



(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 201528596 A

(43)公開日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：103101136

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 13 日

(51)Int. Cl.：

*H01M4/38 (2006.01)**H01M4/62 (2006.01)*

(71)申請人：光宇電能股份有限公司 (中華民國) (TW)

臺中市梧棲區自立路 39 號

李敬華 (美國) (US)

臺中市梧棲區自立路 39 號

(72)發明人：邱國峰 (TW)；賴柏年 (TW)；江禾有 (TW)；李軍翰 (TW)

(74)代理人：憚軼群；陳文郎

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：7 項 圖式數：12 共 32 頁

(54)名稱

適用於鋰離子電池的負極材料組成物

(57)摘要

一種適用於鋰離子電池的負極材料組成物，包含一活性材料單元，包括一石墨材料及一含矽材料，該石墨材料具有多數石墨顆粒，該含矽材料具有多數均勻分散於該等石墨顆粒之間的矽片；一添加劑單元，包括一黏結該等石墨顆粒與該等矽片的第一黏結劑；其中，該等矽片具有一長度及一厚度，該厚度的範圍為 20 至 300nm，且該長度與該厚度的比例範圍為 2：1 至 2000：1。

- 2 . . . 活性材料單元
- 21 . . . 石墨材料
- 211 . . . 石墨顆粒
- 22 . . . 含矽材料
- 221 . . . 矽片
- 23 . . . 導電碳粉
- 3 . . . 添加劑單元
- 31 . . . 第一黏結劑

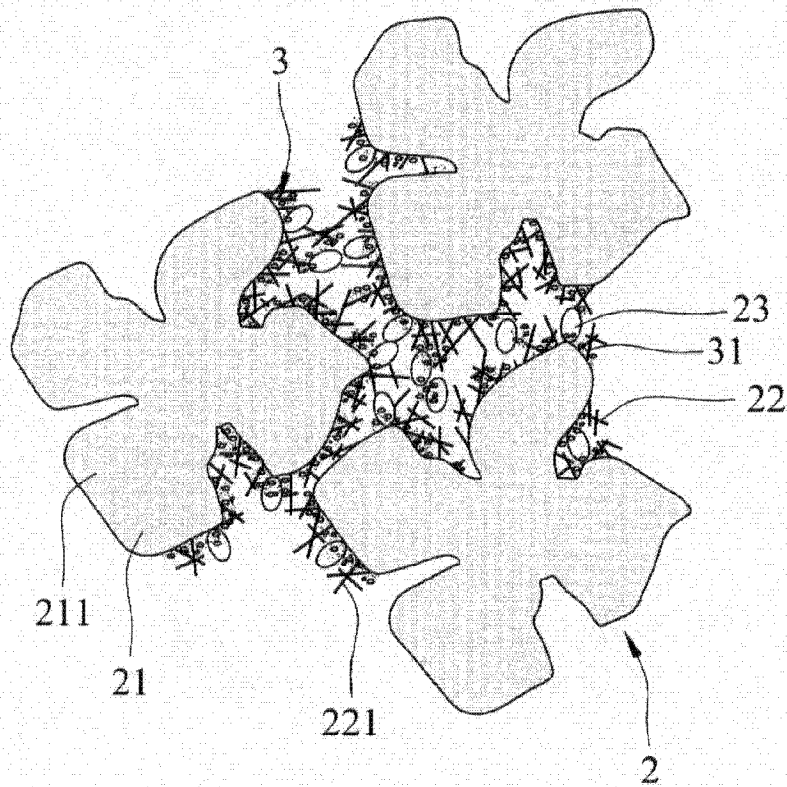


圖2

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】 適用於鋰離子電池的負極材料組成物

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種適用於鋰離子電池的負極材料組成物，特別是指一種包含石墨材料及含矽材料的適用於鋰離子電池的負極材料組成物。

【先前技術】

【0002】 鋰電池已大量應用於筆記型電腦、行動電話、數位相機、攝影機、PDA、藍牙耳機和無線3C用品等。市面上已經商業化的二次鋰離子電池而言，大多採用碳質材料作為負極，例如：中間相碳微球(Mesocarbon Microbeads，簡稱MCMB，克電容量為310mAh/g)或人工石墨(克電容量為350mAh/g)。然而，以碳為主體的負極材料已經達到理論電容量372mAh/g的瓶頸，無法符合對於高功率以及高能量密度鋰電池的需求。

【0003】 相較於石墨材料，矽質材料擁有相當大的理論比電容量(3800 mAh/g)，較石墨材料(372 mAh/g)要高出約一個數量級，因此被作為一種新興二次鋰離子電池負極材料。然而，在鋰電池的充放電過程中，會因為鋰離子反覆地嵌入及嵌出矽質負極材料，而使矽質負極材料發生膨脹及收縮，其體積膨脹率可高達400%，充放電後會導致矽質負極材料崩裂，使得內部阻抗增加，而降低鋰電池的使用

壽命。

【0004】 目前矽質負極材料 1 作法是將石墨 11 加入一溶劑及黏結劑 12 的混合溶液中，再加入顆粒狀矽粉 13 及導電碳粉 14 等材料，使黏結劑 12 將石墨 11、顆粒狀矽粉 13 及導電碳粉 14 黏結而形成如圖 1 所示的適用於鋰離子電池負極的矽質負極材料 1。當實際使用該矽質負極材料 1 作為鋰離子電池負極時，顆粒狀矽粉 13 因鋰離子嵌入而往四面八方膨脹，於是導致該矽質負極材料 1 崩裂，大幅縮短該鋰離子電池的使用壽命。

