

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： 97137609

※申請日期： 97.09.30

※IPC 分類： H01M 4/16 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具備有機/無機多孔膜的電池

10/40 (2006.01)
08J 9/00 (2006.01)

BATTERIES HAVING INORGANIC/ORGANIC POROUS
FILMS

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

A123 系統股份有限公司/A123 SYSTEMS, INC.

代表人：(中文/英文) 派恩森 艾瑞克 J./PYENSON, ERIC J.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國 麻薩諸塞州 02472 瓦特鎮 雅森爾街 321 區 3 樓 雅森爾查
理斯

ARSENAL ON THE CHARLES, 321 ARSENAL STREET, 3RD
FLOOR, WATERTOWN, MA 02472, UNITED STATES OF
AMERICA

國 籍：(中文/英文) 美國/US

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 雷斯 葛列格里 B./LESS, GREGORY B.

2. 巴班克 蘇珊 J./BABINEC, SUSAN J.

3. 瑞利 吉伯特 N./RILEY JR., GILBERT N.

國 籍：(中文/英文) (中文/英文) 1-3. 美國/US

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；2007/09/28；60/995,777

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 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】

本發明是有關於電化電池（electrochemical cell），以及特別是有關於電池組電池（battery cell）以及用於電化電池組電池的隔膜（separator）組態。

【先前技術】

隔膜（separator membrane）是電池組的重要組成部分，這些隔膜的作用是防止電池組的陽極（anode）與陰極（cathode）相接觸，而同時允許電解質（electrolyte）從中穿過。另外，隔膜的選擇對電池性能特性（諸如循環壽命（cycle life）與功率（power））會有很大的影響。安全也可與隔膜特性有關，且已知的是特定的隔膜可用來減少陽極上鋰（Li）金屬電鍍（metal plating）的發生，甚至減少樹枝狀結晶（dendrite）的形成。

有些實例中，電池組電池的隔膜是用多孔聚合物材料（porous polymer materials）的主體來形成。其他實例中，隔膜是用纖維材料（fibrous）或顆粒材料（particulate）的主體來形成，且這種材料可包括玻璃纖維（glass fibers）、諸如石棉（asbestos）的礦質纖維（mineral fibers）、陶瓷（ceramics）、合成聚合纖維（synthetic polymeric fibers）以及諸如纖維素（cellulose）的天然聚合纖維（natural polymeric fibers）。

目前所使用的隔膜存在著許多問題。這些隔膜材料通常很昂貴，因為典型的電池組系統將包括較大容量的隔

膜，所以這些隔膜的成本是電池組總成本的重要組成部分。

低成本的電池組隔膜材料在防止樹枝狀結晶橋接（bridging）方面的效果很差，所以必須製造得較厚一些。然而，此厚度會使電池組的內電阻（internal resistance）增大，從而降低其有效性，同時也使電池組尺寸增大。

因此，需要一種高效、成本低、安全且便於使用的隔膜組態。目前，鋰離子電池（lithium ion cell）的隔膜很貴，平均價格是 \$ 2.00/m²，是高能電池（high energy cell）的成本的大約 11% 以及高功率電池（high power cell）的成本的 23%。要進一步降低鋰離子電池組的成本，就必須研製出一種不貴的隔膜。

【發明內容】

所描述的是一種用於電化電池的有機/無機複合膜與多孔（porous）或無孔（non-porous）隔膜之組合。此膜是無機粒子與聚合物黏結劑（polymeric binder）的複合物。此複合材料成本低，另外還提供高性能的隔膜結構，此隔膜結構能夠極佳地黏結（adhesion）到電極（electrode）上，且可提高安全度，在高溫下具有較高的尺寸穩定性。此電極/膜組件呈現出層與層之間的極佳黏結性，而且即使當發生纏繞、彎曲、伸縮或其他變形時，此電極/膜組件也不會從其基底（substrate）（電流收集器（current collector））上分層（delaminate）。此外，一多孔隔膜經配置以鄰接著此複合膜，以便於電池裝配。

在一個觀點中，一種電化電池（諸如鋰離子電池）具

有：正電極；負電極；多孔無機/有機複合層，介於正電極與負電極之間；以及電解質，包括鋰鹽（lithium salt）與非水溶劑（non-aqueous solvent）。複合層包括無機奈米粒子（nanoparticles）與黏結劑，以形成奈米複合材料隔膜（nanocomposite separator, NCS）。除了複合層之外，此電化電池更包括多孔或無孔隔膜，此多孔或無孔隔膜是介於兩個奈米複合材料隔膜塗佈（coated）的電極之間。

在另一觀點中，所提供的是一種用於電化電池的電極/隔膜組件。此電極/隔膜組件包括：電流收集器；以及多孔複合電極，黏結到電流收集器上。此電極包括至少電活性粒子（electroactive particles）與黏結劑。此電極/隔膜組件也包括含有無機粒子的多孔複合層，這些無機粒子實質上均勻地分佈在聚合物基質（polymer matrix）中以形成奈米孔（nanopores），其中複合層是透過複合層與電極層之間的介面上的溶劑熔接（solvent weld）來固定在電極層上。此溶劑熔接包括黏結劑與聚合物的混合物。多孔或無孔隔膜是配置在奈米複合材料隔膜塗佈的電極之間。

在一個實施例中，複合膜包括：電化學穩定的無機粒子，這些無機粒子具有不到 $1\mu\text{m}$ 的粒子尺寸，且位於電化學穩定的聚合物基質中；以及至少雙峰式（bimodal）孔分佈，其中第一種小孔實質上均勻地分佈在此層中，以及一個或多個大孔隨機地分佈在此層中。這些孔的尺寸是奈米級（nanoscale）的。

在一個實施例中，第一種小孔的尺寸是在大約 5~

100nm 的範圍內，而大孔的尺寸是在大約 100~500nm 的範圍內。那些粒子是實質上單分散 (monodisperse) 的，且粒子尺寸是在大約 10~50nm 的範圍內。複合層具有大於 25% 的孔容積分率 (pore volume fraction)。

在一個實施例中，黏結劑是介於無機/有機複合物的 5% 與 60% 之間。複合層可具有無機粒子與聚合物黏結劑，其中無機粒子相對於聚合物的重量比是大約 95:5 至大約 40:60。

在一個實施例中，膜的無機材料是選自矽石 (silica)、礬土 (alumina)、氧化鈦 (titanium oxide)、天然沸石 (zeolite) 與合成沸石以及其他具有適當粒子尺寸的電化學穩定的無機粒子所組成的群組。

在一個實施例中，多孔隔膜是一種具有直徑大於 50~100Å 的孔的微孔聚烯烴隔膜 (microporous polyolefin separator)，且包括聚丙烯 (polypropylene) 膜、聚乙烯 (polyethylene) 膜的至少其中之一，或其積層板 (laminate)。

在一個實施例中，隔膜包括聚乙烯氧化物。

在一個實施例中，多孔隔膜是透過摩擦力 (friction)、內聚力 (cohesion) 以及黏結力至少其中之一來將纖維結合在一起而製成的非織織物材料 (non-woven textile material)。此多孔隔膜可具有大約 9μm 至 15μm 範圍內的厚度，以及複合膜可具有大約 2μm 至 16μm 範圍內的厚度。

在另一觀點中，所提供的是一種用於電化電池的隔膜

組態，其中此電化電池包括配置在一個或兩個電極上的複合層。此複合層包括陶瓷粒子，這些陶瓷粒子的粒子尺寸是在大約 10nm 至大約 200nm 的範圍內，且位於聚合物基質中。這些粒子通常直徑在一微米（micron）以下，且更通常的是 15~30nm。有些實施例中，此複合層具有至少雙峰式孔分佈，其中第一種小孔實質上均勻地分佈在此層中，且一個或多個大孔隨機地分佈在此層中，其中這兩種孔的尺寸都是奈米級的。一多孔隔膜配置在複合層與電極之間。

在另一觀點中，所提供的是一種製備用於電化電池的電極/隔膜組件的方法。此方法包括：提供多孔複合電極層，其包括至少電活性粒子與黏結劑；以及提供塗佈溶液（coating solution）。此塗佈溶液包括聚合物、用於此聚合物的溶劑系統以及散佈在此溶劑中的無機粒子，其中溶劑系統經選擇以對於電極層的黏結劑具有至少一些溶解度。此方法更包括用一層塗佈溶液來塗佈電極層的表面。此塗佈溶液滲透電極層的厚度的一部分，且溶解黏結劑的一部分。溶劑從塗佈溶液層上被清除，以沈積（deposit）多孔複合層。此複合層包括實質上均勻地分佈在聚合物中的無機粒子，且具有至少 25% 的孔容積分率。多孔電極層與多孔複合層之間的介面（interface）上形成溶劑熔接。一多孔或無孔隔膜經配置以鄰接著多孔複合層。

此方法的一個觀點規定了塗佈溶液中的無機粒子與聚合物的重量比是大約 65:35 至大約 45:55。此塗佈溶液滲透

電極層的厚度高達 90%，且可藉由噴塗法（spray coating）、刮刀法（doctor blading）、狹縫塗佈法（slot die coating）、凹版塗佈法（gravure coating）、噴墨列印法（ink jet printing）、旋轉塗佈法（spin coating）、浸漬塗佈法（dip coating）以及網板印染法（screen printing）或其他技術所組成之群組中所選的一種技術來實施。噴塗電極表面可包括在電極表面上噴塗多層塗佈溶液。根據本發明的再一觀點，在每個噴塗步驟之間，可對所塗佈的層進行乾燥（dried）。清除溶劑可包括蒸發溶劑與/或利用非聚合物溶劑的材料來萃取溶劑。

為讓本發明之上述和其他目的、特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下。

【實施方式】

無機/有機多孔膜可被塗佈在電極上，且用作鋰離子電池組中的隔膜。無機/有機多孔膜之所以成為想要的，是因為它們有明顯降低電池成本以及提高電池安全性的潛力。於 2007 年 8 月 21 日與 2008 年 8 月 21 日分別提出的標題為“SEPARATOR FOR ELECTROCHEMICAL CELL AND METHOD FOR ITS MANUFACTURE”的美國專利申請案第 60/957,101 號與第 12/196,203 號（已併入本說明書以供參考）中有關於奈米複合材料隔膜（nanocomposite separator, NCS）的描述，其中此奈米複合材料隔膜是無機填充物與聚合物黏結劑的複合物。奈米複合材料隔膜被用

