



(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 201409808 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：101131258

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 08 月 28 日

(51)Int. Cl.：

H01M4/131 (2010.01)

H01M4/133 (2010.01)

H01M4/1391 (2010.01)

H01M4/1393 (2010.01)

H01M4/583 (2010.01)

(30)優先權：2012/08/22

中國大陸

201210300236.8

(71)申請人：鴻海精密工業股份有限公司 (中華民國) HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD. (TW)

新北市土城區自由街 2 號

(72)發明人：吳揚 WU, YANG (CN)；何性峰 HE, XING-FENG (CN)；王佳平 WANG, JIA-PING (CN)；姜開利 JIANG, KAI-LI (CN)；范守善 FAN, SHOU-SHAN (CN)

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：12 項 圖式數：6 共 24 頁

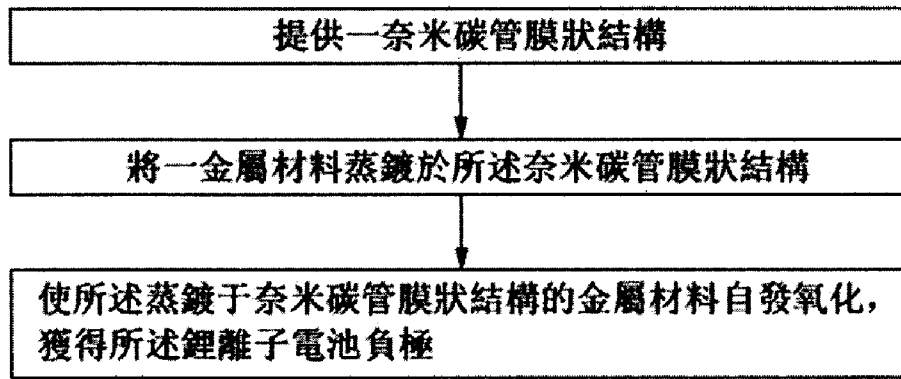
(54)名稱

鋰離子電池負極的製備方法

METHODS FOR MAKING ANODE OF LITHIUM ION BATTERY

(57)摘要

一種鋰離子電池負極的製備方法，包括：提供一奈米碳管膜狀結構，所述奈米碳管結構包括複數個奈米碳管；通過真空蒸鍍法將一金屬材料蒸鍍於所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的表面形成一連續的奈米級管狀結構；以及使所述蒸鍍於奈米碳管膜狀結構的金屬材料自發氧化，獲得所述鋰離子電池負極。





(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 201409808 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：101131258

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 08 月 28 日

(51)Int. Cl.：

H01M4/131 (2010.01)

H01M4/133 (2010.01)

H01M4/1391 (2010.01)

H01M4/1393 (2010.01)

H01M4/583 (2010.01)

(30)優先權：2012/08/22

中國大陸

201210300236.8

(71)申請人：鴻海精密工業股份有限公司 (中華民國) HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD. (TW)

新北市土城區自由街 2 號

(72)發明人：吳揚 WU, YANG (CN)；何性峰 HE, XING-FENG (CN)；王佳平 WANG, JIA-PING (CN)；姜開利 JIANG, KAI-LI (CN)；范守善 FAN, SHOU-SHAN (CN)

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：12 項 圖式數：6 共 24 頁

(54)名稱

鋰離子電池負極的製備方法

METHODS FOR MAKING ANODE OF LITHIUM ION BATTERY

(57)摘要

一種鋰離子電池負極的製備方法，包括：提供一奈米碳管膜狀結構，所述奈米碳管結構包括複數個奈米碳管；通過真空蒸鍍法將一金屬材料蒸鍍於所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的表面形成一連續的奈米級管狀結構；以及使所述蒸鍍於奈米碳管膜狀結構的金屬材料自發氧化，獲得所述鋰離子電池負極。



日期：101年08月28日

發明專利說明書

※記號部分請勿填寫

※申請案號：101131258

※IPC 分類：

※申請日：

H01M 4/131 (2010.01)

4/133 (2010.01)

4/13P1 (2010.01)

4/13P3 (2010.01)

4/583 (2010.01)

