

(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2010-13294

(P2010-13294A)

(43) 公開日 平成22年1月21日(2010.1.21)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)	
C O 1 B	31/02	(2006.01)	C O 1 B 31/02	1 O 1 F	4 G 1 4 6
B O 1 J	37/02	(2006.01)	B O 1 J 37/02	3 O 1 P	4 G 1 6 9
B O 1 J	23/745	(2006.01)	B O 1 J 23/74	3 O 1 M	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2008-172035 (P2008-172035)	(71) 出願人	000003964
(22) 出願日	平成20年7月1日(2008.7.1)		日東電工株式会社
			大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号
		(74) 代理人	100122471
			弁理士 初井 孝文
		(74) 代理人	100121636
			弁理士 吉田 昌靖
		(72) 発明者	前野 洋平
			大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電工株式会社内
		(72) 発明者	中山 喜萬
			大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内
		最終頁に続く	

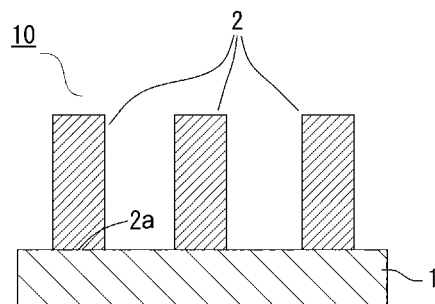
(54) 【発明の名称】 カーボンナノチューブ集合体の製造方法

(57) 【要約】

【課題】優れた機械的特性および高い比表面積を兼ね備え、さらには、粘着剤として用いた場合に優れた粘着特性を示すカーボンナノチューブ集合体の製造方法を提供する。

【解決手段】本発明のカーボンナノチューブ集合体の製造方法は、複数層を有するカーボンナノチューブを備えるカーボンナノチューブ集合体の製造方法であって、表面に親水性保護膜を有する基板の該親水性保護膜上に Al_2O_3 膜を形成し、該 Al_2O_3 膜上に触媒層を形成し、該触媒層上にカーボンナノチューブを成長させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数層を有するカーボンナノチューブを備えるカーボンナノチューブ集合体の製造方法であって、

表面に親水性保護膜を有する基板の該親水性保護膜上に Al_2O_3 膜を形成し、該 Al_2O_3 膜上に触媒層を形成し、該触媒層上にカーボンナノチューブを成長させる、
カーボンナノチューブ集合体の製造方法。

【請求項 2】

前記 Al_2O_3 膜を、前記親水性保護膜上に Al を蒸着させた後に加熱酸化して形成する、請求項 1 に記載の製造方法。

10

【請求項 3】

前記親水性保護膜は、 MgO 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 CaO 、 Na_2O から選ばれる少なくとも 1 種の膜である、請求項 1 または 2 に記載の製造方法。

【請求項 4】

前記複数層を有するカーボンナノチューブが長さ方向に配向している、請求項 1 から 3 までのいずれかに記載の製造方法。

【請求項 5】

前記カーボンナノチューブの片端が基材に固定されている、請求項 1 から 4 までのいずれかに記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、カーボンナノチューブ集合体の製造方法に関する。より詳細には、本発明は、優れた機械的特性および高い比表面積を兼ね備えたカーボンナノチューブ集合体の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

様々な機能性材料への展開が期待されているカーボンナノチューブについて、品質、生産性、用途等、種々の検討がなされている。カーボンナノチューブを機能性材料として実用化させていくためには、例えば、多数本のカーボンナノチューブからなる集合体とし、その集合体の特性を向上させていくことが考えられる。

30

【0003】

カーボンナノチューブ集合体の用途としては、例えば、粘着剤が挙げられる（特許文献 1 および特許文献 2 参照）。産業用途の粘着剤として、種々の材料が使われているが、そのほとんどは柔軟にバルク設計された粘弾性体である。粘弾性体は、そのモジュラスの低さから被着体にぬれて馴染み、接着力を発揮する。一方、カーボンナノチューブは、その直径がナノサイズであるため、被着体の表面凹凸に追従し、ファンデルワールス力によって接着力を発揮することが明らかとなっている。しかし、その粘着特性が不十分な場合がある。

