



(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 I394302B1

(45) 公告日：中華民國 102 (2013) 年 04 月 21 日

(21) 申請案號：098124376

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 07 月 20 日

(51) Int. Cl. : H01L41/16 (2006.01)

H01L41/08 (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：陳魯倬 CHEN, LU-ZHOU (CN)；劉長洪 LIU, CHANG-HONG (CN)；王佳平 WANG, JIA-PING (CN)；范守善 FAN, SHOU-SHAN (CN)

(56) 參考文獻：

TW 200833862A

US 2002/0068170A1

Chen, L.Z. et al., "Electrothermal actuation based on carbon nanotube network in silicone elastomer", Appl. Phys. Lett., July 1 2008, Vol. 92, Pages: 263104-1 - 263104-3.

審查人員：閻濟民

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：6 共 27 頁

(54) 名稱

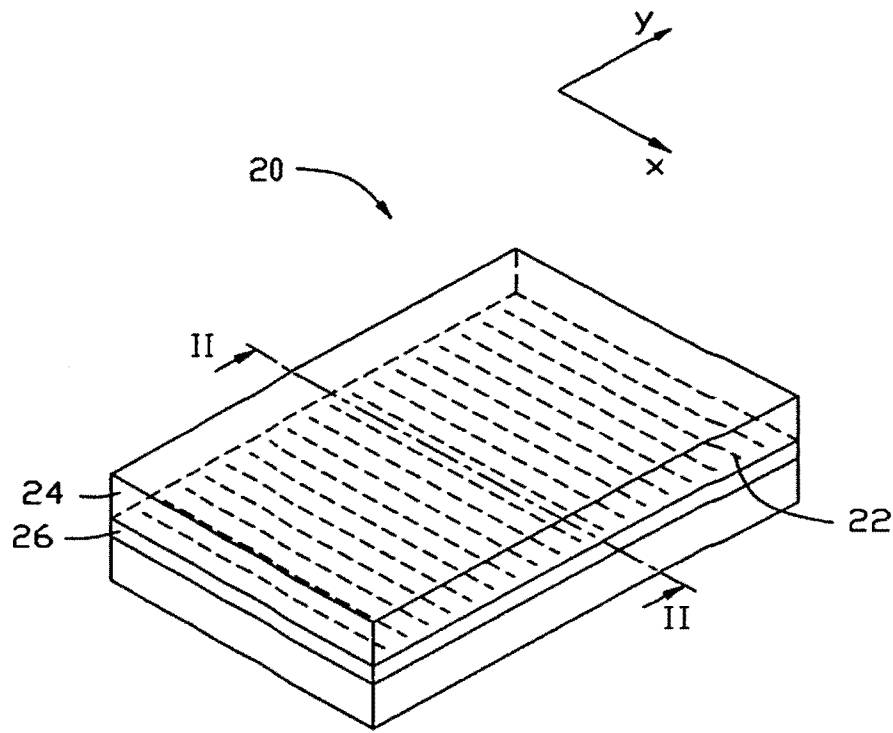
電致伸縮複合材料及電致伸縮元件

ELECTROSTRICTIVE MATERIAL AND ACTUATOR USING THE SAME

(57) 摘要

本發明提供一種電致伸縮複合材料，所述電致伸縮複合材料為片材，其包括：一柔性高分子基體，以及分散在所述柔性高分子基體中的多個一維導電材料，所述多個一維導電材料的軸向基本沿同一方向定向排列。

The present invention relates to an electrostrictive material. The electrostrictive material is a sheet. The electrostrictive material includes a flexible polymer matrix and a plurality of one-dimensional conductive materials. The plurality of one-dimensional conductive material embodied in the flexible polymer matrix. The axial of the plurality of one-dimensional conductive materials are aligned along a same direction.



- 20 . . . 電致伸縮複合材料
- 22 . . . 一維導電材料
- 24 . . . 柔性高分子基體
- 26 . . . 奈米碳管膜結構



發明專利說明書

公告本

※記號部分請勿填寫

※申請案號: 98124376

※申請日: 98.7.20

※IPC分類: H01L 41/16 (2006.01)
H01L 41/08 (2006.01)

一、發明名稱:

電致伸縮複合材料及電致伸縮元件

ELECTROSTRICTIVE MATERIAL AND ACTUATOR USING THE SAME

二、中文發明摘要:

本發明提供一種電致伸縮複合材料，所述電致伸縮複合材料為片材，其包括：一柔性高分子基體，以及分散在所述柔性高分子基體中的多個一維導電材料，所述多個一維導電材料的軸向基本沿同一方向定向排列。

三、英文發明摘要:

The present invention relates to an electrostrictive material. The electrostrictive material is a sheet. The electrostrictive material includes a flexible polymer matrix and a plurality of one-dimensional conductive materials. The plurality of one-dimensional conductive material embodied in the flexible polymer matrix. The axial of the plurality of one-dimensional conductive materials are aligned along a same direction.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

電致伸縮複合材料：20

一維導電材料：22

柔性高分子基體：24

奈米碳管膜結構：26

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

[0001] 本發明涉及一種電致伸縮複合材料及電致伸縮元件，尤其涉及一種具有定向膨脹特性的電致伸縮複合材料及電致伸縮元件。

【先前技術】

[0002] 電致伸縮材料是在電場、電壓或電流的作用下發生形變產生伸縮運動，從而實現電能-機械能轉換的一種材料。電致伸縮材料由於類似肌肉的運動形式又被稱為人工肌肉材料。

[0003] 傳統的電致伸縮材料包括形狀記憶合金、壓電陶瓷、鐵電聚合物等。然而，這些電致伸縮材料的電致伸縮率較低，且柔韌性較差，與生物肌肉特性相差較遠，不利於用作人工肌肉。

