



(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 201626622 A

(43)公開日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：104139214

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 11 月 25 日

(51)Int. Cl. : *H01M4/46 (2006.01)*

H01M4/36 (2006.01)

H01M10/054 (2010.01)

H01M10/04 (2006.01)

(30)優先權：2014/11/26 美國

62/084,631

(71)申請人：3 M新設資產公司 (美國) 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY (US)
美國

(72)發明人：歐布萊維克 馬克 尼可拉斯 OBROVAC, MARK NIKOLAS (CA)；普賽爾 瑪麗
艾琳 PURCELL, MARY IRENE (CA)；傳恩 土恩 泰昂 TRAN, TUAN THANH
(VN)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：9 項 圖式數：6 共 24 頁

(54)名稱

用於鎂電池的陽極材料以及製作其之方法

ANODE MATERIALS FOR MAGNESIUM BATTERIES AND METHODS OF MAKING SAME

(57)摘要

一種電化學活性材料，其包括一電化學活性相，該電化學活性相包括元素鉛。以該電化學活性材料的總化學組成物計，該電化學活性材料包括至少 20 原子%元素鉛。

An electrochemically active material includes an electrochemically active phase that includes elemental lead. The electrochemically active material includes at least 20 atomic % elemental lead based on the total chemical composition of the electrochemically active material.

指定代表圖：

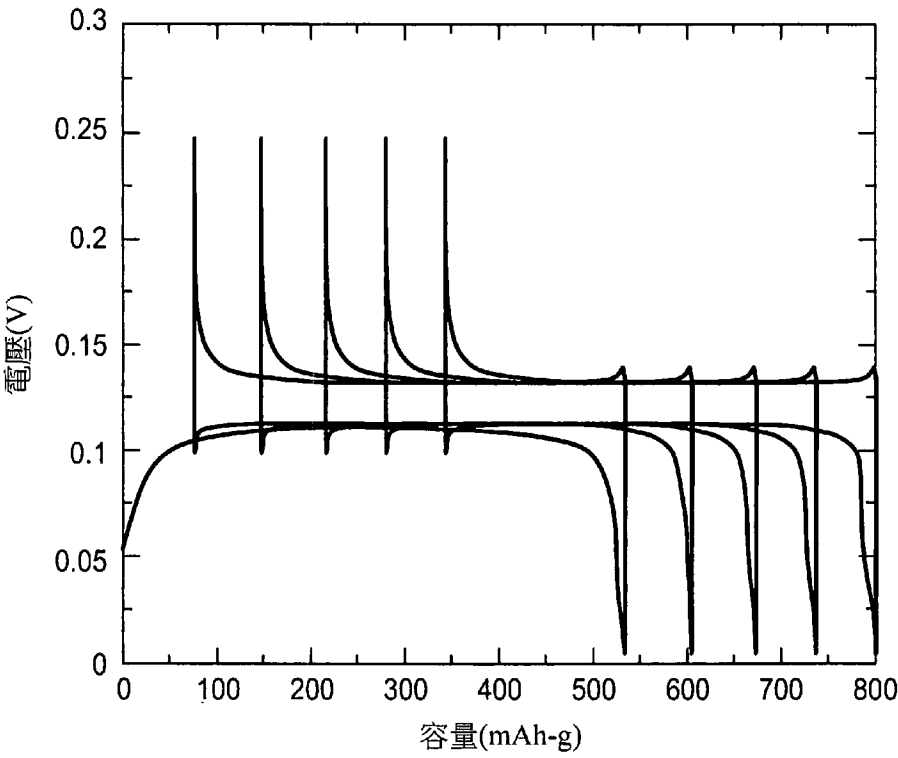


圖1

發明摘要

※ 申請案號：104139214

※ 申請日：104.11.25 ※ IPC 分類：

H01M 4/46 (2010.01)

H01M 4/36 (2006.01)

H01M 10/054 (2010.01)

H01M 10/04 (2006.01)

【發明名稱】 用於鎂電池的陽極材料以及製作其之方法

ANODE MATERIALS FOR MAGNESIUM

BATTERIES AND METHODS OF MAKING SAME

【中文】

一種電化學活性材料，其包括一電化學活性相，該電化學活性相包括元素鉛。以該電化學活性材料的總化學組成物計，該電化學活性材料包括至少 20 原子%元素鉛。

【英文】

An electrochemically active material includes an electrochemically active phase that includes elemental lead. The electrochemically active material includes at least 20 atomic % elemental lead based on the total chemical composition of the electrochemically active material.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】 用於鎂電池的陽極材料以及製作其之方法

ANODE MATERIALS FOR MAGNESIUM

BATTERIES AND METHODS OF MAKING SAME

【技術領域】

【0001】 本揭露係關於有用於鎂電池之陽極的組成物以及製備與使用該等組成物的方法。

【先前技術】

【0002】 已導入有多種用於二次鎂電池(secondary magnesium batteries)中的陽極組成物。此類組成物係說明於例如 Nikhilendra Singh et al., Chem Commun. 49 (2013) 149, and Timothy S. Arthur, Nikhilendra Singh, and Masaki Matsui, Electrochem. Commun., 16 (2012) 103 中。

【發明內容】

【0003】 在一些實施例中，提供一種電化學活性材料。該電化學活性材料包括一電化學活性相，該電化學活性相包括元素鉛(elemental lead)。以該電化學活性材料的總化學組成物計，該電化學活性材料包括至少 20 原子%元素鉛。

【0004】 在一些實施例中，提供一種鎂電池。該電池包括一正電極，其包括一正電極組成物。此電池進一步包括一電解質，其包括鎂。該電池進一步包括一負電極，該負電極包括一負電極組成物，該負電極組成物包括如上所述之電化學活性材料。

【0005】 在一些實施例中，提供一種製作一鎂電池之方法。該方法包括提供一正電極，該正電極包括一正電極組成物。該方法進一步包括提供一負電極，該負電極包括一負電極組成物，該負電極組成物包括如上所述之電化學活性材料。該方法進一步包括提供一電解質，該電解質包括鎂。該方法進一步包括將該正電極、該負電極及該電解質併入至一電池中。

【0006】 上述發明內容並非意欲說明本發明的各個實施例。本揭露之一或多個實施例之細節亦在底下的說明中提出。本發明的其他特徵、目標、以及優點將會於實施方式以及申請專利範圍顯而易見。