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2004/0071870 号

40

【特許文献 2】米国特許出願公開第 2006/0068195 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の課題は、優れた機械的特性および高い比表面積を兼ね備え、さらには、粘着剤として用いた場合に優れた粘着特性を示すカーボンナノチューブ集合体の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明のカーボンナノチューブ集合体の製造方法は、

50

複数層を有するカーボンナノチューブを備えるカーボンナノチューブ集合体の製造方法であって、

表面に親水性保護膜を有する基板の該親水性保護膜上に Al_2O_3 膜を形成し、該 Al_2O_3 膜上に触媒層を形成し、該触媒層上にカーボンナノチューブを成長させる。

【0006】

好ましい実施形態においては、上記 Al_2O_3 膜を、上記親水性保護膜上にAlを蒸着させた後に加熱酸化して形成する。

【0007】

好ましい実施形態においては、上記親水性保護膜は、 MgO 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 CaO 、 Na_2O から選ばれる少なくとも1種の膜である。

10

【0008】

好ましい実施形態においては、上記複数層を有するカーボンナノチューブが長さ方向に配向している。

【0009】

好ましい実施形態においては、上記カーボンナノチューブの片端が基材に固定されている。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、優れた機械的特性および高い比表面積を兼ね備え、さらには、粘着剤として用いた場合に優れた粘着特性を示すカーボンナノチューブ集合体の製造方法を提供することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

図1は、本発明の好ましい実施形態における製造方法によって得られる代表的なカーボンナノチューブ集合体の概略断面図（各構成部分を明示するために縮尺は正確に記載されていない）を示す。カーボンナノチューブ集合体10は、基材1と、複数層を有するカーボンナノチューブ2を備える。カーボンナノチューブの片端2aは、基材1に固定されている。複数層を有するカーボンナノチューブ2は、長さ方向Lに配向している。複数層を有するカーボンナノチューブ2は、好ましくは、基材1に対して略垂直方向に配向している。本図示例とは異なり、カーボンナノチューブ集合体が基材を備えない場合であっても、複数層を有するカーボンナノチューブは互いにファンデルワールス力によって集合体として存在し得るので、本発明の製造方法によって得られるカーボンナノチューブ集合体は、基材を備えない集合体であっても良い。

30

【0012】

複数層を有するカーボンナノチューブ2は、単層であっても多層であってもよい。複数層を有するカーボンナノチューブの層数分布の分布幅は10層以上であり、より好ましくは10～30層、さらに好ましくは10～25層、特に好ましくは10～20層である。本明細書において、「分布幅」とは、複数層を有するカーボンナノチューブの層数の最大層数と最小層数との差をいう。本発明において、複数層を有するカーボンナノチューブの層数分布の分布幅が上記範囲内にあることにより、優れた機械的特性および高い比表面積を兼ね備え、さらには、粘着剤として用いた場合に優れた粘着特性を示すカーボンナノチューブ集合体となり得る。なお、本発明において、カーボンナノチューブの層数、層数分布は、任意の適切な装置によって測定すれば良い。好ましくは、走査型電子顕微鏡（SEM）や透過電子顕微鏡（TEM）によって測定される。例えば、カーボンナノチューブ集合体から少なくとも10本、好ましくは20本以上のカーボンナノチューブをSEMやTEMによって測定し、層数および層数分布を評価すれば良い。

40

【0013】

上記最大層数は、好ましくは5～30層、より好ましくは10～30層、さらに好ましくは15～30層、特に好ましくは15～25層である。上記最小層数は、好ましくは1～10層、より好ましくは1～5層である。本発明において、カーボンナノチューブの層

50

数の最大層数と最小層数が上記範囲内にることにより、一層優れた機械的特性および高い比表面積を兼ね備え、さらには、粘着剤として用いた場合に一層優れた粘着特性を示すカーボンナノチューブ集合体となり得る。