[0004] 先前技術提供一種電介質彈性體材料。該電介質彈性體材料通常為一矽樹脂或聚丙酸樹脂橡膠。這種電介質彈性體材料可以提供較高的電致伸縮率，且具有較好的柔韌性，表現出與生物肌肉相似的特性。實際應用時，可將電介質彈性體材料構成的電介質彈性體膜設置於兩個平行的金屬電極之間。當在兩個金屬電極之間施加一上千伏特的高壓直流電壓時，兩電極之間產生的靜電引力在垂直電介質彈性體膜表面的方向上擠壓電介質彈性體膜，使其在平行於電介質彈性體膜表面的平面內向各個方向擴張。關閉電壓後，作用在所述電介質彈性體膜的靜電引力消失，電介質彈性體膜恢復原來形狀。然而，

該電介質彈性體膜通常需要較高的直流電壓(上千伏特)才能工作，提高了其使用成本，限制了其應用。另外，該電介質彈性體膜膨脹時，其在同一平面內各向同性地膨脹，從而限制了該電介質彈性體材料的應用。

【發明內容】

- [0005] 有鑒於此，提供一種具有定向膨脹特性的電致伸縮複合材料及電致伸縮元件實為必要。
- [0006] 一種電致伸縮複合材料，其包括：一柔性高分子基體，以及分散在所述柔性高分子基體中的複數個一維導電材料，所述電致伸縮複合材料為片材。所述複數個一維導電材料的軸向基本沿同一方向定向排列。
- [0007] 一種電致伸縮複合材料，其包括：一柔性高分子基體，以及設置於該柔性高分子基體當中的複數個奈米碳管，所述柔性高分子基體為柔性高分子薄膜。所述複數個奈米碳管通過凡德瓦爾力構成至少一奈米碳管膜結構，所述複數個奈米碳管的軸向基本沿同一方向定向排列。
- [0008] 一種電致伸縮元件，其包括：一電致伸縮材料，所述電致伸縮材料包括一柔性高分子基體，以及均勻設置於該柔性高分子基體當中的複數個奈米碳管；以及一第一電極和一第二電極，所述第一電極與第二電極間隔設置，並與所述電致伸縮材料電連接；所述複數個奈米碳管通過凡德瓦爾力構成一奈米碳管膜結構，該複數個奈米碳管的軸向基本沿相同的方向定向排列，所述第一電極及第二電極設置於所述電致伸縮材料沿奈米碳管軸向方向的兩端。

[0009] 與先前技術相比較，本發明提供的電致伸縮複合材料及電致伸縮元件，包括柔性高分子基體，以及分散在所述柔性高分子基體中的複數個一維導電材料。由於所述複數個一維導電材料在柔性高分子基體中基本沿同一方向定向排列，當在垂直於一維導電材料排列的方向通電流時，該電致伸縮複合材料僅在垂直於所述複數個一維導電材料排列的方向受熱膨脹，該電致伸縮複合材料及電致伸縮元件的熱膨脹具有定向性，從而可以應用於精確控制器件中。

【實施方式】

[0010] 以下將結合附圖詳細說明本發明提供的電致伸縮複合材料及電致伸縮元件。

[0011] 請參考圖1及圖2，本發明實施例提供一種電致伸縮複合材料20，所述電致伸縮複合材料20為片材，其包括：一柔性高分子基體24，及設置於所述柔性高分子基體24中的複數個一維導電材料22。在所述柔性高分子基體24中，所述複數個一維導電材料22的軸向基本相互平行且基本沿同一方向定向排列。所述複數個一維導電材料22的軸向沿同一方向定向排列是指該複數個一維導電材料22的長軸的方向沿同一方向排列。所述複數個一維導電材料22基本排列在一個平面內，且平行於所述電致伸縮複合材料20的表面排列。且所述複數個一維導電材料22的軸向的排列方向垂直於所述電致伸縮複合材料20的厚度方向。具體地，所述複數個一維導電材料22的軸向基本沿一x軸方向排列。另外，還定義一個y軸，y軸垂直於x

軸。x軸與y軸所在的平面，平行於所述電致伸縮複合材料20的表面。

[0012] 所述柔性高分子基體24為具有一定厚度的片材。所述柔性高分子基體24為柔性材料構成，該柔性材料導電性不限，只要具有柔性即可。所述柔性高分子基體24的材料為矽橡膠、聚甲基丙烯酸甲酯、聚氨脂、環氧樹脂、聚丙烯酸乙酯、聚丙烯酸丁酯、聚苯乙烯、聚丁二烯、聚丙烯腈、聚苯胺、聚吡咯及聚噻吩等中的一種或幾種的組合。本實施例中，所述柔性高分子基體24為一矽橡膠薄膜。

[0013] 所述一維導電材料22為一維結構，所述一維導電材料22在所述電致伸縮複合材料20中的質量百分比含量為0.1%~50%。具體地，該一維導電材料22包括碳纖維、金屬奈米線、奈米碳管及碳奈米線中的一種或幾種。該一維導電材料22具有較大的長徑比，且具有較佳的導電性。優選地，該一維導電材料22為奈米碳管。所述奈米碳管在所述電致伸縮複合材料20中的質量百分比為0.1%~3%。

[0014] 具體地，該複數個奈米碳管組成至少一奈米碳管膜結構26，並複合於所述柔性高分子基體24中構成電致伸縮複合材料20。所述由複數個奈米碳管組成的奈米碳管膜結構26為一自支撐結構，所謂“自支撐結構”即該奈米碳管膜結構26無需通過一支撐體支撐，也能保持自身特定的形狀。由於該奈米碳管膜結構26中大量奈米碳管通過凡德瓦爾力相互吸引，形成導電網路，從而使奈米碳管

