



(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 201736255 A

(43) 公開日：中華民國 106 (2017) 年 10 月 16 日

(21) 申請案號：105143737

(22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 12 月 28 日

(51) Int. Cl.：

*C01B32/05 (2017.01)**H01L23/36 (2006.01)**H01L23/373 (2006.01)**H05K7/20 (2006.01)*

(30) 優先權：2015/12/28

日本

特願 2015-256720

(71) 申請人：日立造船股份有限公司 (日本) HITACHI ZOSEN CORPORATION (JP)

日本

(72) 發明人：井上鐵也 TETSUYA, INOUE (JP)；圓山拓行 HIROYUKI, MARUYAMA (JP)；川上陽子 YOKO, KAWAKAMI (JP)

(74) 代理人：楊長峯

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：18 共 96 頁

(54) 名稱

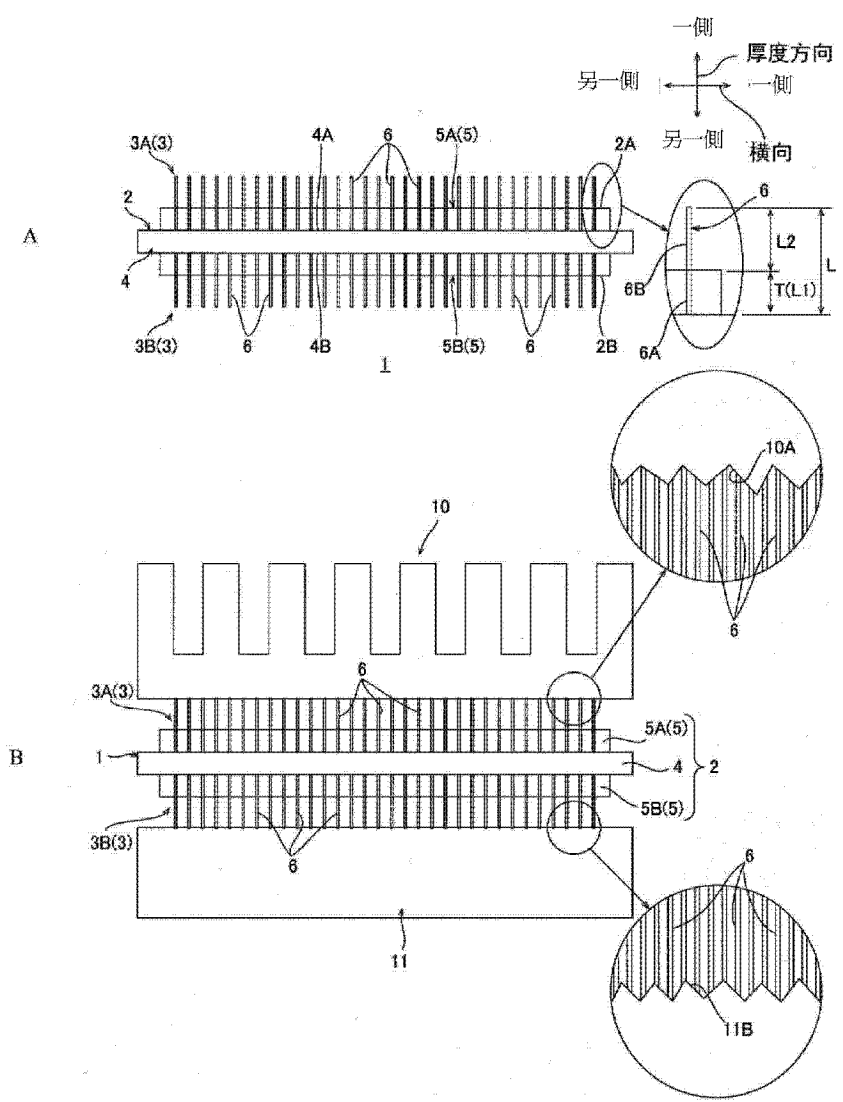
碳納米管複合材料及碳納米管複合材料的製造方法

CARBON NANOTUBE COMPOSITE MATERIAL AND MANUFACTURE METHOD THEREOF

(57) 摘要

奈米碳管複合材料具備具有表面及背面的固定片、以及在固定片的表面及背面這兩面埋入或接合的奈米碳管陣列片。

指定代表圖：



- 符號簡單說明：
- 1 . . . 導熱性片材
 - 2 . . . 固定片
 - 2A . . . 固定片的表面
 - 2B . . . 固定片的背面
 - 3 . . . CNT 陣列片
 - 3A . . . 第一 CNT 陣列片
 - 3B . . . 第二 CNT 陣列片
 - 4 . . . 基材
 - 4A . . . 基材的表面
 - 4B . . . 基材的背面
 - 5 . . . 樹脂層
 - 5A . . . 第一樹脂層
 - 5B . . . 第二樹脂層
 - 6 . . . CNT
 - 6A . . . 埋設部分
 - 6B . . . 突出部分
 - 10A . . . 表面
 - 11 . . . 電子元件
 - 11B . . . 表面

第1圖

【發明說明書】

【中文發明名稱】奈米碳管複合材料以及奈米碳管複合材料的製造方法

【英文發明名稱】CARBON NANOTUBE COMPOSITE MATERIAL AND
MANUFACTURE METHOD THEREOF

【技術領域】

【0001】 本發明涉及一種奈米碳管複合材料以及奈米碳管複合材料的製造方法。

【先前技術】

【0002】 已知如下技術：在電子元件與散熱器（heat sink）之間配置導熱性材料（Thermal Interface Material；以下稱為TIM），使電子元件與散熱器之間的間隙減小，將從電子元件產生的熱高效地向散熱器傳導。作為這樣的TIM，已知有由高分子材料構成的高分子片材、以及矽潤滑脂等。

【0003】 但是，高分子片材無法充分地追隨電子元件及散熱器表面的微小凹凸（表面粗糙度），存在因該微小凹凸而在電子元件與散熱器之間產生空隙的情況，限制了導熱率的提高。

【0004】 另外，矽潤滑脂雖然能夠追隨電子元件及散熱器表面的微小凹凸，但是存在因反復的溫度變化而泵出（pump out）（從電子元件與散熱器之間流出）的情況，難以長期確保TIM的導熱性能。

【0005】 因此，希望獲得一種TIM，其能夠追隨電子元件及散熱器表面的微小凹凸，並且能夠長期確保導熱性能，當前正在研究將奈米碳管（以下稱為CNT）用於TIM。

【0006】 例如，有人提出了一種熱介面襯墊（pad），該熱介面襯墊具備基板、以及在基板的兩面呈陣列狀配置的CNT（例如參照專利文獻1）。

【0007】 這樣的熱介面襯墊是藉由利用化學氣相沉積使CNT在基板的兩面生長來製造的。並且，在這樣的熱介面襯墊中，因為是在基板的兩面配置有CNT，所以能夠使該CNT追隨電子元件及散熱器的表面的微小凹凸。

【0008】 習知技術文獻

專利文獻

專利文獻1：日本專利公表2015-526904號公報

【發明內容】

【0009】 （一）要解決的技術問題

【0010】 但是，專利文獻1記載的熱介面襯墊是利用化學氣相沉積使CNT在基板的兩面生長來製造的，因此無法充分地確保基板與CNT的黏接強度。因此，若將熱介面襯墊作為TIM使用，則存在CNT從基板脫落的情況。在這種情況下，難以確保熱介面襯墊的導熱性能，另外，存在脫落的CNT引起電子元件等的短路的情況。

【0011】 因此，本發明的第一目的在於，提供一種能夠追隨物件物表面的微小凹凸且能夠抑制奈米碳管脫落的奈米碳管複合材料及奈米碳管複合材料的製造方法。

【0012】 （二）技術手段

【0013】 （第一發明）

【0014】 本發明（1）包括一種奈米碳管複合材料，該奈米碳管複合材料具備：具有表面及背面的固定片、以及在所述固定片的表面及背面這兩面埋入或接合的奈米碳管陣列片。

【0015】 根據這樣的結構，因為奈米碳管複合材料具備奈米碳管陣列片，所以能夠在使奈米碳管複合材料與物件物接觸時，使奈米碳管陣列片的多個CNT追隨物件物表面的微小凹凸。

【0016】 另外，因為奈米碳管陣列片在固定片的表面及背面這兩面埋入或接合，所以能夠抑制奈米碳管陣列片具有的CNT從固定片脫落。

【0017】 本發明（2）包括上述（1）所述的奈米碳管複合材料，所述奈米碳管陣列片的平均體積密度為 $50\text{mg}/\text{cm}^3$ 以上。

【0018】 根據這樣的結構，因為奈米碳管陣列片的平均體積密度在上述下限以上，所以能夠提高奈米碳管陣列片的導熱率，進而，能夠提高奈米碳管複合材料的導熱率。

【0019】 然而，在利用化學氣相沉積使奈米碳管陣列在基板的兩面生長的情況下，難以使奈米碳管陣列的平均體積密度在上述下限以上。

【0020】 另一方面，根據上述的結構，因為從生長基板剝離的奈米碳管陣列片埋入或接合於固定片，所以能夠在將奈米碳管陣列片從生長基板剝離後對該奈米碳管陣列片進行高密度化處理。因此，能夠使奈米碳管陣列片的平均體積密度在上述下限以上。

【0021】 本發明（3）包括上述（1）或（2）所述的奈米碳管複合材料，所述固定片具備：基材、以及在所述基材的表面及背面這兩面配置的樹脂層，所

述奈米碳管陣列片的所述基材側的端部埋入對應的所述樹脂層並與所述基材接觸。

【0022】 根據這樣的結構，因為奈米碳管陣列片的基材側的端部埋入對應的樹脂層並與基材接觸，所以能夠切實地抑制奈米碳管陣列片具有的CNT從固定片脫落，並且能夠切實地提高奈米碳管複合材料的導熱率。

【0023】 本發明（4）包括上述（3）所述的奈米碳管複合材料，所述基材具有導電性。

【0024】 根據這樣的結構，因為具有導電性的奈米碳管陣列片與具有導電性的基材接觸，所以能夠對奈米碳管複合材料賦予導電性。

【0025】 本發明（5）包括上述（3）所述的奈米碳管複合材料，所述基材由無機物的燒結體形成。

【0026】 根據這樣的結構，因為奈米碳管陣列片與由無機物的燒結體形成的基材接觸，所以能夠對奈米碳管複合材料賦予電絕緣性。

【0027】 本發明（6）包括上述（1）或（2）所述的奈米碳管複合材料，所述固定片具備具有導電性的導電層，所述奈米碳管陣列片的所述導電層側的端部與所述導電層的介面接合。

【0028】 根據這樣的結構，因為奈米碳管陣列片的導電層側的端部與具有導電性的導電層接合，所以能夠切實地抑制奈米碳管陣列片具有的CNT從固定片脫落，並且能夠切實地提高奈米碳管複合材料的導熱率，並且能夠對奈米碳管複合材料賦予導電性。

【0029】 本發明（7）包括上述（1）或（2）所述的奈米碳管複合材料，所述表面側的奈米碳管陣列片及所述背面側的奈米碳管陣列片埋入所述固定片，並在所述固定片中相互接觸。

【0030】 根據這樣的結構，因為表面側的奈米碳管陣列片及背面側的奈米碳管陣列片埋入固定片，並在固定片中相互接觸，所以能夠切實地抑制奈米碳管陣列片具有的奈米碳管從固定片脫落，並且能夠切實地提高奈米碳管複合材料的導熱率。

【0031】 本發明（8）包括一種奈米碳管複合材料的製造方法，該奈米碳管複合材料的製造方法包含：準備固定片的製程，其中，該固定片具備基材、以及在所述基材的表面及背面這兩面配置的樹脂層；使垂直取向奈米碳管在生長基板上生長的製程；從所述生長基板剝離所述垂直取向奈米碳管而做成奈米碳管陣列片的製程；在所述表面側及所述背面側這兩側的樹脂層上配置所述奈米碳管陣列片的製程；對配置有所述奈米碳管陣列片的所述固定片進行加熱，使所述奈米碳管陣列片的所述基材側的端部埋入對應的所述樹脂層並與所述基材接觸的製程。

【0032】 根據這樣的方法，藉由在將從生長基板剝離的奈米碳管陣列片在配置於基材兩面的樹脂層上配置後進行加熱，從而使奈米碳管陣列片的基材側的端部埋入對應的樹脂層並與基材接觸。

【0033】 因此，該方法是一種簡易的方法，並且能夠高效地製造奈米碳管複合材料，該奈米碳管複合材料具備埋入樹脂層的奈米碳管陣列片。

【0034】 本發明（9）包括一種奈米碳管複合材料的製造方法，該奈米碳管複合材料的製造方法包含：將樹脂組合物塗布於基材的表面及背面這兩面，

從而在所述基材的表面及背面這兩面形成樹脂組合物層的製程；使垂直取向奈米碳管在生長基板上生長的製程；從所述生長基板剝離所述垂直取向奈米碳管而做成奈米碳管陣列片的製程；使所述奈米碳管陣列片埋入所述表面側及所述背面側這兩側的樹脂組合物層，並使所述奈米碳管陣列片的所述基材側的端部與所述基材接觸的製程；對所述樹脂組合物層進行加熱使其固化從而做成樹脂層的製程。

【0035】 根據這樣的方法，使從生長基板剝離的奈米碳管陣列片埋入在基材的兩面配置的樹脂組合物層，並使奈米碳管陣列片的基材側的端部與基材接觸，然後使樹脂組合物層固化從而做成樹脂層。

【0036】 因此，該方法是一種簡易的方法，並且能夠高效地製造奈米碳管複合材料，該奈米碳管複合材料具備埋入樹脂層的奈米碳管陣列片。

【0037】 本發明（10）包括一種奈米碳管複合材料的製造方法，該奈米碳管複合材料的製造方法包含：準備固定片的製程，其中，該固定片具備具有導電性的導電層；使垂直取向奈米碳管在生長基板上生長的製程；從所述生長基板剝離所述垂直取向奈米碳管而做成奈米碳管陣列片的製程；在所述固定片的表面及背面這兩面配置所述奈米碳管陣列片的製程；對配置有所述奈米碳管陣列片的所述固定片進行加熱，使所述奈米碳管陣列片的所述導電層側的端部與所述導電層的介面接合的製程。

【0038】 根據這樣的方法，藉由在將從生長基板剝離的奈米碳管陣列片配置於固定片的兩面後進行加熱，從而使奈米碳管陣列片的導電層側的端部與導電層的介面接合。

【0039】 因此，該方法是一種簡易的方法，並且能夠高效地製造奈米碳管複合材料，該奈米碳管複合材料具備與該導電層的介面接合的奈米碳管陣列片。

【0040】 本發明（11）包括一種奈米碳管複合材料的製造方法，該奈米碳管複合材料的製造方法包含：使垂直取向奈米碳管在生長基板上生長的製程；從所述生長基板剝離所述垂直取向奈米碳管而做成奈米碳管陣列片的製程；在含有金屬粒子的含粒子層的表面及背面這兩面配置所述奈米碳管陣列片的製程；對所述含粒子層進行加熱使所述金屬粒子熔融從而形成固定片，使所述表面側的奈米碳管陣列片與所述背面側的奈米碳管陣列片埋入所述固定片並在所述固定片中相互接觸的製程。

【0041】 根據這樣的方法，藉由在將從生長基板剝離的奈米碳管陣列片配置於含粒子層的兩面後進行加熱，從而使表面側的奈米碳管陣列片與背面側的奈米碳管陣列片埋入固定片並在固定片中相互接觸。

【0042】 因此，該方法是一種簡易的方法，並且能夠高效地製造奈米碳管複合材料，該奈米碳管複合材料使表面側的奈米碳管陣列片及背面側的奈米碳管陣列片在固定片中相互接觸。

【0043】 本發明（12）包括一種奈米碳管複合材料的製造方法，該奈米碳管複合材料的製造方法包含：準備由樹脂材料形成的固定片的製程；使垂直取向奈米碳管在生長基板上生長的製程；從所述生長基板剝離所述垂直取向奈米碳管而做成奈米碳管陣列片的製程；在所述固定片的表面及背面這兩面配置所述奈米碳管陣列片的製程；對配置有所述奈米碳管陣列片的所述固定片進行加熱，使所述表面側的奈米碳管陣列片與所述背面側的奈米碳管陣列片埋入所述固定片並在所述固定片中相互接觸的製程。

【0044】 根據這樣的方法，藉由在將從生長基板剝離的奈米碳管陣列片配置於由樹脂材料形成的固定片的兩面後進行加熱，從而使表面側的奈米碳管陣列片與背面側的奈米碳管陣列片埋入固定片並在固定片中相互接觸。

【0045】 因此，該方法是一種簡易的方法，並且能夠高效地製造奈米碳管複合材料，該奈米碳管複合材料使表面側的奈米碳管陣列片及背面側的奈米碳管陣列片在固定片中相互接觸。

【0046】 （第二發明）

【0047】 本發明（13）包括一種奈米碳管複合材料，該奈米碳管複合材料具備：基材、在所述基材上配置的垂直取向奈米碳管、以及將基材與所述垂直取向奈米碳管黏接的黏接層。

【0048】 根據這樣的結構，因為黏接層將基材與垂直取向奈米碳管黏接，所以能夠抑制垂直取向奈米碳管具有的CNT從基材脫落。

【0049】 本發明（14）包括上述（13）所述的奈米碳管複合材料，所述黏接層由熱固性樹脂形成。

【0050】 根據這樣的結構，因為黏接層由熱固性樹脂形成，所以在基材上形成由熱固性樹脂組合物構成的、A階段（stage）或B階段的樹脂組合物層後使垂直取向奈米碳管埋入樹脂組合物層，對樹脂組合物層進行加熱使其固化，從而能夠將垂直取向奈米碳管黏接於基材。

【0051】 即，因為垂直取向奈米碳管埋入A階段或B階段的樹脂組合物層，所以在將垂直取向奈米碳管埋入樹脂組合物層時無需進行熱處理。因此，與將垂直取向奈米碳管埋入經熱處理而熔解的熱塑性樹脂層的情況相比，能夠抑制

垂直取向奈米碳管的取向紊亂，並且能夠穩定地確保垂直取向奈米碳管與基材的接觸。

【0052】本發明（15）包括上述（13）所述的奈米碳管複合材料，所述黏接層由氟類聚合物形成。

【0053】根據這樣的結構，因為黏接層由氟類聚合物形成，所以能夠將基材與垂直取向奈米碳管穩定地黏接，並且能夠提高黏接層的耐熱性、耐油性及耐化學性。

【0054】本發明（16）包括上述（13）～（15）中任一項所述的奈米碳管複合材料，更具備相對於所述垂直取向奈米碳管配置於所述基材的相反側的第二基材、以及將所述第二基材與所述垂直取向奈米碳管黏接的第二黏接層。

