

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-51058

(P2007-51058A)

(43) 公開日 平成19年3月1日(2007.3.1)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
CO1B 31/02 (2006.01)	CO1B 31/02 IO1F	4G146
B82B 3/00 (2006.01)	B82B 3/00	

審査請求 未請求 請求項の数 23 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2006-221218 (P2006-221218)
 (22) 出願日 平成18年8月14日 (2006.8.14)
 (31) 優先権主張番号 10-2005-0074473
 (32) 優先日 平成17年8月12日 (2005.8.12)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)
 (31) 優先権主張番号 10-2006-0074318
 (32) 優先日 平成18年8月7日 (2006.8.7)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(71) 出願人 390019839
 三星電子株式会社
 Samsung Electronics
 Co., Ltd.
 大韓民国京畿道水原市靈通区梅灘洞416
 (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 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100110364
 弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

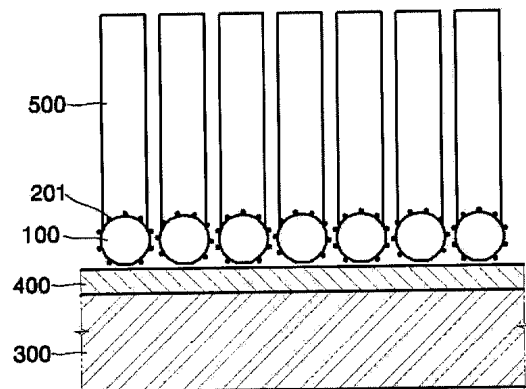
(54) 【発明の名称】 炭素ナノチューブの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 炭素ナノチューブの製造方法を提供する。

【解決手段】 触媒ナノ粒子を、シリコン元素を含有する分子物質の表面改質剤、例えば、3-アミノプロピルトリエトキシシランで表面改質処理して、表面処理された触媒ナノ粒子上に表面処理により直径が制御されるように炭素ナノチューブを成長させる。炭素ナノチューブは、表面改質剤の分解により触媒ナノ粒子の表面に堆積されるシリコン酸化物系の堆積物による表面立体安定化によって直径が制御されて成長されうる。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

触媒ナノ粒子を、シリコン元素を含有する分子物質の表面改質剤で表面改質処理する工程と、

前記表面処理された触媒ナノ粒子上に、前記表面処理により直径が制御されるように炭素ナノチューブを成長させる工程と、を含むことを特徴とする炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項 2】

前記触媒ナノ粒子は、湿式化学的合成方法により概略 15% 以下の標準偏差を持つ大きさ分布の遷移金属のナノ粒子で形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

10

【請求項 3】

前記表面改質剤は、シラン基、シロキサン基及びシルセスキオキサン基を含む一群から選択されるいずれか一つの官能基を少なくとも含む分子物質であることを特徴とする請求項 1 に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項 4】

前記表面改質剤は、 $-NH_2$ 、 $-COOH$ 、 $-CONH_2$ 及び $-SH$ 官能基を含む一群から選択されるいずれか一つの官能基を少なくとも含む分子物質であることを特徴とする請求項 1 に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項 5】

前記表面改質剤は、3-アミノプロピルトリエトキシシランを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

20

【請求項 6】

前記表面改質剤で処理する工程は、

前記触媒ナノ粒子が分散された分散液を準備する工程と、

前記分散液に前記表面改質剤を直接または溶液で添加する工程と、を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項 7】

前記炭素ナノチューブを成長させる工程は、

前記触媒ナノ粒子上に炭素ソースガスを提供して分解して、前記炭素ナノチューブを合成させる化学気相蒸着で行われることを特徴とする請求項 1 に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

30

【請求項 8】

前記化学気相蒸着は、前記炭素ソースガスの分解を熱的に行う熱的化学気相蒸着やプラズマ実行するプラズマ強化化学気相蒸着であることを特徴とする請求項 7 に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項 9】

前記炭素ナノチューブは、前記表面改質剤の分解により前記触媒ナノ粒子の表面に堆積されるシリコン酸化物系の堆積物による表面立体安定化によって直径が制御されて成長されることを特徴とする請求項 1 に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