【圖式簡單說明】

【0007】 經由搭配附圖思考如下所述本揭露各個實施例之實施方式，可更完整地理解本揭露，其中：

圖 1 顯示實例 1 的電化學電池之電壓曲線；

圖 2 顯示實例 1 的電化學電池之容量對循環數(capacity vs. cycle number)。

圖 3 顯示實例 1 的負電極組成物在從完全放電之電化學電池移除後的 X 射線繞射圖案。

圖 4 顯示實例 1 的負電極組成物在從一完全電化學電池移除後之 X 射線繞射圖案，該電池係在完全放電後再充電。

圖 5 顯示實例 2 的電化學電池之電壓曲線；

圖 6 顯示實例 2 的電化學電池之容量對循環數(capacity vs. cycle number)。

【實施方式】

【0008】 理論上，鎂電池（其就本揭露目的而言為包括鎂電池及鎂離子電池）可具有比鋰離子電池更高的能量密度。然而，鎂金屬無法由習知的極性有機溶劑鍍覆(plated)或剝除(stripped)。現今，使用格任亞試劑(Grignard reagent)而可逆地剝除或鍍覆鎂。然而，此類電解質係高毒性且高度可燃。已有提出用於鎂電池中之其他電解質溶劑，但鎂沉積物的性質未完全特徵化。結果為，需要識別用於在負電極的鎂之主體材料(host material)，其可在較廣範圍的電解質溶劑中具有活性，且其可避免任何由反覆之鎂金屬鍍覆和剝除所產生的樹枝狀(dendritic)鎂。

【0009】 已證明包含可與鎂形成合金之元素的電極可用於鎂電池中作為負電極。與一純 Mg 電極相比，此類合金電極已證明能在習知電解質中運作。然而，此類合金電極之速率能力(rate capability)在鎂電池中可能是慢的，導致在大於 C/100 的充電速率時之低容量。

【0010】 大致而言，本申請係關於負電極組成物（例如用於鎂電池），該等負電極組成物包括元素鉛。已發現對用於鎂電池之負電極而言，鉛為一超高能量密度之材料。據信，於用於鎂電池的電極中使用鉛能夠適用於較廣範圍的電解質，並改善鎂電池之安全特性。

【0011】 在此文件中：

用語「進行鎂化(magnesiates)」及「鎂化(magnesiates)」係指用於添加鎂至一電極材料之一程序；

用語「進行去鎂化 (de magnesiate)」及「去鎂化 (de magnesiatioin)」係指用於自一電極材料移除鎂之一程序；

用語「充電(charge)」及「進行充電(charging)」係指用於提供電化學能量至一電池之一程序；

用語「放電(discharge)」及「進行放電(discharging)」係指用於自一電池移除電化學能量之一程序，例如在使用該電池執行所需工作時；

用語「陰極(cathode)」係指在放一電程序期間發生電化學還原及鎂化的一電極（通常稱作正電極）；

用語「陽極(anode)」係指在一放電程序期間發生電化學氧化及去鎂化的一電極（通常稱作負電極）；

用語「合金(alloy)」係指包括金屬、類金屬及半金屬之任意者或全部的一物質；

片語「電化學活性材料(electrochemically active material)」係指可包括一單一相或複數相之一材料，其在一鎂電池中之充電及放電期間一般會遇到的條件下可逆地與鎂反應；

片語「電化學活性材料(electrochemically active material)」或「活性材料(active material)」係指一活性材料，該活性材料為鎂電池的陽極之一組分；

片語「電化學活性相(electrochemically active phase)」或「活性相(active phase)」係指一電化學活性材料之相，其在一鎂電池中之充電及放電期間典型會遇到的條件下可逆地與鎂反應；

片語「電化學非活性相(electrochemically inactive phase)」或「非活性相(inactive phase)」係指一電化學活性材料之相，其在一鎂電池中之充電及放電期間典型會遇到的條件下不與鎂反應；

片語「電化學活性化學元素(electrochemically active chemical element)」或「活性化學元素(active chemical element)」係指在一鎂電池中之充電及放電期間典型會遇到的條件下可逆地與鎂反應之化學元素；

片語「電化學非活性化學元素(electrochemically inactive chemical element)」或「非活性化學元素(inactive chemical element)」係指在一鎂電池中之充電及放電期間典型會遇到的條件下不與鎂反應之化學元素；

如本文中所用者，單數形式「一(a/an)」與「該(the)」皆包括複數個被指稱物(referents)，除非內文明確地另有所指。如本說明書以及隨附實施例中所使用，「或(or)」一詞通常是用來包括「及/或(and/or)」的意思，除非內文明確地另有所指。

【0012】 如本文中所使用，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）。

【0013】 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」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導而欲獲得之理想特性而有所變化。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。

【0014】 在一些實施例中，本揭露係關於一種用於一鎂電池中之電化學活性材料。舉例而言，該電化學活性材料可被併入至用於一鎂電池之一負電極中。

【0015】 在一些實施例中，該電化學活性材料可包括一或多個電化學活性相，其中該電化學活性相可為活性化學元素、活性合金或其組合之形式，或該電化學活性相可包括活性化學元素、活性合金或其組合。在一些實施例中，該電化學活性相可包括元素鉛。此外，該電化學活性相可包括 Sn、Bi、Sb、P、S、或其組合。在一些實施例中，該電化學活性相可進一步包括一或多個非活性化學元素、非活性合金、或其組合，包括 Ti、V、Cr、Fe、Mn、Fe 及 Co。在一些實施例中，該電化學活性材料可含有 Mg。

【0016】 在一些實施例中，該電化學活性材料可進一步包括一電化學非活性相，以使該電化學活性相及該電化學非活性相共用至少一個共同相界(common phase boundary)。在多種實施例中，該電化學非活性相可為一或多個電化學非活性化學元素之形式、或該電化學非活性相可包括一或多個電化學非活性化學元素，包括過渡金屬（例如鈦、鈮、鉻、錳、鐵、鈷）、鹼土金屬、稀土金屬、或其組合。在多種實施例中，該電化學非活性相可以一合金形式存在。在多種實施例中，該電化學非活性相可包括一過渡金屬或過渡金屬的組合。在一些實施例中，該電化學非活性相可進一步包括一或多個活性化學元素，