一、發明名稱：

鋰離子電池負極的製備方法

METHODS FOR MAKING ANODE OF LITHIUM ION BATTERY

二、中文發明摘要：

一種鋰離子電池負極的製備方法，包括：提供一奈米碳管膜狀結構，所述奈米碳管結構包括複數個奈米碳管；通過真空蒸鍍法將一金屬材料蒸鍍於所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的表面形成一連續的奈米級管狀結構；以及使所述蒸鍍於奈米碳管膜狀結構的金屬材料自發氧化，獲得所述鋰離子電池負極。

三、英文發明摘要：

The present invention relates to a method for making anode of lithium ion battery. A carbon nanotube film structure comprising a number of carbon nanotubes is provided. A metal material is provided and further coated on surfaces of the carbon nanotubes to form a continual nano-level tube structure by vacuum plating. The metal material on the surfaces of the carbon nanotubes is oxidized spontaneously to form the anode of lithium ion battery

四、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

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

[0001] 本發明涉及一種鋰離子電池負極的製備方法。

【先前技術】

[0002] 鋰離子電池係一種新型的綠色化學電源，與傳統的鎳鎘電池、鎳氫電池相比具有電壓高、壽命長、能量密度大的優點。自1990年日本索尼公司推出第一代鋰離子電池後，它已經得到迅速發展並廣泛用於各種可攜式設備。

[0003] 先前的鋰離子電池的負極材料通常採用將電極活性物質、導電顆粒以及黏結劑混合形成漿料，然後壓制成型，並進一步烘乾。採用這種方法製備的鋰離子電池電極，很難將導電顆粒在電極中均勻分佈，因此其導電性能不均勻，進而影響其充放電性能。

【發明內容】

[0004] 有鑒於此，提供一種具有較高充放電性能的鋰離子電池負極的製備方法實為必要。

[0005] 一種鋰離子電池負極的製備方法，包括：提供一奈米碳管膜狀結構，所述奈米碳管結構包括複數個奈米碳管；通過真空蒸鍍法將一金屬材料包覆於所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的表面形成一連續的奈米級管狀結構；以及使所述蒸鍍於奈米碳管膜狀結構的金屬材料自發氧化，獲得所述鋰離子電池負極。

[0006] 與先前技術相較，本發明中的所述鋰離子電池負極的製備方法通過真空蒸鍍法將金屬材料蒸鍍於所述奈米碳管

膜狀結構中奈米碳管的表面形成一連續的管狀結構，然後使蒸鍍於奈米碳管膜狀結構的金屬材料自發氧化，故，該金屬氧化物材料可以均勻的吸附於所述奈米碳管膜狀結構中，並與所述奈米碳管膜狀結構中的奈米碳管形成良好的結合。故，該鋰離子電池負極具有良好的充放電性能。另外，通過將蒸鍍有奈米級金屬材料的奈米碳管膜狀結構暴露於空氣當中，該奈米級金屬材料就可以發生自發的氧化從而形成所述鋰離子電池負極，而無需其他額外、複雜的化學反應過程。故，本發明實施例提供的鋰離子電池負極的製備方法具有工藝簡單、成本低廉等特點。

【實施方式】

[0007] 下面將結合附圖及具體實施例，對本發明作進一步的詳細說明。

[0008] 請參見圖1，本發明實施例提供一種鋰離子電池負極的製備方法。該鋰離子電池負極的製備方法包括以下步驟：
(S10)，提供一奈米碳管膜狀結構；(S11)，將一金屬材料蒸鍍於所述奈米碳管膜狀結構；以及，(S12)，使所述蒸鍍於奈米碳管膜狀結構的金屬材料自發氧化，獲得所述鋰離子電池負極。

[0009] 步驟S10，提供一奈米碳管膜狀結構。

[0010] 所述奈米碳管膜狀結構為一自支撐結構。所述自支撐為所述奈米碳管膜狀結構不需要大面積的載體支撐，而只要相對兩邊提供支撐力即能整體上懸空而保持自身膜狀狀態，即將該奈米碳管膜狀結構置於（或固定於）間隔

