



(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 I399120B1

(45) 公告日：中華民國 102 (2013) 年 06 月 11 日

(21) 申請案號：098114586

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 04 月 30 日

(51) Int. Cl. : H05B3/20 (2006.01)

B82B3/00 (2006.01)

(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：馮辰 FENG, CHEN (CN)；劉鏞 LIU, KAI (CN)；王佳平 WANG, JIA-PING (CN)；姜開利 JIANG, KAI-LI (CN)；劉長洪 LIU, CHANG-HONG (CN)；范守善 FAN, SHOU-SHAN (CN)

(56) 參考文獻：

TW 200800793A

EP 2043406A2

US 7224256B2

"Flexible, Stretchable, Transparent Carbon Nanotube Thin Film Loudspeakers", Nano Letters, Vol.8, No.12, pp4539-4545, 2008

審查人員：鄭敬偉

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：19 共 62 頁

(54) 名稱

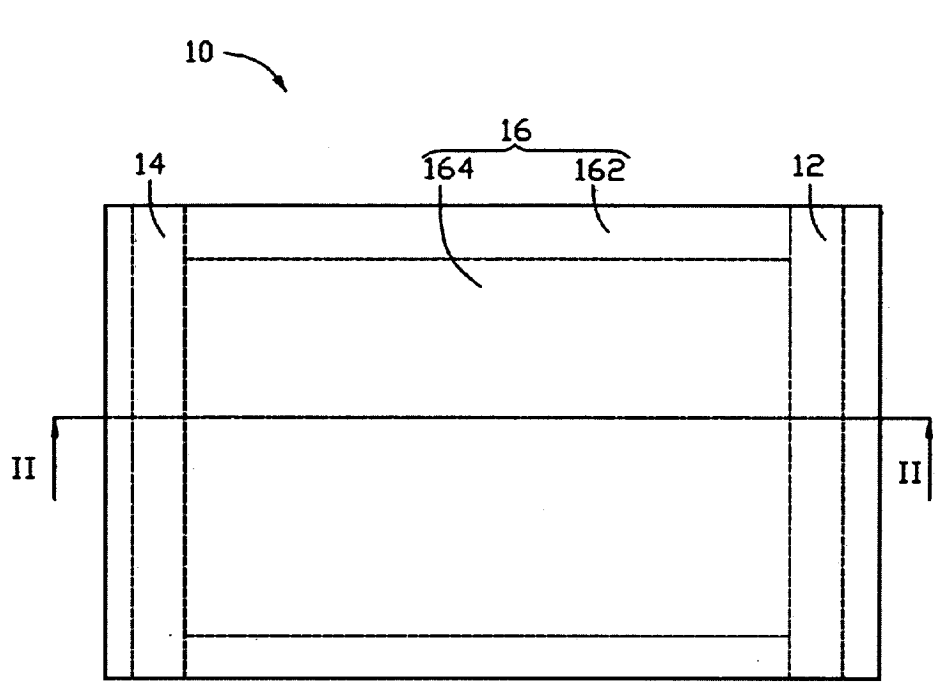
面熱源

PLANAR HEATER

(57) 摘要

本發明涉及一種面熱源，其包括：一加熱元件，該加熱元件由一基體及多個奈米碳管組成的一體的自支撐的奈米碳管結構複合而成；及至少兩電極間隔設置並與該加熱元件電連接。該面熱源可以用於製造自發熱的取暖服、取暖手套或取暖鞋、電加熱器、紅外治療儀、電暖器等，具有廣泛的應用範圍。

The present invention relates to a planar heater. The planar heater includes a heating element and at least two electrodes connected to the heating element. The heating element includes a matrix and a plurality of carbon nanotubes disposed in the matrix. The plurality of carbon nanotubes build a free-standing carbon nanotube structure. The planar heater has a wide application, and can be used to make warming clothes, warming gloves, warming shoes, electric heating device, infrared therapy device, and other electric heater.



- 10 . . . 面熱源
- 12 . . . 第一電極
- 14 . . . 第二電極
- 16 . . . 加熱元件
- 162 . . . 基體
- 164 . . . 奈米碳管結構

圖 1

發明專利說明書

【發明說明書】

【中文發明名稱】 面熱源

【英文發明名稱】 PLANAR HEATER

【技術領域】

【0001】 本發明涉及一種面熱源，尤其涉及一種基於奈米碳管的面熱源。

【先前技術】

【0002】 熱源在人們的生產、生活、科研中起著重要的作用。面熱源係熱源的一種。面熱源為二維結構，將待加熱物體置於該二維結構的上方對物體進行加熱，因此，面熱源可對待加熱物體各個部位同時加熱，加熱面較大、加熱均勻且效率較高。面熱源已成功用於工業領域、科研領域或生活領域等，如電加熱器、電熱毯、紅外治療儀及電暖器等。

【0003】 先前面熱源一般包括一加熱元件和至少兩個電極，該至少兩個電極設置於該加熱元件的表面，並與該加熱元件電連接。當通過電極向加熱元件通入電壓或電流時，由於加熱元件具有較大電阻，通入加熱元件的電能轉換成熱能，並從加熱元件釋放出來。現在市售的面熱源通常採用金屬絲或碳纖維製成的電熱絲作為加熱元件進行電熱轉換。

【0004】 然而，金屬絲或碳纖維均具有強度不高、電熱轉換效率較低及品質較大的缺點。金屬絲易於折斷，特別係多次彎曲或繞折成一定角度時易產生疲勞，因此應用受到限制。另，以金

屬絲或碳纖維製成的電熱絲所產生的熱量係以普通波長向外輻射的，其電熱轉換效率不高不利於節省能源，需加入黏塗有遠紅外塗料的棉線提高電熱轉換效率，不利於節能環保。碳纖維及金屬絲的品質均較大，不利於使熱源輕型化。同時，碳纖維尺寸不夠小，不利於應用於微型熱源。

【0005】 自九十年代初以來，以奈米碳管(請參見Helical microtubules of graphitic carbon, Nature, Sumio Iijima, vol 354, p56(1991))為代表的奈米材料以其獨特的結構和性質引起了人們極大的關注。近幾年來，隨著奈米碳管及奈米材料研究的不斷深入，其廣闊的應用前景不斷顯現出來。范守善等人於2007年12月19日公開的一件台灣專利申請第95121702號中公開了一種奈米柔性電熱材料。該電熱材料包括一柔性基體及分散在所述柔性基體中的多個奈米碳管。該多個奈米碳管以粉末態存在，彼此間結合力很弱，無法形成一具有特定形狀的自支撐結構。將該粉末態的奈米碳管與聚合物溶液混合時，該粉末態的奈米碳管極易團聚，從而導致奈米碳管在基體中分散不均勻。為了避免奈米碳管在聚合物溶液中分散時的團聚現象，一方面，在分散的過程中需要通過超聲波震盪處理該奈米碳管與聚合物溶液的混合物，另一方面，該電熱材料中奈米碳管的質量百分含量不能太高，僅為0.1~4%。

【0006】 而且，奈米碳管在經過上述分散處理之後，即使奈米碳管彼此間能夠相互接觸，其結合力也較弱，無法形成一自支撐的

奈米碳管結構。由於奈米碳管含量少，熱電材料的熱響應速度不夠快，電熱轉換效率不夠高，故該電熱材料的發熱溫度不夠高，限制了其應用範圍。另，爲了使奈米碳管在液相中分散，製備電熱材料時，其柔性基體只能選擇聚合物材料，聚合物材料耐熱溫度較低，此種採用在液相中分散奈米碳管形成電熱材料的方法限制了基體材料的選擇。

【發明內容】

【0007】 有鑒於此，提供一種電熱轉換效率較高，發熱溫度範圍較寬的面熱源實爲必要。

【0008】 一種面熱源，其包括：一加熱元件，該加熱元件由一基體及多個奈米碳管組成的一體的自支撐的奈米碳管結構複合而成；及至少兩電極間隔設置並與該加熱元件電連接。

【0009】 一種面熱源，包括：一加熱元件及至少兩電極間隔設置並與該加熱元件電連接，其中：該加熱元件包括一體的奈米碳管結構，該奈米碳管結構包括通過凡德瓦爾力作用相互吸引的多個奈米碳管，該基體材料複合於該奈米碳管結構中。

【0010】 一種面熱源，其包括：一二維加熱元件，該二維加熱元件包括多個奈米碳管，及一基體，該多個奈米碳管通過凡德瓦爾力而形成一體的奈米碳管結構，該奈米碳管結構與基體相複合；及至少兩電極間隔設置並與該加熱元件電連接。

【0011】 相較於先前技術，所述的面熱源由於採用自支撐結構的奈米碳管結構，且奈米碳管在奈米碳管結構中均勻分佈，將該自

支撐的奈米碳管結構與基體直接複合，無需解決奈米碳管的分散問題，奈米碳管的含量不受限制，可使複合後形成的加熱元件中奈米碳管仍相互結合保持一奈米碳管結構的形態，使該熱源具有更佳的加熱性能。另外，該基體材料的種類不限於聚合物，溫度範圍寬，使該熱源的應用範圍更加廣泛。奈米碳管結構中的奈米碳管均勻分佈，因此具有均勻的厚度及電阻，發熱均勻，奈米碳管的電熱轉換效率高，所以該面熱源具有升溫迅速、熱滯後小、熱交換速度快、輻射效率高的特點。

【圖式簡單說明】

- 【0012】 圖1為本發明第一實施例的面熱源的結構示意圖。
- 【0013】 圖2為圖1沿II-II線的剖面示意圖。
- 【0014】 圖3為本發明實施例包括多個相互交叉的奈米碳管線狀結構的面熱源的結構示意圖。
- 【0015】 圖4為本發明實施例包括一彎折盤繞的奈米碳管線狀結構的面熱源的結構示意圖。
- 【0016】 圖5為本發明實施例面熱源中的奈米碳管拉膜結構中奈米碳管片段的結構示意圖。
- 【0017】 圖6為本發明實施例面熱源中的奈米碳管拉膜結構的掃描電鏡照片。
- 【0018】 圖7為本發明實施例面熱源中的奈米碳管絮化膜結構的掃描電鏡照片。

- 【0019】 圖8為本發明實施例面熱源中的奈米碳管碾壓膜結構中奈米碳管沿不同方向擇優取向排列的掃描電鏡照片。
- 【0020】 圖9為本發明實施例面熱源中的奈米碳管碾壓膜結構中奈米碳管沿同一方向擇優取向排列的掃描電鏡照片。
- 【0021】 圖10為本發明實施例面熱源中的非扭轉的奈米碳管線的掃描電鏡照片。
- 【0022】 圖11為本發明實施例面熱源中的扭轉的奈米碳管線的掃描電鏡照片。
- 【0023】 圖12為本發明實施例面熱源中的奈米碳管拉膜與環氧樹脂複合形成的加熱元件的截斷面掃描電鏡照片。
- 【0024】 圖13為本發明實施例包括多個相互間隔的奈米碳管結構的面熱源的結構示意圖。
- 【0025】 圖14為使用圖12中的加熱元件在不同電壓下的溫度變化曲線。
- 【0026】 圖15為本發明第二實施例的面熱源的結構示意圖。
- 【0027】 圖16為圖15沿XVI-XVI線的剖面示意圖。
- 【0028】 圖17為本發明第三實施例的面熱源的結構示意圖。
- 【0029】 圖18為本發明實施例面熱源製備方法的流程圖。
- 【0030】 圖19為本發明實施例面熱源製備方法的奈米碳管絮狀結構的照片。

【實施方式】

【0031】 以下將結合附圖及具體實施例詳細說明本發明提供的面熱源。

【0032】 請參閱圖1及圖2，本發明第一實施例提供一種面熱源10，該面熱源10為二維結構，即該面熱源10係沿二維方向延伸的結構。但應當指出的係，即使具有一定厚度的二維結構，宏觀上仍視為或近似視為二維的結構的實施例，例如：板狀，膜狀等結構，也應視為本發明保護的範圍。

【0033】 該面熱源10包括一加熱元件16、一第一電極12及一第二電極14。該加熱元件16與第一電極12及第二電極14電連接，用於使所述加熱元件16接通電源從而流過電流。

【0034】 所述加熱元件16包括一奈米碳管複合結構，該奈米碳管複合結構包括一基體162及至少一奈米碳管結構164與該基體162複合。具體地，該奈米碳管結構164包括多個孔隙，該基體162的材料滲透入該奈米碳管結構164的多個孔隙中，從而形成一奈米碳管複合結構。當該基體162的體積較大時，該奈米碳管結構164設置於基體162中，並被該基體162完全包覆。該加熱元件16為一層狀結構，具體地，該加熱元件16可為一平面結構或曲面結構。本實施例中，該基體162為一板狀長方體，該奈米碳管結構164完全嵌於該基體162中。

【0035】 該奈米碳管結構164為一自支撐結構。所謂“自支撐結構”即該奈米碳管結構164無需通過一支撐體支撐，也能保持自身特定的形狀。該自支撐結構的奈米碳管結構164包括多個