包括錫、碳、鎂、銦、矽、鎳、鉛、銻、銻或其組合。在一些實施例中，該電化學非活性相可包括化合物，諸如矽化物(silicides)、鋁化物(aluminides)、硼化物(borides)、氮化物(nitrides)、或錫化物(stannides)。該電化學非活性相可包括氧化物，諸如鈦氧化物、鋅氧化物、矽氧化物、鋁氧化物或鈉鋁氧化物(sodium-aluminum oxide)。

【0017】 在一些實施例中，該電化學活性材料可包括：以該電化學活性材料之總體積計，至少 10 vol. %之 Pb、至少 40 vol. %之 Pb、至少 70 vol. %之 Pb、或至少 90 vol. %之 Pb。在一些實施例中，該電化學活性材料可包括：以該電化學活性材料之總化學組成計，至少 20 原子%之 Pb、至少 60 原子%之 Pb、至少 80 原子%之 Pb、或至少 90 原子%之 Pb。在一些實施例中，該電化學活性材料可包括：以該電化學活性材料之總體積計，不超過 80 vol. %之一非活性相、不超過 60 vol. %之一非活性相、不超過 30 vol. %之一非活性相、或不超過 10%之一非活性相。在一些實施例中，該電化學活性材料基本上由純 Pb 所組成。

【0018】 在一些實施例中，本揭露係進一步關於使用於鎂電池中的負電極組成物。該等負電極組成物可包括如上所述的電化學活性材料。此外，該等負電極組成物可包括一或多種添加劑，諸如用於塗布黏性修飾(coating viscosity modification)的黏合劑、導電性稀釋劑、填料、助黏劑、增稠劑，例如羧甲基纖維素、聚丙烯酸、聚偏二氟乙烯、聚丙烯酸鋰、碳黑、及其他所屬技術領域中具通常知識者所習知的添加劑。

【0019】 在一些實施例中，本揭露係進一步關於使用於鎂電池中的負電極。該等負電極可包括一電流收集器，該電流收集器上配置有如上所述之負電極組成物。該電流收集器可由諸如一金屬的一導電材料所形成。

【0020】 在一些實施例中，本揭露係進一步關於鎂電池。除如上所述的負電極之外，該鎂電池可包括一正電極，該正電極包括一正電極組成物、以及包括鎂的一電解質組成物。

【0021】 在一些實施例中，有用的正電極組成物可包括 Mo_6S_8 、 MgMnSiO_4 、 MgFeSiO_4 或 MgCoSiO_4 或其他任何已知用於鎂電池之正電極的有用材料。

【0022】 在多種實施例中，有用的電解質組成物可為液體、固體或膠體之形式。該電解質組成物可包括鹽類及溶劑。固體電解質溶劑之實例包括聚合物，諸如聚環氧乙烷、聚四氟乙烯、含氟共聚物、及其組合。液體電解質溶劑之實例包括碳酸仲乙酯、碳酸二乙酯、碳酸丙烯酯、氟代碳酸乙烯酯、四氫呋喃(THF)、乙腈、及其組合。在一些實施例中，該電解質溶劑可包含甘醇二甲醚類(glymes)，包括單甘醇二甲醚(monoglyme)、二甘醇二甲醚(diglyme)及較高級的二甲醚類，諸如四甘醇二甲醚(tetraglyme)。電解質鹽類之實例包括含鎂之鹽類，諸如 $\text{Mg}(\text{PF}_6)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ 、 $\text{Mg}[\text{N}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2]_2$ 、 $\text{Mg}(\text{CF}_3\text{SO}_3)_2$ 以及 NaBF_4 。在一些實施例中，該電解質鹽類可包括鹵化鎂(magnesium halide)，包括 MgCl_2 、 MgBr_2 或 MgF_2 ，且可進一步包括路易士酸性化合物，諸如 AlCl_3 。在一些實施例中，格任亞試劑可用作為電解質，

包括在四氫呋喃(THF)溶劑中的鎂質有機鹵素鋁酸鹽。在一些實施例中，可使用於 WO 2013/122783 中說明之電解質組成物，該案件之全文以引用方式併入本文中。

【0023】 在一些實施例中，該鎂電池可進一步包括一微多孔分隔件，諸如可得自 Celgard LLC, Charlotte, N.C.的微多孔材料。該分隔件可併入至電池中，並用以防止該負電極直接與該正電極接觸。

【0024】 所揭露的鎂電池可用於各種裝置，包括但不限於可攜式電腦、平板顯示器、個人數位助理、行動電話、動力裝置（如個人或家用電器及載具）、儀器、照明裝置（如手電筒）及加熱裝置。可結合本揭露的一或多個鎂電池以提供電池組(battery pack)。

【0025】 本揭露進一步關於製作如上所述的電化學活性材料之方法。在一些實施例中，該等材料可藉由已知用來製造金屬或合金的膜、帶狀物或顆粒之方法製作，包括冷軋(cold rolling)、電弧熔解(arc melting)、電阻加熱(resistance heating)、球磨(ball milling)、濺鍍(sputtering)、化學氣相沉積(chemical vapor deposition)、熱蒸發(thermal evaporation)、原子化(atomization)、感應加熱(induction heating)、或熔紡(melt spinning)。如上所述的活性材料亦可經由金屬氧化物或硫化物的還原而製作。

【0026】 本揭露進一步關於製作負電極的方法，該等負電極包括如上所述的負電極組成物。在一些實施例中，該方法可包括：在合適的塗布溶液內（諸如水或 N-甲基吡咯烷酮(NMP)），混合如上所述之該等電化學活性材料與任何添加劑，如用於塗布黏性修飾的黏合劑、

導電性稀釋劑、填料、助黏劑、增稠劑液及其他所屬技術領域中具通常知識者所習知的添加劑，以形成塗布分散液或塗布混合物。可充分混合該分散液，接著藉由任何合適的塗布技術，諸如刮刀塗布、凹口棒塗布、浸塗、噴塗、電噴塗或凹版塗布，而施加於一箔電流收集器。該電流收集器可為導電金屬之薄箔，例如銅、鋁、不銹鋼或鎳箔。該漿料可塗布至該電流收集器箔上，然後使其在空氣或真空中乾燥，接著可選地在一加熱爐內乾燥，通常在約 80°C 至約 300°C 下持續約一個小時，以移除溶劑。

【0027】 本揭露係進一步關於製作鎂電池之方法。在多種實施例中，該方法可包括提供一如上所述之負電極、提供一正電極、以及將該負電極及該正電極併入至包含一含鎂電解質之一電池中。