一定距離設置的兩個支撐體上時，位於兩個支撐體之間的奈米碳管膜狀結構能夠懸空保持自身膜狀狀態。所述自支撐主要通過奈米碳管膜狀結構中存在連續的通過凡得瓦力首尾相連延伸排列的奈米碳管而實現。所述奈米碳管膜狀結構由複數個奈米碳管組成，該複數個奈米碳管之間通過凡得瓦力緊密連接。該複數個奈米碳管無序或有序排列。所謂無序排列是指奈米碳管的排列方向無規則。所謂有序排列是指奈米碳管的排列方向有規則。所述奈米碳管膜狀結構的厚度可以為100奈米-100微米，優選地，所述奈米碳管膜狀結構的厚度可以為500奈米-1微米。所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的直徑為5~20奈米；優選地，所述奈米碳管的直徑為10~15奈米；本實施例中，所述奈米碳管的直徑約為10奈米。所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的長度不限，優選為100微米~900微米。

[0011] 所述奈米碳管膜狀結構可以為多層層疊設置的奈米碳管拉膜。請參見圖2，所述奈米碳管拉膜是由若干奈米碳管組成的自支撐結構。所述若干奈米碳管基本沿同一方向擇優取向排列，所述擇優取向排列是指在奈米碳管拉膜中大多數奈米碳管的整體延伸方向基本朝同一方向。而且，所述大多數奈米碳管的整體延伸方向基本平行於奈米碳管拉膜的表面。進一步地，所述奈米碳管拉膜中大多數奈米碳管是通過凡得瓦力首尾相連。具體地，所述奈米碳管拉膜中基本朝同一方向延伸的大多數奈米碳管中每一奈米碳管與在延伸方向上相鄰的奈米碳管通過凡

得瓦力首尾相連。當然，所述奈米碳管拉膜中存在少數隨機排列的奈米碳管，這些奈米碳管不會對奈米碳管拉膜中大多數奈米碳管的整體取向排列構成明顯影響。所述自支撐為奈米碳管拉膜不需要大面積的載體支撐，而只要相對兩邊提供支撐力即能整體上懸空而保持自身膜狀狀態，即將該奈米碳管拉膜置於（或固定於）間隔一定距離設置的兩個支撐體上時，位於兩個支撐體之間的奈米碳管拉膜能夠懸空保持自身膜狀狀態。所述自支撐主要通過奈米碳管拉膜中存在連續的通過凡得瓦力首尾相連延伸排列的奈米碳管而實現。

[0012] 具體地，所述奈米碳管拉膜中基本朝同一方向延伸的多數奈米碳管，並非絕對的直線狀，可以適當的彎曲；或者並非完全按照延伸方向上排列，可以適當的偏離延伸方向。因此，不能排除奈米碳管拉膜的基本朝同一方向延伸的多數奈米碳管中並列的奈米碳管之間可能存在部分接觸。

[0013] 具體地，所述奈米碳管拉膜包括複數個連續且定向排列的奈米碳管片段。該複數個奈米碳管片段通過凡得瓦力首尾相連。每一奈米碳管片段包括複數個相互平行的奈米碳管，該複數個相互平行的奈米碳管通過凡得瓦力緊密結合。該奈米碳管片段具有任意的長度、厚度、均勻性及形狀。該奈米碳管拉膜中的奈米碳管沿同一方向擇優取向排列。此外，由於該奈米碳管拉膜具有較大的比表面積，因此，該奈米碳管拉膜具有較大的黏性。

[0014] 可以理解，由於所述奈米碳管膜狀結構中包括多層層疊

設置的奈米碳管拉膜，且每層奈米碳管拉膜中的奈米碳管沿一個方向擇優取向排列，因此，相鄰兩層奈米碳管拉膜中的奈米碳管間具有一交叉角度 α ， α 大於等於0度小於等於90度。該奈米碳管膜狀結構中奈米碳管拉膜的層數不限，優選為1~5層。本實施例中，所述奈米碳管膜狀結構包括2層層疊設置的奈米碳管拉膜，且相鄰的奈米碳管拉膜中的奈米碳管的延伸方向形成90°交叉角度，該奈米碳管膜狀結構的厚度約為0.6微米。所述奈米碳管拉膜可以從一奈米碳管陣列中直接拉取獲得。

