

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3878555号  
(P3878555)

(45) 発行日 平成19年2月7日(2007.2.7)

(24) 登録日 平成18年11月10日(2006.11.10)

(51) Int. Cl. F I  
C O 1 B 31/02 (2006.01) C O 1 B 31/02 1 O 1 F

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2002-591391 (P2002-591391)	(73) 特許権者	503432010
(86) (22) 出願日	平成14年1月29日 (2002.1.29)		チンファダーシェイ
(65) 公表番号	特表2004-526660 (P2004-526660A)		中華人民共和国, ペイジン 100084
(43) 公表日	平成16年9月2日 (2004.9.2)		, ハイディアंक, チンファユアン 1
(86) 国際出願番号	PCT/CN2002/000044		ハオ
(87) 国際公開番号	W02002/094713	(74) 代理人	100099759
(87) 国際公開日	平成14年11月28日 (2002.11.28)		弁理士 青木 篤
審査請求日	平成17年1月28日 (2005.1.28)	(74) 代理人	100077517
(31) 優先権主張番号	01 1 18349.7		弁理士 石田 敬
(32) 優先日	平成13年5月25日 (2001.5.25)	(74) 代理人	100105706
(33) 優先権主張国	中国 (CN)		弁理士 竹内 浩二
		(74) 代理人	100082898
			弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナノ凝集体流動層を用いたカーボンナノチューブの連続製造方法及びその反応装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ナノ凝集体流動層反応装置を用いてカーボンナノチューブを連続製造する方法であって、以下の工程：

(1) 遷移金属酸化物を担体に担持させる工程、

(2) 前記担持した遷移金属酸化物の触媒を触媒活性化反応炉に装填して、500～900 で、H<sub>2</sub>またはCOとN<sub>2</sub>との混合ガスを当該反応炉に吹き込み、ナノサイズの遷移金属酸化物粒子をナノサイズの金属粒子に還元する工程、その際、N<sub>2</sub>ガスに対するH<sub>2</sub>またはCOガスの体積比を1:0.3～1:1、還元反応時の空間速度を0.3～3/時間とし、かつ触媒は、直径1～1000 μmのナノ凝集体形態にあること、

(3) 前記還元した触媒を流動層反応装置内に移送し、500～900 で、H<sub>2</sub>またはCO、7個未満の炭素原子を有する低級炭化水素のガス及びN<sub>2</sub>との混合ガスを、H<sub>2</sub>またはCO、炭素源ガス及びN<sub>2</sub>の体積比が0.4～1:1:0.1～2となるように、当該反応装置に吹き込む工程、その際、反応時の空間速度を5～10000/時間、ガスの空塔速度を0.08～2 m/秒とし、層密度を20～800 kg/m<sup>3</sup>に維持して、触媒及びカーボンナノチューブ製品のナノ凝集体を濃厚相の流動状態に保持し、結果としてカーボンナノチューブが流動層反応装置から得られるようにすること、を含んでなる、前記方法。

【請求項 2】

前記触媒担体が超微細ガラスビーズ、シリカ、アルミナ及びカーボンナノチューブから

なる群より選ばれる、請求項 1 に記載のカーボンナノチューブを連続製造する方法。

【請求項 3】

前記遷移金属酸化物が Fe - Cu 酸化物、Ni - Cu 酸化物、Co - Mn 酸化物および Ni 酸化物からなる群より選ばれる、請求項 1 に記載のカーボンナノチューブを連続製造する方法。

【請求項 4】

ナノ凝集体流動層反応装置を用いてカーボンナノチューブを連続製造する方法であって、以下の工程：

(1) 触媒担体を流動層反応装置内に装填し、その触媒担体の凝集体の直径を 1 ~ 1000  $\mu\text{m}$  の範囲とし、かつ反応装置の層密度を 20 ~ 1500  $\text{kg}/\text{m}^3$  として、触媒担体

