

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5313811号
(P5313811)

(45) 発行日 平成25年10月9日(2013.10.9)

(24) 登録日 平成25年7月12日(2013.7.12)

(51) Int.Cl.

F 1

C08L 101/12 (2006.01) C08L 101/12

C01B 31/02 (2006.01) C01B 31/02

C08K 3/04 (2006.01) C08K 3/04

101 F

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2009-193180 (P2009-193180)
 (22) 出願日 平成21年8月24日 (2009.8.24)
 (65) 公開番号 特開2010-47761 (P2010-47761A)
 (43) 公開日 平成22年3月4日 (2010.3.4)
 審査請求日 平成21年8月24日 (2009.8.24)
 (31) 優先権主張番号 200810142022.6
 (32) 優先日 平成20年8月22日 (2008.8.22)
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(73) 特許権者 598098331
 ツインファ ユニバーシティ
 中華人民共和国 ペイジン 100084
 , ハイダン ディストリクト
 (73) 特許権者 500080546
 鴻海精密工業股▲ふん▼有限公司
 台湾新北市土城區中山路66號
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100089037
 弁理士 渡邊 隆
 (74) 代理人 100110364
 弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】カーボンナノチューブ／ポリマー複合材料の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カーボンナノチューブフィルムを提供する第一ステップと、
 導電ポリマー及びカーボンナノチューブフィルムを複合させる第二ステップと、
 を含むCNT／導電ポリマー複合材料の製造方法であって、
 前記第二ステップは、
 導電ポリマーの単量体酸性溶液を容器に入れる第一サブステップと、
 前記カーボンナノチューブフィルムを前記容器に入れる第二サブステップと、
 酸化剤酸性溶液を準備する第三サブステップと、
 前記酸化剤酸性溶液を前記容器に入れて、前記導電ポリマーの単量体酸性溶液及び前記
 カーボンナノチューブフィルムを複合させる第四サブステップと、
 を含むことを特徴とするCNT／導電ポリマー複合材料の製造方法。

【請求項 2】

前記第二ステップにおいて、インサイチュー化学重合法により、導電ポリマー及びカーボンナノチューブフィルムを複合させることを特徴とする、請求項1に記載のCNT／導電ポリマー複合材料の製造方法。

【請求項 3】

前記第二サブステップは、前記カーボンナノチューブフィルムを前記容器に入れた後、
 前記容器を0～5に3～10時間冷却することを特徴とする、請求項1に記載のCNT／導電ポリマー複合材料の製造方法。

【請求項 4】

前記第二ステップの第四サブステップにおいて、

前記導電ポリマーの単量体は重合して前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブの表面に接着された導電ポリマーファイバーに成ることを特徴とする、請求項 1 に記載の CNT / 導電ポリマー複合材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カーボンナノチューブ (CNT) / ポリマー複合材料の製造方法に関し、特に CNT / 導電ポリマー複合材料の製造方法に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

カーボンナノチューブ (CNT) は、ナノテクノロジー分野で注目されている材料の一つであり、21世紀における重要な新素材の1つとなることが期待されている。CNTは、グラフェンシートを丸めた直径がナノメートルサイズの円筒状構造を持ち、炭素原子の6員環と5員環により構成されている。また、CNTは、機械・電気・熱特性に優れていますから、エレクトロニクス、バイオ、エネルギー、複合材料等、広範な分野での応用が期待されている。

【0003】

1991年に発見されて以来、CNTをフィラーとした高分子基複合材料 (CNT / Polymer 複合材料) の機械、熱、電気特性の向上を目的とした研究が盛んに行われている (非特許文献 1 及び非特許文献 2 を参照) 。従来の CNT / ポリマー複合材料は複数のカーボンナノチューブ及びポリマー粒子を含む。該 CNT / ポリマー複合材料を超コンデンサ、太陽セル電極に利用した場合、充放電により、前記ポリマー粒子の体積が収縮又は拡大するという現象がある。前記現象が発生する場合、カーボンナノチューブは中空の構造を有するので、前記 CNT / ポリマー複合材料の体積の収縮又は拡大を緩和することができる。さらに、カーボンナノチューブは良好な導電性を有するので、前記 CNT / ポリマー複合材料は良好な導電性及び高い比電気容量 (200 ファラット / グラム) を有する。前記 CNT / ポリマー複合材料の製造方法は、カーボンナノチューブを硫酸又は硝酸のような強酸及び界面活性剤に分散させた後、ポリマー材料と電気化学的に作用させ、電極に前記 CNT / ポリマー複合材料を形成することができる。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】 Ajayyan P. M., Stephan O., Collie x C., Tranth D., Science, 1994年、第 265 卷、p. 1212 - 1215

【非特許文献 2】 Calvert P., Nature, 1999年、第 399 卷、p. 210 - 211

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、強酸はカーボンナノチューブに損傷を与え、前記 CNT / ポリマー複合材料に残留した界面活性剤を除去し難いので、前記 CNT / ポリマー複合材料の品質が低くなるという課題がある。また、カーボンナノチューブをポリマー材料に充填する際、カーボンナノチューブは比表面積が非常に大きいことから凝集しやすく、ポリマー材料に均一分散させる事が非常に困難であるため、予測されている特性は必ずしも得られていないという課題もある。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