[0015] 可以理解，所述奈米碳管膜狀結構也可以選奈米碳管碾壓膜或奈米碳管絮化膜。

[0016] 所述奈米碳管碾壓膜包括均勻分佈的奈米碳管，該奈米碳管無序、沿同一方向或不同方向擇優取向排列。請參見圖3，優選地，所述奈米碳管碾壓膜中的奈米碳管基本沿同一方向延伸且平行於該奈米碳管碾壓膜的表面。所述奈米碳管碾壓膜中的奈米碳管相互交疊，從而使所述奈米碳管碾壓膜的表面較為粗糙。所述奈米碳管碾壓膜中奈米碳管之間通過凡得瓦力相互吸引。該奈米碳管碾壓膜具有很好的柔韌性，可以彎曲折疊成任意形狀而不破裂。所述奈米碳管碾壓膜及其製備方法請參見2008年12月3日公開的，的台灣發明專利公告第TW I334851號。

[0017] 請參見圖4，所述奈米碳管絮化膜包括相互纏繞的奈米碳管。該奈米碳管之間通過凡得瓦力相互吸引、纏繞，從而使所述奈米碳管絮化膜的表面較為粗糙。所述奈米碳

管絮化膜中的奈米碳管為均勻分佈，無規則排列。所述奈米碳管絮化膜及其製備方法可參見台灣發明專利公告第TW 1342864號。

[0018] 步驟S11，將一金屬材料蒸鍍於所述奈米碳管膜狀結構，其具體包括以下步驟：

[0019] 步驟S111，提供一金屬材料。

[0020] 所述金屬材料優選過渡金屬。具體地，所述金屬材料可以是鐵、鈷、錳、鎳及其合金。所述金屬材料的形狀和大小不限，可以根據實際需要選擇。本實施例中，所述金屬材料為鐵。

[0021] 步驟S112，提供一反應器，並將所述金屬材料及奈米碳管膜狀結構設置於所述反應器中。

[0022] 請參見圖5，所述反應器包括一腔體10、一真空泵（圖未示）、至少一蒸發源12以及至少兩個支撐體14。所述真空泵用於使所述腔體10達到預定的真空度。所述蒸發源12設置於所述腔體10的底部，該蒸發源12用於設置所述金屬材料並用於加熱所述金屬材料使其熔融後蒸發或昇華形成一金屬材料蒸氣。所述至少兩個支撐體14設置於所述腔體10的側壁，該至少兩個支撐體14用於設置所述奈米碳管膜狀結構並使所述奈米碳管膜狀結構相對於蒸發源12懸空設置。可以理解，所述奈米碳管膜狀結構到所述蒸發源12的距離可以通過所述至少兩個支撐體14控制。

[0023] 步驟S112，將所述腔體10抽真空，並將所述金屬材料蒸

鍍於所述奈米碳管膜狀結構。

[0024] 為提高金屬材料蒸氣密度，該腔體10內的真空度應達到 10^{-3} Pa以上。本實施例中，所述腔體10中的真空度為 4×10^{-3} Pa。

[0025] 可以理解，通過所述蒸發源12加熱所述金屬材料，使其熔融後蒸發或昇華形成金屬材料蒸氣，該金屬材料蒸氣遇到冷的奈米碳管膜狀結構後，在奈米碳管膜狀結構中凝聚，並在奈米碳管的表面形成一金屬層。優選地，所述金屬層包覆於每一奈米碳管的表面且均勻分佈。所述包覆於奈米碳管表面的金屬層形成一連續的管狀結構。

[0026] 所述管狀結構的管壁的厚度可以根據所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的直徑來選擇。所述管狀結構的管壁的厚度可以為奈米碳管直徑的0.5-3倍。優選地，所述管狀結構的管壁的厚度約為奈米碳管直徑的1-2倍。更優選地，所述管狀結構的管壁的厚度約為奈米碳管直徑的1-1.5倍。本實施例中，所述管狀結構的管壁的厚度與所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的直徑大致相等。所述管狀結構的管壁的厚度可以通過蒸鍍的時間來控制。另外，由於奈米碳管膜狀結構中的奈米碳管之間存在間隙，且奈米碳管膜狀結構厚度較小，故，該金屬材料蒸氣可以從所述奈米碳管膜狀結構靠近所述蒸發源12的表面滲透到所述奈米碳管膜狀結構遠離所述蒸發源12的表面，從而使整個奈米碳管膜狀結構中每一奈米碳管的表面均勻沉積所述金屬層。