【0028】 本揭露之作業將以底下詳細的實例予以進一步說明。所提供的這些實例係用於進一步說明多種具體實施例及技術。然而，應理解的是，可進行許多變異及改良而仍在本揭露之範疇內。

實例

試驗方法以及製備程序

X 射線繞射(XRD)試驗方法

【0029】 使用可得自 Rigaku Americas Corporation, Woodlands, Texas 之配備有一 Cu K_α 輻射源的 ULTIMA IV X-RAY DIFFRACTOMETER、以及具有石墨繞射光束單色器(graphite diffracted beam monochromator)之閃爍偵檢器(scintillation

detector)，在 Pb 基(Pb based)電極上執行 XRD 量測。以 20 度 2- θ ，每步 0.05 度(0.05 degrees per step)以及 1 秒的計數時間(count time)進行量測。Pb 電極的 XRD 量測係在原位外(ex-situ)（即，在含該等電極的 Conflat 型電池進行如下循環後：以 C/40 速率，相對於 Mg 5 mV 及 250 mV 之間(between 5mV and 250 mV vs. Mg)在 $60 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ，進行 1 及 1.5 個循環）藉由拆卸電池、在 THF 中沖洗工作電極以及在真空中使溶劑蒸發乾燥來進行。接著，在 XRD 量測之前，於氬氣環境下將該電極密封於空氣敏感(air sensitive)之 X 射線固持器中。

恆定電流循環(Constant Current Cycling)試驗方法

【0030】 電池係經循環，其使用可得自 Maccor, Inc., Tulsa, Oklahoma 之 SERIES 4000 AUTOMATED TEST SYSTEM，以 C/40 速率，相對於 Mg 5 mV 及 250 mV 之間在 $60 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ，進行至少 10 個循環。在恆定電流循環之前，該電池最初保持在一恆定電壓 5 mV 持續 3 分鐘，然後使其在開路電壓(open circuit voltage)下靜置數分鐘。假如省略此步驟，在電池放電期間，觀察到電解質在 Pb 表面上分解，且未發生鎂化。以完全鎂化的 Mg_2Pb 之形成為基礎，計算 C 速率(C-rate)。

Conflat 型電池製備方法

【0031】 使用一經濺鍍盤或複合鉛電極及 Mg 箔（99.95%，0.25 mm 厚，Gallium Source, LLC, Scotts Valley, California）相對/參考電極，來建構配備有 PTFE 墊片的 2 電極 Conflat 型電池(DPM Solutions Inc., Hebbville, Nova Scotia, Canada)。在各電池中使用可得自

Celgard, LLC, Charlotte, North Carolina 的兩層 CELGARD 2300 分隔件，其之間具有一層 0.1 mm 厚、1.1 mg/cm²、可得自 3M Company, St. Paul, Minnesota 之聚乙烯吹製微纖維(BMF)分隔件。在該等電池中使用於四氫呋喃（THF，< 2 ppm H₂O，99.9%，無抑制劑，Sigma Aldrich）中的 0.5 M 氯化乙基鎂(EtMgCl, Sigma Aldrich Corporation, St. Louis, Missouri)之一電解質溶液。所有電池均在一填充有氬氣之手套箱(glovebox)中建構。

實例 1

【0032】 使用一經改良的 V-3T 濺鍍沉積系統(Corona Vacuum Coaters Inc., Vancouver, British Columbia, Canada)，藉由將 Pb 濺鍍沉積至 13 mm 的不銹鋼(SS)箔盤上來製備一 Pb 電極。在沉積程序期間，使用 7.6×10^{-7} 托的基礎壓力(base pressure)與 3.1 毫托氬氣壓力，以及 35 W 之目標功率。為了判定該經濺鍍的 Pb 膜之質量，使用可得自 Satorius AG, Göttingen, Germany 之 Satorius SE-2 microbalance ($\pm 0.1 \mu\text{g}$ 之解析度)，在濺鍍前後對該等 SS 盤進行秤重。該經濺鍍的 Pb 膜之平均厚度係 0.24 μm 。在濺鍍後，馬上將該等盤轉移至填充有氬氣之手套箱中，以將 Pb 之氧化最小化。如上述「Conflat 型電池製備方法」中所敘述般，由濺鍍 Pb 電極製備 Conflat 型電池。接著，使該等電池進行循環、拆卸，並在該等 Pb 電極上進行原地外的 XRD 量測。

【0033】 一經濺鍍的 Pb 膜對以 C/40 速率循環的 Mg Conflat 型電池之電壓曲線顯示於圖 1 中。該電壓曲線由單一平線區(single plateau)組成，指示簡單的 2 相反應。該平線區具有約 125 mV 之低平均電壓，此為目前所報告之金屬之電化學鎂化的最低電壓。對於合金而言，在循環期間的電壓極化(voltage polarization)亦低(~ 25 mV)，指示良好的動力學(kinetics)。用於鎂化的可逆容量(reversible capacity)係約 450 mAh/g。此稍低於用於形成 Mg_2Pb 的理論容量(517 mAh/g)。此差異可歸因於衡量誤差(weighing error)。 Mg_2Pb 之形成對應於約 2200 Ah/L 的較大容積(volumetric capacity)，其大於鋰離子電池中之石墨的三倍，且為對於鎂合金所報告的最高容積。

【0034】 圖 2 顯示與圖 1 所示相同的經濺鍍 Pb 膜電極對。Mg Conflat 型電池的循環性能。在 13 個充電/放電循環中幾乎未觀察到容量衰退(capacity fade)。

【0035】 對經濺鍍的 Pb 膜之原地外 XRD 圖案進行量測，以判定 Pb 鎂化的機制，該等 Pb 膜係已在與如先前所述的電池之相同條件下，在 Mg 電池中進行循環。自一完全放電的 Conflat 型電池所移除之一經濺鍍 Pb 膜的原地外 XRD 圖案顯示於圖 3 中。該 XRD 圖案對應於具有微量未進行鎂化 Pb 的 Mg_2Pb 之形成。圖 4 顯示自一 Conflat 型電池移除的一經濺鍍 Pb 膜之 XRD 圖案，該 Conflat 型電池已經完全放電然後充電。該 XRD 圖案對應於 Pb 之圖案。該等原地外 XRD 結果指示在 Pb 的鎂化期間 Mg_2Pb 形成，且在去鎂化期間 Pb 重新形成。

