



(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 I501686 B

(45) 公告日：中華民國 104 (2015) 年 09 月 21 日

(21) 申請案號：098114582

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 04 月 30 日

(51) Int. Cl. : H05B3/14 (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：劉鏞 LIU, KAI (CN)；馮辰 FENG, CHEN (CN)；姜開利 JIANG, KAI-LI (CN)；王佳平 WANG, JIA-PING (CN)；范守善 FAN, SHOU-SHAN (CN)

(56) 參考文獻：

TW 452826

TW 200800793A

EP 2043406A2

US 4967057

US 6809298B2

US 7224256B2

WO 2004/023845A1

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

審查人員：廖家成

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：20 共 57 頁

(54) 名稱

立體熱源

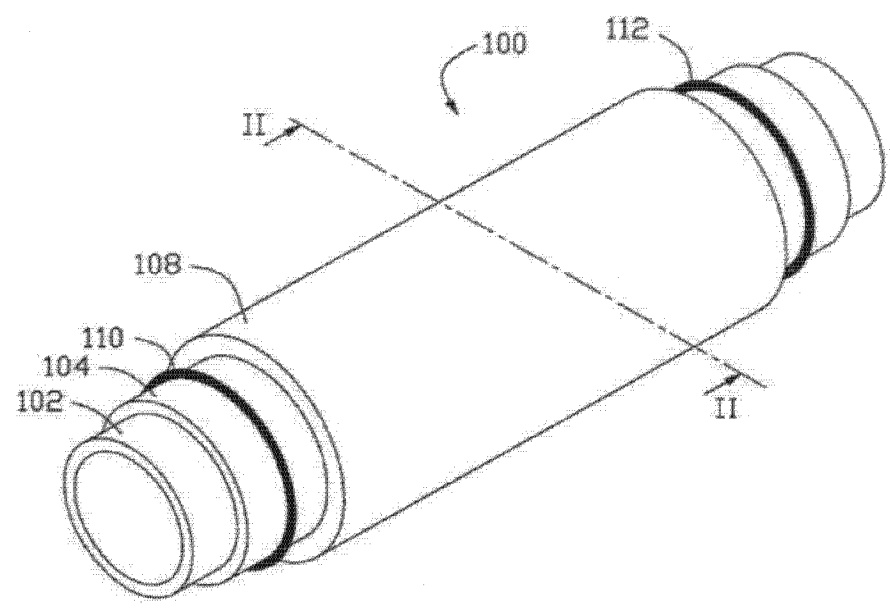
THREE-DIMENSIONAL HEAT SOURCE

(57) 摘要

本發明旨在提供一壽命長且電熱轉換效率高之立體熱源。該立體熱源包括一加熱元件及至少兩個電極。該加熱元件包括基體及複數奈米碳管分佈於該基體中。該至少兩個電極間隔設置且分別與該加熱元件電連接。所述加熱元件構成一個中空之三維結構，該加熱元件中之複數奈米碳管組成至少一自支撐之奈米碳管結構。

The present invention relates to a three-dimensional heat source having long life and high heating efficiency. The three-dimensional heat source includes a heating element and at least two electrodes. The heating element includes a matrix and a plurality of carbon nanotubes distributing in the matrix. The at least electrodes are electrically connected with the heating element. The heating element forms a three dimensional structure defining a hollow space. The carbon nanotubes in the heating element forms a free standing carbon nanotube structure.

- 100 . . . 立體熱源
- 102 . . . 三維支撐結構
- 104 . . . 加熱元件
- 108 . . . 熱反射層
- 110 . . . 第一電極
- 112 . . . 第二電極



■ 1

【發明說明書】

【中文發明名稱】 立體熱源

【英文發明名稱】 THREE-DIMENSIONAL HEAT SOURCE

【技術領域】

【0001】 本發明涉及一種立體熱源，尤其涉及一種基於奈米碳管之立體熱源。

【先前技術】

【0002】 熱源在人們之生產、生活、科研中起著重要之作用。立體熱源係熱源之一種，其特點為立體熱源具有一立體結構，從而可將待加熱物體設置於其內部進行加熱。由於立體熱源可對待加熱物體之各個部位同時加熱，故，立體熱源具有加熱面廣、加熱均勻且效率較高等優點。立體熱源已成功用於工業領域、科研領域或生活領域等，如工廠管道、實驗室加熱爐或廚具電烤箱等。

【0003】 立體熱源之基本結構通常包括一加熱元件。先前之立體熱源之加熱元件通常採用金屬絲，如鉻鎳合金絲、銅絲、鉬絲或鎢絲等通過鋪設或纏繞之方式形成。然而，採用金屬絲作為加熱元件具有以下缺點：其一，金屬絲表面容易被氧化，導致局部電阻增加，從而被燒斷，故使用壽命短；其二，金屬絲為灰體輻射，故，熱輻射效率低，輻射距離短，且輻射不均勻；其三，金屬絲密度較大，重量大，使用不便。

【0004】 為解決金屬絲作為加熱元件存在之問題，碳纖維因為其具有良好之黑體輻射性能，密度小等優點成為加熱元件材料研究之熱點。碳纖維作為加熱元件時，通常以碳纖維紙之形式存在。所述碳纖

維紙包括紙基材和雜亂分佈於該紙基材中之瀝青基碳纖維。其中，紙基材包括纖維素纖維和樹脂等的混合物，瀝青基碳纖維之直徑為3毫米~6毫米，長度為5微米~20微米。然而，採用碳纖維紙作為加熱元件具有以下缺點：其一，由於該碳纖維紙中之瀝青基碳纖維雜亂分佈，所以該碳纖維紙之強度較小，柔性較差，容易破裂，同樣具有壽命較短之缺點；其二，碳纖維紙之電熱轉換效率較低，不利於節能環保。

【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))為代表之奈米材料以其獨特之結構及性質引起了人們極大之關注。近幾年來，隨著奈米碳管及奈米材料研究之不斷深入，其廣闊之應用前景不斷顯現出來。范守善等人於民國95年6月16日申請的，於民國97年1月1日公開之一篇公開號為200800793之台灣公開專利申請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之複數奈米碳管。該複數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之自支撐結構。將該粉末態之奈米碳管與聚合物溶液混合時，該粉末態之奈米碳管極易團聚，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之團聚現象，一方面，在分散之過程中需要通過超聲波振盪處理該奈米碳管與聚合物溶液之混合物，另一方面，該電熱材料中奈米碳管之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，無法形成一自支撐之奈米碳管

結構。由於奈米碳管含量少，熱電材料之熱回應速度不夠快，電熱轉換效率不夠高，故該電熱材料之發熱溫度不夠高，限制了其應用範圍。另外，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之方法限制了基體材料之選擇。

【發明內容】

【0007】 有鑒於此，確有必要提供一種電熱轉換效率高，且發熱溫度範圍較寬之立體熱源。

【0008】 一種立體熱源裝置，其包括：一個加熱元件，該加熱元件爲一奈米碳管複合結構，其包括一基體及一奈米碳管結構；以及，至少兩個電極間隔設置並與所述加熱元件電連接，所述之加熱元件構成一個中空之三維結構，所述之加熱元件中之奈米碳管結構包括至少一個自支撐的奈米碳管線狀結構，所述基體完全包覆該奈米碳管結構，所述奈米碳管結構具有複數孔隙，所述奈米碳管複合結構中，所述基體材料滲入該奈米碳管結構的孔隙中，與所述奈米碳管結構緊密結合，以使所述基體完全包覆該奈米碳管結構並且所述基體至少部分嵌入於該奈米碳管結構的複數孔隙中。

【0009】 一種立體熱源裝置，其包括：一加熱元件；以及，至少兩個電極，該至少兩個電極間隔設置且與該加熱元件電連接；所述之加熱元件包括至少一線狀奈米碳管複合結構，該至少一線狀奈米碳管複合結構合圍形成一立體結構，所述線狀奈米碳管複合結構包括至少一自支撐的奈米碳管線狀結構以及與該奈米碳管線狀結構複合之基體材料，所述奈米碳管線狀結構具有複數孔隙，所述線狀