50

従って、前記課題を解決するために、本発明は CNT / 導電ポリマー複合材料の製造方法を提供する。

【0007】

本発明の CNT / 導電ポリマー複合材料の製造方法は、カーボンナノチューブフィルムを提供する第一ステップと、導電ポリマー及びカーボンナノチューブフィルムを複合させる第二ステップと、を含む。

【0008】

前記第二ステップにおいて、インサイチュー化学重合法により、導電ポリマー及びカーボンナノチューブフィルムを複合させる。

【0009】

前記第一ステップは、カーボンナノチューブ原料を提供する第一サブステップと、前記カーボンナノチューブ原料を溶剤に浸漬し、該カーボンナノチューブ原料を処理して、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する第二サブステップと、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶液をろ過して、最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を取り出す第三サブステップと、を含む。

【0010】

前記第二ステップは、導電ポリマーの単量体酸性溶液を容器に入れる第一サブステップと、前記カーボンナノチューブフィルムを前記容器に入れて、前記容器を 0 ~ 5 に 3 ~ 10 時間冷却させる第二サブステップと、酸化剤酸性溶液を準備する第三サブステップと、前記を前記容器に入れて、前記導電ポリマーの単量体酸性溶液及び前記カーボンナノチューブフィルムを複合させる第四サブステップと、を含む。

【0011】

前記第二ステップの第四サブステップにおいて、前記導電ポリマーの単量体は重合して導電ポリマーファイバーに成る。

【0012】

さらに、本発明の CNT / 導電ポリマー複合材料の製造方法は、前記 CNT / 導電ポリマー複合材料を前記電解液から取り出す第一サブステップと、脱イオン水を利用して、前記 CNT / 導電ポリマー複合材料のイオンを除却する第二サブステップと、前記 CNT / 導電ポリマー複合材料をエタノールが入った容器に入れて、不純物を除却する第三サブステップと、前記 CNT / 導電ポリマー複合材料を炉に入れて、80 で、4 時間加熱して、不純物を除却する第四サブステップと、を含む第三ステップを含む。

【発明の効果】

【0013】

従来の技術と比べて、本発明の CNT / 導電ポリマー複合材料の製造方法は簡単であり、コストが低いという優れた点がある。また、本発明の CNT / 導電ポリマー複合材料において、カーボンナノチューブが均一に配列されているので、CNT / 導電ポリマー複合材料の比電気容量を非常に高めることができる。また、本発明のカーボンナノチューブネットは良好な柔軟性を有するので、本発明の CNT / 導電ポリマー複合材料を任意な形状に形成することができる

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の実施例の CNT / 導電ポリマー複合材料の製造方法のフローチャートである。

【図2】本発明のカーボンナノチューブフィルムの走査型電子顕微鏡写真である。

【図3】濾過された綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体の写真である。

【図4】本発明の綿毛構造のカーボンナノチューブフィルムの走査型電子顕微鏡写真である。

【図5】本発明のカーボンナノチューブが等方的に配列されたカーボンナノチューブフィルムの走査型電子顕微鏡写真である。

【図6】本発明のカーボンナノチューブが同じ方向に沿って配列されたカーボンナノチュ

10

20

30

40

50

ープフィルムの走査型電子顕微鏡写真である。

【図7】本発明の実施例のC N T /導電ポリマー複合材料の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図面を参照して、本発明の実施例について説明する。

【0016】

図1を参照すると、本実施例のC N T /導電ポリマー複合材料の製造方法は、カーボンナノチューブフィルムを提供する第一ステップと、インサイチュー化学重合法により、導電ポリマー及びカーボンナノチューブフィルムを複合させる第二ステップと、を含む。

【0017】

前記第一ステップに提供されたカーボンナノチューブフィルムの製造方法は、以下の(一)~(四)のものが挙げられる。

【0018】

(一)カーボンナノチューブアレイのフィルム

前記カーボンナノチューブフィルムの製造方法は次のステップを含む。

【0019】

前記カーボンナノチューブアレイのフィルムは、超配列カーボンナノチューブアレイ(Superaligned array of carbon nanotubes, 非特許文献2を参照)であり、該超配列カーボンナノチューブアレイの製造方法は、化学気相堆積法を採用する。該製造方法は、次のステップを含む。ステップ(a)では、平らな基材を提供し、該基材はP型のシリコン基材、N型のシリコン基材及び酸化層が形成されたシリコン基材のいずれか一種である。本実施例において、4インチのシリコン基材を選択することが好ましい。ステップ(b)では、前記基材の表面に、均一に触媒層を形成する。該触媒層の材料は鉄、コバルト、ニッケル及びその2種以上の合金のいずれか一種である。ステップ(c)では、前記触媒層が形成された基材を700~900の空気で30分~90分間アニーリングする。ステップ(d)では、アニーリングされた基材を反応炉に置き、保護ガスで500~740の温度で加熱した後で、カーボンを含むガスを導入して、5分~30分間反応を行って、超配列カーボンナノチューブアレイ(Superaligned array of carbon nanotubes, 非特許文献2)を成長させることができる。該カーボンナノチューブアレイの高さは100マイクロメートル以上である。該カーボンナノチューブアレイは、互いに平行し、基材に垂直に生長する複数のカーボンナノチューブからなる。該カーボンナノチューブは、長さが長いため、部分的にカーボンナノチューブが互いに絡み合っている。生長の条件を制御することによって、前記カーボンナノチューブアレイは、例えば、アモルファスカーボン及び残存する触媒である金属粒子などの不純物を含まなくなる。

