及未反應的微量單體。其亦可與所觀察的黏度結合用於評估聚合之品質。優良高分子量聚亞鹽胺係於幾乎或完全無濁度下清潔地沈入甲醇。黏度應很高(例如，8000至10,000厘泊)。

較佳清洗經沈澱的聚合物二或更多次，直到吡啶的氣味輕微。然後可使聚合物在櫥中空氣乾燥數小時，隨後在125°C真空烘箱中乾燥過夜。甲醇之體積較佳為每100克聚合物約1加侖(gallon)。

在較大規模，可用水除去溶劑或微量物質。但，預料水用於此目的比甲醇低效。如果水與大量聚合物使用，較佳在乾燥前加入具有甲醇之最終浸泡液。

實例

本發明進一步由以下具體實例說明。所提供實例僅用於說明，而不作為以任何方式限制本發明範圍或內容解釋。

實例1：與根據本發明之典型PMEs比較之市售聚亞鹽胺/鹽/溶劑之光學透明度檢測

本實例目的為證明自與鋰鹽具有強相互作用之聚亞醯胺形成的PME之均勻性質，如由高水準可見光光學透射率顯示。PME薄膜自圖1(b)、(c)和(m)所示的聚亞醯胺產生，而產生Matrimid 5218p/鹽/溶劑用於比較。使以PMEs和Matrimid為主的薄膜由NMP澆鑄於透明聚對酞酸乙二醇酯支撐薄膜上，並在120℃真空烘箱中乾燥3小時。殘餘溶劑含量約為4重量%。所有PME組合物及Matrimid調配物為32%聚亞醯胺、64% LiTFSi鹽，餘者為少量溶劑。所用檢測用540奈米光在室溫進行。

聚亞醯胺類型	薄膜厚度 (密耳)	吸收度	1密耳薄膜之透射%
Matrimid 5218	0.70	1.903	0.2%
圖1(b) PI	1.68	0.005	99.3%
圖1(c) PI	0.66	0.000	100%
圖1(m) PI	0.87	0.000	100%

如上表所示，當鋰鹽濃度為64%時，Matrimid聚亞醯胺未形成透明均勻組合物。另外，甚至在實質較低鹽濃度，Matrimid聚亞醯胺仍未形成透明均勻組合物，如在由聚亞醯胺提供的每醯亞胺環0.5莫耳鋰鹽之濃度。包含由聚亞醯胺提供的每醯亞胺環0.5莫耳(或更少)鋰鹽濃度之鋰鹽之聚亞醯胺一般缺乏為用於電化學電池之有用電解質隔離器之足夠最低限度離子電導率。

雖然以上僅提供圖1(b)、(c)和(m)所示聚亞醯胺之數據，但圖1((a)至(m))中所示的所有聚亞醯胺均已顯示形成具有如以上對聚亞醯胺(b)、(c)和(m)所示光學性能之均勻透明薄膜。該PME性能為最大薄膜穩定性及離子電導率所需。

實例 2

拍攝掃描電子顯微鏡(SEM)顯微像，以評估根據本發明之PME之形態。圖7顯示PME的兩張(2)SEM顯微像，各圖像證明實質無缺陷及無孔性薄膜。所示的PME薄膜之厚度均為約75微米。

雖然已說明及描述本發明之較佳具體實施例，但應明確，本發明不受此限制。熟諳此藝者可進行很多修改、變化、變更及替代，而不應脫離申請專利範圍中所述的本發明之主旨和範圍。總之，本發明之具體實施例1提供一種聚合物基質電解質(PME)，其包括完全相互混合的聚亞醯胺、由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種鋰鹽及至少一種溶劑，該PME係實質光學透明。

第二具體實施例為具體實施例1之PME，其中該PME在540奈米提供通過1密耳PME薄膜至少95%光學透明度。第三具體實施例為具體實施例1之PME，其中該電解質在540奈米提供通過1密耳PME薄膜至少99%光學透明度。第四具體實施例為具體實施例1之PME，其中該Li鹽係選自由LiCl、LiBr、LiI、LiBOB、LiClO₄、LiBF₄、LiAsF₆、LiPF₆、LiCF₃SO₃、LiN(CF₃SO₂)₂及雙(三氟磺基)亞胺鋰(LiTFSi)所組成之群組。第五具體實施例為具體實施例1之PME，其中聚亞醯胺之每醯亞胺環之重複單位重量不大於350。第六具體實施例為具體實施例1之PME，其中聚亞醯胺之每醯亞胺環之重複單位重量不大於300。第七具體實施例為具體實施例1之PME，其中聚亞醯胺之每醯亞胺環之重複單位重量不大於

圖 1(a)-(m)顯示根據本發明一具體實施例之數種適用聚亞醯胺之重複單位結構。

圖 2 為顯示根據本發明一具體實施例之 PME 在 20.5°C 之離子電導率及所得薄膜組合物之表格，PME 包括圖 1(m) 中所示的聚亞醯胺、LiTFSi 鹽 (2.2x) 及溶劑 γ -丁內酯 (GBL)。

圖 3(a)-(d) 為一種 PME 之離子電導率對各溶劑 TMS、PC、GBL 和 NMP 作為溶劑填充量及溫度之函數之標繪圖，該 PME 包括圖 1(m) 中所示的聚亞醯胺和鋰鹽 LiTFSi (2.2x)。

圖 4 為一種 PME 在 20°C 之離子電導率作為溶劑/聚亞醯胺比之函數之標繪圖，該 PME 包括圖 1(m) 中所示的聚亞醯胺和鋰鹽 (LiTFSi; 2.2x)，其中溶劑為 GBL。

圖 5(a) 為無 Li 鹽或任何溶劑加入的典型聚亞醯胺之 FTIR 資料。

圖 5(b) 為典型 Li 鹽之 FTIR 資料。

圖 5(c) 為其 FTIR 資料顯示於圖 5(a) 的混合典型聚亞醯胺及其 FTIR 資料顯示於圖 5(b) 的典型 Li 鹽之 FTIR 資料，這證明在約 1630 cm^{-1} 和 1690 cm^{-1} 之間出現雙線吸收峰。

圖 6 為包括能夠用於製造本文所提出聚亞醯胺之二酐及芳族二胺之表。

圖 7 為證明無缺陷 PME 之 SEM。

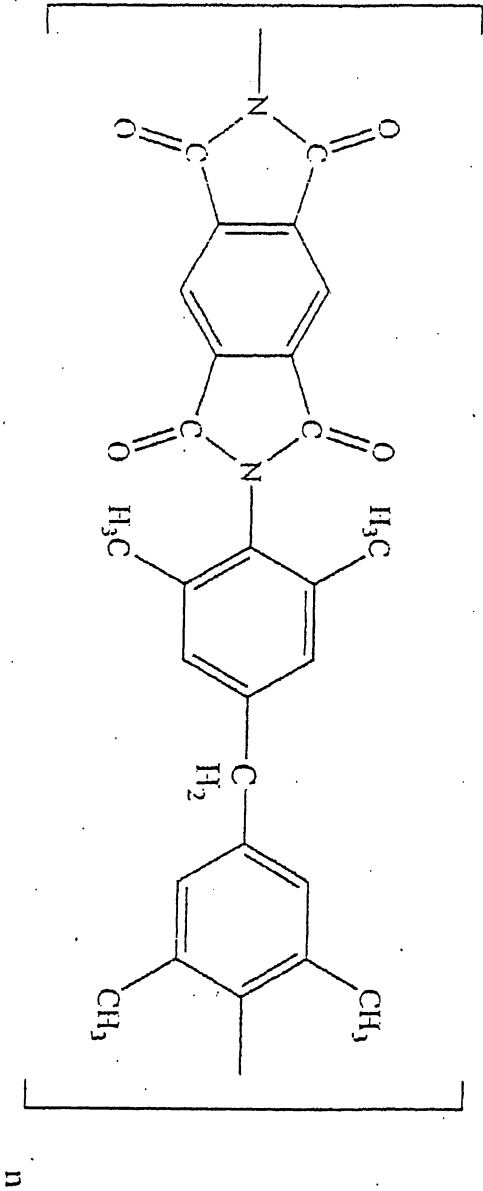
五、中文發明摘要：

本發明之聚合物基質電解質(PME)包括相互混合的聚亞醯胺、至少一種鹽及至少一種溶劑。由其高水準光學透明度證明，PME一般均勻。該PME穩定通過苛刻溫度和壓力條件。形成PME之方法包括以下步驟，將聚亞醯胺溶於至少一種溶劑，將至少一種鹽加入該聚亞醯胺和溶劑，其中該聚亞醯胺、鹽及溶劑變得相互混合成PME，該PME係實質光學透明。

六、英文發明摘要：

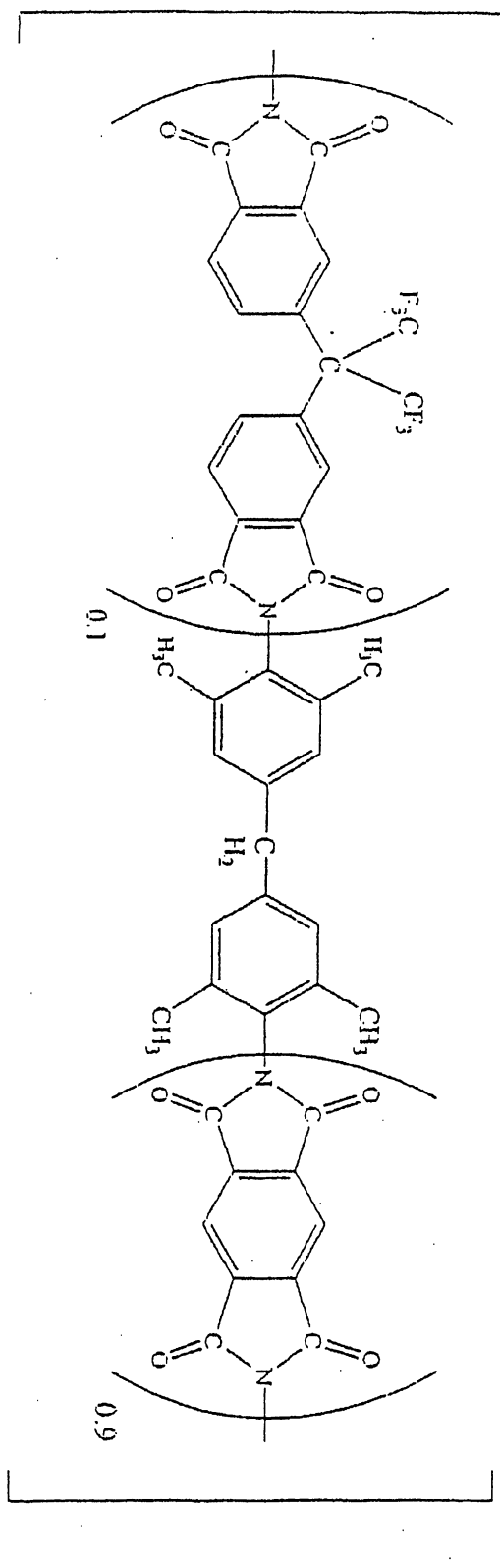
A polymer matrix electrolyte (PME) includes a polyimide, at least one salt and at least one solvent intermixed. The PME is generally homogeneous as evidenced by its high level of optically clarity. The PME is stable through harsh temperature and pressure conditions. A method of forming a PME includes the steps of dissolving a polyimide in at least one solvent, adding at least one salt to the polyimide and the solvent, wherein said polyimide, salt and solvent become intermixed to form the PME, the PME being substantially optically clear.

