



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I440735 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 06 月 11 日

(21) 申請案號：099111097

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 04 月 09 日

(51) Int. Cl. : C23C16/26 (2006.01)

C23C16/56 (2006.01)

B82B3/00 (2006.01)

(71) 申請人：北京富納特創新科技有限公司 (中國大陸) BEIJING FUNATE INNOVATION TECHNOLOGY CO., LTD. (CN)

中國大陸

(72) 發明人：劉亮 LIU, LIANG (CN)

(74) 代理人：虞彪

(56) 參考文獻：

US 2008/0299031A1

US 2009/0075545A1

審查人員：李明達

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：3 共 24 頁

(54) 名稱

奈米碳管膜之製備方法

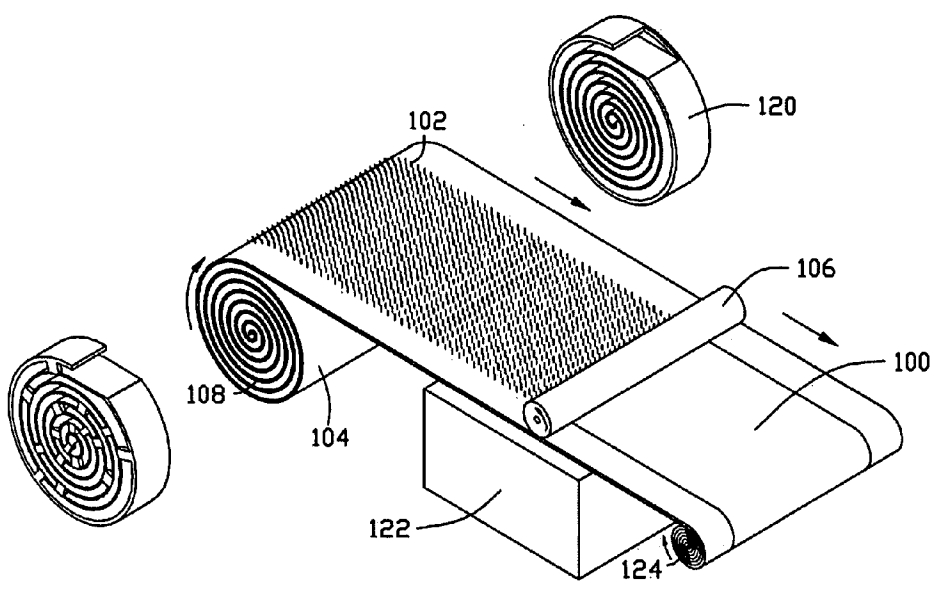
METHOD FOR MAKING CARBON NANOTUBE FILM

(57) 摘要

本發明提供一種奈米碳管膜之製備方法，其包括以下步驟：在一彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底之表面生長一奈米碳管陣列；至少局部展開所述被彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底，從而至少局部展開所述奈米碳管陣列；採用一施壓裝置向所述展開部分之奈米碳管陣列施加一壓力，使該展開部分之奈米碳管陣列中之奈米碳管傾倒，從而形成一奈米碳管膜。

The present invention relates to a method for making a carbon nanotube film. In the method, a carbon nanotube array is formed on a surface of a curved plane flexible substrate. At least a portion of the curved plane flexible substrate is unfolded, and at least a portion of the carbon nanotube array is unfolded. A compressing device is provided. A certain pressure is applied to the unfolded carbon nanotube array by the compressing device, to make the carbon nanotubes of the carbon nanotube array slanted, thereby forming a carbon nanotube film.

- 100 . . . 奈米碳管膜
- 102 . . . 奈米碳管陣列
- 104 . . . 柔性基底
- 106 . . . 施壓裝置
- 108 . . . 間隙
- 120 . . . 卡槽
- 122 . . . 支撐台
- 124 . . . 卷軸



■ 2



發明專利說明書

※申請案號：099111097

※IPC分類：C27C $\frac{16}{26}$

(2006.01)

※申請日：99.4.09

一、發明名稱：

C27C $\frac{16}{56}$

(2006.01)

奈米碳管膜之製備方法

B2B $\frac{3}{00}$

(2006.01)

METHOD FOR MAKING CARBON NANOTUBE FILM

二、中文發明摘要：

本發明提供一種奈米碳管膜之製備方法，其包括以下步驟：
 在一彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底之表面生長一奈米碳管陣列；至少局部展開所述被彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底，從而至少局部展開所述奈米碳管陣列；採用一施壓裝置向所述展開部分之奈米碳管陣列施加一壓力，使該展開部分之奈米碳管陣列中之奈米碳管傾倒，從而形成一奈米碳管膜。

三、英文發明摘要：

The present invention relates to a method for making a carbon nanotube film. In the method, a carbon nanotube array is formed on a surface of a curved plane flexible substrate. At least a portion of the curved plane flexible substrate is unfolded, and at least a portion of the carbon nanotube array is unfolded. A compressing device is provided. A certain pressure is applied to the unfolded carbon nanotube array by the compressing device, to make the carbon nanotubes of the carbon nanotube array slanted, thereby forming a carbon nanotube film.