【0020】

本実施例において、前記カーボンを含むガスとしては例えば、アセチレン、エチレン、メタンなどの活性な炭化水素が選択され、エチレンを選択することが好ましい。保護ガスは窒素ガスまたは不活性ガスであり、アルゴンガスが好ましい。

【0021】

本実施例から提供されたカーボンナノチューブアレイは、前記の製造方法により製造されることに制限されず、アーク放電法またはレーザー蒸発法で製造してもいい。

【0022】

(二)ドローン構造カーボンナノチューブフィルム(drawn carbon nanotube film)

前記カーボンナノチューブフィルムの製造方法は次のステップを含む。

【0023】

第一ステップでは、(一)のカーボンナノチューブアレイを提供する。

【0024】

第二ステップでは、前記カーボンナノチューブアレイから、少なくとも、一枚のカーボ

10

20

30

40

50

ンナノチューブフィルムを引き伸ばす。まず、ピンセットなどの工具を利用して複数のカーボンナノチューブの端部を持つ。例えば、一定の幅を有するテープを利用して複数のカーボンナノチューブの端部を持つ。次に、所定の速度で前記複数のカーボンナノチューブを引き出し、図2に示す、複数のカーボンナノチューブセグメントからなる連続のカーボンナノチューブフィルムを形成する。

【0025】

前記複数のカーボンナノチューブを引き出す工程において、前記複数のカーボンナノチューブがそれぞれ前記基材から脱離すると、分子間力で前記カーボンナノチューブセグメントが端と端で接合され、連続のカーボンナノチューブフィルムが形成される。

【0026】

(三)綿毛構造カーボンナノチューブフィルム (f l o c c u l a t e d c a r b o n n a n o t u b e f i l m)

前記カーボンナノチューブフィルムの製造方法は、下記のステップを含む。

【0027】

第一ステップでは、カーボンナノチューブ原料（綿毛構造カーボンナノチューブフィルムの素になるカーボンナノチューブ）を提供する。

【0028】

まず、（一）のカーボンナノチューブアレイを提供する。次に、ナイフのような工具で前記カーボンナノチューブを前記基材から剥離し、カーボンナノチューブ原料が形成される。前記カーボンナノチューブは、ある程度互いに絡み合っている。前記カーボンナノチューブの原料においては、該カーボンナノチューブの長さは、100マイクロメートル以上であり、10マイクロメートル以上であることが好ましい。

【0029】

第二ステップでは、前記カーボンナノチューブ原料を溶剤に浸漬し、該カーボンナノチューブ原料を処理して、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を形成する。

【0030】

前記カーボンナノチューブ原料を前記溶剤に浸漬した後、超音波式分散、又は高強度攪拌又は振動などの方法により、前記カーボンナノチューブを綿毛構造に形成させる。前記溶剤は水または揮発性有機溶剤である。超音波式分散方法により、カーボンナノチューブを含む溶剤を10～30分間処理する。カーボンナノチューブは大きな比表面積を有し、カーボンナノチューブの間に大きな分子間力が生じるので、前記カーボンナノチューブはそれぞれ絡み合い、綿毛構造に形成されている。

【0031】

第三ステップでは、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶液をろ過して、最終的な綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を取り出す。

【0032】

まず、濾紙が置かれたファネルを提供する。前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶剤を濾紙が置かれたファネルに注ぎ、しばらく放置して、乾燥させると、綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が分離される。図3を参照すると、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体におけるカーボンナノチューブが互いに絡み合って、不規則的な綿毛構造となる。

【0033】

分離された前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を容器に置き、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を所定の形状に展開し、展開された前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体に所定の圧力を加え、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体に残留した溶剤を加熱するか、或いは、該溶剤が自然に蒸発すると、図4に示すような綿毛構造のカーボンナノチューブフィルムが形成される。

【0034】

前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体が展開される面積によって、綿毛構造のカーボンナノチューブフィルムの厚さと面密度を制御できる。即ち、一定の体積を有する前

10

20

30

40

50

記録毛構造のカーボンナノチューブ構造体は、展開される面積が大きくなるほど、綿毛構造のカーボンナノチューブフィルムの厚さと面密度が小さくなる。

【0035】

また、微多孔膜とエアーポンプファネル (Air-pumping Funnel) を利用して綿毛構造のカーボンナノチューブフィルムが形成される。具体的には、微多孔膜とエアーポンプファネルを提供し、前記綿毛構造のカーボンナノチューブ構造体を含む溶剤を、前記微多孔膜を通して前記エアーポンプファネルにつぎ、該エアーポンプファネルに抽気し、乾燥させると、綿毛構造のカーボンナノチューブフィルムが形成される。前記微多孔膜は、平滑な表面を有する。該微多孔膜において、単一の微小孔の直径は、0.22マイクロメートルにされている。前記微多孔膜は平滑な表面を有するので、前記カーボンナノチューブフィルムは容易に前記微多孔膜から剥落することができる。さらに、前記エアーポンプを利用することにより、前記綿毛構造のカーボンナノチューブフィルムに空気圧をかけるので、均一な綿毛構造のカーボンナノチューブフィルムを形成させることができる。