膜結構26具有特定的形狀，形成一自支撐結構。進一步地，所述奈米碳管膜結構26中相鄰的奈米碳管之間存在間隙，所述柔性高分子基體24的材料浸潤到奈米碳管膜結構26中相鄰的奈米碳管之間間隙當中，該柔性高分子基體24的材料與奈米碳管膜結構26中的奈米碳管緊密結合在一起。當所述電致伸縮複合材料20包括複數個奈米碳管膜結構26複合於柔性高分子基體24中時，該複數個奈米碳管膜結構26可相互間隔地平行設置或層疊設置。該複數個奈米碳管膜結構26的層數不限，該電致伸縮複合材料20中奈米碳管相互平行，且該奈米碳管的軸向均基本沿同一方向（x方向）排列。所述奈米碳管均基本平行於所述電致伸縮複合材料20的表面。所述x軸與y軸相互垂直，且在同一平面內。x軸與y軸確定的平面與所述奈米碳管膜結構26平行。

[0015] 所述奈米碳管膜結構26包括至少一個奈米碳管膜。當所述奈米碳管膜結構26包括複數個奈米碳管膜時，該複數個奈米碳管膜可並排設置或層疊設置，並且該複數個奈米碳管膜中的奈米碳管的軸向均基本沿同一方向排列。請參閱圖3，該奈米碳管膜包括複數個奈米碳管，且該複數個奈米碳管基本相互平行且平行於奈米碳管膜的表面。具體地，該奈米碳管膜中的複數個奈米碳管通過凡德瓦爾力首尾相連，所述複數個奈米碳管的軸向基本沿同一方向（x軸方向）擇優取向排列。該奈米碳管膜的厚度為0.01微米~100微米，其中的奈米碳管為單壁奈米碳管、雙壁奈米碳管及多壁奈米碳管中的一種或幾種。當該

奈米碳管膜中的奈米碳管為單壁奈米碳管時，該單壁奈米碳管的直徑為0.5~10奈米。當該奈米碳管膜中的奈米碳管為雙壁奈米碳管時，該雙壁奈米碳管的直徑為1.0~20奈米。當該奈米碳管膜中的奈米碳管為多壁奈米碳管時，該多壁奈米碳管的直徑為1.5~50奈米。所述奈米碳管膜的面積不限，可根據實際需求製備。當所述奈米碳管膜結構26包括複數個奈米碳管膜層疊設置時，所述奈米碳管膜結構26中相鄰的層疊的奈米碳管膜之間通過凡德瓦爾力緊密連接。所述奈米碳管膜的層數不限，無論複數個奈米碳管膜為並排設置或層疊設置，該奈米碳管膜結構26中奈米碳管的軸向均基本沿同一方向排列。

[0016] 本發明實施例提供的電致伸縮複合材料20工作原理如下：將電壓施加於所述電致伸縮複合材料20沿垂直於所述複數個一維導電材料22的軸向排列方向的兩端，並使得該電致伸縮複合材料20中的電流方向垂直於所述一維導電材料22的軸向排列方向，具體地，電流方向可沿y軸方向。此時，電流可通過由一維導電材料22組成的導電網路沿y軸進行傳輸，並發出焦耳熱。由於一維導電材料22的熱導率很高，從而使得所述電致伸縮複合材料20的溫度快速升高，進而，使得所述一維導電材料22附近的柔性高分子基體24處於熔融狀態。隨著溫度的升高，一維導電材料22中的電子更容易越過柔性高分子基體24所形成的勢壘，因此所述通過電致伸縮複合材料20的電流隨著電致伸縮複合材料20溫度的升高而增大。熱量快速地

向整個電致伸縮複合材料20擴散，引起所述電致伸縮複合材料20中的柔性高分子基體24以及分散在該柔性高分子基體24中的複數個一維導電材料22發生熱膨脹。

[0017] 進一步地，由於所述電致伸縮複合材料20中所述複數個一維導電材料22的軸向均基本沿同一方向(x軸方向)排列，在沿著所述複數個一維導電材料22軸向的排列方向(x軸方向)，所述電致伸縮複合材料20的楊氏模量較大；在垂直於所述複數個一維導電材料22軸向的排列方向，即y軸方向，所述電致伸縮複合材料20的楊氏模量較小。故，該電致伸縮複合材料20呈楊氏模量呈各向異性。因此，所述電致伸縮複合材料20在應用時，通入沿y軸方向的電流時，該電致伸縮複合材料20只在垂直於一維導電材料22軸向排列方向的方向膨脹，即該電致伸縮複合材料20只在y軸方向膨脹，因此，該電致伸縮複合材料20的膨脹具有定向性。所述膨脹方向平行於所述電致伸縮複合材料20的表面。由於該電致伸縮複合材料20的膨脹具有定向性，其可應用於需要定向膨脹的領域。

[0018] 進一步地，通過控制奈米碳管的質量百分比含量可以控制電致伸縮複合材料20的熱膨脹性能。具體地，所述電致伸縮複合材料20可通過控制奈米碳管膜結構26的層數來控制電致伸縮複合材料20的熱膨脹性能。奈米碳管膜結構26的層數越多，奈米碳管膜結構26沿垂直於奈米碳管軸向的排列方向楊氏模量越大，但電致伸縮複合材料20膨脹性能會隨楊氏模量的增加而有所下降。

[0019] 本實施例中，採用200層的奈米碳管膜重疊鋪設形成的一

層奈米碳管膜結構26設置在矽橡膠柔性基體中構成電致伸縮複合材料20，在電致伸縮複合材料20中的質量百分比為2%左右。該電致伸縮複合材料20的驅動電壓較低，僅為25V，該電致伸縮複合材料20升溫到180攝氏度時，在垂直於所述奈米碳管軸向排列的方向的膨脹率為2%左右。