Intellectual
Property
Office

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

奈米碳管膜：100

奈米碳管陣列：102

柔性基底：104

施壓裝置：106

間隙：108

卡槽：120

支撐台：122

卷軸：124

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

Intellectual
Property
Office

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

[0001] 本發明涉及一奈米碳管膜之製備方法。

【先前技術】

[0002] 奈米碳管(Carbon Nanotube, CNT)係一種由石墨烯片卷成之中空管狀物，其具有優異之力學、熱學及電學性質，故具有廣闊之應用領域。由於單根奈米碳管之尺寸為奈米級，難於進行加工，為便於實際應用，人們嘗試將複數奈米碳管作為原材料，製成具有較大尺寸之宏觀結構。該宏觀結構由複數奈米碳管組成，可以係膜狀、線狀或其他形狀。先前技術中一般將由複數奈米碳管組成之宏觀膜狀結構稱為奈米碳管膜(Carbon Nanotube Film)。

[0003] 范守善等人於2009年1月1日公開之台灣發明專利申請公佈說明書第200900348號中揭露了一種通過一施壓裝置向一奈米碳管陣列施加一壓力以形成奈米碳管膜之方法，通過這種方法製備之奈米碳管膜具有宏觀尺度且能夠自支撐，同時，該奈米碳管膜中之奈米碳管均勻分佈且通過凡德瓦爾力相互吸引，故具有較好之機械強度和韌度。

[0004] 然，該奈米碳管膜通過直接施壓於一奈米碳管陣列形成，膜之面積受到該奈米碳管陣列尺寸之限制。傳統之形成奈米碳管陣列之方法主要係化學氣相沈積法(CVD)。化學氣相沈積法運用沈積在生長基底上之奈米尺度之過渡金屬或其氧化物作為催化劑，在固定溫度下熱解碳源氣

體來製備奈米碳管陣列。目前化學氣相沈積法一般選用平面形狀之硬質生長基底，如矽基底。而該平面形狀之硬質生長基底由於受反應室尺寸之限制，其面積無法做到很大，從而使得生長於其上之奈米碳管陣列面積也無法做到很大。故，使通過該生長基底上生長之奈米碳管陣列製備之奈米碳管膜之面積也相應受到限制。

【發明內容】

[0005] 有鑒於此，提供一種能夠獲得具有較大面積之奈米碳管膜之製備方法實為必要。

[0006] 一種奈米碳管膜之製備方法，其包括以下步驟：在一彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底之表面生長一奈米碳管陣列；至少局部展開所述被彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底，從而至少局部展開所述奈米碳管陣列；採用一施壓裝置向所述展開部分之奈米碳管陣列施加一壓力，使該展開部分之奈米碳管陣列中之奈米碳管傾倒，從而形成一奈米碳管膜。

[0007] 相較於先前技術，本發明奈米碳管膜之製備方法具有以下優點：與傳統之硬質生長基底相比，該柔性基底可被彎曲成各種形狀之後再設置在相同之反應爐中生長奈米碳管陣列，從而可充分利用反應爐內之空間，生長出較大尺寸之奈米碳管陣列，進而使通過該奈米碳管陣列製備獲得之奈米碳管膜具有較大之面積。

【實施方式】

[0008] 以下將結合附圖詳細說明本發明實施例奈米碳管膜之製備方法。

- [0009] 請參閱圖1及圖2，本發明第一實施例提供一種奈米碳管膜之製備方法，其包括以下步驟：
- [0010] 步驟一：在一彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底104之表面形成一奈米碳管陣列102；
- [0011] 步驟二：至少局部展開所述彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底104，從而至少局部展開所述奈米碳管陣列102；
- [0012] 步驟三：採用一施壓裝置106向所述展開部分之奈米碳管陣列102施加一壓力，使所述奈米碳管陣列102中之奈米碳管傾倒，從而形成一奈米碳管膜100。
- [0013] 以下將對上述各步驟進行詳細說明。
- [0014] 在步驟一中，所述奈米碳管陣列102通過化學氣相沈積法形成於所述彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底104之表面，優選為超順排奈米碳管陣列。本實施例中，該超順排奈米碳管陣列之製備方法具體包括
- [0015] (a) 提供一彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底104，該柔性基底104具有至少一表面，且所述柔性基底104之至少一表面上形成有一催化劑層；
- [0016] (b) 採用化學氣相沈積法在所述面狀柔性基底104之至少一表面上生長超順排奈米碳管陣列。
- [0017] 在步驟(a)中，所述柔性基底104之材料為耐高溫、可發生彎曲變形且可以支撐所述奈米碳管陣列102之材料。
- [0018] 所述柔性基底104之材料之熔點大於奈米碳管陣列102之生長溫度，優選為大於500°C。該柔性基底104為具有較