[0027] 步驟S12，使所述蒸鍍於奈米碳管膜狀結構的金屬層自發氧化，獲得所述鋰離子電池負極。

[0028] 所述使蒸鍍於奈米碳管膜狀結構的金屬層自發氧化的過程可以在空氣中進行。具體地，將所述蒸鍍有金屬層的奈米碳管膜狀結構從所述腔體10中取出並暴露於空氣中。可以理解，由於所述金屬層的厚度較小，故，將所述蒸鍍有金屬層的奈米碳管膜狀結構暴露於空氣中，所述金屬層就會發生自發的氧化，形成金屬氧化物層，進而形成所述鋰離子電池負極。另外，可以理解，當金屬層的厚度太大時，如大於60奈米，該金屬層只能發生部分氧化，從而會影響鋰離子電池負極的性能。所述金屬氧化物層的厚度與所述金屬層的厚度相當。可以理解，隨著金屬氧化物層的厚度增大，一方面，鋰離子電池負極可以具有較大的儲鋰性能，但是，另一方面，該鋰離子電池負極的離子遷移速度以及電子運輸速率會顯著降低，從而影響鋰離子電池負極的性能。故，為了優化鋰離子電池負極的性能，可以通過控制金屬層的厚度來控制所述金屬氧化物層的厚度。所述金屬氧化物層的厚度可以為奈米碳管直徑的0.5-3倍。優選地，所述金屬氧化物層的厚度約為奈米碳管直徑的1-2倍。更優選地，所述金屬氧化物層的厚度約為奈米碳管直徑的1-1.5倍。本實施例中，所述金屬氧化物層的厚度與所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的直徑大致相等，即，約為10奈米。

[0029] 另外，當奈米碳管的直徑較小時，即小於5奈米，由於其曲率較大，故，在蒸鍍過程中，難以在奈米碳管表面均

勻的形成一連續的管狀金屬層，進而難以形成均勻的金屬氧化物層，從而會影響鋰離子電池負極的性能。另外，當所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的直徑較大時，即大於20奈米，在保證鋰離子電池負極具有一定的離子遷移速度以及電子運輸速率的前提下，即在奈米碳管表面形成一定厚度的金屬氧化物層，該單位鋰離子電池負極中的負極活性物質含量較低，從而會降低鋰離子電池負極的能量密度。

[0030] 請參見圖6，該鋰離子電池負極由一奈米碳管膜狀結構以及 Fe_3O_4 複合而成。所述 Fe_3O_4 均勻的包覆於所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的表面，所述 Fe_3O_4 層的厚度約為10奈米。該鋰離子電池負極的容量可達到1600mAh/g，是先前的石墨電極容量（330 mAh/g）的5倍左右，是純 Fe_3O_4 顆粒電極容量（924 mAh/g）的近2倍左右。

[0031] 本發明實施例提供的鋰離子電池負極的製備方法具有以下優點：

[0032] 首先，通過將蒸鍍有奈米級金屬層的奈米碳管膜狀結構暴露於空氣當中，該奈米級的金屬層就可以發生自發的氧化從而形成所述鋰離子電池負極，而無需其他額外的、複雜的化學反應過程。故，本發明實施例提供的鋰離子電池負極的製備方法具有工藝簡單、成本低廉等特點。其次，所述奈米碳管膜狀結構可以作為負載金屬氧化物（即，負極活性材料）的載體，從而使金屬氧化物均勻分佈而不會發生團聚，故，該鋰離子電池負極具有較高的充放電性能。再次，根據奈米碳管直徑的選擇來控

制金屬層的厚度以及負極活性材料的厚度，從而可以最大限度的優化鋰離子電池負極的性能。最後，由於奈米碳管膜狀結構具有良好的導電性能，故，本發明實施例中的鋰離子電池負極無需添加額外的導電材料，就可以具有良好的導電性能。另，由於奈米碳管膜狀結構具有自支撐性能，故，該鋰離子電池負極具有較強的機械性能，且為一宏觀的薄膜結構，故，可以方便的應用於各種可攜式電子設備。

[0033] 綜上所述，本發明確已符合發明專利之要件，遂依法提出專利申請。惟，以上所述者僅為本發明之較佳實施例，自不能以此限制本案之申請專利範圍。舉凡習知本案技藝之人士援依本發明之精神所作之等效修飾或變化，皆應涵蓋於以下申請專利範圍內。