奈米碳管複合結構中，所述基體材料滲入該奈米碳管線狀結構的孔隙中，與所述奈米碳管線狀結構緊密結合，以使所述基體材料完全包覆該奈米碳管線狀結構。

- 【0010】 與先前技術相比較，所述之立體熱源具有以下優點：由於該奈米碳管結構為一自支撐結構，該自支撐之奈米碳管結構與基體直接複合，可使複合後形成之加熱元件中奈米碳管仍相互結合保持一奈米碳管結構之形態，從而使加熱元件中奈米碳管既能均勻分佈形成導電網絡，又不受奈米碳管在加工過程中所使用之溶液之分散濃度之限制，進而使奈米碳管在加熱元件中之質量百分含量可達到99%，使該熱源具有較高之電熱轉換效率，且發熱溫度範圍較寬。

【圖式簡單說明】

- 【0011】 圖1為本發明第一實施例所提供之立體熱源之結構示意圖。
- 【0012】 圖2為圖1沿II-II線之剖面示意圖。
- 【0013】 圖3為本發明第一實施例之立體熱源包括層狀奈米碳管複合結構設置於中空之三維支撐結構表面之示意圖，其中基體材料滲透於奈米碳管結構中。
- 【0014】 圖4為本發明第一實施例之立體熱源包括層狀奈米碳管複合結構設置於中空之三維支撐結構表面之示意圖，其中奈米碳管結構複合於基體材料中。
- 【0015】 圖5為本發明第一實施例之立體熱源包括單個線狀奈米碳管複合結構設置於中空之三維支撐結構表面之示意圖。
- 【0016】 圖6為本發明第一實施例之立體熱源包括複數線狀奈米碳管複合

結構設置於線狀支撐結構表面之示意圖。

- 【0017】 圖7為本發明第一實施例之立體熱源所使用之一種奈米碳管拉膜之掃描電鏡照片。
- 【0018】 圖8為本發明第一實施例之立體熱源所使用之奈米碳管拉膜之結構示意圖。
- 【0019】 圖9為本發明第一實施例之立體熱源所使用之一種奈米碳管絮化膜之掃描電鏡照片。
- 【0020】 圖10為本發明第一實施例之立體熱源所採用之另一種包括沿同一方向擇優取向排列之奈米碳管之奈米碳管碾壓膜之掃描電鏡照片。
- 【0021】 圖11為本發明第一實施例之立體熱源所使用之一種包括沿不同方向擇優取向排列之奈米碳管之奈米碳管碾壓膜之掃描電鏡照片。
- 【0022】 圖12為本發明第一實施例之立體熱源所使用之一種非扭轉奈米碳管線之掃描電鏡照片。
- 【0023】 圖13為本發明第一實施例之立體熱源所使用之一種扭轉之奈米碳管線之掃描電鏡照片。
- 【0024】 圖14為本發明第一實施例之立體熱源所使用之一種奈米碳管拉膜與環氧樹脂複合形成之加熱元件之截面掃描電鏡照片。
- 【0025】 圖15係圖1中之立體熱源之製備方法之流程圖。
- 【0026】 圖16係本發明第二實施例之立體熱源之結構示意圖。
- 【0027】 圖17係沿圖16中XVII-XVII線之剖視圖。

【0028】 圖18係沿圖16中XVIII-XVIII線之剖視圖。

【0029】 圖19係本發明第三實施例之立體熱源之結構示意圖。

【0030】 圖20係沿圖19中XX-XX線之剖視圖。

【實施方式】

【0031】 以下將結合附圖詳細說明本發明之立體熱源及其製備方法。

【0032】 請參閱圖1及圖2，為本發明第一實施例提供一種立體熱源100。該立體熱源100包括一中空之三維支撐結構102，一加熱元件104，一第一電極110及一第二電極112。該加熱元件104設置於該中空之三維支撐結構102之表面。該第一電極110和第二電極112分別與加熱元件104電連接，用於使所述加熱元件104接通電源從而流過電流。

【0033】 所述中空之三維支撐結構102用於支撐加熱元件104，使加熱元件104形成一立體結構，該立體結構定義一空間，使加熱元件104可從複數方向向該空間內加熱，從而提升加熱元件104之加熱效率。中空之三維支撐結構102可由硬性材料或柔性材料製成。當該中空之三維支撐結構102選擇硬性材料時，其可為陶瓷、玻璃、樹脂、石英、塑膠等中之一種或幾種。當中空之三維支撐結構102選擇柔性材料時，其可為樹脂、橡膠、塑膠及柔性纖維等中之一種或幾種。當該中空之三維支撐結構102選擇柔性材料時，其在使用時還可根據需要彎折成任意形狀。在本實施例中，該中空之三維支撐結構102由硬性材料製成。所述中空之三維支撐結構102具有一空心結構，且其可為全封閉結構，也可為半封閉結構，其具體可根據實際需要如被加熱元件之結構進行改變。該中

空之三維支撐結構102之結構可為管狀、球狀、長方體狀等。中空之三維支撐結構102之橫截面之形狀亦不限，可為圓形、弧形、長方形等。在本實施例中，中空之三維支撐結構102為一空心陶瓷管，其橫截面為一圓形。

【0034】 所述加熱元件104可設置於中空之三維支撐結構102之內表面或外表面。本實施例中，加熱元件104設置於中空之三維支撐結構102之外表面。所述加熱元件104包括一奈米碳管複合結構，該奈米碳管複合結構可通過黏結劑（圖未示）設置於中空之三維支撐結構102之外表面。所述之黏結劑可為矽膠。該奈米碳管複合結構也可通過機械連接方式，如螺釘，固定於中空之三維支撐結構102之表面。該奈米碳管複合結構之長度、寬度及厚度不限。可以理解，該三維支撐結構為可選擇結構，當加熱元件104可自支撐合圍形成一立體結構時，可無需三維支撐結構102。

【0035】 所述奈米碳管複合結構包括一奈米碳管結構以及基體材料。該奈米碳管結構為一自支撐結構。所謂“自支撐結構”即該奈米碳管結構無需通過一支撐體支撐，也能保持自身特定之形狀。該自支撐結構之奈米碳管結構包括複數奈米碳管，該複數奈米碳管通過凡德瓦爾力相互吸引，從而使奈米碳管結構具有特定之形狀。所述奈米碳管結構中之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之一種或多種。所述單壁奈米碳管之直徑為0.5奈米~50奈米，所述雙壁奈米碳管之直徑為1.0奈米~50奈米，所述多壁奈米碳管之直徑為1.5奈米~50奈米。本發明中，該奈米碳管結構為層狀或線狀結構。由於該奈米碳管結構具有自支撐性，在不通過支撐體支撐時仍可保持層狀或線狀結構。該奈米碳管

結構中奈米碳管之間具有大量間隙，從而使該奈米碳管結構具有大量孔隙，所述基體材料滲入該孔隙中，與所述奈米碳管結構緊密結合。所述孔隙之直徑小於10微米。所述奈米碳管結構之單位面積熱容小於 2×10^{-4} 焦耳每平方厘米開爾文。優選地，所述奈米碳管結構之單位面積熱容可小於等於 1.7×10^{-6} 焦耳每平方厘米開爾文。具體地，所述奈米碳管結構可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。

【0036】 所述奈米碳管複合結構可包括一層狀奈米碳管複合結構或至少一線狀奈米碳管複合結構設置在中空之三維支撐結構102之表面。

【0037】 所述層狀奈米碳管複合結構為二維結構。該層狀奈米碳管複合結構可包裹或纏繞在中空之三維支撐結構102之外表面，也可通過黏結劑或機械方式黏附或固定於中空之三維支撐結構102之內表面。依據奈米碳管結構與基體材料之複合方式之不同，該層狀奈米碳管複合結構之具體結構包括以下兩種情形：

【0038】 第一種情形，請參閱圖3，所述層狀奈米碳管複合結構包括一層狀之奈米碳管結構2044以及一基體材料2042滲透於該層狀之奈米碳管結構2044中。該層狀之奈米碳管結構2044中具有大量之孔隙，該基體材料2042滲透於該層狀之奈米碳管結構2044之孔隙中。當該層狀之奈米碳管結構2044包括複數奈米碳管膜時，該複數奈米碳管膜可層疊設置。當該層狀奈米碳管結構2044包括單個奈米碳管線狀結構時，該單個奈米碳管線狀結構折疊或盤繞成一層狀自支撐結構。當該層狀之奈米碳管結構2044包括複數奈米碳管線狀結構時，該複數奈米碳管線狀結構可平行緊密設置、交叉設置或編織成一層狀自支撐結構。當該層狀奈米碳管結構2044同時包