小厚度之面狀或片狀基底，其材料可為金屬片、石英片、矽片或陶瓷片等，所述金屬片可為鉬片、鈦片、鋳片、鈮片、鉭片、鉛片、鎢片、鈇片或上述幾種材料之任意組合之合金片，或不銹鋼片等。該柔性基底104之厚度以可使該柔性基底104發生彎曲變形且不發生斷裂為基準，且該柔性基底104厚度越小，越可產生較大之彎曲變形。如若所述柔性基底104為金屬片，則該柔性基底104之厚度可為小於等於3毫米且大於等於0.01毫米，若所述柔性基底104為矽片、石英片和陶瓷片，則該柔性基底104之厚度可小於等於0.3毫米，優選為小於等於0.1毫米並大於等於1微米。本實施例中，該柔性基底104之材料為50微米之石英片。另外，該柔性基底104所具有之至少一表面優選為一平滑之表面。

[0019] 該面狀之柔性基底104可被彎曲成各種曲面形狀，且該曲面形狀之柔性基底104還可被展開成一平面形狀而不會斷裂。該曲面形狀可為具有一圓柱面之圓筒形、具有一螺旋柱面之螺旋形、具有一“Z”形柱面之“Z”形或其他形狀。具體為，該曲面形狀可視為具有固定長度之動直線段沿一曲線軌跡平行移動形成之面。該動直線段被稱為柱面之直母線，定曲線被稱為柱面之準線。當準線係圓時所得柱面稱為圓柱面，當準線係螺旋線時所得柱面為螺旋柱面。本實施例中，該柔性基底104被彎曲成螺旋柱面，即可視為具一固定寬度之直線段平行地沿一平面螺旋線軌跡移動形成之面，該直線段垂直於平面螺旋線所在之平面。該螺旋狀柔性基底104具有一由該螺旋狀柔

性基底104定義之間隙108，該間隙108為螺旋狀間隙。
該間隙108之寬度以大於後續生長之奈米碳管陣列102之高度為基準。

[0020] 所述催化劑層之材料可選擇為鐵 (Fe)、鈷 (Co)、鎳 (Ni) 或者該幾種金屬之氧化物，該催化劑層可採用熱沈積、電子束沈積、蒸鍍或磁控濺射等方法形成於上述柔性基底104之至少一表面。該催化劑層之厚度可根據實際需要選擇，優選為1奈米至50奈米。該催化劑層也可以同時形成在所述柔性基底104之相對之兩個表面，從而使在該兩個相對之表面均形成所述奈米碳管陣列102。本實施例中，所述催化劑層之材料為鐵，厚度為5奈米。

[0021] 在步驟(b)中，將上述表面形成有催化劑層並且被彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底104在300°C~900°C (如700°C) 之空氣中退火約30分鐘~90分鐘；以及將該柔性基底104置於一反應爐中，在保護氣體環境下加熱到500°C~900°C (如740°C)，然後通入碳源氣體反應約5分鐘~30分鐘，生長得到超順排之奈米碳管陣列102。

[0022] 所述反應爐可為管式反應爐，當該柔性基底104被彎曲成螺旋狀或圓筒狀時，該螺旋狀或圓筒狀柔性基底104之軸向可平行於管式反應爐之軸向設置於該管式反應爐內。進一步地，可通過一支架固定該柔性基底104之兩端，該支架即可固定該柔性基底104被彎曲成之曲面形狀，又可使該柔性基底104被懸於該反應爐內，且該支架需儘量少地遮擋所述柔性基底104，以避免阻隔熱量或碳源氣體傳輸至所述催化劑層處，從而影響奈米碳管之生長。該碳

源氣可選用乙炔、乙烯、乙烷等，優選為乙炔等化學性質較活潑之碳氫化合物，保護氣體可選用氮氣、氬氣或惰性氣體。

[0023] 該奈米碳管陣列102包括複數奈米碳管，優選地，該複數奈米碳管有序地垂直於柔性基底104排列。優選地，該複數奈米碳管基本為直線狀，並且，當所述柔性基底104被展開成平面形狀之後，所述複數奈米碳管基本相互平行，且沿基本垂直於所述柔性基底104之至少一表面之方向生長。所述基本平行係指該複數奈米碳管中之大部分基本沿同一方向延伸，僅有少數奈米碳管隨機排列，這些奈米碳管不會對奈米碳管陣列102中大多數奈米碳管之整體取向排列構成明顯影響。所述基本垂直係指所述複數奈米碳管中之大部分奈米碳管垂直於所述柔性基底104之至少一表面，僅有少數奈米碳管並不完全垂直所述柔性基底104，而為近似垂直，如大於等於80度小於等於100度。通過上述控制生長條件，該奈米碳管陣列102中基本不含有雜質，如無定型碳或殘留之催化劑金屬顆粒等。進一步地，該奈米碳管陣列102中之奈米碳管之間存在凡德瓦爾力。可以理解，所述奈米碳管陣列102中之奈米碳管也可以雜亂地呈彎曲狀無序生長，僅需使奈米碳管在奈米碳管陣列中具有較大之分佈密度即可。