40

【請求項 10】

触媒ナノ粒子を溶媒に分散させる工程と、

前記分散液にシリコン元素を含有する分子物質の表面改質剤を添加して、前記分散された触媒ナノ粒子の表面を改善処理する工程と、

前記分散液を基板上に塗布する工程と、

前記分散液の塗布により前記基板上に堆積された前記触媒ナノ粒子上に、前記表面処理により直径が制御されるように炭素ナノチューブを成長させる工程と、を含むことを特徴とする炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項 11】

前記分散溶媒は、 n -ヘキサン、クロロホルム、トルエン、水及びエタノールを含む一

50

群から選択されるいずれか一つを含むことを特徴とする請求項10に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項12】

前記表面改質剤は、シラン基、シロキサン基及びシルセスキオキサン基を含む一群から選択されるいずれか一つの官能基を少なくとも含む分子物質であることを特徴とする請求項10に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項13】

前記表面改質剤は、 $-NH_2$ 、 $-COOH$ 、 $-CONH_2$ 及び $-SH$ 官能基を含む一群から選択されるいずれか一つの官能基を少なくとも含む分子物質であることを特徴とする請求項10に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

10

【請求項14】

前記分散液を基板上に塗布する工程は、
スピニング、ディップコーティング、スプレイコーティング及びパドルコーティングを含む一群から選択されるいずれか一つのコーティング方法で行われることを特徴とする請求項10に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項15】

前記基板は、ガラスまたはシリコン基板であるか、
前記基板は、Au、Ag、TiN、ITO及びTa₂Nを含む一群から選択されたいずれか一つの導電物質を含む層を伴う基板であることを特徴とする請求項10に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

20

【請求項16】

前記炭素ナノチューブは、前記表面改質剤の分解により前記触媒ナノ粒子の表面に堆積されるシリコン酸化物系の堆積物による表面立体安定化によって直径が制御されて成長されることを特徴とする請求項10に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項17】

触媒ナノ粒子を溶媒に分散させる工程と、
前記分散液にシリコン元素及びアミン官能基を含有する分子物質の表面改質剤を添加して前記分散された触媒ナノ粒子の表面を処理する工程と、
前記分散液を基板上に塗布する工程と、
前記分散液の塗布により前記基板上に堆積された前記触媒ナノ粒子上に、前記表面処理により直径が制御されるように炭素ナノチューブを成長させる工程と、を含むことを特徴とする炭素ナノチューブの製造方法。

30

【請求項18】

前記表面改質剤は、3-アミノプロピルトリエトキシシランを含むことを特徴とする請求項17に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項19】

前記表面改質剤は、シラン基、シロキサン基及びシルセスキオキサン基を含む一群から選択されるいずれか一つの官能基を少なくとも含む分子物質であることを特徴とする請求項17に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項20】

前記炭素ナノチューブは、前記表面改質剤の分解により前記触媒ナノ粒子の表面に堆積されるシリコン酸化物系の堆積物による表面立体安定化によって直径が制御されて成長されることを特徴とする請求項17に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

40

【請求項21】

触媒ナノ粒子を提供する工程と、
前記触媒ナノ粒子の表面をシリコンを含む表面改質剤で処理する工程と、
シリコンを含む前記表面改質剤で処理された前記触媒ナノ粒子上に炭素ナノチューブを成長させる工程と、を含むことを特徴とする炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項22】

前記炭素ナノチューブの直径は、前記触媒ナノ粒子の表面を処理することによって制御

50

されることを特徴とする請求項 2 1 に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【請求項 2 3】

前記触媒ナノ粒子は、鉄ナノ粒子を含むことを特徴とする請求項 2 1 に記載の炭素ナノチューブの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、炭素ナノチューブに係り、特に、触媒ナノ粒子の表面を改善して触媒ナノ粒子上に成長される炭素ナノチューブの直径を均一に調節できる炭素ナノチューブの製造方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