【0014】

上記層数分布の最頻値の相対頻度は、25%以下であり、好ましくは1～25%、より好ましくは5～25%、さらに好ましくは10～25%、特に好ましくは15～25%である。本発明において、層数分布の最頻値の相対頻度が上記範囲内にることにより、優れた機械的特性および高い比表面積を兼ね備え、さらには、粘着剤として用いた場合に優れた粘着特性を示すカーボンナノチューブ集合体となり得る。上記層数分布の最頻値は、層数2層から層数10層に存在することが好ましく、さらに好ましくは層数3層から層数10層に存在する。

10

【0015】

上記カーボンナノチューブの形状としては、その横断面が任意の適切な形状を有していれば良い。例えば、その横断面が、略円形、楕円形、n角形（nは3以上の整数）等が挙げられる。

【0016】

上記カーボンナノチューブの長さは、任意の適切な長さに設定され得る。複数層を有するカーボンナノチューブは、好ましくは、長さが300μm以上のカーボンナノチューブを含む。上記カーボンナノチューブの長さは、より好ましくは300～10000μmであり、さらに好ましくは300～1000μm、特に好ましくは300～900μmである。

20

【0017】

本発明の製造方法で得られるカーボンナノチューブ集合体において、上記複数層を有するカーボンナノチューブ中の、長さが300μm以上のカーボンナノチューブの含有割合は、好ましくは80～100%、より好ましくは90～100%、さらに好ましくは95～100%、特に好ましくは98～100%、最も好ましくは実質的に100%である。ここで、「実質的に100%」とは、測定機器における検出限界において100%であることを意味する。本発明において、上記複数層を有するカーボンナノチューブ中の、長さが300μm以上のカーボンナノチューブの含有割合が上記範囲内にることにより、一層優れた機械的特性および高い比表面積を兼ね備え、さらには、粘着剤として用いた場合に一層優れた粘着特性を示すカーボンナノチューブ集合体となり得る。

30

【0018】

本発明の製造方法で得られるカーボンナノチューブ集合体は、ガラス面に対するせん断接着力が、好ましくは15N/cm²以上である。より好ましくは30～500N/cm²、さらに好ましくは30～100N/cm²、特に好ましくは30～80N/cm²、特に好ましくは35～50N/cm²である。

【0019】

上記カーボンナノチューブの直径、比表面積、密度は、任意の適切な値に設定され得る。

40

【0020】

本発明のカーボンナノチューブ集合体の製造方法は、複数層を有するカーボンナノチューブを備えるカーボンナノチューブ集合体の製造方法であって、表面に親水性保護膜を有する基板の該親水性保護膜上にAl₂O₃膜を形成し、該Al₂O₃膜上に触媒層を形成し、該触媒層上にカーボンナノチューブを成長させる。

【0021】

本発明のカーボンナノチューブ集合体の製造方法としては、代表的には、表面に親水性保護膜を有する基板の該親水性保護膜上にAl₂O₃膜を形成し、該Al₂O₃膜上に触媒層を形成し、熱、プラズマなどにより触媒を活性化させた状態で炭素源を充填し、カー

50

ボンナノチューブを成長させる、化学蒸着気相法（Chemical Vapor Deposition：CVD法）によって、基板からほぼ垂直に配向したカーボンナノチューブ集合体を製造する方法が挙げられる。この場合、基板を取り除けば、長さ方向に配向しているカーボンナノチューブ集合体を得られる。

【0022】

上記基板としては、任意の適切な基板を採用し得る。例えば、平滑性を有し、カーボンナノチューブ製造に耐え得る高温耐熱性を有する材料が挙げられる。このような材料としては、例えば、石英ガラス、シリコン（シリコンウェハなど）、アルミニウムなどの金属板などが挙げられる。

【0023】

本発明の製造方法で用い得る装置としては、任意の適切な装置を採用し得る。例えば、熱CVD装置としては、図2に示すような、筒型の反応容器を抵抗加熱式の電气管状炉で囲んで構成されたホットウォール型などが挙げられる。その場合、反応容器としては、例えば、耐熱性の石英管などが好ましく用いられる。