[0024] 由於通過向一個曲面基底，尤其係彎曲成螺旋狀之曲面基底表面形成之奈米碳管陣列102施加壓力以獲得奈米碳管膜100較為困難，故在步驟三中施壓以獲得奈米碳管膜100之前，先通過步驟二將所述已經生長有奈米碳管陣列

102之曲面形狀之柔性基底104從所述反應爐中取出並至少局部展開。

[0025] 所述展開係指將所述被彎曲成曲面形狀之柔性基底104被展成一具有較小彎曲度以利於後續壓膜之形狀，優選為展開成一平面形狀，從而使生長於該柔性基底104表面之奈米碳管陣列102也被展開成一平面形狀。

[0026] 在步驟三中，所述施壓裝置106為一壓頭，該壓頭具有一表面，優選地，該表面為一平滑之表面。該壓頭之表面可以為平面，也可為一圓柱面。當所述壓頭之表面為平面時，可通過該壓頭之表面沿垂直於該展開部分之柔性基底104之方向向所述奈米碳管陣列102施加一壓力，使該奈米碳管陣列102中有序排列之複數奈米碳管沿不同之方向傾倒，從而形成一奈米碳管膜100，該奈米碳管膜100為一各向同性膜，該各向同性之奈米碳管膜100中之奈米碳管無序排列。當所述壓頭之表面為一圓柱面時，可通過該壓頭之圓柱面沿一固定方向碾壓所述奈米碳管陣列102，使該奈米碳管陣列102中之奈米碳管沿該固定方向傾倒，從而形成一奈米碳管膜100，該奈米碳管膜100中之複數奈米碳管沿該固定方向擇優取向排列；或者通過該壓頭之圓柱面沿不同方向碾壓所述奈米碳管陣列102，使部分奈米碳管沿一方向壓倒，部分奈米碳管沿其他方向壓倒，從而形成一奈米碳管膜100，該奈米碳管膜100中之奈米碳管沿不同方向擇優取向排列。

[0027] 此外，上述步驟二和步驟三可同時進行，具體為：首先局部展開所述柔性基底104，從而局部展開所述奈米碳管

陣列102；在該局部展開之奈米碳管陣列102上進行壓膜；之後在該壓膜之過程中，逐漸展開未經壓膜之柔性基底104。另，該步驟二和步驟三也可分開進行，具體為：首先將所述柔性基底104整體完全展開，從而完全展開所述奈米碳管陣列102；之後再在該整體完全展開之柔性基底104上壓膜。本實施例中為該步驟二和步驟三同時進行，具體如下：

[0028] 當所述奈米碳管陣列102被局部展開後，可首先在該局部展開之奈米碳管陣列102上進行壓膜。具體為：

[0029] a，提供一固定裝置、一拉伸工具（圖未示）及一支撐台122，採用所述固定裝置固定所述柔性基底104，並將所述支撐台122設置於所述柔性基底104之一側；

[0030] b，採用所述拉伸工具夾持所述柔性基底104之一自由端並向所述支撐台122之一側拉伸，使所述柔性基底104局部展開，從而使生長於該柔性基底104上之奈米碳管陣列102也被局部展開；

[0031] c，將所述已經局部展開之柔性基底104設置於所述支撐台122上；

[0032] d，採用所述壓頭對所述設置於支撐台122上之奈米碳管陣列102施加一壓力。

[0033] 其中，在步驟a中，所述固定裝置包括兩個相對且間隔設置之卡槽120和一為支撐和固定該兩個卡槽120之固定架（圖未示），該卡槽120之形狀可根據所述柔性基底104之曲面形狀而設定，具體為，該卡槽120之截面形狀與所

述柔性基底104之垂直於軸線方向之橫截面之形狀相同，本實施例中，所述卡槽120之截面形狀為螺旋形狀。採用該卡槽120固定所述螺旋狀柔性基底104之方式具體為，將所述螺旋狀之柔性基底104之沿軸線方向之兩端分別活動設置在該兩個卡槽120中，由於該兩個卡槽120之形狀也為螺旋形狀，且該兩個卡槽120相對且間隔設置，從而可使該螺旋狀柔性基底104可被固定在其中，且除兩端被卡槽120卡設之外，其他部分均懸空設置。

[0034] 在步驟b中，在採用所述拉伸工具拉伸所述柔性基底104之過程中，由於該柔性基底104之兩端被活動設置在所述兩個卡槽120中，從而可使所述柔性基底104在拉伸工具之拉力作用下，逐漸沿著該卡槽120之螺旋路徑移出並展開。

[0035] 在步驟d中，隨著該奈米碳管陣列102被逐漸壓倒形成奈米碳管膜100，進一步將所述彎曲成曲面形狀之柔性基底104連續地或斷續地局部展開成平面形狀，以連續地或斷續地提供平面形狀奈米碳管陣列102，從而使所述施壓裝置106連續地或斷續地施壓於該平面形狀之奈米碳管陣列102，從而最終使整個奈米碳管陣列102形成奈米碳管膜100。