作多孔隔膜的替代物已在人們的考慮中，但必須透過實質上無裂縫（crack-free）的膜與塗佈的邊緣來減小漏電流。雖然已取得明顯的進步（而且是單獨的專利申請的主題），但是仍然可選擇另一種溶液來對電極之一或其兩者實施奈米複合材料隔膜塗佈技術，也可額外使用多孔隔膜。被塗佈的電極與多孔或無孔隔膜是打算用在電化電池中。作為示範的多孔隔膜包括微孔聚乙烯或聚丙烯膜。此隔膜可以是全緻密的（fully dense），而不是多孔的，且可（例如）包括聚乙烯氧化物。奈米複合材料隔膜塗佈可用在陽極上，也可用在陰極上。

請參照圖 1，圖 1 繪示為示範性的電化電池 10，此電化電池 10 包括陰極活性層（cathode active layer）11、陰極基底或電流收集器 12、陽極活性層（anode active layer）13 以及陽極基底或電流收集器 14。陰極活性層與/或陽極活性層（即電極層）通常包括含有電極活性材料的多孔顆粒複合物、導電添加劑以及聚合物黏結劑。奈米複合材料隔膜層 15 與多孔隔膜 17 將電極層分開。奈米複合材料隔膜層可僅配置在一個電極上（如圖 1 所示），而此電極既可以是陽極也可以是陰極。可選擇的是，兩個電極上可都提供奈米複合材料隔膜層 15 與 15'，如圖 2A 所示。液體電解質滲透奈米複合材料隔膜層 15 與 15' 以及多孔隔膜 17。電流收集器與各別的電極層相接觸，使得電化電池的充電放電循環中電流能夠流過。這些電池可堆疊（stacked）或纏繞在一起，以形成棱柱形的或以螺旋方式纏繞的電池

組。在這些例子中，電極可在兩側塗佈電活性層。圖 2B 繪示為只有陰極 11 上有奈米複合材料隔膜層 15'。

奈米複合材料隔膜的聚合物黏結劑是選自與特殊電池組系統的化學性質相容的那些聚合物。此聚合物應電性絕緣，在電解質溶劑中應具有低溶解度，且在電池中在化學上與電化學上穩定。鋰與鋰離子電池組系統（還有其他電池組系統）中有效的一組聚合物包括氟化聚合物（fluorinated polymer）與乳膠聚合物（latex polymer），諸如，苯乙烯丁二烯（styrene butadiene）與其他基於苯乙烯的聚合物。聚偏二氟乙烯（polyvinylidene fluoride, PVDF）聚合物合成物是一組具有特殊效用的聚合物。本領域中有多種這樣的材料是已知且可利用的，這樣的材料可包括本質上均勻的（homogeneous）聚偏二氟乙烯以及混合物（blends）與共聚物（copolymers）。在商標 Kureha 7208 下出售的聚偏二氟乙烯材料是一種特殊材料。另外也可使用其他等效與相似的材料。

奈米複合材料隔膜的無機成分可選自多種天然及人造材料，這些天然及人造材料與將有隔膜被併入的特殊電池組系統及化學性質是相容的。兩種或多種適當的無機成分的混合被納入考量，此無機成分可以是陶瓷材料。有一組特殊的陶瓷材料包括矽石，煙霧矽石（fumed silica）是一種可使用的特殊形態的矽石。煙霧矽石是一種大表面積、通常高純度的矽石材料。煙霧矽石通常是親水性（hydrophilic）的，且容易透過大多數電解質溶劑與許多

極性聚合物 (polar polymer) 來潤濕。一個或多個實施例中已使用的一種材料具有大約 $200\text{m}^2/\text{g}$ 的表面積。粒子非常小，直徑通常不到 200nm ，且更通常的是大約 $10\sim 20\text{nm}$ (例如，大約 14nm)。在一個或多個實施例中，陶瓷材料是粒子尺寸分佈很窄且具有實質上球形的煙霧矽石。煙霧矽石可藉由謹慎控制四氯化矽 (silicon tetrachloride, SiCl_4) 的反應來製備，而謹慎控制四氯化矽的反應會導致高度可控制以及粒子尺寸分佈窄。在一個實施例中，可使用粒子尺寸大約為 14nm 的煙霧矽石。

其他矽化合物可用作隔膜中的陶瓷成分，例如，多面體低聚合倍半矽氧烷 (polyhedral oligomeric silsesquioxane, POSS)，它在本說明書中被視為陶瓷材料。其他陶瓷材料包括天然的與人工合成的沸石、礬土等。這些陶瓷材料既可單獨使用也可結合使用，而且尺寸與形狀可相同也可各式各樣。

聚合物與陶瓷材料的比例可具有較廣的變化範圍，但是，在有些實施例中，陶瓷材料是所形成的隔膜的主要成分。有些實例中，就重量而言，陶瓷材料相對於聚合物之比可在 95:5 至 40:60 之間。在一個特殊實例中，就重量而言，隔膜將包括近似於 65% 的煙霧矽石與 35% 的聚偏二氯乙烯。陶瓷材料與聚合物在溶劑系統中相結合，以在溶解的聚合物/溶劑系統中形成陶瓷粒子均勻分佈。聚合物與陶瓷材料在塗佈溶液中的高度均勻分佈使得聚合物與陶瓷材料在所形成的隔膜中高度均勻分佈。

奈米複合材料隔膜層 15 包括無機奈米粒子與黏結劑。此奈米複合材料隔膜層可包括：電化學穩定的無機粒子，這些無機粒子具有不到 $1\mu\text{m}$ 的粒子尺寸，且位於電化學穩定的聚合物基質中；以及雙峰式 (bimodal) 孔分佈，其中第一種小孔實質上均勻地分佈在此層中，且一個或多個大孔隨機地分佈在此層中。這些孔的尺寸是奈米級的。在一個實施例中，第一種小孔的尺寸是在大約 $5\sim 100\text{nm}$ 的範圍內，而大孔的尺寸是在大約 $100\sim 500\text{nm}$ 的範圍內。在一個實施例中，這些粒子是實質上單分散的，且粒子尺寸是在大約 $10\sim 50\text{nm}$ 的範圍內。此複合層可具有大於 25% 的孔容積分率。在一個實施例中，奈米複合材料隔膜層的黏結劑是在無機/有機複合物的 5% 與 60% 之間。此複合層可具有重量比是大約 95:5 至大約 40:60 的無機粒子與聚合物黏結劑。

在一個實施例中，煙霧矽石伴隨著聚合物黏結劑而散佈在兩種溶劑的混合物中。所使用的煙霧矽石通常是表面積約為 $200\text{m}^2/\text{g}$ 的親水性矽石。典型的是，黏結劑是諸如 Kureha 7208 的聚偏二氟乙烯。隔膜中的矽石相對於黏結劑的準確比率可從大約 50:50 至大約 95:5。典型的配方是 65:35 左右。溶劑系統是與 N-甲基吡咯烷酮 (N-Methyl Pyrrolidone, NMP) 的二元混合溶劑。根據所使用的塗佈技術的類型，可選擇載入不同的共溶劑 (cosolvent) 與固形物。舉例來說，如果是利用逗號塗佈法 (comma coating) 與狹縫塗佈法 (die-slot coating)，則使用乙酸丙酯 (propyl

acetate) 與 5~10% 的固溶體 (solid solution) ; 如果是利用高流量低壓 (high volume low pressure, HVLP) 或超音波 (ultrasonic) 噴塗法, 則使用丙酮 (acetone) 與約 2~4 % 的固溶體。

多孔隔膜 17 是出自多種隔膜類別中的任一種, 這些隔膜類別通常分為模製類 (molded)、織物類 (woven)、非織物類、微孔類、黏合類 (bonded)、紙類或積層板類。為了使這些材料能夠像依據本發明的隔膜 17 一樣操作, 這些材料除了要容易被電解質潤濕之外, 還應當電性絕緣, 且具有最小的離子電阻 (ionic resistance)。隔膜 17 除了在電池環境內要具有化學與電化學穩定性之外, 在物理性質與機械性質上也應當均勻, 且具有機械穩定性與尺寸穩定性。

作為示範的隔膜是具有直徑大於 50~100Å 的孔的微孔聚烯隔膜, 這些孔是位於聚丙烯膜、聚乙烯膜中或聚丙烯與聚乙烯之積層板中。非織物隔膜包括 (例如) 將纖維鋪成片狀或墊狀且透過摩擦力、內聚力以及黏結力至少其中之一將纖維結合在一起而製成的紡織品。

在一個實施例中, 微孔或非織物隔膜 17 具有 9~15μm 的厚度。就尺寸而言, 此厚度能夠使容量最大化, 所以是有利的。傳統上認為實質上 9~15μm 的微孔或非織物隔膜 17 的使用不會提供鋰離子電池組所需的機械穩健性 (robust)。但是, 本發明的一個觀點是使用一種薄的多孔隔膜 17, 而此多孔隔膜 17 的厚度先前沒人相信可應用

於鋰離子電池組。奈米複合材料隔膜 15 與所揭露之隔膜 17 之組合可降低提供完全無裂縫的奈米複合材料隔膜的必要性。否則，在單獨使用奈米複合材料隔膜的情形下，想要的是完全無裂縫的奈米複合材料隔膜。

在另一實施例中，無孔隔膜 17 具有 $9\sim 15\mu\text{m}$ 範圍內的厚度。傳統上也認為無孔聚乙烯氧化物、聚偏二氟乙烯、取代聚磷腈（substituted polyphosphazenes）或類似的離子導電聚合物膜的使用不可提供鋰離子電池組所需的機械穩健性。但是，本發明的一個觀點是使用具有奈米複合材料隔膜層的薄無孔薄隔膜。奈米複合材料隔膜 15 與所揭露之隔膜 17 的組合可降低提供完全無裂縫的奈米複合材料隔膜的必要性。否則，在單獨使用奈米複合材料隔膜的情形下，想要的是完全無裂縫的奈米複合材料隔膜。