【0024】

上記基板は、表面に親水性保護膜を有する。親水性保護膜としては、任意の適切な親水性保護膜を採用し得る。例えば、 MgO 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 CaO 、 Na_2O から選ばれる少なくとも1種の膜が好ましく挙げられる。

【0025】

上記親水性保護膜の厚みは、任意の適切な厚みを採用し得る。好ましくは、 $5\mu m$ 以下、より好ましくは $0.01\sim 3\mu m$ 、さらに好ましくは $0.05\sim 2\mu m$ 、特に好ましくは $0.1\sim 1\mu m$ である。

【0026】

Al_2O_3 膜の形成方法としては、任意の適切な方法を採用し得る。好ましくは、上記親水性保護膜上にAlを蒸着させた後に加熱酸化して形成する。より具体的には、好ましくは、上記親水性保護膜上にAlを蒸着させた後に、 $450^\circ C$ まで昇温加熱して酸化させることにより Al_2O_3 膜を形成する。このような形成方法によれば、 Al_2O_3 が親水性保護膜と相互作用し、 Al_2O_3 を親水性保護膜上に直接蒸着したものよりも粒子径の異なる Al_2O_3 面が形成される。表面に親水性保護膜を有さない基板の上に、Alを蒸着させて、その後に $450^\circ C$ まで昇温加熱して酸化させても、粒子径の異なる Al_2O_3 面が形成され難いおそれがある。また、表面に親水性保護膜を有する基板の上に、 Al_2O_3 を直接蒸着させても、粒子径の異なる Al_2O_3 面が形成され難いおそれがある。

【0027】

上記 Al_2O_3 膜上に触媒層を形成する方法としては、任意の適切な方法を採用し得る。例えば、金属触媒をEB（電子ビーム）、スパッタなどにより蒸着する方法、金属触媒微粒子の懸濁液を基板上に塗布する方法などが挙げられる。

【0028】

本発明の製造方法に用い得る触媒（触媒層の材料）としては、任意の適切な触媒を用い得る。例えば、鉄、コバルト、ニッケル、金、白金、銀、銅などの金属触媒が挙げられる。

【0029】

上記触媒層の厚みは、微粒子を形成させるため、好ましくは $0.01\sim 20nm$ 、より好ましくは $0.1\sim 10nm$ である。上記触媒層の厚みが上記範囲内にあることによって、一層優れた機械的特性および高い比表面積を兼ね備え、さらには、粘着剤として用いた場合に一層優れた粘着特性を示すカーボンナノチューブ集合体を製造できる。

【0030】

本発明の製造方法に用い得る炭素源としては、任意の適切な炭素源を用い得る。例えば、メタン、エチレン、アセチレン、ベンゼンなどの炭化水素；メタノール、エタノールなどのアルコール；などが挙げられる。

【0031】

本発明の製造方法における製造温度としては、任意の適切な温度を採用し得る。たとえば、本発明の効果を十分に発現し得る触媒粒子を形成させるため、好ましくは400～1000℃、より好ましくは500～900℃、さらに好ましくは600～800℃である。

【0032】

本発明の製造方法で得られるカーボンナノチューブ集合体は、粘着部材とすることができる。すなわち、本発明の製造方法で得られるカーボンナノチューブ集合体に基材を備えることにより、粘着部材となり得る。粘着部材としては、例えば、粘着シート、粘着フィルムが挙げられる。

【0033】

粘着部材の基材としては、石英ガラス、シリコン（シリコンウェハなど）、エンジニアリングプラスチック、スーパーエンジニアリングプラスチックなどが挙げられる。エンジニアリングプラスチックおよびスーパーエンジニアリングプラスチックの具体例としては、ポリイミド、ポリエチレン、ポリエチレンテレフタレート、アセチルセルロース、ポリカーボネート、ポリプロピレン、ポリアミドが挙げられる。分子量などの諸物性は、本発明の目的を達成し得る範囲において、任意の適切な物性を採用し得る。