【0055】根據這樣的結構，垂直取向奈米碳管利用黏接層（以下稱為第一黏接層）而與基材（以下稱為第一基材）黏接，並且利用第二黏接層而與第二基材黏接，從而能夠構成在第一基材與第二基材之間配置有垂直取向奈米碳管的構造體。

【0056】本發明（17）包括上述（16）所述的奈米碳管複合材料，所述第二黏接層由熱固性樹脂形成。

【0057】根據這樣的結構，因為第二黏接層由熱固性樹脂形成，所以藉由在第二基材上形成由熱固性樹脂組合物構成的、A階段或B階段的第二樹脂組合物層，然後以與第二基材接觸的方式將垂直取向奈米碳管埋入第二樹脂組合物層，對第二樹脂組合物層進行加熱使其固化，從而能夠將垂直取向奈米碳管黏接於第二基材。

【0058】 因此，能夠抑制垂直取向奈米碳管的取向紊亂，並且能夠穩定地確保垂直取向奈米碳管與第二基材的接觸。其結果，能夠使垂直取向奈米碳管位於第一基材和第二基材之間，並且能夠穩定地確保垂直取向奈米碳管、與第一基材及第二基材的接觸。

【0059】 本發明（18）包括上述（16）所述的奈米碳管複合材料，所述第二黏接層由氟類聚合物形成。

【0060】 根據這樣的結構，因為第二黏接層由氟類聚合物形成，所以能夠將第二基材與垂直取向奈米碳管穩定地黏接，並且能夠提高第二黏接層的耐熱性、耐油性及耐化學性。

【0061】 本發明（19）包括上述（16）～（18）中任一項所述的奈米碳管複合材料，更具備固定部件，該固定部件將所述第一基材和所述第二基材固定，以維持所述基材與所述第二基材之間的間隔。

【0062】 根據這樣的結構，因為固定部件將第一基材和第二基材固定，所以能夠在力從外部施加於奈米碳管複合材料時，抑制奈米碳管複合材料發生變形。另外，因為固定部件維持第一基材與第二基材之間的間隔，所以能夠穩定地維持垂直取向奈米碳管分別在第一黏接層及第二黏接層中埋設的狀態。

【0063】 本發明（20）包括一種防振材料，該防振材料具備上述（13）～（19）中任一項所述的奈米碳管複合材料。

【0064】 根據這樣的結構，因為垂直取向奈米碳管利用第一黏接層黏接於第一基材，所以若振動從外部作用於奈米碳管複合材料，則該振動經由第一基材向垂直取向奈米碳管傳導。

【0065】於是，垂直取向奈米碳管所具備的多個奈米碳管，因振動能量而在取向方向上伸縮。此時，因為在多個奈米碳管之間存在空氣，所以奈米碳管的伸縮能量（動能）因與空氣的摩擦而變換為熱能。由此，減輕來自外部的振動。

【0066】因此，具備奈米碳管複合材料的防振材料能夠高效地減輕振動。

【0067】本發明（21）包括一種奈米碳管複合材料的製造方法，該奈米碳管複合材料的製造方法包含：在第一基材上形成由熱固性樹脂組合物構成的、A階段或B階段的第一樹脂組合物層的製程；使垂直取向奈米碳管埋入所述第一樹脂組合物層的製程；對所述第一樹脂組合物層進行加熱使其固化，做成將所述第一基材與所述垂直取向奈米碳管黏接的第一黏接層的製程。

【0068】根據這樣的方法，藉由將垂直取向奈米碳管埋入A階段或B階段的第一樹脂組合物層後對第一樹脂組合物層進行加熱使其固化，從而能夠抑制垂直取向奈米碳管的取向紊亂，並且能夠穩定地確保垂直取向奈米碳管與第一基材的接觸。

【0069】本發明（22）包括一種奈米碳管複合材料的製造方法，該奈米碳管複合材料的製造方法包含：在第一基材上形成由氟類聚合物形成的第一黏接層的製程；對所述第一黏接層進行加熱，使垂直取向奈米碳管埋入所述第一黏接層的製程。

【0070】根據這樣的方法，因為將垂直取向奈米碳管埋入由氟類聚合物形成的第一黏接層，所以能夠將第一基材和垂直取向奈米碳管穩定地黏接，並且能夠提高第一黏接層的耐熱性、耐油性及耐化學性。

【0071】 本發明（23）包括上述（21）或（22）所述的奈米碳管複合材料的製造方法，該奈米碳管複合材料的製造方法進一步包含：在第二基材上形成由熱固性樹脂組合物構成的、A階段或B階段的第二樹脂組合物層的製程；以所述第二基材相對於所述垂直取向奈米碳管位於所述第一基材的相反側的方式，將所述垂直取向奈米碳管埋入所述第二樹脂組合物層的製程；對所述第二樹脂組合物層進行加熱使其固化，做成將所述第二基材和所述垂直取向奈米碳管黏接的第二黏接層的製程。

【0072】 根據這樣的方法，以第二基材相對於垂直取向奈米碳管位於第一基材的相反側的方式，將垂直取向奈米碳管埋入第二樹脂組合物層，然後對第二樹脂組合物層進行加熱使其固化從而做成第二黏接層，所以能夠構成在第一基材與第二基材之間配置垂直取向奈米碳管的構造體。

【0073】 另外，藉由在將垂直取向奈米碳管埋入A階段或B階段的第二樹脂組合物層後對第二樹脂組合物層進行加熱使其固化，從而能夠抑制垂直取向奈米碳管的取向紊亂，並且能夠穩定地確保垂直取向奈米碳管與第二基材的接觸。

【0074】 其結果，能夠使垂直取向奈米碳管位於第一基材和第二基材之間，並且能夠穩定地確保垂直取向奈米碳管、與第一基材及第二基材的接觸。

【0075】 本發明（24）包括上述（21）或（22）所述的奈米碳管複合材料的製造方法，該奈米碳管複合材料的製造方法包含：在第二基材上形成由氟類聚合物形成的第二黏接層的製程；對所述第二黏接層進行加熱，以所述第二基材相對於所述垂直取向奈米碳管位於所述第一基材的相反側的方式，將所述垂直取向奈米碳管埋入所述第二黏接層的製程。

【0076】根據這樣的方法，因為將垂直取向奈米碳管埋入由氟類聚合物形成的第二黏接層，所以能夠將第二基材與垂直取向奈米碳管穩定地黏接，並且能夠提高第二黏接層的耐熱性、耐油性及耐化學性。

【0077】本發明（25）包括上述（21）～（24）中任一項所述的奈米碳管複合材料的製造方法，該奈米碳管複合材料的製造方法進一步包含：將所述垂直取向奈米碳管從生長基板剝離而做成奈米碳管陣列片的製程；對所述奈米碳管陣列片進行高密度化處理的製程。

【0078】根據這樣的方法，將垂直取向奈米碳管從生長基板剝離而做成奈米碳管陣列片，然後進行高密度化處理，因此能夠提高奈米碳管陣列片的特性（例如導熱性等），進而，能夠提高奈米碳管複合材料的性能。

【0079】本發明（26）包括上述（23）或（24）所述的奈米碳管複合材料的製造方法，該奈米碳管複合材料的製造方法進一步包含設置固定部件的製程，該固定部件將所述第一基材和所述第二基材固定，以維持所述第一基材與所述第二基材之間的間隔。

【0080】根據這樣的方法，因為固定部件維持第一基材與第二基材之間的間隔，所以能夠穩定地維持垂直取向奈米碳管分別在第一黏接層及第二黏接層中埋設的狀態。

【0081】（三）有益效果

【0082】本發明的奈米碳管複合材料能夠抑制CNT脫落。

【0083】本發明的奈米碳管複合材料的製造方法是簡易的方法，並且能夠高效地製造上述的奈米碳管複合材料。

【圖式簡單說明】

【0084】 第1圖：第1圖的A是作為本發明的奈米碳管複合材料的第一實施方式的導熱性片材的側視圖；第1圖的B是將第1圖的A所示的導熱性片材配置於電子元件和散熱器之間的狀態的概略結構圖。

【0085】 第2圖：第2圖的A是用於對使垂直取向奈米碳管（VACNTs）在生長基板上生長的製程一個實施方式進行說明的說明圖，其表示在基板上形成催化劑層的製程；第2圖的B接續第2圖的A表示對基板加熱而使催化劑層凝集成多個粒狀體的製程；第2圖的C接續第2圖的B表示向多個粒狀體供給原料氣體使多個奈米碳管生長來製備VACNTs的製程。

【0086】 第3圖：第3圖的A是用於對剝離VACNTs的製程進行說明的說明圖，其表示從生長基板切斷VACNTs的製程；第3圖的B接續第3圖的A表示將VACNTs從生長基板剝離而做成奈米碳管陣列片（CNT陣列片）的製程；第3圖的C是第3圖的B所示CNT陣列片的立體圖。

【0087】 第4圖：第4圖的A是用於對使第3圖的C所示的CNT陣列片高密度化的製程進行說明的說明圖，其表示將CNT陣列片收容於耐熱容器內的製程；第4圖的B接續第4圖的A表示對CNT陣列片進行加熱處理使CNT陣列片高密度化的製程；第4圖的C表示將第4圖的B所示的高密度化的CNT陣列片配置在固定片的表面及背面這兩面的製程。

【0088】 第5圖是作為本發明的奈米碳管複合材料的第二實施方式的導熱性片材的側視圖。

【0089】 第6圖：第6圖的A是用於對第5圖所示的薄條（ウェブ；web）層疊片材的製造製程一個實施方式進行說明的說明圖，其表示從VACNTs抽出奈米碳管薄條（CNT薄條）的製程；第6圖的B接續第6圖的A表示層疊CNT薄條的

製程；第6圖的C接續第6圖的B表示將層疊的CNT薄條展開而做成薄條層疊片材的製程。第7圖：第7圖的A是作為本發明的奈米碳管複合材料的第三實施方式的導熱性片材的側視圖；第7圖的B是用於對第7圖的A所示的導熱性片材的製造製程一個實施方式進行說明的說明圖。

【0090】 第8圖：第8圖的A是作為本發明的奈米碳管複合材料的第四實施方式的導熱性片材的側視圖；第8圖的B是用於對第8圖的A所示的導熱性片材的製造製程一個實施方式進行說明的說明圖，其表示在CNT陣列片上形成含粒子層的製程；第8圖的C接續第8圖的B表示將CNT陣列片配置在含粒子層的表面及背面這兩面的製程。

【0091】 第9圖：第9圖的A是作為本發明的奈米碳管複合材料的第四實施方式的變形例的導熱性片材的側視圖；第9圖的B是用於對第9圖的A所示的導熱性片材的製造製程的一個實施方式進行說明的說明圖。

【0092】 第10圖：第10圖的A是用於對機械性地使第2圖的C所示的VACNTs高密度化的製程進行說明的說明圖，其表示以夾持VACNTs的方式配置推壓板的製程；第10圖的B接續第10圖的A表示利用推壓板將VACNTs壓縮的製程。

【0093】 第11圖是第二發明的奈米碳管複合材料（CNT複合材料）的第五實施方式的側視圖。

【0094】 第12圖：第12圖的A是用於對第二發明的CNT複合材料的第五實施方式的製造方法進行說明的說明圖，其是用於對將VACNTs埋入第一樹脂組合物層的製程進行說明的說明圖；第12圖的B接續第12圖的A，是用於對使第一樹脂組合物層固化從而做成第一黏接層的製程進行說明的說明圖；第12圖的C接續第12圖的B，是用於對將生長基板從VACNTs剝離的製程進行說明的說明圖。

【0095】 第13圖是第二發明的CNT複合材料的第六實施方式的側視圖。

【0096】 第14圖是第13圖所示的CNT複合材料的立體圖。

【0097】 第15圖：第15圖的A是用於對第二發明的CNT複合材料的第六實施方式的製造方法進行說明的說明圖，是用於對將CNT陣列片埋入第二樹脂組合物層的製程進行說明的說明圖；第15圖的B接續第15圖的A，其是用於對使第二樹脂組合物層固化從而做成第二黏接層的製程進行說明的說明圖。

【0098】 第16圖是第二發明的CNT複合材料的第七實施方式的側視圖。

【0099】 第17圖：第17圖的A是用於對第二發明的CNT複合材料的第八實施方式的製造方法進行說明的說明圖，是用於對將CNT陣列片埋入第一樹脂組合物層的製程進行說明的說明圖；第17圖的B接續第17圖的A，其是用於對使第一樹脂組合物層固化從而做成第一黏接層的製程進行說明的說明圖。

【0100】 第18圖：第18圖的A是用於對第二發明的CNT複合材料的第九實施方式的製造方法進行說明的說明圖，其是用於對將VACNTs埋入第二樹脂組合物層的製程進行說明的說明圖；第18圖的B接續第18圖的A，是用於對使第二樹脂組合物層固化從而做成第二黏接層的製程進行說明的說明圖；第18圖的C接續第18圖的B，是用於對從VACNTs剝離生長基板的製程進行說明的說明圖。

【實施方式】

【0101】 （第一發明）

【0102】 第一發明的奈米碳管複合材料（以下稱為 CNT 複合材料）具備固定片、以及固定於固定片的奈米碳管陣列片。奈米碳管陣列片在固定片的表面及背面這兩面埋入或接合。

【0103】 下面，對作為第一發明的 CNT 接合片的第一實施方式的導熱性片材 1 進行說明。

【0104】 （第一實施方式）

【0105】 （1）導熱性片材的結構

【0106】 如第 1 圖的 A 所示，導熱性片材 1（CNT 複合材料的一例）具備固定片 2、以及兩個奈米碳管陣列片 3（以下稱為 CNT 陣列片 3）。

【0107】 固定片 2 能夠固定兩個 CNT 陣列片 3，在第一實施方式中，具備基材 4 以及兩個樹脂層 5。

【0108】 基材 4 呈片材形狀（薄膜形狀），具體而言，基材 4 具有規定的厚度，並在與其厚度方向正交的面方向（縱向及橫向）上延伸，且具有平坦的表面 4A（厚度方向的一側的面）以及平坦的背面 4B（厚度方向另一側的面）。

【0109】 另外，基材 4 較佳具有撓性。基材 4 的厚度例如較佳為 10 μm 以上，更加較佳為 50 μm 以上，例如較佳為 300 μm 以下，更佳為 150 μm 以下。

【0110】 作為基材 4，例如可舉出導電性基材、絕緣性基材。

【0111】 導電性基材具有導電性，例如可舉出金屬片材、石墨片材、奈米碳管集合體、含有導電性粒子（例如金屬粒子等）的樹脂片材等，較佳地可舉出金屬片材及奈米碳管集合體。

【0112】 金屬片材是由金屬形成的片材。作為金屬，例如可舉出金、銀、銅、鐵、鋁、鈦、鎢、及其合金等，較佳地可舉出銅及鋁。

【0113】 此外，關於基材 4 為奈米碳管集合體的情況，將在後面的第二實施方式中進行詳述。

【0114】 絕緣性基材具有電絕緣性，例如可舉出陶瓷片材、塑膠板材等。

【0115】 陶瓷片材是由無機物的燒結體形成的片材。作為無機物，例如可舉出氮化硼、氮化鋁、氮化矽、二氧化矽、氧化鋁、氧化鎂、氧化鋅等。

【0116】 塑膠板材是由塑膠（硬質樹脂）形成的板材（plate）。作為塑膠，例如可舉出耐熱性低於 100℃ 的塑膠（例如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、氯乙烯樹脂等）、耐熱性為 100℃ 以上的工程塑料（例如聚醚醚酮、液晶聚合物、聚醯胺、聚碳酸酯、聚醯亞胺等）等。

【0117】 這樣的基材 4 可根據導熱性片材 1 的用途適當地選擇。在作為基材 4 選擇導電性基材的情況下，能夠對導熱性片材 1 賦予導電性，導熱性片材 1 構成為導電型導熱性片材（日語：電氣熱伝導性シート）。在作為基材 4 選擇絕緣性基材的情況下，能夠對導熱性片材 1 賦予電絕緣性，導熱性片材 1 構成為絕緣型導熱性片材。

【0118】 在基材 4 的表面 4A 及背面 4B 這兩面配置有樹脂層 5。此外，在將兩個樹脂層 5 相互進行區別的情況下，將在基材 4 的表面 4A 配置的樹脂層 5 設為第一樹脂層 5A，在基材 4 的背面 4B 配置的樹脂層 5 設為第二樹脂層 5B。

【0119】 並且，第一樹脂層 5A 的厚度方向的一側的表面與固定片 2 的表面 2A 對應，第二樹脂層 5B 的厚度方向的另一側的表面與固定片 2 的背面 2B 對應。即，固定片 2 具有表面 2A（第一樹脂層 5A 的厚度方向的一側的面）及背面 2B（第二樹脂層 5B 的厚度方向另一側的面）。

【0120】 樹脂層 5 由樹脂材料形成。作為樹脂材料，可舉出天然樹脂、合成樹脂（例如熱固性樹脂、熱塑性樹脂等）等，較佳地可舉出合成樹脂。

【0121】 熱固性樹脂是固化體（完全固化後（C 階段）的熱固性樹脂），例如可舉出環氧樹脂、聚醯亞胺樹脂、酚醛樹脂、尿素樹脂、三聚氰胺樹脂、不飽和聚酯樹脂、熱固性彈性體（例如、聚氨酯橡膠、丁基橡膠、氟類橡膠、矽橡膠、丙烯酸類橡膠等）等。

【0122】 作為熱塑性樹脂，例如可舉出聚酯（例如聚對苯二甲酸乙二醇酯等）、聚烯烴（例如聚乙烯、聚丙烯等）、聚酰胺、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚乙烯醇（PVA）、聚偏二氯乙烯、聚丙烯腈、聚氨酯、氟類聚合物（例如聚四氟乙烯（PTFE）、全氟烷氧基（PFA）（パーフルオロアルコキシアルカン）、聚氟乙烯、聚偏二氟乙烯等）、熱塑性彈性體（例如烯烴類彈性體（例如乙烯-丙烯橡膠、乙烯-丙烯-二烯橡膠等）、苯乙烯類彈性體、氯乙烯類彈性體等）等。

【0123】 在這樣的樹脂材料中，較佳地可舉出熱塑性樹脂，進一步地可舉出氟類聚合物，最佳地可舉出 PTFE 及 PFA。這樣的樹脂材料可以單獨使用或兩種以上並用。

【0124】 樹脂層 5 的厚度 T 例如較佳為 10 μm 以上，更佳為 20 μm 以上，例如較佳為 50 μm 以下，更佳為 40 μm 以下。

【0125】 另外，在設基材 4 的厚度為 100 時，樹脂層 5 的厚度 T 例如較佳為 10 以上，更佳為 20 以上，例如較佳為 50 以下，更佳為 40 以下。