奈米複合材料隔膜層可位於陽極上，可位於陰極上，也可陽極與陰極上都有，如圖 1、圖 2A 及圖 2B 所示。本發明的一個觀點是提供機械穩健性特徵，而不會使電化電池或電池組的尺寸過分增大。使奈米複合材料隔膜層 15 與多孔或無孔隔膜 17 之組合具有預定範圍的厚度，此目的就可達到。奈米複合材料隔膜層 15 的此厚度範圍是大約 $2\mu\text{m}$ 至 $16\mu\text{m}$ 。同樣地，如果提供另外的奈米複合材料隔膜層 15'，那麼所有的奈米複合材料隔膜層的組合總厚度是大約 $2\mu\text{m}$ 至 $16\mu\text{m}$ 。多孔或無孔隔膜 17 具有大約 $9\mu\text{m}$ 至 $15\mu\text{m}$ 範圍內的厚度。

如上所述，奈米複合材料隔膜層 15 可與多孔隔膜 17

一起只配置在陰極與陽極之一上。如果採用此組態的話，那麼奈米複合材料隔膜層 15 與多孔隔膜 17 之組合厚度是在大約 $11\mu\text{m}$ 至 $25\mu\text{m}$ 的範圍內，且不應超過大約 $25\mu\text{m}$ 。可選擇的是，也可使用奈米複合材料隔膜層 15 與 15'，一層位於陰極上，另一層位於對面的陽極上，多孔隔膜 17 是介於奈米複合材料隔膜層 15 與 15' 之間，如圖 2A 所示。在此組態中，除了多孔或無孔隔膜 17 之外，奈米複合材料隔膜層 15 與 15' 的組合厚度是在大約 $11\mu\text{m}$ 至 $25\mu\text{m}$ 的範圍內。

本發明的多個實施例提供奈米複合材料隔膜 15 與多孔隔膜 17 的增效組合 (synergistic combination)，其中此多孔隔膜 17 是特別挑選的，具有可製造性 (manufacturability)，可帶來經濟效益。先前使用有陶瓷材料的隔膜需要高度注意保護以避免破裂，而且要提供適當的密封。這樣就不得不使用昂貴的材料，且要執行嚴格的質量控制程式，但這會導致廢料增多，產量減少。本發明允許使用不貴的隔膜 17 與奈米複合材料隔膜層 15，而且沒有先前隔膜組態那樣嚴格的質量控制要求，其中隔膜 17 與奈米複合材料隔膜層 15 可製造成厚度高達大約 $25\mu\text{m}$ 。藉由奈米複合材料隔膜 15 與多孔隔膜 17 相結合，本發明也提供更多的保護來避免發生樹枝狀結晶穿刺 (punctures) 與短路 (shorts)。

與只有奈米複合材料隔膜的電池相比，奈米複合材料隔膜 15 與隔膜 17 相結合，使得在完全無裂縫膜方面的負

擔/要求降低。實施塗佈技術更加容易，這是因為所需的厚度因隔膜 17 的使用而減小，而塗佈無裂縫膜的難度是隨著厚度而增大的。陽極/陰極介面處的短路也可減少。

要製備積層板電化電池，電極塗佈的電流收集器與隔膜可堆疊在一起，以提供圖 3 所示之堆疊組件 90，圖 3 中的相同元件是用相同的符號來表示。如此一來，兩側都是陽極活性層 13 的電流收集器 14 可如本說明書所述的那樣使奈米複合材料隔膜層 15 沈積在一側。兩側都是陰極活性層 11 的電流收集器 12 也可如本說明書所述的那樣沈積奈米複合材料隔膜層 15 與 15' 以及多孔或無孔隔膜 17（形成隔膜組件）。此堆疊組件可使用不同的成分來重新組裝。此堆疊組件可包括陰極/隔膜組件，然後此陰極/隔膜組件可與陽極層堆疊，以形成堆疊組件。在其他實施例中，陽極/隔膜組件可與陰極層相結合，以形成堆疊組件。在另一些實施例中，使用的是陰極/隔膜組件與陽極/隔膜組件。在此情形下，隔膜厚度經調節以容納陽極組件與陰極組件堆疊而成的隔膜組件。此堆疊組件中可包括任何數量的陰極層與陽極層。

一種施加奈米複合材料隔膜層的塗佈方法可參照圖 4 來描述。在步驟 200 中，製備塗佈溶液，此塗佈溶液包括溶劑、溶劑可溶式（solvent-soluble）或溶劑可互溶式（solvent-miscible）聚合物以及無機粒子。在一個或多個實施例中，聚合物、液體溶劑以及無機成分在低剪力（shear）下混合且持續初始時段，直到多種成分完全潤濕

與/或溶解為止。聚合物與無機成分先在 N-甲基吡咯烷酮 (N-methyl pyrrolidinone, NMP) 中混合，以達到高度分散。接著，添加第二溶劑，然後此混合物可接受高剪力混合，直到得到想要的流變性 (rheology) 為止。想要的漿液 (slurry) 不包含大的黏聚物 (agglomerate)，而且靜置時不會很快就相間隔離 (phase segregate) 而使聚合物區與無機材料區分離，而是保持良好的分散狀態。無論任何操作模式或理論，值得相信的是，溶液流變性能夠顯示出粒子尺寸的分佈與黏聚行為 (agglomeration behavior) 以及粒子總濃度。更複雜而不對稱的形狀以及大量的粒子往往會增大溶液的黏度 (viscosity)。這些漿液性質可對層的最終結構產生影響。

然後此塗佈溶液被塗布佈在電極材料的至少一個表面上，如步驟 220 所指示，其中此塗佈溶液滲透電極層的厚度的一部分，且溶解黏結劑的一部分。在一實施例中，此塗佈溶液滲透電極層的厚度高達 90%。塗佈在電極上的層的厚度將取決於塗佈溶液的特殊成分以及電化電池中想要的最終厚度。根據本發明的一個或多個實施例，可使用其他塗佈技術，只要這些塗佈技術容易沈積包括混合的陶瓷與粒子成分的合成物。示範性的技術包括刮刀法、輥塗法 (roll coating)、狹縫塗佈法、噴墨列印法、旋轉塗佈法、凹版塗佈法與網板印染法、浸漬塗佈法或其他塗佈方法。塗佈通常是在為複合隔膜層與相鄰電極層之間進行溶劑熔接 (solvent welding) 而提供的條件下實施。

在一個或多個實施例中，塗佈是藉由噴塗一層或多層塗佈機塗佈溶液的塗層而完成的。舉例來說，隔膜層可應用於大約 3 至 5 個塗佈步驟，每個塗佈步驟使用隔膜層總厚度的大約 $1/3$ 至 $1/5$ 。如上所述，多程沈積 (multipass deposition) 可使滲入電極多孔層的溶劑減少，且有助於避免分層。令人吃驚的發現是，隔膜層在多個步驟中的應用可明顯減少最終層中形成的缺陷數量。缺陷被定義為尺寸大於一微米的大孔或膜中的裂縫。沈積步驟不必施加厚度相同的層，因此，第一塗佈步驟可沈積第一種厚度的層，而第二塗佈步驟可沈積第二種不同厚度的層。但是，所揭露的奈米複合材料隔膜層 15 與多孔或無孔隔膜 17 之組合可提供能夠補償這些缺陷的增效機械特性，所以無需執行解決所有可能存在的缺陷通常所需的額外步驟，從而實現更高效的製造過程。

執行完塗佈之後，步驟 230 所闡述的是從塗佈混合物中清除溶劑，使聚合物/陶瓷粒子的多孔固形體留在電極上，從而在電極與多孔體 (porous body) 之間的介面上形成溶劑熔接。溶劑可透過蒸發來清除，而使用加熱與/或低壓條件可促進蒸發。有些實例中，溶劑可利用非聚合物溶劑的萃取溶劑 (extraction solvent) 來萃取。在一個或多個實施例中，可選擇在每個噴塗步驟之後清除溶劑，如此一來，當多次使用噴塗步驟時，就可多次執行溶劑清除步驟。

在一個或多個實施例中，奈米複合材料隔膜中的聚合物是一種熱塑性塑膠 (thermoplastic)，具有玻璃轉化溫度

(glass transition temperature) (T_g)，而且可具有也可不具有熔化溫度 (melt temperature) (T_m)。在一個或多個實施例中，支座 (support) 上塗佈一塗層之後，要對此塗層進行處理，目的是藉由硬化 (curing) 此塗層來減小塗層中的應力 (stress)。透過在超過聚合物的玻璃轉化溫度或熔化溫度的溫度下進行處理，此聚合物可被硬化以修正或強化其物理特性 (步驟 240)。如同本領域中所知的，硬化可藉由加熱來達成。乾燥步驟 (drying) 與硬化步驟可連續執行，也可不連續執行。就熱塑性塑膠聚合物 (諸如聚偏二氟乙烯) 而言，以超過主體聚合物熔化溫度 (T_m) 的溫度來加熱複合物，然後讓其冷卻下來，就完成了硬化。在其他實施例中，此塗層被加熱至或超過聚合物黏結劑的玻璃轉化溫度。

值得相信的是，多步塗佈法使得隔膜中只有少數大裂縫。無論操作的特殊模式或理論，第二次塗佈可填補初次塗佈所產生的裂縫 (crevices)，使任何裂縫缺陷癒合。多孔或無孔隔膜 17 經配置以鄰接著奈米複合材料隔膜層 15 (步驟 242)。利用完善的纏繞技術，將多孔隔膜卷成具有塗佈電極的堆疊組件。對於具有多孔隔膜的電池，纏繞時不需要任何變化。如果使用無孔隔膜來作隔膜，則可採用普通纏繞程式。

然而，所揭露的奈米複合材料隔膜層 15 與多孔或無孔隔膜 17 之組合允許裂縫有較大的公差 (tolerance)，但仍然可提供在機械上與物理上穩健的隔膜組件。例如，只有