【0034】

基材の厚みは、目的に応じて、任意の適切な値に設定され得る。例えば、シリコン基板の場合は、好ましくは100～10000μm、より好ましくは100～5000μm、さらに好ましくは100～2000μmである。例えば、ポリプロピレン基板の場合は、好ましくは1～1000μm、より好ましくは1～500μm、さらに好ましくは5～100μmである。

【0035】

上記基材の表面は、隣接する層との密着性、保持性などを高めるために、慣用の表面処理、例えば、クロム酸処理、オゾン暴露、火炎暴露、高圧電撃暴露、イオン化放射線処理などの化学的または物理的処理、下塗剤（例えば、上記粘着性物質）によるコーティング処理が施されていてもよい。

【0036】

上記基材は単層であっても良いし、多層体であっても良い。

【0037】

本発明の製造方法で得られるカーボンナノチューブ集合体を基材に固定する場合、その方法としては、任意の適切な方法を採用し得る。例えば、カーボンナノチューブ集合体の製造に使用した基板を基材としてそのまま用いてもよい。また、基材に接着層を設けて固定してもよい。さらに、基材が熱硬化性樹脂の場合は、反応前の状態で薄膜を作製し、カーボンナノチューブの一端を薄膜層に圧着させた後、硬化処理を行って固定すれば良い。また、基材が熱可塑性樹脂や金属などの場合は、溶融した状態でカーボンナノチューブ集合体の一端を圧着させた後、室温まで冷却して固定すれば良い。

【実施例】

【0038】

以下、本発明を実施例に基づいて説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。なお、得られたカーボンナノチューブ集合体の層数の評価、および、せん断接着力の測定は以下の方法により行った。

【0039】

<層数、層数分布の評価方法>

カーボンナノチューブ集合体の層数および層数分布は、透過電子顕微鏡（TEM）によって測定した。得られたカーボンナノチューブ集合体の中から少なくとも10本以上のカーボンナノチューブをTEMで観察し、各カーボンナノチューブの層数を調べ、層数分布を作成した。

【0040】

<せん断接着力の測定方法>

ガラス (M A T S U N A M I スライドガラス $27\text{ mm} \times 56\text{ mm}$) に、 1 cm^2 単位面積に切り出した基材付カーボンナノチューブ集合体の先端が接触するように載置し、 5 kg のローラーを一往復させてカーボンナノチューブの先端をガラスに圧着した。その後、 30 分間放置した。引張り試験機 (I n s t r o T e n s i l T e s t e r) で引張速度 50 mm/min にてせん断試験を行い、得られたピークをせん断接着力とした。

【0041】

[実施例1]

(カーボンナノチューブ集合体の作製)

表面に SiO_2 膜を有するシリコン基板 (熱酸化膜付ウエハ、K S T 製、 SiO_2 膜厚み $= 1\text{ }\mu\text{m}$ 、 SiO_2 膜とシリコン基板を合わせた厚み $= 550\text{ }\mu\text{m}$) 上に、真空蒸着装置 (J E O L 製、J E E - 4 X V a c u u m E v a p o r a t o r) により、Al 薄膜 (厚み 10 nm) を形成した後、 450°C で 1 時間酸化処理を施した。このようにして、シリコン基板上に Al_2O_3 膜を形成した。この Al_2O_3 膜上に、スパッタ装置 (U L V A C 製、R F S - 200) にてさらに Fe 薄膜 (厚み 2 nm) を蒸着させて触媒層を形成した。

次に、触媒層付シリコン基板をカットして、 $30\text{ mm}\phi$ の石英管内に載置し、水分 350 ppm に保ったヘリウム/水素 ($120/80\text{ sccm}$) 混合ガスを石英管内に 30 分間流して、管内を置換した。その後、電気管状炉を用いて管内を 765°C まで 35 分間で段階的に昇温させ、 765°C にて安定させた。 765°C にて 10 分間放置後、温度を保持したまま、ヘリウム/水素/エチレン ($105/80/15\text{ sccm}$ 、水分率 350 ppm) 混合ガスを管内に充填させ、 45 分間放置してカーボンナノチューブを基板上に成長させ、カーボンナノチューブ集合体 (1) を得た。