【圖式簡單說明】

[0034] 圖1 為本發明實施例提供的製備所述鋰離子電池負極的流程圖。

[0035] 圖2 為本發明實施例提供的製備所述鋰離子電池負極的方法中所採用的奈米碳管拉膜的SEM照片。

[0036] 圖3為本發明實施例提供的製備所述鋰離子電池負極的方法中所採用的奈米碳管碾壓膜的SEM照片。

[0037] 圖4為本發明實施例提供的製備所述鋰離子電池負極的方法中所採用的奈米碳管絮化膜的SEM照片。

[0038] 圖5為本發明實施例提供的製備所述鋰離子電池負極的方法中在腔體中將金屬材料蒸鍍於奈米碳管膜狀結構的示

意圖。

[0039] 圖6為本發明實施例提供的所述鋰離子電池負極的SEM照片。

【主要元件符號說明】

[0040] 腔體：10

[0041] 蒸發源：12

[0042] 支撐體：14



七、申請專利範圍：

- 1 . 一種鋰離子電池負極的製備方法，包括：
提供一懸空設置的奈米碳管膜狀結構，所述奈米碳管膜狀結構包括複數個奈米碳管；
通過真空蒸鍍法將一金屬材料包覆於所述奈米碳管膜狀結構中奈米碳管的表面形成一連續的奈米級管狀結構；以及
使所述蒸鍍於奈米碳管膜狀結構的金屬材料自發氧化，獲得所述鋰離子電池負極。
- 2 . 如申請專利範圍第1項所述的鋰離子電池負極的製備方法，其中，所述金屬材料選自過渡金屬材料。
- 3 . 如申請專利範圍第1項所述的鋰離子電池負極的製備方法，其中，所述將金屬材料蒸鍍於奈米碳管膜狀結構包括以下步驟：
提供一腔體，將所述金屬材料及奈米碳管膜狀結構設置於所述腔體中；以及
將所述腔體抽真空，並加熱所述金屬材料使金屬材料熔融後蒸發或昇華形成蒸氣，該蒸氣遇到奈米碳管膜狀結構後凝聚，從而在奈米碳管的表面形成一連續的管狀結構。
- 4 . 如申請專利範圍第3項所述的鋰離子電池負極的製備方法，其中，所述腔體內的真空度小於等於 10^{-3} Pa。
- 5 . 如申請專利範圍第4項所述的鋰離子電池負極的製備方法，其中，所述使蒸鍍於奈米碳管膜狀結構的金屬材料氧化的步驟為：將所述蒸鍍有金屬材料的奈米碳管膜狀結構暴露於空氣中。
- 6 . 如申請專利範圍第1項所述的鋰離子電池負極的製備方法

，其中，所述奈米碳管的直徑為5~20奈米。

7 . 如申請專利範圍第6項所述的鋰離子電池負極的製備方法
，其中，所述奈米碳管的直徑為10~15奈米。

8 . 如申請專利範圍第6項所述的鋰離子電池負極的製備方法
，其中，所述管狀結構的厚度為奈米碳管直徑的0.5-3倍。
。

9 . 如申請專利範圍第8項所述的鋰離子電池負極的製備方法
，其中，所述管狀結構的厚度為奈米碳管直徑的1-2倍。

10 . 如申請專利範圍第1項所述的鋰離子電池負極的製備方法
，其中，所述奈米碳管膜狀結構的厚度為100奈米-100微米。

11 . 如申請專利範圍第1項所述的鋰離子電池負極的製備方法
，其中，所述奈米碳管膜狀結構包括多層層疊設置的奈米
碳管膜，且相鄰的奈米碳管膜之間通過凡得瓦力緊密相連。
。

12 . 如申請專利範圍第11項所述的鋰離子電池負極的製備方法
，其中，每一奈米碳管膜包括複數個基本沿同一方向延伸
的奈米碳管，且每一奈米碳管與在延伸方向相鄰的奈米碳
管通過凡得瓦力首尾相連。