奈米複合材料隔膜層 15 時不可容許的某些裂縫，對於包含所揭露的多孔或無孔隔膜 17 的隔膜組合卻是容許的，因此有效地解決了先前技術的缺點。

例 1：利用 HVLP 噴塗法來塗佈

先徹底混合聚偏二氟乙烯 (Kureha) 與煙霧矽石來製備 3wt% 的固形物，此固形物被載入 30:70 的 N-甲基吡咯烷酮與丙酮溶劑混合物。然後添加丙酮，並且使用軌道混合器 (orbital mixer) 來進一步混合。利用噴槍透過一連串的發送 (passes) 將隔膜前驅體 (precursor) 漿液施加在陽極或陰極上。3~5 個塗層可達到大約 20 μ m 的厚度。對於雙層隔膜法 (dual separator) (例如，既使用隔膜又使用奈米複合材料隔膜)，只需透過兩次發送來達到大約 10 μ m。一旦達到想要的厚度，此電極就要在 80°C 下真空乾燥一個小時，然後在環境壓力以及 200°C 下硬化十五分鐘。

例 2：利用逗號塗佈法來塗佈

前驅體漿液是 5%~10% 的固形物，同樣是先將聚偏二氟乙烯與煙霧矽石混合再添加共溶劑來製備，這些膜在 100°C 下進行乾燥，下面有輻射加熱，且無上方對流 (overhead convection)。

塗佈電極已經在鋰離子電池中被測試過，且運行良好。只有奈米複合材料隔膜 (20 μ m) 被併入的 350mAh 棱柱形電池與隔膜分離的電池一樣被放在有限循環壽命測試與倍率性能測試中運行。就手工塗佈系統而言，奈米複合

材料隔膜分離的電池呈現出延長的循環壽命、高功率性能以及極佳的再現性。

像袋狀電池 (pouch cell) 那樣的示範性雙層隔膜電池設計包括：

5 μ 奈米複合材料隔膜塗佈的石墨陽極 (graphite anode) /Celgard 2320/M1 陰極

5 μ 奈米複合材料隔膜塗佈的 M1 陽極/Celgard 2320/石墨陽極

2 μ 奈米複合材料隔膜塗佈的陽極以及具有 Celgard 2320 的 3 μ 奈米複合材料隔膜陰極

具有 Celgard M824 (厚度為 12 μ) 的 10 μ 奈米複合材料隔膜塗佈的陽極

具有 Celgard M825 (厚度為 16 μ) 的 9 μ 奈米複合材料隔膜塗佈的陰極

未塗佈的石墨陽極/Celgard 2320/未塗佈的 M1 陰極 (基線)

奈米複合材料隔膜 15 與隔膜 17 之組合使安全等級提高，因為奈米複合材料隔膜 15 與隔膜 17 的物理特性互補。圖 5 繪示為電池被充電到 100% 電量狀態 (state of charge, SOC) 之後被鈍釘子刺穿而造成大規模內部短路時的電池結構。整個電池已經熔化，變成一整塊，所繪示的樣本是取自從電池上牽出的外部電極繞組。左邊的照片繪示為原始奈米複合材料隔膜微觀結構的掃描電子顯微鏡 (scanning electron microscope, SEM) 影像，而右邊的照

片則繪示為依據本發明的奈米複合材料隔膜微觀結構組態被釘子刺穿且暴露在超過 180°C 溫度中之後的掃描電子顯微鏡影像。所繪示的微觀結構未發生流動/變化說明奈米複合材料隔膜塗佈與多孔隔膜組態使安全度增大。奈米複合材料隔膜中陶瓷的使用也產生額外的保護層，用來保護聚烯烴多孔隔膜或無孔聚乙烯氧化物或其他導電聚合物隔膜。沒有此額外保護，這些隔膜會熔化。

圖 6 是各種電池組態對照基線組態的圖形。“陽極半”(anode semi) 組態包括配置在陽極上的奈米複合材料隔膜層 15，另外使用多孔隔板 17 來鄰接著奈米複合材料隔膜層 15。此組態的一個實施例繪示在圖 1 中。“陰極半”(cathode semi) 組態包括配置在陰極 11 上的奈米複合材料隔膜層 15'，而多孔隔膜 17 鄰接著奈米複合材料隔膜層 15'，如圖 2B 所示。“雙半”(both semi) 組態是在多孔隔膜 17 的兩側上使用奈米複合材料隔膜層 15 與 15'，如圖 2A 所示。“基線”組態不使用奈米複合材料隔膜層，而是只在陽極與陰極之間提供標準的多孔隔膜。

對於每種不同的組態（例如，陽極半組態、陰極半組態、雙半組態以及基線組態），有五個電池 1~5 在 100% 電量狀態下接受鈍釘子刺穿測試，且記錄這些電池的最大表面溫度。每個群組中，電池 1 是最左邊的資料柱，電池 5 是最右邊的資料柱。與標準“基線”電池相比，“陽極半”組態、“陰極半”組態以及“雙半”組態中的每種組態提供較低的平均最大表面溫度，這證明本發明中的奈米複合材料

隔膜與多孔隔膜組態在安全度方面有提高。

圖 7 是“陽極半”組態、“陰極半”組態以及“雙半”組態對照基線 1 電池、基線 2 電池的圖形。左邊的圖形繪示為當使用 $20\mu\text{m}$ 多孔隔膜與奈米複合材料隔膜塗佈時電池下降的總功率。右邊的圖形繪示為當歸一化 (normalize) 為活性區時，基線電池與半奈米複合材料隔膜電池中的功率相同。這些資料進一步表明，使用一層很薄的隔膜（例如，小於 20μ 的聚烯烴），使用奈米複合材料隔膜層在積極及有益方面可以進一步改善能量密度。

圖 8 表示使用具有 20μ 多孔隔膜的 400mAh 10μ 棱柱形奈米複合材料隔膜電池來進行高脈衝功率特性測試 (High Pulse Power Characterization Test, HPPC) 的結果，這種高脈衝功率特性測試是汽車工業裡使用的一種功率測試。奈米複合材料隔膜資料是用圖形中的上方線來表示。與基線聚烯烴隔膜電池相比，此奈米複合材料隔膜電池在高功率放電時會保留更多能量，這說明 10μ 奈米複合材料隔膜層所產生的隔膜總厚度的額外 10μ 不會降低功率性能。如果要使用較薄的多孔隔膜，能量/容量將會高於此實例。在此測試中，奈米複合材料隔膜是配置在陰極上，具有 $10\mu\text{m}$ 的隔膜厚度，且採用上述的 65:35 配方。

圖 9 是對照著基線組態利用半奈米複合材料隔膜或“陰極半”組態來進行室溫高功率循環測試 ($1.5\text{C}/-10\text{C}$) 所得的資料的曲線圖，其中半奈米複合材料隔膜或“陰極半”組態是採用 65:35 的配方，且具有厚度為 $20\mu\text{m}$ 的隔膜，

而基線組態則不具備奈米複合材料隔膜層，而是具有厚度為 $20\mu\text{m}$ 的隔膜。這些資料是表示關於半奈米複合材料隔膜組態與基線組態的兩種電池的平均值。半奈米複合材料隔膜資料是用圖形中偏下的線來表示。電池在 $+1.5\text{C}/-10\text{C}$ 下進行循環。平均起來，半奈米複合材料隔膜電池下降到初始容量的 80% 以下一點也不比基線電池快，例如，按相同的斜率衰減。同樣地，兩種電池之間也可比較直流電阻 (DC resistance)。這證明本發明在增大安全係數的同時，在循環過程中還能夠保持高性能。

圖 10 是對照著基線組態利用半奈米複合材料隔膜組態來進行室溫低功率循環測試 ($1.5\text{C}/-2.5\text{C}$) 所得的資料的曲線圖，其中半奈米複合材料隔膜組態具有 $10\mu\text{m}$ 的 65:35 奈米複合材料隔膜配方與 $20\mu\text{m}$ 的多孔隔膜，而基線組態則不具備奈米複合材料隔膜層。這些資料是表示關於半奈米複合材料隔膜組態與基線組態的兩種電池的平均值。陰極奈米複合材料隔膜資料是用圖形中的下方線來表示。電池在 $+1.5\text{C}/-2.5\text{C}$ 下進行循環。半奈米複合材料隔膜電池比基線電池平均衰減得快，經過 500 次循環之後，這兩種電池仍然超過初始容量的 80%。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，本發明所屬之領域中的任何具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 是依據本發明的一個或多個實施例，包括多孔隔膜的電化電池的示意圖。

圖 2A 是依據本發明的一個或多個實施例，包括多孔隔膜的電化電池的示意圖。

圖 2B 是依據本發明的一個或多個實施例，包括多孔隔膜的電化電池的示意圖。

圖 3 是依據本發明的一個或多個實施例的堆疊電化電池的剖面示意圖。

圖 4 是一個或多個實施例中用來製備隔膜的噴塗製程的流程圖。

圖 5 包括依據本發明之一觀點的隔膜組態的顯微照片。

圖 6 是依據本發明之一觀點的測試電池與比對電池的溫度圖。

圖 7 是依據本發明之一觀點的測試電池與比對電池的放電容量 (mAh) 相對於功率的曲線圖。

圖 8 是依據本發明之一觀點的測試電池與比對電池的放電量 (mWh) 相對於功率的曲線圖。

圖 9 是依據本發明之一觀點的測試電池與比對電池的放電容量 (mAh) 相對於循環的曲線圖。

圖 10 是依據本發明之一觀點的測試電池與比對電池的放電容量 (mAh) 相對於循環的曲線圖。

【主要元件符號說明】

10：電化電池

11：陰極活性層

12：陰極基底或電流收集器

13：陽極活性層

14：陽極基底或電流收集器

15、15'：奈米複合材料隔膜層

17：多孔隔膜

90：堆疊組件

200～242：步驟

五、中文發明摘要：

一種電化電池（諸如鋰離子電化電池），具有：(a) 正電極；(b) 負電極；(c) 多孔無機/有機複合層，介於正電極與負電極之間；以及(d) 電解質，包含鋰鹽與非水溶劑。所述複合層包括無機奈米粒子與黏結劑，以形成奈米複合材料隔膜（NCS）。除了複合層之外，此電化電池更包括多孔隔膜。

六、英文發明摘要：

An electrochemical cell, such as Li-Ion, having (a) a positive electrode; (b) a negative electrode, (c) a porous inorganic/organic composite layer interposed between the positive electrode and the negative electrode, and (d) an electrolyte comprising a lithium salt and a non-aqueous solvent. The composite layer includes inorganic nanoparticles and a binder to form a nanocomposite separator (NCS). In addition to the composite layer, the electrochemical cell includes a porous separator.