括奈米碳管膜和奈米碳管線狀結構時，所述奈米碳管線狀結構設置於至少一奈米碳管膜之至少一表面。

【0039】 第二種情形，請參閱圖4，所述層狀奈米碳管複合結構包括一基體2042以及一奈米碳管結構2044複合於該基體2042中。該基體2042為層狀結構，且該奈米碳管結構2044分佈於該基體2042中，優選地，該奈米碳管結構2044在基體2042中均勻分佈。請一併參閱圖1，當該奈米碳管結構2044為複數平行且間隔設置之奈米碳管線狀結構時，該奈米碳管線狀結構由第一電極110延伸至第二電極112，本實施例中，奈米碳管線狀結構由中空之三維支撐結構102之一端延伸至另一端。

【0040】 所述線狀奈米碳管複合結構包括一奈米碳管線狀結構以及一基體材料滲透於該奈米碳管線狀結構中或包覆於奈米碳管線狀結構之表面。請參閱圖5，當該加熱元件104為單個線狀奈米碳管複合結構時，該單個線狀奈米碳管複合結構可直接纏繞於所述中空之三維支撐結構102之外表面，或者通過黏結劑或機械方式固定於中空之三維支撐結構102之內表面或外表面。請一併參閱圖1，第一電極110和第二電極112可分別與該單個線狀奈米碳管複合結構之兩端電連接。第一電極110和第二電極112為環狀，也可為C形等類似環狀之結構。本實施例中，第一電極110和第二電極112大致平行。請參閱圖6，當該加熱元件104包括複數線狀奈米碳管複合結構時，該複數線狀奈米碳管複合結構可交叉設置或編織成一層狀結構，然後纏繞或包裹於所述中空之三維支撐結構102表面。

【0041】 所述奈米碳管膜可包括奈米碳管拉膜、奈米碳管絮化膜或奈米碳管碾壓膜。所述奈米碳管線狀結構可包括至少一個奈米碳管線、

複數奈米碳管線平行排列組成之束狀結構或複數奈米碳管線相互扭轉組成之絞線結構。

【0042】 所述奈米碳管膜包括均勻分佈之奈米碳管，奈米碳管之間通過凡德瓦爾力緊密結合。該奈米碳管膜中之奈米碳管為無序或有序排列。這裏無序指奈米碳管之排列方向無規律，這裏有序指至少多數奈米碳管之排列方向具有一定規律。具體地，當奈米碳管膜包括無序排列之奈米碳管時，奈米碳管相互纏繞或者各向同性排列；當奈米碳管結構包括有序排列之奈米碳管時，奈米碳管沿一個方向或者複數方向擇優取向排列。本實施例中，優選地，所述奈米碳管結構包括複數層疊設置之奈米碳管膜，且該奈米碳管結構之厚度優選為0.5奈米~1毫米。可以理解，奈米碳管結構之熱回應速度與其厚度有關。在相同面積之情況下，奈米碳管結構之厚度越大，熱回應速度越慢；反之，奈米碳管結構之厚度越小，熱回應速度越快。

【0043】 所述奈米碳管拉膜為從一奈米碳管陣列中拉取所獲得之奈米碳管膜。所述奈米碳管結構可包括一層奈米碳管拉膜或兩層以上奈米碳管拉膜。奈米碳管拉膜包括複數沿同一方向擇優取向且平行於奈米碳管拉膜表面排列之奈米碳管。所述奈米碳管之間通過凡德瓦爾力首尾相連。請參閱圖7及圖8，每一奈米碳管拉膜包括複數連續且定向排列之奈米碳管片段143。該複數奈米碳管片段143通過凡德瓦爾力首尾相連。每一奈米碳管片段143包括複數相互平行之奈米碳管145，該複數相互平行之奈米碳管145通過凡德瓦爾力緊密連接。該奈米碳管片段143具有任意的寬度、厚度、均勻性及形狀。所述奈米碳管拉膜之厚度為0.5奈米~100微米，寬度

與拉取該奈米碳管拉膜之奈米碳管陣列之尺寸有關，長度不限。所述奈米碳管拉膜及其製備方法請參見范守善等人於民國96年2月12日申請，於民國97年8月16日公開之公開號為200833862之專利申請“奈米碳管膜結構及其製備方法”，申請人：鴻富錦精密工業（深圳）有限公司。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之一部分。可以理解的是，當該奈米碳管結構由奈米碳管拉膜組成，且奈米碳管結構之厚度比較小時，例如小於10微米，該奈米碳管結構有很好的透明度，其透光率可達到90%，可用於製造一透明熱源。

【0044】 當所述奈米碳管結構包括兩層以上之奈米碳管拉膜時，該複數層奈米碳管拉膜相互疊加設置或並列設置。相鄰兩層奈米碳管拉膜中之擇優取向排列之奈米碳管之間形成一交叉角度 α ， α 大於等於0度且小於等於90度。所述複數層奈米碳管拉膜之間或一個奈米碳管拉膜之中之相鄰之奈米碳管之間具有一定間隙，從而在奈米碳管結構中形成複數孔隙，孔隙之尺寸約小於10微米以使所述基體滲入這些孔隙中。

【0045】 所述奈米碳管絮化膜為通過一絮化方法形成之奈米碳管膜，該奈米碳管絮化膜包括相互纏繞且均勻分佈之奈米碳管。奈米碳管之長度大於10微米，優選為200微米~900微米。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。所述奈米碳管絮化膜各向同性。所述奈米碳管絮化膜中之奈米碳管為均勻分佈，無規則排列，形成大量之孔隙結構，孔隙尺寸約小於10微米。所述奈米碳管絮化膜之長度和寬度不限。請參閱圖9，由於在奈米碳管絮化膜中，奈米碳管相互纏繞，故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之面積及厚度均不限，厚度為1微米~1毫米，優選為100微米。所述奈米碳管絮化膜及其製備方法請參見范守善等人於民國96年5月11日申請的，於民國97年11月16日公開之公開號為200844041之台灣公開專利申請“奈米碳管薄膜之製備方法”，申請人：鴻富錦精密工業（深圳）有限公司。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之一部分。

【0046】 所述奈米碳管碾壓膜為通過碾壓一奈米碳管陣列形成之奈米碳管膜。該奈米碳管碾壓膜包括均勻分佈之奈米碳管，奈米碳管沿同一方向或不同方向擇優取向排列。奈米碳管也可係各向同性。所述奈米碳管碾壓膜中之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，使奈米碳管碾壓膜為一自支撐之結構。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之奈米碳管與形成奈米碳管陣列之生長基底之表面形成一夾角 β ，其中， β 大於等於0度且小於等於15度，該夾角 β 與施加在奈米碳管陣列上之壓力有關，壓力越大，該夾角越小，優選地，該奈米碳管碾壓膜中之奈米碳管平行於該生長基底排列。依據碾壓之方式不同，該奈米碳管碾壓膜中之奈米碳管具有不同之排列形式。請參閱圖10，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。請參閱圖11，當沿不同方向碾壓時，奈米碳管沿不同方向擇優取向排列。當從奈米碳管陣列之上方垂直碾壓奈米碳管陣列時，奈米碳管

碾壓膜係各向同性的。該奈米碳管碾壓膜中奈米碳管之長度大於50微米。

【0047】 該奈米碳管碾壓膜之面積和厚度不限，可根據實際需要選擇，如被加熱物體所要加熱之時間。該奈米碳管碾壓膜之面積與奈米碳管陣列之尺寸基本相同。該奈米碳管碾壓膜厚度與奈米碳管陣列之高度以及碾壓之壓力有關，可為1微米~1毫米。可以理解，奈米碳管陣列之高度越大而施加之壓力越小，則製備之奈米碳管碾壓膜之厚度越大，反之，奈米碳管陣列之高度越小而施加之壓力越大，則製備之奈米碳管碾壓膜之厚度越小。所述奈米碳管碾壓膜之中之相鄰之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複數孔隙，孔隙之尺寸約小於10微米。所述奈米碳管碾壓膜及其製備方法請參見范守善等人於民國96年6月29日申請，於民國98年1月1日公開號為200900348之台灣公開專利申請“奈米碳管薄膜的製備方法”，申請人：鴻富錦精密工業（深圳）有限公司。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之一部分。

【0048】 當所述奈米碳管結構選用奈米碳管線狀結構，其包括至少一根奈米碳管長線。當奈米碳管線狀結構包括複數根奈米碳管長線時，奈米碳管長線平行設置或相互螺旋纏繞。

【0049】 所述奈米碳管線可為非扭轉之奈米碳管線或扭轉之奈米碳管線。該非扭轉之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12，該非扭轉之奈米碳管線包括複數沿奈米碳管線長度方向排列並首尾相連之奈米碳管。優選地，該非扭轉之奈米碳管線包括複數奈米碳管片段，該複數奈米碳管片段之間通過凡德