10

を流動化させる工程、

(2) メタロセン化合物を低炭素数の有機溶剤中に溶解させる工程、

(3) 上記溶液を有機溶剤の沸点を超える温度まで加熱して、気化させる工程、

(4) 上記気化した触媒前駆体を流動層反応装置内に供給し、500 ~ 900 で、 $\text{H}_2$  または  $\text{CO}$ 、7 個未満の炭素原子を有する低級炭化水素のガス及び  $\text{N}_2$  との混合ガスを、 $\text{H}_2$  または  $\text{CO}$ 、炭素源ガス及び  $\text{N}_2$  の体積比率が 0.4 ~ 1 : 1 : 0.1 ~ 2 となるように、当該反応装置に吹き込む工程、その際、反応時の空間速度を 5 ~ 10000 / 時間、ガスの空塔速度を 0.08 ~ 2  $\text{m}/\text{秒}$  とし、かつ反応装置内の原料を濃厚相の流動状態に保持し、結果としてカーボンナノチューブが流動層反応装置から得られるようにすること、を含んでなる、前記方法。

20

【請求項 5】

前記触媒担体が超微細ガラスビーズ、シリカ、アルミナ及びカーボンナノチューブからなる群より選ばれる、請求項 4 に記載のカーボンナノチューブを連続製造する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固気ナノ凝集体流動層を用いたカーボンナノチューブの連続製造方法及びその反応装置に関する。

【背景技術】

【0002】

新規材料としてカーボンナノチューブが最初に報道されて以来、既に十年以上が経過している。カーボンナノチューブの優れた機械的及び電気的特性は、世界中に及ぶ物理学者、化学者、材料学者達に強い関心が寄せられてきたが、その商業的利用は未だ実現されていない。その理由には、二つの相互に関係する局面、つまり、カーボンナノチューブの大量生産の困難性と、それによる製品の高価格とがある。例えば、純度 90% のカーボンナノチューブの国際市場価格は、60  $\text{ドル}/\text{g}$  より高く、これは金価格の 5 倍にもなる。ある文献によると、国際的な最高の製造能力でも、僅かに 200  $\text{g}/\text{時間}$  である、と報告されている (MOTOO YUMURA 等、CNT10、2001 年 10 月、31 頁)。また、報道によると、カーボンナノチューブの工業的利用は、その価格が 2  $\text{ドル}/\text{ポンド}$ 、即ち 0.4  $\text{ドル}/\text{g}$  以下に下がるまでは実用にならないと報じられているが、このレベルにまで価格

30

40

【0003】

カーボンナノチューブについての大量生産のキーポイントは、新規な工程とその反応装置技術にある。カーボンナノチューブの公知な製造方法には、主として、グラファイトアーク放電法、触媒アーク蒸発法及び触媒分解法が含まれる。このうち、触媒分解法が最も一般的であるが、特に、低級炭化水素の触媒分解法が有望な方法である。化学蒸着によるカーボンナノチューブの製造には、典型的な化学工業的工程と特別なナノ材料の製造工程との両者が含まれる工程がある。よって、望ましい製造方法では、ナノ材料の特性につい

50

て格別な考慮を払いながら、化学工業プロセスにおける熱移動と物質移動の要件に合致させることが必要である。カーボンナノチューブは、反応時に生長する一次元ナノ材料であるので、その反応工程では、ナノスケールで分散した触媒活性成分を有する触媒が要求され、かつ相当大きな成長空間が必要となる。また、高い反応速度のために、適当な触媒濃度も必要となる。

【0004】

固気流動層技術は、気体と固体間の接触を強化する有効な手段であり、既に多くの分野で広く使われているが、それは、特に、粉体の製造、処理及び使用に好適である。当該固気流動層技術は、多くの利点、例えば、高い処理量、熱の移動/供給の大きな能力、並びに粉体製品及び触媒の移送のし易さ等を有している。しかしながら、従来の固気流動層では、 $30\ \mu\text{m}$ を超える直径の非C型粉体の流動化に用いられているに過ぎない(Geldart D. 著の Powder Technology (粉体技術)、1973年、第7巻、285号)。化学蒸着によるカーボンナノチューブの製造においては、その一次元方向の材料生長とそれら相互の付着性のため、これを流動化させることが困難であり、それによって、凝集、温度及び濃度の不均一化及び粒子間のカーボンの析出を生じさせる。したがって、カーボンナノ材料の連続大量生産に、かかる流動層反応装置を適用することについては、いかなる報告もなされていない。