十、申請專利範圍：

1.一種鋰離子電化電池，包括：(a)正電極；(b)負電極；(c)多孔無機與有機複合膜，介於所述正電極與所述負電極之間；以及(d)電解質，包含鋰鹽與非水溶劑，其中所述複合膜包括無機奈米粒子與黏結劑，且更包括(e)多孔或無孔隔膜，鄰接著所述複合膜，其中所述複合膜與所述多孔或無孔隔膜的組合厚度不大於 25 μm 。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之鋰離子電化電池，其中所述隔膜包括一層聚乙烯氧化物。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之鋰離子電化電池，其中所述膜是在電化學穩定的聚合物基質中包含粒子尺寸不到 1 μm 的電化學穩定的無機粒子的複合層，且所述膜具有至少雙峰式孔分佈，其中第一種小孔實質上均勻地分佈在所述層中，以及一個或多個大孔隨機地分佈在所述層中，其中所述孔的尺寸是奈米級的。

4.如申請專利範圍第 3 項所述之鋰離子電化電池，其中第一種小孔的尺寸是在 5~100nm 的範圍內。

5.如申請專利範圍第 3 項所述之鋰離子電化電池，其中大孔的尺寸是在 100~500nm 的範圍內。

6.如申請專利範圍第 3 項所述之鋰離子電化電池，其中所述粒子是實質上單分散的，且粒子尺寸是在 10~50nm 範圍內。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之鋰離子電化電池，其中所述黏結劑是介於所述無機與有機複合膜的 5%與 60%

之間。

8.如申請專利範圍第 1 項所述之鋰離子電化電池，其中所述多孔隔膜是包含直徑大於 50~100Å 的孔的微孔聚烯烴隔膜，且包括聚丙烯膜與聚乙烯膜的至少其中之一。

9.如申請專利範圍第 1 項所述之鋰離子電化電池，其中所述多孔隔膜是用纖維製成的非纖維物材料。

10.如申請專利範圍第 9 項所述之鋰離子電化電池，其中所述纖維是透過摩擦力、內聚力以及黏結力的至少其中之一而結合在一起。

11.如申請專利範圍第 1 項所述之鋰離子電化電池，其中所述多孔或無孔隔膜具有 9μm 至 15μm 範圍內的厚度。

12.如申請專利範圍第 1 項所述之鋰離子電化電池，其中所述複合膜具有 2μm 至 16μm 範圍內的厚度。

13.如申請專利範圍第 1 項所述之鋰離子電化電池，其中所述複合膜具有大於 25% 的孔容積分率。

14.如申請專利範圍第 1 項所述之鋰離子電化電池，其中所述複合膜包括重量比是 95:5 至 40:60 的所述無機粒子與聚合物黏結劑。

15.如申請專利範圍第 1 項所述之鋰離子電化電池，其中所述膜的所述無機部分是選自矽石、礬土、氧化鈦、天然沸石與合成沸石以及其他具有適當粒子尺寸的電化學穩定的無機粒子所組成的群組。

16.一種電極/隔膜組件，用於電化電池中，所述電極/隔膜組件包括：

電流收集器；

電極層，黏結到所述電流收集器上，所述電極層包括至少電活性粒子與黏結劑；

多孔複合層，包括無機粒子，所述無機粒子實質上均勻地分佈在聚合物基質中以形成奈米孔，其中所述複合層是透過所述複合層與所述電極層之間的介面上的溶劑熔接來固定在所述電極層上，所述溶劑熔接包括所述黏結劑與所述聚合物的混合；以及

多孔或無孔隔膜，經配置以鄰接著所述複合層，其中所述複合層與所述多孔隔膜的組合厚度不大於 25 μm 。

17.如申請專利範圍第 16 項所述之電極/隔膜組件，其中所述隔膜包括一層聚乙烯氧化物。

18.如申請專利範圍第 16 項所述之電極/隔膜組件，其中在所述聚合物基質中，所述粒子具有不到 1 μm 的粒子尺寸，所述層具有至少雙峰式孔分佈，其中第一種小孔實質上均勻地分佈在所述層中，且一個或多個大孔隨機地分佈在所述層中，其中所述孔的尺寸是奈米級的。

19.如申請專利範圍第 18 項所述之電極/隔膜組件，其中第一種小孔的尺寸是在 5~100nm 的範圍內。

20.如申請專利範圍第 18 項所述之電極/隔膜組件，其中大孔的尺寸是在 100~500nm 的範圍內。

21.如申請專利範圍第 18 項所述之電極/隔膜組件，其中所述粒子是實質上單分散的，且粒子尺寸是在 10~50nm 範圍內。

22.如申請專利範圍第 16 項所述之電極/隔膜組件，其中所述黏結劑是介於無機/有機複合物的 5% 與 60% 之間。

23.如申請專利範圍第 16 項所述之電極/隔膜組件，其中所述多孔隔膜是包含直徑大於 50~100Å 的孔的微孔聚烯烴隔膜，且包括聚丙烯膜與聚乙烯膜的至少其中之一。

24.如申請專利範圍第 16 項所述之電極/隔膜組件，其中所述多孔隔膜是用纖維製成的非纖維物材料。

25.如申請專利範圍第 24 項所述之電極/隔膜組件，其中所述纖維是透過摩擦力、內聚力以及黏結力的至少其中之一而結合在一起。

26.如申請專利範圍第 16 項所述之電極/隔膜組件，其中所述多孔隔膜具有 9μm 至 15μm 範圍內的厚度。

27.如申請專利範圍第 16 項所述之電極/隔膜組件，其中所述複合層具有 2μm 至 16μm 範圍內的厚度。

28.如申請專利範圍第 16 項所述之電極/隔膜組件，其中所述複合層具有大於 25% 的孔容積分率。

29.如申請專利範圍第 16 項所述之電極/隔膜組件，其中所述複合層包括重量比是 95:5 至大約 40:60 的所述無機粒子與聚合物黏結劑。

30.如申請專利範圍第 16 項所述之電極/隔膜組件，其中所述複合層的所述無機部分是選自矽石、礬土、氧化鈦、天然沸石與合成沸石以及其他具有適當粒子尺寸的電化學穩定的無機粒子所組成的群組。

31.一種製備用於電化電池的電極/隔膜組件的方法，

包括：

提供電極層，所述電極層包括至少電活性粒子與黏結劑；

提供塗佈溶液，所述塗佈溶液包括聚合物、所述聚合物的溶劑系統以及散佈在所述溶劑中的無機粒子，其中所述溶劑系統經選擇以對於所述電極層的所述黏結劑具有至少一些溶解度；

用一層所述塗佈溶液來塗佈所述電極層的表面，其中所述塗佈溶液滲透所述電極層的所述厚度的一部分，且溶解所述黏結劑的一部分；

從所述塗佈溶液層中清除所述溶劑，以沈積包含所述無機粒子的多孔複合層，從而在所述電極層與所述多孔複合層之間的介面上形成溶劑熔接，其中所述無機粒子實質上均勻地分佈在所述聚合物中；以及

鄰接著所述多孔複合層來提供多孔或無孔隔膜，其中所述複合膜與所述多孔隔膜經配置以使得其組合厚度不大於 25 μ m，且所述塗佈溶液中無機粒子與聚合物的重量比是 95:5 至 40:60。

32.如申請專利範圍第 31 項所述之製備用於電化電池的電極/隔膜組件的方法，其中所述多孔複合層具有至少 25%的孔容積分率。

33.如申請專利範圍第 31 項所述之製備用於電化電池的電極/隔膜組件的方法，其中所述塗佈溶液中所述無機粒子與所述聚合物的重量比是 65:35 至 45:55。

34.如申請專利範圍第 31 項所述之製備用於電化電池的電極/隔膜組件的方法，其中所述塗佈溶液滲透所述電極層的所述厚度高達 90%。

35.如申請專利範圍第 31 項所述之製備用於電化電池的電極/隔膜組件的方法，其中塗佈是利用噴塗法、刮刀法、狹縫塗佈法、凹版塗佈法、噴墨列印法、旋轉塗佈法、浸漬塗佈法以及網板印染法所組成之群組中所選的一種技術來實施。