實例 2

【0036】 複合電極係由 Pb 粉（~325 網目，99%，Sigma Aldrich）、聚(二氟亞乙烯) (KYNAR PVDF HSV 900, Arkamea, King Of Prussia, Pennsylvania)、以及 Super P 碳黑(EraChem, Europe)，以 80/10/10 的質量比例製作，並且自 NMP（無水 99.5%，Sigma Aldrich)澆鑄至不銹鋼箔上，接著在 120°C 下持續風乾 2 小時。平均電極負荷為 2.4 mg/cm²。

【0037】 如上述「Conflat 型電池製備方法」中所敘述般，由複合 Pb 電極製備 Conflat 型電池。接著，使該等電池以與實例 1 中相同之方式（C/40 速率）進行循環，包括在循環之前保持 5 mV 持續 3 分鐘。圖 5 及圖 6 顯示該 Pb 複合電極之循環性能及容量性能。該電池可逆地進行循環。該電壓曲線類似於實例 1 中之該經濺鍍的 Pb 電極，惟其容量少上許多。這可能是由於與先前實例中所使用的該濺鍍膜相比，Pb 顆粒的顆粒尺寸較大，而導致該電極僅部分鎂化。

【符號說明】

無

申請專利範圍

1. 一種電化學活性材料，該材料包含：
 - 一電化學活性相，其包含元素 Pb；
 - 其中以該電化學活性材料的總化學組成物計，該電化學活性材料包含至少 20 原子%元素鉛。
2. 如請求項 1 之電化學活性材料，其進一步包含一非活性相，該非活性相包含 Ti、V、Cr、Fe、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Al、Si、Zn 之一或多者、或其組合。
3. 如請求項 1 之電化學活性材料，其中該電化學活性相進一步包含電化學非活性元素，該等電化學非活性元素包括 Ti、V、Cr、Fe、Mn、Fe、Co、Ni 之一或多者、或其組合。
4. 如請求項 1 之電化學活性材料，其中該電化學活性材料進一步包含 Sn、Bi、Sb、S 或其組合。
5. 如請求項 1 之電化學活性材料，其中該電化學活性材料進一步包含 Mg。
6. 如請求項 1 之電化學活性材料，其中該電化學活性材料基本上由元素鉛組成。
7. 一種鎂電池，其包含：
 - 一正電極，其包含一正電極組成物；
 - 一電解質，其包含鎂；及
 - 一負電極，其包含一負電極組成物，該負電極組成物包含如請求項 1 至 6 中任一項之電化學活性材料。
8. 一種電子裝置，其包含如請求項 7 之一鎂電池。
9. 一種製作一鎂電池之方法，該方法包含：
 - 提供一正電極，其包含一正電極組成物；