炭素ナノチューブは直径が 1 ~ 5 nm であり、長さが数 μm から数百 μm に至るほど構造的に大きい非等方性を持つこととなる。このような炭素ナノチューブは、直径とキラリティ (Chirality) とによって導体あるいは半導体性質を持つことができることが知られている。これにより、多様な電子素子に炭素ナノチューブを活用しようとする研究が多く進行しつつある。

【0003】

炭素ナノチューブは、例えば、アーク放電を利用する方法、レーザーを利用する方法、高温高压の条件で一酸化炭素 (CO) を利用する方法、または、熱化学気相蒸着 (thermal Chemical Vapor Deposition) 合成法のような方法で製造できる。

20

【0004】

この時、CVD 方法により成長される炭素ナノチューブの直径は、触媒ナノ粒子の大きさに非常に強く依存している。ところが、触媒ナノ粒子は非常に強い表面自由エネルギーを表しており、これによって、CVD 成長に利用される工程温度で容易に凝集される傾向を示す。

【0005】

触媒ナノ粒子は、体積に対する表面積の比が非常に高く、バルクに比べて低い溶融点も持っており、これにより、炭素ナノチューブの成長時に使われる温度で凝集されうる。また、触媒ナノ粒子はこのような高温で凝集されようとする傾向があるので、触媒ナノ粒子の凝集現象は非常に容易に発生している。これにより、炭素ナノチューブの径が、使われた触媒ナノ粒子の大きさより大きな径に成長し得る。

30

【0006】

このような触媒ナノ粒子の凝集を防止するために、活性の触媒ナノ粒子相互間に物理的に分離させる中性のナノ粒子を使用する方法が考えられる。また、触媒ナノ粒子を多孔性サポータに含浸 (embedding) させて凝集を防止する方法も考えられる。ところが、このような方法を炭素ナノチューブに応用するのに多くの制約があり、その活用に大きい制約を伴っている。

【0007】

このような方法は、実質的に触媒ナノ粒子以外の他の第 2 の要素、例えば、中性ナノ粒子または多孔性サポータなどを導入しているので、このような第 2 の要素を合成された炭素ナノチューブから除去する過程が要求される。また、単位面積当たりの活性の触媒ナノ粒子の密度が低くて、結局合成される炭素ナノチューブの密度が低くなる。

40

【0008】

そして、多孔性サポータは主に金属酸化物で構成されるが、金属酸化物は一般的に絶縁体である。したがって、電気的連結体としての炭素ナノチューブを応用するための、炭素ナノチューブを導電性サポータ上に成長させる要求に符合しない。したがって、炭素ナノチューブの成長時に触媒ナノ粒子の凝集現象を防止して、合成された炭素ナノチューブの直径を制御できる方法の開発が要求されている。

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、触媒ナノ粒子の凝集現象を防止できて、成長される炭素ナノチューブの直径を均一に制御できる炭素ナノチューブの製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一観点は、触媒ナノ粒子を、シリコン元素を含有する分子物質の表面改質剤で表面改質処理する工程と、前記表面処理された触媒ナノ粒子上に、前記表面処理により直径が制御されるように炭素ナノチューブを成長させる工程と、を含むことを特徴とする炭素ナノチューブの製造方法を提供する。

10

【0011】

また、本発明の他の一観点は、触媒ナノ粒子を溶媒に分散させる工程と、前記分散液にシリコン元素を含有する分子物質の表面改質剤を添加して、前記分散された触媒ナノ粒子の表面を改善処理する工程と、前記分散液を基板上に塗布する工程と、前記分散液の塗布により前記基板上に堆積された前記触媒ナノ粒子上に、前記表面処理により直径が制御されるように炭素ナノチューブを成長させる工程と、を含む炭素ナノチューブの製造方法を提供する。

【0012】

また、本発明の他の一観点は、触媒ナノ粒子を溶媒に分散させる工程と、前記分散液にシリコン元素及びアミン官能基を含有する分子物質の表面改質剤を添加して前記分散された触媒ナノ粒子の表面を処理する工程と、前記分散液を基板上に塗布する工程と、前記分散液の塗布により前記基板上に堆積された前記触媒ナノ粒子上に、前記表面処理により直径が制御されるように炭素ナノチューブを成長させる工程と、を含む炭素ナノチューブの製造方法を提供する。