【0036】

(四) プレシッド構造カーボンナノチューブフィルム

前記カーボンナノチューブフィルムは、プレシッド構造カーボンナノチューブフィルム (pressed carbon nanotube film) である。まず、(一) のカーボンナノチューブアレイを提供する。次に、押し器具を利用することにより、所定の圧力をかけて前記カーボンナノチューブアレイを押し、該カーボンナノチューブアレイを圧力で倒すことにより形成された、シート状の自立構造を有するものである。前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブの配列方向は、前記押し器具の形状及び前記カーボンナノチューブアレイを押す方向により決められている。

【0037】

図5を参照すると、単一の前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブが配向せずに配置される。該カーボンナノチューブフィルムは、等方的に配列されている複数のカーボンナノチューブを含む。隣接するカーボンナノチューブが分子間力で相互に引き合い、接続する。該カーボンナノチューブ構造体が平面等方性を有する。該カーボンナノチューブフィルムは、平面を有する押し器具を利用して、カーボンナノチューブアレイが成長された基板に垂直な方向に沿って前記カーボンナノチューブアレイを押すことにより形成される。

【0038】

図6を参照すると、単一の前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブが配向して配列される。該カーボンナノチューブフィルムは、同じ方向に沿って配列された複数のカーボンナノチューブを含む。ローラー形状を有する押し器具を利用して、同じ方向に沿って前記カーボンナノチューブアレイを同時に押す場合、基本的に同じ方向に配列されるカーボンナノチューブを含むカーボンナノチューブフィルムが形成される。また、ローラー形状を有する押し器具を利用して、異なる方向に沿って、前記カーボンナノチューブアレイを同時に押す場合、前記異なる方向に沿って、選択的な方向に配列されるカーボンナノチューブを含むカーボンナノチューブフィルムが形成される。

【0039】

前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブの傾斜の程度は、前記カーボンナノチューブアレイにかけた圧力に関係する。前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブと該カーボンナノチューブフィルムの表面とは、角度を成し、該角度は0°以上15°以下である。好ましくは、前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブが該カーボンナノチューブフィルムの表面に平行する。前記圧力が大きくなるほど、前記傾斜の程度が大きくなる。前記カーボンナノチューブフィルムの厚さは、前記カーボンナノチューブアレイの高さ及び該カーボンナノチューブアレイにかけた圧力に関係する。即ち、前記カーボンナノチューブアレイの高さが大きくなるほど、また、該カーボンナノチューブアレイにかけた圧力が小さくなるほど、

10

20

30

40

50

前記カーボンナノチューブフィルムの厚さが大きくなる。これとは逆に、カーボンナノチューブアレイの高さが小さくなるほど、また、該カーボンナノチューブアレイにかけた圧力が大きくなるほど、前記カーボンナノチューブフィルムの厚さが小さくなる。

【0040】

前記第二ステップは、導電ポリマーの単量体酸性溶液を容器に入れる第一サブステップと、前記カーボンナノチューブフィルムを前記容器に入れて、前記容器を0～5に3～10時間冷却する第二サブステップと、酸化剤酸性溶液を準備する第三サブステップと、前記を前記容器に入れて、前記導電ポリマーの単量体酸性溶液及び前記カーボンナノチューブフィルムを複合させる第四サブステップと、を含む。

【0041】

前記第二ステップの第一サブステップにおいて、前記導電ポリマーの単量体酸性溶液は、酸性溶液に導電ポリマーの単量体を溶解することによって形成される。前記導電ポリマーの単量体酸性溶液を容器に入れて電解液として利用することができる。前記導電ポリマーの単量体は、アニリン、ピロール、チオフェン、アセチレン、ポリフェニレンビニレンのいずれか一種又はそれらの組み合わせである。前記酸性溶液は、塩酸、硫酸、水素硝酸、磷酸、酢酸のいずれか一種又はそれらの組み合わせである。

【0042】

本実施例において、前記導電ポリマーの単量体はアニリンであり、前記酸性溶液は硫酸である。前記カーボンナノチューブフィルムを前記導電ポリマーの単量体酸性溶液に浸漬させる方法は、40ml、1mol/Lの硫酸を容器に入れた後、0.74504グラムのオイル状のアニリン単量体(0.74504グラムのアニリン単量体は0.008モル)を該容器に入れる。前記アニリン単量体が前記硫酸溶液に溶解すると、濃度が0.2mol/Lのアニリン硫酸溶液が形成される。

【0043】

前記第二サブステップにおいて、カーボンナノチューブフィルムを前記容器に入れた後、前記容器を5に、3時間冷却させる。この場合、前記アニリン単量体は、前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブの表面に、不均一に分散されている。