奈米碳管，該多個奈米碳管通過凡德瓦爾力相互吸引，從而形成一網絡結構，並使奈米碳管結構164具有特定的形狀，以形成一一體的自支撐的奈米碳管結構。本實施例中，該奈米碳管結構164為二維面狀或一維線狀結構。由於該奈米碳管結構164具有自支撐性，在不通過支撐體表面支撐時仍可保持面狀或線狀結構。該奈米碳管結構164中奈米碳管之間具有大量間隙，從而使該奈米碳管結構164具有大量孔隙，該基體162材料滲入該孔隙中。

【0036】 所述奈米碳管結構164包括均勻分佈的大量奈米碳管，奈米碳管之間通過凡德瓦爾力緊密結合。該奈米碳管結構164中的奈米碳管為無序或有序排列。這裏的無序指奈米碳管的排列方向無規律，這裏的有序指至少多數奈米碳管的排列方向具有一定規律。具體地，當奈米碳管結構164包括無序排列的奈米碳管時，奈米碳管可進一步相互纏繞，該無序排列的奈米碳管形成的奈米碳管結構164各向同性；當奈米碳管結構164包括有序排列的奈米碳管時，奈米碳管沿一個方向或者多個方向擇優取向排列。該奈米碳管結構164的厚度優選為0.5奈米~1毫米。該奈米碳管結構164中的奈米碳管包括單壁奈米碳管、雙壁奈米碳管及多壁奈米碳管中的一種或多種。所述單壁奈米碳管的直徑為0.5奈米~50奈米，所述雙壁奈米碳管的直徑為1.0奈米~50奈米，所述多壁奈米碳管的直徑為1.5奈米~50奈米。優選地，所述奈米碳管結構164包括有序排列的奈米碳管，奈米碳管沿一固定方向擇優取向排列。

可以理解，奈米碳管結構164的熱響應速度與其厚度有關。在相同面積的情況下，奈米碳管結構164的厚度越大，熱響應速度越慢；反之，奈米碳管結構164的厚度越小，熱響應速度越快。由於該奈米碳管結構164由純奈米碳管組成，因此該奈米碳管結構164的單位面積熱容小於 2×10^{-4} 焦耳每平方厘米開爾文 ($\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{K}$)，優選地小於 1.7×10^{-6} 焦耳每平方厘米開爾文。該極小的單位面積熱容使該奈米碳管結構164具有較快的熱響應速度。

【0037】 具體地，該奈米碳管結構164包括至少一奈米碳管膜、至少一奈米碳管線狀結構或所述奈米碳管膜和線狀結構組成的複合結構。可以理解，當所述奈米碳管結構164包括多個奈米碳管膜時，該多個奈米碳管膜可層疊設置或併排設置。請參閱圖3，當所述奈米碳管結構164包括多個奈米碳管線狀結構時，該多個奈米碳管線狀結構可相互平行、併排或交叉設置成一二維的奈米碳管結構164或相互纏繞或編織成一二維的奈米碳管結構164。另，請參閱圖4，當該奈米碳管結構164可通過一奈米碳管線狀結構彎折盤繞成一二維的奈米碳管結構164。

【0038】 該奈米碳管膜包括奈米碳管拉膜、奈米碳管絮化膜或奈米碳管碾壓膜。該奈米碳管線狀結構可包括至少一個奈米碳管線、多個奈米碳管線平行排列組成的束狀結構或多個奈米碳管線扭轉組成的絞線結構。

【0039】 所述奈米碳管結構164可包括至少一奈米碳管拉膜，該奈米

碳管拉膜為從奈米碳管陣列中直接拉取獲得的一種具有自支撐性的奈米碳管膜。每一奈米碳管拉膜包括多個沿同一方向擇優取向且平行於奈米碳管拉膜表面排列的奈米碳管。所述奈米碳管通過凡德瓦爾力首尾相連，以形成一一體的自支撐的奈米碳管拉膜。請參閱圖5及圖6，具體地，每一奈米碳管拉膜包括多個連續且定向排列的奈米碳管片段143。該多個奈米碳管片段143通過凡德瓦爾力首尾相連。每一奈米碳管片段143包括多個相互平行的奈米碳管145，該多個相互平行的奈米碳管145通過凡德瓦爾力緊密結合。該奈米碳管片段143具有任意的寬度、厚度、均勻性及形狀。所述奈米碳管拉膜的厚度為0.5奈米~100微米，寬度與拉取該奈米碳管拉膜的奈米碳管陣列的尺寸有關，長度不限。當該奈米碳管結構164由奈米碳管拉膜組成，且奈米碳管結構164的厚度比較小時，例如小於10微米，該奈米碳管結構164有很好的透明度，其透光率可達到90%，可用於製造一透明熱源。

【0040】 當所述奈米碳管結構164包括層疊設置的多層奈米碳管拉膜時，相鄰兩層奈米碳管拉膜中的擇優取向排列的奈米碳管之間形成一交叉角度 α ， α 大於等於0度小於等於90度（ $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ ）。所述多個奈米碳管拉膜之間或一個奈米碳管拉膜之中的相鄰的奈米碳管之間具有一定間隙，從而在奈米碳管結構164中形成多個孔隙，孔隙的孔徑尺寸約小於10微米。所述奈米碳管拉膜的具體結構及其製備方法請參見范守善等人於2007年2月12日申請的，第96105016號台灣專利申請

。為節省篇幅，僅引用於此，但上述申請所有技術揭露也應視為本發明申請技術揭露的一部分。

【0041】 本發明實施例的奈米碳管結構164包括多個沿相同方向層疊設置的奈米碳管拉膜，從而使奈米碳管結構164中奈米碳管均沿同一方向擇優取向排列。

【0042】 所述奈米碳管結構164可包括至少一奈米碳管絮化膜，該奈米碳管絮化膜包括相互纏繞且均勻分佈的奈米碳管。奈米碳管的長度大於10微米，優選為200微米~900微米，從而使奈米碳管相互纏繞在一起。所述奈米碳管之間通過凡德瓦爾力相互吸引、纏繞，形成網絡狀結構，以形成一個一體的自支撐的奈米碳管絮化膜。所述奈米碳管絮化膜各向同性。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，形成大量的孔隙結構，孔隙孔徑約小於10微米。所述奈米碳管絮化膜的長度和寬度不限。請參閱圖7，由於在奈米碳管絮化膜中，奈米碳管相互纏繞，因此該奈米碳管絮化膜具有很好的柔韌性，且為一自支撐結構，可彎曲折疊成任意形狀而不破裂。所述奈米碳管絮化膜的面積及厚度均不限，厚度為1微米~1毫米，優選為100微米。所述奈米碳管絮化膜的具體結構及其製備方法請參見范守善等人於2007年5月11日申請的第96116824號台灣專利申請。為節省篇幅，僅引用於此，但上述申請所有技術揭露也應視為本發明申請技術揭露的一部分。

【0043】 所述奈米碳管結構164可包括至少一奈米碳管碾壓膜，該奈

米碳管碾壓膜包括均勻分佈的奈米碳管。所述奈米碳管無序，沿同一方向或不同方向擇優取向排列。所述奈米碳管碾壓膜中的奈米碳管相互部分交疊，並通過凡德瓦爾力相互吸引，緊密結合，使得該奈米碳管結構具有很好的柔韌性，可彎曲折疊成任意形狀而不破裂。且由於奈米碳管碾壓膜中的奈米碳管之間通過凡德瓦爾力相互吸引，緊密結合，使奈米碳管碾壓膜為一一體的自支撐的結構。所述奈米碳管碾壓膜可通過碾壓一奈米碳管陣列獲得。所述奈米碳管碾壓膜中的奈米碳管與形成奈米碳管陣列的生長基底的表面形成一夾角 β ，其中， β 大於等於0度且小於等於15度($0 \leq \beta \leq 15^\circ$)，該夾角 β 與施加在奈米碳管陣列上的壓力有關，壓力越大，該夾角越小，優選地，該奈米碳管碾壓膜中的奈米碳管平行於該生長基底排列。該奈米碳管碾壓膜為通過碾壓一奈米碳管陣列獲得，依據碾壓的方式不同，該奈米碳管碾壓膜中的奈米碳管具有不同的排列形式。請參閱圖8，當沿不同方向碾壓時，奈米碳管沿不同方向擇優取向排列。請參閱圖9，當沿同一方向碾壓時，奈米碳管沿一固定方向擇優取向排列。另，當碾壓方向為垂直該奈米碳管陣列表面時，該奈米碳管可無序排列。該奈米碳管碾壓膜中奈米碳管的長度大於50微米。

- 【0044】 該奈米碳管碾壓膜的面積和厚度不限，可根據實際需要選擇。
- 。該奈米碳管碾壓膜的面積與奈米碳管陣列的尺寸基本相同
 - 。該奈米碳管碾壓膜厚度與奈米碳管陣列的高度及碾壓的壓

力有關，可為1微米~1毫米。可以理解，奈米碳管陣列的高度越大而施加的壓力越小，則製備的奈米碳管碾壓膜的厚度越大；反之，奈米碳管陣列的高度越小而施加的壓力越大，則製備的奈米碳管碾壓膜的厚度越小。所述奈米碳管碾壓膜之中的相鄰的奈米碳管之間具有一定間隙，從而在奈米碳管碾壓膜中形成多個孔隙，孔隙的孔徑約小於10微米。所述奈米碳管碾壓膜的具體結構及其製備方法請參見范守善等人於2007年6月29日申請的第96123694號台灣專利申請。為節省篇幅，僅引用於此，但上述申請所有技術揭露也應視為本發明申請技術揭露的一部分。

【0045】 所述奈米碳管結構164可包括至少一奈米碳管線。該奈米碳管線可為非扭轉的奈米碳管線或扭轉的奈米碳管線。該非扭轉的奈米碳管線為將奈米碳管拉膜通過有機溶劑處理得到。請參閱圖10，該非扭轉的奈米碳管線包括多個沿奈米碳管線長度方向排列的奈米碳管。優選地，該奈米碳管首尾相連。具體地，該非扭轉的奈米碳管線包括多個奈米碳管片段，該多個奈米碳管片段通過凡德瓦爾力首尾相連，每一奈米碳管片段包括多個相互平行並通過凡德瓦爾力緊密結合的奈米碳管。該奈米碳管片段具有任意的長度、厚度、均勻性及形狀。該非扭轉的奈米碳管線長度不限，直徑為0.5奈米-100微米，優選為10微米-100微米。所述奈米碳管線的具體結構及製備方法請參見范守善等人於2002年11月5日申請的，於2008年11月21日公告的台灣專利第I303239號，及於2005年

12月16日申請的，於2007年7月1日公開的台灣專利申請第94144790號。為節省篇幅，僅引用於此，但上述申請所有技術揭露也應視為本發明申請技術揭露的一部分。

【0046】 該扭轉的奈米碳管線為採用一機械力將所述奈米碳管拉膜兩端沿相反方向扭轉獲得。請參閱圖11，該扭轉的奈米碳管線包括多個繞奈米碳管線軸向螺旋排列的奈米碳管。具體地，該扭轉的奈米碳管線包括多個奈米碳管片段，該多個奈米碳管片段通過凡德瓦爾力首尾相連，每一奈米碳管片段包括多個相互平行並通過凡德瓦爾力緊密結合的奈米碳管。該奈米碳管片段具有任意的長度、厚度、均勻性及形狀。該扭轉的奈米碳管線長度不限，直徑為0.5奈米-100微米，優選為10微米-100微米。

【0047】 進一步地，可採用一揮發性有機溶劑處理該扭轉的奈米碳管線。在揮發性有機溶劑揮發時產生的表面張力的作用下，處理後的扭轉的奈米碳管線中相鄰的奈米碳管通過凡德瓦爾力緊密結合，使扭轉的奈米碳管線的直徑及比表面積減小，密度及強度增大。

【0048】 由於該奈米碳管線為採用有機溶劑或機械力處理上述奈米碳管拉膜獲得，該奈米碳管拉膜為自支撐結構，故該奈米碳管線為自支撐結構。該奈米碳管線與奈米碳管拉膜類似，由多個奈米碳管通過凡德瓦爾力首尾相連，以形成一一體的自支撐的奈米碳管線。另，該奈米碳管線中相鄰奈米碳管間存在間隙，故該奈米碳管線具有大量孔隙，孔隙的孔徑約小於10

微米。

【0049】 所述基體162的材料可選擇為高分子材料或無機非金屬材料等。該基體162或形成該基體162的前驅體在一定溫度下為液態或氣態，從而使該基體162或該基體162的前驅體在面熱源10的加熱元件16的製備過程中能夠滲透到該奈米碳管結構164的間隙或孔隙中，並形成一固態基體162與奈米碳管結構164相結合的複合結構。該基體162的材料應具有一定的耐熱性能，使其在該面熱源10的工作溫度內不致受熱破壞、變形、熔化、氣化或分解。

【0050】 具體地，該高分子材料可包括熱塑性聚合物或熱固性聚合物的一種或多種，如纖維素、聚對苯二甲酸乙酯、壓克力樹脂、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、酚醛樹脂、環氧樹脂、矽膠及聚酯等中的一種或多種。該無機非金屬材料可包括玻璃、陶瓷及半導體材料中的一種或多種。本發明實施例中，該基體162的材料為環氧樹脂。