20

【0013】

前記触媒ナノ粒子は、湿式化学的合成方法によりほぼ15%以下の標準偏差を持つ大きさ分布の遷移金属のナノ粒子で形成されることを特徴とする炭素ナノチューブの製造方法を提供する。

【0014】

前記表面改質剤は、シラン基、シロキサン基及びシルセスキオキサン基を含む一群から選択されるいずれか一つの官能基を少なくとも含む分子物質である。

30

【0015】

前記表面改質剤は、 $-NH_2$ 、 $-COOH$ 、 $-CONH_2$ 及び $-SH$ 官能基を含む一群から選択されるいずれか一つの官能基を少なくとも含む分子物質である。

【0016】

前記表面改質剤は、3-アミノプロピルトリエトキシシラン(aminopropyltriethoxysilane、以下、APS)を含む。

【0017】

前記表面改質剤は、前記分散液に直接または溶液で添加されうる。

40

【0018】

前記炭素ナノチューブを成長させる工程は、前記触媒ナノ粒子上に炭素ソースガスを提供して分解して、前記炭素ナノチューブを合成させるCVDで行われうる。

【0019】

前記CVDは、前記炭素ソースガスの分解を熱的に行う熱的CVDやプラズマ実行するプラズマ強化CVDである。

【0020】

前記炭素ナノチューブは、前記表面改質剤の分解により前記触媒ナノ粒子の表面に堆積されるシリコン酸化物系の堆積物による表面立体安定化によって直径が制御されて成長されうる。

50

【0021】

前記分散溶媒は、n-ヘキサン、クロロホルム、トルエン、水及びエタノールを含む一群から選択されるいずれか一つを含む。

【0022】

前記分散液を基板上に塗布する工程は、スピンコーティング、ディップコーティング、スプレーコーティング及びパドルコーティングを含む一群から選択されるいずれか一つのコーティング方法で行われる。

【0023】

前記基板は、ガラスまたはシリコン基板である。

【0024】

前記基板は、Au、Ag、TiN、ITO及びTaNを含む一群から選択されたいずれか一つの導電物質を含む層を伴う基板である。

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、触媒ナノ粒子の表面を、シリコン元素を含有する表面改質剤、例えば、APSを利用して表面処理して触媒ナノ粒子の表面を改善できる。APSにより表面が改善された触媒ナノ粒子の表面には、炭素ナノチューブの合成時に立体安定化が具現され、これにより、炭素ナノチューブの直径が制御されうる。したがって、触媒ナノ粒子の凝集状態の発生を排除して均一な直径を持つ炭素ナノチューブを実質的に導電性膜質上に成長させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、添付図面を参照して本発明の望ましい実施形態を詳細に説明する。しかし、本発明の実施形態は、色々な他の形態に変形でき、本発明の範囲が後述する実施形態によって限定されると解釈されてはならない。本発明の実施形態は、当業者に本発明をさらに完全に説明するために提供されるものとして解釈されることが望ましい。

【0027】

本発明の実施形態では、触媒ナノ粒子を製造する時に大きさを均一に調節するために湿式化学的合成方法を利用する。湿式化学的合成方法は、触媒粒子をナノサイズに均一に形成できる方法として知られている。これにより、本発明の実施形態で利用する触媒ナノ粒子は、均一なサイズ、例えば、約3ないし4.5nm直径の均一なサイズを持つことができる。

【0028】

本発明の実施形態では、触媒ナノ粒子から成長される炭素ナノチューブの直径を制御するために、このような触媒ナノ粒子の表面に表面改質剤を結合させる技術を提示する。本発明の実施形態で提示する表面改質剤は、触媒ナノ粒子に結合されて分解されて触媒ナノ粒子の表面にシリコン酸化物系(SiO₂ based)の表面改質層を堆積させると理解されうる。

【0029】

表面改質剤は、例えば、シリコン(Si)元素を含む分子、例えば、APSなどを利用できる。このようなAPSのような表面改質剤は、アミン基を末端基として持っており、アミン基は、シラン基により触媒ナノ粒子の表面にシリコン酸化物の付着が調節される間、触媒ナノ粒子にAPS分子を結合させる役割を行う。