【0126】 此外，樹脂層 5 可以根據需要含有習知的添加材料。作為添加材料，例如可舉出金屬粒子（例如銅粒子、鈦粒子、鋁粒子等）、無機氧化物（例如二氧化矽粒子、氧化鋁粒子等）、無機氮化物（例如氮化鋁、氮化硼等）、碳材料（例如奈米碳管、石墨、富勒烯等）等。這樣的添加材料可以單獨使用或兩種以上並用。

【0127】 如第 3 圖的 C 所示，CNT 陣列片 3 從生長基板 15（後述；參照第 3 圖的 B）剝離，是由多個奈米碳管 6（以下稱為 CNT6）形成片材形狀而得的奈米碳管集合體。

【0128】 更詳細而言，多個 CNT6 在 CNT 陣列片 3 中沿 CNT 陣列片 3 的厚度方向取向，不是在厚度方向上相互連續，而是以在面方向（縱向及橫向）上相互連續地成為片材形狀的方式排列。

【0129】 即，奈米碳管陣列片 3（CNT 陣列片 3）形成為使得沿規定方向取向的多個奈米碳管 6（CNT6）在與奈米碳管 6 的取向方向正交的方向上相互連續地呈片材形狀。

【0130】 由此，CNT 陣列片 3 在從生長基板 15（後述）剝離的狀態下以多個 CNT6 在面方向上相互接觸的方式保持形狀。另外，CNT 陣列片 3 具有撓性。此外，在多個 CNT6 中的相互相鄰的 CNT6 之間作用有範德瓦耳斯力。

【0131】 CNT6 可以是單層奈米碳管、雙層奈米碳管以及多層奈米碳管中的任一種，較佳為多層奈米碳管。多個 CNT6 可以僅含有單層奈米碳管、雙層奈米碳管以及多層奈米碳管中的任一種，也可以包含單層奈米碳管、雙層奈米碳管以及多層奈米碳管中的任意兩種以上。

【0132】 CNT6 的平均外徑，例如較佳為 1nm 以上，更佳為 5nm 以上，例如較佳為 100nm 以下，更佳為 50nm 以下，尤其較佳為 20nm 以下。

【0133】 如第 1 圖的 A 所示，CNT6 的平均長度 L（取向方向的平均尺寸）比樹脂層 5 的厚度 T 大，具體而言，例如較佳為 10 μ m 以上，更佳為 50 μ m 以上，例如較佳為 1000 μ m 以下，更佳為 500 μ m 以下，尤其更佳為 200 μ m 以下。此外，CNT 的平均外徑及平均長度例如藉由電子顯微鏡觀察等的習知的方法進行測定。

【0134】 另外，CNT6 的平均長度 L 相對於樹脂層 5 的厚度 T，例如較佳超過 1 倍，更佳為 1.5 倍以上，最佳為 2.0 倍以上，例如較佳為 5.0 倍以下，更佳為 4.0 倍以下，最佳為 3.0 倍以下。

【0135】 在 CNT 陣列片 3 中，多個 CNT6 的平均體積密度，例如較佳為 10mg/cm³ 以上，更佳為 50mg/cm³ 以上，最佳為 100mg/cm³ 以上，例如較佳為 500mg/cm³ 以下，更佳為 300mg/cm³ 以下，最佳為 200mg/cm³ 以下。此外，CNT6 的平均體積密度例如由單位面積的品質（單位面積重量：單位 mg/cm²）、奈米

碳管的平均長度(利用 SEM(日本電子株式會社制)或非接觸膜厚計(KEYENCE 株式會社制)進行測定)算出。

【0136】 CNT 陣列片 3 的 G/D 比例如較佳為 1 以上，更佳為 2 以上，更佳為 5 以上，最佳為 10 以上，例如較佳為 20 以下，更佳為 15 以下。

【0137】 G/D 比是指在奈米碳管的拉曼光譜中在 1590cm^{-1} 附近觀測到的被稱為 G 譜帶的峰值的光譜強度相對於在 1350cm^{-1} 附近觀測到的被稱為 D 譜帶的峰值的光譜強度的比。

【0138】 此外，D 譜帶的光譜來源於奈米碳管的缺陷，G 譜帶的光譜來源於碳的六元環的面內振動。

【0139】 CNT 陣列片 3 的厚度方向的電阻(導電電阻)在 25°C 下例如較佳為 1Ω 以下，更佳為 0.1Ω 以下。此外，電阻利用習知的電阻測定裝置進行測定。

【0140】 CNT 陣列片 3 的導熱率在厚度方向上例如較佳為 $1\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上，更佳為 $2\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上，更佳為 $10\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上，最佳為 $30\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上，例如較佳為 $60\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以下，更佳為 $40\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以下。此外，導熱率利用習知的導熱率測定裝置進行測定。

【0141】 並且，如第 1 圖的 A 所示，CNT 陣列片 3 在固定片 2 的表面 2A 及背面 2B 這兩面埋入而被固定片 2 支承。

【0142】 更詳細而言，兩個 CNT 陣列片 3 在第一樹脂層 5A 及第二樹脂層 5B 各埋入一個，以在厚度方向上夾持基材 4 的方式配置。

【0143】 此外，在將兩個 CNT 陣列片 3 相互區別的情況下，將埋入第一樹脂層 5A 的 CNT 陣列片 3 設為第一 CNT 陣列片 3A，將埋入第二樹脂層 5B 的 CNT 陣列片 3 設為第二 CNT 陣列片 3B。

【0144】 另外，CNT 陣列片 3 的基材 4 側的端部埋入對應的樹脂層 5 並與

基材 4 接觸，CNT 陣列片 3 的與基材 4 相反側的端部從對應的樹脂層 5 突出。

【0145】 即，第一 CNT 陣列片 3A 的另一側的端部埋入第一樹脂層 5A 並與基材 4 的表面 4A 接觸，第一 CNT 陣列片 3A 的一側的端部從第一樹脂層 5A 的表面（固定片 2 的表面 2A）向厚度方向的一側突出而成為自由端。另外，第二 CNT 陣列片 3B 的一側的端部埋入第二樹脂層 5B 並與基材 4 的背面 4B 接觸，第二 CNT 陣列片 3B 的另一側的端部從第二樹脂層 5B 的表面（固定片 2 的背面 2B）向厚度方向另一側突出而成為自由端。

【0146】 因此，在各 CNT 陣列片 3 中，CNT6 具有埋設於對應的樹脂層 5 的埋設部分 6A、以及從對應的樹脂層 5 突出的突出部分 6B。此外，CNT 陣列片 3 的厚度方向與基材 4 的厚度方向相互一致，各 CNT 陣列片 3 的 CNT6 沿著基材 4 的厚度方向延伸。

【0147】 埋設部分 6A 貫通了對應的樹脂層 5。埋設部分 6A 的長度 L1 例如與上述的樹脂層 5 的厚度 T 的範圍相同。另外，埋設部分 6A 的長度 L1 的比例相對於 CNT6 的長度 L100%，例如較佳為 20%以上，更佳為 30%以上，例如較佳為 70%以下，更佳為 50%以下。

【0148】 突出部分 6B 的長度 L2，例如較佳為 1 μ m 以上，更佳為 10 μ m 以上，例如較佳為 100 μ m 以下，更佳為 70 μ m 以下。另外，突出部分 6B 的長度 L2 的比例相對於 CNT6 的長度 L100%，例如較佳為 30%以上，更佳為 50%以上，例如較佳為 80%以下，更佳為 70%以下。

【0149】 另外，突出部分 6B 的長度 L2 相對於埋設部分 6A 的長度 L1 的比例（L2/L1），例如較佳為 0.4 以上，更佳為 1 以上，例如較佳為 4 以下，更佳為 2.5 以下。

【0150】 如果埋設部分 6A 的長度 L1 的比例在上述下限以上（突出部分 6B 的長度 L2 的比例在上述上限以下），則樹脂層 5 能夠切實地支承 CNT 陣列片 3，

如果突出部分 6B 的長度 L2 的比例在上述下限以上（埋設部分 6A 的長度 L1 的比例在上述上限以下），則能夠提高 CNT 陣列片 3 對於物件物表面的追隨性。

【0151】 這樣的導熱性片材 1 較佳具有撓性。

【0152】 另外，在基材 4 為導電性基材的情況下，導熱性片材 1 的厚度方向的電阻（導電電阻）在 25℃ 下例如較佳為 10Ω 以下，更加優選為 1Ω 以下，最佳為 0.1Ω 以下，在基材 4 為絕緣性基材的情況下，導熱性片材 1 的厚度方向的電阻（導電電阻）在 25℃ 下例如較佳為 $10^3\Omega$ 以上，更加優選為 $10^4\Omega$ 以上。

【0153】 導熱性片材 1 的導熱率在厚度方向上例如較佳為 $1\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上，更佳為 $2\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上，更佳為 $10\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上，更佳為 $25\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上，最佳為 $50\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上，例如較佳為 $300\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以下，更佳為 $100\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以下。

【0154】 （2）CNT 複合材料的製造方法

接下來，對導熱性片材 1（CNT 複合材料的一例）的製造方法進行說明。此外，對樹脂層 5 由熱塑性樹脂形成的情況進行詳述。

【0155】 為了製造導熱性片材 1，如第 4 圖的 C 所示，首先，準備固定片 2 以及 CNT 陣列片 3。

【0156】 為了準備固定片 2，在基材 4 的表面 4A 及背面 4B 這兩面配置由上述的熱塑性樹脂形成的樹脂層 5（固定片準備製程）。

【0157】 作為在基材 4 的兩面配置樹脂層 5 的方法，沒有特別限制，例如可舉出將上述的熱塑性樹脂塗布於基材 4 的兩面而形成樹脂層 5 的方法，或者是準備由上述的熱塑性樹脂形成的樹脂片材並在基材 4 的兩面配置的方法等。在這些方法中，較佳地可舉出準備由熱塑性樹脂形成的樹脂片材並在基材 4 的兩面配置的方法。

【0158】 由此，準備具有基材 4 和在基材 4 的表面 4A 及背面 4B 這兩面配置的樹脂層 5 的固定片 2，更具體而言，是準備具有基材 4、在基材 4 的表面 4A 配置的第一樹脂層 5A、以及在基材 4 的背面 4B 配置的第二樹脂層 5B 的固定片 2。

【0159】 為了準備 CNT 陣列片 3，如第 2 圖的 A 至第 2 圖的 C 所示，例如藉由化學氣相生長法(CVD 法)使垂直取向奈米碳管 19(Vertically Aligned carbon nanotubes；以下稱為 VACNTs19)在生長基板 15 上生長(CNT 生長製程)。

【0160】 詳細而言，如第 2 圖的 A 所示，首先準備生長基板 15。生長基板 15 沒有特別限定，例如可舉出 CVD 法中採用的習知的基板，能夠使用市售產品。

【0161】 作為生長基板 15，例如可舉出矽基板、層疊有二氧化矽膜 17 的不銹鋼基板 16 等，較佳地可舉出層疊有二氧化矽膜 17 的不銹鋼基板 16。此外，在第 2 圖的 A 至第 3 圖的 C 中，示出了生長基板 15 為層疊有二氧化矽膜 17 的不銹鋼基板 16 的情況。

【0162】 並且，如第 2 圖的 A 所示，在生長基板 15 上，較佳在二氧化矽膜 17 上形成催化劑層 18。為了在生長基板 15 上形成催化劑層 18，利用習知的成膜方法使金屬催化劑在生長基板 15（較佳在二氧化矽膜 17）上成膜。

【0163】 作為金屬催化劑，例如可舉出鐵、鈷、鎳等，較佳地可舉出鐵。這樣的金屬催化劑可以單獨使用或兩種以上並用。作為成膜方法，例如可舉出真空蒸鍍以及濺鍍，較佳地可舉出真空蒸鍍。

【0164】 由此，在生長基板 15 上配置催化劑層 18。此外，在生長基板 15 為層疊有二氧化矽膜 17 的不銹鋼基板 16 的情況下，例如也能夠像日本專利公開 2014-94856 號公報記載的那樣，將二氧化矽前驅體溶液與金屬催化劑前驅體溶液混合而成的混合溶液塗布於不銹鋼基板 16，然後對該混合液進行分相，接下

來進行乾燥，從而同時地形成二氧化矽膜 17 以及催化劑層 18。

【0165】 接下來，如第 2 圖的 B 所示，將配置有催化劑層 18 的生長基板 15，加熱至例如 700℃ 以上 900℃ 以下。由此，催化劑層 18 凝集成為多個粒狀體 18A。

【0166】 並且，如第 2 圖的 C 所示，向加熱後的生長基板 15 供給原料氣體。原料氣體包含碳數為 1~4 的烴氣體（低級烴氣體）。作為碳數為 1~4 的烴氣體，例如可舉出甲烷氣體、乙烷氣體、丙烷氣體、丁烷氣體、乙烯氣體、乙炔氣體等，較佳地可舉出乙炔氣體。

【0167】 另外，根據需要，原料氣體也可以包含氫氣、非活性氣體（例如氮、氬等）、水蒸氣等。

【0168】 作為原料氣體的供給時間，例如較佳為 1 分鐘以上，更佳為 5 分鐘以上，例如較佳為 60 分鐘以下，更佳為 30 分鐘以下。

【0169】 由此，分別以多個粒狀體 18A 為起點來生長多個 CNT6。此外，為了方便，在第 2 圖的 C 中，以從一個粒狀體 18A 生長一個 CNT6 的方式進行了記載，但是並不限定於此，也可以從一個粒狀體 18A 生長多個 CNT6。

【0170】 這樣的多個 CNT6 在生長基板 15 上以相互大致平行的方式沿生長基板 15 的厚度方向（上下方向）延伸。即，多個 CNT6 以與生長基板 15 正交的方式取向（垂直地取向）。

【0171】 由此，VACNTs19 在生長基板 15 上生長。

【0172】 如第 6 圖的 A 所示，VACNTs19 在橫向上具備多個將多個 CNT6 在縱向上直線地排列而成的列 19A。在 VACNTs19 中，多個 CNT6 密集於面方向（縱向及橫向）。

【0173】 接下來，如第 3 圖的 A 及第 3 圖的 B 所示，從生長基板 15 剝離

VACNTs19（剝離製程）。

【0174】為了將 VACNTs19 從生長基板 15 剝離，例如使切割刀 20 沿著生長基板 15 的上表面滑行移動，將多個 CNT6 的基端部（生長基板 15 側端部）一併切斷。由此，將 VACNTs19 從生長基板 15 分離。

【0175】作為切割刀 20，例如可舉出切刀、剃刀等習知的金屬刀，較佳地可舉出切刀。

【0176】接下來，如第 3 圖的 B 所示，將分離的 VACNTs19 從生長基板 15 提起。由此，將 VACNTs19 從生長基板 15 剝離而做成 CNT 陣列片 3。另外，藉由重複上述的製程來準備兩個 CNT 陣列片 3，具體而言，是準備第一 CNT 陣列片 3A 以及第二 CNT 陣列片 3B。

【0177】這樣的 CNT 陣列片 3 能夠直接應用於導熱性片材 1，但是由於平均體積密度相對較低，因此從提高導熱率的觀點考慮，較佳進行高密度化處理（高密度化製程）。

【0178】作為高密度化處理，例如可舉出對 CNT 陣列片 3 進行加熱處理的方法（參照第 4 圖的 A 及第 4 圖的 B）、以及向 CNT 陣列片 3 供給揮發性液體的方法。

【0179】為了對 CNT 陣列片 3 進行加熱處理，例如像第 4 圖的 A 所示那樣，將 CNT 陣列片 3 收容於耐熱容器 45，並配置到加熱爐內。

【0180】耐熱容器 45 是耐熱溫度超過 2600℃ 的耐熱容器，例如可舉出由碳形成的碳容器、由陶瓷形成的陶瓷容器等習知的耐熱容器。在這樣的耐熱容器中，較佳地可舉出碳容器。

【0181】作為加熱爐，例如可舉出電阻加熱爐、感應加熱爐、直通電型電爐等，較佳地可舉出電阻加熱爐。另外，加熱爐可以是分批式，也可以是連續

式。

【0182】 接下來，使非活性氣體流入到加熱爐內，將加熱爐內置換為非活性氣體氣氛。作為非活性氣體，例如可舉出氮、氬等，較佳地可舉出氬。

【0183】 接下來，使加熱爐內的溫度以規定的升溫速度上升至加熱溫度，然後保持溫度不變地放置規定的時間。

【0184】 作為升溫速度，例如較佳為 $1^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以上，更佳為 $5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以上，例如較佳為 $40^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以下，更佳為 $20^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以下。

【0185】 作為加熱溫度，例如較佳為 2600°C 以上，更佳為 2700°C 以上，最佳為 2800°C 以上。如果加熱溫度在上述下限以上，則能夠在 CNT 陣列片 3 中使多個 CNT6 切實地高密度密集。

【0186】 另外，作為加熱溫度，只要低於 CNT6 的昇華溫度即可，較佳為 3000°C 以下。如果加熱溫度在上述上限以下，則能夠抑制 CNT6 昇華。

【0187】 作為規定的時間，例如較佳為 10 分鐘以上，更佳為 1 小時以上，例如較佳為 5 小時以下，更佳為 3 小時以下。

【0188】 另外，CNT 陣列片 3 較佳在無負荷的狀態下(沒有載荷作用於 CNT 陣列片 3 的狀態下、即大氣壓下)進行加熱處理。為了在無負荷的狀態下對 CNT 陣列片 3 進行加熱處理，如第 4 圖的 A 所示，將 CNT 陣列片 3 以與耐熱容器 45 的蓋部以及側壁空出間隔的方式收容在耐熱容器 45 內。

【0189】 如上所述，對 CNT 陣列片 3 進行加熱處理。若對 CNT 陣列片 3 進行加熱處理，則在 CNT 陣列片 3 中，構成多個 CNT6 的石墨烯的結晶性提高，CNT6 的取向性(直線性)提高。於是，在 CNT 陣列片 3 中，相互鄰接的 CNT6 因作用於它們之間的範德瓦耳斯力等而以保持取向性(直線性)的狀態不變地呈束狀密集。

【0190】 由此，CNT 陣列片 3 的整體均勻地密集，CNT 陣列片 3 高密度化。然後，根據需要使 CNT 陣列片 3 冷卻（例如自然冷卻）。

【0191】 關於加熱處理後的 CNT 陣列片 3 的厚度，由於多個 CNT6 保持取向性（直線性）不變地密集，因此與加熱處理前的 CNT 陣列片 3 的厚度基本相同。更具體而言，加熱處理後的 CNT 陣列片 3 的厚度相對於加熱處理前的 CNT 陣列片 3 的厚度，例如較佳為 95%以上 105%以下，更佳為 100%。