【0005】 因此，找尋一種使用壽命長、不易崩裂且製作簡易的適用於鋰離子電池的負極材料組成物，仍是目前急欲解決的問題。

【發明內容】

【0006】 因此，本發明之目的，即在提供一種適用於鋰離子電池的負極材料組成物。

【0007】 於是本發明適用於鋰離子電池的負極材料組成物，包含一活性材料單元及一添加劑單元。該活性材料單元，包括一石墨材料及一含矽材料，該石墨材料具有多數石墨顆粒，該含矽材料具有多數均勻分散於該等石墨顆粒之間的矽片；該添加劑單元，包括一黏結該等石墨顆粒與該等矽片的第一黏結劑；其中，該等矽片具有一長度及一厚度，該厚度的範圍為 20 至 300nm，且該長度與該厚度的比例範圍為 2：1 至 2000：1。

【0008】 本發明之功效在於：透過該含矽材料具有多數

均勻分散於該等石墨顆粒之間的矽片，相對於傳統使用的顆粒狀矽粉，由於該等矽片具有較薄的厚度，可以避免鋰離子電池負極材料在反覆充放電的過程中因含矽材料朝四面八方膨脹引起的形變效果所導致負極崩裂。

【圖式簡單說明】

【0009】 本發明之其他的特徵及功效，將於參照圖式的實施方式中清楚地呈現，其中：

圖 1 是一示意圖，說明現有技術的矽質負極材料；

圖 2 是一示意圖，說明本發明適用於鋰離子電池的負極材料組成物；

圖 3 是一示意圖，說明本發明適用於鋰離子電池的負極材料組成物；

圖 4 是一 SEM 圖，說明實施例 1 應力緩衝含矽複合顆粒所包含的矽片；

圖 5 是一 SEM 圖，說明實施例 2 應力緩衝含矽複合顆粒所包含的矽片；

圖 6 是一 SEM 圖，說明實施例 1 負極材料的表面狀態；

圖 7 是一 SEM 圖，說明比較例 1 負極材料的表面狀態；

圖 8 是一電容量-電位關係圖，說明實施例 1 經三次充放電循環測試後的結果；

圖 9 是一電容量-電位關係圖，說明實施例 2 經三次充放電循環測試後的結果；

圖 10 是一電容量-電位關係圖，說明比較例 1 經三次充放電循環測試後的結果；

圖 11 是一電容量-電位關係圖，說明比較例 2 經多次充放電循環測試後的結果；及

圖 12 是一充電放電循環次數-最終電容量關係圖，說明實施例 1 經充電放電循環測試的結果。

【實施方式】

【0010】 如圖 2 所示，本發明適用於鋰離子電池的負極材料組成物，包含一活性材料單元 2 及一添加劑單元 3。該活性材料單元 2，包括一石墨材料 21 及一含矽材料 22，該石墨材料 21 具有多數石墨顆粒 211，該含矽材料 22 具有多數分散於該等石墨顆粒之間的矽片 221；該添加劑單元 3，包括一黏結該等石墨顆粒 211 與該等矽片 221 的第一黏結劑 31；其中，該等矽片 221 具有一長度及一厚度，該厚度的範圍為 20 至 300nm，且該長度與該厚度的比例範圍為 2：1 至 2000：1。

【0011】 如果直接使用一直徑為 $1\mu\text{m}$ 的顆粒狀矽粉做為含矽材料，鋰電池充電時，顆粒狀矽粉的直徑會由 $1\mu\text{m}$ 膨脹至 $4\mu\text{m}$ ，顆粒狀矽粉往四面八方膨脹，相互推擠、擠壓，造成負極崩裂，使該鋰電池的電量下降。

【0012】 為了避免上述問題發生，本案所用的含矽材料是將矽錠以線鋸切割成多個厚度為 20 至 300nm 的不規則長條狀矽片。假設該矽片的厚度為 50nm，當鋰電池充電時，該矽片的厚度由 50 膨脹至 200nm，且各矽片的直徑略有不

同，彼此推擠時可以互相卡合調整，因此不會因為過度的應力變化引起負極崩裂；此外，相較於等體積的顆粒狀矽粉，矽片具有更大的表面積及可以彼此層層交錯相疊的幾何結構而可以在充電-放電的過程中使更多的鋰離子嵌入/嵌出，且矽片的上表面及下表面的平面結構更有利於鋰離子堆疊。

【0013】 較佳地，如圖 2 所示，該石墨材料 21 還具有多數個導電碳粉 23 均勻分散於該等石墨顆粒 211 及矽片 221 之間。

【0014】 較佳地，每一矽片的厚度範圍為 50 至 100nm，且該長度與該厚度的比例範圍為 10：1 至 2000：1。

【0015】 較佳地，以該活性材料單元的重量為 100 重量份計，該添加劑單元的用量範圍為 3 至 100 重量份。

【0016】 較佳地，以該活性材料單元的總重為 100wt%計，該含矽材料的含量範圍為 0.5 至 90 wt%，該石墨材料的含量範圍為 99.5 至 10wt%。

【0017】 較佳地，該第一黏結劑是至少一種選自於由下列所構成群組的化合物：聚氟化二乙烯(Polyvinylidene fluoride，簡稱 PVDF)、聚偏氯乙烯(polyvinylidene chloride)、聚氟亞乙烯(polyfluoro vinylidene)、聚乙烯醇(polyvinyl alcohol)、羧甲基纖維素(carboxymethyl cellulose，簡稱 CMC)、澱粉、羥丙基纖維素(hydroxypropyl cellulose)、再生纖維素(regenerated cellulose)、聚乙烯基吡咯烷酮(polyvinyl pyrrolidone)、四氟乙烯(tetrafluoroethylene)、聚