[0020] 本實施例中，對該電致伸縮複合材料20進行伸縮特性測量。請參閱圖4，在未通電時，測得所述長方體電致伸縮複合材料20的原始長度L1（垂直於奈米碳管的軸向的方向上的長度）為4釐米；施加一40伏特的電壓2分鐘後，測得所述長方體電致伸縮複合材料20的長度L2（垂直於奈米碳管的軸向的方向上的長度）為4.1025釐米。通過計算可知，在通電後，所述長方體電致伸縮複合材料20的長度變化 ΔL 為0.1025釐米。故，所述電致伸縮複合材料20的伸縮率為通電前後所述電致伸縮複合材料20的長度變化 ΔL 與所述電致伸縮複合材料20的原始長度L1的比值，即2.5%。

[0021] 本發明實施例中，奈米碳管膜結構26的製備方法，可通過以下步驟實現：

[0022] 首先，提供一奈米碳管陣列。

[0023] 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或多種。本實施例中，該奈米碳管陣列的製備方法採用化學氣相沉積法，其具體步驟包括：（a）提供一平整基底，

該基底可選用P型或N型矽基底，或選用形成有氧化層的矽基底，本實施例優選為採用4英寸的矽基底；(b)在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)將所述形成有催化劑層的基底在700~900°C的空氣中退火約30分鐘~90分鐘；(d)將處理過的基底置於反應爐中，在保護氣體環境下加熱到500~740°C，然後通入碳源氣體反應約5~30分鐘，生長得到奈米碳管陣列，其高度為100微米~1毫米。該奈米碳管陣列為複數個彼此平行且垂直於基底生長的奈米碳管形成的純奈米碳管陣列。通過所述控制生長條件，該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。該奈米碳管陣列中的奈米碳管彼此通過凡德瓦爾力緊密接觸形成陣列。該奈米碳管陣列的表面積與所述基底面積基本相同。

[0024] 所述碳源氣可選用乙炔、乙烯、甲烷等化學性質較活潑的碳氫化合物，所述保護氣體為氮氣或惰性氣體。本實施例優選的碳源氣為乙炔，優選的保護氣體為氮氣。

[0025] 可以理解，本實施例提供的奈米碳管陣列不限於所述製備方法。也可為石墨電極恒流電弧放電沉積法、鐳射蒸發沉積法等。

[0026] 其次，採用一拉伸工具從奈米碳管陣列中拉取獲得一奈米碳管膜，具體包括以下步驟：(a)從所述奈米碳管陣列中選定一個或具有一定寬度的複數個奈米碳管，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複數個奈米碳管；(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複數個奈米碳管片段，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。

[0027] 在所述拉伸過程中，該複數個奈米碳管片段在拉力作用下沿拉伸方向逐漸脫離基底的同時，由於凡德瓦爾力作用，該選定的複數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。該奈米碳管膜包括複數個首尾相連且基本沿同一方向排列的奈米碳管，該奈米碳管的排列方向與所述拉伸方向相同。該直接拉伸獲得的奈米碳管膜包括複數個沿同一方向擇優取向排列的奈米碳管，比無序的奈米碳管膜具有更好的均勻性。同時該直接拉伸獲得奈米碳管膜的方法，具有簡單快速，適宜進行工業化應用的優點。

[0028] 可以理解，由於本實施例奈米碳管陣列中的奈米碳管非常純淨，且由於奈米碳管本身的比表面積非常大，所以該奈米碳管膜本身具有較強的粘性。

[0029] 最後，提供一支撐體，將所述至少兩個奈米碳管膜層疊鋪設於所述支撐體，並使得相鄰的奈米碳管膜中的奈米碳管的排列方向相互平行，獲得一奈米碳管膜結構26。

[0030] 所述支撐體可以為一基板，也可選用一框架結構。由於本實施例提供的奈米碳管陣列中的奈米碳管非常純淨，

且奈米碳管本身的比表面積非常大，所以該奈米碳管膜具有較強的粘性，該奈米碳管膜可利用其本身的粘性直接粘附於基板或框架。可以將複數個奈米碳管膜層疊粘附在基板或框架上，並使得相鄰的奈米碳管膜的奈米碳管的排列方向相互平行，基板或框架以外多餘的奈米碳管膜部分可以用小刀刮去。去除基板或框架，即得到一奈米碳管膜結構26。該奈米碳管膜結構26包括複數個奈米碳管，所述複數個奈米碳管基本沿同一個方向定向排列。本實施例中，將200層奈米碳管膜鋪設於所述支撐體上，從而獲得一奈米碳管膜結構26。

[0031] 本實施例中，進一步還可以包括用有機溶劑處理奈米碳管膜結構26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、二氯乙烷或氯仿等，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可通過試管將有機溶劑滴落在奈米碳管膜結構26表面浸潤整個奈米碳管膜結構26，或者，也可將所述形成有奈米碳管膜結構26的基板或固定框架整個浸入盛有有機溶劑的容器中浸潤。待溶劑滲透至基板表面後，將奈米碳管膜結構26的一端用小刀翹起，從而可以將整個奈米碳管膜結構26從基板或固定框架表面取下。所述的奈米碳管膜結構26經有機溶劑浸潤處理後，在揮發性有機溶劑的表面張力的作用下，奈米碳管膜中平行的奈米碳管片斷會部分聚集成奈米碳管束。因此，該奈米碳管膜結構26表面體積比小，且具有良好的機械強度及韌性。

[0032] 請參閱圖5及圖6，本發明實施例提供一種採用所述電致

伸縮複合材料20的電致伸縮元件40，其包括：一電致伸縮複合材料20、一第一電極42以及一第二電極44。所述電致伸縮複合材料20為具有一定厚度的片材。

[0033] 所述電致伸縮複合材料20包括一柔性高分子基體24，以及均勻設置於該柔性高分子基體24當中的複數個一維導電材料22。所述複數個一維導電材料22的軸向沿同一方向（即x軸方向）定向排列。所述複數個一維導電材料22的軸向沿同一方向定向排列是指該複數個一維導電材料22長軸的方向沿同一方向（即x軸方向）排列。所述第一電極42與第二電極44間隔設置，並於所述電致伸縮複合材料20電連接。具體應用時，沿著垂直於該複數個一維導電材料22軸向排列的方向（即x軸方向）通入電流，該複數個一維導電材料22通電後發熱。該電致伸縮複合材料20僅在垂直於所述複數個一維導電材料22軸向排列的方向（即x軸方向）受熱膨脹。