カーボンナノチューブ集合体 (1) の長さは $755\text{ }\mu\text{m}$ であった。

カーボンナノチューブ集合体 (1) の層数分布を図 3 に示す。図 3 に示すとおり、最頻値は 4 層と 8 層に存在し、相対頻度はそれぞれ 20% であった。

結果を表 1 にまとめた。

【0042】

(せん断接着力の測定)

ポリプロピレン樹脂 (旭洋紙パルプ株式会社製、厚み $30\text{ }\mu\text{m}$) をホットプレート上で 200°C に加熱し、溶融させた。上記基板上に垂直配向させて形成させたカーボンナノチューブの片端 (上端) を溶融させたポリプロピレン樹脂に圧着した後、室温に冷却して固定した。このようにして、基材付カーボンナノチューブ集合体 (1) を得た。

基材付カーボンナノチューブ集合体 (1) をサンプルとして、せん断接着力を測定した。せん断接着力は 42.3 N/cm^2 であった。

結果を表 1 にまとめた。

【0043】

[実施例2]

表面に SiO_2 膜を有するシリコン基板 (熱酸化膜付ウエハ、K S T 製、 SiO_2 膜厚み $= 1\text{ }\mu\text{m}$ 、 SiO_2 膜とシリコン基板を合わせた厚み $= 550\text{ }\mu\text{m}$) の代わりに、シリコン基板 (エレクトロニクス エンド製、厚み $525\text{ }\mu\text{m}$) 上にスパッタ装置 (U L V A C 製、R F S - 200) にて MgO 薄膜 (厚み $1\text{ }\mu\text{m}$) を蒸着したものを代用した以外は、実施例 1 と同様にして、カーボンナノチューブ集合体 (2) を作製した。

カーボンナノチューブ集合体 (2) の長さは $505\text{ }\mu\text{m}$ であった。

カーボンナノチューブ集合体 (2) の層数分布を図 4 に示す。図 4 に示すとおり、最頻値は 10 層に存在し、相対頻度は 20% であった。

実施例 1 と同様にして、基材付カーボンナノチューブ集合体 (2) を得た。

基材付カーボンナノチューブ集合体 (2) をサンプルとして、せん断接着力を測定した。せん断接着力は 39.4 N/cm^2 であった。

結果を表 1 にまとめた。

【0044】

10

20

30

40

50

〔比較例 1〕

表面に SiO_2 膜を有するシリコン基板（熱酸化膜付ウエハ、KST 製、 SiO_2 膜厚み = $1\ \mu\text{m}$ 、 SiO_2 膜とシリコン基板を合わせた厚み = $550\ \mu\text{m}$ ）の代わりに、シリコン基板（エレクトロニクス エンド製、厚み $525\ \mu\text{m}$ ）を用い、Fe 薄膜の厚みを $0.67\ \text{nm}$ とした以外は、実施例 1 と同様にして、カーボンナノチューブ集合体（C1）を作製した。

カーボンナノチューブ集合体（C1）の長さは $816\ \mu\text{m}$ であった。

カーボンナノチューブ集合体（C1）の層数分布を図 5 に示す。図 5 に示すとおり、最頻値は 4 層に存在し、相対頻度は 20 % であった。

実施例 1 と同様にして、基材付カーボンナノチューブ集合体（C1）を得た。

基材付カーボンナノチューブ集合体（C1）をサンプルとして、せん断接着力を測定した。せん断接着力は $8.3\ \text{N}/\text{cm}^2$ であった。