十一、圖式：



聚 (PMDA+TMMDA) 亞 醯 胺

圖 1(a)

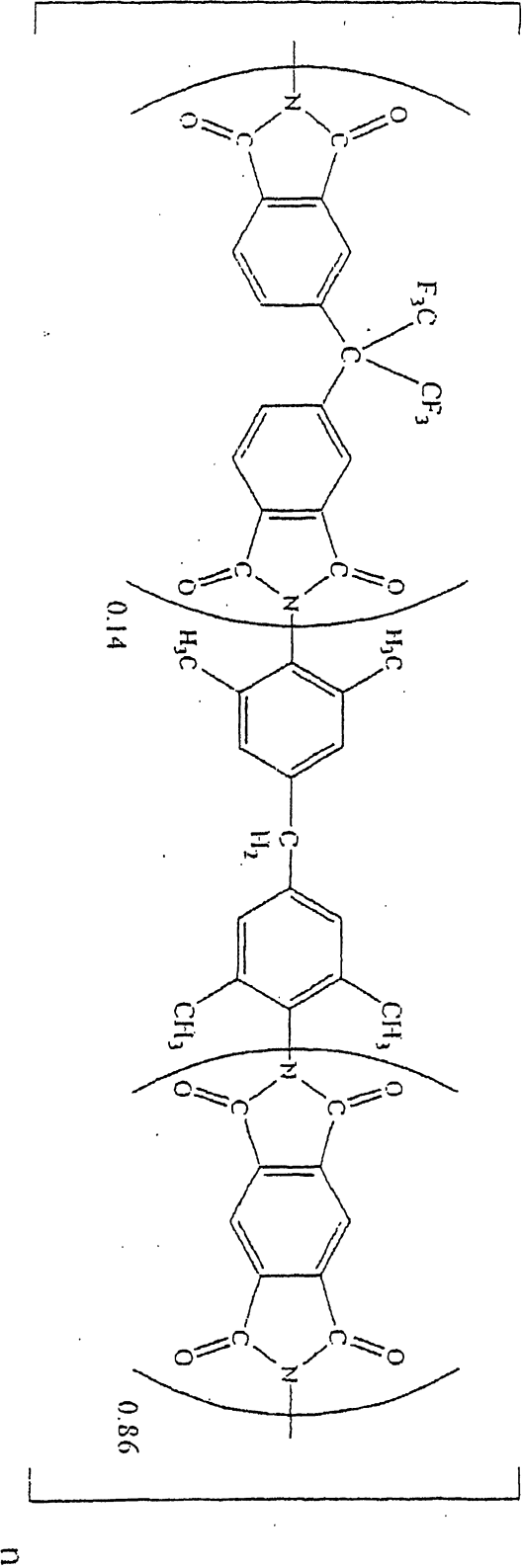


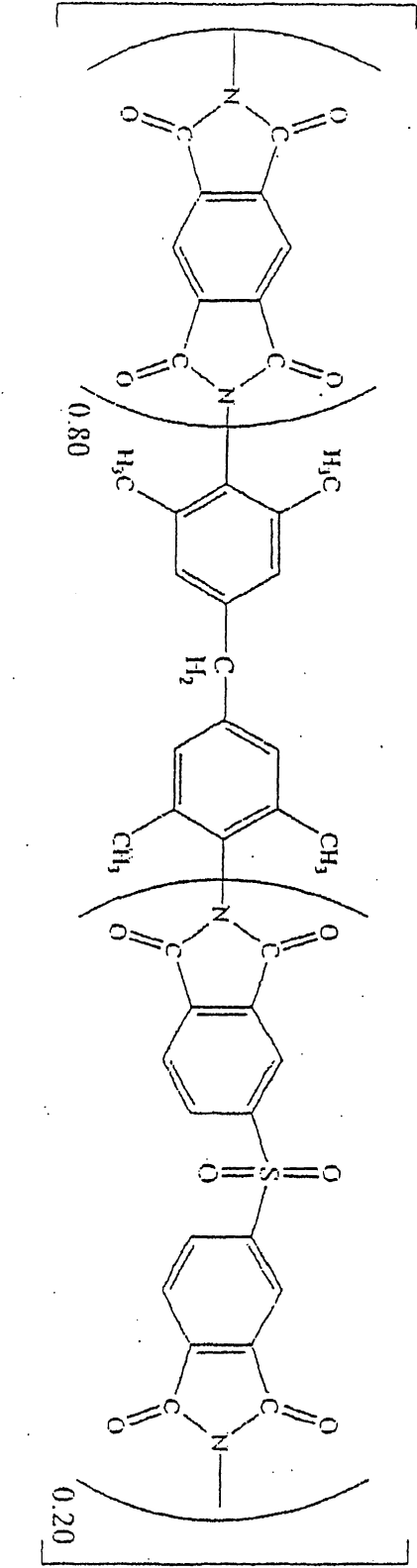
聚(PMDA/6FDA+TMMDA)亞醯胺

圖 1(b)

聚(PMDA/6FDA+TMMDA)亞鹽胺

圖 1(c)

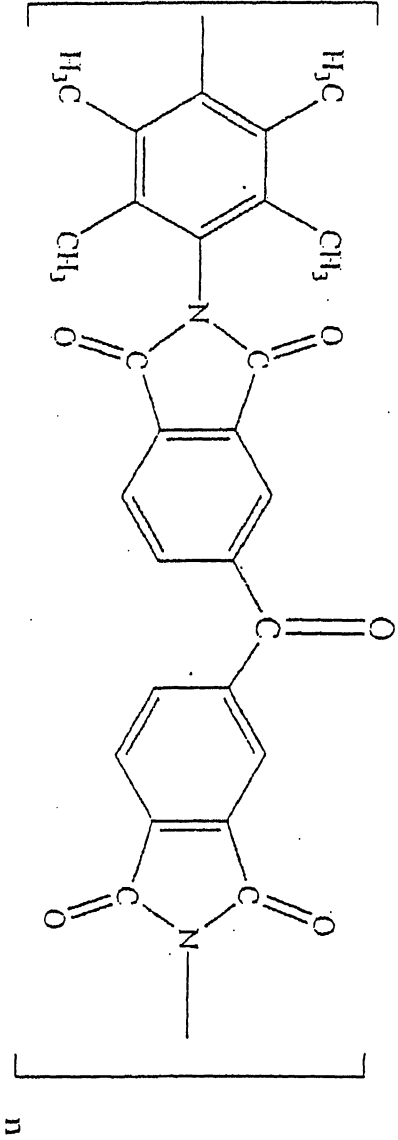




11

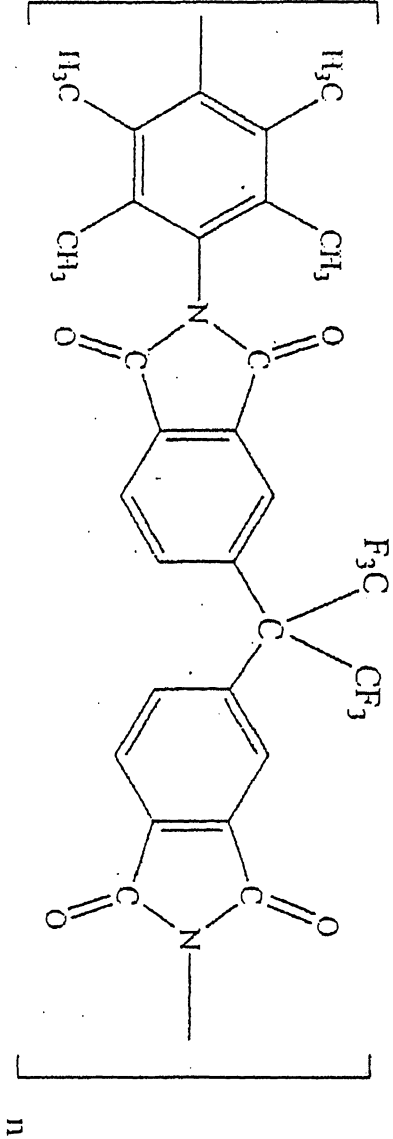
聚 (PMDA/PSDA+TMMDA) 亞 醯 胺

圖 1(d)