八、圖式：

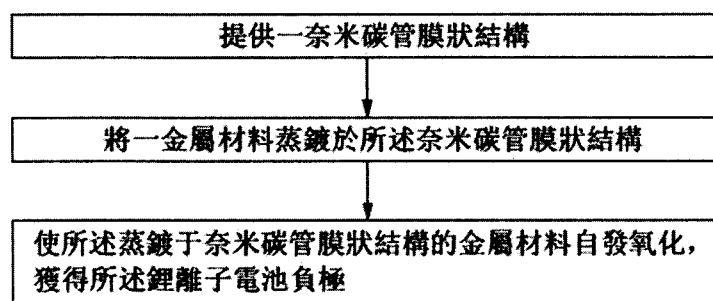


圖 1

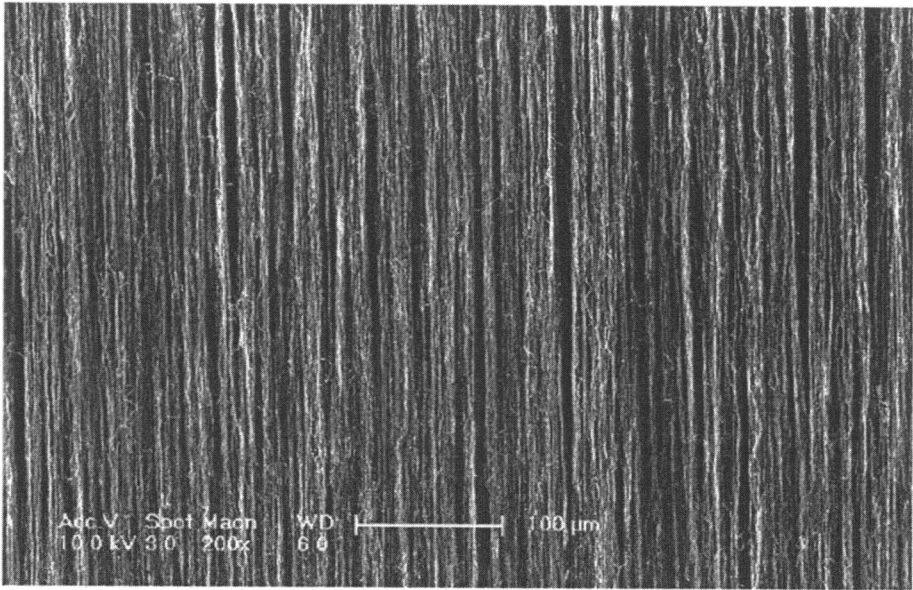


圖 2

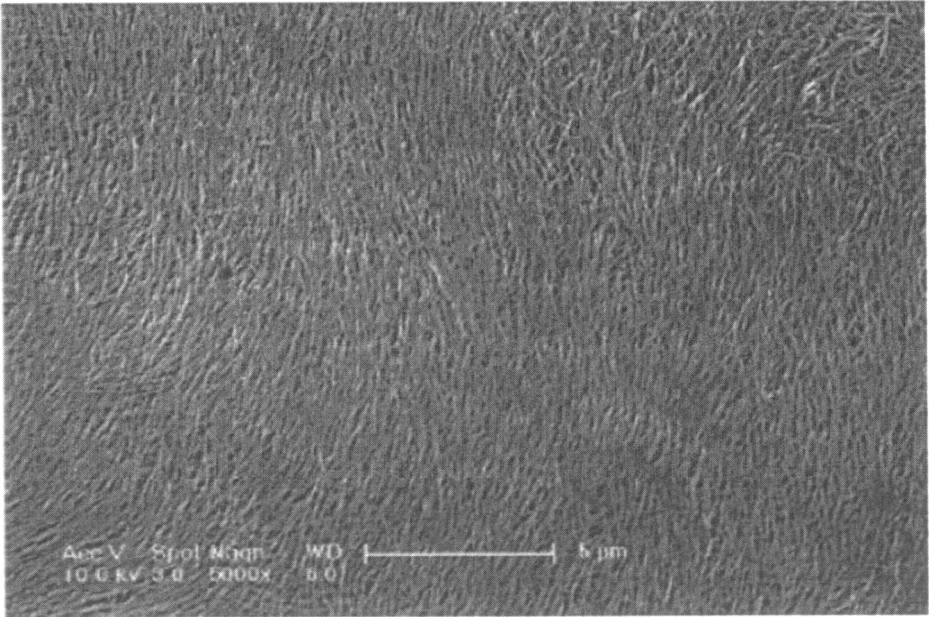