提供一負電極，其包含一負電極組成物，該負電極組成物包含如請求項 1 至 6 中任一項之電化學活性材料；

提供一電解質，其包含鎂；及

將該正電極、該負電極、及該電解質併入至一電池中。

圖式

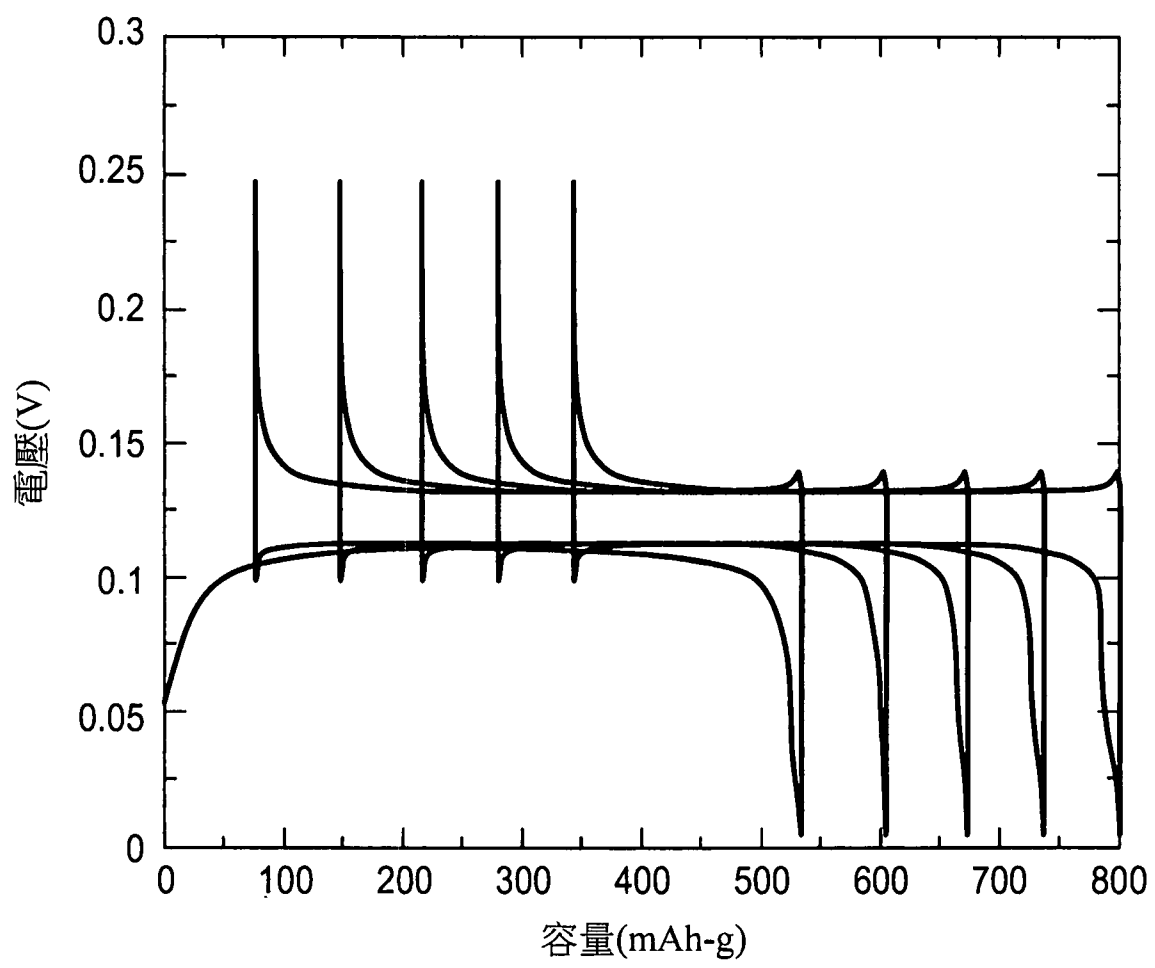