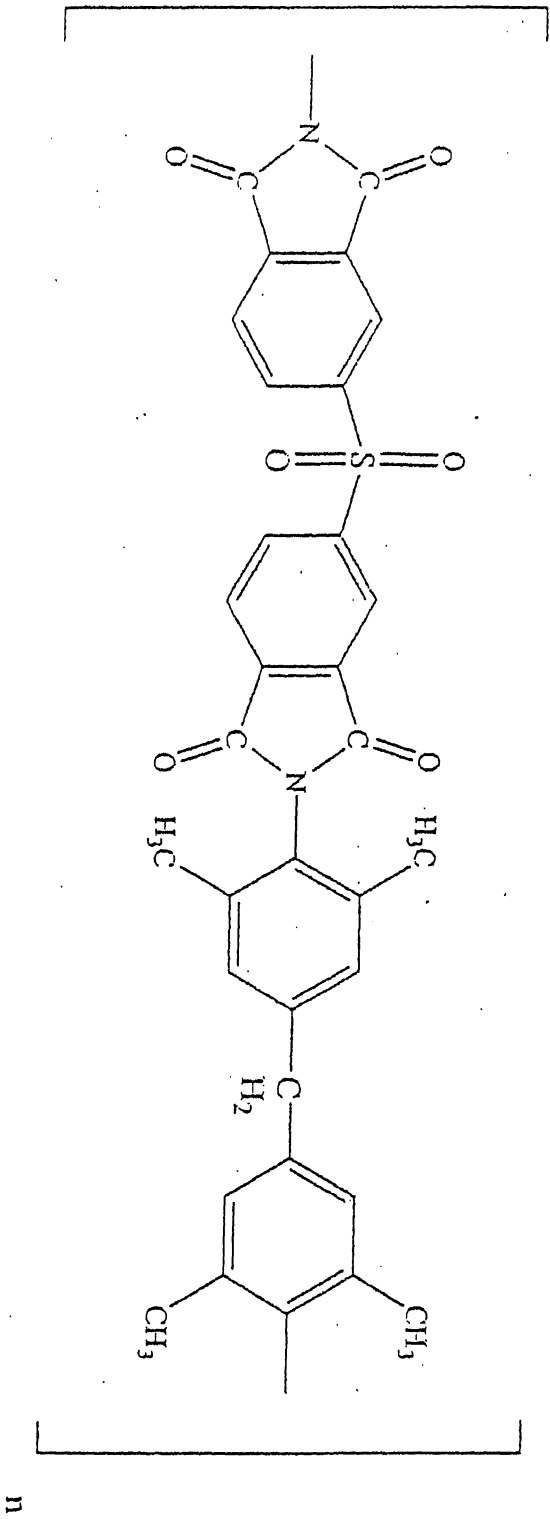
聚(BPDA+四甲基苯)亞醯胺

圖 1(e)



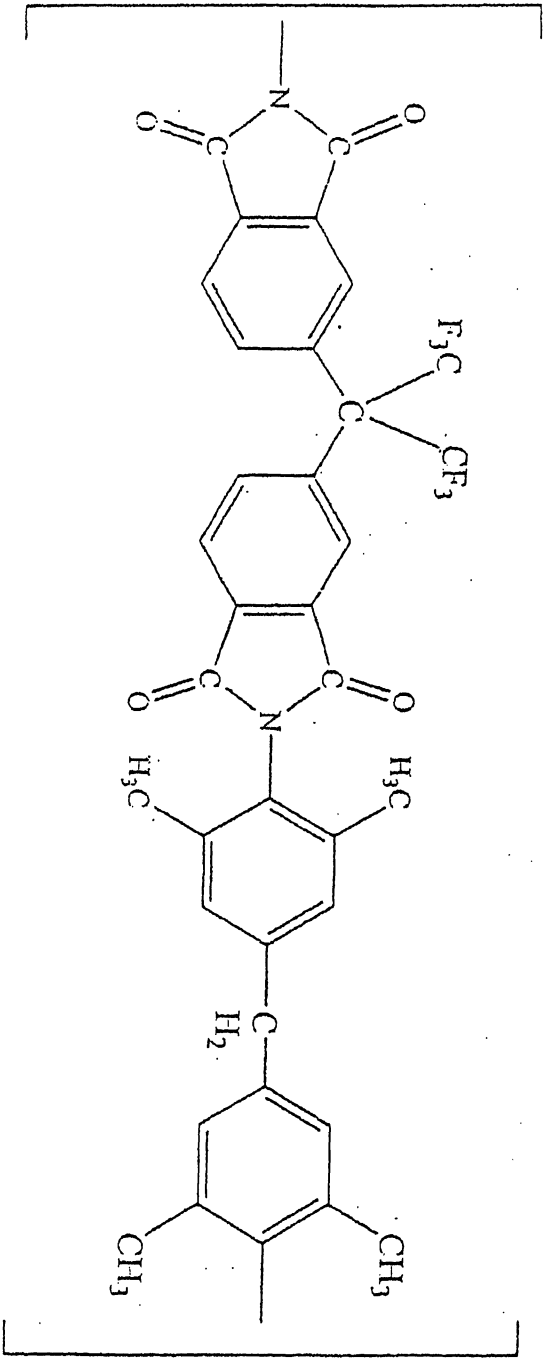
聚(6FDA+四甲基苯)亞醯胺

圖 1(f)



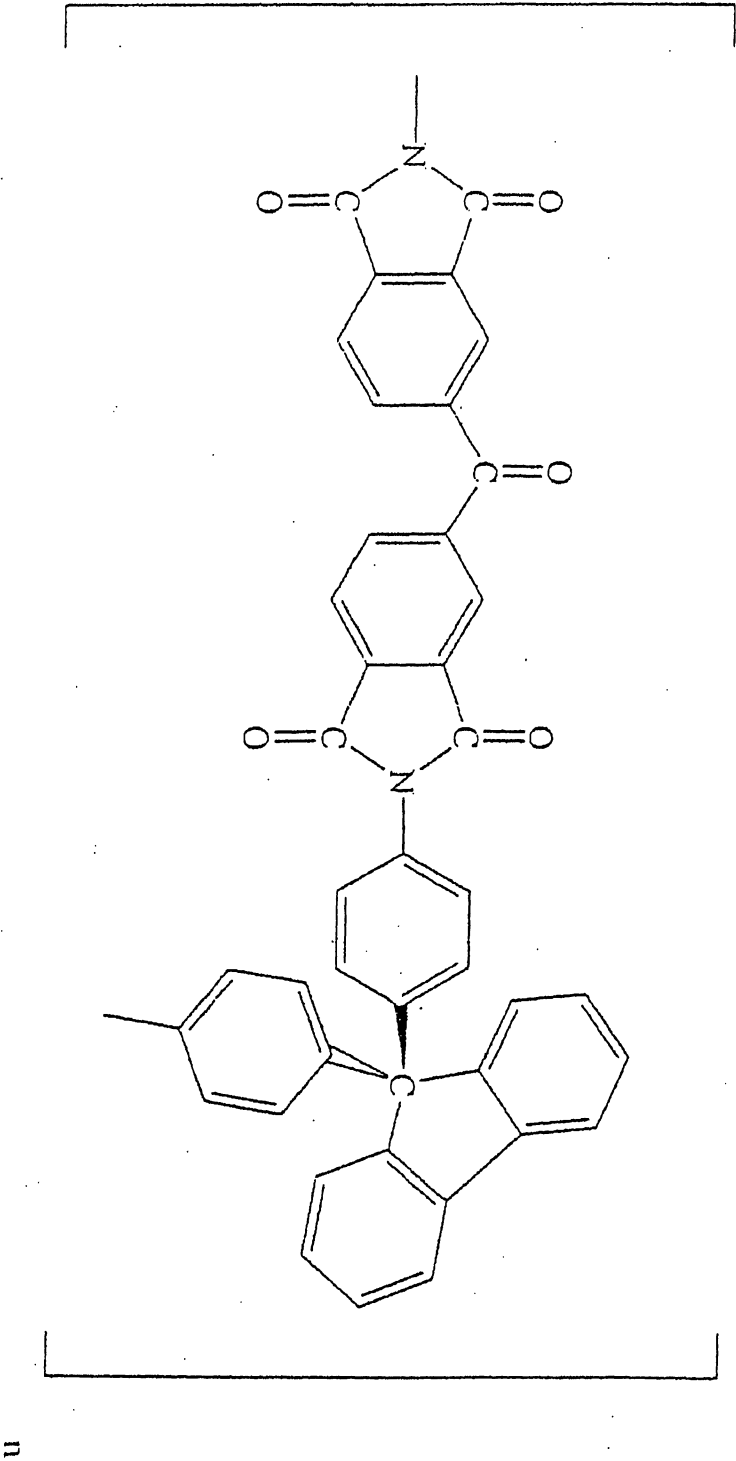
聚 (PSDA+TMMDA) 亞 醯 胺

圖 1(g)



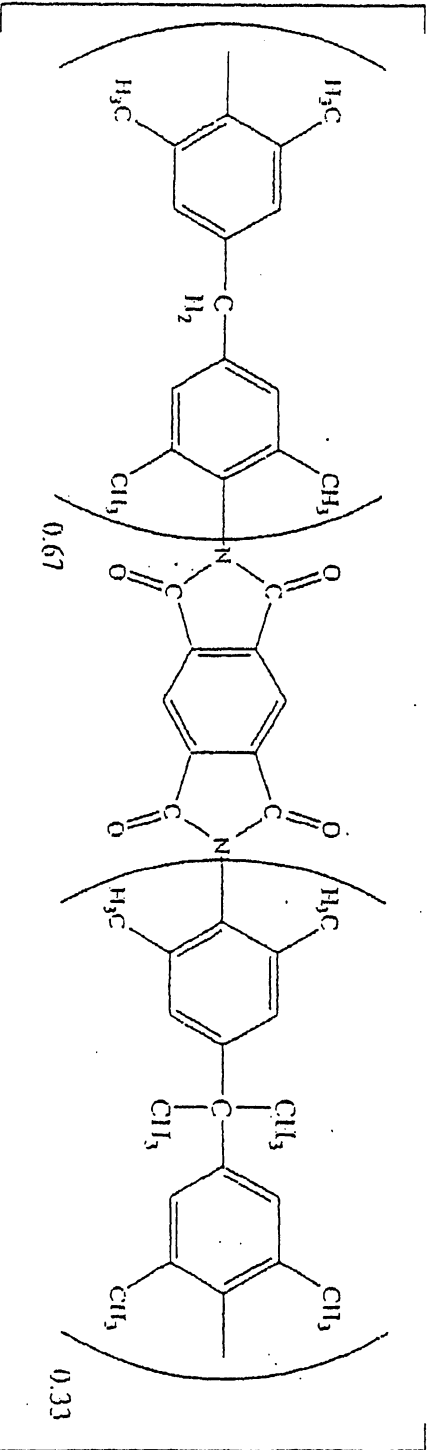
聚(6FDA+TMMDA)亞醯胺

圖 1(h)