【0051】 請參閱圖12，由於該奈米碳管結構164中奈米碳管間具有間隙，從而在奈米碳管結構164中形成多個孔隙，且該基體162或形成該基體162的前驅體在一定溫度下為液態或氣態，從而使該基體162與該奈米碳管結構164複合時可滲入該奈米碳管結構164的孔隙內部。圖12為沿平行於奈米碳管拉膜中奈米碳管的排列方向拉伸該加熱元件16至該加熱元件16斷裂後，得到的該加熱元件16的截斷面照片，可發現，與環氧樹脂複合後，該奈米碳管結構164仍能基本保持複合前的形態，

奈米碳管在環氧樹脂內基本沿同一方向擇優取向排列。

【0052】 該基體162可只填充於所述奈米碳管結構164的孔隙中，也可如圖2所示進一步完全包覆整個奈米碳管結構164。請參閱圖13，當該加熱元件16包括多個奈米碳管結構164時，該多個奈米碳管結構164可相互間隔（或相互接觸）的設置於該基體162中。當該奈米碳管結構164為二維結構時，該二維結構可相互間隔或相互接觸的併排設置或層疊設置在基體162中；當該奈米碳管結構164為線狀結構時，該線狀結構可相互間隔或相互接觸的設置在基體162中。當該奈米碳管結構164間隔設置於基體162中時，可節省製備該加熱元件16所需的奈米碳管結構164的用量。另，可視實際需要將奈米碳管結構164設置在基體162的特定位置，從而使該加熱元件16在不同位置具有不同的加熱溫度。

【0053】 可以理解，所述基體162滲透於奈米碳管結構164的孔隙中，可起到固定該奈米碳管結構164中的奈米碳管的作用，使在使用時奈米碳管結構164中的奈米碳管不致因外力摩擦或刮劃而脫落。當所述基體162包覆整個奈米碳管結構164時，該基體162可進一步保護該奈米碳管結構164。當該基體162為絕緣性的有機高分子材料或無機非金屬材料時，該基體162同時保證該加熱元件16與外部絕緣。另，該基體162可進一步起到導熱及使熱量分佈均勻的目的。進一步地，當該奈米碳管結構164急劇升溫時，該基體162可起到緩衝熱量的作用，使該加熱元件16的溫度變化較為柔和。該基體162的材料

可採用柔性高分子材料，從而可增強整個面熱源10的柔性與韌性。

【0054】 可以理解，由於該奈米碳管在奈米碳管結構164中均勻分佈，通過將基體162與自支撐的奈米碳管結構164直接複合形成加熱元件16，可使奈米碳管在加熱元件16中均勻分佈，且奈米碳管的含量達到99%，提高了熱源10的發熱溫度。由於該奈米碳管結構164為一自支撐結構，且奈米碳管在奈米碳管結構164中均勻分佈，將該自支撐的奈米碳管結構164與基體162直接複合，可使複合後形成的加熱元件16中奈米碳管仍相互結合保持一奈米碳管結構164的形態，從而使加熱元件16中奈米碳管既能均勻分佈形成導電網絡，又不受奈米碳管在溶液中分散濃度的限制，使奈米碳管在加熱元件16中的質量百分含量可達到99%。

【0055】 所述第一電極12和第二電極14由導電材料組成，該第一電極12和第二電極14的形狀不限，可為導電膜、金屬片或者金屬引線。優選地，第一電極12和第二電極14均為一層導電膜。當用於微型面熱源10時，該導電膜的厚度為0.5奈米~100微米。該導電膜的材料可為金屬、合金、銦錫氧化物（ITO）、銻錫氧化物（ATO）、導電銀膠、導電聚合物或導電性奈米碳管等。該金屬或合金材料可為鋁、銅、鎢、鉬、金、鈦、釷、鈹、鈾或其任意組合的合金。本實施例中，所述第一電極12和第二電極14的材料為金屬鈹膜，厚度為5奈米。所述金屬鈹與奈米碳管具有較好的潤濕效果，有利於所述第一

電極12及第二電極14與所述加熱元件16之間形成良好的電接觸，減少歐姆接觸電阻。

【0056】 所述的第一電極12和第二電極14直接與加熱元件16中的奈米碳管結構164電連接。其中，第一電極12和第二電極14間隔設置，以使加熱元件16應用於面熱源10時接入一定的阻值避免短路現象產生。

【0057】 具體地，當該加熱元件16的基體162只填充於該奈米碳管結構164的孔隙中時，由於該奈米碳管結構164中部分奈米碳管部分暴露於加熱元件16表面，該第一電極12和第二電極14可設置在加熱元件16的表面，從而使該第一電極12和第二電極14與奈米碳管結構164電連接。該第一電極12和第二電極14可設置在加熱元件16的同一表面也可設置在加熱元件16的不同表面。另，當該加熱元件16的基體162包覆整個奈米碳管結構164時，為使該第一電極12和第二電極14與該奈米碳管結構164電連接，該第一電極12和第二電極14可設置於加熱元件16的基體162中，並直接與奈米碳管結構164接觸。此時，為使該第一電極12和第二電極14與外部電源導通，該第一電極12和第二電極14可部分暴露於加熱元件16之外；或者，該熱源10可進一步包括兩條引線，分別與該第一電極12和第二電極14電連接，並從該基體162內部引出。

【0058】 當該奈米碳管結構164中奈米碳管有序排列時，優選地，該奈米碳管的排列方向沿第一電極12至第二電極14延伸。具體地，當該奈米碳管結構164包括至少一奈米碳管拉膜時，所

述第一電極12及第二電極14設置於該奈米碳管拉膜的兩端，使奈米碳管拉膜中奈米碳管首尾相連從第一電極12延伸至第二電極14。當該奈米碳管結構164包括多個平行排列的奈米碳管線狀結構時，與電阻絲相似的，該奈米碳管線狀結構兩端分別與該第一電極12與第二電極14電連接。

【0059】 所述的第一電極12和第二電極14可通過一導電黏結劑(圖未示)設置於該加熱元件16或奈米碳管結構164表面，導電黏結劑在實現第一電極12和第二電極14與奈米碳管結構164電接觸的同時，還可將所述第一電極12和第二電極14更好地固定於奈米碳管結構164的表面上。具體地，該導電黏結劑可為銀膠。

【0060】 可以理解，第一電極12和第二電極14的結構和材料均不限，其設置目的係為了使所述加熱元件16中奈米碳管結構164流過電流。因此，所述第一電極12和第二電極14只需要導電，並與所述加熱元件16的奈米碳管結構164之間形成電接觸都在本發明的保護範圍內。

【0061】 本發明實施例的面熱源10在使用時，可先將面熱源10的第一電極12和第二電極14連接導線後接入電源。在接入電源後熱源10中的奈米碳管結構164即可輻射出一定波長範圍的電磁波。所述面熱源10可與待加熱物體的表面直接接觸。或者，所述面熱源10可與待加熱物體相隔一定的距離設置。

【0062】 本發明實施例中的面熱源10在奈米碳管結構164的面積大小

一定時，通過調節電源電壓大小和奈米碳管結構164的厚度，可輻射出不同波長範圍的電磁波。具體地，該奈米碳管結構164可產生一紅外線熱輻射。電源電壓的大小一定時，奈米碳管結構164的厚度和面熱源10輻射出電磁波的波長的變化趨勢相反。即當電源電壓大小一定時，奈米碳管結構164的厚度越厚，面熱源10輻射出電磁波的波長越短；奈米碳管結構164的厚度越薄，面熱源10輻射出電磁波的波長越長。奈米碳管結構164的厚度一定時，電源電壓的大小和面熱源10輻射出電磁波的波長成反比。即當奈米碳管結構164的厚度一定時，電源電壓越大，面熱源10輻出電磁波的波長越短；電源電壓越小，面熱源10輻射出電磁波的波長越長。可以理解，該面熱源10在應用時應根據基體162的材料通過一電路限制施加在第一電極12及第二電極14兩端的電壓大小，使奈米碳管結構164的發熱溫度控制在該基體162能耐受的溫度範圍內。例如，當該基體162的材料為有機高分子聚合物時，該電壓範圍為0~10伏，該面熱源10的發熱溫度為120°C以下，並低於該高分子聚合物的熔點。當該基體162的材料為陶瓷時，該電壓範圍為10伏~30伏，該面熱源10的發熱溫度為120°C~500°C。請參閱圖14，本發明實施例通過測量100層奈米碳管拉膜相互層疊形成的奈米碳管結構164與環氧樹脂基體162複合形成的加熱元件16的面熱源10，可發現對該面熱源10施加電壓越高，該面熱源10升溫越快，發熱溫度越高。

【0063】 奈米碳管具有良好的導電性能及熱穩定性，且作為一理想的黑體結構，具有比較高的熱輻射效率。在另一實施例中，基體162採用耐熱材料時，將該面熱源10暴露在氧化性氣體或者大氣的環境中，其中奈米碳管結構164的厚度為5毫米，通過在10伏~30伏調節電源電壓，該面熱源10可輻射出波長較長的電磁波。通過溫度測量儀發現該面熱源10的溫度為50°C~500°C。對於具有黑體結構的物體來說，其所對應的溫度為200°C~450°C時就能發出人眼看不見的熱輻射（紅外線），此時的熱輻射最穩定、效率最高。應用該奈米碳管結構164製成的面熱源10，可應用於電加熱器、紅外治療儀、電熱毯、電暖器等領域。

【0064】 另，當該面熱源10的加熱元件16中奈米碳管結構164的厚度較小，為一透明的奈米碳管結構164，且該基體162的材料為透明的有機或無機材料時，該面熱源10為一透明面熱源10。另，當該面熱源10的加熱元件16中的基體162由柔性的聚合物材料製成時，該面熱源10為一柔性面熱源10。進一步地，由於該聚合物材料的基體162可通過模壓法形成各種形狀，且該奈米碳管線可編織成不同形狀，該柔性的面熱源10可用於製造自發熱的取暖服、取暖手套或取暖鞋等。

【0065】 請參閱圖15及圖16，本發明第二實施例提供一種面熱源20，該面熱源20包括一加熱元件26、一第一電極22及一第二電極24。該加熱元件26包括一基體262及至少一奈米碳管結構264設置於基體262中。該加熱元件26為一類二維結構，即為一

具有一定厚度的二維結構。具體地，該加熱元件26可為一平面結構或曲面結構。該加熱元件26的奈米碳管結構264與第一電極22及第二電極24電連接，用於使所述加熱元件26接通電源從而流過電流。

【0066】 該面熱源20的結構與第一實施例的面熱源10基本相同，其不同之處在於，該面熱源20進一步包括一支撐體28、一熱反射層27及一保護層25。所述熱反射層27設置於支撐體28的表面。所述加熱元件26設置於所述熱反射層27的表面。所述第一電極22和第二電極24間隔設置於所述加熱元件26的表面，並與該加熱元件26電接觸，用於使所述加熱元件26中流過電流。所述保護層25設置於所述加熱元件26的表面，用於避免所述加熱元件26吸附外界雜質。所述支撐體28、熱反射層27及保護層25均為可選擇結構。進一步地，該面熱源20包括兩條電極引線29，分別與所述第一電極22和第二電極24相連，從嵌於基體262中的第一電極22和第二電極24引出至基體262外。

【0067】 所述支撐體28形狀不限，其具有一表面用於支撐加熱元件16或者熱反射層27。該表面可為平面或曲面。優選地，所述支撐體28為一板狀結構，其材料可為硬性材料，如：陶瓷、玻璃、樹脂、石英等，亦可選擇柔性材料，如：塑膠或樹脂等。其中，支撐體28的大小不限，可依據實際需要進行改變。本實施例優選的支撐體28為一陶瓷基板。

【0068】 所述熱反射層27的設置用來反射加熱元件26所發的熱量，從

而控制加熱的方向，用於單面加熱，並進一步提高加熱的效率。所述熱反射層27的材料為一白色絕緣材料，如：金屬氧化物、金屬鹽或陶瓷等。本實施例中，熱反射層27為三氧化二鋁層，其厚度為100微米~0.5毫米。該熱反射層27可通過濺射或其他方法形成於該支撐體28表面。可以理解，所述熱反射層27也可設置在支撐體28遠離加熱元件26的表面，即所述支撐體28設置於所述加熱元件26和所述熱反射層27之間。所述熱反射層27為一可選擇的結構。所述加熱元件26可直接設置在支撐體28的表面，此時面熱源10的加熱方向不限，可用於雙面加熱。

【0069】 所述保護層25為一可選擇結構，其材料為一絕緣材料，如：塑膠、橡膠或樹脂等。所述保護層25厚度不限，可根據實際情況選擇。所述保護層25覆蓋於所述第一電極22、第二電極24和加熱元件26之上，本實施例中，該絕緣保護層25的材料為耐熱橡膠，其厚度為0.5~2毫米。所述保護層25可保護加熱元件26，尤其當該加熱元件26中基體262僅填充於奈米碳管結構264的孔隙中時，該保護層25可防止暴露於加熱元件26表面的奈米碳管受外力摩擦而損壞，另，可保證該加熱元件26除所述第一電極22及第二電極24外與外部絕緣。

【0070】 請參閱圖17，本發明第三實施例提供一種面熱源30，該面熱源30包括一加熱元件36、一第一電極32及一第二電極34。該加熱元件36為一二維結構，即具有一定厚度的二維結構。具體地，該加熱元件36可為一平面結構或曲面結構。該加熱元