瓦爾力首尾相連，每一奈米碳管片段包括複數相互平行並通過凡德瓦爾力緊密結合之奈米碳管。該奈米碳管片段具有任意之長度、厚度、均勻性及形狀。該非扭轉之奈米碳管線長度不限，直徑為0.5奈米~100微米，優選地，該非扭轉之奈米碳管線直徑為10微米~100微米。

【0050】 所述扭轉之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13，該扭轉之奈米碳管線包括複數繞奈米碳管線軸向螺旋排列之奈米碳管。優選地，該扭轉之奈米碳管線包括複數奈米碳管片段，該複數奈米碳管片段之間通過凡德瓦爾力首尾相連，每一奈米碳管片段包括複數相互平行並通過凡德瓦爾力緊密結合之奈米碳管。該奈米碳管片段具有任意之長度、厚度、均勻性及形狀。該扭轉之奈米碳管線長度不限，直徑為0.5奈米~100微米。所述奈米碳管線及其製備方法請參見范守善等人於民國91年11月5日申請的，於民國92年5月16日公告之公告號為I303239之台灣公告專利“一種奈米碳管繩及其製造方法”，申請人：鴻富錦精密工業（深圳）有限公司，以及於民國94年12月16日公開號為200724486之台灣公開專利申請“奈米碳管絲及其製作方法”，申請人：鴻富錦精密工業（深圳）有限公司。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之一部分。

【0051】 進一步地，可採用一揮發性有機溶劑處理該扭轉之奈米碳管線。在揮發性有機溶劑揮發時產生之表面張力之作用下，處理後之扭轉之奈米碳管線中相鄰之奈米碳管通過凡德瓦爾力緊密結合，使扭轉之奈米碳管線之直徑及比表面積進一步減小，從而使其密度

及強度進一步增大。

- 【0052】 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，故該奈米碳管線也為自支撐結構。另外，由於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，孔隙的尺寸約小於10微米。
- 【0053】 本發明實施例之奈米碳管結構包括複數沿相同方向層疊設置之奈米碳管拉膜，從而使奈米碳管結構中奈米碳管均沿同一方向擇優取向排列。
- 【0054】 所述基體之材料可選自高分子材料或非金屬材料等。該基體或形成該基體之前驅體在一定溫度下為液態或氣態，從而使該基體或該基體之前驅體在立體熱源100之加熱元件104之製備過程中能夠滲透到該奈米碳管結構之間隙或孔隙中，並形成一固態基體與奈米碳管結構相結合之複合結構。該基體164的材料應具有一定之耐熱性能，使其在該立體熱源100之工作溫度內不致受熱破壞、變形、熔化、氣化或分解。該高分子材料可包括熱塑性聚合物或熱固性聚合物之一種或複數種，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、矽膠及聚酯等中之一種或複數種。該非金屬材料可包括玻璃、陶瓷及半導體材料中之一種或複數種。
- 【0055】 由於奈米碳管結構中之奈米碳管間具有間隙，從而在奈米碳管結構中形成複數孔隙，且由於基體或基體之前驅體在一定溫度下為液態或氣態，該基體在與奈米碳管結構複合時可滲入該奈米碳管結構孔隙內。圖14為本實施例中奈米碳管結構與環氧樹脂複合後形成之奈米碳管複合結構之橫斷面圖。該奈米碳管結構為一奈米

碳管拉膜。可發現，與環氧樹脂複合之後，奈米碳管結構仍能基本保持複合前之形態，奈米碳管在環氧樹脂基體內基本沿同一方向排列。

【0056】 該基體可只填充於所述奈米碳管結構之孔隙中，也可完全包覆整個奈米碳管結構。當該加熱元件104包括複數奈米碳管結構時，該複數奈米碳管結構可相互間隔或相互接觸之設置於該基體中。當該奈米碳管結構為面狀結構時，該面狀結構可相互間隔或相互接觸之並排設置或層疊設置在基體中；當該奈米碳管結構為線狀結構時，該線狀結構可相互間隔或相互接觸之並排設置在基體中。當奈米碳管結構間隔設置於基體中時，可節省製備該加熱元件104所需之奈米碳管結構之用量。另外，可視實際需要將奈米碳管結構設置在基體之特定位置，從而使該加熱元件104在不同位置具有不同之加熱溫度。

【0057】 所述基體滲透於奈米碳管結構之孔隙中，可起到固定該奈米碳管結構中之奈米碳管之作用，使在使用時奈米碳管結構中之奈米碳管不致因外力摩擦或刮劃而脫落。當所述基體包覆整個奈米碳管結構時，該基體可進一步保護該奈米碳管結構，同時保證該加熱元件104與外部絕緣。另外，該基體可進一步起到導熱及使熱量分佈均勻之目的。進一步地，當該奈米碳管結構急劇升溫時，該基體可起到緩衝熱量之作用，使該加熱元件104之溫度變化較為柔和。當該基體材料為柔性材料時，可增強奈米碳管複合結構之柔性與韌性。

【0058】 通過將基體與自支撐之奈米碳管結構直接複合形成加熱元件104，可使奈米碳管在加熱元件104中均勻分佈，且奈米碳管之含量

達到99%，提高了立體熱源100之發熱溫度。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，將該自支撐之奈米碳管結構與基體直接複合，可使複合後形成之加熱元件104中奈米碳管仍相互結合保持一奈米碳管結構之形態，從而使加熱元件104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之限制，使奈米碳管在奈米碳管複合結構中之質量百分含量可達到99%。

【0059】 所述第一電極110和第二電極112由導電材料製成，該第一電極110和第二電極112之形狀不限，可為導電膜、金屬片或者金屬引線。優選地，第一電極110和第二電極112均為一層導電膜。當用於微型立體熱源100時，該導電膜之厚度為0.5奈米~100微米。該導電膜之材料可為金屬、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、鈳、鈹、鉍或其任意組合之合金。本實施例中，所述第一電極110和第二電極112之材料為金屬鈹膜，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110及第二電極112與所述加熱元件104之間形成良好之電接觸，減少歐姆接觸電阻。

【0060】 所述之第一電極110和第二電極112與加熱元件104中之奈米碳管結構電連接。其中，第一電極110和第二電極112間隔設置，以使加熱元件104應用於立體熱源100時接入一定之阻值避免短路現象產生。

【0061】 當基體只填充於該奈米碳管結構之孔隙中時，由於該奈米碳管結構中部分奈米碳管部分暴露於加熱元件104表面，該第一電極110

和第二電極112可設置在加熱元件104之表面上，從而使該第一電極110和第二電極112與奈米碳管結構電連接。該第一電極110和第二電極112可設置在加熱元件104之同一表面上也可設置在加熱元件104之不同表面上。另外，當該加熱元件104中基體包覆整個奈米碳管結構時，為使該第一電極110和第二電極112與該奈米碳管結構電連接，該第一電極110和第二電極112可設置於加熱元件104之基體中，並直接與奈米碳管結構接觸。此時，為使該第一電極110和第二電極112與外部電源導通，該第一電極110和第二電極112可部分暴露於加熱元件104之外；或者，該立體熱源100可進一步包括兩條引線，分別與該第一電極110和第二電極112電連接，並從該基體內部引出。

【0062】 當該奈米碳管結構中奈米碳管有序排列時，該奈米碳管之排列方向可沿從第一電極110至第二電極112方向延伸。所述之第一電極110和第二電極112可通過一導電黏結劑(圖未示)設置於該加熱元件104或奈米碳管結構表面，導電黏結劑在實現第一電極110和第二電極112與奈米碳管結構電接觸之同時，還可將所述第一電極110和第二電極112更好地固定於奈米碳管結構之表面上。該導電黏結劑可為銀膠。

【0063】 可以理解，第一電極110和第二電極112之結構和材料均不限，其設置目的係為了使所述加熱元件104中奈米碳管結構流過電流。故，所述第一電極110和第二電極112只需要導電，並與所述加熱元件104中奈米碳管結構之間形成電接觸都在本發明之保護範圍內。所述第一電極110和第二電極112之具體位置不限，只需確保第一電極110與第二電極112分別與加熱元件104電連接。由於加