【0192】 另外，加熱處理後的 CNT 陣列片 3 的體積相對於加熱處理前的 CNT 陣列片 3 的體積例如較佳為 10%以上，更佳為 30%以上，例如較佳為 70%以下，更佳為 50%以下。

【0193】 另外，加熱處理後的 CNT 陣列片 3 的 G/D 比例例如較佳為 2 以上。

【0194】 為了向 CNT 陣列片 3 供給揮發性的液體，例如向 CNT 陣列片 3 噴射揮發性的液體，或者將 CNT 陣列片 3 浸漬於揮發性的液體。

【0195】 作為揮發性的液體，例如可舉出水、有機溶劑等。作為有機溶劑，例如可舉出低級（C1~3）醇類（例如甲醇、乙醇、丙醇等）、酮類（例如丙酮等）、醚類（例如二乙醚、四氫呋喃等）、烷基酯類（例如乙酸乙酯等）、鹵代脂肪族烴類（例如氯仿、二氯甲烷等）、極性非質子類（例如 N-甲基吡咯烷酮、二甲基甲醯胺等）等。

【0196】 在這樣的揮發性的液體中，較佳地可舉出水。這樣的揮發性的液體可以單獨使用或兩種以上並用。

【0197】 若向 CNT 陣列片 3 供給揮發性的液體後，則會由於揮發性的液體發生氣化，使得多個 CNT6 相互密集，CNT 陣列片 3 的密度提高。

【0198】 此外，這樣的高密度化處理至少實施一次，也可以重複多次。可以將同一高密度化處理重複多次，也可以將多種高密度化處理組合起來實施。

例如，可以只是將上述的加熱處理重複多次，也可以將上述的加熱處理與上述的液體供給處理組合起來實施。

【0199】 在高密度化處理後的 CNT 陣列片 3 中，多個 CNT6 的平均體積密度，例如較佳為 $50\text{mg}/\text{cm}^3$ 以上，厚度方向的電阻（導電電阻），在 25°C 下例如較佳為 1Ω 以下，導熱率在厚度方向上例如較佳為 $10\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上。

【0200】 如上所述，準備具有基材 4 及兩個樹脂層 5 的固定片 2、以及兩個 CNT 陣列片 3。

【0201】 接下來，如第 4 圖的 C 所示，在第一樹脂層 5A（表側的樹脂層 5）、以及第二樹脂層 5B（背側的樹脂層 5）的上各配置一個 CNT 陣列片 3（配置製程）。

【0202】 更具體而言，在第一樹脂層 5A 的厚度方向的一側的面（固定片 2 的表面 2A）配置第一 CNT 陣列片 3A，在第二樹脂層 5B 的厚度方向另一側的面（固定片 2 的背面 2B）配置第二 CNT 陣列片 3B。由此，將第一 CNT 陣列片 3A 及第二 CNT 陣列片 3B 以在厚度方向上夾持固定片 2 的方式配置。

【0203】 並且，對配置了第一 CNT 陣列片 3A 及第二 CNT 陣列片 3B 的固定片 2 進行加熱（加熱製程）。

【0204】 加熱溫度在樹脂層 5（熱塑性樹脂）熔融（軟化）的溫度以上、且低於樹脂層 5（熱塑性樹脂）燒失的溫度，例如較佳為 300°C 以上 400°C 以下。加熱時間，例如較佳為 1 分鐘以上，例如較佳為 30 分鐘以下，更佳為 10 分鐘以下。

【0205】 由此，樹脂層 5 熔融，如第 1 圖的 A 所示，CNT 陣列片 3 埋入對應的樹脂層 5，CNT 陣列片 3 的基材 4 側的端部貫通對應的樹脂層 5，並與基材 4 接觸。

【0206】更具體而言，第一樹脂層 5A 熔融，第一 CNT 陣列片 3A 埋入第一樹脂層 5A，第一 CNT 陣列片 3A 的另一側的端部與基材 4 的表面 4A 接觸。另外，第二樹脂層 5B 熔融，第二 CNT 陣列片 3B 埋入第二樹脂層 5B，第二 CNT 陣列片 3B 的一側的端部與基材 4 的背面 4B 接觸。

【0207】另外，熔融狀態的樹脂層 5 與基材 4 及 CNT 陣列片 3 密接，同時進入多個 CNT6 之間。

【0208】另外，在加熱製程中，根據需要，以朝向基材 4 的方式，從厚度方向的外側向內側對第一 CNT 陣列片 3A 及第二 CNT 陣列片 3B 加壓。

【0209】作為壓力，例如較佳為 0.1MPa 以上，更佳為 0.5MPa 以上，例如較佳為 1.0MPa 以下。

【0210】由此，第一 CNT 陣列片 3A 的另一側的端部、以及第二 CNT 陣列片 3B 的一側的端部分別切實地與基材 4 接觸。

【0211】然後，藉由進行冷卻，熔融狀態的樹脂層 5 以與基材 4 及 CNT 陣列片 3 密接的狀態固化。由此，CNT 陣列片 3 在 CNT 陣列片 3 的端部與基材 4 接觸的狀態下固定於對應的樹脂層 5 並被固定片 2 支承。

【0212】如上所述，製造導熱性片材 1。

【0213】此外，在上述的導熱性片材的製造方法中，對樹脂層 5 由熱塑性樹脂形成的情況進行了詳述，在樹脂層 5 由熱固性樹脂形成的情況下，首先，準備與上述的熱固性樹脂對應的未固化的樹脂組合物。未固化的樹脂組合物為液狀的 A 階段狀態。

【0214】進而，將該樹脂組合物在基材 4 的表面 4A 及背面 4B 這兩面塗布，在基材 4 的表面 4A 及背面 4B 這兩面形成樹脂組合物層。然後，維持樹脂組合物層的 A 階段狀態，或者使樹脂組合物層成為半固化的 B 階段狀態。

【0215】 接下來，使 CNT 陣列片 3 埋入表側及背側這兩側的樹脂組合物層，並使 CNT 陣列片 3 的基材 4 側的端部與基材 4 接觸。然後，加熱至規定的固化溫度，使樹脂組合物層固化（完全固化），成為 C 階段狀態的樹脂層 5。由此也能夠製造導熱性片材 1。

【0216】 （3）導熱性片材的使用方式

如第 1 圖的 B 所示，這樣的導熱性片材 1 作為 TIM 例如以在厚度方向上被夾持於電子元件 11（物件物）與散熱部件 10（物件物）之間的方式配置使用。

【0217】 作為電子元件 11，例如可舉出半導體元件（IC（積體電路）晶片等）、發光二極體（LED）、高輸出鐳射振盪元件、高輸出燈、功率半導體元件等。

【0218】 此外，在電子元件 11 為例如半導體元件等的情況下，作為導熱性片材 1，適宜選擇基材 4 為導電性基材的導電型導熱性片材。另外，在電子元件 11 為例如 LED 等的情況下，作為導熱性片材 1，適宜選擇基材 4 為絕緣性基材的絕緣型導熱性片材。

【0219】 作為散熱部件 10，例如可舉出散熱器、散熱片（heat spreader）等。

【0220】 另外，在電子元件 11 的表面 11B 以及散熱部件 10 的表面 10A 形成有微小凹凸（表面粗糙度）。這些表面粗糙度 Rz（依據 JIS B0601-2013 的十點平均粗糙度），例如較佳為 1 μ m 以上 10 μ m 以下。

【0221】 並且，在導熱性片材 1 中，第一 CNT 陣列片 3A 的多個 CNT6 追隨散熱部件 10 的表面 10A 的微小凹凸，與散熱部件 10 的表面 10A 穩定地接觸。另外，第二 CNT 陣列片 3B 的多個 CNT6 追隨電子元件 11 的表面 11B 的微小凹凸，與電子元件 11 的表面 11B 穩定地接觸。

【0222】 因此，若電子元件 11 發熱，則從電子元件 11 產生的熱，依次經

由第二 CNT 陣列片 3B、基材 4 以及第一 CNT 陣列片 3A 而向散熱部件 10 傳導。

【0223】 (4) 作用效果

如第 1 圖的 A 所示，導熱性片材 1 在固定片 2 上夾著樹脂具備 CNT 陣列片 3。CNT 陣列片 3 具備多個 CNT6，該多個 CNT6 在厚度方向上取向，且在面方向上相互連續地以成為片材形狀的方式排列。

【0224】 因此，如第 1 圖的 B 所示，在使導熱性片材 1 與物件物（例如散熱部件 10 及電子元件 11）接觸時，能夠使 CNT 陣列片 3 的多個 CNT6 追隨物件物表面的微小凹凸。

【0225】 另外，如第 1 圖的 A 所示，CNT 陣列片 3 在固定片 2 的表面 2A 及背面 2B 這兩面埋入，因此能夠抑制 CNT 陣列片 3 具有的 CNT6 從固定片 2 脫落。

【0226】 另外，若 CNT 陣列片 3 的平均體積密度為 $50\text{mg}/\text{cm}^3$ 以上，則能夠提高 CNT 陣列片 3 的導熱率，進而，能夠提高導熱性片材 1 的導熱率。

【0227】 另外，如第 4 圖的 C 所示，在從生長基板 15 剝離後，將 CNT 陣列片 3 埋入固定片 2。因此，可以在將 CNT 陣列片 3 從生長基板 15 剝離並進行高密度化處理後，使 CNT 陣列片 3 埋入固定片 2。

【0228】 另外，如第 1 圖的 A 所示，CNT 陣列片 3 的基材 4 側的端部埋入對應的樹脂層 5 並與基材 4 接觸。因此，能夠切實地抑制 CNT 陣列片 3 具有的 CNT6 從固定片 2 脫落，並且能夠切實地提高導熱性片材 1 的導熱率。

【0229】 另外，在基材 4 為具有導電性的導電性基材的情況下，因為具有導電性的 CNT 陣列片 3 與具有導電性的基材 4 接觸，所以能夠對導熱性片材 1 賦予導電性。

【0230】 另外，在基材 4 為由無機物的燒結體形成的陶瓷片材的情下，因

為 CNT 陣列片 3 與具有電絕緣性的基材 4 接觸，所以能夠對導熱性片材 1 賦予電絕緣性。

【0231】另外，如第 1 圖的 A 所示，在樹脂層 5 由熱塑性樹脂形成的情下，將從生長基板 15 剝離得到的 CNT 陣列片 3 配置到在基材 4 的兩面配置的樹脂層 5 上，然後進行加熱，從而使 CNT 陣列片 3 的基材 4 側的端部埋入對應的樹脂層 5 並與基材 4 接觸。

【0232】另外，在樹脂層 5 由熱固性樹脂形成的情況下，將從生長基板 15 剝離得到的 CNT 陣列片 3 埋入在基材 4 的兩面配置的樹脂組合物層，並使 CNT 陣列片 3 的基材 4 側的端部與基材 4 接觸，然後使樹脂組合物層固化從而做成樹脂層 5。

【0233】因此，該方法是一種簡易的方法，並且能夠高效地製造導熱性片材 1，該導熱性片材 1 具備埋入對應的樹脂層 5 的 CNT 陣列片 3。

【0234】（第二實施方式）

接下來，參照第 5 及 6 圖的 C，對本發明的第二實施方式進行說明。此外，在第二實施方式中，對於和上述第一實施方式相同的部件標注相同的圖式標記並省略說明。

【0235】在第二實施方式中，如第 5 圖所示，基材 4 為奈米碳管集合體。奈米碳管集合體是多個 CNT 的集合體，例如可舉出衝壓成型片材、上述的 CNT 陣列片 3、奈米碳管薄條層疊片材（以下稱為薄條層疊片材）等，較佳地可舉出 CNT 陣列片 3 及薄條層疊片材。此外，在第 5 圖中表示了基材 4 為薄條層疊片材 23 的情況。

【0236】衝壓成型片材是藉由習知的衝壓成型使多個 CNT 形成為片材形狀而得到的，多個 CNT 無規則地配置。

【0237】薄條層疊片材 23 具備在厚度方向上層疊的多個奈米碳管薄條 24（以下稱為 CNT 薄條 24）。

【0238】如第 6 圖的 A 所示，CNT 薄條 24 以由多個奈米碳管單紗 25（以下稱為 CNT 單紗 25）在與 CNT 單紗 25 的延伸方向交差的方向上排列成片材狀的方式形成。

【0239】CNT 單紗 25 是將由多個 CNT6 構成的束（hundle）呈直線狀連續地相連而形成的。CNT 單紗 25 是未經撚合的無撚紗，CNT 單紗 25 的外徑例如較佳為 5nm 以上 100nm 以下。

【0240】為了製備這樣的薄條層疊片 23，首先，如第 6 圖的 A 所示，與上述第一實施方式同樣地，準備配置有 VACNTs19 的生長基板 15。

【0241】另外，如第 6 圖的 B 所示，將輥 26 相對於生長基板 15 空出間隔進行配置。輥 26 具有圓柱形狀，可以以其軸線為旋轉中心進行旋轉。另外，在輥 26 的周面上較佳設置有樹脂膜。

【0242】接下來，如第 6 圖的 A 所示，從 VACNTs19 抽出 CNT 薄條 24。

【0243】為了從 VACNTs19 抽出 CNT 薄條 24，利用未圖示的抽出工具一併地對 VACNTs19 中的位於各列 19A 的端部的 CNT6 進行保持、牽拉。

【0244】於是，對被牽拉 CNT6 從對應的粒狀體 18A 進行拉拔（參照第 3 圖的 A）。此時，與被拉拔的 CNT6 相鄰的 CNT6 會由於與被拉拔的 CNT6 之間的摩擦力及範德瓦耳斯力等而附著於該 CNT6，被從對應的粒狀體 18A 拉拔。

【0245】由此，多個 CNT6 依次連續地從 VACNTs19 抽出，形成多個 CNT6 呈直線狀連續地相連的 CNT 單紗 25。

【0246】如第 6 圖的 A 的放大圖所示，由於各列 19A 的 CNT6 同時且平行地一併抽出，因此這樣的 CNT 單紗 25 在與 CNT 單紗 25 的延伸方向交叉（相交）

的方向上並排配置有多個。

【0247】 並且，並排配置的多個 CNT 單紗 25 大致呈片材形狀，形成為 CNT 薄條 24。即，CNT 薄條 24 由多個 CNT 單紗 25 以並排配置的方式抽出而成。

【0248】 接下來，如第 6 圖的 B 所示，將 CNT 薄條 24 的抽出方向下游的端部固定於輥 26，使輥 26 旋轉。由此，使 CNT 薄條 24 在輥 26 的周面上捲繞多圈。

【0249】 並且，將捲繞於輥 26 的 CNT 薄條 24 利用切割刀（例如、剃刀、切刀等）沿輥 26 的軸線方向切斷而從輥 26 脫離。

【0250】 由此，如第 6 圖的 C 所示，製造呈片材形狀的薄條層疊片材 23。薄條層疊片材 23 的層疊數例如較佳為 5 層以上，更佳為 10 層以上，例如較佳為 1000 層以下，更佳為 500 層以下。另外，薄條層疊片材 23 的厚度，例如較佳為 $0.01\mu\text{m}$ 以上，更佳為 $5\mu\text{m}$ 以上，例如較佳為 $500\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $200\mu\text{m}$ 以下。

【0251】 另外，較佳向 CNT 薄條 24 和/或薄條層疊片材 23 供給上述的揮發性的液體。

【0252】 作為揮發性的液體，較佳地可舉出有機溶劑，更佳地為低級醇類，最佳為乙醇。這樣的揮發性的液體可以單獨使用或兩種以上並用。另外，在揮發性的液體中也可以含有金屬粒子。

【0253】 為了向 CNT 薄條 24 供給揮發性的液體，例如是如第 6 圖的 B 所示那樣，一邊使輥 26 旋轉，一邊利用噴霧器 27 依次向輥 26 的周面上捲繞的 CNT 薄條 24 噴射揮發性的液體。另外，也能夠在生長基板 15 與輥 26 之間，使 CNT 薄條 24 藉由揮發性的液體。

【0254】 另外，為了向薄條層疊片材 23 供給揮發性的液體，可以是向薄條層疊片材 23 噴射揮發性的液體，也可以將薄條層疊片材 23 浸漬於揮發性的液

體。

【0255】 並且，由於揮發性的液體發生氣化，因此各 CNT 單紗 25 的密度提高。另外，在薄條層疊片材 23 中層疊的 CNT 薄條 24 在厚度方向上相互密集。

【0256】 藉由該第二實施方式，也能夠起到與上述第一實施方式同樣的作用效果。

【0257】 （第三實施方式）

接下來，參照第 7 圖的 A 及第 7 圖的 B，對本發明的第三實施方式進行說明。此外，在第三實施方式中，對於和上述第一實施方式相同的部件標注相同的圖式標記並省略說明。

【0258】 在第三實施方式，如第 7 圖的 A 所示，固定片 2 具備具有導電性的導電層 32。更具體而言，固定片 2 僅由導電層 32 構成，導熱性片材 1 具備導電層 32（固定片 2）、以及兩個 CNT 陣列片 3。

【0259】 作為導電層 32，例如可舉出上述的基材 4 的金屬片材等，較佳地可舉出由鐵形成的鐵片材、以及由鈦形成的鈦片材。另外，導電層 32 較佳具有撓性。作為導電層 32 的厚度的範圍，例如與上述的基材 4 的厚度的範圍相同。

【0260】 兩個 CNT 陣列片 3 以在厚度方向上夾持導電層 32 的方式，在導電層 32 的表面 32A 及背面 32B 各配置有一個。並且，CNT 陣列片 3 的導電層 32 側的端部與導電層 32 的介面接合。

【0261】 更詳細而言，第一 CNT 陣列片 3A 在導電層 32 的表面 32A 配置，第一 CNT 陣列片 3A 的另一側的端部與導電層 32 的表面 32A 接合。另外，第二 CNT 陣列片 3B 在導電層 32 的背面 32B 配置，第二 CNT 陣列片 3B 的一側的端部與導電層 32 的背面 32B 接合。

【0262】 此外，在第三實施方式中，固定片 2 僅由導電層 32 構成，因此，

導電層 32 的表面 32A 與固定片 2 的表面 2A 對應，導電層 32 的背面 32B 與固定片 2 的背面 2B 對應。

【0263】為了製造這樣的導熱性片材 1，首先如第 7 圖的 B 所示那樣準備導電層 32（導電層準備製程）。

【0264】接下來，在與上述第一實施方式同樣地準備的 CNT 陣列片 3 的任一面，利用習知的方法蒸鍍與形成導電層 32 的金屬相同的金屬。

【0265】並且，將 CNT 陣列片 3 以 CNT 陣列片 3 的金屬的蒸鍍面與導電層 32 接觸的方式配置於導電層 32 的表面 32A 及背面 32B 這兩面（配置製程）。