10

【0005】

微細粒子間の粒子間力は、粒子サイズの減少に伴って単調に増大しないことが知られている。一部のナノ材料系では、ナノメータ粒子間のファンデルワールス力が、一次粒子の自己凝集により構造的にルーズな凝集体を生成することによって、効果的に弱められ、それによって前記ナノ材料が流動化して、凝集体の形態で流動できるようになる。Chaouki等は、 $\text{Cu}/\text{Al}_2\text{O}_3$ エアロゲルの凝集体の流動化を報告している(Powder Technology (粉体技術)、1985年、第43巻、117号)。Wang Yao等は、気相 $\text{SiO}_2$ ナノ凝集体の粒子流動化についての挙動を研究してきた(中国清華大学学报、Science & Technology Engineering (科学と技術工学)、第41巻、4/5号、2001年4月、32~35頁)。また、カーボン繊維の凝集体流動化は、Brooks等によって報告されている(Fluidization V (流動化 V)、New York: Engineering Foundation、1986年、217頁)。

20

【0006】

【非特許文献1】 Powder Technology (粉体技術)、1985年、第43巻、117号

【非特許文献2】 中国清華大学学报、Science & Technology Engineering (科学と技術工学)、第41巻、4/5号、2001年4月、32~35頁

【非特許文献3】 Fluidization V (流動化 V)、New York: Engineering Foundation、1986年、217頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明では、ナノ凝集体流動層を用いたカーボンナノチューブの連続製造方法及びその反応装置を提供することを目的とする。本発明の方法及び装置では、ナノ粒子の凝集及び凝結の挙動を考慮し、ナノ粒子の凝集体流動層技術を基礎とし、かつ化学蒸着法(CVD)における過程でのカーボンナノチューブの成長、凝集及び流動化についての分析に基づいて、カーボンナノチューブの成長構造及び状態を合理的にコントロールすることによって、反応過程を終始正常流動化でき、ひいては粒状流動化状態を実現でき、かつ維持することを可能としたものである。更に、反応速度、操作条件及び流動床構造を適切に調節することによって、その反応流動床が、凝集体の流動状態に保持され、それによって高結晶度、高純度を有し、かつ高収率のカーボンナノチューブの連続大量生産を実現したものである。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

50

本発明によれば、以下の工程：

(1) 遷移金属酸化物を担体に担持させる工程、

(2) 前記担持した遷移金属酸化物の触媒を触媒活性化反応炉に装填して、500～900 で、 $H_2$ またはCOと $N_2$ との混合ガスを当該反応炉に吹き込み、ナノサイズの遷移金属酸化物粒子をナノサイズの金属粒子に還元する工程、その際、 $N_2$ ガスに対する $H_2$ またはCOガスの体積比を1:0.3～1:1、還元反応時の空間速度を0.3～3/時間とし、かつ触媒は、直径1～1000  $\mu m$ のナノ凝集体形態にあること、

(3) 前記還元した触媒を流動層反応装置内に移送し、500～900 で、 $H_2$ またはCO、7個未満の炭素原子を有する低級炭化水素のガス及び $N_2$ との混合ガスを、 $H_2$ またはCO、炭素源ガス及び $N_2$ の体積比が0.4～1:1:0.1～2となるように、当該反応装置に吹き込む工程、その際、反応時の空間速度を5～10000/時間、ガスの空塔速度を0.08～2 m/秒とし、層密度を20～800  $kg/m^3$ に維持して、触媒及びカーボンナノチューブ製品のナノ凝集体を濃厚相の流動状態に保持し、結果としてカーボンナノチューブが流動層反応装置から得られるようにすること、  
を含んでなる、ナノ凝集体流動層反応装置を用いたカーボンナノチューブの連続製造方法が提供される。