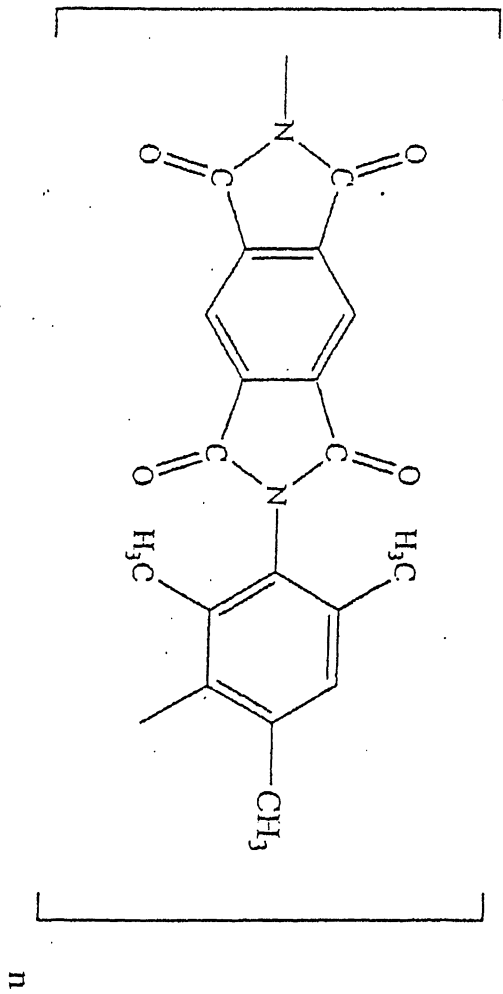
聚(BPDA+4,4'-亞芴基雙苯胺)

圖 1(i)



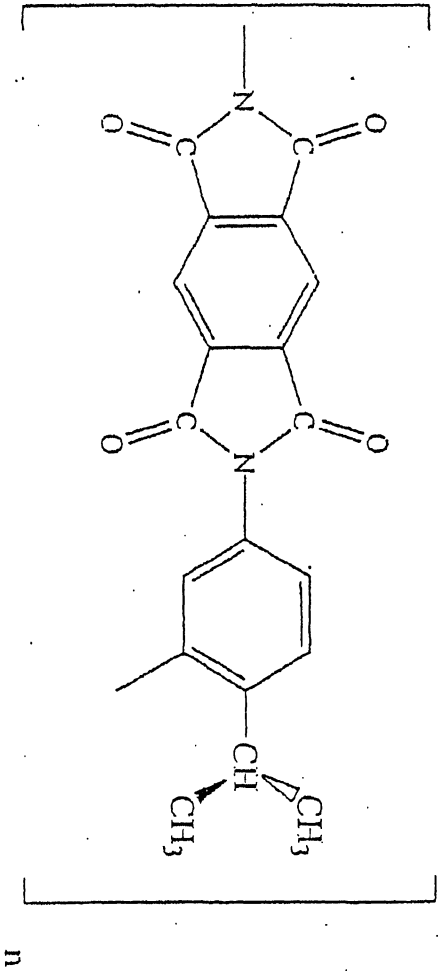
聚 (PMDA+TMMDA/TMPDA) 亞 醯 胺

圖 1(j)



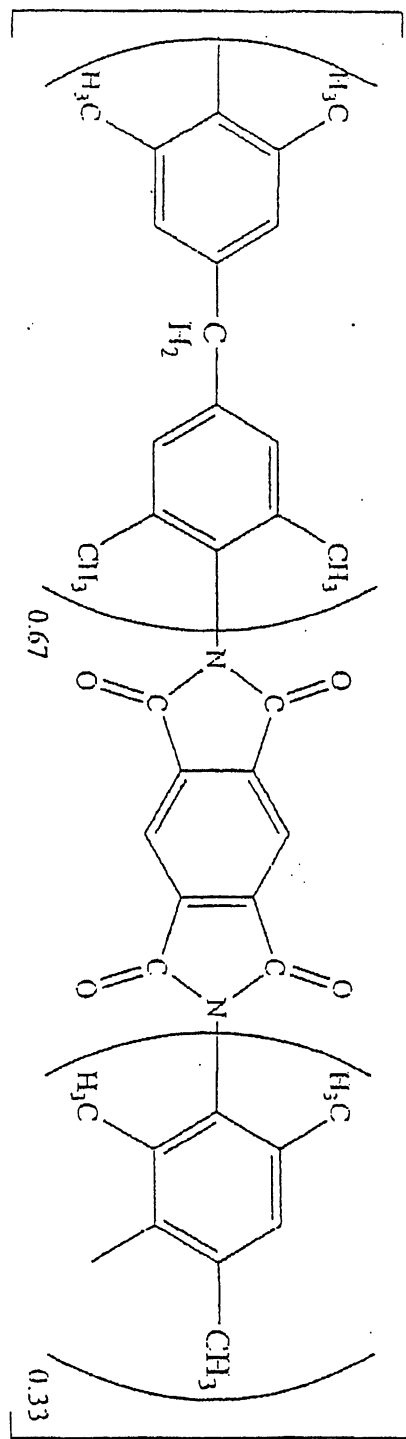
聚 (PMDA+DAMS) 亞 醯 胺

圖 1(k)



聚(PMDA+4-異丙基-間-苯二胺)亞醯胺

圖 1(1)



聚 (PMDA+TMMDA/DAMs) 亞 醯 胺

圖 1 (m)

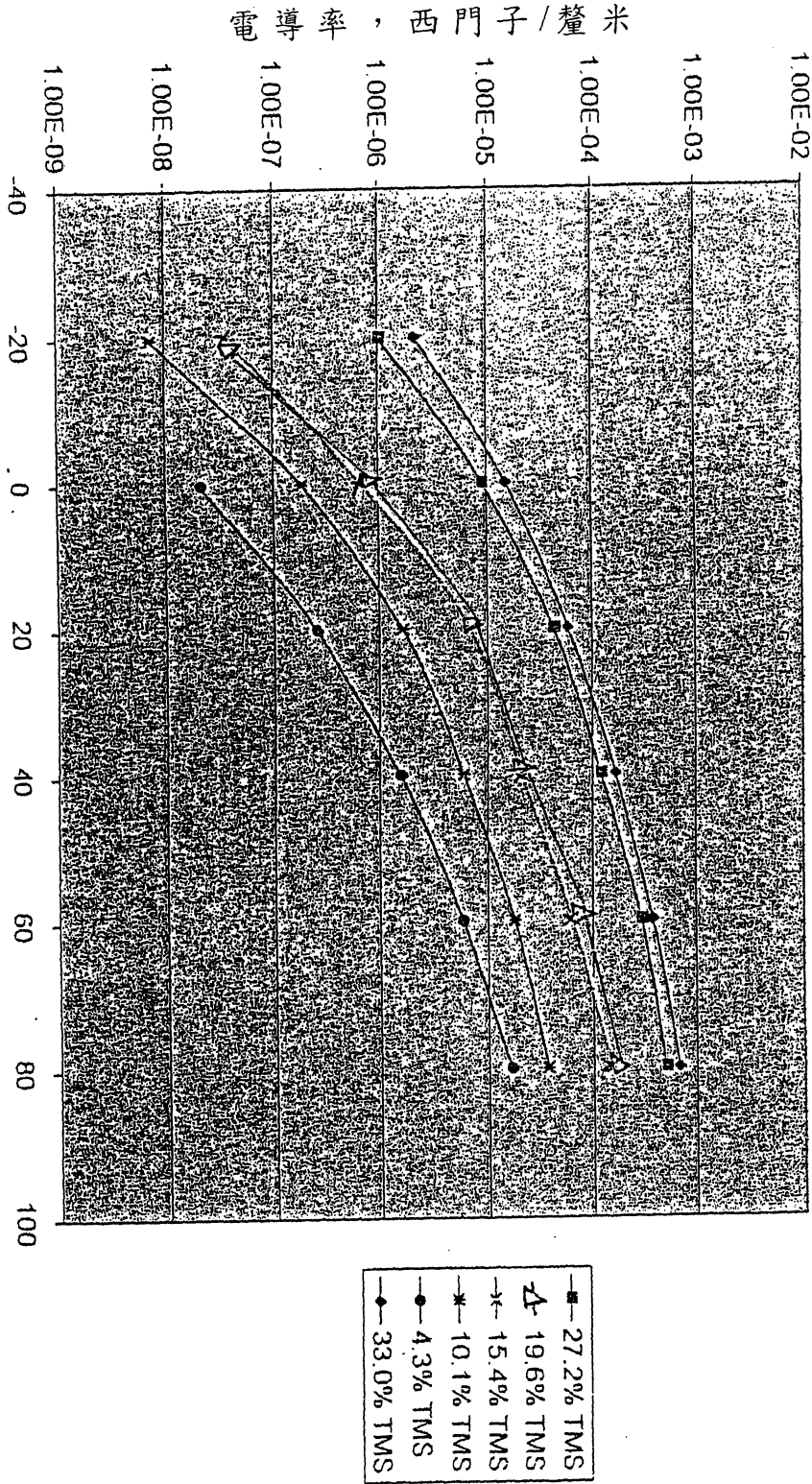
GPI-15 和 LiTFSi 與 GBL 在 20.5°C

鹽濃度	西門子/釐米 最大值	LiTFSi/GBL	GPL/PI	薄膜組合物		
				GBL 重量%	PI 重量%	鹽 重量%
1.0x	1.8E-04	0.581	1.72	46.2	26.9	26.9
1.4x	1.8E-04	0.875	1.60	40.0	25.0	35.0
1.8x	2.5E-04	1.040	1.73	38.2	22.1	39.7
2.2x	4.2E-04	1.128	1.95	37.9	19.4	42.7