乙 烯 (polyethylene)、聚 丙 烯 (polypropylene)、乙 烯 - 丙 烯 - 二 烯 聚 合 物 (ethylene-propylene-diene polymer, 簡 稱 EPDM)、磺 化 乙 烯 - 丙 烯 - 二 烯 聚 合 物、苯 乙 烯 - 丁 二 烯 橡 膠 (styrene butadiene rubber, 簡 稱 SBR)、氟 橡 膠 (fluorine rubber), 及 前 述 之 組 合。其 中 苯 乙 烯 - 丁 二 烯 橡 膠 等 是 具 有 親 水 性 基 團, 聚 氟 化 二 乙 烯 等 是 具 有 親 油 性 基 團。更 佳 地, 該 第 一 黏 結 劑 是 至 少 一 種 選 自 於 苯 乙 烯 - 丁 二 烯 橡 膠 或 羧 甲 基 纖 維 素, 及 前 述 之 組 合。

【0018】 較 佳 地, 該 含 矽 材 料 還 包 含 一 應 力 緩 衝 結 構 劑, 該 應 力 緩 衝 結 構 劑 具 有 多 數 個 應 力 緩 衝 顆 粒 25, 該 等 應 力 緩 衝 顆 粒 25 具 有 一 大 於 100 GPa 的 楊 氏 模 數, 且 每 一 應 力 緩 衝 顆 粒 被 鄰 近 的 矽 片 221 所 包 覆, 形 成 一 應 力 緩 衝 含 矽 複 合 顆 粒。又 較 佳 地, 該 應 力 緩 衝 含 矽 複 合 顆 粒 是 由 多 數 個 矽 片 221 包 覆 該 應 力 緩 衝 顆 粒 25 且 藉 由 一 第 二 黏 結 劑 24 黏 結 於 該 應 力 緩 衝 顆 粒 25。更 佳 地, 如 圖 3 所 示, 該 應 力 緩 衝 含 矽 複 合 顆 粒 是 藉 由 該 第 二 黏 結 劑 25 黏 結 該 等 矽 片 221 於 該 等 應 力 緩 衝 顆 粒 25, 並 形 成 一 含 矽 外 殼, 該 含 矽 外 殼 是 不 規 則 地 穿 插 交 疊 而 成 類 巢 狀 的 圍 繞 結 構。其 中, 該 第 二 黏 結 劑 24 的 種 類 及 變 化 態 樣 是 與 該 第 一 黏 結 劑 31 相 同, 在 此 不 再 贅 述。較 佳 地, 該 第 二 黏 結 劑 24 的 種 類 與 該 第 一 黏 結 劑 31 相 同。

【0019】 當 該 含 矽 材 料 包 含 該 應 力 緩 衝 結 構 劑, 較 佳 地, 以 該 含 矽 材 料 的 總 重 為 100wt%計, 該 應 力 緩 衝 結 構 劑 的 用 量 範 圍 為 0.5 至 90 wt%, 該 第 二 黏 結 劑 的 含 量 範 圍 為 0.5

至 20wt%，及由該等矽片所構成的該含矽外殼的含量範圍為 1 至 75wt%。更佳地，以該含矽材料的總重為 100wt%計，該應力緩衝顆粒的含量範圍為 15 至 80 wt%，該黏結劑的含量範圍為 1 至 15wt%，及該含矽外殼的含量範圍為 10 至 70wt%。

【0020】 較佳地，該應力緩衝顆粒的材料是至少一種選自於由下列所構成群組的化合物：碳化矽(SiC)、氮化矽(Si₃N₄)、氮化鈦(TiN)、碳化鈦(TiC)、碳化鎢(WC)、氮化鋁(AlN)、鎳、鎢、硼、錫、鈮，及前述之組合。更佳地，該應力緩衝顆粒的材料是碳化矽。

【0021】 本發明將就以下實施例來作進一步說明，但應瞭解的是，該實施例僅為例示說明之用，而不應被解釋為本發明實施之限制。

< 實施例 1 至 2 及比較例 1 >

【0022】 [製備適用於鋰離子電池的負極材料組成物]

【0023】 [實施例 1]

將苯乙烯-丁二烯橡膠(作為第二黏結劑)溶於水中，形成一黏結劑溶液。將矽片(將矽錠以線鋸處理後，成為厚度為 100~300 nm、長度為 100 至 10,000 nm 的矽片，該矽片之 SEM 照片是如圖 4 所示)加入該黏結劑溶液中，攪拌至完全均勻分散後，形成一第一混合物漿料。

在矽片均勻分散於該第一混合物漿料中之後，將碳化矽(作為應力緩衝顆粒，具有粒徑 12 μ m 及楊氏模數 450GPa)加入該第一混合物漿料，攪拌至完全均勻後，使得該等應

力緩衝顆粒均勻分散於該第一混合物漿料中且吸附鄰近的矽片而形成一第二混合物漿料，其中，將該第二混合物漿料中具有多數個應力緩衝含矽複合顆粒。

將羧甲基纖維素(作為第一黏結劑)溶於水，以 1000rpm 攪拌 1 小時後形成一羧甲基纖維素溶液。加入導電碳粉於該羧甲基纖維素溶液，以 4000rpm 攪拌 30 分鐘至該導電碳粉均勻分散後，加入該第二混合物漿料，以 4000rpm 攪拌 30 分鐘至該第二混合物漿料中的應力緩衝含矽複合顆粒均勻分散後，再加入石墨粉末(粒徑 $18\mu\text{m}$)，以 4000rpm 攪拌 30 分鐘後，製得一負極材料組成物漿料。