[0034] 所述柔性高分子基體24的材料為矽橡膠、聚甲基丙烯酸甲酯、聚氨脂、環氧樹脂、聚丙烯酸乙酯、聚丙烯酸丁酯、聚苯乙烯、聚丁二烯、聚丙烯腈、聚苯胺、聚吡咯及聚噻吩等中的一種或幾種的組合。本實施例中，所述柔性高分子基體24的材料為矽橡膠薄膜。

[0035] 所述一維導電材料22為碳纖維、金屬奈米線、奈米碳管及碳奈米線中的一種或幾種。所述複數個一維導電材料22具有長徑比較大，導電性較強的特點。本實施例中，所述一維導電材料22為奈米碳管。在所述柔性高分子基體24中，所述複數個奈米碳管的軸向基本沿同一方向定

向排列，並形成一奈米碳管膜結構26。所述柔性高分子基體24的材料浸潤到奈米碳管膜結構26中相鄰的奈米碳管之間間隙當中，該柔性高分子基體24的材料與奈米碳管膜結構26中的奈米碳管緊密結合在一起。所述奈米碳管在所述電致伸縮複合材料20中的質量百分比為0.1%~3%。由於奈米碳管具有很大的長徑比，較好的導電性，以及較高的強度。本實施例中，包括奈米碳管的電致伸縮複合材料20的電致伸縮元件40具有强度高，導電性好的優點。

[0036] 所述奈米碳管膜結構26由一個奈米碳管膜或複數個平行且重疊的奈米碳管膜構成，該奈米碳管膜包括複數個擇優取向排列的奈米碳管，且該複數個奈米碳管的軸向具有一個基本相同的排列方向。所述奈米碳管膜結構26中相鄰的層疊的奈米碳管膜之間通過凡德瓦爾力緊密連接。本實施例中，平行的奈米碳管膜或者奈米碳管膜平行指的是所有奈米碳管膜中的奈米碳管的軸向具有一個基本相同的排列方向。具體地，所述奈米碳管膜結構26中的奈米碳管的軸向基本沿x軸方向排列。

[0037] 所述第一電極42及第二電極44間隔設置，並與所述電致伸縮複合材料20電連接。所述第一電極42及第二電極44為長條形金屬，其可以設置於電致伸縮複合材料20中，也可以設置於所述電致伸縮複合材料20兩端。只要保證通入所述電致伸縮複合材料20的電流方向垂直於所述複數個一維導電材料22軸向的排列方向即可。本實施例中，所述第一電極42及第二電極44為銅片，所述銅片設置

於所述電致伸縮複合材料20兩端，電流方向沿y軸方向。

[0038] 由於本實施例中的奈米碳管膜結構26在電致伸縮複合材料20中分佈較為均勻，因此，所述電致伸縮複合材料20的回應速度較快。因為在垂直於奈米碳管的軸向的排列方向所述電致伸縮複合材料20的楊氏模量較小，而沿著奈米碳管的軸向的定向排列方向所述電致伸縮複合材料20的楊氏模量較大，從而所述電致伸縮複合材料20只在垂直於奈米碳管軸向排列的方向膨脹。該電致伸縮複合材料20的膨脹具有定向性。因此，該電致伸縮元件40的膨脹具有定向性。

[0039] 本發明實施例所述的電致伸縮複合材料及採用所述電致伸縮複合材料的電致伸縮元件具有以下優點：本發明實施例提供的電致伸縮複合材料及採用所述電致伸縮複合材料的電致伸縮元件，包括柔性高分子基體，以及分散在所述柔性高分子基體中的複數個一維導電材料，由於所述複數個一維導電材料的軸向在高分子基體中基本沿同一方向定向排列，當在垂直於所述複數個一維導電材料軸向排列的方向通電流時，該電致伸縮複合材料及採用所述電致伸縮複合材料的電致伸縮元件僅在垂直於一維導電材料軸向排列的方向受熱膨脹，該電致電致伸縮複合材料及採用所述電致伸縮複合材料的電致伸縮元件的熱膨脹具有定向性，從而可以應用於某些精確控制器件中。

[0040] 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。舉凡熟悉本案技藝之人士援依本發明之精神所作之等效修飾或變化，皆應涵蓋於以下申請專利範圍內。

【圖式簡單說明】

- [0041] 圖1為本發明實施例提供的電致伸縮複合材料的立體結構示意圖。
- [0042] 圖2為圖1所示的電致伸縮複合材料沿II-II線的剖視圖。
- [0043] 圖3為本發明實施例提供的電致伸縮複合材料中採用的奈米碳管膜的掃描電鏡照片。
- [0044] 圖4為本發明實施例提供的電致伸縮複合材料伸縮前與通電伸縮後的對比示意圖。
- [0045] 圖5為採用本發明實施例提供的電致伸縮複合材料的電致伸縮元件的立體結構示意圖。
- [0046] 圖6為圖5沿VI-VI線的剖視圖。

【主要元件符號說明】

- [0047] 電致伸縮複合材料：20
- [0048] 一維導電材料：22
- [0049] 柔性高分子基體：24
- [0050] 奈米碳管膜結構：26
- [0051] 電致伸縮元件：40
- [0052] 第一電極：42
- [0053] 第二電極：44