【0044】

前記第三サブステップの酸化剤酸性溶液の製造方法により、酸化剤を容器に入れて、酸性溶液を前記容器に入れた後、前記容器を0～5に、3時間～10時間冷却させる。前記酸化剤は、硫酸アンモニウム、過マンガン酸カリウム、過酸化水素のいずれか一種又はそれらの組み合わせである。前記酸性溶液は、塩酸、硫酸、水素硝酸、磷酸、酢酸のいずれか一種又はそれらの組み合わせである。前記導電ポリマーの単量体酸性溶液及び前記酸化剤酸性溶液の濃度比は、0.5～2である。

【0045】

本実施例において、前記酸化剤は、硫酸アンモニウムであり、前記酸性溶液は塩酸である。前記導電ポリマーの単量体酸性溶液及び前記酸化剤酸性溶液の濃度比は、1である。

【0046】

本実施例において、前記酸化剤酸性溶液を準備する方法により、1.8256グラムの硫酸アンモニウム粉末を容器に入れて、40ml、1mol/Lの塩酸を前記容器に入れた後、前記硫酸アンモニウム粉末を前記塩酸に溶解させて、0.2mol/Lの硫酸アンモニウム・塩酸を形成する。前記硫酸アンモニウム粉末を十分に前記塩酸に溶解させるために、前記容器を0～5で、5時間冷却することができる。

【0047】

前記第四サブステップにおいて、前記導電ポリマーの単量体は重合して導電ポリマーファイバーに成る。前記導電ポリマーファイバーと前記カーボンナノチューブフィルムとを複合させてCNT/導電ポリマー複合材料に形成することができる。

【0048】

本実施例において、前記導電ポリマーの単量体を重合させる方法により、前記溶液を氷

10

20

30

40

50

水に浸漬して、徐々に酸化剤酸性溶液を前記溶液に入れて、前記容器に入れた前記導電ポリマーの単量体を重合反応させて導電ポリマーファイバーを形成させる。この後、前記容器を0～5で、5～20時間冷却させる。

【0049】

前記導電ポリマーの単量体及び酸化剤酸性溶液を5～20時間冷却した後、前記導電ポリマーの単量体は十分に酸化させたので、前記導電ポリマーの単量体は導電ポリマーファイバーに形成される。前記導電ポリマーファイバーは前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブの表面に接着される。前記導電ポリマーファイバーは相互に接続されて導電ポリマーファイバーネットワークに形成されている。前記導電ポリマーファイバーネットワークは、前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブの表面に接着されている。前記導電ポリマーファイバーの長さは、100nm～10mmであり、その直径は30nm～120nmである。本実施例において、前記導電ポリマーの単量体、酸化剤酸性溶液、カーボンナノチューブフィルムは、0～5で、10時間冷却することができる。10

【0050】

さらに、本実施例は、前記CNT／導電ポリマー複合材料を洗浄して乾燥させる第三ステップを含むことができる。該第三ステップは、前記CNT／導電ポリマー複合材料を前記電解液から取り出す第一サブステップと、脱イオン水を利用して、前記CNT／導電ポリマー複合材料のイオンを除却する第二サブステップと、前記CNT／導電ポリマー複合材料をエタノールが入った溶液に入れて、不純物を除却する第三サブステップと、前記CNT／導電ポリマー複合材料を炉に入れて、80で、4時間加熱して、イオンや有機物などの不純物を除却する第四サブステップと、を含む。20

【0051】

図7を参照すると、本実施例のCNT／導電ポリマー複合材料10は、複数のカーボンナノチューブ12と、導電ポリマーファイバー14と、を含む。前記カーボンナノチューブ12は相互に接続されて、カーボンナノチューブネット16を形成する。前記導電ポリマーファイバー14は前記カーボンナノチューブ12の表面に接着されている。前記カーボンナノチューブネット16は前記CNT／導電ポリマー複合材料10の骨組として、前記導電ポリマーファイバー14は前記カーボンナノチューブネット16に接着されている。前記導電ポリマーファイバー14及び前記カーボンナノチューブ12は、それぞれ均一に前記CNT／導電ポリマー複合材料10内に分散されている。30

【0052】

本実施例において、前記カーボンナノチューブ12は配向せずに配置され、相互に分子間力で接続され、均一な構造体を形成している。又は、前記カーボンナノチューブ12は相互に分子間力で接続され、前記カーボンナノチューブネット16の表面に平行するよう等方的に配列されている。

【0053】

前記カーボンナノチューブ12は、単層カーボンナノチューブ、二層カーボンナノチューブ又は多層カーボンナノチューブである。前記カーボンナノチューブが単層カーボンナノチューブである場合、直径は0.5nm～50nmであり、前記カーボンナノチューブが二層カーボンナノチューブである場合、直径は1nm～50nmであり、前記カーボンナノチューブが多層カーボンナノチューブである場合、直径は1.5nm～50nmである。前記カーボンナノチューブ12の長さは、100nm～10mmである。40