件36與第一電極32及第二電極34電連接，用於使所述加熱元件36中的奈米碳管接通電源從而流過電流。

【0071】 該面熱源30的結構與第一實施例的面熱源10基本相同，其不同之處在於，該加熱元件36包括多個奈米碳管線狀複合結構366。該多個奈米碳管線狀複合結構366相互編織形成二維的加熱元件36。該奈米碳管線狀複合結構366為將一奈米碳管線狀結構與一基體材料複合得到。該基體材料填充於該奈米碳管線狀結構的孔隙中。該奈米碳管複合線狀結構366可方便地直接編織成各種形狀的加熱元件36。該基體材料優選為柔性的聚合物。

【0072】 請參閱圖18，本發明實施例提供一種面熱源10的製備方法，其包括以下步驟：

【0073】 步驟一，提供一奈米碳管結構164，該奈米碳管結構164包括多個孔隙。

【0074】 根據奈米碳管結構164的不同，所述奈米碳管結構164的製備方法包括：直接拉膜法、碾壓法、絮化法等。本實施例中，該奈米碳管結構164可為一維結構也可為二維結構。下面將對上述幾種奈米碳管結構164的製備方法進行分別敘述。

【0075】 （一）當該奈米碳管結構164包括至少一奈米碳管拉膜，該奈米碳管結構164的製備方法具體包括以下步驟：

【0076】 首先，提供一奈米碳管陣列形成於一生長基底，該陣列為超順排的奈米碳管陣列。

【0077】 該奈米碳管陣列的製備方法採用化學氣相沈積法，其具體步驟包括：（a）提供一平整生長基底，該生長基底可選用P型或N型矽生長基底，或選用形成有氧化層的矽生長基底，本發明實施例優選為採用4英寸的矽生長基底；（b）在生長基底表面均勻形成一催化劑層，該催化劑層材料可選用鐵（Fe）、鈷（Co）、鎳（Ni）或其任意組合的合金之一；（c）將上述形成有催化劑層的生長基底在700°C~900°C的空氣中退火約30分鐘~90分鐘；（d）將處理過的生長基底置於反應爐中，在保護氣體環境下加熱到500°C~740°C，然後通入碳源氣體反應約5分鐘~30分鐘，生長得到奈米碳管陣列。該奈米碳管陣列為多個彼此平行且垂直於生長基底生長的奈米碳管形成的純奈米碳管陣列。通過上述控制生長條件，該定向排列的奈米碳管陣列中基本不含有雜質，如無定型碳或殘留的催化劑金屬顆粒等。

【0078】 本發明實施例提供的奈米碳管陣列為單壁奈米碳管陣列、雙壁奈米碳管陣列及多壁奈米碳管陣列中的一種。所述奈米碳管的直徑為1奈米~50奈米，長度為50奈米~5毫米。本實施例中，奈米碳管的長度優選為100微米~900微米。

【0079】 本發明實施例中碳源氣可選用乙炔、乙烯、甲烷等化學性質較活潑的碳氫化合物，本發明實施例優選的碳源氣為乙炔；保護氣體為氮氣或惰性氣體，本發明實施例優選的保護氣體為氬氣。

【0080】 可以理解，本發明實施例提供的奈米碳管陣列不限於上述製

備方法，也可為石墨電極恒流電弧放電沈積法、鐳射蒸發沈積法等。

【0081】 其次，採用一拉伸工具從奈米碳管陣列中拉取奈米碳管獲得至少一奈米碳管拉膜，其具體包括以下步驟：（a）從所述超順排奈米碳管陣列中選定一個或具有一定寬度的多個奈米碳管，本實施例優選為採用具有一定寬度的膠帶、鑷子或夾子接觸奈米碳管陣列以選定一個或具有一定寬度的多個奈米碳管；（b）以一定速度拉伸該選定的奈米碳管，從而形成首尾相連的多個奈米碳管片段，進而形成一連續的奈米碳管膜。該拉取方向沿基本垂直於奈米碳管陣列的生長方向。

【0082】 在上述拉伸過程中，該多個奈米碳管片段在拉力作用下沿拉伸方向逐漸脫離生長基底的同時，由於凡德瓦爾力作用，該選定的多個奈米碳管片段分別與其他奈米碳管片段首尾相連地連續地被拉出，從而形成一連續、均勻且具有一定寬度的奈米碳管膜。該奈米碳管膜包括多個首尾相連的奈米碳管，該奈米碳管基本沿拉伸方向排列。請參閱圖5及圖6，該奈米碳管膜包括多個擇優取向排列的奈米碳管145。進一步地，所述奈米碳管膜包括多個首尾相連且定向排列的奈米碳管片段143，奈米碳管片段143兩端通過凡德瓦爾力相互連接。該奈米碳管片段143包括多個相互平行排列的奈米碳管145。該直接拉伸獲得奈米碳管膜的方法簡單快速，適宜進行工業化應用。

【0083】 該奈米碳管膜的寬度與奈米碳管陣列的尺寸有關，該奈米碳

管膜的長度不限，可根據實際需求制得。當該奈米碳管陣列的面積為4英寸時，該奈米碳管膜的寬度為0.5奈米~10厘米，該奈米碳管膜的厚度為0.5奈米~100微米。

【0084】 最後，利用上述奈米碳管拉膜製備奈米碳管結構164。

【0085】 該奈米碳管拉膜可作為一奈米碳管結構164使用。進一步，還可將至少兩個奈米碳管拉膜平行無間隙或/和層疊鋪設得到一奈米碳管結構164。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黏性，故多層奈米碳管膜可相互緊密結合形成一奈米碳管結構164。該奈米碳管結構164中，奈米碳管拉膜的層數不限，且相鄰兩層奈米碳管拉膜之間具有一交叉角度 α ， $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ ，具體可依據實際需求製備。所述奈米碳管膜可沿一個電極至另一個電極方向鋪設，從而使奈米碳管膜中奈米碳管沿一個電極至另一個電極方向延伸

【0086】 本實施例中，進一步包括用有機溶劑處理奈米碳管結構164的步驟，該有機溶劑為揮發性有機溶劑，可選用乙醇、甲醇、丙酮、二氯乙烷和氯仿中一種或者幾種的混合，本實施例中的有機溶劑採用乙醇。該使用有機溶劑處理的步驟具體為：將該奈米碳管結構164設置於一基底表面或一框架結構上，通過試管將有機溶劑滴落在奈米碳管結構164表面浸潤整個奈米碳管結構164，或者，也可將上述奈米碳管結構164浸入盛有有機溶劑的容器中浸潤。所述的奈米碳管結構164經有機溶劑浸潤處理後，當奈米碳管膜的層數較少時，在表面

張力的作用下，奈米碳管膜中相鄰的奈米碳管會收縮成間隔分佈的奈米碳管線。而當奈米碳管膜的層數較多時，有機溶劑處理後的多層奈米碳管膜為一均勻的膜結構。有機溶劑處理後，奈米碳管結構164的黏性降低，更便於使用。

【0087】 (二) 當該奈米碳管結構164包括至少一奈米碳管絮化膜，該奈米碳管結構164的製備方法包括以下步驟：

【0088】 首先，提供一奈米碳管原料。

【0089】 所述奈米碳管原料可為通過化學氣相沈積法、石墨電極恒流電弧放電沈積法或鐳射蒸發沈積法等各種方法製備的奈米碳管。

【0090】 本實施例中，採用刀片或其他工具將上述定向排列的奈米碳管陣列從基底刮落，獲得一奈米碳管原料。優選地，所述的奈米碳管原料中，奈米碳管的長度大於100微米。

【0091】 其次，將上述奈米碳管原料添加到一溶劑中並進行絮化處理獲得一奈米碳管絮狀結構，將上述奈米碳管絮狀結構從溶劑中分離，並對該奈米碳管絮狀結構定型處理以獲得一奈米碳管膜。

【0092】 本發明實施例中，溶劑可選用水、易揮發的有機溶劑等。絮化處理可通過採用超聲波分散處理或高強度攪拌等方法。優選地，本發明實施例採用超聲波分散10分鐘~30分鐘。由於奈米碳管具有極大的比表面積，相互纏繞的奈米碳管之間具有較大的凡德瓦爾力。上述絮化處理並不會將該奈米碳管原

料中的奈米碳管完全分散在溶劑中，奈米碳管之間通過凡德瓦爾力相互吸引、纏繞，形成網絡狀結構。

【0093】 本發明實施例中，所述的分離奈米碳管絮狀結構的方法具體包括以下步驟：將上述含有奈米碳管絮狀結構的溶劑倒入一放有濾紙的漏斗中；靜置乾燥一段時間從而獲得一分離的奈米碳管絮狀結構，圖19為該奈米碳管絮狀結構的照片。

【0094】 本發明實施例中，所述的奈米碳管絮狀結構的定型處理過程具體包括以下步驟：將上述奈米碳管絮狀結構置於一容器中；將該奈米碳管絮狀結構按照預定形狀攤開；施加一定壓力於攤開的奈米碳管絮狀結構；及，將該奈米碳管絮狀結構中殘留的溶劑烘乾或等溶劑自然揮發後獲得一奈米碳管絮化膜，圖7為該奈米碳管絮化膜的掃描電鏡照片。

【0095】 可以理解，本發明實施例可通過控制該奈米碳管絮狀結構攤開的面積來控制該奈米碳管絮化膜的厚度和面密度。奈米碳管絮狀結構攤開的面積越大，則該奈米碳管絮化膜的厚度和面密度就越小。本發明實施例中獲得的奈米碳管絮化膜，該奈米碳管絮化膜的厚度為1微米-2毫米。

【0096】 另，上述分離與定型處理奈米碳管絮狀結構的步驟也可直接通過抽濾的方式實現，具體包括以下步驟：提供一微孔濾膜及一抽氣漏斗；將上述含有奈米碳管絮狀結構的溶劑經過該微孔濾膜倒入該抽氣漏斗中；抽濾並乾燥後獲得一奈米碳管絮化膜。該微孔濾膜為一表面光滑、孔徑為0.22微米的濾膜

。由於抽濾方式本身將提供一較大的氣壓作用於該奈米碳管絮狀結構，該奈米碳管絮狀結構經過抽濾會直接形成一均勻的奈米碳管絮化膜。且，由於微孔濾膜表面光滑，該奈米碳管絮化膜容易剝離，得到一自支撐的奈米碳管絮化膜。

【0097】 請參見圖7，上述奈米碳管絮化膜中包括相互纏繞的奈米碳管，所述奈米碳管之間通過凡德瓦爾力相互吸引、纏繞，形成網絡狀結構，因此該奈米碳管絮化膜具有很好的韌性。該奈米碳管絮化膜中，奈米碳管為均勻分佈且無規則排列。

【0098】 可以理解，該奈米碳管絮化膜的具有一定的厚度，且通過控制該奈米碳管絮狀結構攤開的面積及壓力大小可控制其厚度。所以該奈米碳管絮化膜可直接作為一奈米碳管結構164使用。另，可將至少兩層奈米碳管絮化膜層疊設置或併排設置形成一奈米碳管結構164。

【0099】 (三) 當該奈米碳管結構164包括至少一奈米碳管碾壓膜，該奈米碳管結構164的製備方法包括以下步驟：

【0100】 首先，提供一奈米碳管陣列形成於一生長基底，該陣列為定向排列的奈米碳管陣列。

【0101】 所述奈米碳管陣列優選為一超順排的奈米碳管陣列。所述奈米碳管陣列與上述奈米碳管陣列的製備方法相同。

【0102】 其次，採用一施壓裝置，擠壓上述奈米碳管陣列獲得一奈米碳管碾壓膜，其具體過程為：

- 【0103】 該施壓裝置施加一定的壓力於上述奈米碳管陣列上。在施壓的過程中，奈米碳管陣列在壓力的作用下會與生長基底分離，從而形成由多個奈米碳管組成的具有自支撐結構的奈米碳管碾壓膜，且所述的多個奈米碳管基本上與奈米碳管碾壓膜的表面平行。
- 【0104】 本發明實施例中，施壓裝置為一壓頭，壓頭表面光滑，壓頭的形狀及擠壓方向決定製備的奈米碳管碾壓膜中奈米碳管的排列方式。具體地，當採用平面壓頭沿垂直於上述奈米碳管陣列生長基底的方向擠壓時，可獲得奈米碳管為無序排列的各向同性的奈米碳管碾壓膜；當採用滾軸狀壓頭沿平行於基底的某一固定方向碾壓時，可獲得奈米碳管沿該固定方向取向排列的奈米碳管碾壓膜；當採用滾軸狀壓頭沿不同方向碾壓時，可獲得奈米碳管沿不同方向取向排列的奈米碳管碾壓膜。
- 【0105】 可以理解，當採用上述不同方式擠壓上述的奈米碳管陣列時，奈米碳管會在壓力的作用下傾倒，並與相鄰的奈米碳管通過凡德瓦爾力相互吸引、連接形成由多個奈米碳管組成的具有自支撐結構的奈米碳管碾壓膜。所述的多個奈米碳管與該生長基底的表面成一夾角 β ，其中， β 大於等於零度且小於等於15度($0^\circ \leq \beta \leq 15^\circ$)。依據碾壓的方式不同，如圖9所示，該奈米碳管碾壓膜中的奈米碳管可沿一固定方向擇優取向排列；或如圖8所示，沿不同方向擇優取向排列。另，在壓力的作用下，奈米碳管陣列會與生長的基底分離，從而使得