【0030】

このような表面改質剤によるシリコン酸化物系の堆積層は、触媒ナノ粒子の表面に部分的に堆積されるので、結局触媒ナノ粒子の表面積を相対的に縮めて、炭素ナノチューブの成長を調節して成長される炭素ナノチューブの直径が大きくなることを抑制する効果を具現すると理解されうる。表面に表面改質剤が結合された触媒ナノ粒子上に炭素ナノチューブが成長する時、APS分子の分解により触媒ナノ粒子の表面に堆積されたシリコン系の堆積層部分は、実質的な触媒ナノ粒子の表面積を調節することによって、成長される炭素

10

20

30

40

50

ナノチューブの直径を制御すると理解されうる。これにより、成長される炭素ナノチューブの直径は、実質的に触媒ナノ粒子の大きさに合わせて制御されうる。

【0031】

図1ないし図3は、本発明の実施形態による炭素ナノチューブの製造方法を説明するために概略的に図示した図面である。

【0032】

図1を参照すれば、湿式化学的合成方法によって均一なサイズ、例えば、約3ないし4.5 nmの大きさに均一に制御された触媒ナノ粒子100を準備する。湿式化学的合成方法は、非常に均一に設定された大きさ、形態及び組成のナノ粒子を提供する方法と知られている。炭素ナノチューブの大きさは、触媒ナノ粒子100の大きさに大きく依存してその直径が決定されるので、触媒ナノ粒子100の大きさを均一にすることは非常に重要である。この時、触媒ナノ粒子100の粒径分布は、15%内に標準偏差を持つように調節されることが望ましい。

10

【0033】

このような触媒ナノ粒子100は、遷移金属のナノ粒子と理解されうる。遷移金属ナノ粒子は炭素元素が炭素ナノチューブに合成される反応で触媒の役割を行うと知られている。このような遷移金属ナノ粒子として、鉄(Fe)のナノ粒子を例として挙げるができる。

【0034】

触媒ナノ粒子100の表面を表面改質剤200で処理する。この時、表面改質剤200は、シリコン元素(Si)を含有する分子物質と理解されうる。例えば、APSをこのような表面改質剤200として利用できる。

20

【0035】

このような分子物質は、シリコン元素を含む作用基または官能基、例えば、シラン基、シロキサン基またはシルセスキオキサン基に追加として-NH₂、-COOH、-CONH₂、-SHなどの官能基をさらに持つ分子と理解されうる。この時、シリコンを含有する官能基の数には制限がなく、少なくとも一つのシリコン含有官能基が含まれる分子は、このような表面改質剤200として利用できる。

【0036】

このような-NH₂、-COOH、-CONH₂、-SHなどの官能基は、このような表面改質剤200の分子が触媒ナノ粒子100に結合されるように許容する役割を行うものと理解されうる。例えば、APSの場合、シラン基が作用する間にアミン基が触媒ナノ粒子100の表面にAPS 200を結合させる役割を行う。このような結合は、化学的結合、共有結合やまたは弱い相互作用による結合、例えば、ファン・デル・ワールスの力(Van der Waals interaction)による結合と理解されうる。

30

【0037】

触媒ナノ粒子100に表面改質剤200を結合させる過程は、まず触媒ナノ粒子100を溶媒に分散させた分散液(nano particle dispersion)に実質的に純粋な表面改質剤200を直接的に追加することによって行われうる。または、表面改質剤200を適切な溶媒に溶かして形成した溶液を前記のナノ粒子分散液に添加することによって行われうる。この時、このような表面改質剤200を溶液または直接ナノ粒子分散液に添加した後、表面改質剤200が触媒ナノ粒子100に結合されるように攪拌する過程などを伴うことができる。

40

【0038】

この時、表面改質剤200は、実質的に触媒ナノ粒子100の表面に結合されるので、分散液に表面改質剤200を添加する程度に実質的な制限はない。したがって、十分量の表面改質剤200を導入してもよい。