熱元件104為一奈米碳管複合結構，該奈米碳管複合材料包括一基體和分佈於該基體中之奈米碳管結構，真正起到加熱作用之元件為奈米碳管結構，故，第一電極110和第二電極112應與奈米碳管結構電連接。所述立體熱源100也可包括複數電極與所述加熱元件104電連接，其數量不限，通過控制不同之電極實現加熱元件104有選擇地加熱各個區域。該複數電極中任意兩個電極可分別與外部電路電連接，使電連接於該兩個電極之間之加熱元件104工作。優選地，該複數電極中之任意兩個相鄰之電極通過外接導線（圖未示）分別與外部電源電連接，即交替間隔設置之電極同時接正極或負極。

【0064】 所述立體熱源100進一步包括一熱反射層108，熱反射層108用於反射加熱元件104所發出之熱量，使其有效地對中空之三維支撐結構102內部空間加熱。故，熱反射層108位於加熱元件104週邊，當加熱元件104設置於中空之三維支撐結構102之內表面時，熱反射層108設置於中空之三維支撐結構102與加熱元件104之間或設置於中空之三維支撐結構102之外表面；當加熱元件104設置於中空之三維支撐結構102之外表面時，熱反射層108設置於加熱元件之外表面，即加熱元件104設置於中空之三維支撐結構102與熱反射層108之間。本實施例中，由於加熱元件104設置於中空之三維支撐結構102之外表面，所以熱反射層108設置於加熱元件104之外表面。熱反射層108之材料為一白色絕緣材料，如：金屬氧化物、金屬鹽或陶瓷等。熱反射層108通過濺射或塗敷之方法設置於中空之三維支撐結構102之外表面。本實施例中，熱反射層108的材料優選為三氧化二鋁，其厚度為100微米~0.5毫米。可以理解，該熱反射層108為一可選擇結構，當立體熱源100未包括熱

反射層時，該立體熱源100也可用於對外加熱。

【0065】 所述立體熱源100進一步包括一絕緣保護層（圖未示）。所述絕緣保護層用來防止該立體熱源100在使用時與外界形成電接觸，同時還可防止加熱元件104中之奈米碳管結構吸附外界雜質。絕緣保護層設置於加熱元件與可與外界接觸之表面上。可以理解，所述絕緣保護層106為一可選擇結構。當加熱元件104不與外界接觸或者當基體完全覆蓋奈米碳管結構時，可無需絕緣保護層。所述絕緣保護層之材料為一絕緣材料，如：橡膠、樹脂等。所述絕緣保護層厚度不限，可根據實際情況選擇。優選地，該絕緣保護層之厚度為0.5~2毫米。該絕緣保護層可通過塗敷或濺射之方法形成於加熱元件104之表面。本實施例中，由於加熱元件104設置於中空之三維支撐結構102與熱反射層108之間，所以無需絕緣保護層。

【0066】 本實施例提供一種使用上述立體熱源100加熱物體之方法，其包括以下步驟：提供一待加熱之物體；將待加熱之物體設置於該立體熱源100之內部空間中；將立體熱源100通過第一電極110與第二電極112連接導線接入1伏~20伏之電源電壓，使立體熱源100加熱功率為1瓦~40瓦，該立體熱源可輻射出波長較長之電磁波。通過溫度測量儀測量發現該立體熱源100之加熱元件104表面之溫度為50℃~500℃，加熱待加熱物體。可見，該奈米碳管複合結構具有較高之電熱轉換效率。由於加熱元件104表面之熱量以熱輻射之形式傳遞給待加熱物體，加熱效果不會因為待加熱物體中各個部分與立體熱源100之距離不同而產生較大之不同，可實現對待加熱物體之均勻加熱。對於具有黑體結構之物體來說，其所對應

之溫度為 200°C ~ 450°C 時就能發出人眼看不見之熱輻射（紅外線），此時之熱輻射最穩定、效率最高，所產生之熱輻射熱量最大。

【0067】 該立體熱源100在使用時，可將其與待加熱之物體表面直接接觸或將其與被加熱之物體間隔設置，利用其熱輻射即可進行加熱。該立體熱源100可廣泛應用於如工廠管道、實驗室加熱爐或廚具電烤箱等。

【0068】 請參閱圖15，本發明實施例進一步提供一種上述立體熱源100之製備方法，其包括以下步驟：

【0069】 步驟一，提供一奈米碳管結構，該奈米碳管結構包括複數孔隙。

【0070】 由於奈米碳管結構可包括奈米碳管拉膜，奈米碳管碾壓膜，奈米碳管絮化膜或奈米碳管線狀結構中之一種或幾種，故奈米碳管結構之製備方法分別對應上述四種結構分為四種方法。

【0071】 （一）奈米碳管拉膜之製備方法包括以下步驟：

【0072】 首先，提供一奈米碳管陣列形成於一生長基底，該陣列為超順排奈米碳管陣列。

【0073】 該奈米碳管陣列之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之矽生長基底，本發明實施例優選為採用4英寸之矽生長基底；（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）或其任意組合之合金之一；（c）將上述形成有催化劑層之生長基底在 700°C ~ 900°C 之空氣中退火約30分鐘~90分鐘；（d）將

處理過之生長基底置於反應爐中，在保護氣體環境下加熱到500℃~740℃，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。該奈米碳管陣列為複數彼此平行且垂直於生長基底生長之奈米碳管形成之純奈米碳管陣列。通過上述控制生長條件，該定向排列之奈米碳管陣列中基本不含有雜質，如無定型碳或殘留之催化劑金屬顆粒等。

- 【0074】 本發明實施例提供之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之一種。所述奈米碳管之直徑為1~50奈米，長度為50奈米~5毫米。本實施例中，奈米碳管之長度優選為100~900微米。
- 【0075】 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之碳氫化合物，本發明實施例優選之碳源氣為乙炔；保護氣體為氮氣或惰性氣體，本發明實施例優選之保護氣體為氬氣。
- 【0076】 可以理解，本發明實施例提供之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。
- 【0077】 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之複數奈米碳管，本實施例優選為採用具有一定寬度之膠帶、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之複數奈米碳管；（b）以一定速度拉伸該選定之奈米碳管，從而形成首尾相連之複數奈米碳管片段，進而形成一連續之奈米碳管拉膜。該拉取方向沿基本垂直於奈米碳管陣列之生長方向。

- 【0078】 在上述拉伸過程中，該複數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之同時，由於凡德瓦爾力作用，該選定之複數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之奈米碳管拉膜。
- 【0079】 該奈米碳管拉膜之寬度與奈米碳管陣列之尺寸有關，該奈米碳管拉膜之長度不限，可根據實際需求製得。當該奈米碳管陣列之面積為4英寸時，該奈米碳管拉膜之寬度為0.5奈米~10厘米，該奈米碳管拉膜之厚度為0.5奈米~100微米。
- 【0080】 (二) 奈米碳管絮化膜之製備方法包括以下步驟：
- 【0081】 首先，提供一奈米碳管原料。
- 【0082】 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之奈米碳管。
- 【0083】 本實施例中，採用刀片或其他工具將上述定向排列之奈米碳管陣列從基底刮落，獲得一奈米碳管原料。優選地，所述之奈米碳管原料中，奈米碳管之長度大於100微米。
- 【0084】 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絮化膜。
- 【0085】 本發明實施例中，溶劑可選用水、易揮發之有機溶劑等。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之比表面積，相互纏繞之奈米碳管之間具有較大之凡德瓦爾力。上述絮化處理並不會將該奈米碳管原料中之奈米碳管完全分

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。

【0086】 本發明實施例中，所述之分離奈米碳管絮狀結構之方法具體包括以下步驟：將上述含有奈米碳管絮狀結構之溶劑倒入一放有濾紙之漏斗中；靜置乾燥一段時間從而獲得一分離之奈米碳管絮狀結構。

【0087】 本發明實施例中，所述之奈米碳管絮狀結構之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之奈米碳管絮狀結構；以及，將該奈米碳管絮狀結構中殘留之溶劑烘乾或等溶劑自然揮發後獲得一奈米碳管絮化膜。

【0088】 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之厚度和面密度。奈米碳管絮狀結構攤開之面積越大，則該奈米碳管絮化膜之厚度和麵面密度就越小。

【0089】 另外，上述分離與定型處理奈米碳管絮狀結構之步驟也可直接通過抽濾之方式實現，具體包括以下步驟：提供一孔隙濾膜及一抽氣漏斗；將上述含有奈米碳管絮狀結構之溶劑經過該孔隙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。該孔隙濾膜為一表面光滑、尺寸為0.22微米之濾膜。由於抽濾方式本身將提供一較大之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之奈米碳管絮化膜。且，由於孔隙濾膜表面光滑，該奈米碳管絮化膜容易剝離，得到一自支撐之奈米碳管絮化膜。