該奈米碳管碾壓膜容易與基底脫離，從而形成一自支撐的奈米碳管碾壓膜。

【0106】 本技術領域技術人員應明白，上述奈米碳管陣列的傾倒程度（傾角）與壓力的大小有關，壓力越大，傾角越大。所述傾角為奈米碳管陣列中的奈米碳管與生長該奈米碳管陣列的基底所呈的夾角。製備的奈米碳管碾壓膜的厚度取決於奈米碳管陣列的高度及壓力大小。奈米碳管陣列的高度越大而施加的壓力越小，則製備的奈米碳管碾壓膜的厚度越大；反之，奈米碳管陣列的高度越小而施加的壓力越大，則製備的奈米碳管碾壓膜的厚度越小。該奈米碳管碾壓膜的寬度與奈米碳管陣列所生長的基底的尺寸有關，該奈米碳管碾壓膜的長度不限，可根據實際需求制得。本發明實施例中獲得的奈米碳管碾壓膜，該奈米碳管碾壓膜的厚度為1微米~2毫米。

【0107】 最後，將該奈米碳管碾壓膜從所述生長基底揭起，從而得到一自支撐的奈米碳管碾壓膜。

【0108】 上述奈米碳管碾壓膜中包括多個沿同一方向或擇優取向排列的奈米碳管，所述奈米碳管之間通過凡德瓦爾力相互吸引，因此該奈米碳管碾壓膜具有很好的韌性。該奈米碳管碾壓膜中，奈米碳管均勻分佈，規則排列。

【0109】 可以理解，該奈米碳管碾壓膜具有一定的厚度，且通過奈米碳管陣列的高度及壓力大小可控制其厚度。所以該奈米碳管碾壓膜可直接作為一奈米碳管結構164使用。另，可將至少

兩層奈米碳管碾壓膜層疊設置或併排設置形成一奈米碳管結構164。

- 【0110】 (四) 當該奈米碳管結構164包括至少一奈米碳管線狀結構時，該奈米碳管結構164的製備方法包括以下步驟：
- 【0111】 首先，提供至少一奈米碳管拉膜。
- 【0112】 該奈米碳管拉膜的形成方法與(一)中奈米碳管拉膜的形成方法相同。
- 【0113】 其次，處理該奈米碳管拉膜，形成至少一奈米碳管線。
- 【0114】 該處理奈米碳管拉膜的步驟可為採用有機溶劑處理該奈米碳管拉膜，從而得到一非扭轉的奈米碳管線，或為採用機械外力扭轉該奈米碳管拉膜，從而得到一扭轉的奈米碳管線。
- 【0115】 採用有機溶劑處理該奈米碳管拉膜的步驟具體為：將有機溶劑浸潤所述奈米碳管拉膜的整個表面，在揮發性有機溶劑揮發時產生的表面張力的作用下，奈米碳管拉膜中的相互平行的多個奈米碳管通過凡德瓦爾力緊密結合，從而使奈米碳管拉膜收縮為一非扭轉的奈米碳管線。該有機溶劑為揮發性有機溶劑，如乙醇、甲醇、丙酮、二氯乙烷或氯仿，本實施例中採用乙醇。通過有機溶劑處理的非扭轉奈米碳管線與未經有機溶劑處理的奈米碳管拉膜相比，比表面積減小，黏性降低。可以理解，該採用有機溶劑處理奈米碳管拉膜形成非扭轉的奈米碳管線的方法與(一)中採用有機溶劑降低奈米碳管拉膜的黏性的方法相似，其區別在於，當需要形成非扭轉

的奈米碳管線時，奈米碳管拉膜的兩端不固定，即不將奈米碳管拉膜設置在基底表面或框架結構上。

【0116】 採用機械外力扭轉該奈米碳管拉膜的步驟為採用一機械力將所述奈米碳管膜兩端沿相反方向扭轉。本發明實施例中，具體可提供一個尾部可黏住奈米碳管拉膜的紡紗軸。將該紡紗軸的尾部與奈米碳管拉膜結合後，將該紡紗軸以旋轉的方式旋轉該奈米碳管拉膜，形成一扭轉的奈米碳管線。可以理解，上述紡紗軸的旋轉方式不限，可正轉，也可反轉，或者正轉和反轉相結合。

【0117】 進一步地，可採用一揮發性有機溶劑處理該扭轉的奈米碳管線。在揮發性有機溶劑揮發時產生的表面張力的作用下，處理後的扭轉的奈米碳管線中相鄰的奈米碳管通過凡德瓦爾力緊密結合，使扭轉的奈米碳管線的比表面積減小，黏性降低，與未經有機溶劑處理的扭轉的奈米碳管線相比密度及強度均增大。

【0118】 再次，利用上述奈米碳管線製備至少一奈米碳管線狀結構，並得到一奈米碳管結構164。

【0119】 上述扭轉的奈米碳管線或非扭轉的奈米碳管線為一自支撐結構，可直接作為一奈米碳管結構164使用。另，可將多個奈米碳管線平行排列成一束狀結構的奈米碳管線狀結構，或者將該平行排列的多個奈米碳管線經一扭轉步驟得到一絞線結構的奈米碳管線狀結構。進一步地，可將該多個奈米碳管線

或奈米碳管線狀結構相互平行排列、交叉排列或編織，得到一二維的奈米碳管結構164。

【0120】 步驟二，間隔形成一第一電極12及一第二電極14於該奈米碳管結構164的兩端，該第一電極12及一第二電極14與該奈米碳管結構164形成電連接。

【0121】 所述的第一電極12及一第二電極14的設置方式與奈米碳管結構164有關。當奈米碳管結構164中奈米碳管至少部分有序排列時，如該奈米碳管結構164包括一奈米碳管拉膜、沿一個固定方向碾壓得到的奈米碳管碾壓膜或者一奈米碳管線時，即該奈米碳管結構164中大多數奈米碳管沿同一方向擇優取向排列時，優選地，應保證奈米碳管結構164中的部分奈米碳管沿第一電極12至一第二電極14方向延伸，使第一電極12及第二電極14設置於該奈米碳管的延伸方向上。此種設置方式可保證奈米碳管結構164具有最好的導電性，從而使加熱元件16具有最好的發熱效果。

【0122】 所述的第一電極12及一第二電極14可設置在奈米碳管結構164的同一表面上或不同表面上，或者該第一電極12及一第二電極14環繞設置於奈米碳管結構164的表面。其中，第一電極12及一第二電極14之間相隔設置，以使奈米碳管結構164應用於線熱源10時接入一定的阻值避免短路現象產生。奈米碳管結構164本身有很好的黏附性與導電性，故第一電極12及一第二電極14可與奈米碳管結構164之間形成很好的電接觸。

【0123】 所述第一電極12及一第二電極14為導電膜、金屬片或者金屬引線。該導電膜可通過電鍍、化學鍍、濺鍍、真空蒸鍍、物理氣相沈積法、化學氣相沈積法、直接塗覆或絲網印刷導電漿料或其他方法形成於奈米碳管結構164表面。該金屬片可為銅片或鋁片等。該金屬片或者金屬引線可通過導電黏結劑固定於奈米碳管結構164表面，或者通過螺釘、夾板等固定在奈米碳管結構。本發明實施例中採用真空蒸鍍法在奈米碳管結構164兩端形成兩條鈮膜，作為第一電極12及第二電極14。

【0124】 所述第一電極12及一第二電極14還可為一金屬性奈米碳管層。該奈米碳管層設置於奈米碳管結構164的表面。該奈米碳管層可通過其自身的黏性或導電黏結劑固定於奈米碳管結構164的表面。該奈米碳管層包括定向排列且均勻分佈的金屬性奈米碳管。具體地，該奈米碳管層包括至少一奈米碳管膜或至少一奈米碳管線。優選地，所述金屬性奈米碳管層中至少部分奈米碳管表面包覆一金屬層，從而提高該金屬性奈米碳管層的導電性。該在奈米碳管層中奈米碳管表面包覆金屬層的方法可為真空蒸鍍、電漿濺射或物理氣相沈積方法等。

【0125】 可以理解，在形成第一電極12及一第二電極14後，可進一步形成兩條導電引線，分別與第一電極12及第二電極14的端部電連接，從第一電極12及一第二電極14引出至外部電源。

【0126】 步驟三，提供一基體前驅體，將基體前驅體與奈米碳管結構164複合，形成一加熱元件16。

【0127】 所述基體前驅體的材料為該基體的材料、該基體材料所形成的溶液或製備該基體材料的前驅反應物。該基體前驅體在一定溫度下應為液態或氣態。

【0128】 所述基體162的材料包括高分子材料或無機非金屬材料等。具體地，該有機高分子材料可包括熱塑性聚合物或熱固性聚合物中的一種或多種，故該基體前驅體的材料可為生成該熱塑性聚合物或熱固性聚合物的聚合物單體溶液，或該熱塑性聚合物或熱固性聚合物在揮發性有機溶劑中溶解後形成的混合液。該奈米碳管結構164直接浸泡於該液態的基體前驅體後，將該基體前驅體固化，形成基體162與該奈米碳管結構164複合。

【0129】 該無機非金屬材料可包括玻璃、陶瓷及半導體材料中的一種或多種，故該基體前驅體可為無機非金屬材料顆粒製成的漿料、製備該無機非金屬材料的反應氣體或呈氣態的該無機非金屬材料。具體地，可採用真空蒸鍍、濺鍍、化學氣相沈積（CVD）及物理氣相沈積（PVD）的方法形成氣態的基體前驅體，並使該基體前驅體沈積在奈米碳管結構164的奈米碳管表面。另，可將大量無機非金屬材料顆粒在溶劑中分散，形成一漿料作為該基體前驅體，並將該奈米碳管結構164浸泡於該漿料中，並使溶劑蒸發，使該基體162與該奈米碳管結構164複合。

【0130】 總之，當該基體前驅體為液態時，該步驟三具體包括將該液態基體前驅體浸潤該奈米碳管結構164及固化該基體前驅體

的步驟，從而使該基體162滲透至該奈米碳管結構164的孔隙中，形成一加熱元件16；當該基體前驅體為氣態時，該步驟三具體包括沈積該基體前驅體於奈米碳管結構164的奈米碳管表面的步驟，從而使該基體162充滿該奈米碳管結構164的孔隙中，形成一加熱元件16。

【0131】 本實施例採用注膠法將環氧樹脂基體材料與奈米碳管結構164複合，形成一加熱元件16，具體包括以下步驟：

【0132】 步驟（一）：提供一液態熱固性高分子材料。

【0133】 所述液態熱固性高分子材料的黏度低於5帕·秒，並能在室溫下保持該黏度在30分鐘以上。本發明實施例優選以環氧樹脂製備液態熱固性高分子材料，其具體包括以下步驟：

【0134】 首先，將縮水甘油醚型環氧和縮水甘油酯型環氧的混合物置於一容器中，加熱至30°C~60°C，並對容器中所述縮水甘油醚型環氧和縮水甘油酯型環氧的混合物攪拌10分鐘，直至所述縮水甘油醚型環氧和縮水甘油酯型環氧的混合物混合均勻為止。

【0135】 其次，將脂肪胺和二縮水甘油醚加入到所述攪拌均勻的縮水甘油醚型環氧和縮水甘油酯型環氧的混合物中進行化學反應。

【0136】 最後，將所述縮水甘油醚型環氧和縮水甘油酯型環氧的混合物加熱至30°C~60°C，從而得到一含環氧樹脂的液態熱固性高分子材料。

- 【0137】 步驟（二）：採用所述液態熱固性高分子材料浸潤所述奈米碳管結構162。
- 【0138】 本實施例中採用所述液態熱固性高分子材料浸潤所述奈米碳管結構162的方法包括以下步驟：
- 【0139】 首先，將奈米碳管結構162放置於一模具中。
- 【0140】 其次，將所述液態熱固性高分子材料注射進所述模具中，浸潤所述奈米碳管結構162。爲了讓液態熱固性高分子材料充分浸潤所述奈米碳管結構162，浸潤所述奈米碳管結構162的時間不能少於10分鐘。
- 【0141】 可以理解，將所述液態熱固性高分子材料浸潤所述奈米碳管結構162的方法不限注射的方法，所述液態熱固性高分子材料還可通過毛細作用被吸入到所述奈米碳管結構162中，浸潤所述奈米碳管結構162，或者將所述奈米碳管結構162浸泡在所述液態熱固性高分子材料中。
- 【0142】 步驟（三）：固化上述被液態熱固性高分子材料浸潤的奈米碳管結構162，得到一奈米碳管複合結構。
- 【0143】 本實施例含環氧樹脂的熱固性高分子材料的固化方法具體包括以下步驟：
- 【0144】 首先，通過一加熱裝置將該模具加熱至50°C~70°C，在該溫度下含環氧樹脂的熱固性高分子材料爲液態，維持該溫度1小時~3小時，使得該熱固性高分子材料繼續吸熱以增加其固