七、申請專利範圍：

- 1 . 一種電致伸縮複合材料，其包括：一柔性高分子基體，以及分散在所述柔性高分子基體中的複數個一維導電材料，所述電致伸縮複合材料為片材，其改良在於，所述複數個一維導電材料的軸向基本沿同一方向定向排列，當沿垂直於所述複數個一維導電材料的軸向的排列方向通電流時，該電致伸縮複合材料沿垂直於所述複數個一維導電材料軸向排列的方向膨脹。
- 2 . 如申請專利範圍第1項所述的電致伸縮複合材料，其中，所述複數個一維導電材料包括碳纖維、金屬奈米線、奈米碳管及碳奈米線中的一種或幾種。
- 3 . 如申請專利範圍第1項所述的電致伸縮複合材料，其中，所述複數個一維導電材料基本平行於所述電致伸縮複合材料的表面，且所述複數個一維導電材料的軸向的排列方向垂直於所述電致伸縮複合材料的厚度方向。
- 4 . 一種電致伸縮複合材料，其包括：一柔性高分子基體，以及設置於該柔性高分子基體當中的複數個奈米碳管，所述柔性高分子基體為柔性高分子薄膜，其改良在於，所述複數個奈米碳管通過凡德瓦爾力構成至少一奈米碳管膜結構，所述複數個奈米碳管的軸向基本沿同一方向定向排列。
- 5 . 如申請專利範圍第4項所述的電致伸縮複合材料，其中，所述奈米碳管膜結構中相鄰的奈米碳管之間形成有複數個間隙。
- 6 . 如申請專利範圍第5項所述的電致伸縮複合材料，其中，所述柔性高分子基體的材料浸潤到奈米碳管膜結構中相鄰

的奈米碳管之間間隙當中，柔性高分子基體的材料與奈米碳管膜結構中的奈米碳管緊密結合在一起。

7. 如申請專利範圍第4項所述的電致伸縮複合材料，其中，所述奈米碳管膜結構包括至少一奈米碳管膜。
8. 如申請專利範圍第7項所述的電致伸縮複合材料，其中，該奈米碳管膜中的奈米碳管基本平行且平行於奈米碳管膜的表面。
9. 如申請專利範圍第8項所述的電致伸縮複合材料，其中，所述奈米碳管膜中的奈米碳管通過凡德瓦爾力首尾相連，且基本沿同一方向擇優取向排列。
10. 如申請專利範圍第7項所述的電致伸縮複合材料，其中，所述奈米碳管膜結構包括複數個奈米碳管膜層疊設置，該複數個奈米碳管膜中的奈米碳管的軸向均基本沿同一方向排列。
11. 如申請專利範圍第7項所述的電致伸縮複合材料，其中，所述電致伸縮複合材料包括複數個奈米碳管膜結構相互平行且間隔設置，該複數個奈米碳管膜結構中的奈米碳管的軸向均基本沿同一方向排列。
12. 如申請專利範圍第4項所述的電致伸縮複合材料，其中，所述奈米碳管在所述電致伸縮複合材料中的質量百分比為0.1%~3%。
13. 如申請專利範圍第4項所述的電致伸縮複合材料，其中，當沿與所述奈米碳管軸向的排列方向垂直的方向通電流時，該電致伸縮複合材料沿與所述奈米碳管軸向的排列方向垂直的方向膨脹。
14. 如申請專利範圍第1項或第4項所述的電致伸縮複合材料，

其中，所述柔性高分子基體材料包括矽橡膠、聚甲基丙烯酸甲酯、聚氨脂、環氧樹脂、聚丙烯酸乙酯、聚丙烯酸丁酯、聚苯乙烯、聚丁二烯、聚丙烯腈、聚苯胺、聚吡咯及聚噻吩中的一種或幾種的組合。

15 . 一種電致伸縮元件，其包括：

一電致伸縮材料，所述電致伸縮材料包括一柔性高分子基體，以及設置於該柔性高分子基體中的複數個奈米碳管；以及一第一電極和一第二電極，所述第一電極與第二電極間隔設置，並於所述電致伸縮材料電連接；

其改良在於，所述複數個奈米碳管通過凡德瓦爾力構成一奈米碳管膜結構，該複數個奈米碳管的軸向基本沿相同的方向定向排列，所述第一電極及第二電極設置於所述電致伸縮材料沿奈米碳管軸向方向的兩端。

16 . 如申請專利範圍第15項所述的電致伸縮元件，其中，所述奈米碳管膜結構包括至少一個奈米碳管膜，該奈米碳管膜包括多個首尾相連且軸向基本沿相同方向定向排列的奈米碳管。

17 . 如申請專利範圍第16項所述的電致伸縮元件，其中，所述奈米碳管膜結構包括多個重疊設置奈米碳管膜，所述多個奈米碳管膜通過凡德瓦爾力相結合，所述多個奈米碳管膜中奈米碳管的軸向基本沿相同的方向定向排列。

18 . 如申請專利範圍第15項所述的電致伸縮元件，其中，所述柔性高分子基體材料包括矽橡膠、聚甲基丙烯酸甲酯、聚氨脂、環氧樹脂、聚丙烯酸乙酯、聚丙烯酸丁酯、聚苯乙烯、聚丁二烯、聚丙烯腈、聚苯胺、聚吡咯及聚噻吩中的一種或幾種的組合。