- 【0090】 可以理解，該奈米碳管絮化膜具有一定之厚度，且通過控制該奈米碳管絮狀結構攤開之面積以及壓力大小可控制奈米碳管絮化膜之厚度。該奈米碳管絮化膜可作為一奈米碳管結構使用，也可將至少兩層奈米碳管絮化膜層疊設置或並排設置形成一奈米碳管結構。
- 【0091】 (三) 奈米碳管碾壓膜之製備方法包括以下步驟：
- 【0092】 首先，提供一奈米碳管陣列形成於一生長基底，該陣列為定向排列之奈米碳管陣列。
- 【0093】 所述奈米碳管陣列優選為一超順排奈米碳管陣列。所述奈米碳管陣列與上述奈米碳管陣列之製備方法相同。
- 【0094】 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：
- 【0095】 該施壓裝置施加一定壓力於上述奈米碳管陣列上。在施壓之過程中，奈米碳管陣列在壓力之作用下會與生長基底分離，從而形成由複數奈米碳管組成之具有自支撐結構之奈米碳管碾壓膜，且所述之複數奈米碳管基本上與奈米碳管碾壓膜之表面平行。
- 【0096】 本發明實施例中，施壓裝置為一壓頭，壓頭表面光滑，壓頭之形狀及擠壓方向決定製備之奈米碳管碾壓膜中奈米碳管之排列方式。優選地，當採用平面壓頭沿垂直於上述奈米碳管陣列生長基底之方向擠壓時，可獲得奈米碳管為各向同性排列之奈米碳管碾壓膜；當採用滾軸狀壓頭沿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之奈米碳管碾壓膜；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之奈米碳

管碾壓膜。

【0097】 可以理解，當採用上述不同方式擠壓上述之奈米碳管陣列時，奈米碳管會在壓力之作用下傾倒，並與相鄰之奈米碳管通過凡德瓦爾力相互吸引、連接形成由複數奈米碳管組成之具有自支撐結構之奈米碳管碾壓膜。

【0098】 本技術領域技術人員應明白，上述奈米碳管陣列之傾倒程度（即擠壓後奈米碳管陣列之排列方向與未被擠壓時奈米碳管陣列之排列方向所成之角度）與壓力之大小有關，壓力越大，傾角越大。製備之奈米碳管碾壓膜之厚度取決於奈米碳管陣列之高度以及壓力大小。奈米碳管陣列之高度越大而施加之壓力越小，則製備之奈米碳管碾壓膜之厚度越大；反之，奈米碳管陣列之高度越小而施加之壓力越大，則製備之奈米碳管碾壓膜之厚度越小。該奈米碳管碾壓膜之寬度與奈米碳管陣列所生長之基底之尺寸有關，該奈米碳管碾壓膜之長度不限，可根據實際需求製得。

【0099】 可以理解，該奈米碳管碾壓膜具有一定之厚度，且通過奈米碳管陣列之高度以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使用。另外，可將至少兩層奈米碳管碾壓膜層疊設置或並排設置形成一奈米碳管結構。

【0100】 （四）奈米碳管線狀結構之製備方法包括以下步驟：

【0101】 首先，提供至少一奈米碳管拉膜。

【0102】 該奈米碳管拉膜之形成方法與（一）中奈米碳管拉膜之形成方法相同。

【0103】 其次，處理該奈米碳管拉膜，形成至少一奈米碳管線。

- 【0104】 該處理奈米碳管拉膜之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，從而得到一扭轉奈米碳管線。
- 【0105】 該採用有機溶劑處理奈米碳管拉膜形成非扭轉奈米碳管線之方法與（一）中採用有機溶劑降低奈米碳管拉膜黏性之方法相似，其區別在於，當需要形成非扭轉奈米碳管線時，奈米碳管拉膜之兩端不固定，即不將奈米碳管拉膜設置在基底表面或框架結構上。
- 【0106】 採用機械外力扭轉該奈米碳管拉膜之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形成扭轉之奈米碳管線。進一步地，可採用一揮發性有機溶劑處理該扭轉之奈米碳管線。在揮發性有機溶劑揮發時產生之表面張力之作用下，處理後之扭轉奈米碳管線中相鄰之奈米碳管通過凡德瓦爾力緊密結合，使扭轉之奈米碳管線之比表面積減小，黏性降低，與未經有機溶劑處理之扭轉奈米碳管線相比密度及強度均增大。
- 【0107】 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。
- 【0108】 上述扭轉奈米碳管線或非扭轉奈米碳管線為一自支撐結構，可直接作為一奈米碳管結構使用。另外，可將複數奈米碳管線平行排列成一束狀奈米碳管線狀結構，或者將該平行排列之複數奈米碳管線經一扭轉步驟得到一絞線狀奈米碳管線狀結構。進一步地，可將該複數奈米碳管線或奈米碳管線狀結構相互平行、交叉或編織，得到一面狀奈米碳管結構。
- 【0109】 採用上述奈米碳管拉膜、奈米碳管絮化膜、奈米碳管碾壓膜和奈

米碳管線狀結構中之一種或幾種製備奈米碳管結構。

- 【0110】 步驟二，提供一中空的三維支撐結構102，將該奈米碳管結構設置於該中空之三維支撐結構102之表面。
- 【0111】 所述中空之三維支撐結構102用於支撐奈米碳管結構，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：塑膠或柔性纖維等。本實施例優選地，中空之三維支撐結構102為一陶瓷管。
- 【0112】 將上述奈米碳管結構設置於所述中空之三維支撐結構102表面之方法為：可將一奈米碳管結構直接纏繞或包裹於所述中空之三維支撐結構102外表面。或者，也可通過黏結劑或機械固定方式將一奈米碳管結構固定於所述中空之三維支撐結構102內表面或外表面。
- 【0113】 本實施例中，奈米碳管結構採用重疊且交叉設置之100層奈米碳管拉膜，相鄰兩層奈米碳管拉膜之間交叉之角度為90度。該100層奈米碳管拉膜之厚度為300微米。利用奈米碳管結構本身之黏性，將該奈米碳管結構包裹於所述中空之三維支撐結構102之表面。
- 【0114】 步驟三，間隔形成一第一電極110及一第二電極112，並將第一電極110及一第二電極112分別與該奈米碳管結構形成電連接。
- 【0115】 所述之兩第一電極110和第二電極112之設置方式與奈米碳管結構有關，需保證奈米碳管結構中之部分奈米碳管沿著第一電極110向第二電極112之方向延伸。
- 【0116】 所述之第一電極110和第二電極112可設置在奈米碳管結構之同一

表面上或不同表面上，且第一電極110和第二電極112環繞設置於奈米碳管結構之表面。其中，第一電極110和第二電極112之間相隔設置，以使奈米碳管結構應用於立體熱源100時接入一定阻值從而避免短路現象產生。奈米碳管結構本身有很好之黏附性與導電性，故第一電極110和第二電極112可與奈米碳管結構之間形成很好的電接觸。

【0117】 所述第一電極110和第二電極112為導電薄膜、金屬片或者金屬引線。該導電薄膜之材料可為金屬、合金、銦錫氧化物（ITO）、銻錫氧化物（ATO）、導電銀膠、導電聚合物等。該導電薄膜可通過物理氣相沈積法，化學氣相沈積法或其他方法形成於奈米碳管結構表面。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表面。本實施例中，通過濺射法分別於該奈米碳管結構表面沈積兩個鈹膜作為第一電極110和第二電極112，然後將該兩個鈹膜分別與一導電引線電連接。

【0118】 所述第一電極110和第二電極112還可為一金屬性奈米碳管結構。該奈米碳管結構包括定向排列且均勻分佈之金屬性奈米碳管。具體地，該奈米碳管結構包括至少一奈米碳管拉膜或至少一奈米碳管線。優選地，將兩個奈米碳管拉膜分別設置於沿中空之三維支撐結構102長度方向之兩端作為第一電極110和第二電極112。

【0119】 可以理解，本實施例中，還可先在奈米碳管結構之表面形成兩個平行且間隔設置之第一電極110和第二電極112，且該第一電極110和第二電極112與奈米碳管結構電連接。然後，將該形成有第一電極110和第二電極112之奈米碳管結構設置於上述中空之三維