36.如申請專利範圍第 35 項所述之製備用於電化電池的電極/隔膜組件的方法，其中噴塗所述電極的表面包括在所述電極的所述表面上噴塗多層所述塗佈溶液。

37.如申請專利範圍第 36 項所述之製備用於電化電池的電極/隔膜組件的方法，更包括在每個噴塗步驟之間對塗佈的所述層進行乾燥。

38.如申請專利範圍第 31 項所述之製備用於電化電池的電極/隔膜組件的方法，其中清除所述溶劑包括蒸發所述溶劑。

39.如申請專利範圍第 31 項所述之製備用於電化電池的電極/隔膜組件的方法，其中清除所述溶劑包括利用一種非所述聚合物之溶劑的材料來萃取所述溶劑。

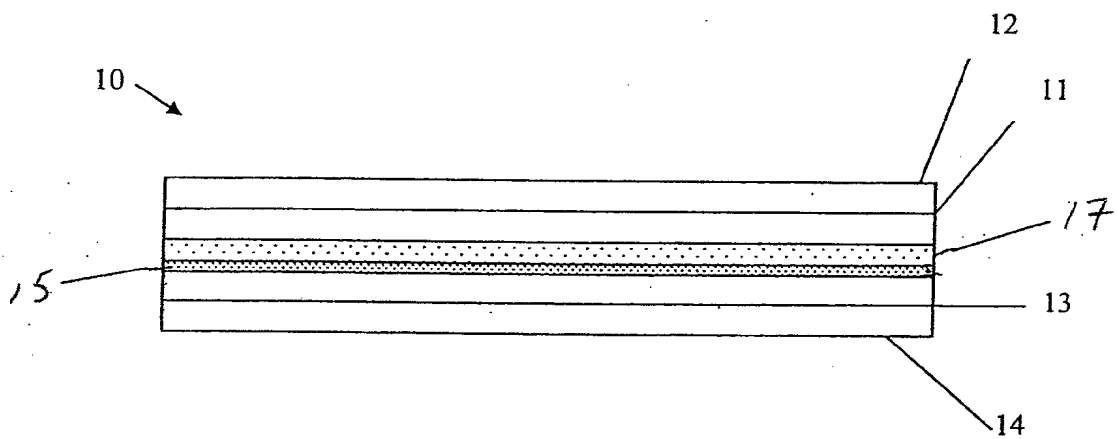


圖 1