[0036] 具體為，在此步驟d中，採用所述施壓裝置106斷續地施壓於該平面形狀之奈米碳管陣列102之方法包括：（1）斷續地局部展開所述柔性基底104，從而斷續地局部展開所述奈米碳管陣列102；（2）採用所述施壓裝置106斷續地施壓於展開之奈米碳管陣列102，從而使該展開部分之

奈米碳管陣列102中之奈米碳管在所述施壓裝置之壓力之作用下被傾倒，從而形成奈米碳管膜100。

[0037] 其中，在步驟（1）中，所述斷續地局部展開所述柔性基底104係指當所述柔性基底104被局部展開之後，停止該展開過程，並在該停止展開之過程中採用所述施壓裝置106施壓於該展開部分之奈米碳管陣列102以使該奈米碳管陣列102中之奈米碳管全部傾倒形成奈米碳管膜100，之後再停止施壓裝置106施壓於該奈米碳管陣列102，並在該停止施壓之過程中進一步展開所述彎曲成曲面形狀之柔性基底104。在步驟（2）中，所述施壓裝置106之壓頭具有之表面可以為平面，也可以為一圓柱面，當所述壓頭具有之表面為平面時，優選地，該平面之寬度大於奈米碳管陣列102之寬度，當該壓頭將首先局部展開之奈米碳管陣列102壓倒之後，將該壓頭沿垂直於支撐台122之方向抬起，並同時拉伸所述彎曲成曲面形狀之柔性基底104以提供設置於所述支撐台122上之靜置之平面形狀之奈米碳管陣列102，隨後使該壓頭沿垂直於所述支撐台122之方向下降並施壓於設置於該支撐台122上之靜置之已展開成平面形狀之奈米碳管陣列102，反復升降所述壓頭，並斷續施壓於所述斷續展開之設置於支撐台122上之靜置之奈米碳管陣列102，從而形成所述奈米碳管膜100。另外，當該壓頭沿不同方向碾壓所述奈米碳管陣列102時，其整個過程可與上述採用具有平面表面之壓頭施壓於所述奈米碳管陣列102以形成奈米碳管膜100之過程相似，即，斷續提供靜置之展開之奈米碳管陣列102，並反

復升降所述壓頭以施壓於所述展開之奈米碳管陣列102，從而最終使整個奈米碳管陣列102被壓成奈米碳管膜100。

[0038] 其中，採用所述施壓裝置106連續地施壓於該平面形狀之奈米碳管陣列102之方法包括：(I) 連續地局部展開所述柔性基底104，從而連續地局部展開所述奈米碳管陣列102；(II) 採用所述施壓裝置106連續地施壓於展開之奈米碳管陣列102，從而使該展開部分之奈米碳管陣列102中之奈米碳管在所述施壓裝置106之壓力之作用下被傾倒，從而形成奈米碳管膜100。

[0039] 其中在步驟(I)中，所述連續地局部展開所述柔性基底104係指不間斷地展開該柔性基底104。在步驟(II)中，所述施壓裝置106之壓頭具有一圓柱形表面，首先，使該壓頭接觸所述展開部分之奈米碳管陣列102，且使該壓頭之軸線方向與所述展開成平面形狀之奈米碳管陣列102之寬度方向相同；其次，連續地滾動所述壓頭，使該壓頭連續地施壓於所述不斷展開之奈米碳管陣列102，從而使該不斷展開之奈米碳管陣列102中之奈米碳管在所述壓頭之壓力作用下被傾倒，從而形成奈米碳管膜。具體為，沿同一方向滾動所述壓頭以碾壓所述奈米碳管陣列102，使所述奈米碳管陣列102中奈米碳管傾倒之方向與所述柔性基底104之展開方向相反，該碾壓速度小於或等於所述柔性基底104之展開速度，即使所述壓頭碾壓奈米碳管陣列102之過程與展開彎曲成曲面形狀之奈米碳管陣列102之過程同時進行。

[0040] 該支撐台122也可具有一曲面，例如該支撐台122可以係一圓柱體，從而與圓柱體之施壓裝置106配合，使所述柔性基底102通過於兩個圓柱體之間。可以理解，當該柔性基底104之兩面均生長有奈米碳管陣列102時，可採用兩個相對之施壓裝置106對所述兩個奈米碳管陣列102同時施壓。具體地，可使所述柔性基底104通過兩個能夠相對轉動之圓柱形壓頭之間。

[0041] 另外，在形成所述奈米碳管膜100之同時，為節省空間，可進一步將所述已經形成有奈米碳管膜100之柔性基底104捲繞於一卷軸124上。通過該卷軸124之旋轉，使所述已經形成有奈米碳管膜100之柔性基底104逐漸捲繞於該卷軸124上，同時也帶動所述未形成有奈米碳管膜100之柔性基底104逐漸展開。進一步地，為避免在該捲繞之柔性基底104之另一表面，即與所述形成有奈米碳管陣列102之表面相對之表面會黏附所述奈米碳管膜100，該表面可具有矽、石蠟、特氟隆或其他不乾膠用底膜塗層材料。