【0266】接下來，對配置了 CNT 陣列片 3 的導電層 32 進行加熱（加熱製程）。

【0267】加熱溫度例如較佳為 300℃ 以上，更佳為 500℃ 以上，例如較佳為 2500℃ 以下，更佳為 2000℃ 以下。加熱時間例如較佳為 1 分鐘以上，例如較佳為 60 分鐘以下，更佳為 30 分鐘以下。

【0268】由此，CNT 陣列片 3 的 CNT6 與導電層 32 擴散接合。

【0269】這樣的加熱製程較佳在真空中或非活性氣體氣氛中實施。

【0270】另外，在加熱製程中，根據需要，以朝向導電層 32 的方式，從厚度方向的外側向內側對 CNT 陣列片 3 加壓。壓力的範圍與上述的壓力範圍相同。由此，CNT 陣列片 3 的 CNT6 與導電層 32 的介面切實地密接，CNT6 與導電層 32 切實地接合。

【0271】藉由如上所述，CNT 陣列片 3（CNT6）的端部與導電層 32 的介面接合，CNT 陣列片 3 被導電層 32 支承。

【0272】這樣的導熱性片材 1 的厚度方向的電阻（導電電阻）的範圍，與

上述的基材 4 為導電性基材時的導熱性片材 1 的電阻的範圍相同。另外，導熱性片材 1 的導熱率的範圍與上述的導熱性片材 1 的導熱率的範圍相同。

【0273】根據該第三實施方式，CNT 陣列片 3（CNT6）的端部與導電層 32 的介面接合，因此能夠切實地抑制 CNT 陣列片 3 具有的 CNT6 從導電層 32 脫落，同時能夠切實地提高導熱性片材 1 的導熱率，而且能夠使導熱性片材 1 具備導電性。

【0274】另外，在將從生長基板 15 剝離得到的 CNT 陣列片 3 在固定片 2 的兩面配置後進行加熱，從而使 CNT 陣列片 3 的導電層 32 側的端部與導電層 32 的介面接合。因此，該方法是一種簡易的方法，並且能夠製造導熱性片材 1，在該導熱性片材 1 中，CNT 陣列片 3 的導電層 32 側的端部與導電層 32 的介面接合。

【0275】藉由該第三實施方式，也能夠起到與上述第一實施方式同樣的作用效果。

【0276】（第四實施方式）

【0277】接下來，參照第 8 圖的 A 至第 9 圖的 B 對本發明的第四實施方式進行說明。此外，在第四實施方式中，對於和上述第一實施方式相同的部件標注相同的圖式標記並省略說明。

【0278】在第四實施方式中，如第 8 圖的 A 及第 9 圖的 A 所示，第一 CNT 陣列片 3A（表側的 CNT 陣列片 3）及第二 CNT 陣列片 3B（背側的 CNT 陣列片 3）在固定片 2 中相互接觸。

【0279】固定片 2 由金屬或樹脂材料形成。

【0280】作為金屬，例如可舉出形成上述基材 4 的金屬片材的金屬，較佳地可舉出鐵及鈦，從與 CNT 的相溶性的觀點，更佳地可舉出鈦。作為樹脂材料，

例如可舉出形成上述的樹脂層 5 的樹脂材料，優選地可舉出熱塑性樹脂。

【0281】 另外，固定片 2 較佳具有撓性。作為固定片 2 的厚度的範圍，例如與上述的基材 4 的厚度的範圍相同。

【0282】 第一 CNT 陣列片 3A 的另一側的端部埋入固定片 2 的表面 2A，第一 CNT 陣列片 3A 被固定片 2 支承。第二 CNT 陣列片 3B 的一側的端部埋入固定片 2 的背面 2B，第二 CNT 陣列片 3B 被固定片 2 支承。並且，第一 CNT 陣列片 3A 的另一側端部與第二 CNT 陣列片 3B 的一側端部在固定片 2 中相互接觸。

【0283】 為了製造這樣的導熱性片材 1，例如在固定片 2 由金屬形成的情況下，首先，準備含有金屬粒子的膏（膏準備製程）。

【0284】 為了準備膏，使金屬粒子在樹脂溶液中分散。

【0285】 金屬粒子是由上述的金屬形成的粒子，其平均一次粒徑例如較佳為 $0.1\mu\text{m}$ 以上，更佳為 $1\mu\text{m}$ 以上，例如較佳為 $30\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $10\mu\text{m}$ 以下。另外，金屬粒子的含量比例相對於膏總量，例如較佳為 5 品質%以上，更佳為 10 品質%以上，例如較佳為 50 品質%以下，更佳為 30 品質%以下。

【0286】 樹脂溶液是將上述的樹脂材料溶解於溶劑（例如水、有機溶劑等）而成的溶液。作為樹脂材料，較佳地可舉出熱塑性樹脂，更佳地可舉出 PVA。

【0287】 接下來，如第 8 圖的 B 所示，在與上述的第一實施方式同樣地準備的第二 CNT 陣列片 3B（CNT 陣列片 3）的厚度方向的一側的面上塗布膏，形成含粒子層 40。因此，含粒子層 40 含有金屬粒子。此外，在第 8 圖的 B 中將含粒子層 40 含有的金屬粒子表示為金屬粒子 42。

【0288】 含粒子層 40 的厚度例如較佳為 $10\mu\text{m}$ 以上，更佳為 $20\mu\text{m}$ 以上，例如較佳為 $50\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $40\mu\text{m}$ 以下。

【0289】 並且，如第 8 圖的 C 所示，將第一 CNT 陣列片 3A（CNT 陣列片

3) 配置於含粒子層 40 的表面 40A (厚度方向的一側的面)。

【0290】 由此，含粒子層 40 被夾持在第一 CNT 陣列片 3A 和第二 CNT 陣列片 3B 之間。換言之，CNT 陣列片 3 (第一 CNT 陣列片 3A 及第二 CNT 陣列片 3B) 在含粒子層 40 的表面 40A 及背面 40B 這兩面配置。

【0291】 並且，對配置了 CNT 陣列片 3 的含粒子層 40 進行加熱 (加熱製程)。

【0292】 加熱溫度在金屬粒子的熔點以上，低於 CNT6 的昇華溫度，例如較佳為 1000℃ 以上，更佳為 1500℃ 以上，例如較佳為 2500℃ 以下，更佳為 2000℃ 以下。加熱時間例如較佳為 1 分鐘以上，更佳為 10 分鐘以上，例如較佳為 60 分鐘以下，更佳為 30 分鐘以下。

【0293】 於是，含粒子層 40 含有的樹脂材料燒失，並且金屬粒子 42 熔融，進入到 CNT 陣列片 3 的多個 CNT6 之間。

【0294】 由此，形成由金屬構成的固定片 2，第一 CNT 陣列片 3A (表側的 CNT 陣列片 3)、和第二 CNT 陣列片 3B (背側的 CNT 陣列片 3) 埋入固定片 2，在固定片 2 中相互接觸。

【0295】 這樣的加熱製程較佳在真空中或非活性氣體氣氛中實施。

【0296】 另外，在加熱製程中，根據需要，以第一 CNT 陣列片 3A 及第二 CNT 陣列片 3B 相互接近的方式，從厚度方向外側向內側加壓。壓力的範圍與上述的壓力範圍相同。由此，能夠使第一 CNT 陣列片 3A 和第二 CNT 陣列片 3B 在固定片 2 中切實地相互接觸。

【0297】 另外，在固定片 2 由樹脂材料尤其是熱塑性樹脂形成的情況下，為了製造導熱性片材 1，例如將與上述第一實施方式同樣地準備的 CNT 陣列片 3，在固定片 2 的表面 2A 及背面 2B 這兩面配置 (配置製程)。並且，對配置了

CNT 陣列片 3 的固定片 2 進行加熱（加熱製程）。

【0298】 加熱溫度在熱塑性樹脂的軟化點以上、且低於熱塑性樹脂燒失的溫度，例如較佳為 300℃ 以上 400℃ 以下。加熱時間例如較佳為 1 分鐘以上，例如較佳為 30 分鐘以下，更佳為 10 分鐘以下。

【0299】 由此，固定片 2 熔融，熱塑性樹脂進入到 CNT 陣列片 3 的多個 CNT6 之間。

【0300】 由此，第一 CNT 陣列片 3A（表側的 CNT 陣列片 3）和第二 CNT 陣列片 3B（背側的 CNT 陣列片 3）埋入固定片 2，在固定片 2 中相互接觸。

【0301】 這樣的導熱性片材 1 的厚度方向的電阻（導電電阻）的範圍與上述的基材 4 為導電性基材時的導熱性片材 1 的電阻的範圍相同。另外，導熱性片材 1 的導熱率的範圍與上述的導熱性片材 1 的導熱率的範圍相同。

【0302】 根據第四實施方式，如第 8 圖的 A 及第 9 圖的 A 所示，第一 CNT 陣列片 3A 及第二 CNT 陣列片 3B 在固定片 2 中相互接觸，因此能夠切實地抑制 CNT 陣列片 3 具有的 CNT6 從固定片 2 脫落，並且能夠切實地提高導熱性片材 1 的導熱率。

【0303】 另外，在固定片 2 由金屬形成的情況下，在將從生長基板 15 剝離得到的 CNT 陣列片 3 在含粒子層 40 的兩面配置後進行加熱，從而使第一 CNT 陣列片 3A 和第二 CNT 陣列片 3B 埋入固定片 2，在固定片 2 中相互接觸。

【0304】 另外，在固定片 2 由熱塑性樹脂形成的情況下，將從生長基板 15 剝離得到的 CNT 陣列片 3 在固定片 2 的兩面配置，然後進行加熱，從而使第一 CNT 陣列片 3A、和第二 CNT 陣列片 3B 埋入固定片 2，在固定片 2 中相互接觸。

【0305】 因此，該方法是一種簡易的方法，並且能夠製造導熱性片材 1，該導熱性片材 1 的第一 CNT 陣列片 3A 及第二 CNT 陣列片 3B 在固定片 2 中相

互接觸。

【0306】藉由該第四實施方式，也能夠起到與上述第一實施方式同樣的作用效果。此外，雖然在上述中含粒子層 40 藉由膏的塗布來形成，但是並不限定於此，含粒子層 40 也可以是分散有金屬粒子的樹脂片材。

【0307】（變形例）

【0308】在上述的實施方式中，作為 CNT 陣列片 3 的高密度化處理，可舉出加熱處理及液體供給處理，但是 CNT 陣列片 3 的高密度化處理不限於此，也可以藉由機械性壓縮使 CNT 陣列片 3 高密度化。

【0309】例如是如第 10 圖的 A 及第 10 圖的 B 所示那樣，利用兩張推壓板 46 將生長基板 15 上的 VACNTs19 壓縮，來製備高密度化的 CNT 陣列片 3。

【0310】更詳細而言，是在將兩張推壓板 46 以夾持 VACNTs19 的方式配置後，使兩張推壓板 46 以相互靠近的方式滑動，將 VACNTs19 壓縮。於是，VACNTs19 的多個 CNT6 從對應的粒狀體 18A 脫離，以相互接觸的方式被壓縮。

【0311】由此，也能夠使 VACNTs19 從生長基板 15 分離，能夠準備高密度化的 CNT 陣列片 3。

【0312】在上述的實施方式中，基材 4 呈片材形狀（薄膜形狀），但是並不限定於此，也可以呈平板形狀。作為平板形狀的基材 4，例如可舉出金屬板材、陶瓷板材、石墨板材、奈米碳管集合體、含有導電性粒子的樹脂片材等。

【0313】這些第一實施方式~第四實施方式及變形例能夠適當地進行組合。

【0314】＜第二發明＞

接下來，參照第 11 至 18 圖的 C 對第二發明進行說明。此外，在第二發明中，對於和上述第一發明相同的部件標注相同的圖式標記並省略說明。

【0315】 第二發明的奈米碳管複合材料具備基材、在基材上配置的垂直取向奈米碳管、以及將基材與垂直取向奈米碳管黏接的黏接層。

【0316】 以下，對第二發明的奈米碳管複合材料的作為第五實施方式的奈米碳管複合材料 50（以下稱為 CNT 複合材料 50）進行說明。

【0317】 （第五實施方式）

【0318】 （1）奈米碳管複合材料的結構

【0319】 如第 11 圖所示，CNT 複合材料 50 具備基材 51、CNT 陣列片 3 以及黏接層 52。

【0320】 基材 51 具有片材形狀（薄膜形狀）。基材 51 具有規定的厚度並在與其厚度方向正交的面方向（縱向及橫向）上延伸，且具有平坦的表面（厚度方向的一側的面）及平坦的背面（厚度方向另一側的面）。基材 51 的厚度的範圍與上述的基材 4 的厚度的範圍相同。

【0321】 作為基材 51，例如可舉出作為上述的基材 4 例示的導電性基材及絕緣性基材等。在基材 51 中，較佳地可舉出上述的金屬片材及上述的塑膠板材，更佳地可舉出由鋁形成的金屬片材、以及由工程塑料形成的塑膠板材，最佳地可舉出由鋁形成的金屬片材。

【0322】 CNT 陣列片 3 在基材 51 上配置，詳細而言，是在基材 51 的表面（厚度方向的一側的面）上配置。如第 3 圖的 A 及第 3 圖的 B 所示，CNT 陣列片 3 是從生長基板 15 剝離的 VACNTs19。CNT 陣列片 3 由多個 CNT6 形成為片材形狀。如第 11 圖所示，CNT 陣列片 3 中的多個 CNT6 以相對於基材 51 正交的方式取向（垂直地取向）。CNT 陣列片 3 在 CNT 陣列片 3 的厚度方向（以下

稱為厚度方向)上具有一端部 30A、以及一端部 30A 的相反側的另一端部 30B。

【0323】黏接層 52 將基材 51 和 CNT 陣列片 3 黏接。詳細而言，黏接層 52 將 CNT 陣列片 3 的另一端部 30B 埋入其中，將基材 51 和 CNT 陣列片 3 黏接。即，黏接層 52 以將 CNT 陣列片 3 的另一端部 30B 埋入其中的狀態，在基材 51 的表面上配置。CNT 陣列片 3 的另一端部 30B 較佳與基材 51 接觸。

【0324】黏接層 52 的厚度例如較佳為 5 μ m 以上，更佳為 20 μ m 以上，例如較佳為 50 μ m 以下，更佳為 30 μ m 以下。另外，在設 CNT 陣列片 3 的厚度為 100 時，黏接層 52 的厚度例如為 10 以上，更佳選為 25 以上，例如較佳為 50 以下，更佳為 30 以下。

【0325】黏接層 52 例如由作為上述的樹脂層 5 的材料例示的樹脂材料等形成。作為樹脂材料，較佳地可舉出上述的熱固性樹脂以及上述的熱塑性樹脂。

【0326】（2）具備由熱固性樹脂形成的黏接層的 CNT 複合材料的製造方法

【0327】接下來，參照第 12 圖的 A 至第 12 圖的 C 對具有由熱固性樹脂形成的黏接層 52 的 CNT 複合材料 50 的製造方法進行說明。

【0328】在形成黏接層 52 的熱固性樹脂中，較佳地可舉出環氧樹脂及氟類橡膠。

【0329】如果使黏接層 52 由熱固性樹脂形成，則與利用熱塑性樹脂將 CNT 陣列片 3 黏接於基材 51 的情況相比，能夠抑制 CNT 陣列片 3 的取向紊亂，並且能夠穩定地確保 CNT 陣列片 3 與基材 51 的接觸。

【0330】為了製造具備由熱固性樹脂形成的黏接層 52 的 CNT 複合材料 50，如第 12 圖的 A 所示那樣，首先準備基材 51。並且，根據需要，例如藉由 UV 照射、表面研磨等對基材 51 的表面（上表面）進行表面處理。

【0331】 接下來，在基材 51 上形成由熱固性樹脂組合物構成的、A 階段或 B 階段的樹脂組合物層 56。熱固性樹脂組合物是藉由完全固化而成為上述的熱固性樹脂的樹脂組合物。

【0332】 作為在基材 51 上形成 A 階段的樹脂組合物層 56 的方法，例如以習知的方法在基材 51 的上表面塗布由 A 階段（液狀）的熱固性樹脂組合物構成的清漆（varnish），形成 A 階段的樹脂組合物層 56。

【0333】 由 A 階段的熱固性樹脂組合物構成清漆，例如含有藉由聚合而形成上述的熱固性樹脂的聚合成分、以及溶解聚合成分的有機溶劑。

【0334】 作為有機溶劑，例如可舉出作為上述的揮發性的液體例示的有機溶劑。有機溶劑可以單獨或兩種以上並用。在有機溶劑中，較佳極性非質子類，更佳地可舉出 N-甲基吡咯烷酮。

【0335】 另外，作為在基材 51 的上表面形成 B 階段的樹脂組合物層 56 的方法，例如，首先準備由 B 階段（半固化狀態）的熱固性樹脂組合物構成的半固化片材。

【0336】 作為半固化片材，例如可以使用市售產品。

【0337】 接下來，將該半固化片材貼附於基材 51 的上表面，形成 B 階段的樹脂組合物層 56。

【0338】 由此，在基材 51 的上表面形成樹脂組合物層 56。樹脂組合物層 56 的厚度根據 CNT6 的長度適當地變更。

【0339】 接下來，如第 2 圖的 A 至第 2 圖的 C 所示，與上述的 CNT 生長製程同樣地，使 VACNTs19 在生長基板 15 上生長。

【0340】 接下來，如第 12 圖的 A 所示，將生長 VACNTs19 的生長基板 15 以 VACNTs19 處於下側且生長基板 15 處於上側的方式配置。並且，使 VACNTs19

相對於樹脂組合物層 56 在上側空出間隔地面對面。

【0341】 接下來，如第 12 圖的 B 所示那樣，使生長 VACNTs19 的生長基板 15 下降，將 VACNTs19 埋入樹脂組合物層 56。即，不使生長基板 15 剝離地將 VACNTs19 埋入樹脂組合物層 56。由此，與將從生長基板 15 剝離的 VACNTs19（CNT 陣列片 3）埋入樹脂組合物層 56 的情況相比，能夠抑制 VACNTs19 的取向紊亂。

【0342】 另外，在將 VACNTs19 埋入樹脂組合物層 56 時，優選使 VACNTs19 與基材 51 接觸。

【0343】 將 VACNTs19 埋入樹脂組合物層 56 時的溫度例如優選為 50°C 以上，例如優選為 100°C 以下，更佳為 70°C 以下。

【0344】 接下來，對樹脂組合物層 56 進行加熱使其固化。

【0345】 樹脂組合物層 56 的加熱溫度根據選擇的熱固性樹脂的種類可適當地變更，例如較佳為 120°C 以上，更佳為 150°C 以上，例如較佳為 400°C 以下，更佳為 200°C 以下。