【0039】

図2を参照すれば、表面改質剤200で処理されて改善された表面を持つ触媒ナノ粒子100を基板300上に堆積させる。この時、基板300上の導電層400上にこのよう

50

な触媒ナノ粒子100が堆積されうる。これは、電氣的連結に炭素ナノチューブを利用する応用にさらに適しているためである。

【0040】

導電層400は、金(Au)、銀(Ag)、ITO、チタン窒化物(TiN)、タンタル窒化物(TaN)のような導電性物質層でありうる。このような導電層400の導入なしに基板300、例えば、シリコン基板またはガラス基板上にこのような触媒ナノ粒子100が直接堆積されてもよい。

【0041】

この時、表面改質剤200で処理された触媒ナノ粒子100が含まれた堆積液を準備し、この堆積液を利用してこのような堆積過程を行える。この時、堆積液は、前記分散液を利用できる。したがって、前記堆積液は触媒ナノ粒子200を分散させる溶媒を含むことができ、このような溶媒は、n-ヘキサン、クロロホルム、トルエン、水またはエタノールなどを利用できる。

10

【0042】

このような堆積液(または分散液)を基板300上に、溶液基盤コーティング技術を利用して塗布して、触媒ナノ粒子100を基板300上の導電層400上に堆積させることができる。このようなコーティング技術として、スピンドコーティング、ディップコーティング、パドルコーティングまたはスプレイコーティングなどを利用できる。

【0043】

一方、表面改質剤200が触媒ナノ粒子100表面に結合されているので、触媒ナノ粒子100が導電層400または基板300上に付着されることを助けるために、前記表面改質剤200を構成する分子物質は、基板300または導電層400と結合できる末端官能基をさらに含むことができる。例えば、親水性官能基をさらに含んで構成できる。APSは、親水性特性を持つので、シリコンなどの基板100と結合できる特性を持つことができる。

20

【0044】

図3を参照すれば、表面改質剤200によって表面処理または改善された触媒ナノ粒子100を導電層400上に堆積させ、堆積された触媒ナノ粒子100上に炭素ナノチューブ500を成長させる。この時、炭素ナノチューブ500の成長は、CVD系の合成方法、例えば、熱的CVDまたはプラズマ強化で行われうる。

30

【0045】

表面改質剤200で表面処理された触媒ナノ粒子100上に炭素ソースガス、例えば、アセチレンガス(C₂H₂)を提供し、このような炭素ソースガスが分解される温度以上の温度、例えば、約650の温度を提供して炭素ナノチューブ500を成長させる。プラズマを導入する場合、プラズマがこのような分解過程を促進するので、このような反応温度をさらに低くすることができる。

【0046】

この時、成長される炭素ナノチューブ500の直径は、触媒ナノ粒子100の大きさに大きく依存するが、触媒ナノ粒子100に結合された表面改質剤200は、成長される炭素ナノチューブ500の直径を制御する役割を行う。表面改質剤200、例えば、APSは、分解されてシリコン酸化物系の堆積物201を触媒ナノ粒子100の表面に形成する。

40

【0047】

APSのアミン基は、シラン基によりシリコン酸化物系の堆積物201が付着される間、APSを触媒ナノ粒子100の表面に結合させる結合を提供する役割を行う。APSが分解されることによって、シラン基のシリコンは、シリコン酸化物系の堆積物201として触媒ナノ粒子100の表面に付着される。このようなシリコン酸化物堆積物201領域では、炭素ナノチューブ合成反応が進み難い。例えば、このようなシリコン酸化物堆積物201の表面では、炭素ラジカルまたは炭素元素の移動が抑制され、これにより炭素ナノチューブ500の成長を抑制制御する。

50

【0048】

触媒ナノ粒子100の活性表面は、堆積物201の付着により実質的に縮小するように調節されるので、過剰な炭素の反応によって触媒ナノ粒子100が相互間に凝集される現象の発生を防止できる。すなわち、結合された表面改質剤200により具現される、触媒ナノ粒子100の表面での原子または分子の空間的（または立体的）配置に関する安定化により触媒ナノ粒子100の凝集現象が抑制され、これにより炭素ナノチューブ500の直径が制御される。