[0042] 另外，由於上述壓力之作用，所形成之奈米碳管膜100中之複數奈米碳管與所述柔性基底104之間具有較小之結合力，且該複數奈米碳管相互之間通過凡德瓦爾力相互吸引，從而在使用之過程中，所述奈米碳管膜100很容易從所述柔性基底104上剝離下來且不會破壞。剝離下來之奈米碳管膜100為一自支撐結構。

[0043] 可以理解，當柔性基底104被彎曲成曲面形狀並在反應室內形成奈米碳管陣列102，尤其係彎曲成螺旋狀時，該柔

性基底104之面積可能很大。將大面積之柔性基底104完全展開成一平面形狀，需要佔用較大空間，且不便於工業連續化生產。故，通過將上述柔性基底104展開、壓膜及將該形成有奈米碳管膜100之柔性基底104捲繞同時進行之方式，可儘量節省拉取奈米碳管膜100過程所需要之空間，適合大批量、連續化之工業生產。

[0044] 通過上述方式所獲得之奈米碳管膜100中之複數奈米碳管，沿同一方向或不同方向擇優取向排列。請參閱圖3，所述沿同一方向擇優取向排列係指在奈米碳管膜100中大多數奈米碳管之整體延伸方向基本朝同一方向，當然，所述奈米碳管膜100中存在少數偏離延伸方向之奈米碳管，這些奈米碳管不會對奈米碳管膜100中大多數奈米碳管之整體取向排列構成明顯影響。所述沿不同方向擇優取向排列係指在奈米碳管膜100中之部分奈米碳管之延伸方向基本朝一方向，部分奈米碳管之延伸方向基本朝另外其他方向。優選地，所述奈米碳管膜100中之奈米碳管平行於奈米碳管膜100之表面。所述奈米碳管膜100中之奈米碳管相互部分交疊。所述奈米碳管膜100中奈米碳管之間通過凡德瓦爾力相互吸引，緊密結合，使得該奈米碳管膜100具有很好之柔韌性，可以彎曲折疊成任意形狀而不破裂。且由於奈米碳管膜100中之奈米碳管之間通過凡德瓦爾力相互吸引，緊密結合，使奈米碳管膜100為一自支撐之結構。所述自支撐為奈米碳管膜100不需要大面積之載體支撐，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100置於（或固

定於) 間隔一固定距離設置之兩個支撐體上時，位於兩個支撐體之間之奈米碳管膜100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100中奈米碳管之間存在之凡德瓦爾力而實現。所述奈米碳管膜100中之奈米碳管與形成該奈米碳管陣列102之柔性基底104之表面形成一夾角 α ，其中， α 大於等於0度且小於等於15度($0 < \alpha < 15^\circ$)，該夾角 α 與施加在奈米碳管陣列102上之壓力有關，壓力越大，該夾角越小。且該奈米碳管膜100之厚度取決於奈米碳管陣列102之高度和壓力大小，奈米碳管陣列102之高度越大而施加之壓力越小，則製備之奈米碳管膜100之厚度越大；反之，奈米碳管陣列102之高度越小而施加之壓力越大，則製備之奈米碳管膜100之厚度越小。本實施例中，製備之奈米碳管膜100之厚度為1微米~1毫米。

[0045] 該製備奈米碳管膜之方法具有以下優點：第一，與傳統之硬質生長基底相比，該柔性基底可被彎曲成各種形狀之後再設置在相同之反應爐中生長奈米碳管陣列，從而可充分利用反應爐內之空間，生長出較大尺寸之奈米碳管陣列，進而使得通過對該奈米碳管陣列施加壓力而獲得之奈米碳管膜具有較大之面積。第二，由於該柔性基底具有柔性，從而可被展開成一平面形狀，相較於直接在一複雜之曲面狀基底上獲得奈米碳管膜，先將曲面基底展開再施壓於該基底上之奈米碳管陣列以獲得奈米碳管膜更為簡單易行。

[0046] 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方式，自不能以此限制本案之申請專利範圍。舉凡熟悉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】