取一圓片形之銅箔基板(面積 1.33 cm^2)，利用研磨處理除去該銅箔基板表面的氧化物與有機污染物，並提升表面平整度，再置入以丙酮與乙醇溶液中以超音波震盪方式清潔基板上之油膜等污染物，隨即將該含有該負極材料組成物漿料以攪拌器均勻攪拌後，取約 3mg 以刮刀塗佈於該基板，進行乾燥至溶劑移除後，接著進行熱壓使試片更加緻密，製得該實施例 1 之負極材料。

實施例 1 之負極材料組成物的配方組成及比例詳細記載於表 1。

【0024】 [實施例 2]

包含實施例 2 負極材料組成物的負極材料的製備方法是與實施例 1 大致相同，唯一不同處在於所添加的矽片具有厚度為 50 至 100nm 及長度為 100 至 10,000nm (矽片之 SEM 照片是如圖 5 所示)。

實施例 2 之負極材料組成物的配方組成及比例詳細記載於表 1。

【0025】 [比較例 1]

將苯乙烯-丁二烯橡膠(作為第一黏結劑)溶於水中，形成一黏結劑溶液。將石墨粉末(粒徑 $18\mu\text{m}$)及導電碳粉加入該黏結劑溶液中，以攪拌至完全均勻後，形成一第一混合物漿料，再將矽粉(顆粒狀，粒徑為 $1\mu\text{m}$)加入該混合物漿料，攪拌至完全均勻後，使得該等矽粉均勻分散於該第一混合物漿料中且形成比較例 1 之含有多數個矽粉的負極組成物漿料。

取一圓片形之銅箔基板(面積 1.33 cm^2)，利用研磨處理除去該銅箔基板上的氧化物與有機污染物，並提升表面平整度，再置入以丙酮與乙醇溶液中以超音波震盪方式清潔基板上之油膜等污染物，隨即將該含有多數個矽粉的負極組成物漿料，以攪拌器均勻攪拌後，取約 3 mg 以刮刀塗佈於該基板，進行乾燥至溶劑移除後，接著進行熱壓使試片更加緻密，製得該比較例 1 之負極材料。

比較例 1 負極組成物的配方組成及比例詳細記載於表 1。

【0026】 [比較例 2]

包含比較例 2 負極材料組成物的負極材料的製備方法是與實施例 1 大致相同，唯一不同處在於將矽片改為粒徑為 $1\mu\text{m}$ 的顆粒狀矽粉。

比較例 2 負極組成物的配方組成及比例詳細記載於表

1 °

【0027】 表 1

實施例 1			實施例 2		比較例 1	比較例 2	
含矽材料 (以含矽材料 總重為 100wt%計)	應力緩衝顆粒	種類	碳化矽		-	碳化矽	
		含量 (wt%)	30		-	30	
	含矽外殼	矽片厚度 (nm)	100 至 300		-	顆粒狀矽粉 (粒徑為 1 μm)	
		矽片長度 (nm)	100 至 10,000		-		
		含量 (wt%)	67.5		-		
	第二黏結劑	種類	SBR		-	SBR	
		含量 (wt%)	2.5		-	2.5	
	活性材料單元 (以活性材料 單元總重為 100wt%計) (wt%)	石墨材料		80.6		78.95	80.6
		導電碳粉		15.79		15.79	15.79
		含矽材料	種類	應力緩衝含矽複合顆粒		顆粒狀矽粉	應力緩衝顆粒及顆粒狀矽粉
含量 (wt%)			7.89		5.26		
負極材料組成物(重量份)		活性材料單元		100		100	100
	添加劑單元		5.26		5.26	5.26	

註、「-」表示未添加或不含有。

【0028】 [鋰離子電池的製作方式]

以鋰金屬為相對電極，導電碳為助導劑，羧甲基纖維素及苯乙烯-丁二烯橡膠為黏結劑，將負極材料組成物粉體以黏結劑黏結於銅金屬薄片製得一負極材料。取前述實施例或比較例所製備的負極材料與正極材料、聚丙烯(polypropylene，簡稱 PP)隔離膜，及以 LiPF_6 為溶質之電解液，配合 CR2032 組件，以常規製法製成鈕扣型電池。

< 性質測試 >**【0029】 [充電放電循環測試]**

於 25℃ 下，充電放電範圍為 0 至 1.5V，形成充電-放電電流為 0.1C。將比較例 1 及實施例 1 經循環充電-放電測試的電極表面以 SEM(供應商：Hitachi，型號：4800)記錄，並繪製實施例 1 及 2 及比較例 1 之三次充電放電循環的電容-電量關係圖，以及實施例 1 及 2 的充電放電循環次數-最終電容量關係圖。

【0030】 首先，如圖 7 所示，比較例 1 經 3 次充電放電循環後，負極表面出現裂痕，顯示充電後矽粉膨脹，放電後又收縮會導致負極材料崩裂。如圖 6 所示，實施例 1 之負極材料經 250 次充電放電循環後，負極材料表面沒有裂痕出現，結構維持完整，顯示充電放電所引起的均勻分散的矽片膨脹及收縮不會導致該負極材料崩裂，證明含有本發明負極材料組成物經反覆充電放電後，負極結構維持完整。