10

【0009】

また、本発明によれば、以下の工程：

(1) 触媒担体を流動層反応装置内に装填し、その触媒担体の凝集体の直径を1～1000  $\mu m$ の範囲とし、かつ反応装置の層密度を20～1500  $kg/m^3$ として、触媒担体を流動化させる工程、

(2) メタロセン化合物を低炭素数の有機溶剤中に溶解させる工程、

(3) 上記溶液を有機溶剤の沸点を超える温度まで加熱して、気化させる工程、

(4) 上記気化した触媒前駆体を流動層反応装置内に供給し、500～900 で、 $H_2$ またはCO、7個未満の炭素原子を有する低級炭化水素のガス及び $N_2$ との混合ガスを、 $H_2$ またはCO、炭素源ガス及び $N_2$ の体積比が0.4～1:1:0.1～2となるように、当該反応装置に吹き込む工程、その際、反応時の空間速度を5～10000/時間、ガスの空塔速度を0.005～2 m/秒とし、かつ反応装置内の原料を濃厚相の流動状態に保持し、結果としてカーボンナノチューブが流動層反応装置から得られるようにすること、  
を含んでなる、ナノ凝集体流動層を用いた第二のカーボンナノチューブの連続製造方法が

20

30

【発明の効果】

【0011】

前記本発明の製造方法によれば、触媒と反応原料が連続的に流動層反応装置に供給され、かつ当該反応装置から連続して製品を取り出すことが可能である。よって、カーボンナノチューブの大量生産を実現することができる。

【0012】

また、本発明の第二の製造方法によれば、メタロセン化合物を触媒前駆体として使うため、触媒活性化反応炉が省略でき、直接、メタロセン化合物を、触媒担体を有する流動層反応装置内に供給して、触媒の調製と主反応とを一体化することが可能となる。

40

【0013】

更に、本発明の製造装置によれば、処理時に、触媒とカーボンナノチューブ製品とを凝集体の形態で存続させ、かつ当該装置の操作条件をコントロールすることによって、良好な流動性と流動化の状態を保持することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明で使用する触媒担体は、流動性の良好な粉体、例えば、超微細ガラスビーズ、シリカ、アルミナ及びカーボンナノチューブ等から選ばれてよい。本発明の工程、操作条件及び反応装置を用いることによって、凝集体の直径が1～1000  $\mu m$ で、嵩密度が20～800  $kg/m^3$ で、かつ良好な流動性と流動化特性をもつ、ルーズな凝集体構造を有

50

するカーボンナノチューブ凝集体を製造することができる。

【0015】

本発明の反応装置には、以下の著しい特徴がある。

1. 当該反応装置では、流動層の特定の特徴を巧みに利用し、小型の構造で、優れた実用性を有すること。

2. 当該反応装置における原料が好適な層密度からなり、それによって流動性/流動化状態が保持されて、カーボンナノチューブに十分な成長空間を提供すると共に、また、十分な反応容積も得られること。

3. 当該反応装置では、連続的に、触媒を供給し、カーボンナノチューブ製品を反応器から取り出すことができ、そのため、大量生産が達成できること。

4. ナノサイズのカーボン材料の製造時に、流動層における温度分布と濃度分布が均一で、局部過熱や凝結が生じないこと。

5. スケールアップした反応装置でも、熱の供給、取り出しが可能で、発熱または吸熱の触媒分解工程にも、好適であること。

6. 当該反応装置の設備の適合性が優れ、供給口及び製品取出し口の配置が、反応の滞留時間および製品構造の要件に応じて調整できること。

【0016】

本発明のナノ凝集体流動層を用いたカーボンナノチューブの連続製造装置には、図1に示されるように、流動層反応装置1、触媒活性化反応炉6、ガス分配器2、固気分離器7、及び製品脱気部9が含まれる。その触媒活性化反応炉6は流動層反応装置1に連結され、ガス分配器2は流動層反応装置1内の底部に配設され、そして固気分離器7は流動層反応装置1の頂部に配設されている。流動層反応装置1には、熱交換用の管3とその底部にガス用の供給入口が配備され、そして、製品脱気部9が、製品出口5を介して流動層反応装置1に連結されている。製品出口5は、流動層反応装置における原料の量を調節するために用いられてもよい。製品出口5には、製品に吸収された有機材料を脱着するための製品脱気部9が連結されている。当該反応装置の頂部には、固気分離器7が設置されている。