支撐結構102之表面。在形成第一電極110和第二電極112之後，可進一步形成兩條導電引線，分別從第一電極110和第二電極112引出至外部電路。

【0120】 步驟四，提供一基體材料預製體，並將基體材料預製體與奈米碳管結構複合，形成一奈米碳管複合結構。

【0121】 所述基體材料預製體可為基體材料所形成之溶液或製備該基體材料之前驅反應物。該基體材料預製體在一定溫度下應為液態或氣態。

【0122】 所述基體材料包括高分子材料或非金屬材料等。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中之一種或複數種，故該基體材料預製體可為生成該熱塑性聚合物或熱固性聚合物之聚合物單體溶液，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之混合液。該非金屬材料可包括玻璃、陶瓷及半導體材料中之一種或複數種，故該基體材料預製體可為非金屬材料顆粒製成之漿料、製備該非金屬材料之反應氣體或呈氣態之該非金屬材料。具體地，可採用真空蒸鍍、濺鍍、化學氣相沈積（CVD）以及物理氣相沈積（PVD）之方法形成氣態之基體材料預製體，並使該基體材料預製體沈積在奈米碳管結構之奈米碳管表面。另外，可將大量非金屬材料顆粒在溶劑中分散，形成一漿料作為該基體材料預製體。

【0123】 當該基體材料預製體為液態時，可通過將該液態基體材料預製體浸潤該奈米碳管結構以及固化該基體材料預製體，從而使該基體材料滲透至該奈米碳管結構的孔隙中，形成一奈米碳管複合結構；當該基體材料預製體為氣態時，可將該基體材料預製體沈積於

奈米碳管結構中之奈米碳管表面，從而使該基體材料充滿該奈米碳管結構之孔隙中，形成一奈米碳管複合結構。當該基體材料預製體為漿料時，可通過塗覆、噴塗等方法與該奈米碳管結構形成複合結構。

【0124】 本實施例採用注膠法將高分子材料與奈米碳管結構複合，形成一奈米碳管複合結構，該方法具體包括以下步驟：

【0125】 (一) 提供一液態熱固性高分子材料。

【0126】 所述液態熱固性高分子材料之黏度低於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：

【0127】 首先，將縮水甘油醚型環氧和縮水甘油酯型環氧之混合物置於一容器中，加熱至30°C~60°C，並對容器所述縮水甘油醚型環氧和縮水甘油酯型環氧之混合物攪拌10分鐘，直至所述縮水甘油醚型環氧和縮水甘油酯型環氧之混合物混合均勻為止。

【0128】 其次，將脂肪胺和二縮水甘油醚加入到所述攪拌均勻之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。

【0129】 最後，將所述縮水甘油醚型環氧和縮水甘油酯型環氧之混合物加熱至30°C~60°C，從而得到一含環氧樹脂之液態熱固性高分子材料。

【0130】 (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。

【0131】 採用所述液態熱固性高分子材料浸潤所述奈米碳管結構之方法包括以下步驟：

- 【0132】 首先，將設置有奈米碳管結構之中空之三維支撐結構102置於一模具中；
- 【0133】 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。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，浸潤所述奈米碳管結構之時間不能少於10分鐘。
- 【0134】 本實施例中將100層奈米碳管拉膜層疊包裹於陶瓷杆之表面後置於模具中。然後將環氧樹脂的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20分鐘。
- 【0135】 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之方法不限注射之方法，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中，浸潤所述奈米碳管結構，或者將所述奈米碳管結構浸泡在所述液態熱固性高分子材料中。
- 【0136】 (三) 固化液態熱固性高分子材料，得到一奈米碳管高分子材料複合結構。
- 【0137】 本實施例中，含環氧樹脂之熱固性高分子材料之固化方法具體包括以下步驟：
- 【0138】 首先，通過一加熱裝置將該模具加熱至 $50^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，在該溫度下含環氧樹脂之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。
- 【0139】 其次，繼續加熱該模具至 $80^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，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。
- 【0140】 再次，繼續加熱該模具至 $110^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，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。

【0141】 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高分子材料複合結構。

【0142】 上述製備奈米碳管複合結構之具體步驟可參見范守善等人於民國96年12月26日申請之申請號為96150104之台灣專利申請“奈米碳管複合材料之製備方法”。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之一部分。

【0143】 可以理解，上述含環氧樹脂之熱固性高分子材料之固化方法也可採用一次升溫之方法，直接將溫度升至150°C，使熱固性高分子材料吸熱固化。

【0144】 可以理解，上述步驟三中形成第一電極110和第二電極112的步驟可在步驟四形成該奈米碳管複合結構之後進行。當該基體材料僅填充於該奈米碳管結構之孔隙中，從而使奈米碳管部分暴露於奈米碳管複合結構表面時，可採用與步驟三相同之方法將第一電極110和第二電極112直接形成於該奈米碳管複合結構表面與奈米碳管結構形成電連接。當該基體材料全部包覆該奈米碳管結構時，可採用一切割之步驟切割該奈米碳管複合結構，從而使該奈米碳管結構暴露於奈米碳管複合結構表面，進而採用與步驟三相同之方法將該第一電極110和第二電極112與暴露出來之奈米碳管結構電連接。

【0145】 進一步，當立體熱源100包括一熱反射層108設置於加熱層104之週邊時，在形成奈米碳管複合結構之後，還可進一步包括一形成

一熱反射層108於奈米碳管複合結構之外表面之步驟。形成熱反射層108可通過塗覆或鍍膜之方法實現。當該熱反射層108之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之顆粒分散於溶劑中，形成一漿料，並將該漿料塗敷或絲網印刷於中空之三維支撐結構表面，形成該熱反射層。該溶劑不應與金屬鹽或金屬氧化物發生化學反應。另外，該熱反射層108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。

- 【0146】 所述熱反射層108之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210材料優選為三氧化二鋁，其厚度為100微米。可以理解，熱反射層108之位置不限，可根據立體熱源之實際加熱方向而定。
- 【0147】 可選擇地，當本發明第一實施例中之加熱元件104為一柔性奈米碳管複合結構時，該線熱源100可通過以下方法製備，具體包括以下步驟：
- 【0148】 首先，提供一奈米碳管結構。
- 【0149】 其次，提供一柔性基體材料預製體，並將柔性基體材料預製體與奈米碳管結構複合，形成一柔性奈米碳管複合結構。
- 【0150】 再次，提供一中空之三維支撐結構102，並將該柔性奈米碳管複合結構設置於中空之三維支撐結構102之表面。
- 【0151】 最後，間隔形成第一電極111和第二電極112，並將該第一電極111和第二電極112分別與該柔性奈米碳管複合結構中之奈米碳管

結構形成電連接。當奈米碳管結構完全被基體材料包覆時，可進一步通過切割等方式使該奈米碳管結構部分暴露於柔性奈米碳管複合結構表面，從而確保第一電極111和第二電極112與奈米碳管結構電連接。

【0152】 可以理解，也可預先形成第一電極111和第二電極112與奈米碳管結構電連接，再將奈米碳管結構與柔性基體材料預製體複合形成奈米碳管複合結構。

【0153】 請參見圖16、17和18，本發明第二實施例提供一種立體熱源200。該立體熱源200包括一加熱元件204、一熱反射層208、第一電極210及第二電極212。該加熱元件204構成一中空之三維結構。該第一電極210及第二電極212分別與加熱元件204電連接，用於使所述加熱元件204接通電源從而流過電流。所述加熱元件204折疊形成一立方體形狀之中空三維結構。所述第一電極210及第二電極212間隔設置，分別設置於加熱元件204所形成之立方體形狀之中空三維結構之相對之側邊上，並可起到支撐加熱元件204之作用。所述第一電極210及第二電極212為線狀，且大致相互平行。所述之熱反射層208設置於加熱元件204之外表面。該立體熱源200可進一步包括複數電極，該複數電極間隔平行設置，加熱元件204設置於該複數電極之週邊，以該複數電極為支撐體，形成一中空之立體結構。可以理解，該複數電極可看作一中空之三維支撐結構。本實施例中之立體熱源200與第一實施例基本相同，其不同之處在於本實施例中之立體熱源200採用電極作為中空之三維支撐結構用於支撐加熱元件204。