結果を表 1 にまとめた。

【0045】

【表 1】

	親水性 保護膜	層数分布 の分布幅	層数分布 の最頻値 (相対頻度)	カーボン ナノチュ ーブ集 合体の長さ (μm)	せん断 接着力 (N/cm^2)
実施例 1	SiO_2 ($1\ \mu\text{m}$)	17 層 (4 ~ 20 層)	4 層 (20 %) 8 層 (20 %)	755	42.3
実施例 2	MgO ($1\ \mu\text{m}$)	18 層 (3 ~ 20 層)	10 層 (20 %)	505	39.4
比較例 1	なし	8 層 (2 ~ 9 層)	4 層 (27 %)	816	8.3

【0046】

表 1 より、表面に親水性保護膜を有さない基板上に Al_2O_3 膜を形成した比較例 1 で得られた基材付カーボンナノチューブ集合体（C1）のせん断接着力は、表面に親水性保護膜を有する基板上に Al_2O_3 膜を形成した実施例 1、2 で得られた基材付カーボンナノチューブ集合体（1）、（2）のせん断接着力に比べて、大幅に低下したことが判る。

【産業上の利用可能性】

【0047】

本発明の製造方法で得られるカーボンナノチューブ集合体は、優れた粘着特性を有することから、粘着剤として好適に使用され得る。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図 1】本発明の好ましい実施形態におけるカーボンナノチューブ集合体の概略断面図である。

【図 2】本発明の好ましい実施形態におけるカーボンナノチューブ集合体製造装置の概略断面図である。

【図 3】 実施例 1 で得られたカーボンナノチューブ集合体 (1) の層数分布を示す図である。

【図 4】 実施例 2 で得られたカーボンナノチューブ集合体 (2) の層数分布を示す図である。

【図 5】 比較例 1 で得られたカーボンナノチューブ集合体 (C 1) の層数分布を示す図である。

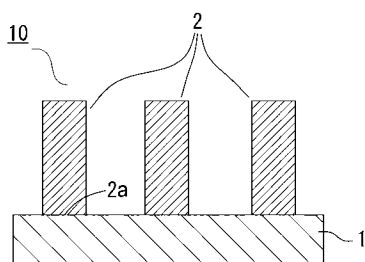
【符号の説明】

【0049】

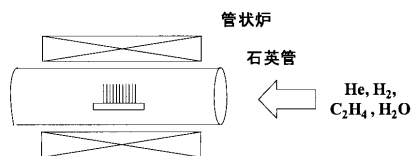
- | | |
|----|---------------|
| 10 | カーボンナノチューブ集合体 |
| 1 | 基材 |
| 2 | カーボンナノチューブ |