【実施例】

【0017】

以下、本願発明の内容を、実施例によって詳細に説明するが、これら実施例によって、本願発明の技術的範囲を限定するものでないことは言うまでもない。

【0018】

実施例1

(1) Fe-Cuの遷移金属酸化物を担体SiO<sub>2</sub>上に担持した。

(2) 上記担持触媒を触媒活性化反応炉に装填し、650℃で、H<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>の混合ガスを当該反応炉に吹き込むことによって、還元反応を行った。H<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>ガスの体積比率は1:0.5であり、還元反応の空間速度は0.5/時間であった。

(3) 還元した触媒を700℃の温度に維持した流動層反応装置に移送し、当該反応装置に、H<sub>2</sub>、エチレン及びN<sub>2</sub>の混合ガスを供給した。H<sub>2</sub>:エチレン:N<sub>2</sub>ガスの体積比率は1:1:1であり、反応時の空間速度は10000/時間に維持し、ガスの空塔速度は0.5m/秒であった。ナノ凝集体形態の形で存在する触媒及びカーボンナノチューブの製品は、濃厚相の流動状態にあり、その層密度は、反応する最初の段階では600kg/m<sup>3</sup>であり、反応の終了段階では20kg/m<sup>3</sup>であった。

【0019】

図2は、実施例1において得られたカーボンナノチューブの典型的な走査型電子顕微鏡(SEM)写真である。サンプルは、反応装置から直接得られたものであり、何らの精製処理、微粉碎処理も行っていない。図面から見れば、得られたカーボンナノチューブは、1~1000μmの凝集体の形で存在し、殆どの凝集体は直径100μm未満で、その形状は球形に近い。

【0020】

10

20

30

40

50

図3は、上記サンプルの透過型電子顕微鏡 (TEM) 写真である。サンプルの作製時に、少量の未精製サンプルを、超音波によってエタノール中に分散させた。次いで、それを微細な銅製グリッドに滴下して、透過型電子顕微鏡で観察した。図面から見れば、当該カーボンナノチューブは、高純度で、直径は10nm未満で、当該チューブは長く、径は均一である。

#### 【0021】

図4は、上記サンプルの高分解能透過型電子顕微鏡 (HRTEM) 写真である。当該サンプルは、図3のそれと同じ手順で作製した。図4からは、マルチウォールカーボンナノチューブの炭素原子層が見られる。

#### 【0022】

10

#### 実施例2

(1) Ni - Cuの遷移金属酸化物をガラスビーズ担体上に担持した。

(2) 上記担持触媒を触媒活性化反応炉に装填し、520 で、 $H_2$ と $N_2$ の混合ガスを当該反応炉に吹き込むことによって、還元反応を行った。 $H_2$ と $N_2$ ガスの体積比率は1:1であり、還元反応の空間速度は2/時間であった。

(3) 還元した触媒を520 の温度に維持した流動層反応装置に移送し、当該反応装置に、 $H_2$ 、プロピレン及び $N_2$ の混合ガスを供給した。 $H_2$ :プロピレン: $N_2$ ガスの体積比率は1:1:1であり、反応時の空間速度は5/時間に維持し、ガスの空塔速度は0.09m/秒であった。反応が始まった際の層密度は、800kg/m<sup>3</sup>であった。

#### 【0023】

20

走査型及び透過型電子顕微鏡で観察したところによれば、実施例2で得られたカーボンナノチューブの長さは0.5~1000µmであり、その直径は4~100nmであることが分かる。カーボンナノチューブ製品の嵩密度は、30kg/m<sup>3</sup>であった。