	若 西門子/釐米	LiTFSi/GBL	GPL/PI	薄膜組合物		
				GBL 重量%	PI 重量%	鹽 重量%
1.0x	1.0E-04	0.952	1.05	34.4	32.8	32.8
1.4x	1.0E-04	1.429	0.98	29.0	29.6	41.4
1.8x	1.0E-04	1.800	1.00	26.3	26.3	47.4
2.2x	1.0E-04	2.200	1.00	23.8	23.8	52.4

圖 2

Solartron 電導率-溫度，TMS



Solartron 電導率-溫度，PC

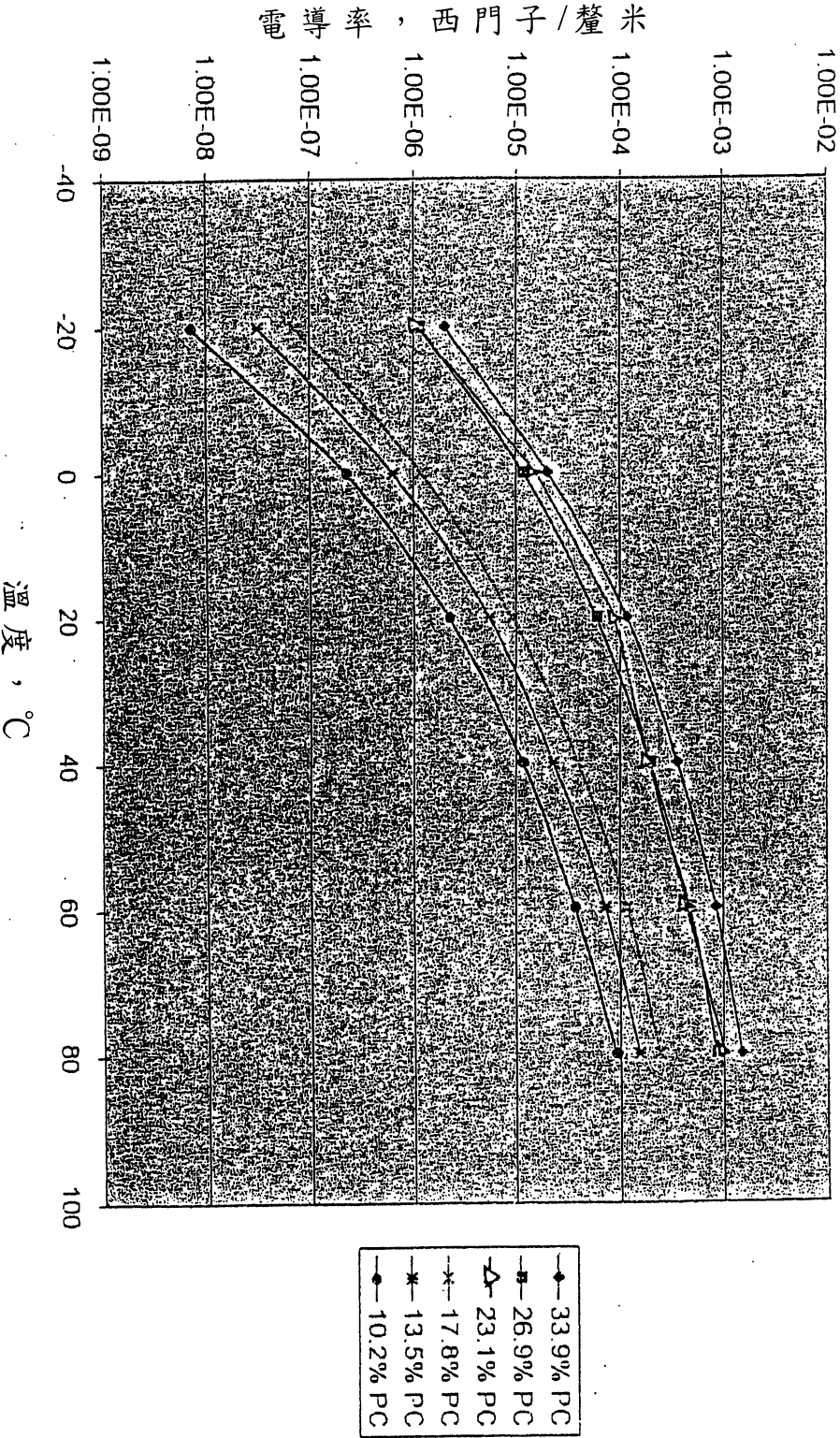


圖 3(b)

電導率-溫度，GBL

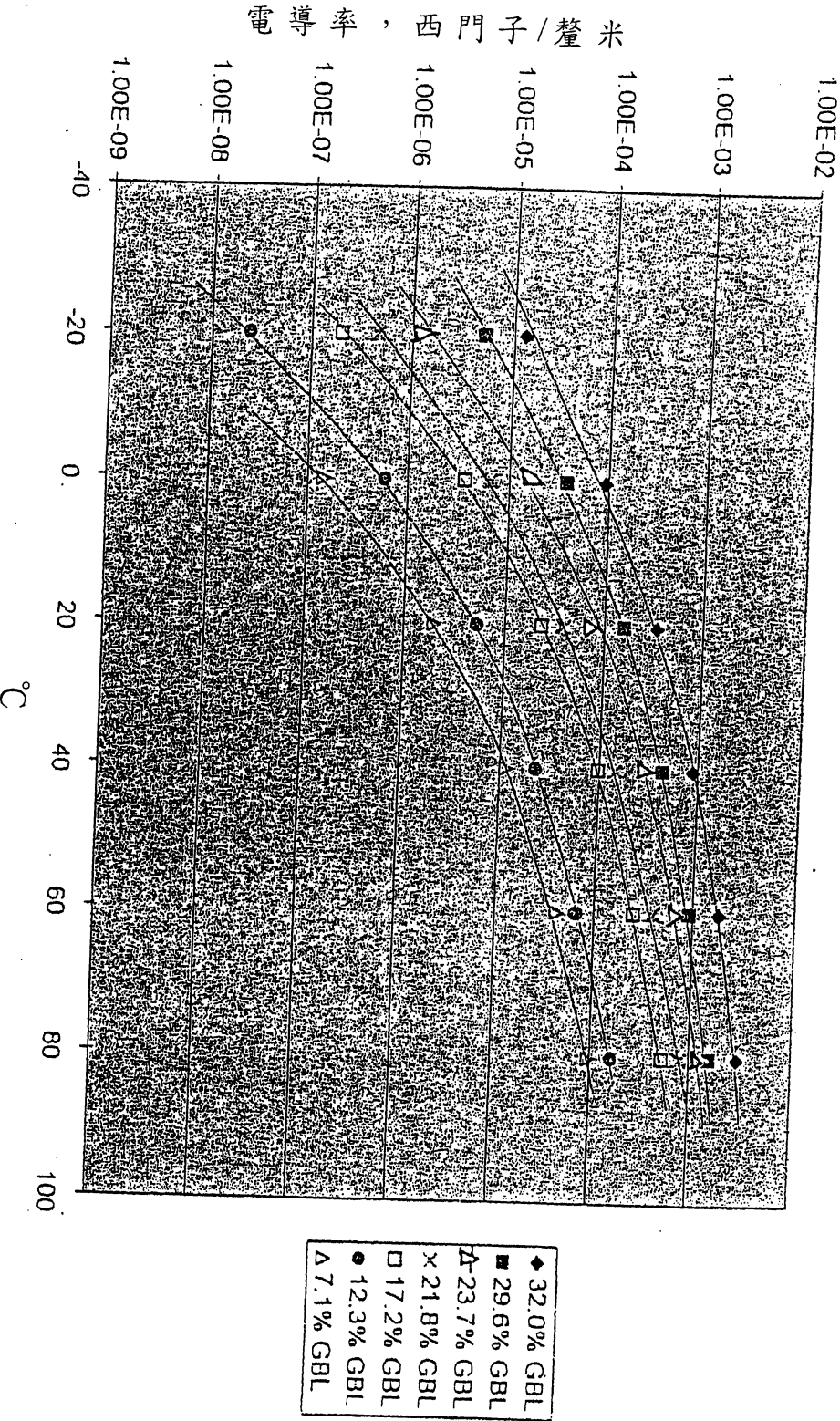


圖 3(c)