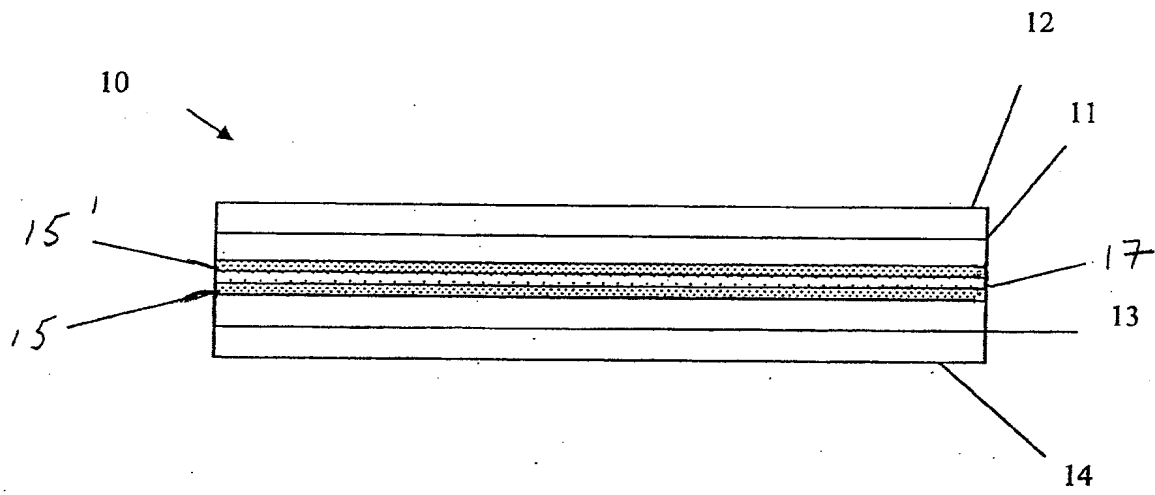


圖 2A

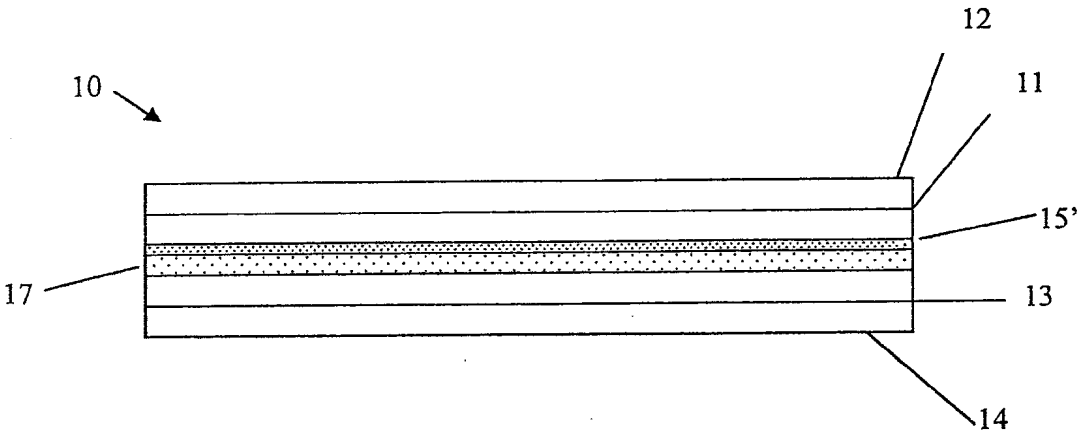


圖 2B

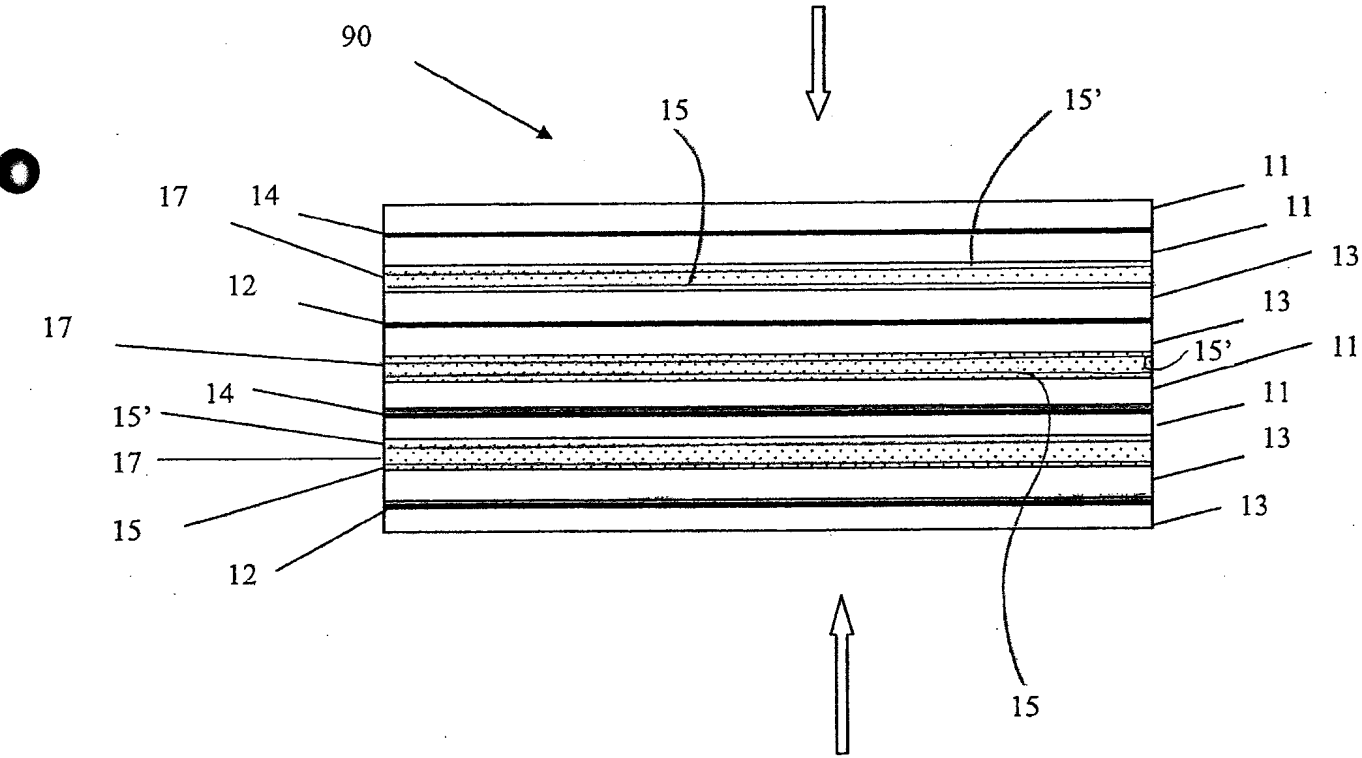


圖 3

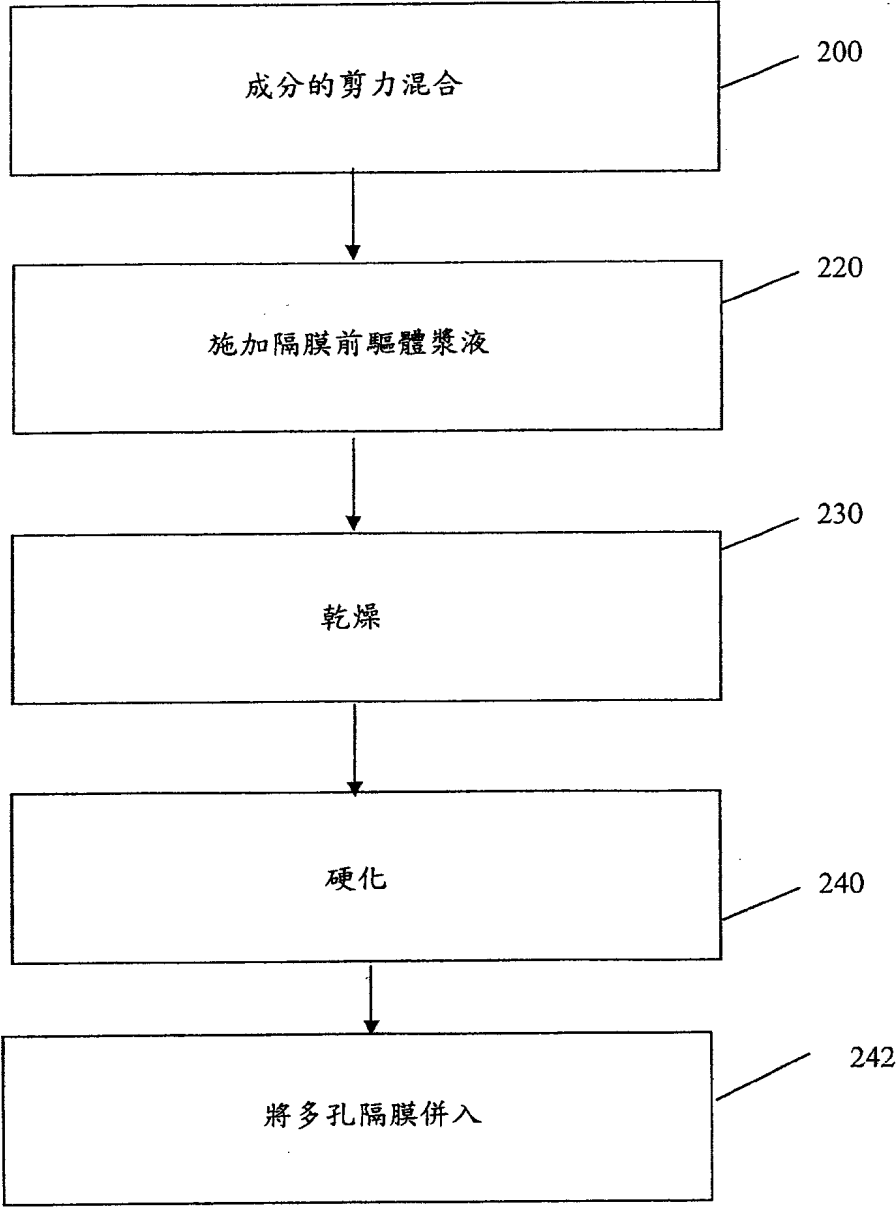


圖 4



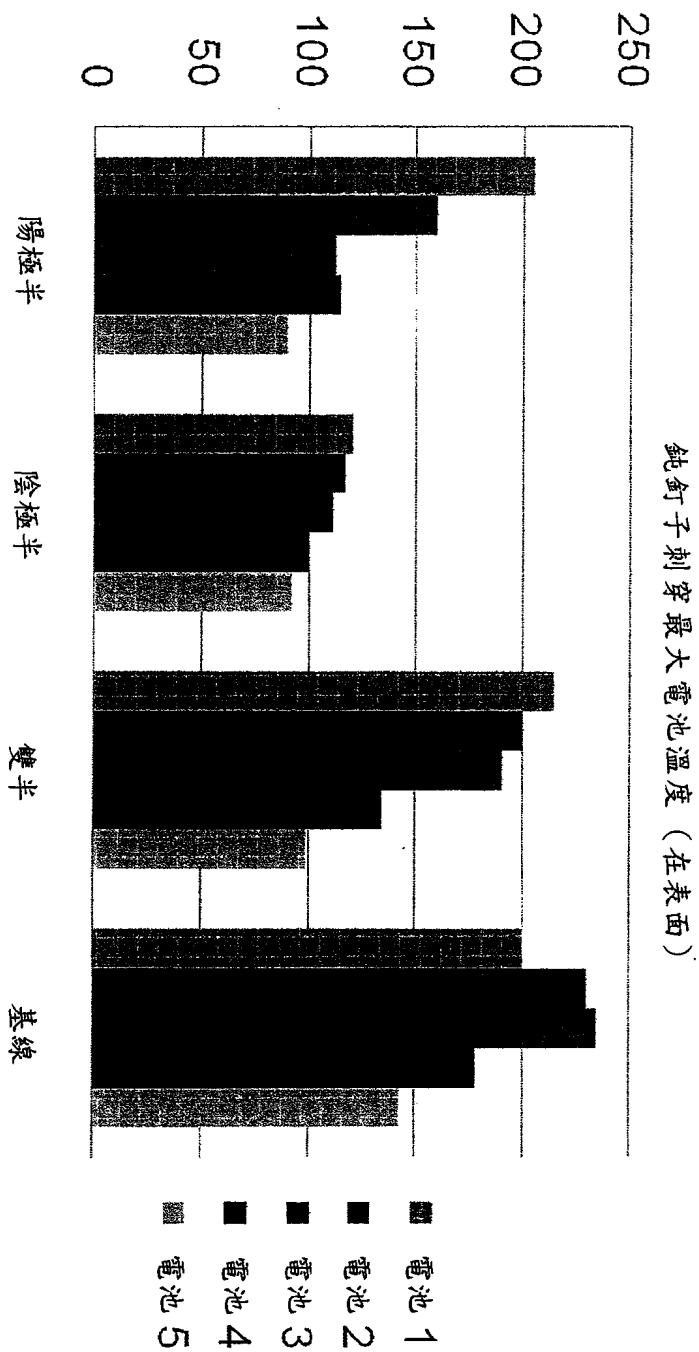


圖 6

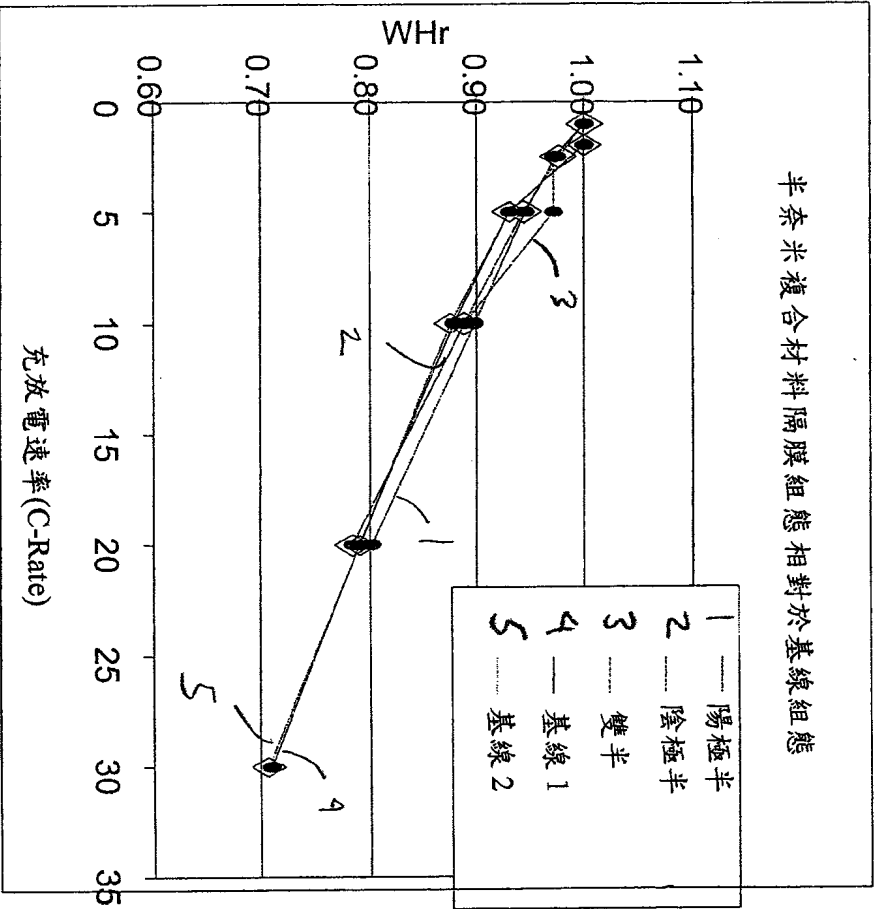
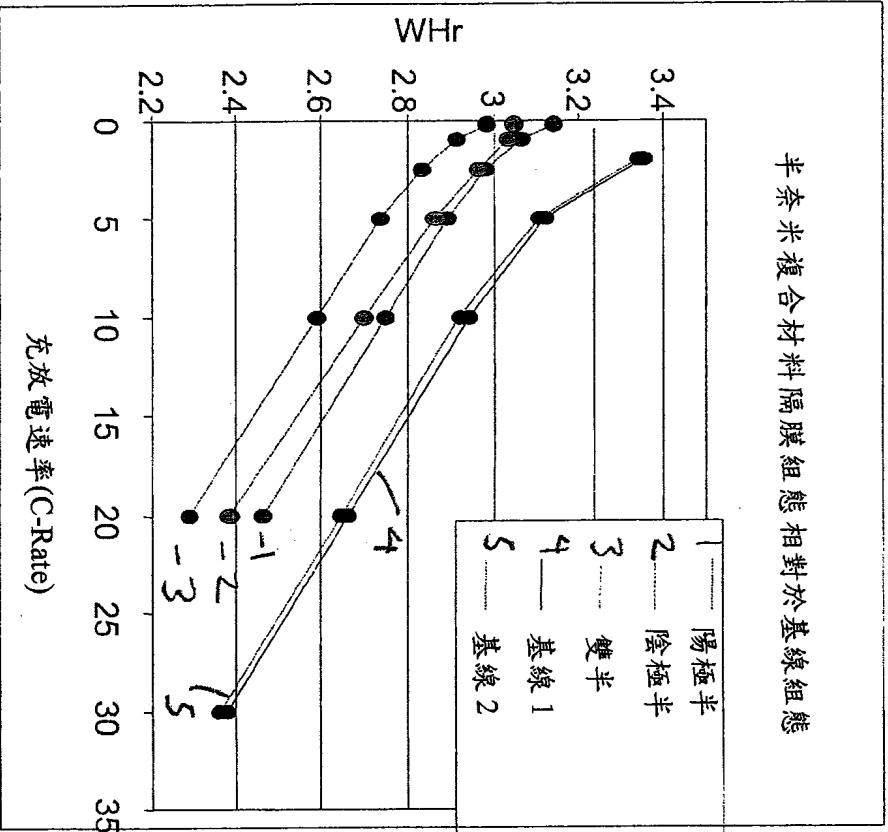