【0346】 樹脂組合物層 56 的加熱時間，例如較佳為 20 分鐘以上，更佳為 1 小時以上。

【0347】 另外，在使樹脂組合物層 56 固化的製程中，較佳地，以 VACNTs19 朝向基材 51 的方式，經由生長基板 15 將 VACNTs19 向下側推壓。

【0348】 作為相對於 VACNTs19 的壓力，例如較佳為 1kPa 以上，更佳為 4kPa 以上，最佳為 10kPa 以上。

【0349】 在第五實施方式中，如第 12 圖的 A 及第 12 圖的 B 所示，在使樹脂組合物層 56 固化時，樹脂組合物層 56 相對於基材 51 位於上側，VACNTs19 相對於樹脂組合物層 56 從上側埋入。因此，樹脂組合物層 56 由於自重而與基材

51 密接。其結果，能夠抑制樹脂組合物層 56 與基材 51 分離，能夠抑制 VACNTs19 與基材 51 的黏接不良。

【0350】藉由上述，樹脂組合物層 56 完全固化從而成為將基材 51 與 VACNTs19 黏接的黏接層 52。

【0351】接下來，如第 12 圖的 B 所示，將生長基板 15 從 VACNTs19 剝離。

【0352】為了將生長基板 15 從 VACNTs19 剝離，例如使上述的切割刀 20 沿著生長基板 15 滑行移動，將多個 CNT6 的上端部（生長基板 15 側端部）一併地切斷。然後，將生長基板 15 從 VACNTs19 剝離。VACNTs19 在從生長基板 15 剝離後，成為 CNT 陣列片 3。

【0353】這樣，如果在樹脂組合物層 56 固化後將生長基板 15 從 VACNTs19 剝離，則與在樹脂組合物層 56 固化前將生長基板 15 從 VACNTs19 剝離的情況相比，能夠抑制 VACNTs19 的取向紊亂。

【0354】藉由上述，製造具備由熱固性樹脂形成的黏接層 52 的 CNT 複合材料 50。

【0355】（3）具備由熱塑性樹脂形成的黏接層的 CNT 複合材料的製造方法

接下來，對具備由熱塑性樹脂形成的黏接層 52 的 CNT 複合材料 50 的製造方法進行說明。

【0356】在形成黏接層 52 的熱塑性樹脂中，較佳地可舉出氟類聚合物（例如、聚四氟乙烯（PTFE）、全氟烷氧基（PFA）、聚氟乙烯、聚偏氟乙烯等）。

如果使黏接層 52 由熱塑性樹脂（尤其是氟類聚合物）形成，則能夠將基材 51 和 CNT 陣列片 3 穩定地黏接，並且能夠提高黏接層 52 的耐熱性、耐油性及耐化學性。

【0357】為了製造具備由熱塑性樹脂（尤其是氟類聚合物）形成的黏接層 52 的 CNT 複合材料 50，首先，與上述同樣地準備基材 51，在基材 51 上形成由熱塑性樹脂（尤其是氟類聚合物）形成的黏接層 52。

【0358】作為在基材 51 上形成黏接層 52 的方法，沒有特別限制，例如可舉出將上述的熱塑性樹脂在基材 51 上塗布而形成黏接層 52 的方法、準備由上述的熱塑性樹脂形成的樹脂片材並在基材 51 上配置的方法等。

【0359】接下來，將生長 VACNTs19 的生長基板 15 以 VACNTs19 處於下側且生長基板 15 處於上側的方式配置。並且，使 VACNTs19 相對於黏接層 52 在上側空出間隔地面對面。

【0360】接下來，對黏接層 52 進行加熱，使黏接層 52 熔融。作為黏接層 52 的加熱溫度的範圍，與上述的樹脂層 5 的加熱溫度的範圍相同。

【0361】並且，使生長基板 15 下降，將 VACNTs19 埋入黏接層 52。此時，較佳地，以 VACNTs19 朝向基材 51 的方式，將 VACNTs19 在上述的壓力範圍內朝向下側推壓。另外，較佳地，VACNTs19 貫通黏接層 52 並與基材 51 接觸。

【0362】然後，藉由進行冷卻，熔融狀態的黏接層 52 在與基材 51 及 VACNTs19 密接的狀態下固化。由此，黏接層 52 將基材 51 與 VACNTs19 黏接。

【0363】接下來，與上述同樣地，將生長基板 15 從 VACNTs19 剝離，使 VACNTs19 成為 CNT 陣列片 3。

【0364】藉由上述，製造具備由熱塑性樹脂（尤其是氟類聚合物）形成的黏接層 52 的 CNT 複合材料 50。

【0365】（4）CNT 複合材料的性能及用途

【0366】在黏接層 52 由熱固性樹脂及熱塑性樹脂中的任意樹脂材料形成的情況下，CNT 複合材料 50 的厚度方向的電阻（導電電阻）都與上述的導熱性

片材 1 的厚度方向的電阻（導電電阻）的範圍相同。另外，CNT 複合材料 50 的厚度方向的導熱率與上述的導熱性片材 1 的厚度方向的導熱率的範圍相同。

【0367】這樣的 CNT 複合材料 50 例如能夠適宜地用作防振材料、絕熱材料以及導熱性片材等。

【0368】（5）作用效果

【0369】在第五實施方式中，如第 11 圖所示，因為黏接層 52 將基材 51 和 CNT 陣列片 3（VACNTs19）黏接，所以能夠抑制 CNT 陣列片 3 具有的 CNT6 從基材 51 脫落。

【0370】另外，在黏接層 52 由熱固性樹脂形成的情況下，與利用熱塑性樹脂將 CNT 陣列片 3 黏接於基材 51 的情況相比，能夠抑制 CNT 陣列片 3 的取向紊亂，並且能夠穩定地確保 CNT 陣列片 3 與基材 51 的接觸。

【0371】例如，在日本專利公開 2011-222746 號公報中公開了一種電子設備，該電子設備具備 TIM、發熱體以及散熱體，TIM 具備多個奈米碳管、將奈米碳管與發熱體黏接的第一熱塑性樹脂層、以及將奈米碳管與散熱體黏接的第二熱塑性樹脂層。

【0372】並且，為了製造該電子設備，首先，在發熱體的表面上形成第一熱塑性樹脂層後，以第一熱塑性樹脂層與奈米碳管對置的方式配置發熱體。接下來，在散熱體的表面上形成第二熱塑性樹脂層，以第二熱塑性樹脂層與奈米碳管對置的方式配置散熱體。並且，以在發熱體與散熱體之間施加有載荷的狀態進行熱處理，在使兩個熱塑性樹脂層熔解後進行冷卻，從而將奈米碳管黏接固定於發熱體及散熱體。由此，來製造電子設備。

【0373】但是，在日本專利公開 2011-222746 號公報所述的電子設備中，是在對兩個熱塑性樹脂層進行熱處理使其熔解後進行冷卻，從而將奈米碳管與

發熱體及散熱體黏接，因此存在如下情況：若熱塑性樹脂層的熔解不充分，則無法穩定地確保奈米碳管與發熱體及散熱體的接觸。

【0374】 另一方面，若為了使熱塑性樹脂層充分地分熔解而提高熱處理的溫度，則存在如果情況：由於奈米碳管局部性地密集等，發生奈米碳管的取向紊亂。

【0375】 在這些情況下，無法充分地顯現奈米碳管的特性(例如導熱性等)，存在 TIM 的導熱性能降低等問題。

【0376】 與此對照，在黏接層 52 由熱固性樹脂形成的情況下，如第 12 圖的 A 至第 12 圖的 C 所示，在基材 51 上形成由熱固性樹脂組合物構成的、A 階段或 B 階段的樹脂組合物層 56，然後使 CNT 陣列片 3 埋入樹脂組合物層，對樹脂組合物層進行加熱使其固化，從而能夠將 CNT 陣列片 3 黏接於基材 51。

【0377】 即，因為 CNT 陣列片 3 埋入 A 階段或 B 階段的樹脂組合物層 56，所以在將 CNT 陣列片 3 埋入樹脂組合物層 56 時無需進行熱處理。因此，與將 CNT 陣列片 3 埋入經熱處理而熔解的熱塑性樹脂層的情況相比，能夠抑制 CNT 陣列片 3 的取向紊亂，並且能夠穩定地確保 CNT 陣列片 3 與基材 51 的接觸。

【0378】 另外，在黏接層 52 由氟類聚合物形成的情況下，能夠將基材 51 與 CNT 陣列片 3 穩定地黏接，並且能夠提高黏接層 52 的耐熱性、耐油性及耐化學性。

【0379】 此外，CNT 複合材料 50 如第 12 圖的 C 所示那樣，是將生長基板 15 從 VACNTs19 剝離，但是並不限定於此，也可以不將生長基板 15 從 VACNTs19 剝離。即，能夠將第 12 圖的 B 所示的結構作為 CNT 複合材料 50。在這種情況下，CNT 複合材料 50 具備 VACNTs19、生長基板 15、第一基材 51 以及第一黏接層 52。

【0380】（第六實施方式）

【0381】接下來，參照第 13 至 15 圖的 B，對第二發明的第六實施方式進行說明。此外，在第六實施方式中，對於和上述第五實施方式相同的部件標注標注相同的圖式標記並省略說明。

【0382】（1）奈米碳管複合材料的結構

如第 13 及 14 圖所示，第二發明的作為第六實施方式的奈米碳管複合材料 70（以下稱為 CNT 複合材料 70）具備 CNT 陣列片 3、基材 51、黏接層 52、第二基材 53、第二黏接層 54、作為固定部件（第一固定部件）一例的多個鉚釘 55。此外，以下將基材 51 設為第一基材 51、黏接層 52 設為第一黏接層 52。

【0383】如第 13 圖所示，第一基材 51 具有多個開口 51A。開口 51A 是用於插通鉚釘 55 的開口。多個開口 51A 的個數與多個鉚釘 55 的個數相同。開口 51A 在第一基材 51 的厚度方向上貫通第一基材 51。多個開口 51A 配置於第一基材 51 的周緣部，多個開口 51A 位於在厚度方向上投影時不與 CNT 陣列片 3 重疊的位置。

【0384】第二基材 53 相對於 CNT 陣列片 3 配置在第一基材 51 的相反側。即，CNT 陣列片 3 配置在第一基材 51 和第二基材 53 之間，且配置在第二基材 53 上，詳細而言，是配置在第二基材 53 的厚度方向上的另一側的面上。

【0385】另外，第二基材 53 相對於第一基材 51 沿厚度方向空出間隔地配置。第一基材 51 和第二基材 53 之間間隔的範圍與上述的 CNT6 的平均長度的範圍相同。

【0386】第二基材 53 具有與第一基材 51 相同的結構，在第六實施方式中，第二基材 53 呈片材形狀（薄膜形狀）。

【0387】作為第二基材 53，例如與第一基材 51 同樣地可舉出上述的導電

性基材及絕緣性基材等。雖然第二基材 53 也可以選擇與第一基材 51 不同的基材，但是較佳選擇與第一基材 51 相同的基材。例如，在第一基材 51 為金屬片材的情況下，較佳地選擇金屬片材作為第二基材 53。

【0388】第二基材 53 具有多個開口 53A。開口 53A 是用於插通鉚釘 55 的開口。多個開口 53A 的個數與多個鉚釘 55 的個數相同。開口 53A 沿厚度方向貫通第二基材 53。開口 53A 的直徑與開口 51A 的直徑相同。多個開口 53A 配置於第二基材 53 的周緣部，且以厚度方向上投影時不與多個開口 51A 重疊的方式配置。

【0389】第二黏接層 54 將第二基材 53 和 CNT 陣列片 3 黏接。詳細而言，第二黏接層 54 藉由將 CNT 陣列片 3 的一端部 30A 埋入，將第二基材 53 和 CNT 陣列片 3 黏接。第二黏接層 54 在將 CNT 陣列片 3 的一端部 30A 埋入的狀態下，配置在第二基材 53 的背面（厚度方向另一側的面）上。

【0390】第二黏接層 54 例如與第一黏接層 52 同樣地由上述的樹脂材料形成。在形成第二黏接層 54 的樹脂材料中，較佳地可舉出熱固性樹脂及熱塑性樹脂。在熱固性樹脂中，可舉出環氧樹脂及氟類橡膠。在熱塑性樹脂中，較佳地可舉出氟類聚合物。

【0391】第二黏接層 54 的樹脂材料也可以選擇與第一黏接層 52 不同的樹脂材料，較佳選擇與第一黏接層 52 相同的樹脂材料。例如，在第一黏接層 52 由熱固性樹脂形成的情況下，作為第二黏接層 54 的樹脂材料選擇熱固性樹脂，在第一黏接層 52 由氟類聚合物形成的情況下，作為第二黏接層 54 的樹脂材料選擇氟類聚合物。第二黏接層 54 的厚度的範圍，與第一黏接層 52 的厚度的範圍相同。

【0392】CNT 陣列片 3 的一端部 30A 埋入第二黏接層 54，CNT 陣列片 3 的另一端部 30B 埋入第一黏接層 52。CNT 陣列片 3 的一端部 30A 較佳與第二基

材 53 接觸，CNT 陣列片 3 的另一端部 30B 較佳與第一基材 51 接觸。

【0393】 在 CNT 陣列片 3 中，各 CNT6 具有：埋設於第一黏接層 52 的第一埋設部分 60A、埋設於第二黏接層 54 的第二埋設部分 60B、以及第一埋設部分 60A 和第二埋設部分 60B 之間的部分即露出部分 60C。

【0394】 第一埋設部分 60A 較佳貫通第一黏接層 52。第一埋設部分 60A 的長度的範圍，例如與第一黏接層 52 的厚度的範圍相同。另外，第一埋設部分 60A 的長度的比例相對於 CNT6 的長度 100%，例如較佳為 10%以上，更佳為 25%以上，例如較佳為 40%以下，更佳為 30%以下。

【0395】 第二埋設部分 60B 較佳貫通第二黏接層 54。第二埋設部分 60B 的長度的範圍例如與第二黏接層 54 的厚度的範圍相同。另外，相對於 CNT6 的長度 100%，第二埋設部分 60B 的長度的比例例如較佳為 10%以上，更佳為 25%以上，例如較佳為 50%以下，更佳為 30%以下。

【0396】 多個鉚釘 55 以維持第一基材 51 和第二基材 53 之間間隔的方式將第一基材 51 和第二基材 53 相互固定。鉚釘 55 具備頭部 55A、桿部 55B 以及鉚接部 55C。

【0397】 頭部 55A 設置於鉚釘 55 的厚度方向上的另一側的端部。頭部 55A 相對於第一基材 51 配置於 CNT 陣列片 3 的相反側（厚度方向另一側）。頭部 55A 俯視視角下具有圓形形狀。頭部 55A 的外徑比開口 51A 的直徑大。

【0398】 桿部 55B 是鉚釘 55 的頭部 55A 和鉚接部 55C 之間的部分。桿部 55B 具有在厚度方向上延伸的圓柱形狀。桿部 55B 插通於第一基材 51 的開口 51A，並且插通於第二基材 53 的開口 53A。桿部 55B 的外徑與開口 51A 的直徑大致相同（略小）。

【0399】 鉚接部 55C 設置於鉚釘 55 的厚度方向上的一側的端部。鉚接部

55C 相對於第二基材 53 配置於 CNT 陣列片 3 的相反側（厚度方向的一側）。鉚接部 55C 俯視視角下具有圓形形狀。鉚接部 55C 的外徑比開口 53A 的直徑大。

【0400】這樣的 CNT 複合材料 70 的厚度方向的電阻（導電電阻）的範圍例如與上述的 CNT 複合材料 50 的厚度方向的電阻的範圍相同。CNT 複合材料 70 的厚度方向的導熱率的範圍例如與上述的 CNT 複合材料 50 的厚度方向的導熱率的範圍相同。

【0401】這樣的 CNT 複合材料 70 可以用於與上述的 CNT 複合材料 50 相同的用途，但是較佳用作防振材料。即，防振材料含有 CNT 複合材料 70，較佳由 CNT 複合材料 70 構成。

【0402】在含有 CNT 複合材料 70 的防振材料中，CNT 陣列片 3 利用第一黏接層 52 黏接於第一基材 51，並且利用第二黏接層 54 黏接於第二基材 53，因此當振動從厚度方向的外側作用於 CNT 複合材料 70 時，該振動經由第一基材 51 和/或第二基材 53 向 CNT 陣列片 3 傳導。

【0403】於是，CNT 陣列片 3 所具備的多個 CNT6 因振動能量而在取向方向上伸縮。此時，因為在多個 CNT6 之間存在空氣，所以 CNT6 的伸縮能量（動能）因與空氣的摩擦而變換為熱能。由此，能夠高效地減輕來自外部的振動。

【0404】（2）CNT 複合材料 70 的製造方法

接下來，參照第 15 圖的 A 及第 15 圖的 B，對 CNT 複合材料 70 的製造方法進行說明。

【0405】首先，如第 12 圖的 A 至第 12 圖的 C 所示，與第五實施方式同樣地，利用第一黏接層 52 將第一基材 51 與 CNT 陣列片 3 黏接。

【0406】另外，如第 15 圖的 A 所示，準備第二基材 53。並且，根據需要，例如藉由 UV 照射、表面研磨等對第二基材 53 的上表面進行表面處理。

【0407】 接下來，在第二黏接層 54 由熱固性樹脂形成的情況下，在第二基材 53 上，詳細而言，是在第二基材 53 的上表面，形成由熱固性樹脂組合物構成的、A 階段或 B 階段的第二樹脂組合物層 57。

【0408】 作為在第二基材 53 的上表面形成第二樹脂組合物層 57 的方法，例如，可舉出與在第一基材 51 的上表面形成樹脂組合物層 56（以下稱為第一樹脂組合物層 56）的方法相同的方法。第二樹脂組合物層 57 的厚度的範圍，與第一樹脂組合物層 56 的厚度的範圍相同。

【0409】 接下來，如第 15 圖的 A 所示，將黏接有 CNT 陣列片 3 的第一基材 51，以 CNT 陣列片 3 處於下側且第一基材 51 處於上側的方式，上下顛倒地配置。並且，使 CNT 陣列片 3 相對於第二樹脂組合物層 57 在上側空出間隔地面對面。

【0410】 接下來，如第 15 圖的 A 及第 15 圖的 B 所示那樣，使黏接有 CNT 陣列片 3 的第一基材 51 下降，以第二基材 53 相對於 CNT 陣列片 3 位於第一基材 51 的相反側的方式，將 CNT 陣列片 3 埋入第二樹脂組合物層 57。