電導率-溫度，NMP

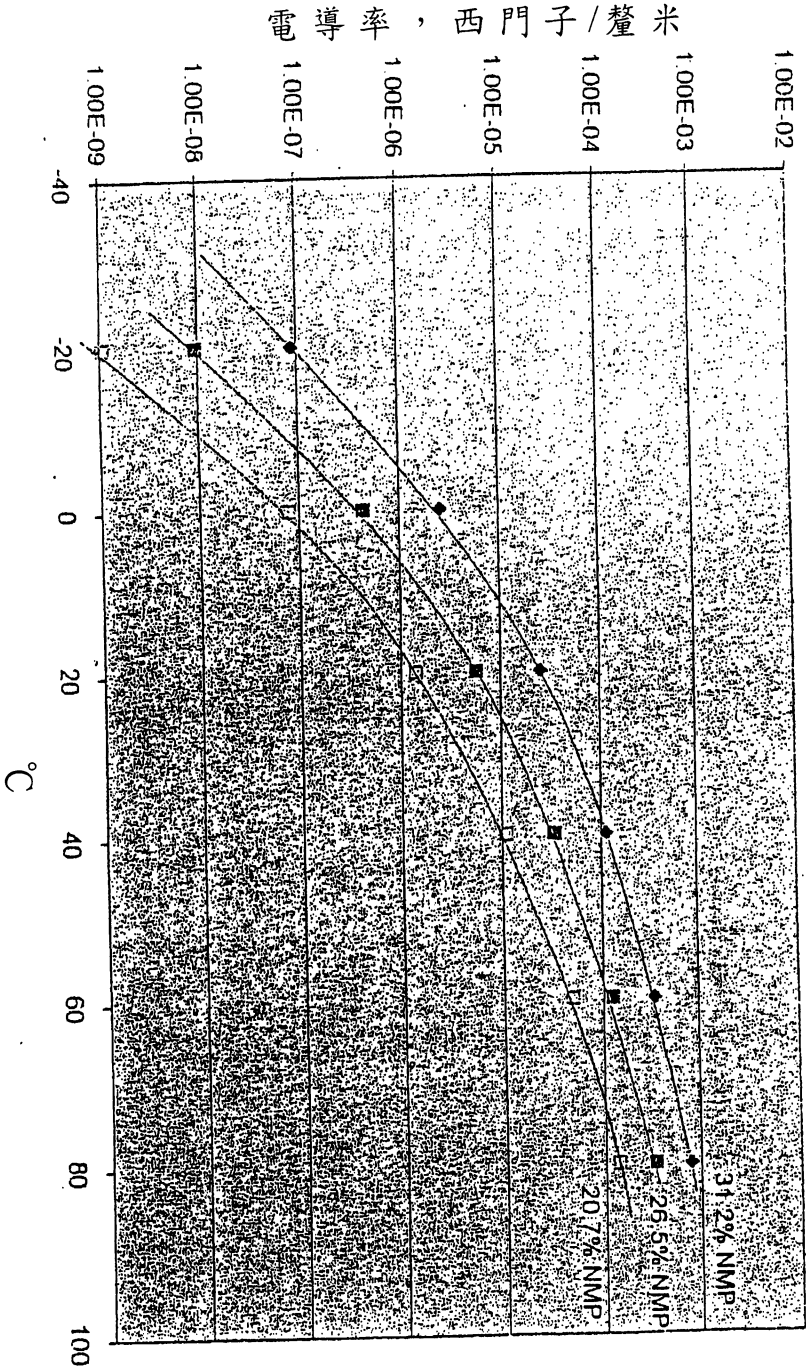


圖 3(d)

電導率-LiTFSi & GBL

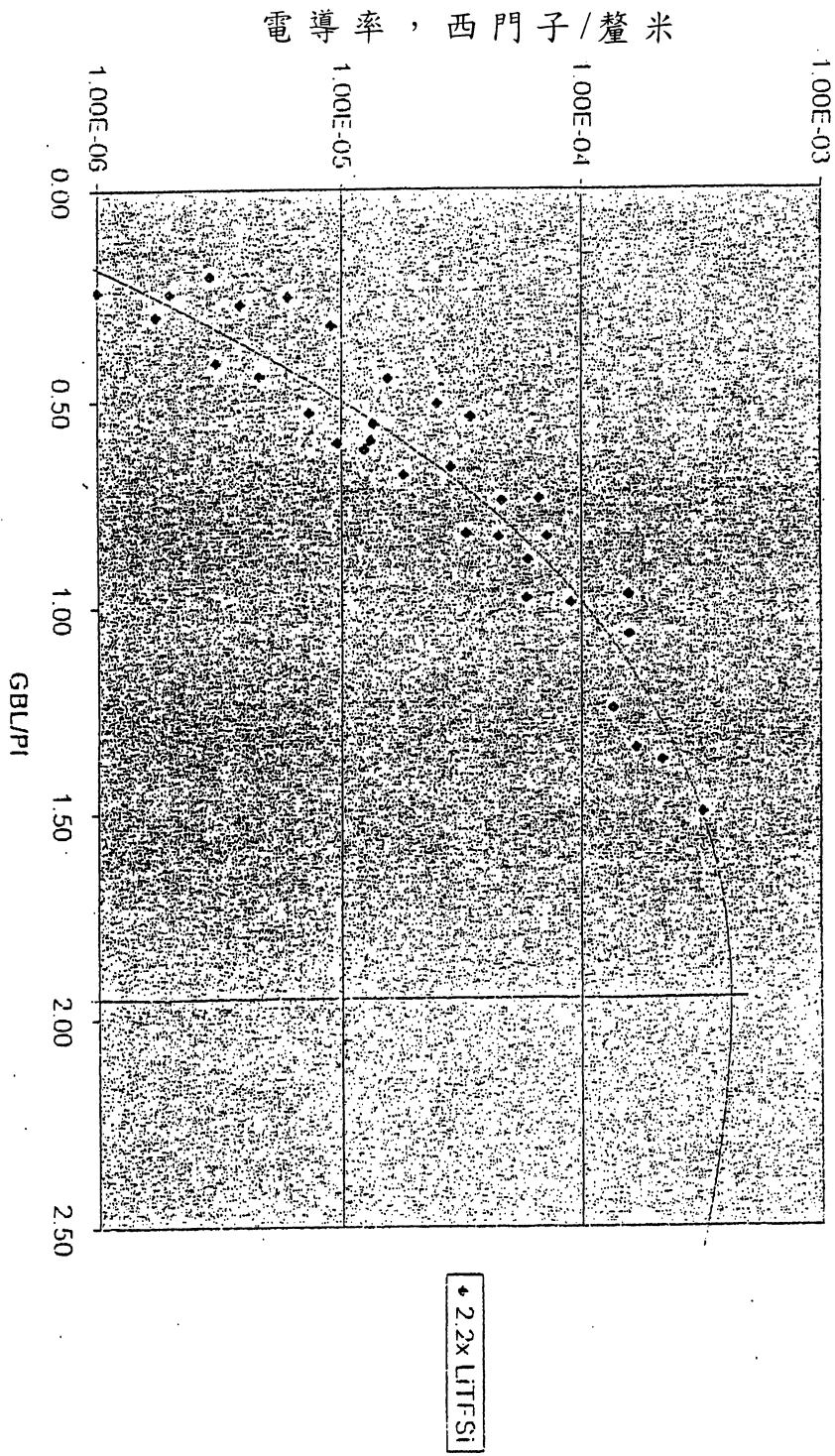


圖 4

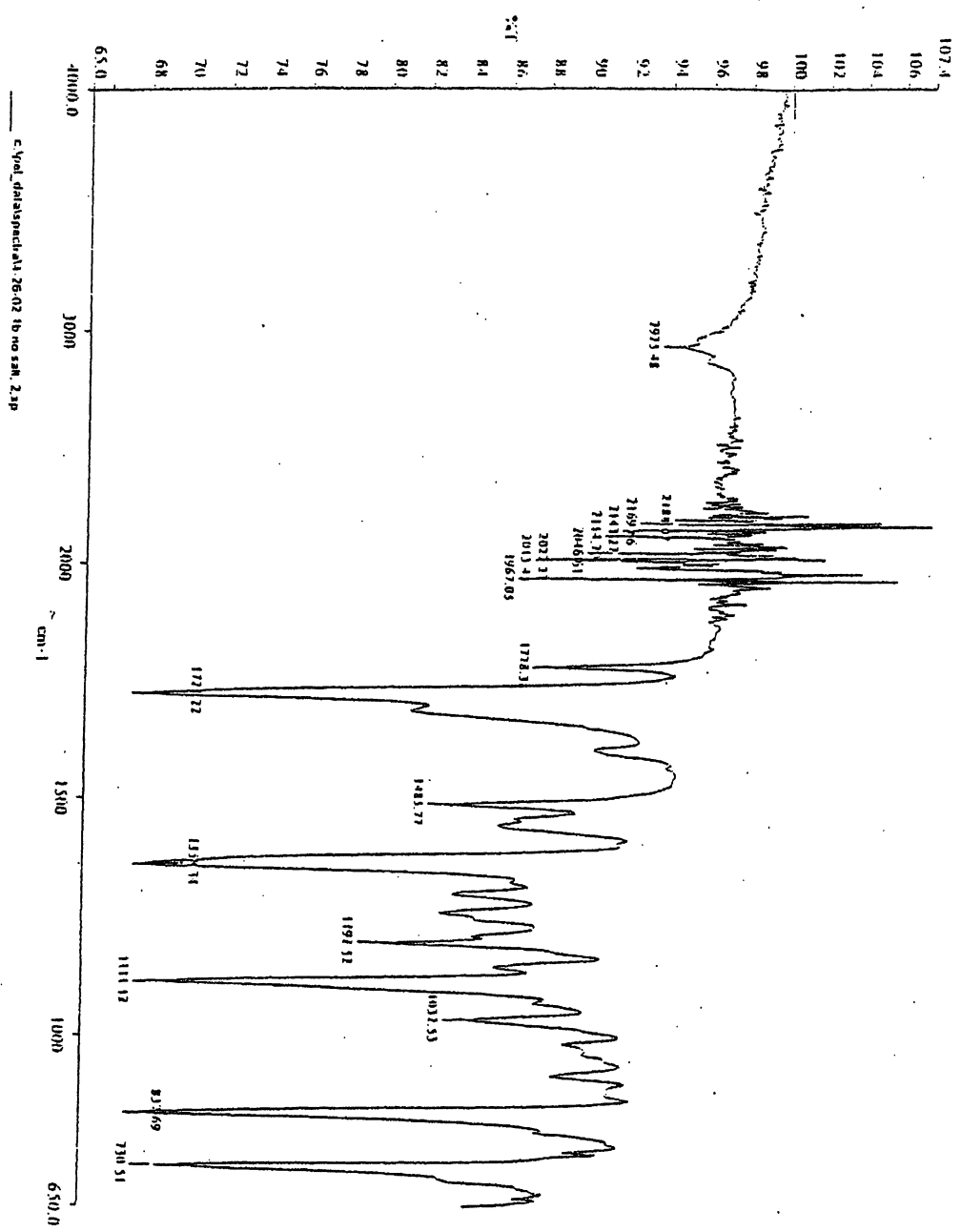


圖 5(a)