圖 3

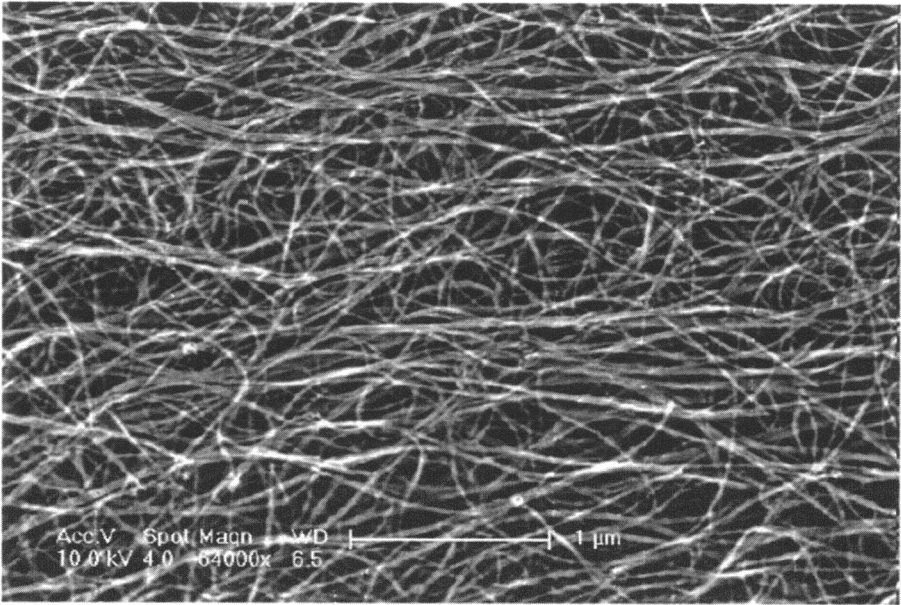


圖 4

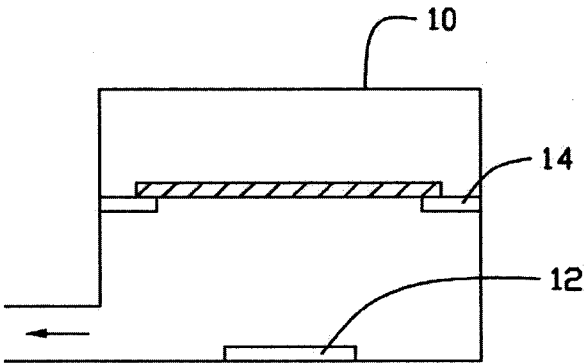


圖 5

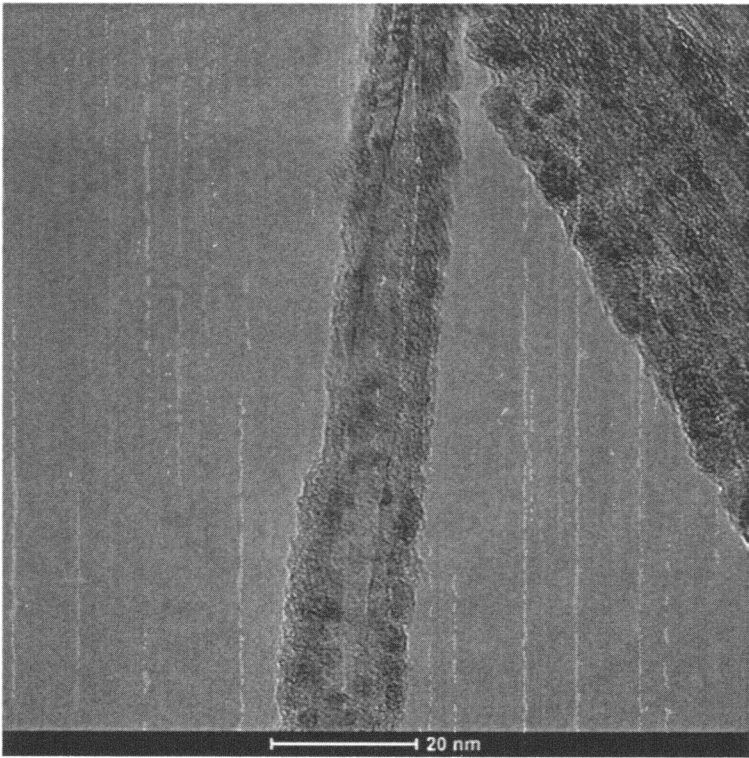


圖 6