【0031】 在圖 8、9、10 及 11 中，cc 表示充電，dc 表示

放電。如圖 10 所示，雖然比較例 1 之第一次充電量為 220mAh/g，但第二次充電放電循環直接由約 220 mAh/g 降低至約 50 mAh/g，僅一次充電-放電循環電量就大幅衰減，甚至最終電量比石墨負極(約 350 mAh/g)還要差。推測是因為該負極材料中該等顆粒狀矽粉充電後往四面八方膨脹為原體積的 400%，會產生較該等矽片更大幅的體積差異，彼此相互推擠、擠壓，造成負極崩裂，而導致該電極崩裂，電池的電量下降。

【0032】 如圖 11 所示，相較於現有石墨負極之容電量 325mAh/g，雖然比較例 2 之第一次充電量為 370mAh/g，且第二次充電放電循環的充電量仍維持約 320 mAh/g，但第三至九次之後大幅降低為約 160 至 210mAh/g。比較例 2 僅二次充電-放電循環後電量就大幅衰減，最終電量明顯低於石墨負極，推測是因為該負極材料中的該等顆粒狀矽粉未能在該應力緩衝顆粒外圍形成具有類巢狀環繞結構的含矽外殼，導致該應力緩衝顆粒無法均勻緩衝充電-放電時候該等顆粒狀矽粉膨脹的所產生的應力變化，而導致該負極崩裂，電池的電量下降。

【0033】 如圖 8 所示，實施例 1 選用厚度為 100 至 300nm 的矽片，在完成三次充電-放電循環後，電量維持在約 450 mAh/g，由圖 12 可以更進一步看出在 250 次充電-放電循環後，電量仍穩定維持在約 400 mAh/g。如圖 9 所示，實施例 2 選用厚度為 50 至 100nm 的矽片，厚度比實施例 1 更薄，第一次充電-放電的效率比實施例 1 更高，且三次充電-放電

循環的電量維持穩定。由上述可知，含有本發明負極材料組成物的鋰電池，隨充電-放電次數增加而導致電位下降的程度較小，使用壽命長。

【0034】 綜上所述，本發明適用於鋰離子電池的負極材料組成物透過該含矽材料包含多數個矽片，該矽片的形狀有助於緩衝該含矽材料於充電時膨脹所產生的形變效果，避免負極崩裂；當用於鋰離子電池的負極材料時，可使該負極材料具有高電容量且經多次充電-放電循環後保持結構完整，使用壽命長，故確實能達成本發明之目的。

【0035】 惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍，即大凡依本發明申請專利範圍及專利說明書內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。

【符號說明】

【0036】

1	矽質負極材料	22	含矽材料
11	石墨	221	矽片
12	黏結劑	23	導電碳粉
13	顆粒狀矽粉	24	第二黏結劑
14	導電碳粉	25	應力緩衝顆粒
2	活性材料單元	3	添加劑單元
21	石墨材料	31	第一黏結劑
211	石墨顆粒		

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依：寄存機構、日期、號碼順序註記】

國外寄存資訊【請依：寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

【序列表】(請換頁單獨記載)

201528596

發明摘要

※ 申請案號：103101136

※ 申請日：103.1.13

H01M 4/38 (2006.01)

※IPC 分類：H01M 4/62 (2006.01)

【發明名稱】 適用於鋰離子電池的負極材料組成物**【中文】**

一種適用於鋰離子電池的負極材料組成物，包含一活性材料單元，包括一石墨材料及一含矽材料，該石墨材料具有多數石墨顆粒，該含矽材料具有多數均勻分散於該等石墨顆粒之間的矽片；一添加劑單元，包括一黏結該等石墨顆粒與該等矽片的第一黏結劑；其中，該等矽片具有一長度及一厚度，該厚度的範圍為 20 至 300nm，且該長度與該厚度的比例範圍為 2：1 至 2000：1。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖（ 2 ）。

【本代表圖之元件符號簡單說明】：

- | | | | |
|-----------|--------|----------|-------|
| 2 | 活性材料單元 | 23 | 導電碳粉 |
| 21 | 石墨材料 | 3 | 添加劑單元 |
| 211 | 石墨顆粒 | 31 | 第一黏結劑 |
| 22 | 含矽材料 | | |
| 221 | 矽片 | | |

【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. 一種適用於鋰離子電池的負極材料組成物，包含：
 - 一活性材料單元，包括一石墨材料及一含矽材料，該石墨材料具有多數石墨顆粒，該含矽材料具有多數均勻分散於該等石墨顆粒之間的矽片；
 - 一添加劑單元，包括一黏結該等石墨顆粒與該等矽片的第一黏結劑；其中，該等矽片具有一長度及一厚度，該厚度的範圍為 20 至 300nm，且該長度與該厚度的比例範圍為 2：1 至 2000：1。
2. 如請求項 1 所述的適用於鋰離子電池的負極材料組成物，其中，以該活性材料單元的重量為 100 重量份計，該添加劑單元的用量範圍為 3 至 100 重量份。
3. 如請求項 1 所述的適用於鋰離子電池的負極材料組成物，其中，以該活性材料單元的總重為 100wt%計，該含矽材料的含量範圍為 0.5 至 90 wt%，該石墨材料的含量範圍為 99.5 至 10wt%。
4. 如請求項 1 所述的適用於鋰離子電池的負極材料組成物，該含矽材料還包含一應力緩衝結構劑，該應力緩衝結構劑具有多數個應力緩衝顆粒，該等應力緩衝顆粒具有一大於 100 GPa 的楊氏模數且每一應力緩衝顆粒被鄰近的矽片所包覆。
5. 如請求項 4 所述的適用於鋰離子電池的負極材料組成物，其中，該應力緩衝結構劑的材料是至少一種選自