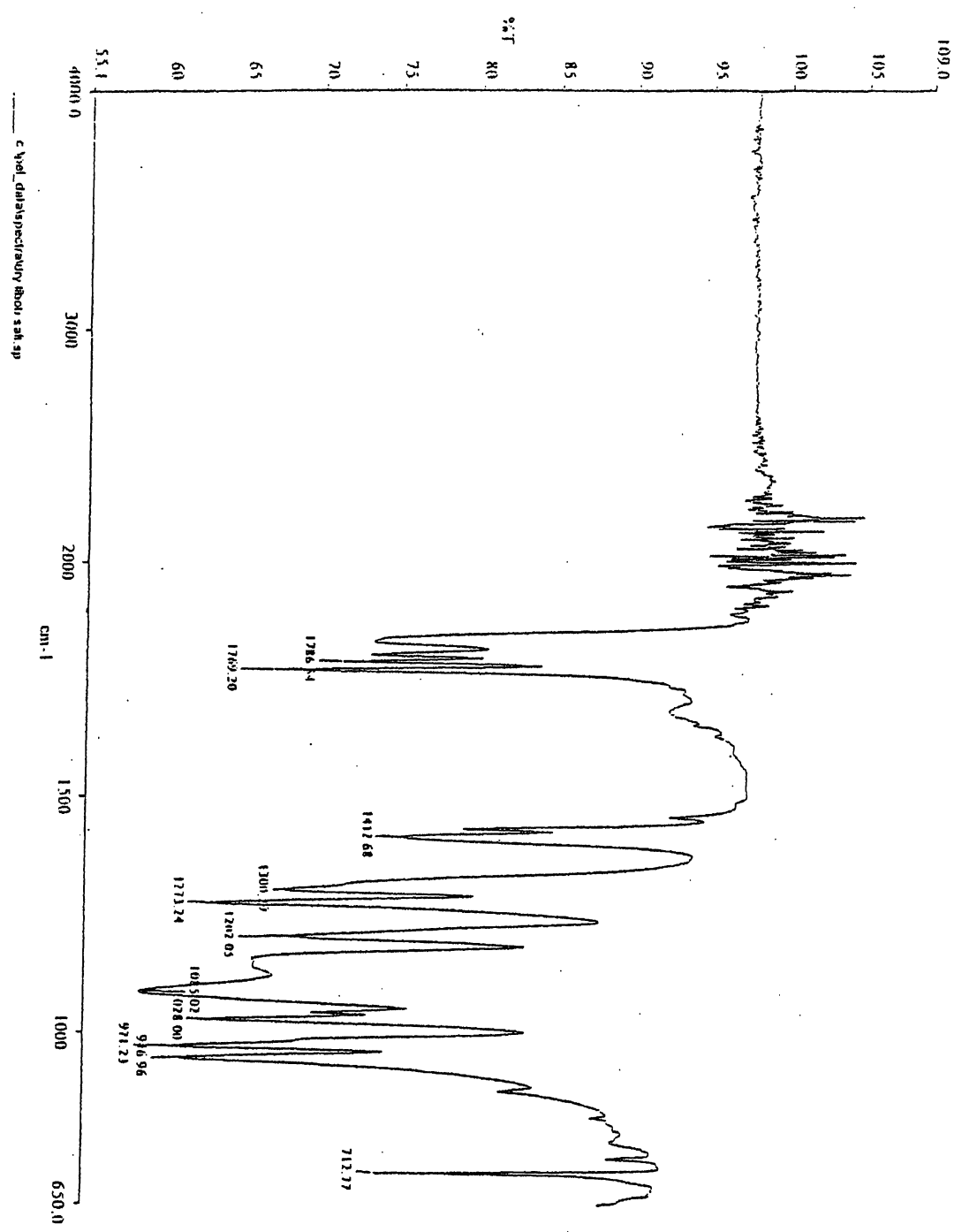


圖 5(b)

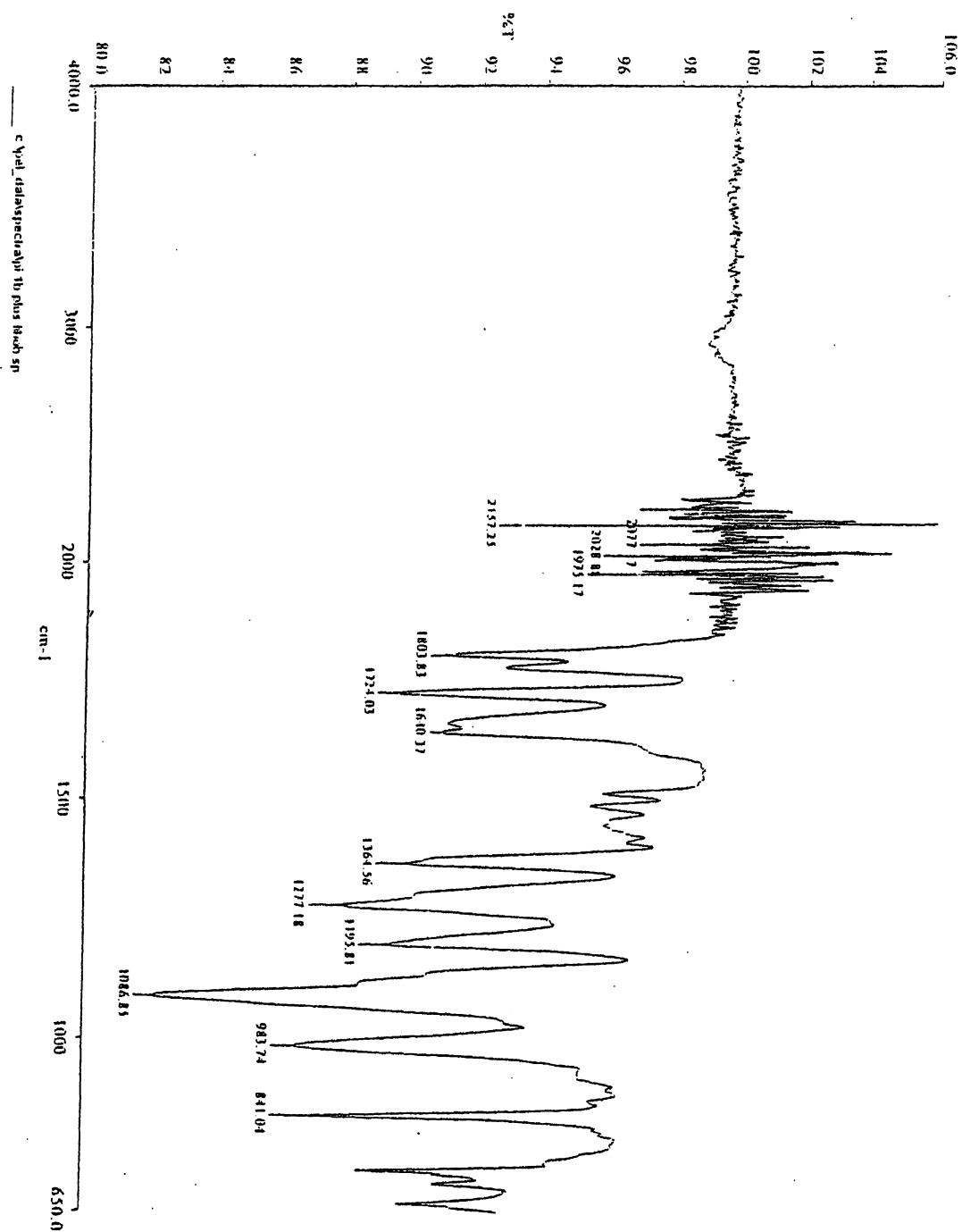


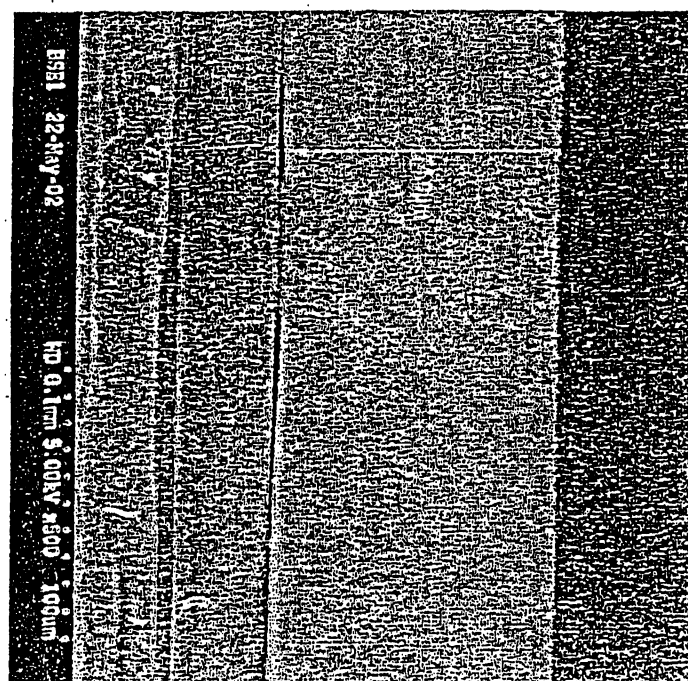
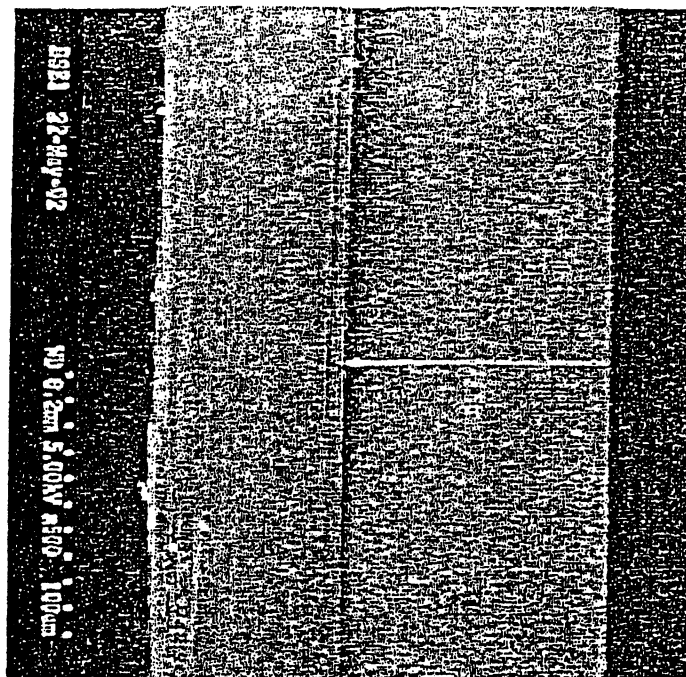
圖 5(c)