#### 【0024】

#### 実施例3

(1) Co - Mnの遷移金属酸化物を $Al_2O_3$ 担体上に担持した。

(2) 上記担持触媒を触媒活性化反応炉に装填し、800 で、 $H_2$ と $N_2$ の混合ガスを当該反応炉に吹き込むことによって、還元反応を行った。 $H_2$ と $N_2$ ガスの体積比率は1:0.5であり、還元反応の空間速度は0.3/時間であった。

(3) 還元した触媒を870 の温度に維持した流動層反応装置に移送し、当該反応装置に、 $H_2$ 、メタン及び $N_2$ の混合ガスを供給した。 $H_2$ :メタン: $N_2$ ガスの体積比率は0.5:1:0.1であり、反応時の空間速度は5000/時間に維持し、ガスの空塔速度は0.8m/秒であった。反応が始まった際の層密度は、600kg/m<sup>3</sup>であった。

30

#### 【0025】

#### 実施例4

(1) Niの遷移金属酸化物を $Al_2O_3$ 担体上に担持した。

(2) 上記担持触媒を触媒活性化反応炉に装填し、870 で、COと $N_2$ の混合ガスを当該反応炉に吹き込むことによって、還元反応を行った。COと $N_2$ ガスの体積比率は1:0.5であり、還元反応の空間速度は3/時間であった。

(3) 還元した触媒を870 の温度に維持した流動層反応装置に移送し、当該反応装置に、 $H_2$ 、エチレン及び $N_2$ の混合ガスを供給した。 $H_2$ :エチレン: $N_2$ ガスの体積比率は1:1:0.5であり、反応時の空間速度は8000/時間に維持し、ガスの空塔速度は1.3m/秒であった。反応が始まった際の層密度は、400kg/m<sup>3</sup>であった。

40

#### 【0026】

#### 実施例5

(1) Ni - Cuの遷移金属酸化物を $Al_2O_3$ 担体上に担持した。

(2) 上記担持触媒を触媒活性化反応炉に装填し、870 で、 $H_2$ と $N_2$ の混合ガスを当該反応炉に吹き込むことによって、還元反応を行った。 $H_2$ と $N_2$ ガスの体積比率は1:0.5であり、還元反応の空間速度は0.5/時間であった。

(3) 還元した触媒を870 の温度に維持した流動層反応装置に移送し、当該反応装

50

置に、 $H_2$ 、メタン及び $N_2$ の混合ガスを供給した。 $H_2$ ：メタン： $N_2$ ガスの体積比率は1：1：0.5であり、反応時の空間速度は9000/時間に維持し、ガスの空塔速度は1.7m/秒であった。反応が始まった際の層密度は、300kg/m<sup>3</sup>であった。

【0027】

#### 実施例6

(1) カーボンナノチューブを触媒担体として流動層反応装置に装填した。触媒担体の凝集体サイズは、1～1000μmであった。

(2) フェロセンをベンゼンに溶解して、その溶液を気化し、次いで、得られた蒸気をプロピレン及び $N_2$ の混合ガスと共に650の流動層反応装置に供給した。プロピレン、 $N_2$ 、ベンゼン及びフェロセンの体積比率は、1：0.3：0.2：0.02であり、ガスの空塔速度は0.1m/秒で、空間速度は200/時間であった。650で、フェロセンが解離して、カーボンナノチューブ担体上に担持した金属ナノ粒子が生成した。金属ナノ粒子の触媒作用下で、カーボン源のガスが分解されて、新たなカーボンナノチューブが得られた。その層密度は、反応する最初の段階では100kg/m<sup>3</sup>であり、反応の終了段階では20kg/m<sup>3</sup>であった。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の反応装置の構造を示す略図である。