於由下列所構成群組的化合物：碳化矽、氮化矽、氮化鈦、碳化鈦、碳化鎢、氮化鋁、鎳、鎢、硼、錫、銦，及前述之組合。

6. 如請求項 4 所述的適用於鋰離子電池的負極材料組成物，其中，以該含矽材料的總重為 100wt%計，該應力緩衝結構劑的用量範圍為 0.5 至 90 wt%。
7. 如請求項 1 所述的適用於鋰離子電池的負極材料組成物，其中，該第一黏結劑是至少一種選自於由下列所構成群組的化合物：聚偏氯乙烯、聚氟亞乙烯、聚乙烯醇、羧甲基纖維素、澱粉、羥丙基纖維素、再生纖維素、聚乙烯基吡咯烷酮、四氟乙烯、聚乙烯、聚丙烯、乙烯-丙烯-二烯聚合物、磺化乙烯-丙烯-二烯聚合物、苯乙烯-丁二烯橡膠、氟橡膠，及前述之組合。

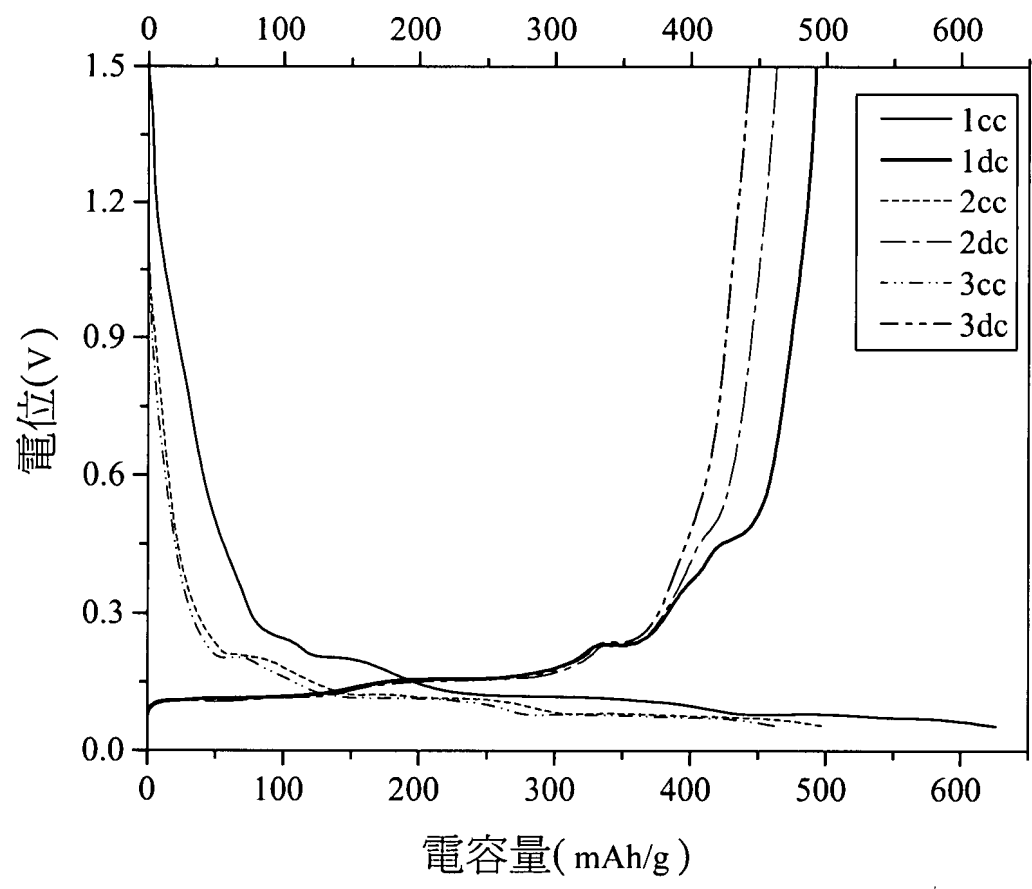


圖8