化度。

【0145】 其次，繼續加熱該模具至80°C~100°C，在該溫度下維持1小時~3小時，使得所述熱固性高分子材料繼續吸熱以增加其固化度。

【0146】 再次，繼續加熱該模具至110°C~150°C，在該溫度下維持2小時~20小時，使得所述熱固性高分子材料繼續吸熱以增加其固化度。

【0147】 最後，停止加熱，待該模具降溫至室溫後，脫模可得一奈米碳管複合結構。

【0148】 上述製備奈米碳管複合結構的具體步驟可參見范守善等人於2007年12月26日申請的申請號為96150104的台灣專利申請。為節省篇幅，僅引用於此，但上述申請所有技術揭露也應視為本發明申請技術揭露的一部分。

【0149】 可以理解，上述含環氧樹脂的熱固性高分子材料的固化方法也可採用一次升溫的方法，直接將溫度升至150°C，使熱固性高分子材料吸熱固化。

【0150】 可以理解，上述步驟二中形成第一電極12及一第二電極14的步驟可在形成該加熱元件16之後進行。當該基體162僅填充於該奈米碳管結構164的孔隙中，從而使奈米碳管部分暴露於加熱元件16表面時，可採用與步驟二相同的方法將該第一電極12及一第二電極14直接形成於該加熱元件16表面。當該基體162全部包覆該奈米碳管結構164時，進一步包括一暴露

所述奈米碳管結構164於加熱元件16表面的步驟，該第一電極12及第二電極14分別與暴露出的奈米碳管結構164電連接。具體地，可採用一切割的步驟切割該加熱元件16，以形成一切割面，從而使該奈米碳管結構164暴露於加熱元件16的切割面，進而採用與步驟二相同的方法將該第一電極12及第二電極14形成於該加熱元件16的切割面，從而與該暴露出來的奈米碳管結構164電連接。

- 【0151】 可以理解，當該奈米碳管結構為線狀時，該第三實施例的加熱元件36的形成方法可包括以下步驟：
- 【0152】 首先，將該奈米碳管線狀結構與所述基體前驅體複合，形成一奈米碳管線狀複合結構366；
- 【0153】 其次，將一個或多個該奈米碳管線狀複合結構366排列，形成一二維的加熱元件36。
- 【0154】 該奈米碳管線狀複合結構366可相互編織、交叉、併排或盤繞形成一二維的加熱元件36。當該奈米碳管線狀複合結構366相互編織時，與織物類似地，該加熱元件36可保持一面狀。該相互編織形成的加熱元件36可製成一加熱墊、加熱衣及加熱手套等。當該奈米碳管線狀複合結構366相互交叉、併排或盤繞時，該多個奈米碳管線狀結構366之間可通過黏結劑黏結，從而使該加熱元件36保持面狀。
- 【0155】 所述將奈米碳管線狀結構與基體前驅體複合的方式與上述步驟三相同。

- 【0156】 該第一電極及第二電極可通過上述步驟二的方式形成於該加熱元件36表面。進一步地，可通過一切割步驟暴露該奈米碳管線狀結構於所述加熱元件36表面，進而將該第一電極及第二電極形成於該暴露有奈米碳管結構的表面上，從而使該第一電極及第二電極與該奈米碳管複合結構中的奈米碳管形成電連接。
- 【0157】 可以理解，該製備方法可進一步包括以下可選擇步驟，從而製備一具有第二實施例中的面熱源20：
- 【0158】 步驟四，提供一支撐體28，形成一熱反射層27於支撐體28的表面。
- 【0159】 在支撐體28的表面形成一熱反射層27可通過塗覆或鍍膜的方法實現。具體地，當該熱反射層27的材料為金屬鹽或金屬氧化物時，可將該金屬鹽或金屬氧化物的顆粒分散於溶劑中，形成一漿料，並將該漿料塗敷或絲網印刷於支撐體28表面，形成該熱反射層27。根據金屬鹽或金屬氧化物的不同，該溶劑不應與金屬鹽或金屬氧化物發生化學反應。另，該熱反射層27也可通過電鍍、化學鍍、濺鍍、真空蒸鍍、化學氣相沈積或物理氣相沈積等方法形成。本發明實施例採用物理氣相沈積法在陶瓷基板表面沈積一層三氧化二鋁層，作為熱反射層27。
- 【0160】 步驟五，將加熱元件26設置於熱反射層27表面。
- 【0161】 該加熱元件26可通過一黏結劑固定於熱反射層27表面。另，

還可採用機械固定的方法，如採用螺釘、夾板等固定裝置，將加熱元件26四角或四邊固定於熱反射層27表面。

【0162】 步驟六，形成一保護層25於所述加熱元件26的外表面，形成一面熱源20。

【0163】 該保護層25可直接通過黏結劑或機械固定的方法固定於加熱元件26表面。另，當該保護層25的材料為一熱塑性聚合物時，可將該熱塑性聚合物在高溫下於融化狀態塗敷或包裹於加熱元件26表面，待低溫時固化形成該保護層25。另，當該保護層25為一柔性聚合物，如一聚對苯二甲酸乙二醇酯（PET）膜時，可通過一熱壓步驟，將該保護層25與該加熱元件26疊加並熱壓，使保護層25與加熱元件26牢固結合。

【0164】 所述的面熱源及其製備方法具有以下優點：第一，由於該奈米碳管結構為一自支撐結構，且奈米碳管在奈米碳管結構中均勻分佈，將該自支撐的奈米碳管結構與基體直接複合，可使複合後形成的加熱元件中奈米碳管仍相互結合保持一奈米碳管結構的形態，從而使加熱元件中奈米碳管既能均勻分佈形成導電網絡，又不受奈米碳管在溶液中分散濃度的限制，使奈米碳管在加熱元件中的質量百分含量可達到99%，使該熱源具有更高的加熱性能。另，該基體材料的種類不限於聚合物，使該熱源的應用範圍更加廣泛。第二，由於奈米碳管具有較好的強度及韌性，奈米碳管結構的強度較大，柔性較好，不易破裂，使其具有較長的使用壽命，特別的，當該奈米碳管結構與柔性基體複合形成加熱元件時，可製備一柔性

熱源，使該熱源具有更廣的應用範圍。第三，奈米碳管結構中的奈米碳管均勻分佈，因此具有均勻的厚度及電阻，發熱均勻，奈米碳管的電熱轉換效率高，且該奈米碳管結構的單位面積熱容小於 2×10^{-4} 焦耳每平方厘米開爾文，所以該面熱源具有升溫迅速、熱滯後小、熱響應速度快、熱交換速度快及輻射效率高的特點。第四，奈米碳管的直徑較小，使得奈米碳管結構可具有較小的厚度，可製備微型面熱源，應用於微型器件的加熱。第五，當奈米碳管結構包括奈米碳管拉膜時，該奈米碳管拉膜可通過從奈米碳管陣列中拉取得到，方法簡單且有利於大面積面熱源的製作，且該奈米碳管拉膜中，奈米碳管沿同一方向擇優取向排列，具有較好的導電性能，使該熱源具有較好的加熱性能，另，該奈米碳管拉膜具有一定透明度，可用於製備一透明熱源。第六，該奈米碳管線可用於編織形成各種形狀的加熱元件，從而製備各種形狀的面熱源。第七，該奈米碳管絮化膜及奈米碳管碾壓膜具有較好的韌性，製備方法簡單。第八，該形成自支撐的奈米碳管結構，並將該奈米碳管結構與基體直接複合形成加熱元件的方法簡單，且奈米碳管在加熱元件中的含量可方便的控制。與基體複合後，該奈米碳管結構仍能保持原有的形態，具有與純奈米碳管結構相當的發熱性能。第九，該奈米碳管結構可有選擇的設置於一具有特定形狀的基體中的某一位置，從而實現局部選擇性加熱，適應不同領域的需求。

【0165】 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。

【符號說明】

- 【0166】 面熱源：10, 20, 30
- 【0167】 第一電極：12, 22, 32
- 【0168】 第二電極：14, 24, 34
- 【0169】 奈米碳管片段：143
- 【0170】 奈米碳管：145
- 【0171】 加熱元件：16, 26, 36
- 【0172】 基體：162, 262
- 【0173】 奈米碳管結構：164, 264
- 【0174】 保護層：25
- 【0175】 熱反射層：27
- 【0176】 支撐體：28
- 【0177】 電極引線：29
- 【0178】 奈米碳管線狀複合結構：366

【主張利用生物材料】

- 【0179】 無



發明摘要

公告本

【發明摘要】

【中文發明名稱】 面熱源

【英文發明名稱】 PLANAR HEATER

【中文】

本發明涉及一種面熱源，其包括：一加熱元件，該加熱元件由一基體及多個奈米碳管組成的一體的自支撐的奈米碳管結構複合而成；及至少兩電極間隔設置並與該加熱元件電連接。該面熱源可以用於製造自發熱的取暖服、取暖手套或取暖鞋、電加熱器、紅外治療儀、電暖器等，具有廣泛的應用範圍。

【英文】

The present invention relates to a planar heater. The planar heater includes a heating element and at least two electrodes connected to the heating element. The heating element includes a matrix and a plurality of carbon nanotubes disposed in the matrix. The plurality of carbon nanotubes build a free-standing carbon nanotube structure. The planar heater has a wide application, and can be used to make warming clothes, warming gloves, warming shoes, electric heating device, infrared therapy device, and other electric heater.

申請專利範圍

【發明申請專利範圍】

- 【第1項】 一種面熱源裝置，其改良在於，包括：
- 一加熱元件，該加熱元件由一基體及多個奈米碳管組成的一體的自支撐的奈米碳管結構複合而成；及
- 至少兩電極間隔設置並與該加熱元件電連接，
- 該自支撐的奈米碳管結構中的奈米碳管通過凡德瓦爾力相互結合，該自支撐的奈米碳管結構定義多個孔隙，該基體的材料滲透入該自支撐的奈米碳管結構的多個孔隙中，從而與該自支撐的奈米碳管結構複合。
- 【第2項】 如請求項第1項所述的面熱源裝置，其中，所述奈米碳管結構包括至少一奈米碳管膜、至少一奈米碳管線狀結構或其組合的複合結構。
- 【第3項】 如請求項第2項所述的面熱源裝置，其中，所述奈米碳管結構包括多個奈米碳管膜層疊設置或多個奈米碳管膜併排設置。
- 【第4項】 如請求項第2項所述的面熱源裝置，其中，所述奈米碳管膜包括均勻分佈的多個奈米碳管，該多個奈米碳管有序排列。
- 【第5項】 如請求項第4項所述的面熱源裝置，其中，所述奈米碳管膜包括多個奈米碳管沿同一方向擇優取向排列，該多個奈米碳管通過凡德瓦爾力首尾相連。
- 【第6項】 如請求項第5項所述的面熱源裝置，其中，所述奈米碳管膜中奈米碳管沿一個電極向另一個電極延伸。

- 【第7項】 如請求項第2項所述的面熱源裝置，其中，所述奈米碳管膜的厚度為0.5奈米~100微米。
- 【第8項】 如請求項第1項所述的面熱源裝置，其中，所述奈米碳管結構的單位面積熱容小於 2×10^{-4} 焦耳每平方厘米開爾文。
- 【第9項】 如請求項第1項所述的面熱源裝置，其中，所述奈米碳管結構的單位面積熱容小於 1.7×10^{-6} 焦耳每平方厘米開爾文。
- 【第10項】 如請求項第1項所述的面熱源裝置，其中，所述至少兩電極分別與所述奈米碳管結構電連接。
- 【第11項】 如請求項第1項所述的面熱源裝置，其中，所述基體的材料為有機高分子材料或無機非金屬材料。
- 【第12項】 如請求項第1項所述的面熱源裝置，其中，所述面熱源進一步包括一支撐體，所述加熱元件至少部分通過該支撐體支撐，該支撐體的材料為柔性材料或硬性材料。
- 【第13項】 如請求項第12項所述的面熱源裝置，其中，所述面熱源進一步包括一熱反射層，所述熱反射層設置在所述加熱元件與支撐體之間或者設置在所述支撐體遠離加熱元件的表面。
- 【第14項】 一種面熱源裝置，包括：
一加熱元件及至少兩電極間隔設置並與該加熱元件電連接，其改良在於：該加熱元件包括一體的奈米碳管結構及基體材料，該奈米碳管結構包括通過凡德瓦爾力作用相互吸引的多個奈米碳管，該基體材料複合於該奈米碳管結構中，該一體的奈米碳管結構定義多個孔隙，該基體材料滲透入該一體的奈米碳管結構的多個孔隙中，從而與該一體的奈米碳管結構複合。