圖1

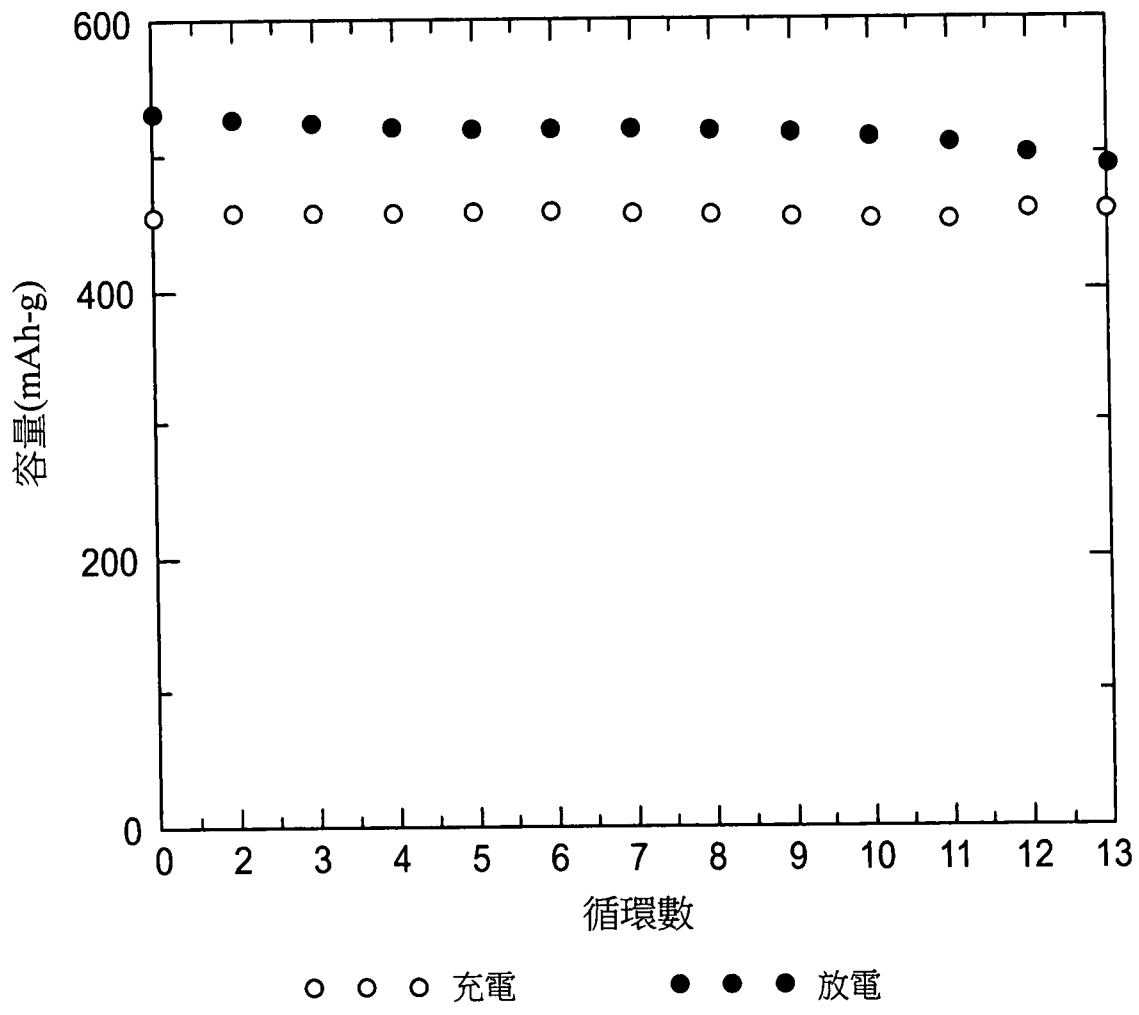


圖2

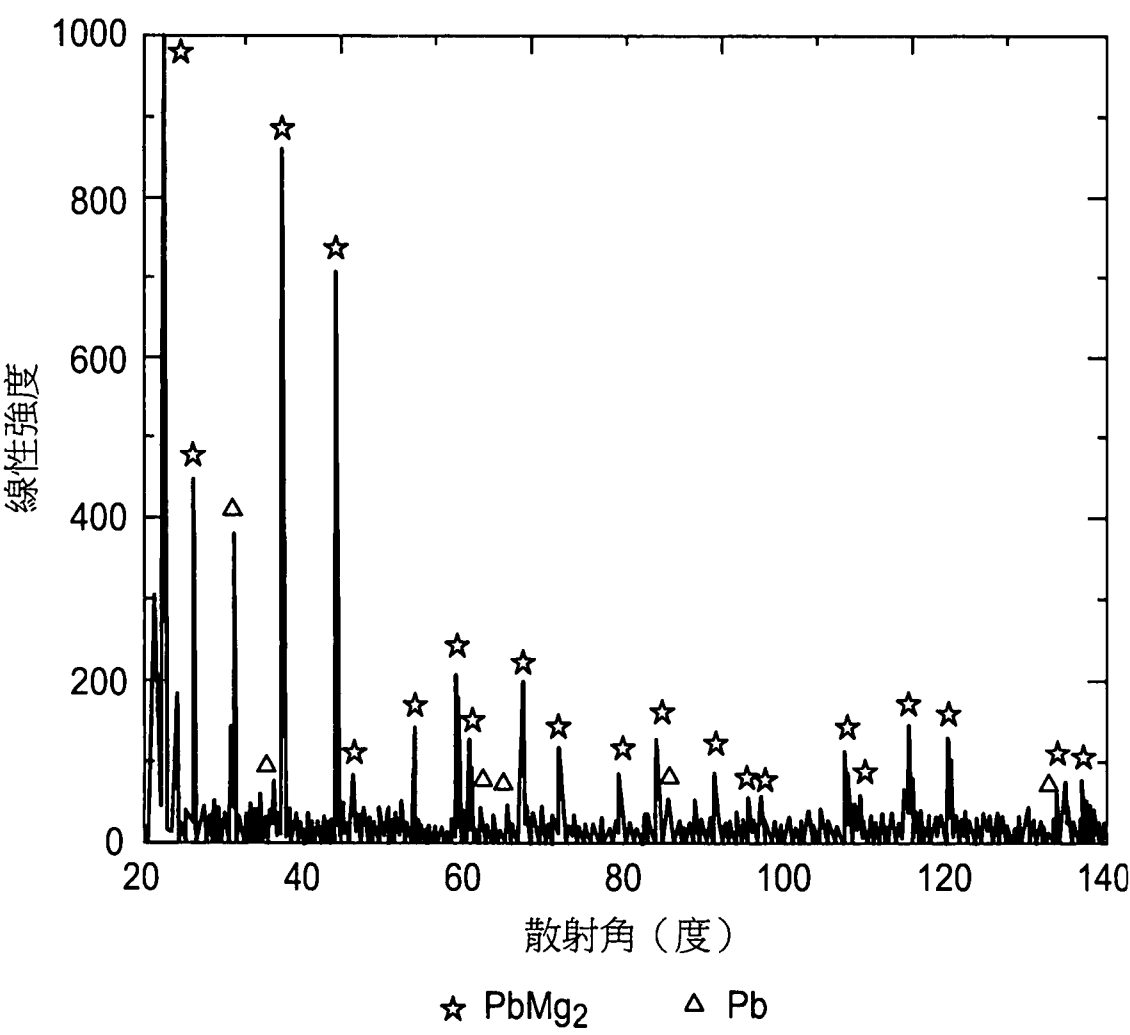


圖3