【0154】 請參見圖19和20，本發明第三實施例提供一種立體熱源300。該

立體熱源300包括一中空之三維支撐結構302，一加熱元件304，一第一電極310及一第二電極312。該加熱元件304設置於該中空之三維支撐結構302之外表面。該第一電極310和第二電極312並分別與加熱元件304電連接，設間隔置於加熱元件304之外表面上，用於使所述加熱元件304接通電源從而流過電流。該三維支撐結構302為一半球狀中空三維結構，加熱元件304包覆於該三維支撐結構302之外表面，形成一半球狀，或半橢球狀結構。第一電極310為點狀，位於加熱元件302之底部，第二電極312為環狀，環繞於半球狀結構之加熱元件302之頂部。該立體熱源300進一步包括一熱反射層308，該熱反射層設置於加熱元件304之週邊。本實施例中，該熱反射層308覆蓋第一電極310與第二電極312設置於加熱元件304之外表面。本實施例中之立體熱源300與第一實施例基本相同，其不同點在於本實施例中之立體熱源300為一半球狀或半橢球狀之中空三維結構。當然立體熱源300為也可為其他類似的近一端開口之形狀。

【0155】 所述之立體熱源具有以下優點：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，將該自支撐之奈米碳管結構與基體直接複合，可使複合後形成之加熱元件中奈米碳管仍相互結合保持一奈米碳管結構之形態，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之限制，使奈米碳管在加熱元件中之質量百分含量可達到99%，使該立體熱源具有較高之電熱轉換效率。第二，由於奈米碳管具有較好之強度及韌性，奈米碳管結構之強度較大，柔性較好，不易破裂，使立體熱源具有較長之使用壽命。第三，該基體材料之種類不限於聚合物，溫度範圍寬，使該熱源之應

用範圍更加廣泛。第四，該奈米碳管結構之單位面積熱容較小，小於 2×10^{-4} 焦耳每平方厘米開爾文，奈米碳管結構可較快之升溫並將熱量傳遞出去，故，該立體熱源具有升溫迅速、熱滯後小、熱交換速度快、輻射效率高之特點。

【0156】 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】

【0157】 立體熱源：100, 200, 300

【0158】 中空之三維支撐結構：102, 302

【0159】 加熱層：104, 204, 304

【0160】 熱反射層：108, 208, 308

【0161】 第一電極：110, 210, 310

【0162】 第二電極：112, 212, 312

【0163】 基體材料：2042

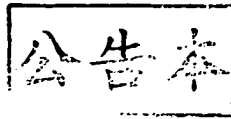
【0164】 奈米碳管結構：2044

【0165】 奈米碳管片段：143

【0166】 奈米碳管：145

【主張利用生物材料】

【0167】 無



申請日: 98.4.30

IPC分類: H05B 3/14 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)**【發明摘要】****【中文發明名稱】** 立體熱源**【英文發明名稱】** THREE-DIMENSIONAL HEAT SOURCE**【中文】**

本發明旨在提供一壽命長且電熱轉換效率高之立體熱源。該立體熱源包括一加熱元件及至少兩個電極。該加熱元件包括基體及複數奈米碳管分佈於該基體中。該至少兩個電極間隔設置且分別與該加熱元件電連接。所述加熱元件構成一個中空之三維結構，該加熱元件中之複數奈米碳管組成至少一自支撐之奈米碳管結構。

【英文】

The present invention relates to a three-dimensional heat source having long life and high heating efficiency. The three-dimensional heat source includes a heating element and at least two electrodes. The heating element includes a matrix and a plurality of carbon nanotubes distributing in the matrix. The at least electrodes are electrically connected with the heating element. The heating element forms a three dimensional structure defining a hollow space. The carbon nanotubes in the heating element forms a free standing carbon nanotube structure.

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種立體熱源裝置，其改進在於，其包括：

一個加熱元件，該加熱元件為一奈米碳管複合結構，其包括一基體及一奈米碳管結構；以及

至少兩個電極間隔設置並與所述加熱元件電連接，

所述之加熱元件構成一個中空之三維結構，所述之加熱元件中之奈米碳管結構包括至少一個自支撐的奈米碳管線狀結構，所述奈米碳管結構具有複數孔隙，所述奈米碳管複合結構中，所述基體材料滲入該奈米碳管結構的孔隙中，與所述奈米碳管結構緊密結合，以使所述基體完全包覆該奈米碳管結構並且所述基體至少部分嵌入於該奈米碳管結構的複數孔隙中。

【第2項】 如請求項第1項所述之立體熱源裝置，其中，所述奈米碳管結構包括一個奈米碳管線狀結構，該奈米碳管線狀結構折疊或盤繞分佈於所述基體中。

【第3項】 如請求項第1項所述之立體熱源裝置，其中，所述奈米碳管結構包括複數奈米碳管線狀結構，該複數奈米碳管線狀結構相互平行設置、並排設置、交叉設置或編織成網狀結構分佈於基體中。

【第4項】 如請求項第1項所述之立體熱源裝置，其中，所述奈米碳管線狀結構包括至少一非扭轉之奈米碳管線、至少一扭轉之奈米碳管線或其組合。

【第5項】 如請求項第4項所述之立體熱源裝置，其中，所述奈米碳管線包括複數首尾相連之奈米碳管，該複數奈米碳管沿奈米碳管線之長度方向平行排列或螺旋排列。

【第6項】 如請求項第4項所述之立體熱源裝置，其中，所述奈米碳管線之直徑為

0.5奈米~100微米。

- 【第7項】 如請求項第1項所述之立體熱源裝置，其中，所述基體之材料為高分子材料或無機非金屬材料。
- 【第8項】 如請求項第1項所述之立體熱源裝置，其中，所述之立體熱源裝置進一步包括一中空之三維支撐結構，所述加熱元件設置於該中空之三維支撐結構之表面。
- 【第9項】 如請求項第8項所述之立體熱源裝置，其中，所述加熱元件通過黏結劑或機械固定方式設置於三維支撐結構之表面。
- 【第10項】 如請求項第1項所述之立體熱源裝置，其中，所述之立體熱源進一步包括一熱反射層，所述熱反射層設置於加熱元件之週邊。
- 【第11項】 如請求項第1項所述之立體熱源裝置，其中，所述之立體熱源包括複數電極，該複數電極間隔設置且分別與加熱元件電連接。
- 【第12項】 如請求項第11項所述之立體熱源裝置，其中，所述之複數電極中交替間隔設置之電極之間相互電連接。
- 【第13項】 一種立體熱源裝置包括：
一加熱元件；以及
至少兩個電極，該至少兩個電極間隔設置且與該加熱元件電連接；
其改進在於，所述之加熱元件包括至少一線狀奈米碳管複合結構，該至少一線狀奈米碳管複合結構合圍形成一立體結構，所述線狀奈米碳管複合結構包括至少一自支撐的奈米碳管線狀結構以及與該奈米碳管線狀結構複合之基體材料，所述奈米碳管線狀結構具有複數孔隙，所述線狀奈米碳管複合結構中，所述基體材料滲入該奈米碳管線狀結構的孔隙中，與所述奈米碳管線狀結構緊密結合，以使所述基體材料完全包覆該奈米碳管線狀結構。

- 【第14項】 如請求項第13項所述之立體熱源裝置，其中，所述孔隙尺寸小於10微米。
- 【第15項】 如請求項第13項所述之立體熱源裝置，其中，所述加熱元件包括複數線狀奈米碳管複合結構相互平行設置，並排設置、交叉設置或編織成一層狀奈米碳管結構。
- 【第16項】 如請求項第15項所述之立體熱源裝置，其中，所述層狀奈米碳管結構之單位面積熱容小於 2×10^{-4} 焦耳每平方釐米開爾文。
- 【第17項】 如請求項第16項所述之立體熱源裝置，其中，所述層狀奈米碳管結構之單位面積熱容小於等於 1.7×10^{-6} 焦耳每平方釐米開爾文。
- 【第18項】 如請求項第13項所述之立體熱源裝置，其中，所述至少一線狀奈米碳管複合結構以該至少兩個電極為支撐形成一立體結構。
- 【第19項】 如請求項第13項所述之立體熱源裝置，其中，所述之立體熱源進一步包括一中空之三維支撐結構，所述加熱元件設置於該中空之三維支撐結構之表面。
- 【第20項】 如請求項第19項所述之立體熱源裝置，其中，所述加熱元件通過黏結劑或機械固定方式設置於三維支撐結構之表面。
- 【第21項】 如請求項第19項所述之立體熱源裝置，其中，所述線狀奈米碳管複合結構纏繞於該中空之三維支撐結構之外表面。

【指定代表圖】 第（ 1 ）圖

【代表圖之符號簡單說明】

立體熱源：100

三維支撐結構：102

加熱元件：104

熱反射層：108

第一電極：110

第二電極：112

【特徵化學式】

無