【第15項】 如請求項第14項所述的面熱源裝置，其中，所述孔隙尺寸小於10微米。

【第16項】 一種面熱源裝置，其改良在於，其包括：

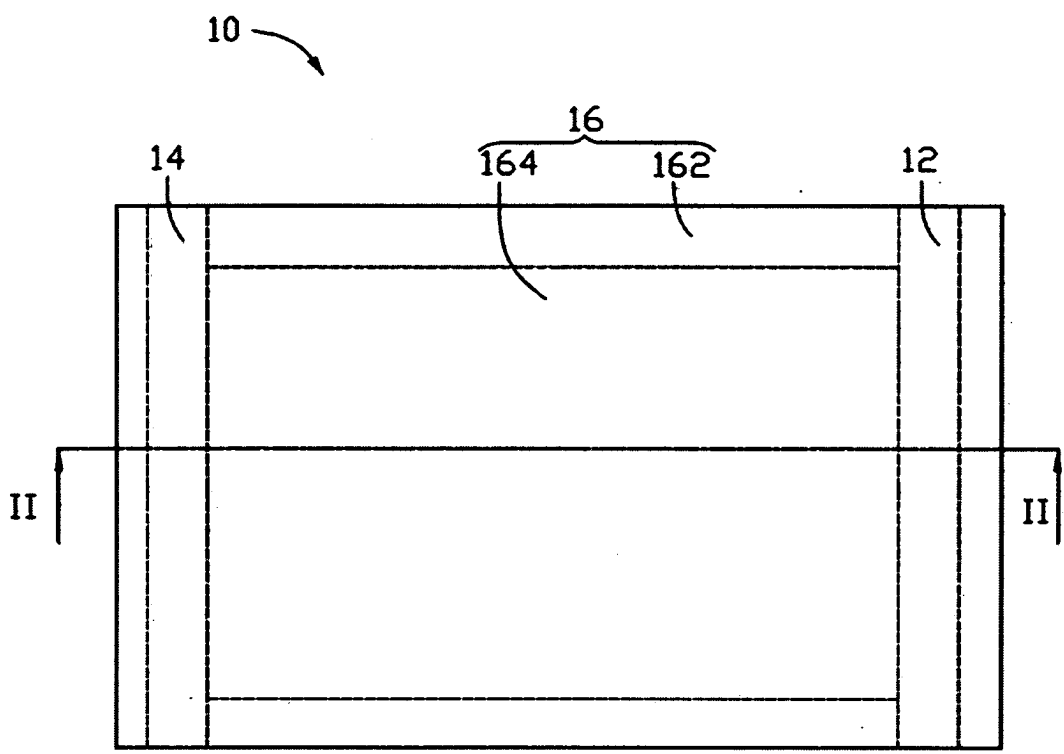
一二維加熱元件，該二維加熱元件包括多個奈米碳管，及一基體，該多個奈米碳管通過凡德瓦爾力而形成一體的奈米碳管結構，該奈米碳管結構與基體相複合；及

至少兩電極間隔設置並與該加熱元件電連接，

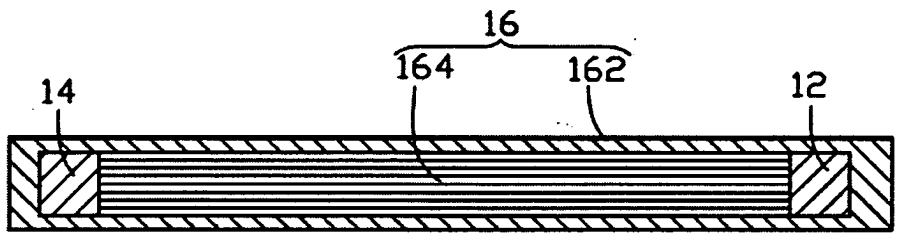
該一體的奈米碳管結構定義多個孔隙，該基體的材料滲透入該一體的奈米碳管結構的多個孔隙中，從而與該一體的奈米碳管結構複合。

圖式

【發明圖式】



■ 1



■ 2

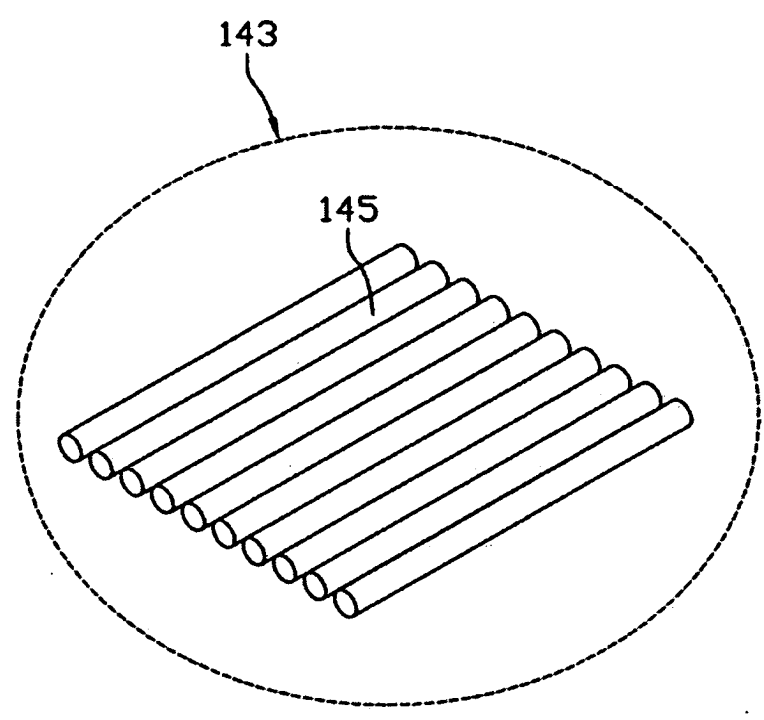
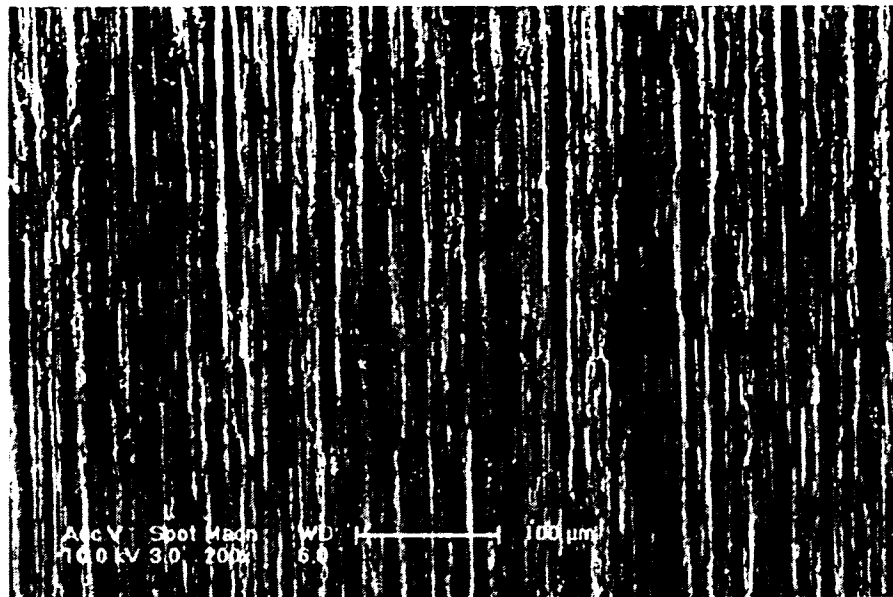
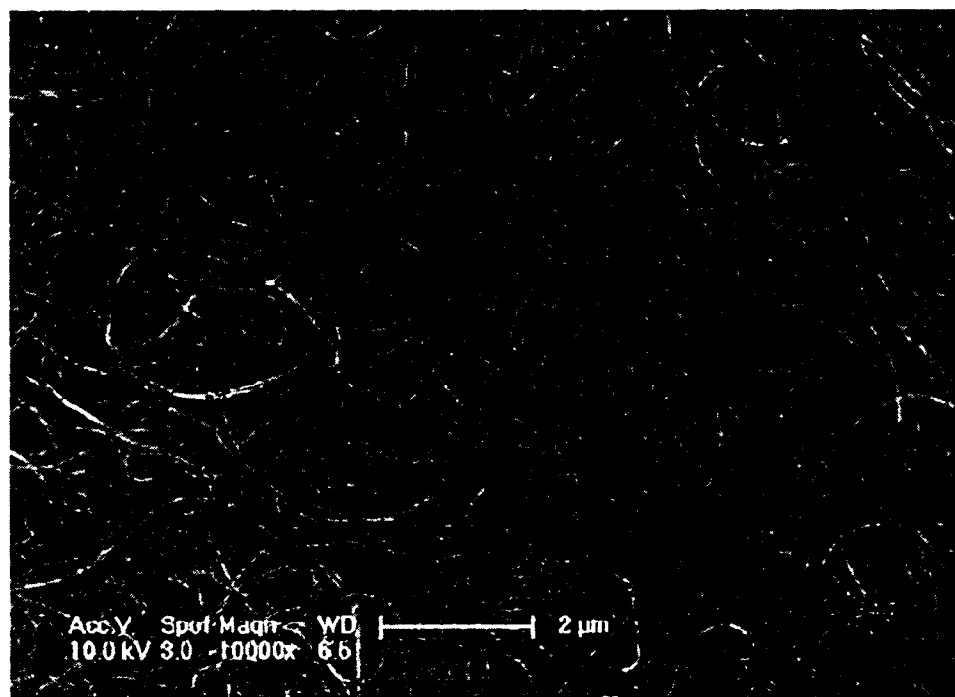