【0054】

前記導電ポリマーファイバー14は、ポリアニリン、ポリピロールアクチュエータ、ポリチオフェン、ポリアセチレン、ポリパラフェニレン、ポリフェニレンビニレンのいずれか一種又はその混合物からなる。前記導電ポリマーファイバー14の長さは、100nm～10mmであり、前記導電ポリマーファイバー14の直径は30nm～120nmである。前記CNT／導電ポリマー複合材料10において、前記導電ポリマーファイバー14の重量パーセントは、20wt%～80wt%である。前記導電ポリマーファイバー1450

及び前記カーボンナノチューブ12を同じ長さに設けることにより、前記導電ポリマーファイバー14及び前記カーボンナノチューブ12の分散の均一性及び接続の有効性を高めることができる。

【符号の説明】

【0055】

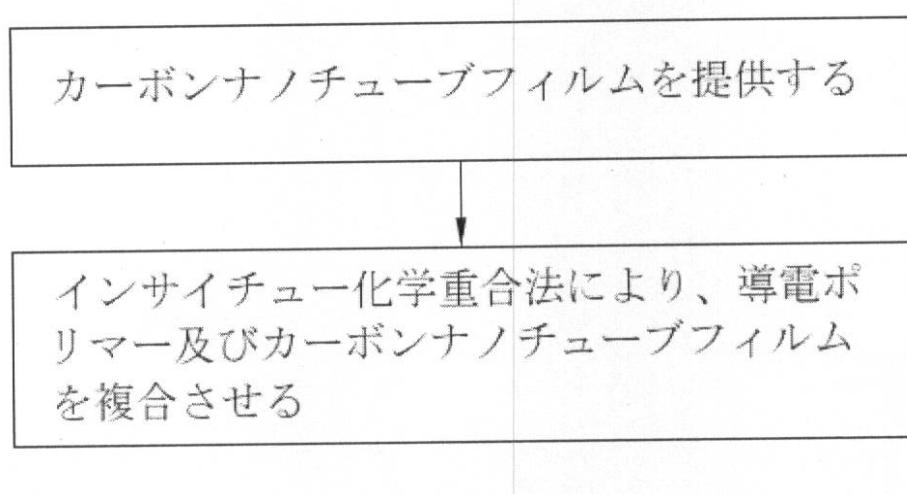
10 CNT / 導電ポリマー複合材料

12 カーボンナノチューブ

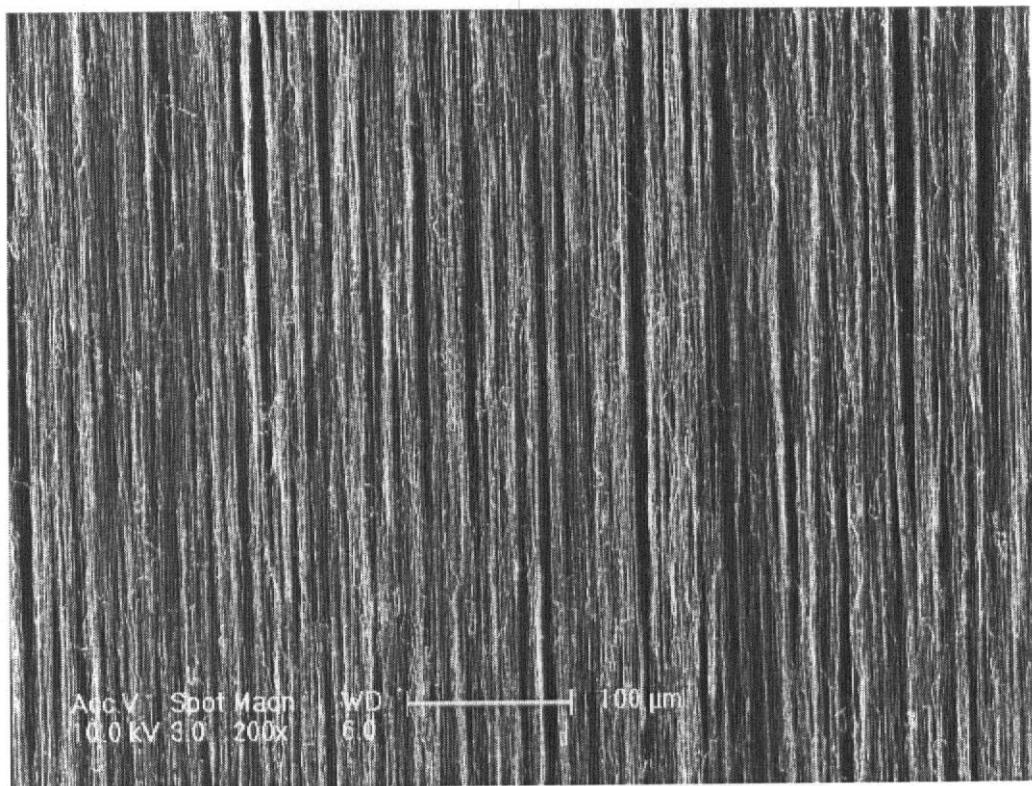
14 導電ポリマーファイバー

16 カーボンナノチューブネット

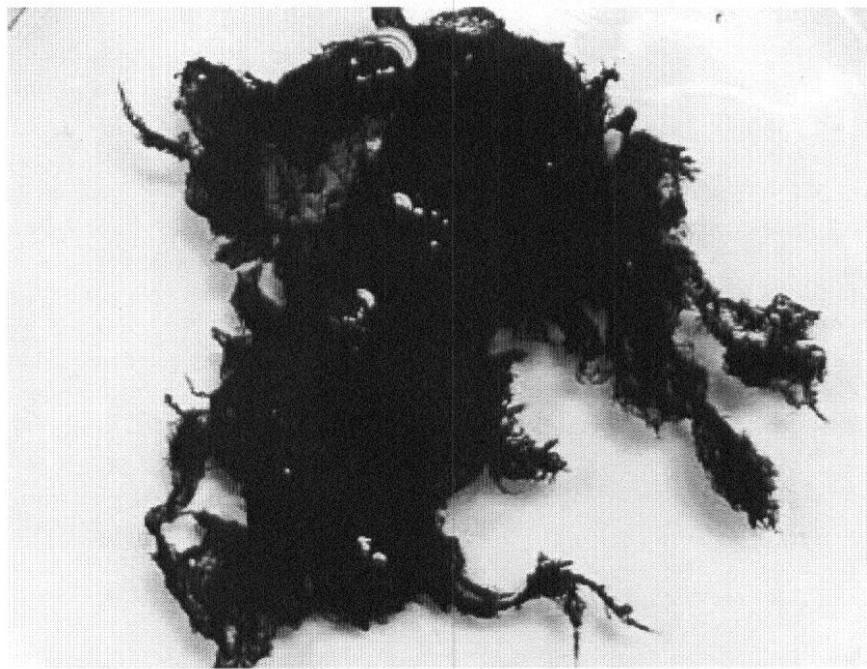