[0047] 圖1為本發明第一實施例提供之奈米碳管膜之製備方法流程圖。

[0048] 圖2為本發明第一實施例提供之奈米碳管膜之製備方法過程示意圖。

[0049] 圖3為本發明第一實施例奈米碳管膜之掃描電鏡照片。

【主要元件符號說明】

[0050] 奈米碳管膜：100

[0051] 奈米碳管陣列：102

[0052] 柔性基底：104

[0053] 施壓裝置：106

[0054] 間隙：108

[0055] 卡槽：120

[0056] 支撐台：122

[0057] 卷軸：124



Intellectual
Property
Office

七、申請專利範圍：

1. 一種奈米碳管膜之製備方法，其包括以下步驟：
在一彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底之表面生長一奈米碳管陣列；
至少局部展開所述彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底，從而至少局部展開所述奈米碳管陣列；及
採用一施壓裝置向所述展開部分之奈米碳管陣列施加一壓力，使該展開部分之奈米碳管陣列中之奈米碳管傾倒，從而形成一奈米碳管膜。
2. 如申請專利範圍第1項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，在採用所述施壓裝置壓膜之前，將所述彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底整體展開成一平面形狀。
3. 如申請專利範圍第1項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，在採用所述施壓裝置壓膜之前，將所述彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底局部展開成一平面形狀。
4. 如申請專利範圍第3項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，在採用所述施壓裝置壓膜之過程中，將所述彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底連續地局部展開成平面形狀，以連續地提供平面形狀奈米碳管陣列，從而使所述施壓裝置連續地施壓於該平面形狀之奈米碳管陣列。
5. 如申請專利範圍第4項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，在採用所述施壓裝置壓膜之前，進一步將所述曲面形狀之柔性基底沿軸線方向之兩端活動設置在兩個相對且間隔設置之卡槽中。
6. 如申請專利範圍第5項所述之奈米碳管膜之製備方法，其

中，進一步採用一拉伸工具夾持並拉伸所述柔性基底之一自由端，從而使所述柔性基底沿所述卡槽移出並連續地展開。

7. 如申請專利範圍第1項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，當形成所述奈米碳管膜之後，捲繞已形成有奈米碳管膜之柔性基底。
8. 如申請專利範圍第1項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，所述局部展開奈米碳管陣列，並通過施壓裝置對展開部分之奈米碳管陣列施加壓力之方法具體包括以下步驟：
斷續地局部展開所述彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底，從而斷續地局部展開所述奈米碳管陣列成一平面形狀；
採用一施壓裝置斷續地對展開部分之奈米碳管陣列施加壓力，從而使該展開部分之奈米碳管陣列中之奈米碳管在所述施壓裝置之壓力之作用下被傾倒，從而形成奈米碳管膜。
9. 如申請專利範圍第8項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，所述施壓裝置對展開部分之奈米碳管陣列施加壓力時，所述面狀柔性基底與奈米碳管陣列處於停止狀態。
10. 如申請專利範圍第8項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，所述施壓裝置為一壓頭，該壓頭具有一平面表面或一圓柱表面。
11. 如申請專利範圍第10項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，當所述壓頭具有一平面表面時，通過該壓頭之表面沿垂直於所述展開部分之柔性基底之方向向所述奈米碳管陣列施加一壓力。
12. 如申請專利範圍第11項所述之奈米碳管膜之製備方法，其

中，當將所述展開部分之奈米碳管陣列壓成一奈米碳管膜之後，進一步包括：將所述壓頭抬起，並同時拉伸所述彎曲成曲面形狀之柔性基底，以展開該柔性基底成一平面形狀，從而提供平面形狀之奈米碳管陣列；設置該平面形狀之奈米碳管陣列於所述壓頭下方，並落下所述壓頭以施壓於該平面形狀之奈米碳管陣列。

13 . 如申請專利範圍第10項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，當所述壓頭具有一圓柱表面時，通過該壓頭之圓柱面沿一固定方向或不同方向碾壓所述奈米碳管陣列。

14 . 如申請專利範圍第1項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，所述局部展開奈米碳管陣列，並通過施壓裝置對展開部分之奈米碳管陣列施加壓力之方法具體包括以下步驟：連續地展開所述彎曲成曲面形狀之面狀柔性基底，從而連續地局部展開所述奈米碳管陣列成一平面形狀；

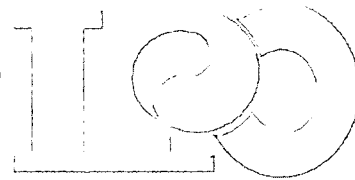
所述施壓裝置為一具有一圓柱表面之壓頭，使該壓頭之軸線方向與所述展開部分之奈米碳管陣列之寬度方向相同，並使該壓頭接觸所述展開部分之奈米碳管陣列；及連續地滾動所述壓頭，使該壓頭連續地施壓於所述不斷展開之奈米碳管陣列，從而使該不斷展開之奈米碳管陣列中之奈米碳管在所述壓頭之壓力作用下被傾倒，從而形成奈米碳管膜。

15 . 如申請專利範圍第14項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，所述奈米碳管傾倒之方向與所述柔性基底之展開方向相反。

16 . 如申請專利範圍第1項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，所述曲面形狀為一固定長度之動直線段沿一曲線軌跡