興趣單體的化學文摘號

單體	CAS#
PMD	89-32-7
TMMDA	4037-98-7
DAMs	3102-70-3
6FDA	1107-00-2
TEMDA	13680-35-8
TMPDA	22657-64-3
BPDA	2421-28-5
DSDA	2540-99-0
4-異丙基-間苯二胺	14235-45-1
3,6-二氨基四甲苯	3102-87-2
4,4'-(9-亞芴基)雙苯胺	15499-84-0

圖 6

圖 7



七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無元件符號說明)

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

250。第八具體實施例為具體實施例1之PME，其中該聚亞醯胺可在25℃溶於至少一種選自由N-甲基吡咯啉酮(NMP)、二甲基乙醯胺(DMAc)及二甲基甲醯胺(DMF)所組成之群組之溶劑。第九具體實施例為具體實施例1之PME，其中該PME在25℃之離子電導率為至少 1×10^{-4} 西門子/釐米。第十具體實施例為具體實施例1之PME，其中該PME在25℃之離子電導率為至少 3×10^{-4} 西門子/釐米。第十一具體實施例為具體實施例1之PME，其中該鋰鹽之濃度係於由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環0.5至2.0莫耳Li之間。第十二具體實施例為具體實施例1之PME，其中該鋰鹽之濃度係於由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環1.2至2.0莫耳Li之間。第十三具體實施例為具體實施例1之PME，其中該鹽和聚亞醯胺在1630和1690釐米⁻¹之間不提供任何吸收峰，該PME在約1630和1690釐米⁻¹之間提供至少一個吸收峰。

第十四具體實施例為形成聚合物基質電解質(PME)之方法，包括以下步驟：

將聚亞醯胺溶於至少一種溶劑，

將由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種鋰鹽加入該聚亞醯胺和溶劑，其中該聚亞醯胺、鹽及溶劑變得相互混合，該PME係實質光學透明。

【圖式簡單說明】

回顧以上實施方式與附圖，可更完全瞭解本發明及其特徵及益處，其中：

十、申請專利範圍：

1. 一種聚合物基質電解質(PME)，其包括：

完全相互混合的聚亞醯胺、由該聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種鋰鹽及至少一種溶劑，該PME係實質光學透明。

2. 如請求項1之PME，其中該PME在540奈米提供通過標準化1密耳PME薄膜至少95%之光學透明度。
3. 如請求項1之PME，其中該PME在540奈米提供通過標準化1密耳PME薄膜至少99%光學透明度。
4. 如請求項1之PME，其中該鋰鹽係選自由LiCl、LiBr、LiI、LiBOB、LiClO₄、LiBF₄、LiAsF₆、LiPF₆、LiCF₃SO₃、LiN(CF₃SO₂)₂及雙(三氟磺醯基)亞胺鋰(LiTFSi)所組成之群組。
5. 如請求項1之PME，其中該聚亞醯胺之每醯亞胺環之重複單位重量不大於350。
6. 如請求項1之PME，其中該聚亞醯胺之每醯亞胺環之重複單位重量不大於300。
7. 如請求項1之PME，其中該聚亞醯胺之每醯亞胺環之重複單位重量不大於250。
8. 如請求項1之PME，其中該聚亞醯胺可在25℃溶於至少一種選自由N-甲基吡咯啉酮(NMP)、二甲基乙醯胺(DMAc)及二甲基甲醯胺(DMF)所組成之群組之溶劑。
9. 如請求項1之PME，其中該PME在25℃之離子電導率為至少 1×10^{-4} 西門子/釐米。

10. 如請求項1之PME，其中該PME在25℃之離子電導率為至少 3×10^{-4} 西門子/釐米。
11. 如請求項1之PME，其中該鋰鹽之濃度係於由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環0.5至2.0莫耳Li之間。
12. 如請求項1之PME，其中該鋰鹽之濃度係於由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環1.2至2.0莫耳Li之間。
13. 如請求項1之PME，其中該鹽在1630和1690釐米⁻¹之間不提供任何吸收峰，該聚亞醯胺在1630和1690釐米⁻¹之間不提供任何吸收峰，但該PME在約1630和1690釐米⁻¹之間提供至少一個吸收峰。
14. 如請求項1之PME，其中該PME在540奈米提供通過標準化1密耳PME薄膜至少95%之光學透明度，且其中該聚亞醯胺可在25℃溶於至少一種選自由N-甲基吡咯啉酮(NMP)、二甲基乙醯胺(DMAc)及二甲基甲醯胺(DMF)所組成之群組之溶劑。
15. 如請求項14之PME，其中該PME在25℃之離子電導率為至少 1×10^{-4} 西門子/釐米，其中該鹽在1630和1690釐米⁻¹之間不提供任何吸收峰，該聚亞醯胺在1630和1690釐米⁻¹之間不提供任何吸收峰，該PME在約1630和1690釐米⁻¹之間提供至少一個吸收峰。
16. 如請求項1之PME，其中該聚亞醯胺之每醯亞胺環之重複單位重量不大於350，其中該鋰鹽之濃度係於由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環1.2至2.0莫耳Li之間。
17. 如請求項16之PME，其中該鋰鹽係選自由LiCl、LiBr、

LiI、LiBOB、LiClO₄、LiBF₄、LiAsF₆、LiPF₆、LiCF₃SO₃、LiN(CF₃SO₂)₂及雙(三氟磺基)亞胺鋰(LiTFSi)所組成之群組，其中該PME在540奈米提供通過標準化1密耳PME薄膜至少95%之光學透明度。

18. 如請求項1之PME，其中該PME在540奈米提供通過標準化1密耳PME薄膜至少99%之光學透明度，且其中該聚亞磺胺可在25℃溶於至少一種選自由N-甲基吡咯啉酮(NMP)、二甲基乙磺胺(DMAc)及二甲基甲磺胺(DMF)所組成之群組之溶劑。

19. 如請求項18之PME，其中該PME在25℃之離子電導率為至少 1×10^{-4} 西門子/釐米。

20. 一種聚合物基質電解質(PME)，其包括：

完全相互混合之聚合物、至少一種鋰鹽及至少一種溶劑，該聚合物含有具能夠與鋰鹽複合且參與離子傳導之官能基的高極性基團，該PME係實質光學透明。

21. 如請求項20之PME，其中該聚合物具有200℃至400℃之玻璃態化溫度。

22. 一種聚合物基質電解質(PME)，其包括：

聚亞磺胺和每莫耳由聚亞磺胺提供的磺亞胺環至少0.5莫耳之鋰濃度的至少一種鋰鹽，該PME係實質光學透明。

23. 如請求項22之PME，該PME進一步包括穩定到鋰金屬之還原電勢之溶劑。

24. 一種聚合物基質電解質(PME)，其包括：

一聚合物和至少一種鋰鹽，該聚合物係含有具能夠與

鋰鹽複合且參與離子傳導之官能基的高極性基團，該PME係實質光學透明。

25. 如請求項24之PME，其中該聚合物具有200°C至400°C之玻璃態化溫度，該PME進一步包括穩定到鋰金屬之還原電勢之溶劑。

26. 一種聚合物基質電解質(PME)，其包括：

完全混合的聚亞醯胺、由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種鋰鹽及至少一種溶劑，該PME在540奈米提供通過標準化1密耳PME薄膜至少90%之光學透明度。

27. 一種聚合物基質電解質(PME)，其包括：

聚亞醯胺、由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種鋰鹽，該PME在540奈米提供通過標準化1密耳PME薄膜至少90%之光學透明度。

28. 一種聚合物基質電解質(PME)，其包括：

聚亞醯胺、由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種鋰鹽及至少一種溶劑，其中以溶劑/聚亞醯胺比計，該溶劑之重量為約1至約2，其中該聚亞醯胺、鋰鹽及溶劑係完全混合，其中該PME係實質光學透明，且其中該PME在25°C之離子電導率為至少 1×10^{-4} 西門子/釐米。

29. 一種聚合物基質電解質(PME)，其包括：

完全混合的聚亞醯胺、由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種鋰鹽及至少一種溶

劑，該PME係實質光學透明並形成根據SEM顯微像在50Å解析度為無孔隙性薄膜之薄膜。

30. 一種電解質薄膜，其包括：

完全混合的聚亞醯胺、由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種鋰鹽及至少一種溶劑，該薄膜係實質光學透明。

31. 一種電解質薄膜，其包括：

完全混合的聚亞醯胺、由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種鋰鹽及至少一種溶劑，該薄膜係實質光學透明且無結晶性。

32. 一種聚合物電解質薄膜，其包括：

聚亞醯胺，其中該聚亞醯胺可在25°C溶於至少一種選自由N-甲基吡咯啉酮(NMP)、二甲基乙醯胺(DMAc)及二甲基甲醯胺(DMF)所組成之群組之溶劑，及

由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種經混合的鋰鹽，

其中該薄膜在540奈米提供通過標準化1密耳薄膜至少99%之光學透明度，且該PME在25°C之離子電導率為至少 1×10^{-4} 西門子/釐米，且

其中該鹽在1630和1690釐米⁻¹之間不提供任何吸收峰，該聚亞醯胺在1630和1690釐米⁻¹之間不提供任何吸收峰，該聚合物電解質在約1630和1690釐米⁻¹之間提供至少一個吸收峰。

33. 如請求項32之聚合物電解質薄膜，其進一步包括溶劑。

34. 一種形成聚合物基質電解質(PME)之方法，包括以下步驟：

將聚亞醯胺溶於至少一種溶劑，

將由聚亞醯胺提供的每莫耳醯亞胺環至少0.5莫耳鋰濃度之至少一種鋰鹽加入該聚亞醯胺和該溶劑，其中該聚亞醯胺、該鹽及該溶劑變得相互混合，

鑄造薄膜以形成PME，該PME係實質光學透明。

35. 如請求項34之形成聚合物基質電解質(PME)之方法，其包括步驟(1)使聚合物、溶劑及鋰鹽混合成溶液，及(2)自溶液澆鑄薄膜。