【0411】 將 CNT 陣列片 3 埋入第二樹脂組合物層 57 時的溫度範圍與將 VACNTs19 埋入第一樹脂組合物層 56 時的溫度範圍相同。

【0412】 此時，在第一基材 51 和第二基材 53 之間較佳設置作為固定部件（第二固定部件）一例的間隔部 58。即，第六實施方式進一步包含設置間隔部 58 的製程。

【0413】 詳細而言，間隔部 58 以維持第一基材 51 和第二基材 53 之間的間隔的方式將第一基材 51 和第二基材 53 固定，間隔部 58 夾入於第一基材 51 的周緣部和第二基材 53 的周緣部之間。間隔部 58 設置於在上下方向上投影時不與開口 51A 及開口 53A 重疊的位置。間隔部 58 的個數沒有特別限制，但是較佳為兩個以上。由此，能夠高精度地確保第一基材 51 和第二基材 53 之間的空間。

【0414】 接下來，對第二樹脂組合物層 57 進行加熱使其固化。

【0415】 第二樹脂組合物層 57 的加熱溫度的範圍與第一樹脂組合物層 56 的加熱溫度的範圍相同。第二樹脂組合物層 57 的加熱時間的範圍與第一樹脂組合物層 56 的加熱時間的範圍相同。

【0416】 另外，在使第二樹脂組合物層 57 固化的製程中，較佳以 CNT 陣列片 3 朝向第二基材 53 的方式，以上述的壓力將 CNT 陣列片 3 向下側推壓。

【0417】 在第六實施方式中，在使第二樹脂組合物層 57 固化時，第二樹脂組合物層 57 相對於第二基材 53 位於上側，CNT 陣列片 3 相對於第二樹脂組合物層 57 從上側埋入。因此，第二樹脂組合物層 57 因自重而與第二基材 53 密接。其結果，能夠抑制第二樹脂組合物層 57 從第二基材 53 分離，能夠抑制 CNT 陣列片 3 與第二基材 53 的黏接不良。

【0418】 藉由上述，第二樹脂組合物層 57 完全固化從而成為將第二基材 53 和 CNT 陣列片 3 黏接的第二黏接層 54。

【0419】 另外，在第二黏接層 54 由熱塑性樹脂（尤其是氟類聚合物）形成的情況下，與在第一基材 51 上形成第一黏接層 52 的方法同樣地，在第二基材 53 上形成由熱塑性樹脂（尤其是氟類聚合物）形成的第二黏接層 54。

【0420】 接下來，對第二黏接層 54 進行加熱，使第二黏接層 54 熔融。作為第二黏接層 54 的加熱溫度的範圍，與上述的第一黏接層 52 的加熱溫度相同。

【0421】 並且，與上述同樣地，以第二基材 53 相對於 CNT 陣列片 3 位於第一基材 51 的相反側的方式，將 CNT 陣列片 3 埋入第二黏接層 54。然後，藉由進行冷卻，熔融狀態的第二黏接層 54 在與第二基材 53 及 CNT 陣列片 3 密接的狀態下固化。由此，第二黏接層 54 將第二基材 53 和 CNT 陣列片 3 黏接。

【0422】 然後，如第 15 圖的 B 所示，利用多個鉚釘 55 將第一基材 51 和第

二基材 53 固定。即，第六實施方式進一步包含設置鉚釘 55 的製程。

【0423】 將第一基材 51 和第二基材 53 固定之前的鉚釘 55 僅由頭部 55A 及桿部 55B 構成。並且，將鉚釘 55 的桿部 55B 相對於開口 51A 及開口 53A 從上側插通。此時，桿部 55B 的遊端部（頭部 55A 的相反側的端部）比第二基材 53 更向下側突出。然後，如第 13 圖所示，將桿部 55B 的遊端部鉚接，形成鉚接部 55C。

【0424】 如上所述，製造 CNT 複合材料 50。

【0425】 （3）作用效果

【0426】 如第 13 圖所示，CNT 複合材料 70 更具備相對於 CNT 陣列片 3 配置於第一基材 51 的相反側的第二基材 53、以及將第二基材 53 和 CNT 陣列片 3 黏接的第二黏接層 54。

【0427】 因此，能夠構成將 CNT 陣列片 3 配置在第一基材 51 和第二基材 53 之間的構造體。

【0428】 另外，在第二黏接層 54 由熱固性樹脂形成的情況下，如第 15 圖的 A 及第 15 圖的 B 所示，在第二基材 53 上形成由熱固性樹脂組合物構成的、A 階段或 B 階段的第二樹脂組合物層 57，然後以與第二基材 53 接觸的方式，將 CNT 陣列片 3 埋入第二樹脂組合物層 57，對第二樹脂組合物層 57 進行加熱使其固化，從而能夠將 CNT 陣列片 3 黏接於第二基材 53。

【0429】 因此，能夠抑制 CNT 陣列片 3 的取向紊亂，能夠穩定地確保 CNT 陣列片 3 與第二基材 53 的接觸。其結果，能夠使 CNT 陣列片 3 位於第一基材 51 和第二基材 53 之間，並且能夠穩定地確保 CNT 陣列片 3、與第一基材 51 及第二基材 53 的接觸。

【0430】 另外，在第二黏接層 54 由氟類聚合物形成的情況下，能夠將第二

基材 53 和 CNT 陣列片 3 穩定地黏接，並且能夠提高第二黏接層 54 的耐熱性、耐油性及耐化學性。

【0431】如第 13 圖所示，鉚釘 55 將第一基材 51 和第二基材 53 固定。因此，能夠抑制當力從外部作用於 CNT 複合材料 70 時 CNT 複合材料 70 發生變形。另外，鉚釘 55 能夠抑制第一基材 51 和第二基材 53 以朝向厚度方向的外側相互遠離的方式移動。其結果，能夠穩定地維持將 CNT 陣列片 3 在第一黏接層 52 及第二黏接層 54 中分別埋設的狀態。

【0432】如第 15 圖的 B 所示，在 CNT 複合材料 70 中設置間隔部 58。間隔部 58 能夠抑制第一基材 51 和第二基材 53 以朝向厚度方向的內側相互接近的方式移動的情況。因此，能夠高精度地確保第一基材 51 和第二基材 53 之間的空間。

【0433】其結果，鉚釘 55 及間隔部 58 能夠維持第一基材 51 和第二基材 53 之間的間隔。由此，能夠穩定地維持 CNT 陣列片 3 在第一黏接層 52 及第二黏接層 54 中分別埋設的狀態。

【0434】如第 13 圖所示，CNT 複合材料 70 可以適宜地用作防振材料。在 CNT 複合材料 70 中，CNT 陣列片 3 利用第一黏接層 52 與第一基材 51 黏接，並且利用第二黏接層 54 與第二基材 53 黏接。

【0435】因此，當振動從厚度方向的外側作用於 CNT 複合材料 70 時，該振動經由第一基材 51 和/或第二基材 53 向 CNT 陣列片 3 傳導。

【0436】於是，CNT 陣列片 3 所具備的多個 CNT6，因振動能量而在取向方向（厚度方向）上伸縮。此時，因為在多個 CNT6 之間存在空氣，所以能夠藉由與空氣的摩擦將 CNT6 的伸縮能量（動能）變換為熱能。其結果，能夠高效地減輕來自外部的振動。

【0437】 通該第六實施方式，也能夠起到與第五實施方式同樣的作用效果。

【0438】 （第七實施方式）

【0439】 接下來，參照第 16 圖對第二發明的第七實施方式進行說明。此外，在第七實施方式中，對於和上述的第五實施方式及第六實施方式相同的部件標注相同的圖式標記並省略說明。

【0440】 在第六實施方式中，如第 13 圖所示，第一基材 51 及第二基材 53 分別呈片材形狀，但是對於第一基材 51 及第二基材 53 各自的形狀並沒有特別限制。

【0441】 在第七實施方式中，如第 16 圖所示，第二基材 53 是上述的散熱部件 10。具體而言，CNT 複合材料 80 具備 CNT 陣列片 3、第一基材 51、第一黏接層 52、散熱部件 10、第二黏接層 54。並且，第二黏接層 54 將散熱部件 10 與 CNT 陣列片 3 黏接。

【0442】 此外，CNT 複合材料 80 具備第一基材 51 及第一黏接層 52，但是並不限定於此，CNT 複合材料 80 也可以不具備第一基材 51 及第一黏接層 52。

【0443】 （第八實施方式）

【0444】 接下來，參照第 17 圖的 A 及第 17 圖的 B，對第二發明的第八實施方式進行說明。此外，在第八實施方式中，對於和上述的第五實施方式相同的部件標注相同的圖式標記並省略說明。

【0445】 在第五實施方式中，如第 12 圖的 A 至第 12 圖的 C 所示，在生長基板 15 上生長的 VACNTs19 沒有從生長基板 15 剝離，且埋入樹脂組合物層 56（或由熱塑性樹脂形成的黏接層 52），但是並不限定於此。

【0446】 在第八實施方式中，如第 17 圖的 A 及第 17 圖的 B 所示，將從生

長基板 15 剝離得到的 CNT 陣列片 3 埋入樹脂組合物層 56（或由熱塑性樹脂形成的黏接層 52）。

【0447】在第八實施方式中，如第 2 圖的 A 至第 2 圖的 C 所示，在使 VACNTs19 在生長基板 15 上生長後，如第 3 圖的 A 及第 3 圖的 B 所示，將 VACNTs19 從生長基板 15 剝離而做成 CNT 陣列片 3。

【0448】然後，如第 4 圖的 A 及第 4 圖的 B 所示，對 CNT 陣列片 3 進行上述的高密度化處理、較佳是進行加熱處理。即，第八實施方式進一步含有：將 VACNTs19 從生長基板 15 剝離而做成 CNT 陣列片 3 的製程、以及對 CNT 陣列片 3 進行高密度化處理的製程。

【0449】然後，如第 17 圖的 A 及第 17 圖的 B 所示，將進行了高密度化處理的 CNT 陣列片 3 與上述同樣地，埋入第一基材 51 上的樹脂組合物層 56（或由熱塑性樹脂形成的黏接層 52）。接下來，使樹脂組合物層 56 與上述同樣地加熱固化，做成將第一基材 51 和 CNT 陣列片 3 黏接的第一黏接層 52。由此，能夠製造 CNT 複合材料 90。

【0450】根據第八實施方式，從生長基板 15 剝離而做成 CNT 陣列片 3，然後對 CNT 陣列片 3 進行高密度化處理，因此能夠提高 CNT 陣列片 3 的特性（例如導熱性等），進而，能夠提高 CNT 複合材料 90 的性能。另外，藉由第八實施方式，也能夠起到與第五實施方式同樣的作用效果。

【0451】（第九實施方式）

【0452】接下來，參照第 18 圖的 A 及第 18 圖的 B，對第二發明的第九實施方式進行說明。此外，在第九實施方式中，對於和上述的第五實施方式相同的部件標注相同的圖式標記並省略說明。

【0453】在第五實施方式中，如第 11 圖所示，CNT 陣列片 3 僅配置於第一

基材 51 的厚度方向上的一側的面，但是並不限定於此。

【0454】 在第九實施方式中，與第一發明同樣地，將 CNT 陣列片 3 配置於第一基材 51 的厚度方向上的兩面。

【0455】 在第九實施方式中，如第 13C 圖所示，與上述同樣地，準備利用第一黏接層 52 黏接了 CNT 陣列片 3 的第一基材 51。

【0456】 接下來，如第 18 圖的 A 所示，在第一基材 51 的第一黏接層 52 的相反側的面，與上述同樣地，形成第二樹脂組合物層 57。

【0457】 接下來，準備生長 VACNTs19 的生長基板 15，以 VACNTs19 與第一基材 51 接觸的方式，將 VACNTs19 埋入第二樹脂組合物層 57。

【0458】 接下來，如第 18 圖的 B 所示，對第二樹脂組合物層 57 與上述同樣地進行加熱使其固化從而做成第二黏接層 54。

【0459】 接下來，與上述同樣地，將生長基板 15 從 VACNTs19 剝離。由此，使 VACNTs19 成為 CNT 陣列片 3。

【0460】 如上所述，如第 18 圖的 C 所示，製造 CNT 複合材料 100。

【0461】 CNT 複合材料 100 具備第一基材 51；配置於第一基材 51 的厚度方向上的兩面（一側的面及另一側的面）的兩個 CNT 陣列片 3；以 CNT 陣列片 3 與第一基材 51 的厚度方向上的另一側的面接觸的方式，將第一基材 51 和 CNT 陣列片 3 黏接的第一黏接層 52；以 CNT 陣列片 3 與第一基材 51 的厚度方向上的一側的面接觸的方式，將第一基材 51 和 CNT 陣列片 3 黏接的第二黏接層 54。

【0462】 此外，CNT 複合材料 100 是第一發明的導熱性片材的一例，第一基材 51、第一黏接層 52、以及第二黏接層 54 構成第一發明的固定片的一例。另外，兩個 CNT 陣列片 3 埋入固定片的表面及背面這兩面。

【0463】 另外，第一基材 51 是第一發明的基材的一例，第一黏接層 52 及第二黏接層 54 是第一發明的配置於基材的表面及背面這兩面的樹脂層的一例。並且，CNT 陣列片 3 的第一基材 51 側的端部埋入對應的樹脂層並與第一基材 51 接觸。

【0464】 藉由該第九實施方式，也能夠起到與第五實施方式同樣的作用效果。

【0465】 （變形例）

【0466】 在第五實施方式中，如第 12 圖的 B 所示，將 VACNTs19 埋入樹脂組合物層 56，使樹脂組合物層 56 加熱固化，然後將生長基板 15 從 VACNTs19 剝離，但是並不限定於此。也可以在將 VACNTs19 埋入樹脂組合物層 56 之後，且在使樹脂組合物層 56 加熱固化之前，將生長基板 15 從 VACNTs19 剝離。

【0467】 在第五實施方式中，在使樹脂組合物層 56 固化時，樹脂組合物層 56 相對於第一基材 51 位於上側，但是並不限定於此。在使樹脂組合物層 56 固化時，樹脂組合物層 56 也可以相對於第一基材 51 位於下側。

【0468】 在第六實施方式中，如第 13 圖所示，具備多個鉚釘 55，但是並不限定於此。CNT 複合材料 50 也可以不具備多個鉚釘 55。

【0469】 在第六實施方式中，如第 15 圖的 B 所示，在第一基材 51 和第二基材 53 之間設置間隔部 58，但是並不限定於此。也可以不在第一基材 51 和第二基材 53 之間設置間隔部 58。

【0470】 在第六實施方式中，對埋入有 VACNTs19 的第一樹脂組合物層 56 進行加熱使其固化而做成第一黏接層 52，然後將 VACNTs19（CNT 陣列片 3）埋入第二樹脂組合物層 57，對第二樹脂組合物層 57 進行加熱使其固化而做成第二黏接層 54，但是並不限定於此。

【0471】 例如，也可以在將 CNT 陣列片 3 埋入第一樹脂組合物層 56 及第二樹脂組合物層 57 之後，對第一樹脂組合物層 56 及第二樹脂組合物層 57 一併地進行加熱使之成為第一黏接層 52 及第二黏接層 54。

【0472】 在第六實施方式中，在使第二樹脂組合物層 57 固化時，第二樹脂組合物層 57 相對於第二基材 53 位於上側，但是並不限定於此。在使第二樹脂組合物層 57 固化時，第二樹脂組合物層 57 也可以相對於第二基材 53 位於下側。

【0473】 第五實施方式及第六實施方式中，如第 11 及 13 圖所示，CNT 陣列片 3 較佳與第一基材 51 及第二基材 53 接觸，但是並不限定於此，CNT 陣列片 3 也可以不與第一基材 51 及第二基材 53 接觸。在此情況下，第一黏接層 52 及第二黏接層 54 較佳含有上述的添加材料。由於在第一黏接層 52 及第二黏接層 54 內 CNT 陣列片 3 與添加材料。接觸，從而能夠確保 CNT 複合材料的電絕緣性及導熱性。

【0474】 這些第五實施方式~第九實施方式及變形例可以適當地進行組合。

【0475】 實施例

【0476】 以下，示出實施例對本發明更加具體地進行說明，但是本發明並不限定於這些實施例。在以下的記載中採用的配合比例（含量比例）、物性值、參數等的具體的數值，可以代替為在上述的“具體實施方式”中記載的相對應的配合比例（含量比例）、物性值、參數等相應記載的上限值（定義為“以下”、“不足”的數值）或下限值（定義為“以上”、“超過”的數值）。

【0477】 （實施例 1）

在不銹鋼制的生長基板（不銹鋼基板）的表面層疊二氧化矽膜，然後在二氧化矽膜上作為催化劑層蒸鍍鐵。

【0478】 接下來，將生長基板加熱至規定的溫度，向催化劑層供給原料氣體（乙炔氣體）。由此，在生長基板上形成俯視視角下大致呈矩形形狀的 VACNTs。

【0479】 在 VACNTs 中，多個 CNT 以相互大致平行的方式延伸，以與生長基板正交的方式取向（垂直取向）。CNT 是多層奈米碳管，CNT 的平均外徑約為 12nm，CNT 的平均長度約為 80 μ m，VACNTs 的體積密度約為 50mg/cm³。

【0480】 接下來，使切刀（切割刀）沿著生長基板移動，將 VACNTs 從生長基板切下，準備 CNT 陣列片。

【0481】 接下來，將 CNT 陣列片收容於作為耐熱容器的碳容器，將該碳容器配置於電阻加熱爐（高溫加熱爐）內。

【0482】 接下來，將電阻加熱爐內置換為氬氣氛，然後以 10°C/分鐘升溫至 2800°C，在 2800°C 下保持 2 小時。由此，使 CNT 陣列片高密度化，然後，藉由自然冷卻，冷卻制至室溫。

【0483】 高密度化的 CNT 陣列片的體積密度約為 100mg/cm³，該 CNT 陣列片的厚度方向的電阻（導電電阻）在 25°C 下為 0.1 Ω ，該 CNT 陣列片的導熱率在厚度方向上約為 30W/（m $\cdot$ K）。