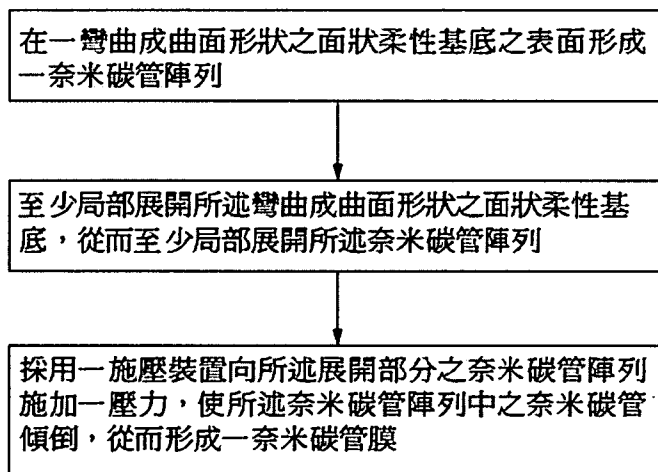
平行移動形成之曲面形狀。

- 17 . 如申請專利範圍第16項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，所述曲面形狀為筒形形狀或螺旋形狀。
- 18 . 如申請專利範圍第1項所述之奈米碳管膜之製備方法，其中，進一步包括將所述奈米碳管膜從所述柔性基底之表面上揭取下之步驟。



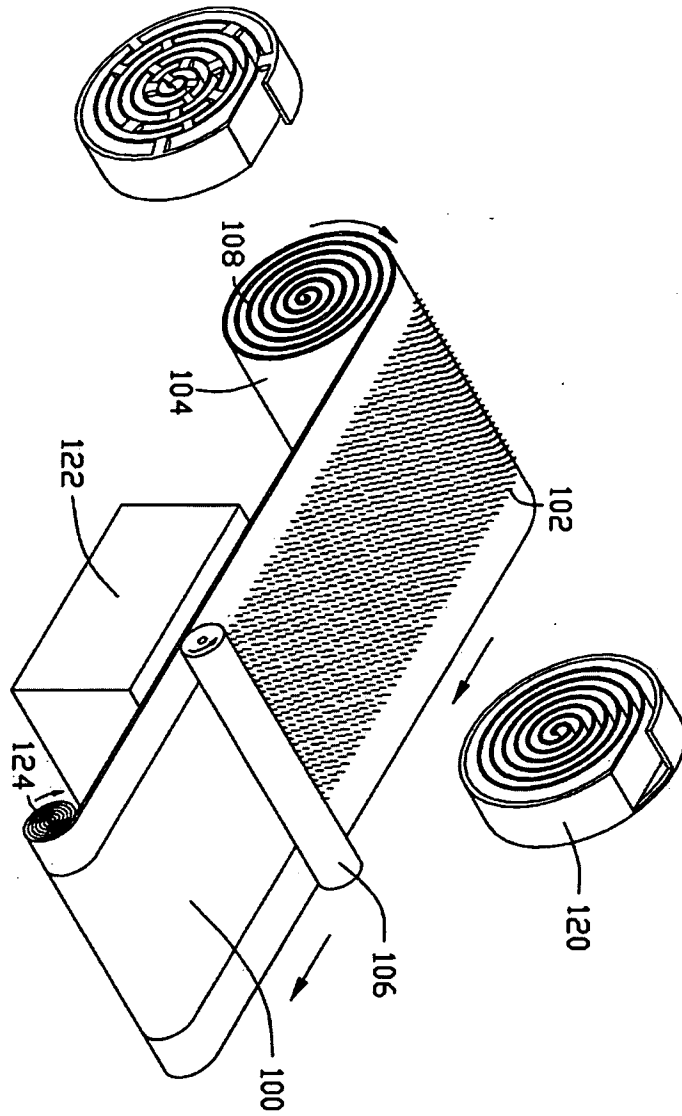
Intellectual
Property
Office

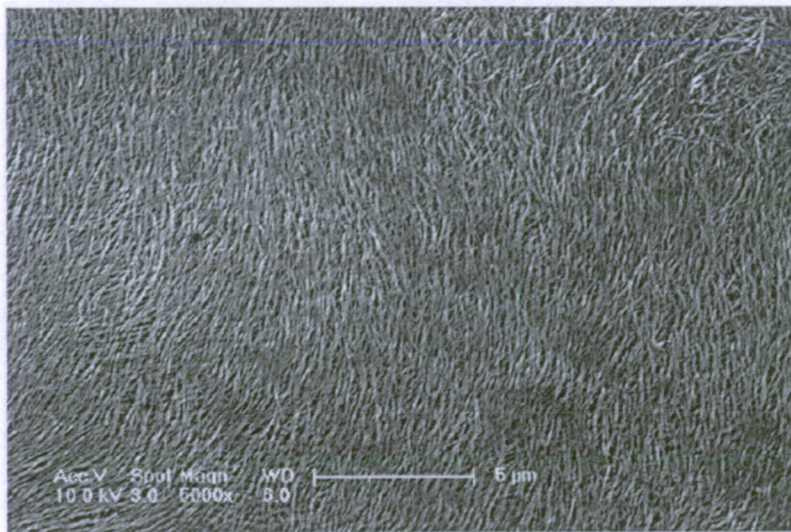
八、圖式：



■ 1

2





■ 3