圖 7

高脈衝功率特性測試

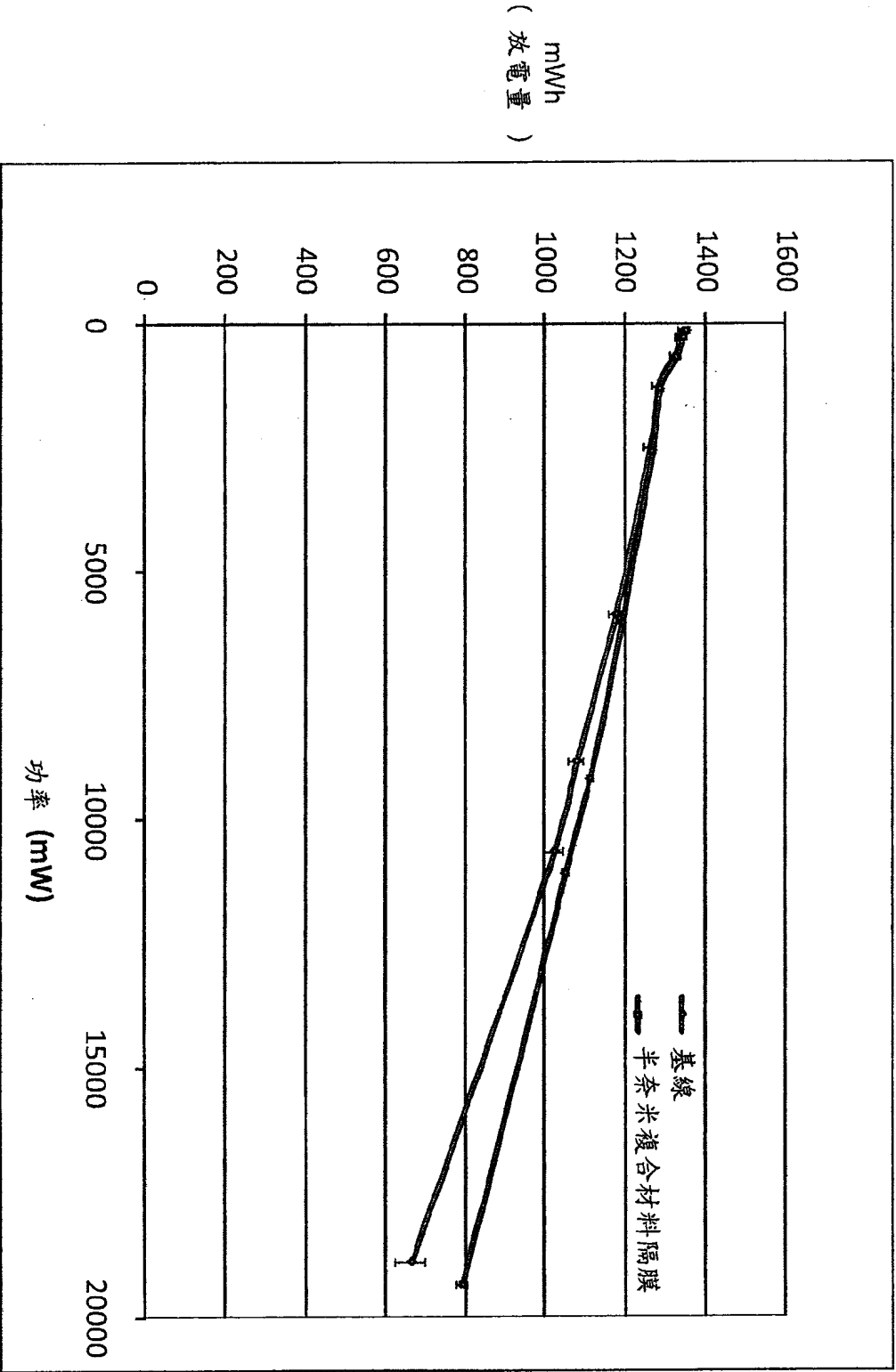


圖 8

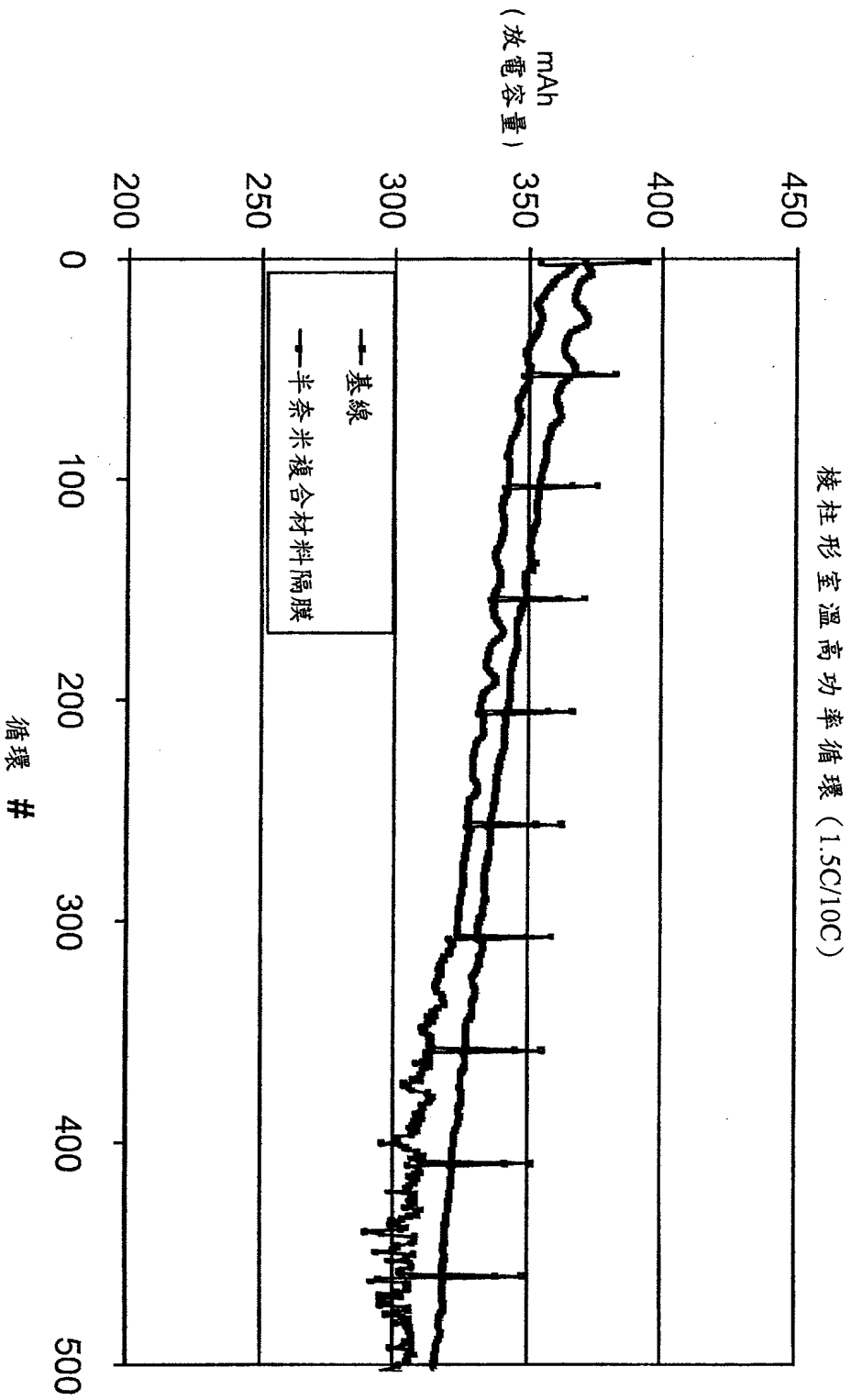


圖 9

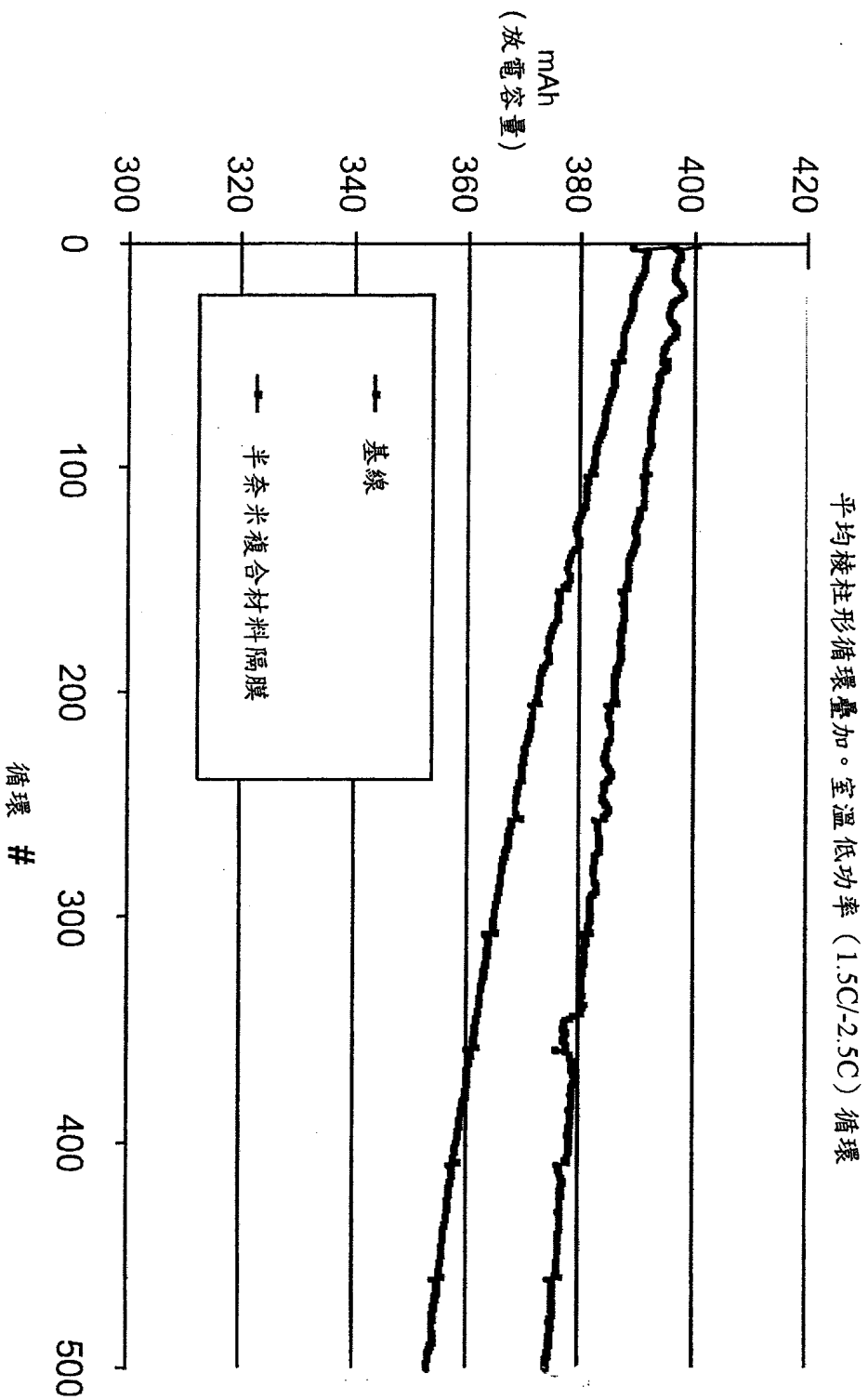


圖 10

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10：電化電池

11：陰極活性層

12：陰極基底或電流收集器

13：陽極活性層

14：陽極基底或電流收集器

15：奈米複合材料隔膜層

17：多孔隔膜

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