【0049】

触媒ナノ粒子100の凝集現象が抑制されるので、炭素ナノチューブ500は触媒ナノ粒子100の大きさに主に依存して決定される直径に成長されうる。これにより、炭素ナノチューブ500は、実質的に触媒ナノ粒子100の大きさと対等な直径を持つように成長合成されうる。触媒ナノ粒子100は、湿式化学的合成方法によって非常に均一なサイズを持つように形成されたので、均一なサイズの触媒ナノ粒子100上に成長される炭素ナノチューブ500も非常に均一なサイズに合成される。

10

【0050】

図4及び図5は、本発明の実施形態による炭素ナノチューブの製造方法の効果を説明するために撮影した炭素ナノチューブの走査電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope: SEM）写真である。図4及び図5は、本発明の実施形態によってAPSを表面処理した鉄（Fe）触媒ナノ粒子を利用して、約650の温度でC₂H₂ガスを提供する熱的CVDによって合成成長された炭素ナノチューブのSEM写真である。これに比べて、図6は、APSを使用しない場合に合成成長された炭素ナノチューブ等のSEM写真である。

20

【0051】

図4及び図5のSEM写真と図6のSEM写真とを比較すれば、APSを使用して表面処理した触媒ナノ粒子を利用した場合、図6のSEM写真でより、炭素ナノチューブの直径がさらに微細で均一に、かつ高密度で成長したことが分かる。

【0052】

以上、本発明を具体的な実施形態を通じて詳細に説明したが、本発明はこれに限定されず、本発明の技術的思想内で当業者によりその変形や改良が可能である。

【産業上の利用可能性】

30

【0053】

本発明は、炭素ナノチューブの関連技術分野に好適に用いられる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明の実施形態による炭素ナノチューブの製造方法を説明するために概略的に示す図面である。