10

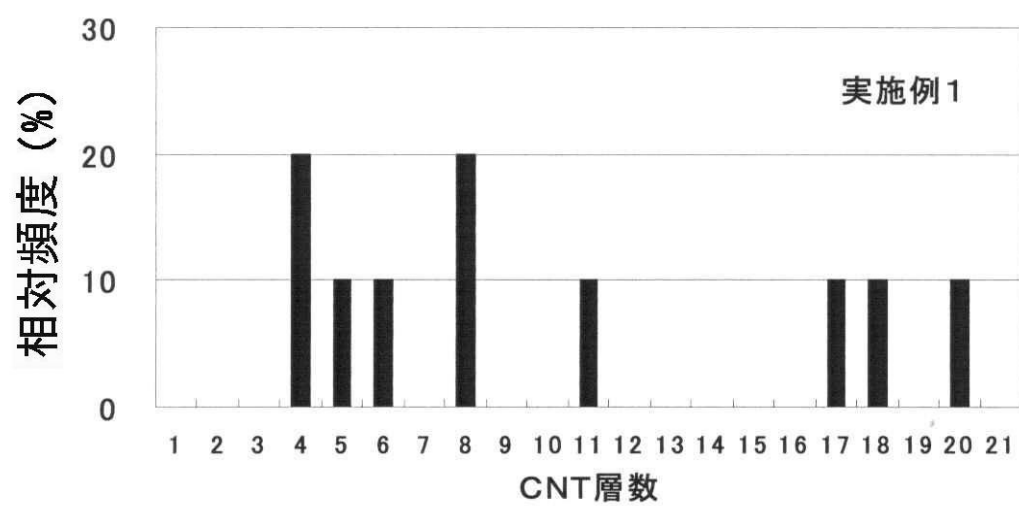
【図 1】



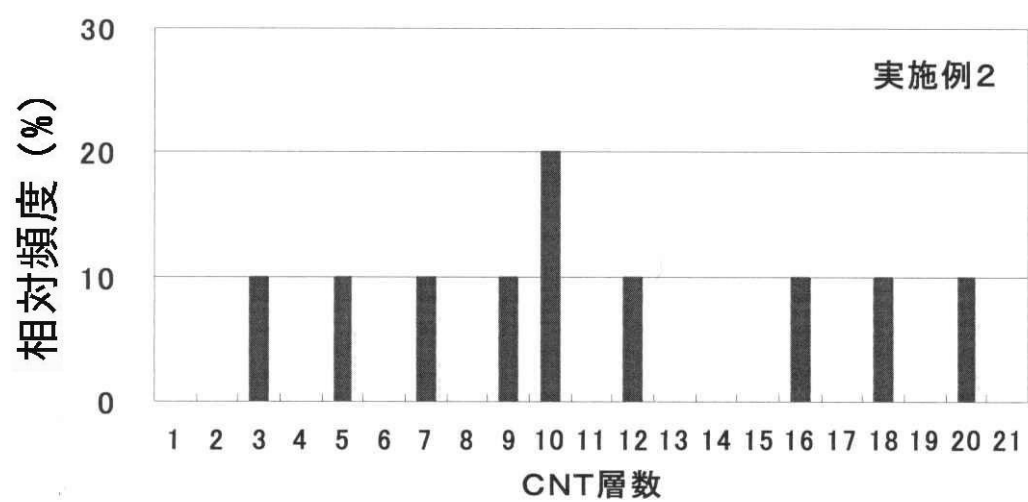
【図 2】



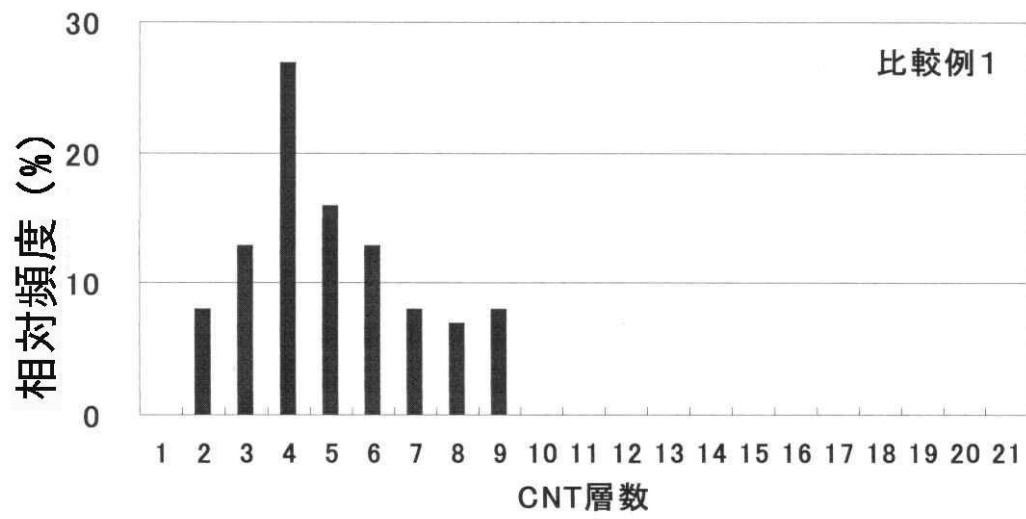
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 平原 佳織

大阪府吹田市山田丘 1 番 1 号 国立大学法人大阪大学内

Fターム(参考) 4G146 AA11 AB07 AC01A AC01B AC07A AC21A AC21B AD26 BA12 BA48

BB22 BB23 BC23 BC25 BC26 BC33B BC44

4G169 AA08 BA01A BA01B BA06B BB02A BB02B BC66B CB81 DA05 FB02