【図2】本発明の方法及び反応装置を用いて製造したカーボンナノチューブ凝集体についての走査型電子顕微鏡(SEM)写真である。

【図3】本発明の方法及び反応装置を用いて製造したカーボンナノチューブについての透過型電子顕微鏡(TEM)写真である。

【図4】本発明の方法及び反応装置を用いて製造したカーボンナノチューブについての高分解能透過型電子顕微鏡(HRTEM)写真である。

【符号の説明】

【0029】

- 1 ... 流動層反応装置
- 2 ... ガス分配器
- 3 ... 熱交換器
- 4 ... 触媒導入口
- 5 ... 製品出口
- 6 ... 触媒活性化反応炉
- 7 ... 固気分離器
- 8 ... ガス供給口
- 9 ... 製品脱気部

10

20

30

【 図 1 】

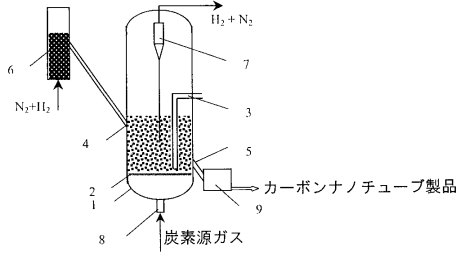
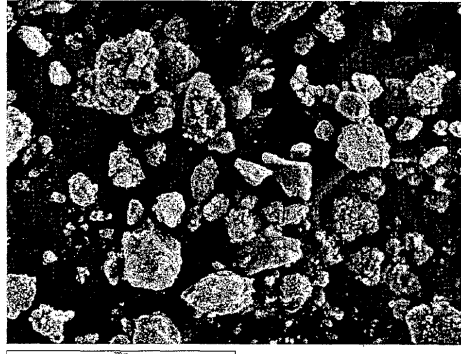
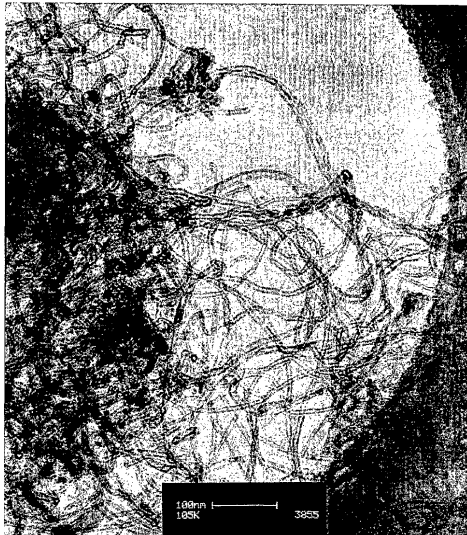


FIG. 1

【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ウェイ, フェイ  
中華人民共和国, ベイジン 1 0 0 0 8 4 , ハイディアク, チンファユアン 1 ハオ
- (72)発明者 ワン, ヤオ  
中華人民共和国, ベイジン 1 0 0 0 8 4 , ハイディアク, チンファユアン 1 ハオ
- (72)発明者 ルオ, グオファ  
中華人民共和国, ベイジン 1 0 0 0 8 4 , ハイディアク, チンファユアン 1 ハオ
- (72)発明者 ユ, ハオ  
中華人民共和国, ベイジン 1 0 0 0 8 4 , ハイディアク, チンファユアン 1 ハオ
- (72)発明者 リ, チフェイ  
中華人民共和国, ベイジン 1 0 0 0 8 4 , ハイディアク, チンファユアン 1 ハオ
- (72)発明者 チャン, ウェイツォン  
中華人民共和国, ベイジン 1 0 0 0 8 4 , ハイディアク, チンファユアン 1 ハオ
- (72)発明者 ワン, ツァンウェン  
中華人民共和国, ベイジン 1 0 0 0 8 4 , ハイディアク, チンファユアン 1 ハオ
- (72)発明者 ジン, ヨン  
中華人民共和国, ベイジン 1 0 0 0 8 4 , ハイディアク, チンファユアン 1 ハオ

審査官 繁田 えい子

(56)参考文献 特開2003-535794(JP, A)

K.Hernadi, Fe-Catalyzed carbon nanotube formation, carbon, 1996年, vol.34, no.10,  
p.1249-1257

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C01B 31/02

JSTPlus(JDream2)