【図2】本発明の実施形態による炭素ナノチューブの製造方法を説明するために概略的に示す図面である。

【図3】本発明の実施形態による炭素ナノチューブの製造方法を説明するために概略的に示す図面である。

40

【図4】本発明の実施形態による炭素ナノチューブの製造方法の効果を説明するために撮影した炭素ナノチューブのSEM写真である。

【図5】本発明の実施形態による炭素ナノチューブの製造方法の効果を説明するために撮影した炭素ナノチューブのSEM写真である。

【図6】本発明の比較例として製造した炭素ナノチューブのSEM写真である。

【符号の説明】

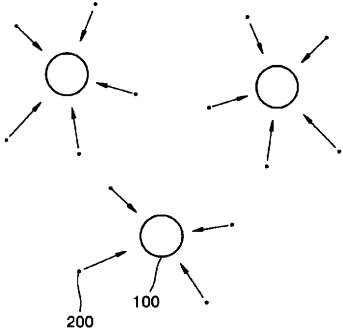
【0055】

- 100 触媒ナノ粒子
- 200 表面改質剤
- 201 堆積物

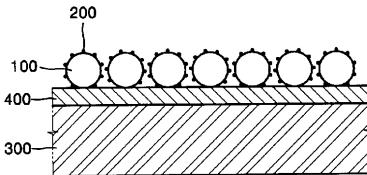
50

- 3 0 0 基板
- 4 0 0 導電層
- 5 0 0 炭素ナノチューブ

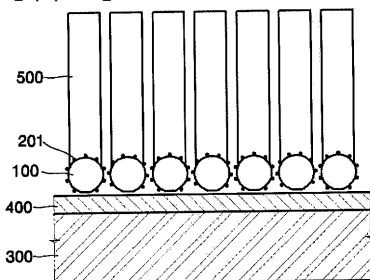
【 図 1 】



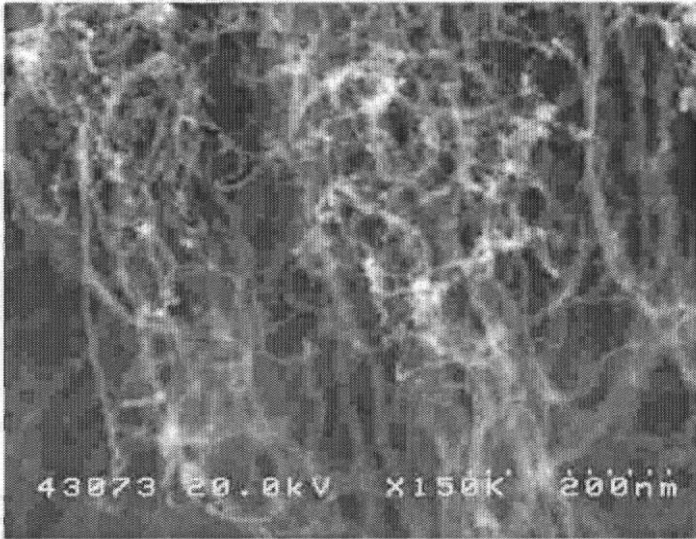
【 図 2 】



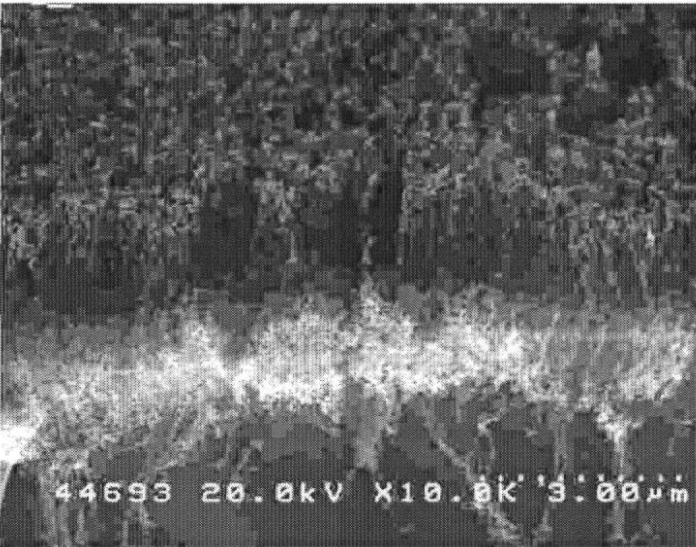
【 図 3 】



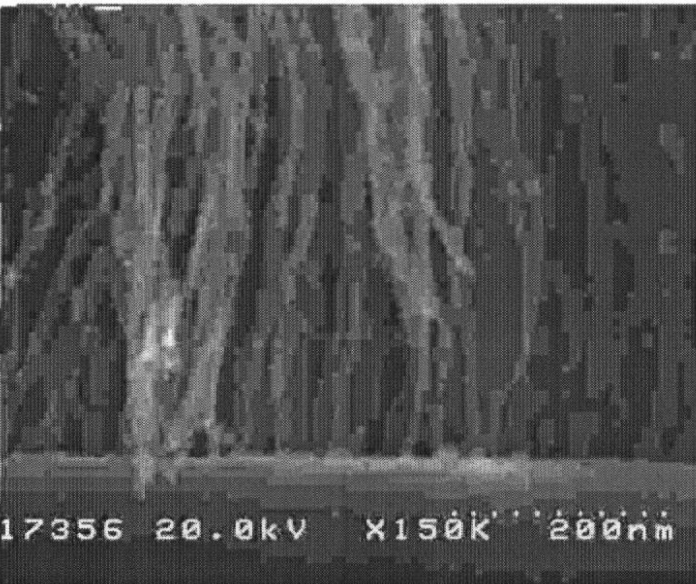
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 コラケ・マヤ・スブラマンヤ

大韓民国京畿道水原市靈通區靈通洞9 4 8 - 4 番地 凰谷マウル住公1 團地アパート1 0 1 棟7 0
2 號

(72)発明者 李 善雨

大韓民国仁川廣域市南洞區萬壽4 洞4 6 番地 住公アパート3 1 2 棟4 0 2 號

(72)発明者 呂 寅碩

大韓民国ソウル特別市鍾路區母岳洞8 2 番地 現代アパート1 0 6 棟4 0 4 號

F ターム(参考) 4G146 AA11 AB06 AD15 BA08 BA48 BC09 BC15 BC17 CB16 CB22

CB32 CB35 DA03