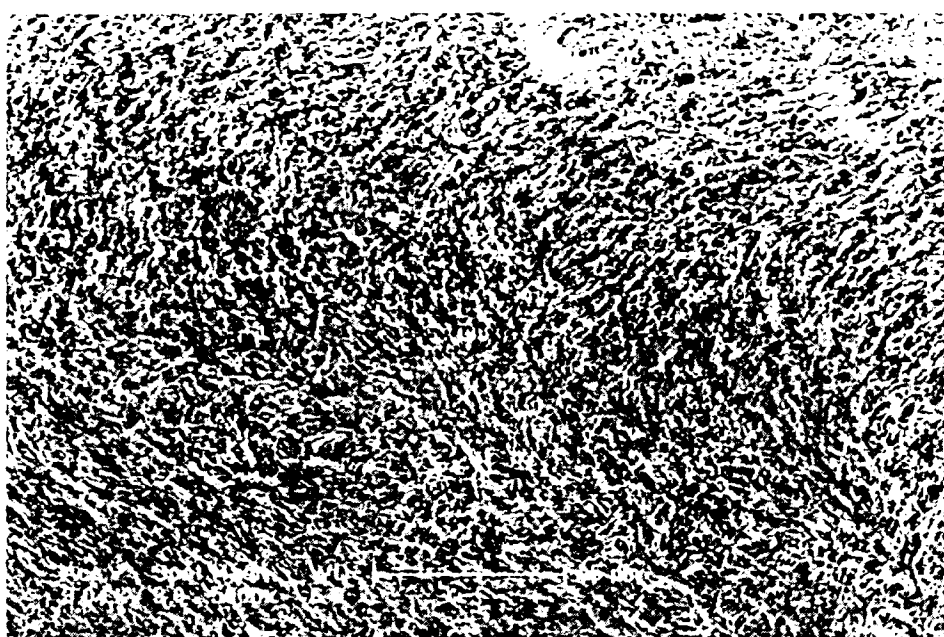
圖 5



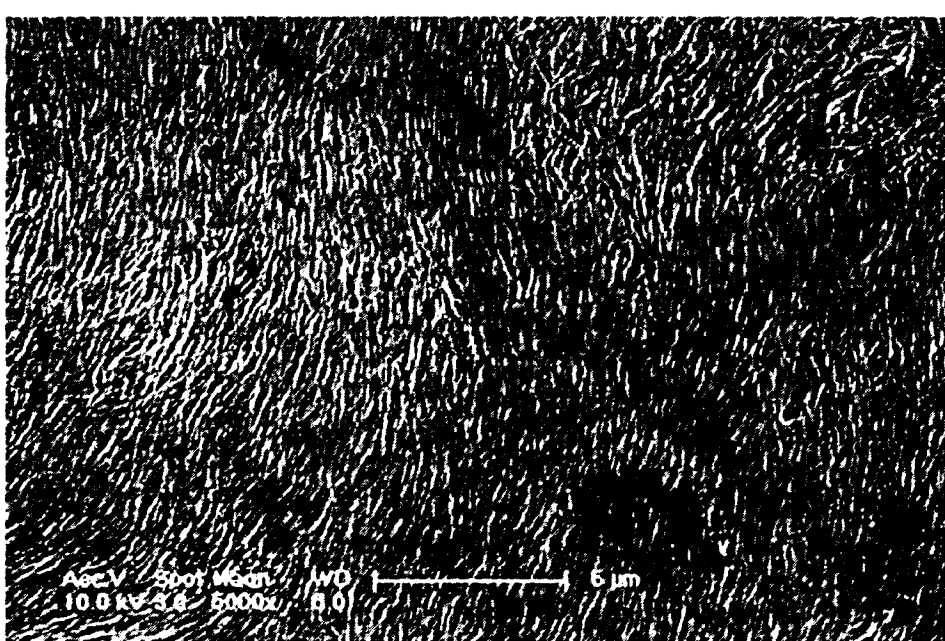
■ 6



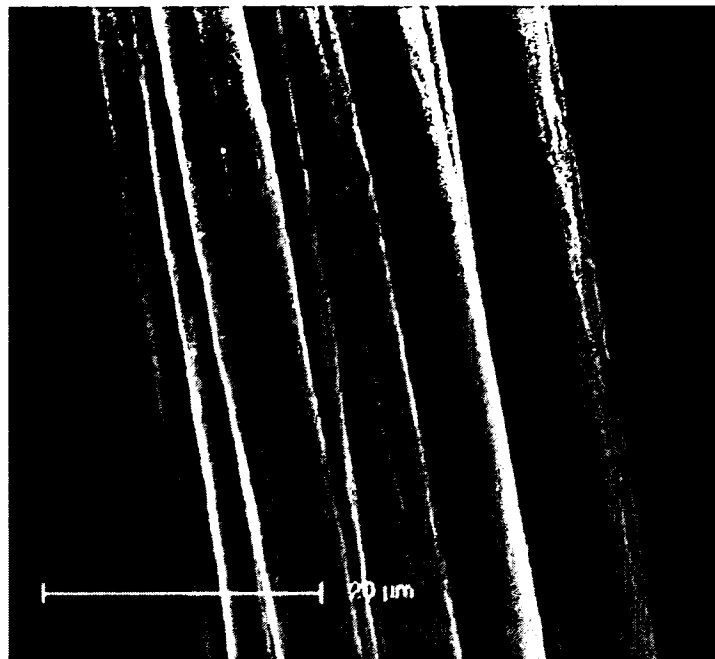
■ 7



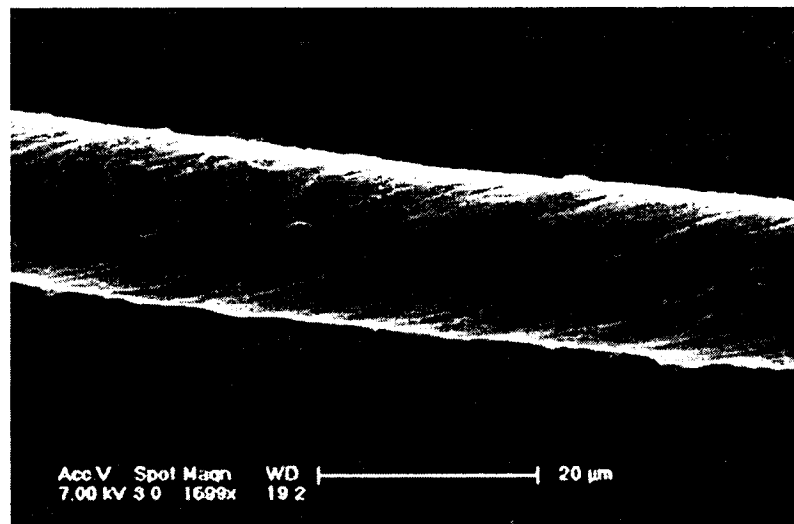
8



9



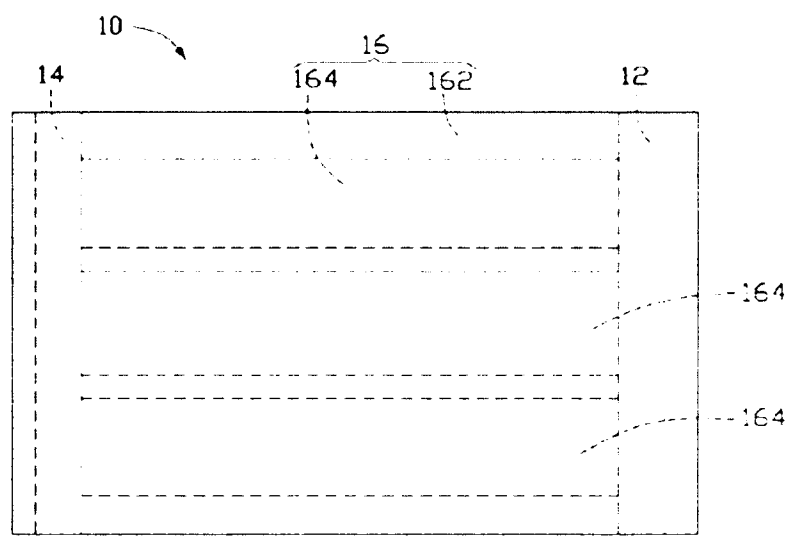
10



11



■ 12



■ 13

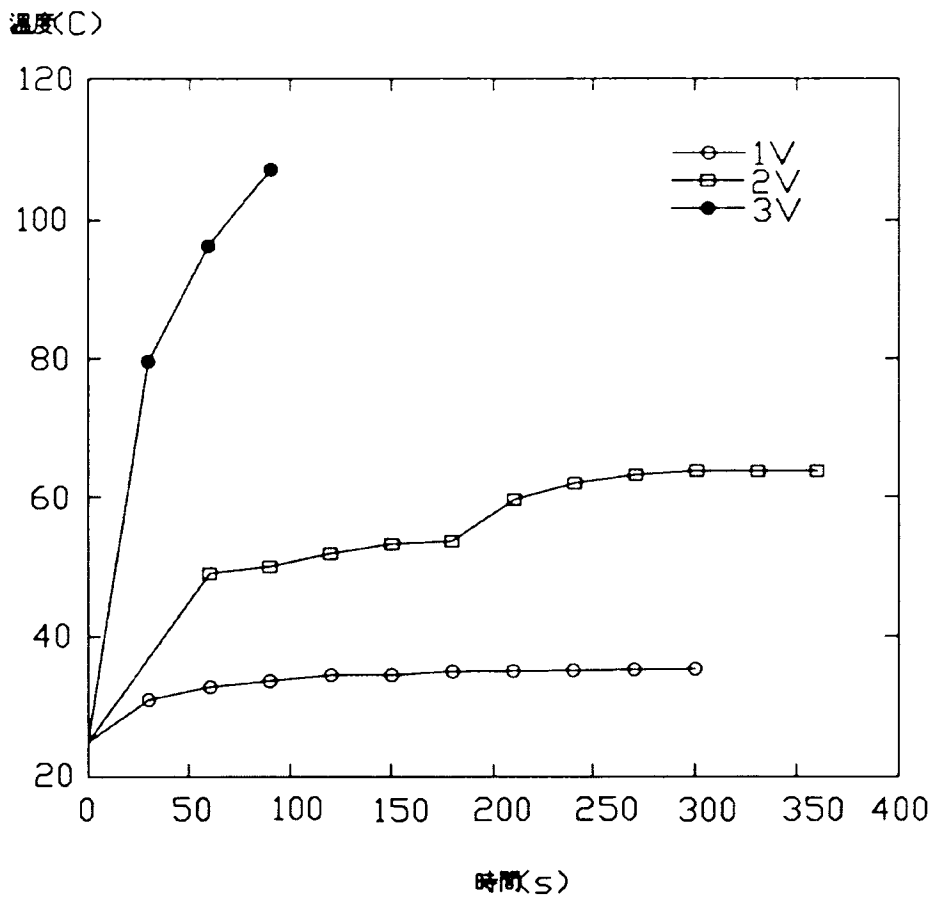
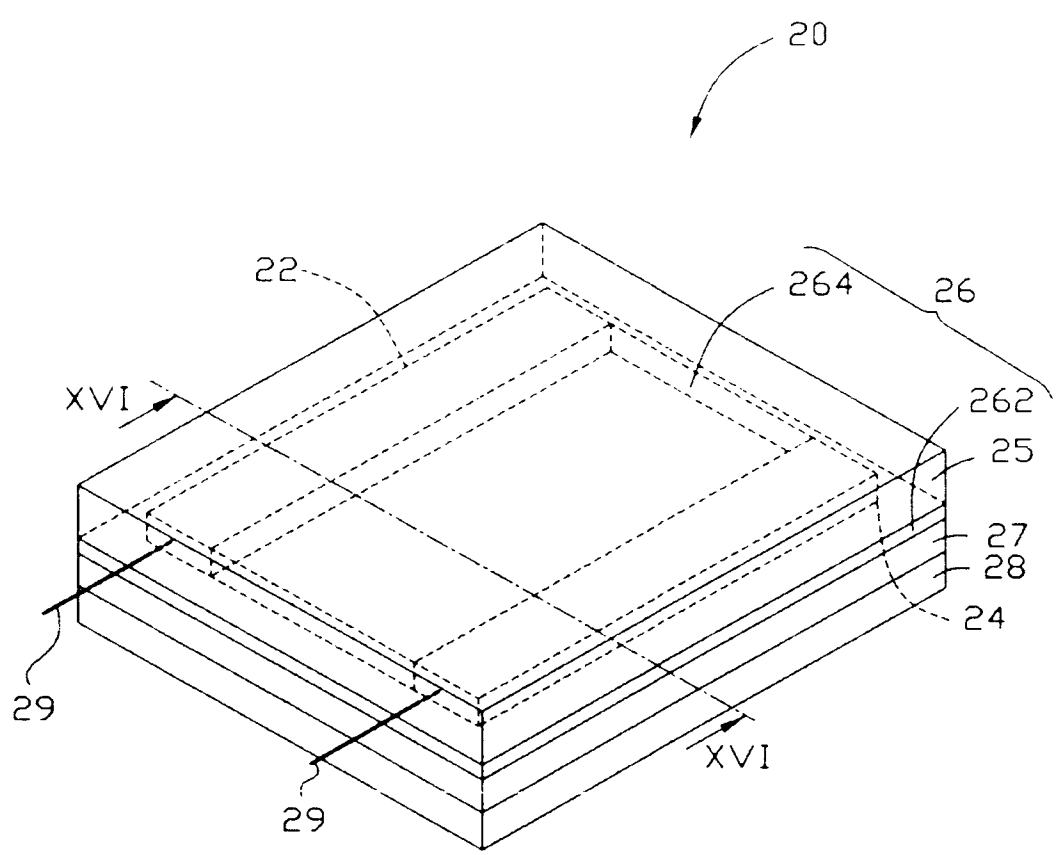
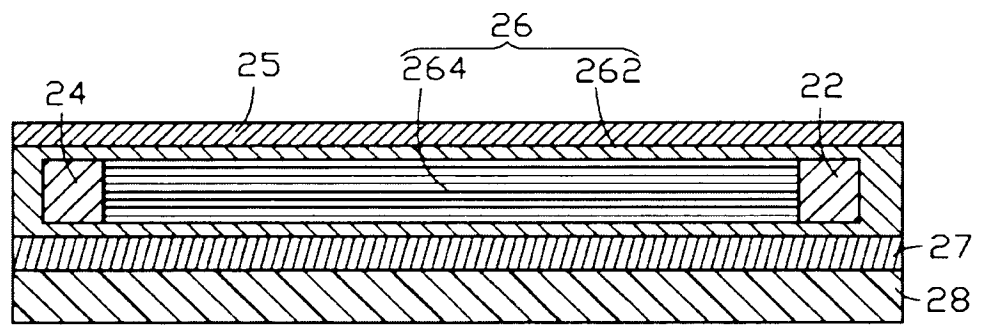


圖 14



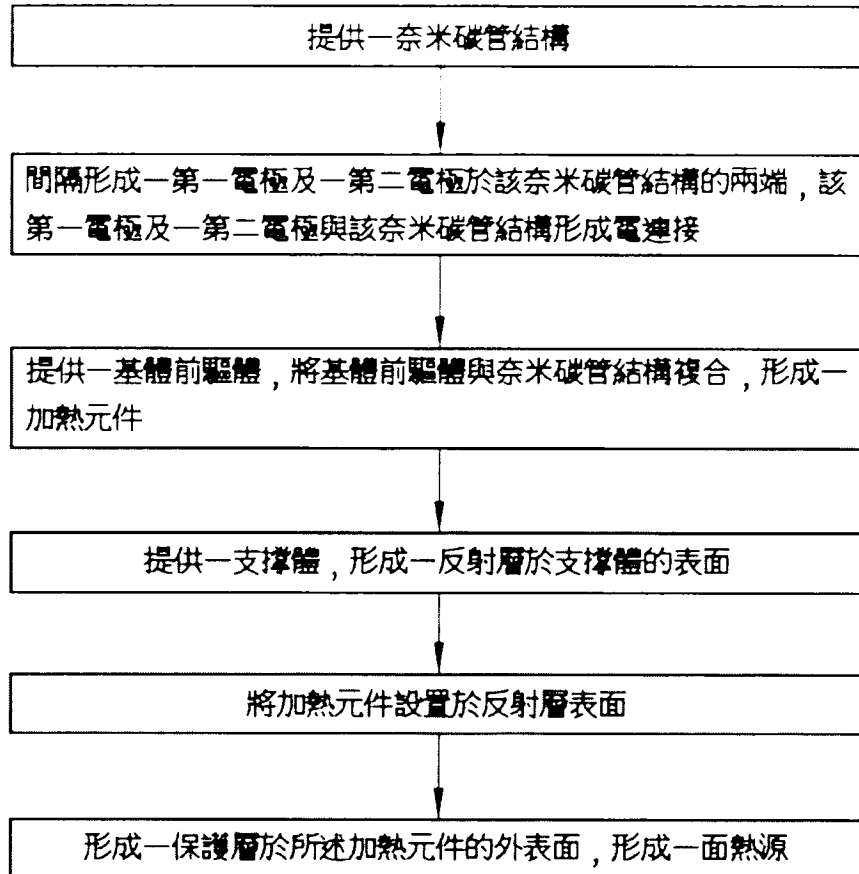
15



■ 16



■ 17



【指定代表圖】 第（ 1 ）圖

【代表圖之符號簡單說明】

面熱源：10

第一電極：12

第二電極：14

加熱元件：16

基體：162

奈米碳管結構：164

【特徵化學式】

無