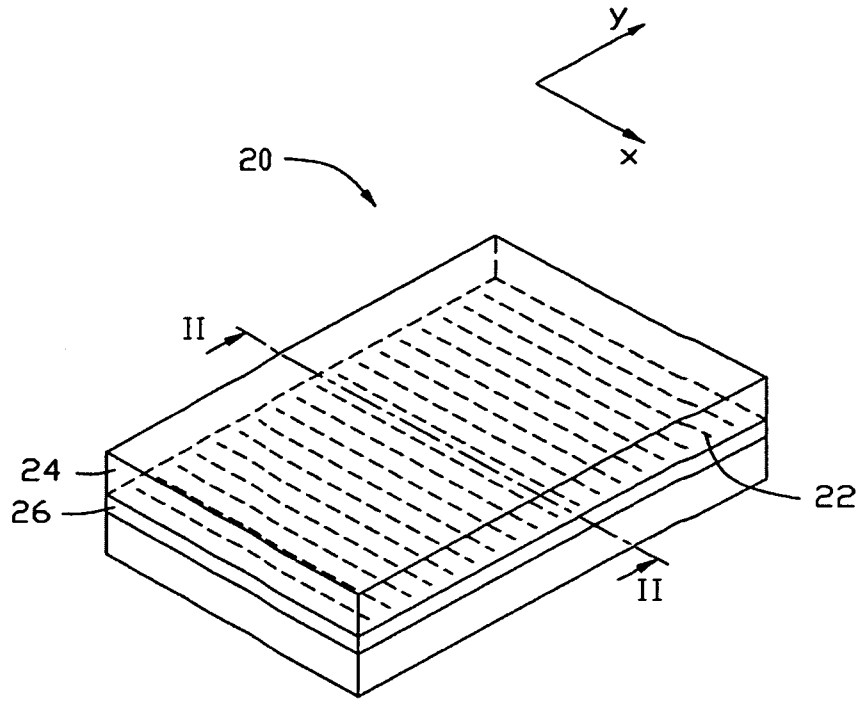
19 . 一種電致伸縮元件，其包括：

一電致伸縮複合材料，其包括：一柔性高分子基體，以及分散在所述柔性高分子基體中的複數個一維導電材料，所述電致伸縮複合材料為片材，所述複數個一維導電材料的軸向基本沿同一方向定向排列；以及

一第一電極和一第二電極，所述第一電極與第二電極間隔設置於所述電致伸縮材料的兩端，並於所述電致伸縮材料電連接；

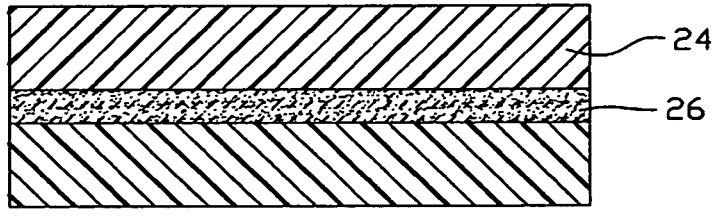
其改良在於，所述第一電極及第二電極的延伸方向平行於所述複數個一維導電材料的軸向的排列方向。