【0484】 並且，與上述同樣地準備了兩個高密度化的 CNT 陣列片。

【0485】 接下來，準備厚度為 100 μ m 的銅片材（基材），並且準備兩張厚度約 30 μ m 且由 PTFE 形成的樹脂片材。

【0486】 並且，將樹脂片材配置於銅片材的表面及背面這兩面來準備固定片。

【0487】 接下來，將上述的 CNT 陣列片配置到表側及背側這兩側的樹脂片材上。接下來，以兩個 CNT 陣列片朝向銅片材的方式，從厚度方向的外側以

0.8MPa 的力加壓，並且以 380℃ 加熱 5 分鐘。

【0488】 然後，進行冷卻，得到導熱性片材。

【0489】 （實施例 2）

在 PVA 溶解於水（溶劑）而成的 PVA 溶液（樹脂溶液、PVA 濃度：10 品質%）中分散鈦粒子（金屬粒子）來準備膏。

【0490】 此外，鈦粒子的平均一次粒徑為 2~3 μm ，鈦粒子的含量比例相對於膏總量為 20 品質%。

【0491】 接下來，向與實施例 1 同樣地準備的兩個 CNT 陣列片中的一個 CNT 陣列片塗布膏，形成厚度約 30 μm 的含粒子層。並且，將另一個 CNT 陣列片以含粒子層被夾在兩個 CNT 陣列片之間的方式配置到含粒子層上。

【0492】 然後，在非活性氣體氣氛中，將配置有 CNT 陣列片的含粒子層以兩個 CNT 陣列片相互接近的方式從厚度方向的外側以 0.8MPa 的力加壓，並且以約 1700℃ 加熱 5 分鐘。

【0493】 然後，進行冷卻，得到導熱性片材。

【0494】 （實施例 3）

準備厚度 30 μm 且由 PFA 形成的樹脂片材（固定片）。

【0495】 接下來，將與實施例 1 同樣地準備的 CNT 陣列片配置於樹脂片材的表面及背面這兩面。

【0496】 然後，對配置有 CNT 陣列片的樹脂片材以兩個 CNT 陣列片相互接近的方式從厚度方向的外側以 0.8MPa 的力加壓，並且以約 380℃ 加熱 5 分鐘。

【0497】 然後，進行冷卻，得到導熱性片材。

【0498】（比較例 1）

在不銹鋼制的生長基板的表面及背面這兩面層疊二氧化矽膜後，在二氧化矽膜上作為催化劑層蒸鍍鐵。

【0499】 接下來，將生長基板加熱到規定的溫度，向催化劑層供給原料氣體（乙炔氣體）。由此，在基板的表面及背面這兩面形成俯視視角下大致呈矩形形狀的 VACNTs。在各 VACNTs 中，CNT 的平均外徑、CNT 的平均長度、以及體積密度與實施例 1 是同樣的。

【0500】 這樣，使在兩面配置有 VACNTs 的生長基板成為導熱性片材。

【0501】 <評價>**【0502】**（1）導熱率

【0503】 對於由各實施例及比較例得到的導熱性片材，利用熱電阻測定裝置（商品名：T3Ster DynTIM Tester、Mentor Graphics 公司（メンタ

ーグラフィックス社）制）測定熱電阻。並且，變更導熱性片材的厚度，測定多個點（例如三個點）的熱電阻，對導熱性片材的厚度以及測定的熱電阻進行圖示。根據該圖示結果算出導熱性片材的導熱率。其結果在表 1 中示出。

【0504】（2）電阻

【0505】 對於由各實施例及比較例得到的導熱性片材，利用電阻測定裝置（商品名：Resistivity Chamber（レジステイビティ・チェンバ）、ADC 株式會社制）測定厚度方向的電阻。其結果在表 1 中示出。

【0506】（3）黏接強度試驗

對於由各實施例得到的導熱性片材，相對於 CNT 陣列片將膠帶，從與固定片相反側黏貼，然後將膠帶剝離。

【0507】 另外，對於由比較例得到的導熱性片材，相對於 VACNTs 將膠帶從與生長基板相反側黏貼，然後將膠帶剝離。

【0508】 並且，按照以下的基準來評價黏接強度。該結果在表 1 中示出。

【0509】 ○：未見 CNT 陣列片（VACNTs）顯著地從固定片（生長基板）剝離。

【0510】 ×：發現 CNT 陣列片（VACNTs）顯著地從固定片（生長基板）剝離。

【0511】（表 1）

項目	實施例1	實施例2	實施例3	比較例1
導熱率 [W/（m・K）]	60	30	20	6
厚度方向的電阻 [Ω]	1	3	10	106
黏接強度	○	○	○	×

【0512】（實施例 4）

【0513】與實施例 1 同樣地，使 VACNTs 在生長基板上生長。

【0514】接下來，準備厚度 10μm 的鋁箔作為第一基材，藉由 UV 照射對第一基材（鋁箔）的表面進行表面處理。

【0515】接下來，在第一基材的表面（上表面）貼附環氧樹脂類半固化片材（厚度 30μm），形成第一樹脂組合物層。第一樹脂組合物層由 B 階段的環氧樹脂組合物形成。

【0516】接下來，將生長了 VACNTs 的生長基板以 VACNTs 處於下側且生長基板處於上側的方式配置。並且，將 VACNTs 以相對於第一樹脂組合物層在上側空出間隔地面對面的方式配置。

【0517】接下來，不剝離生長基板，在 55℃ 下，以 VACNTs 與第一基材接觸的方式，將 VACNTs 埋入第一樹脂組合物層。

【0518】接下來，以 VACNTs 朝向第一基材的方式，以 4kPa 的力進行加壓，並且以 160℃（第一樹脂組合物層的加熱溫度）加熱 1 小時。

【0519】由此，在 VACNTs 與第一基材接觸的狀態下，第一樹脂組合物層完全固化（成為 C 階段），成為第一黏接層。第一黏接層由完全固化後（C 階段）的環氧樹脂構成，將 VACNTs 和第一基材黏接。然後，從 VACNTs 剝離生長基板。由此，使 VACNTs 成為 CNT 陣列片。

【0520】 接下來，準備與上述同樣的鋁箔作為第二基材，在該第二基材的表面貼附另行準備的環氧樹脂類半固化片材，形成第二樹脂組合物層。第二樹脂組合物層由 B 階段的環氧樹脂組合物形成。

【0521】 接下來，將黏接有 CNT 陣列片的第一基材以 CNT 陣列片處於下側且第一基材處於上側的方式上下顛倒，以 CNT 陣列片相對於第二樹脂組合物層，在上側空出間隔地面對面的方式配置。

【0522】 接下來，以 CNT 陣列片與第二基材接觸的方式，將 CNT 陣列片埋入第二樹脂組合物層。

【0523】 接下來，以 CNT 陣列片朝向第二基材的方式，以 4kPa 的力進行加壓，並且以 160°C 加熱 1 小時。

【0524】 由此，在 CNT 陣列片與第二基材接觸的狀態下，第二樹脂組合物層完全固化（成為 C 階段），成為第二黏接層。第二黏接層由完全固化後（C 階段）的環氧樹脂構成，將 CNT 陣列片和第二基材黏接。

【0525】 如上所述，得到 CNT 複合材料。

【0526】 （實施例 5）

【0527】 除了向第一基材塗布由環氧樹脂組合物構成的清漆，形成第一樹脂組合物層；將第一樹脂組合物層的固化溫度變更為 110°C；向第二基材塗布由環氧樹脂組合物構成的清漆，形成第二樹脂組合物層；以及，將第二樹脂組合物層的固化溫度變更為 110°C 以外，與實施例 4 同樣地，得到 CNT 複合材料。第一樹脂組合物層及第二樹脂組合物層分別由 A 階段的環氧樹脂組合物形成。

【0528】 （實施例 6）

【0529】 除了向第一基材塗布由氟類橡膠組成物構成的清漆（N-甲基吡咯烷酮溶液），形成第一樹脂組合物層；將第一樹脂組合物層的固化溫度變更為

200°C；向第二基材塗布由氟類橡膠組成物構成的清漆（N-甲基吡咯烷酮溶液），形成第二樹脂組合物層；以及，將第二樹脂組合物層的固化溫度變更為 200°C 以外，與實施例 4 同樣地，得到 CNT 複合材料。第一樹脂組合物層及第二樹脂組合物層分別由 A 階段的氟類橡膠組成物形成。

【0530】（實施例 7~9）

【0531】進一步在實施例 4~6 的 CNT 複合材料中分別設置多個（4 個）鉚釘。

【0532】（實施例 10）

【0533】與實施例 4 同樣地，準備利用第一黏接層黏接有 CNT 陣列片的第一基材。

【0534】接下來，將黏接有 CNT 陣列片的第一基材以 VACNTs 處於下側且第一基材處於上側的方式上下顛倒地配置。

【0535】接下來，在第一基材的第一黏接層的相反側的面貼附環氧樹脂類半固化片材，形成第二樹脂組合物層。第二樹脂組合物層由 B 階段的環氧樹脂組合物形成。

【0536】接下來，另行使 VACNTs 在生長基板上生長，然後在 55°C 下，以生長基板上的 VACNTs 與第一基材接觸的方式，將 VACNTs 埋入第二樹脂組合物層。

【0537】接下來，以 VACNTs 朝向第一基材的方式，以 4kPa 的力進行加壓，並且以 160°C 加熱 1 小時。

【0538】由此，在 VACNTs 與第一基材接觸的狀態下，第二樹脂組合物層完全固化（成為 C 階段），成為第二黏接層（第二樹脂層）。第二黏接層（第二樹脂層）由完全固化後（C 階段）的環氧樹脂構成，將 VACNTs 和第一基材

黏接。

【0539】 如上所述，得到 CNT 複合材料（導熱性片材）。CNT 複合材料（導熱性片材）具備固定片；以及從生長基板剝離並埋入固定片的表面及背面這兩面的 CNT 陣列片，其中，所述固定片具備第一基材（基材）；在第一基材（基材）的表面及背面這兩面配置的第一黏接層（第一樹脂層）及第二黏接層（第二樹脂層），CNT 陣列片的第一基材側的端部埋入對應的樹脂層，並與第一基材側接觸。

【0540】（實施例 11）

【0541】 除了向第一基材的表面塗布由環氧樹脂組合物構成的清漆，形成第一樹脂組合物層；將第一樹脂組合物層的固化溫度變更為 110℃；向第一基材的背面塗布由環氧樹脂組合物構成的清漆，形成第二樹脂組合物層；以及，將第二樹脂組合物層的固化溫度變更為 110℃ 以外，與實施例 10 同樣地，得到 CNT 複合材料（導熱性片材）。第一樹脂組合物層及第二樹脂組合物層分別由 A 階段的環氧樹脂組合物形成。

【0542】（實施例 12）

【0543】 除了向第一基材的表面塗布由氟類橡膠組成物構成的清漆（N-甲基吡咯烷酮溶液），形成第一樹脂組合物層；將第一樹脂組合物層的固化溫度變更為 200℃；向第一基材的背面塗布由氟類橡膠組成物構成的清漆（N-甲基吡咯烷酮溶液），形成第二樹脂組合物層；以及，將第二樹脂組合物層的固化溫度變更為 200℃ 以外，與實施例 10 同樣地，得到 CNT 複合材料（導熱性片材）。第一樹脂組合物層及第二樹脂組合物層分別由 A 階段的氟類橡膠組成物形成。

【0544】（實施例 13）

【0545】 除了僅在銅片材（基材）的表面配置由 PTFE 形成的樹脂片材（黏

接層)，將 1 個 CNT 陣列埋入樹脂片材以外，與實施例 1 同樣地得到 CNT 複合材料（導熱性片材）。

【0546】（實施例 14）

【0547】 除了僅在銅片材（基材）的表面配置由 PFA 形成的樹脂片材（黏接層），將 1 個 CNT 陣列埋入樹脂片材以外，與實施例 3 同樣地得到 CNT 複合材料（導熱性片材）。

【0548】 此外，上述發明是以本發明的例示的實施方式而提供的，其僅為例示，而不進行限定性地解釋。對於該技術領域的技術人員顯而易見的本發明的變形例均包含於權利要求書中。

【0549】 工業實用性

【0550】 CNT 複合材料可以應用於各種工業產品，例如可以用作導熱性材料、防振材料、絕熱材料等。CNT 複合材料的製造方法適用於各種工業產品中使用的 CNT 複合材料的製造。

【符號說明】

【0551】

1：導熱性片材

2：固定片

2A：固定片的表面

2B：固定片的背面

3：CNT 陣列片

3A：第一 CNT 陣列片

3B：第二 CNT 陣列片

4：基材

4A：基材的表面

4B：基材的背面

5：樹脂層

5A：第一樹脂層

5B：第二樹脂層

6：CNT

6A：埋設部分

6B：突出部分

10：散熱部件

10A：表面

11：電子元件

11B：表面

15：生長基板

16：不銹鋼基板

17：二氧化矽膜

18A：粒狀體

19：VACNTs

19A：列

23：薄條層疊片材

24：CNT 薄條

25：CNT 單紗

26：輥

27：噴霧器

30A、30B：端部

32：導電層

32A：表面

32B：背面

40：含粒子層

40A：表面

40B：背面

42：金屬粒子

45：耐熱容器

51：基材

51A：開口

52：黏接層

53：第二基材

53A：開口

54：第二黏接層

55：鉚釘

55A：頭部

55B：桿部

55C：鉚接部

56：第一樹脂組合物層

57：第二樹脂組合物層

58：間隔部

80：CNT 複合材料

100：CNT 複合材料

201736255

申請日：105/12/28

IPC分類：

G01B 31/02 (2006.01)

H01L 23/36 (2006.01)

H01L 23/373 (2006.01)

H05K 7/20 (2006.01)

【發明摘要】

【中文發明名稱】奈米碳管複合材料以及奈米碳管複合材料的製造方法

【英文發明名稱】CARBON NANOTUBE COMPOSITE MATERIAL AND

MANUFACTURE METHOD THEREOF

【中文】

奈米碳管複合材料具備具有表面及背面的固定片、以及在固定片的表面及背面這兩面埋入或接合的奈米碳管陣列片。

【指定代表圖】第（ 1 ）圖

【代表圖之符號簡單說明】

1：導熱性片材

2：固定片

2A：固定片的表面

2B：固定片的背面

3：CNT 陣列片

3A：第一 CNT 陣列片

3B：第二 CNT 陣列片

4：基材

4A：基材的表面

4B：基材的背面

5：樹脂層

5A：第一樹脂層

5B：第二樹脂層

6：CNT

6A：埋設部分

6B：突出部分

10A：表面

11：電子元件

11B：表面

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種奈米碳管複合材料，其具備：

具有表面及背面的一固定片；以及

在該固定片的表面及背面這兩面埋入或接合的一奈米碳管陣列片。

【第2項】 如申請專利範圍第1項所述之奈米碳管複合材料，其中該奈米碳管陣列片的平均體積密度為 $50\text{mg}/\text{cm}^3$ 以上。

【第3項】 如申請專利範圍第1項所述之奈米碳管複合材料，其中該固定片具備：

一基材；以及

在該基材的表面及背面這兩面配置的一樹脂層，

該奈米碳管陣列片的該基材側的端部埋入對應的該樹脂層並與該基材接觸。

【第4項】 如申請專利範圍第3項所述之奈米碳管複合材料，其中該基材具有導電性。

【第5項】 如申請專利範圍第3項所述之奈米碳管複合材料，其中該基材由無機物的燒結體形成。

【第6項】 如申請專利範圍第1項所述之奈米碳管複合材料，其中該固定片具備具有導電性的一導電層，該奈米碳管陣列片的該導電層側的端部與該導電層的介面接合。

【第7項】 如申請專利範圍第1項所述之奈米碳管複合材料，其中表面側的該奈米碳管陣列片及背面側的該奈米碳管陣列片埋入該固定片，並在該固定片中相互接觸。

【第8項】 一種奈米碳管複合材料的製造方法，其包含：

準備一固定片的製程，其中，該固定片具備一基材；以及

在該基材的表面及背面這兩面配置的一樹脂層；

使垂直取向奈米碳管在一生長基板上生長的製程；

從該生長基板剝離該垂直取向奈米碳管而做成一奈米碳管陣列片的製程；

在表面側及背面側這兩側的該樹脂層上配置該奈米碳管陣列片的製程；以及

對配置有該奈米碳管陣列片的該固定片進行加熱，使該奈米碳管陣列片的該基材側的端部埋入對應的該樹脂層並與該基材接觸的製程。

【第9項】 一種奈米碳管複合材料的製造方法，其包含：

將樹脂組合物塗布於一基材的表面及背面這兩面，從而在該基材的表面及背面這兩面形成一樹脂組合物層的製程；

使垂直取向奈米碳管在一生長基板上生長的製程；

從該生長基板剝離該垂直取向奈米碳管而做成一奈米碳管陣列片的製程；

使該奈米碳管陣列片埋入表面側及背面側這兩側的一樹脂組合物層，並使該奈米碳管陣列片的該基材側的端部與該基材接觸的製程；以及

對該樹脂組合物層進行加熱使其固化從而做成該樹脂層的製程。

【第10項】一種奈米碳管複合材料的製造方法，其包含：

準備一固定片的製程，其中，該固定片具備具有導電性的一導電層；

使垂直取向奈米碳管在一生長基板上生長的製程；

從該生長基板剝離該垂直取向奈米碳管而做成一奈米碳管陣列片的製程；

在該固定片的表面及背面這兩面配置該奈米碳管陣列片的製程；以及

對配置有該奈米碳管陣列片的該固定片進行加熱，使該奈米碳管陣列片的該導電層側的端部與該導電層的介面接合的製程。

【第11項】一種奈米碳管複合材料的製造方法，其包含：

使垂直取向奈米碳管在一生長基板上生長的製程；

從該生長基板剝離該垂直取向奈米碳管而做成一奈米碳管陣列片的製程；

在含有金屬粒子的一含粒子層的表面及背面這兩面配置該奈米碳管陣列片的製程；以及

對該含粒子層進行加熱使該金屬粒子熔融從而形成一固定片，使表面側的該奈米碳管陣列片與背面側的該奈米碳管陣列片埋入該固定片並在該固定片中相互接觸的製程。

【第12項】一種奈米碳管複合材料的製造方法，其包含：

準備由樹脂材料形成的一固定片的製程；

使垂直取向奈米碳管在一生長基板上生長的製程；

從該生長基板剝離該垂直取向奈米碳管而做成一奈米碳管陣列片的製程；

在該固定片的表面及背面這兩面配置該奈米碳管陣列片的製程；

以及

對配置有該奈米碳管陣列片的該固定片進行加熱，使表面側的該奈米碳管陣列片與背面側的該奈米碳管陣列片埋入該固定片並在該固定片中相互接觸的製程。

【第13項】一種奈米碳管複合材料，其具備：

一基材；

在該基材上配置的垂直取向奈米碳管；以及

將該基材與該垂直取向奈米碳管黏接的一黏接層。

【第14項】如申請專利範圍第13項所述之奈米碳管複合材料，其中該黏接層由熱固性樹脂形成。

【第15項】如申請專利範圍第13項所述之奈米碳管複合材料，其中該黏接層由氟類聚合物形成。