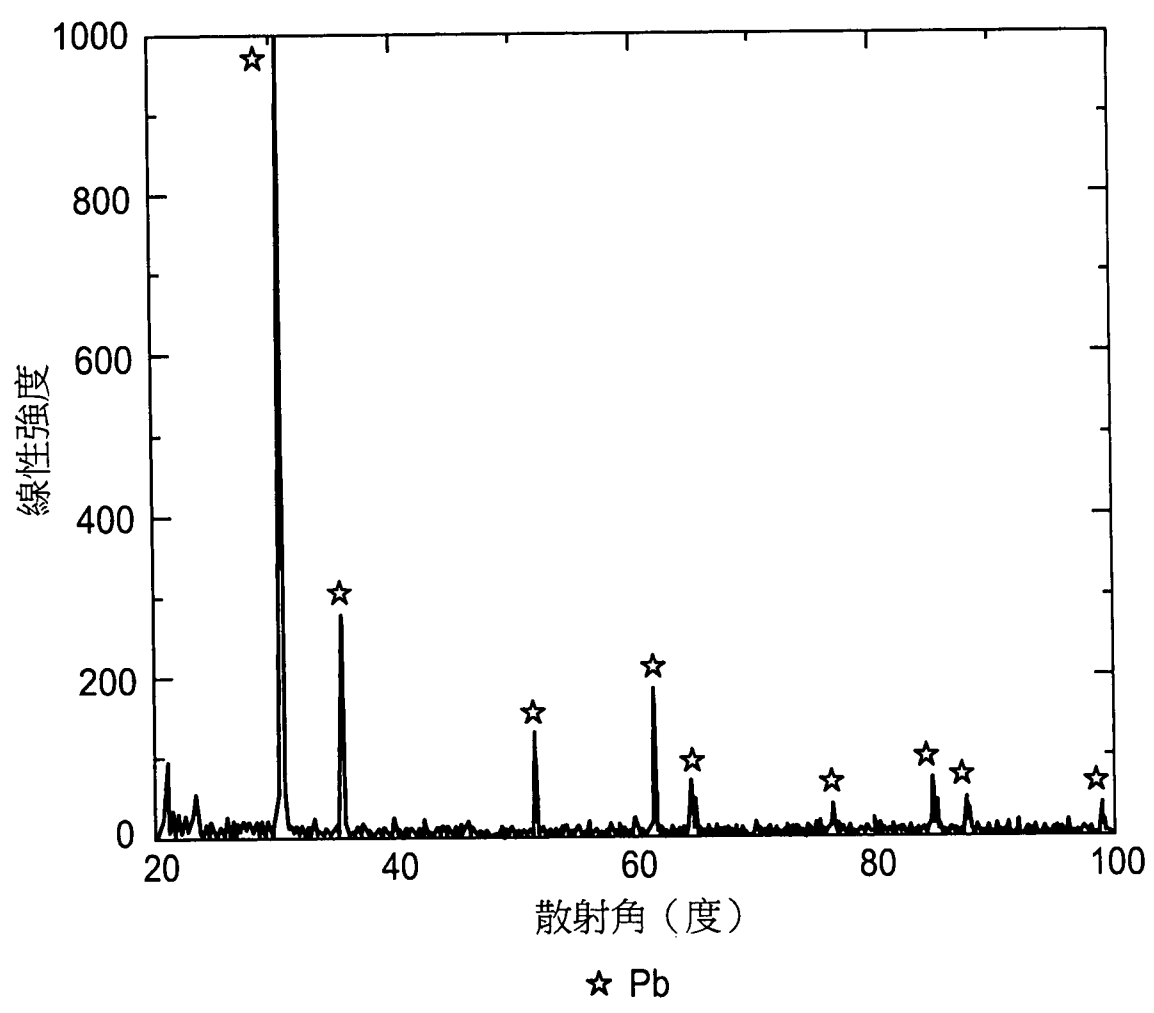


圖4

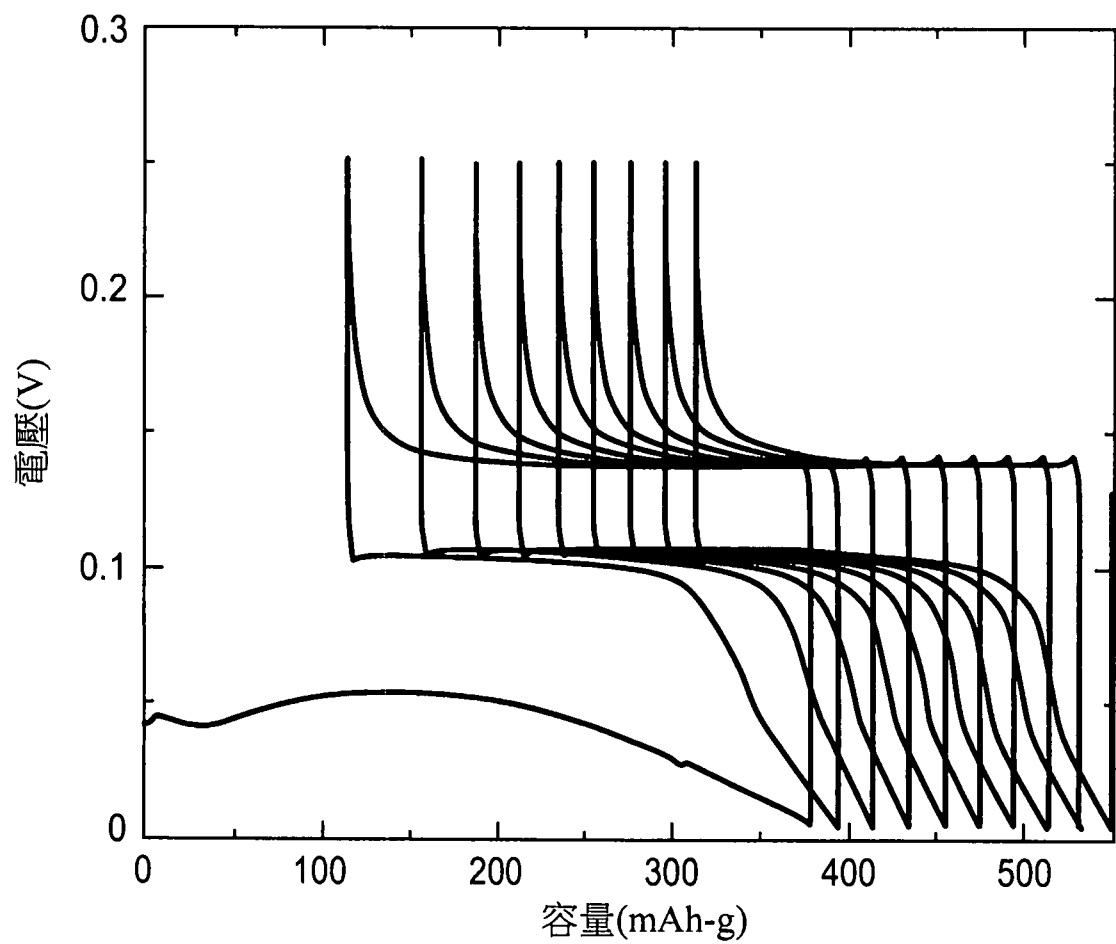


圖5

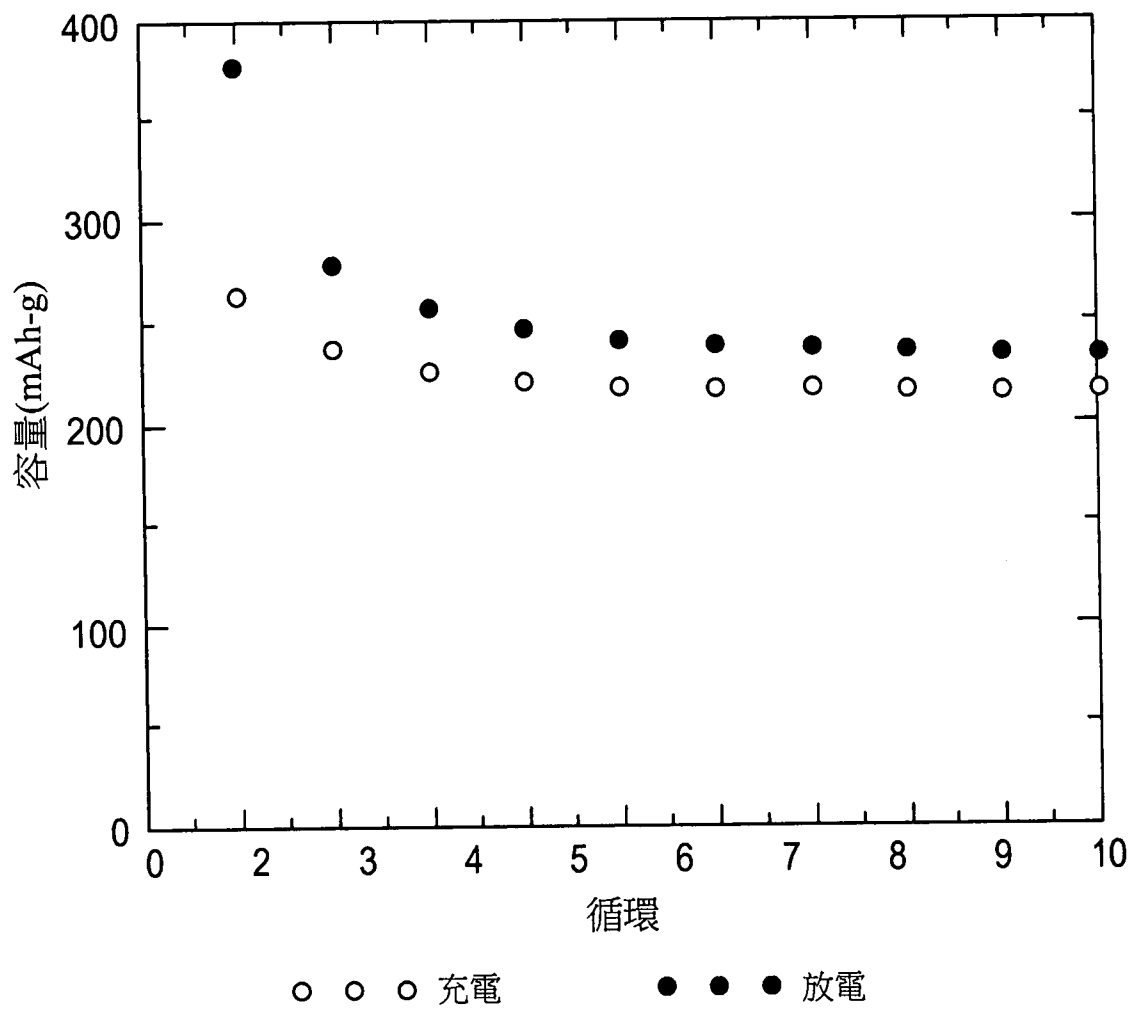


圖6