八、圖式：

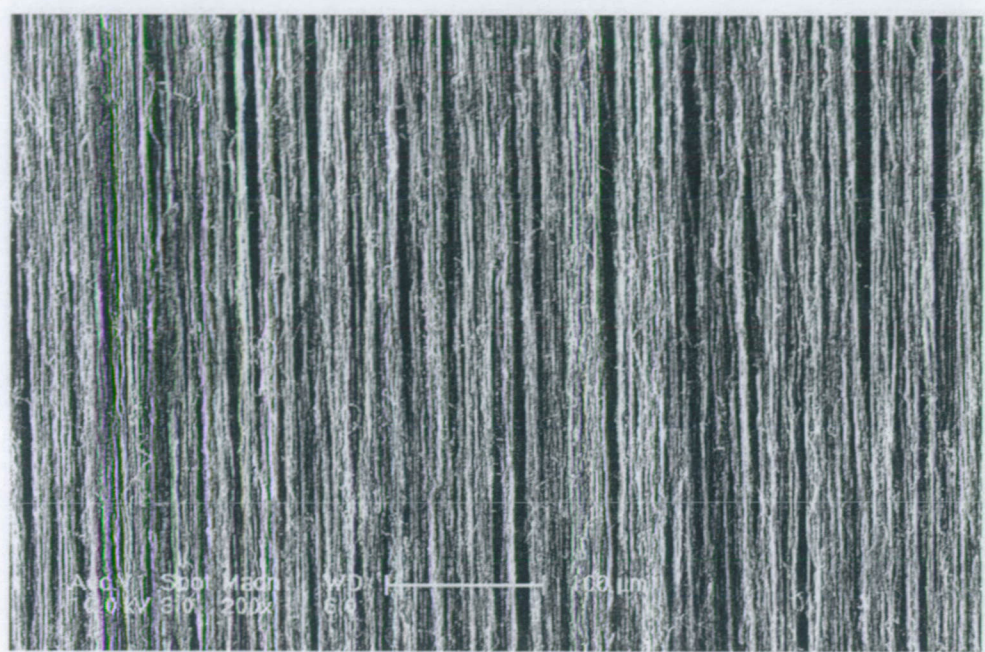


■ 1

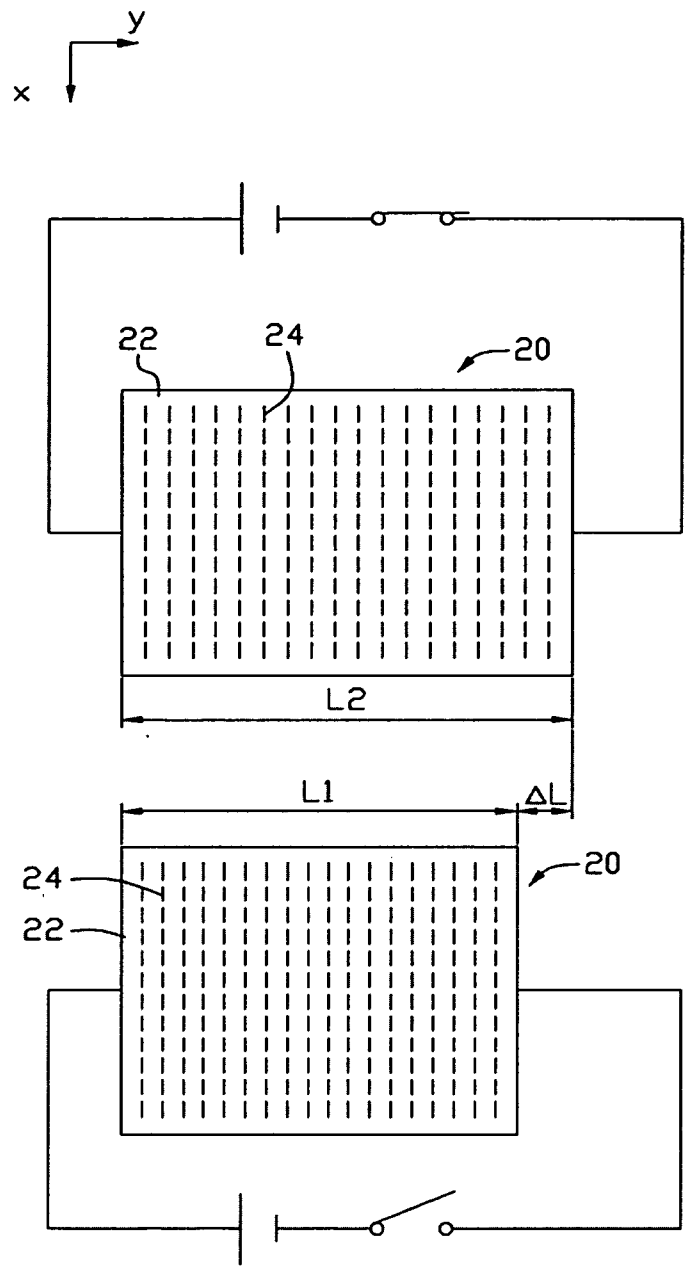
20



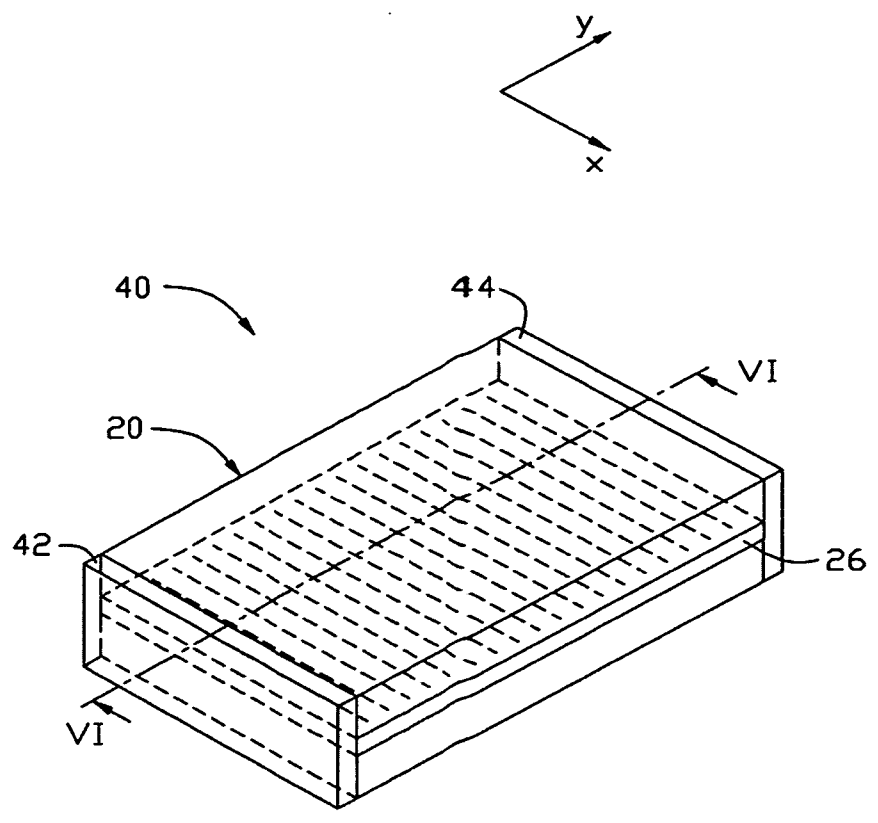
■ 2



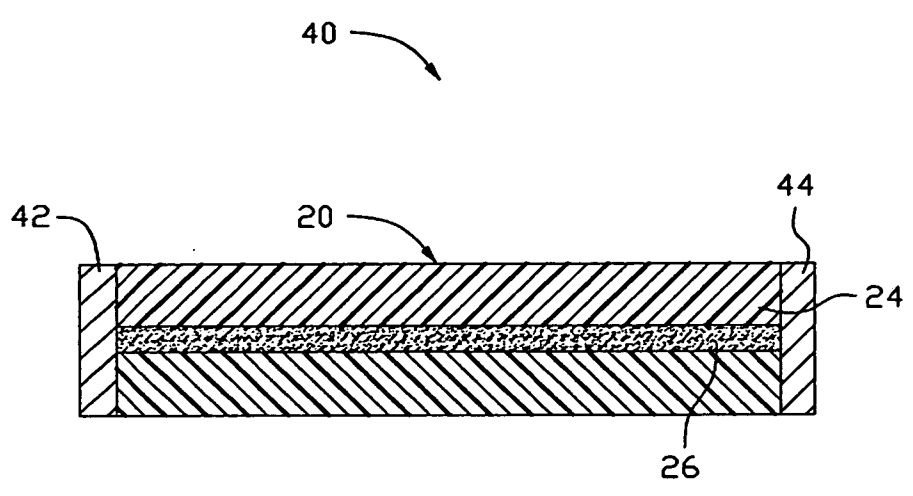
■ 3



■ 4



■ 5



■ 6