【図1】



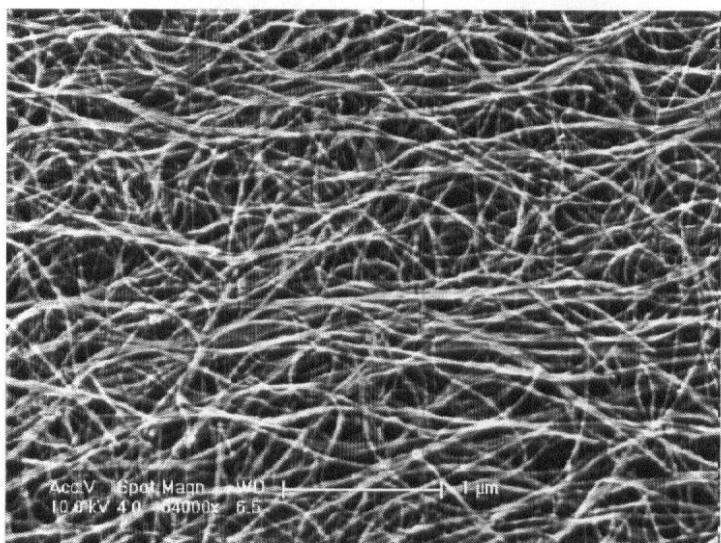
【図2】



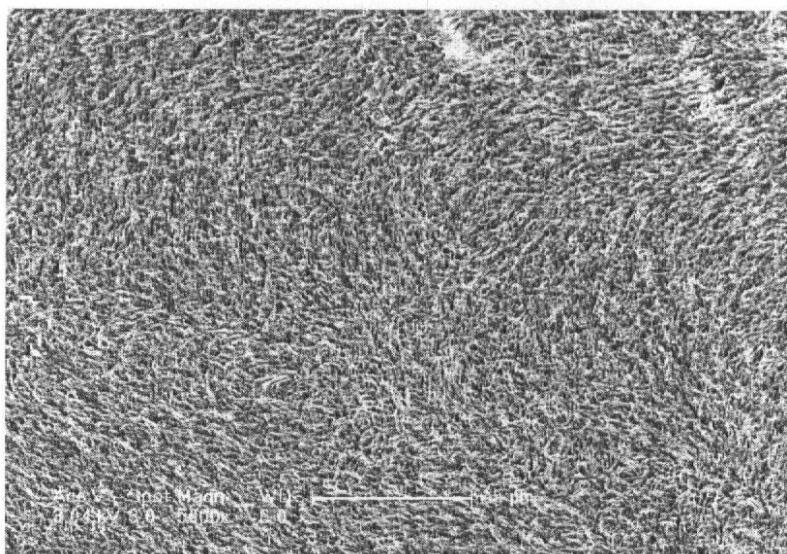
【図3】



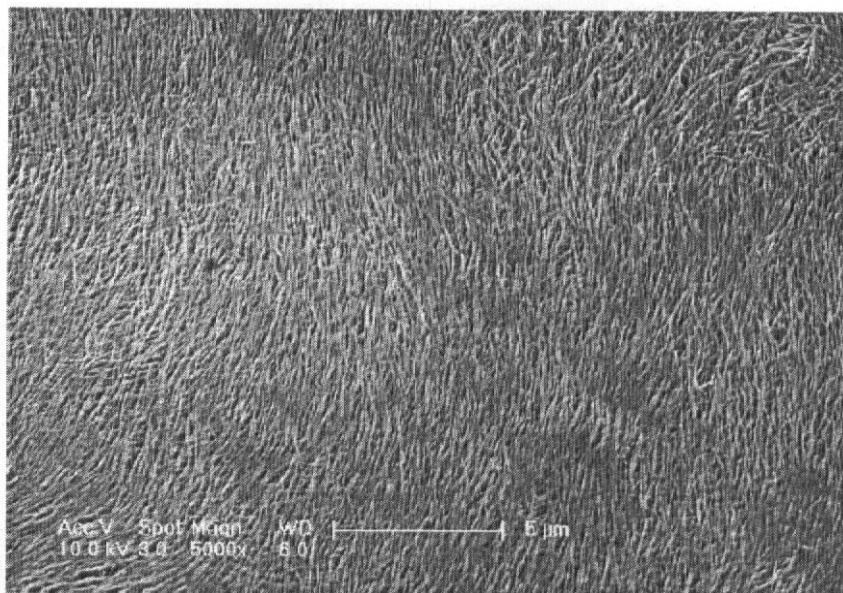
【図4】



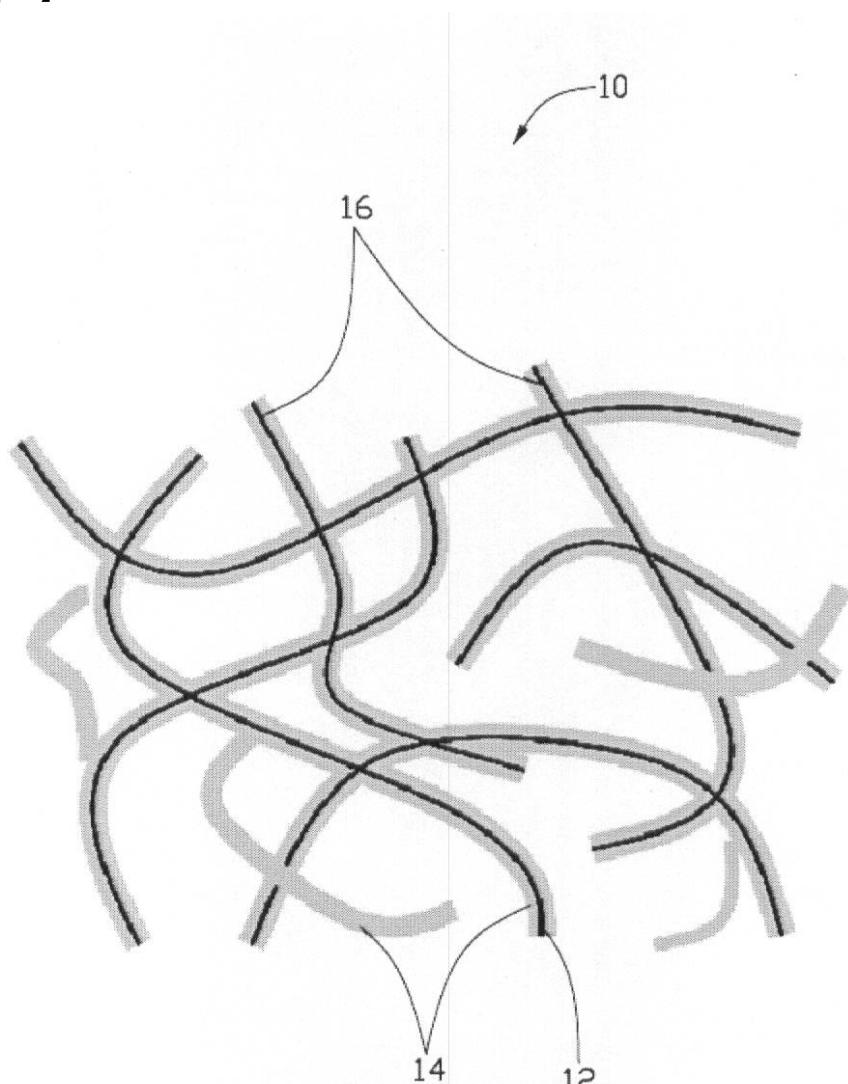
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 孟 垂舟

中華人民共和国北京市海淀区清華園一号

(72)発明者 劉 長洪

中華人民共和国北京市海淀区清華園一号

(72)発明者 ハン 守善

中華人民共和国北京市海淀区清華園一号

審査官 一宮 里枝

(56)参考文献 特開2005-008815 (JP, A)

特開平11-241021 (JP, A)

Yuehe Lin and Xiaoli Cui, Electrosynthesis, characterization, and application of novel hybrid materials based on carbon nanotube-polyaniline-nickel hexacyanoferrate nanocomposites, *Journal of Materials Chemistry*, 2006年, 16, 585-592

N.Ferrer-Anglada et al., Transparent and flexible carbon nanotube/polypyrrole and carbon nanotube/polyaniline pH sensors, *Physica status solidi. B, Basic solid state physics*, 2006年, 243, No.13, 第3519-3523頁

C.Downs et al., Efficient Polymerization of Aniline at Carbon Nanotube Electrodes, *Advanced Materials*, 1999年, 11, No.12, 1028-1031

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C08L 1/00-101/14

C01B 31/00-31/36

C08K 3/00-13/08