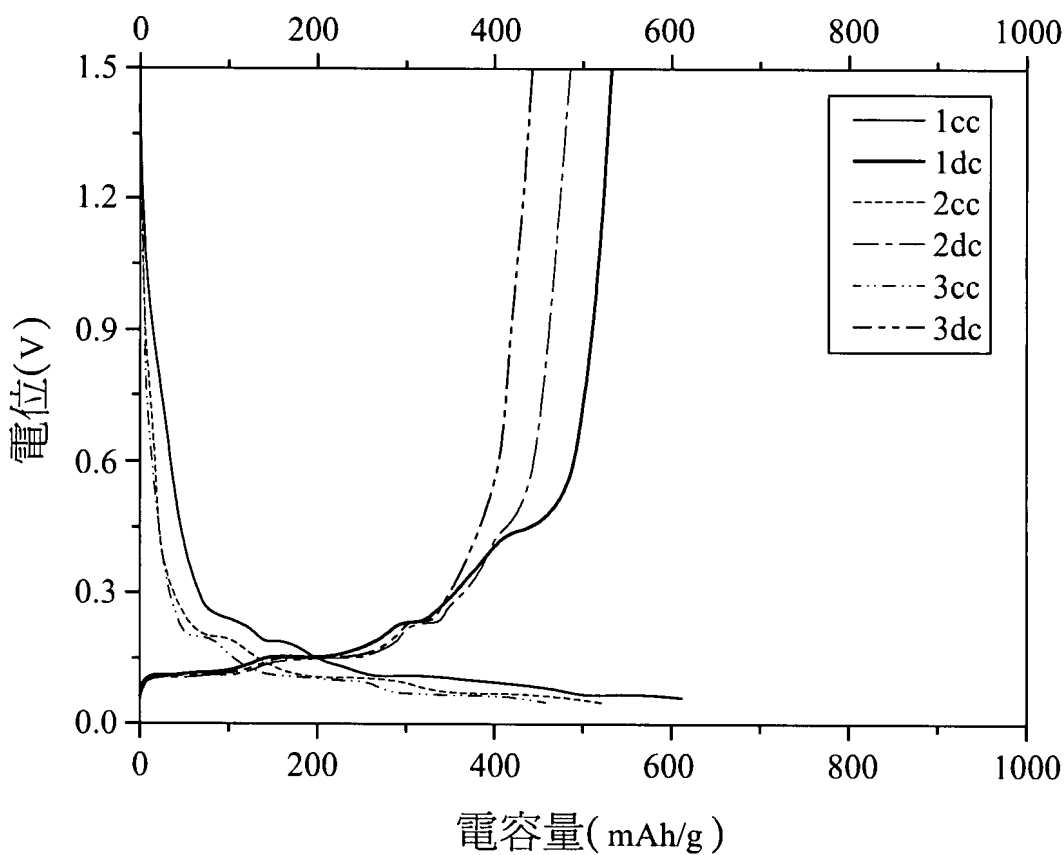


圖9

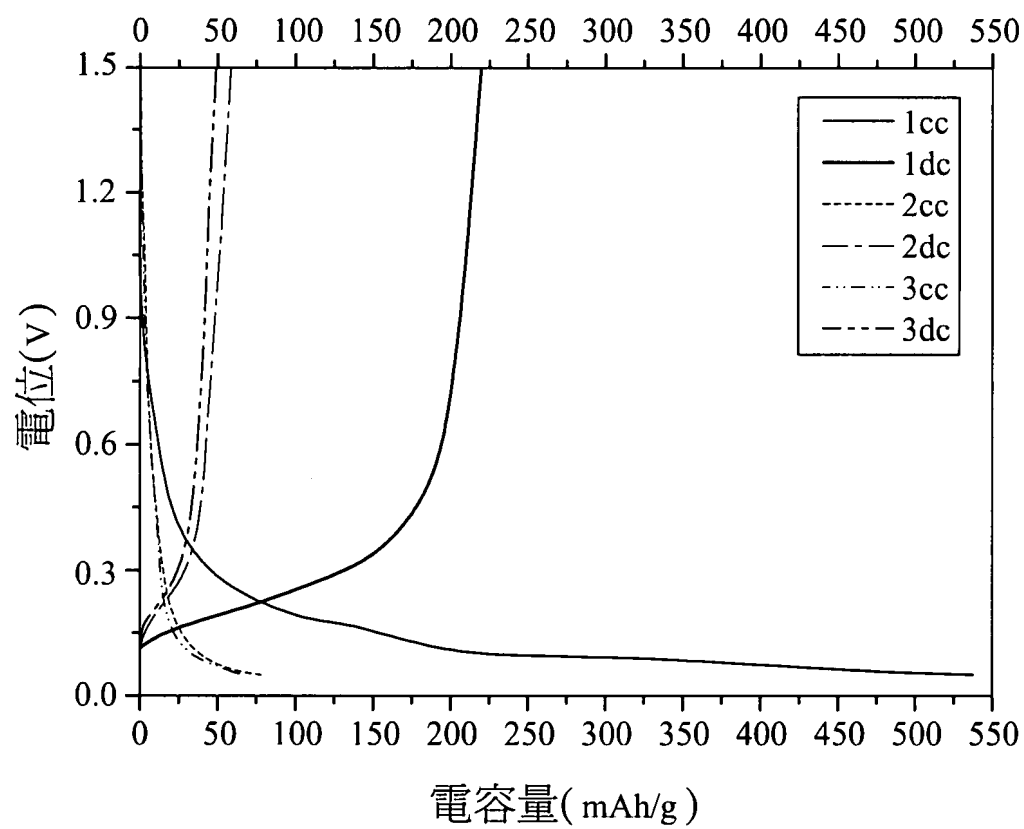


圖10

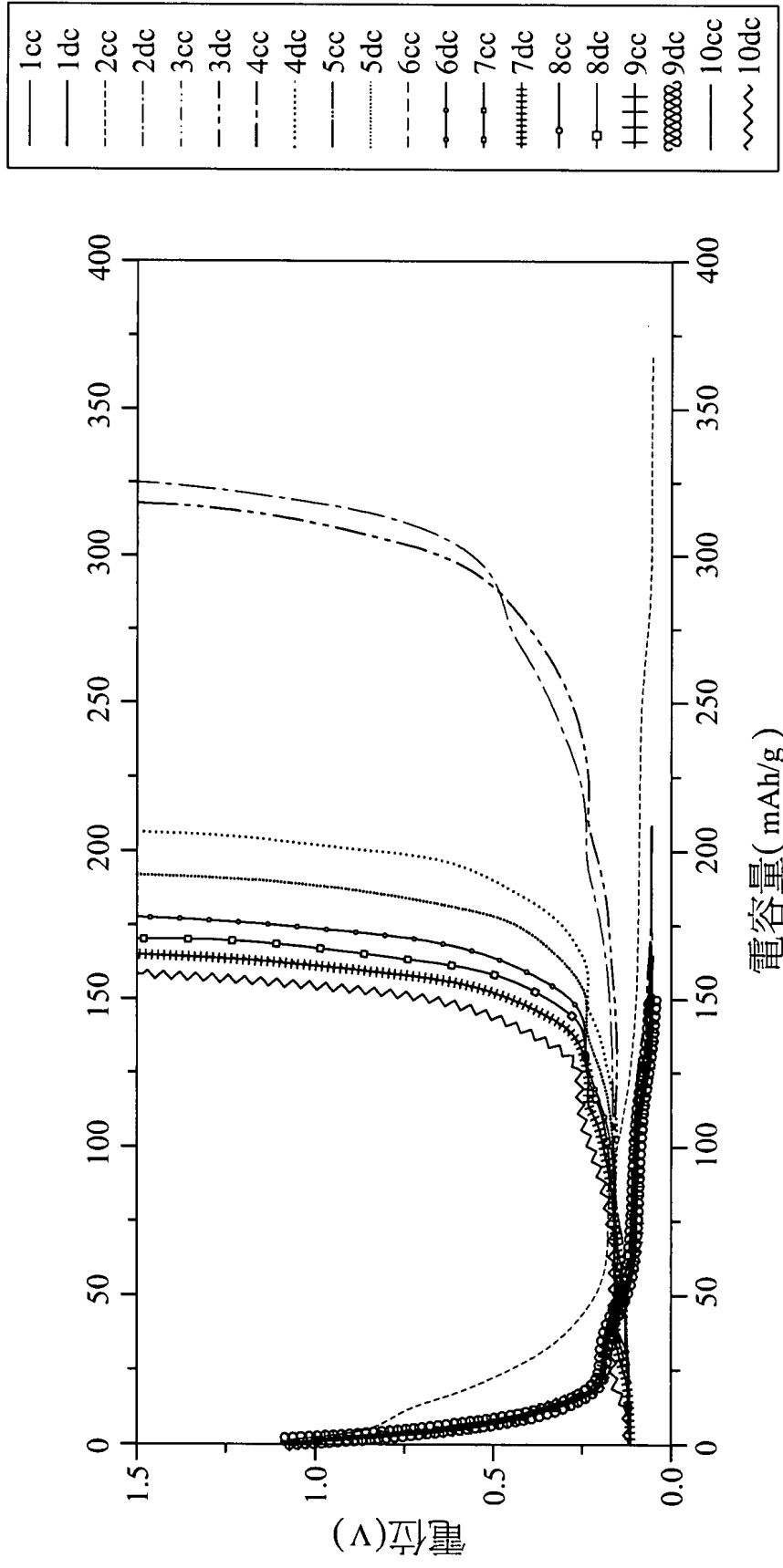


圖11

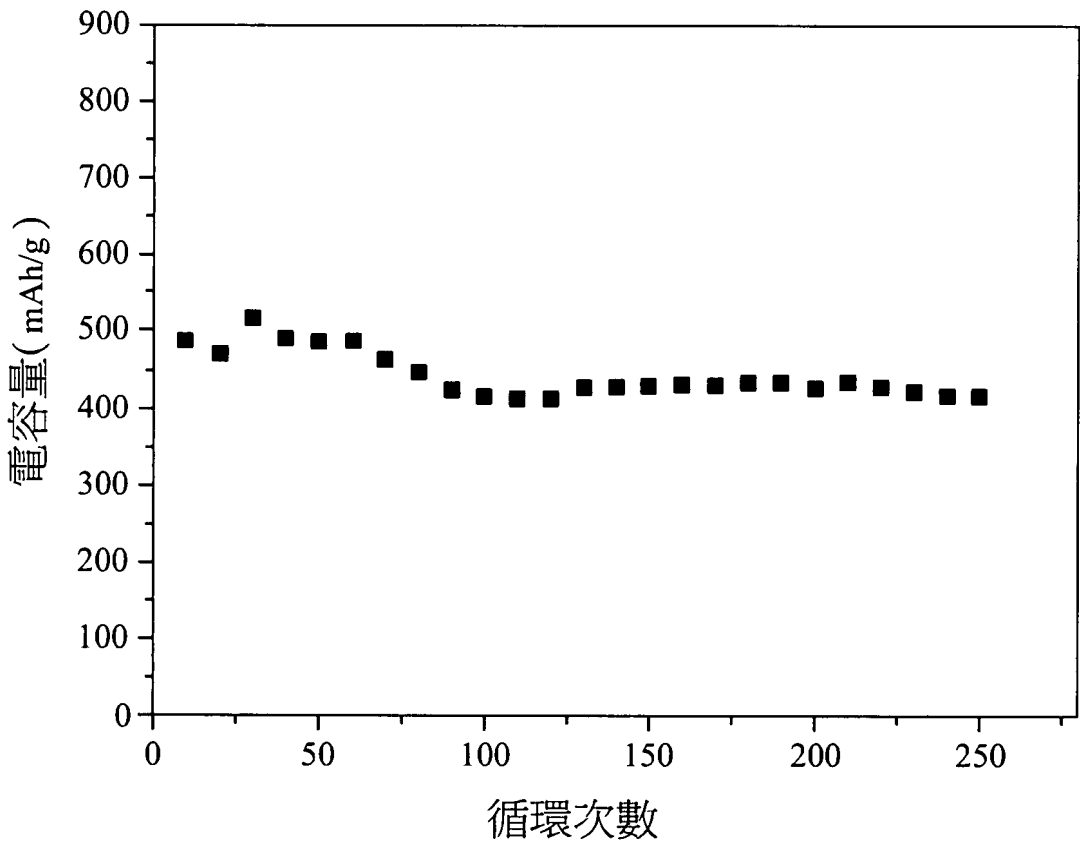


圖12