

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5463566号
(P5463566)

(45) 発行日 平成26年4月9日(2014.4.9)

(24) 登録日 平成26年1月31日(2014.1.31)

(51) Int. Cl.		F I	
C O 4 B	35/52 (2006.01)	C O 4 B	35/52 C
C O 4 B	35/80 (2006.01)	C O 4 B	35/80 K
D O 6 M	11/83 (2006.01)	D O 6 M	11/83
D O 6 M	10/00 (2006.01)	D O 6 M	10/00 A
C O 4 B	35/626 (2006.01)	C O 4 B	35/80 L

請求項の数 9 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2009-133218 (P2009-133218)	(73) 特許権者	000002130
(22) 出願日	平成21年6月2日(2009.6.2)		住友電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2010-280517 (P2010-280517A)		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(43) 公開日	平成22年12月16日(2010.12.16)	(73) 特許権者	504171134
審査請求日	平成24年4月24日(2012.4.24)		国立大学法人 筑波大学
			茨城県つくば市天王台一丁目1番1
		(74) 代理人	100064746
			弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平
		(74) 代理人	100096781
			弁理士 堀井 豊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成形体およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

繊維径 $1 \mu\text{m}$ 以下の互いに結合した複数の繊維状炭素と、G a 原子とを含み、
前記繊維状炭素はカーボンナノチューブまたはカーボンナノファイバーであり、
前記複数の繊維状炭素同士が炭素の共有結合で結合している、成形体。

【請求項2】

シート状の形状を有する、請求項1に記載の成形体。

【請求項3】

繊維径 $1 \mu\text{m}$ 以下の複数の繊維状炭素の各々の表面にG a 原子を付着させる工程と、
前記G a 原子を付着させた複数の繊維状炭素同士を圧接する工程とを含み、
前記複数の繊維状炭素の各々の表面にG a 原子を付着させる工程は、繊維状炭素の各々の表面をG a 蒸気またはIn G a 蒸気に接触させる工程を含む、成形体の製造方法。

【請求項4】

前記複数の繊維状炭素の各々の表面にG a 原子を付着させる工程は、 10^{-6} Torr 以下の減圧下で液体G a またはIn G a 合金を加熱する工程を含む、請求項3に記載の成形体の製造方法。

【請求項5】

前記液体G a またはIn G a 合金の加熱温度は、 $600 \sim 2000$ である、請求項4に記載の成形体の製造方法。

【請求項6】

10

20

前記複数の繊維状炭素同士を圧接する工程は、前記複数の繊維状炭素の各々の表面を加熱する工程を含む、請求項3～5のいずれか1項に記載の成形体の製造方法。

【請求項7】

前記複数の繊維状炭素同士を圧接する工程の後で、前記複数の繊維状炭素の各々の表面を加熱する工程をさらに備える、請求項3～5のいずれか1項に記載の成形体の製造方法。

【請求項8】

前記複数の繊維状炭素の各々の表面を加熱する工程は、前記複数の繊維状炭素を600以上に加熱する工程を含む、請求項6または7に記載の成形体の製造方法。

【請求項9】

前記複数の繊維状炭素同士を圧接する工程は、前記複数の繊維状炭素に 1×10^5 Pa以上の圧力をかける工程を含む、請求項3～8のいずれか1項に記載の成形体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は成形体およびその製造方法に関し、より特定的には強度に優れた成形体およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

繊維状炭素は優れた導電性および機械的強度を有することが知られている。繊維状炭素のなかでもカーボンナノチューブやカーボンナノファイバーは繊維径が微小であるため、将来のナノエレクトロニクス材料として期待されている。

【0003】

繊維状炭素は繊維径の違いによりカーボンナノチューブ（繊維径1～10 nm）、カーボンナノファイバー（繊維径10～1000 nm）および炭素繊維（繊維径約10 μm）に分類される。このうちカーボンナノチューブは、炭素原子が規則的に配列されたグラフェンシートをチューブ状に丸めた中空の円筒形状を有している。このような形状のカーボンナノチューブをたとえば電子放出源として用いた場合には、その先端に電界集中が起こり易く、高い放出電流密度が期待できる。また、カーボンナノチューブは、化学的、物理的安定性が高い特性を有するので、動作真空中の残留ガスの吸着やイオン衝撃等に対して安定であることが予想される。

【0004】

また複数のカーボンナノチューブやカーボンナノファイバーから形成された成形体も優れた導電性を有すると考えられるため、将来の機能性材料として期待されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、従来の成形体はカーボンナノチューブやカーボンナノファイバー同士が物理的接触のみで結合されているため、実用的な強度を得ることが困難であった。

【0006】

したがって本発明の目的は、強度に優れた成形体およびその製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、繊維径1 μm以下の互いに結合した複数の繊維状炭素と、Gaを含む成形体である。本発明に係る成形体によれば、複数の繊維状炭素が互いに結合しているため、強度に優れている。

【0008】

本発明に係る成形体において好ましくは、繊維状炭素はカーボンナノチューブまたはカ

10

20

30

40

50

ーボンナノファイバーである。通常、カーボンナノチューブまたはカーボンナノファイバーは表面にグラフェン欠陥端部を有している。本発明に係る成形体によれば、該グラフェン欠陥端部同士が結合することにより複数の繊維状炭素が一体化されているため、強度に優れている。

【0009】

本発明に係る成形体において好ましくは、シート状に形成されている。シート状に形成されているため、様々な用途に用いることができる。

【0010】

本発明に係る成形体の製造方法は、繊維径 $1\mu\text{m}$ 以下の複数の繊維状炭素の各々の表面にGaを付着させる工程と、Gaを付着させた複数の繊維状炭素同士を圧接する工程を含む。本発明に係る成形体の製造方法によれば、Gaは繊維状炭素表面のグラフェン欠陥端部に付着し、グラフェン欠陥端部を活性化させる。グラフェン欠陥端部が活性化された複数の繊維状炭素同士を圧接すると、接触する異なる繊維状炭素表面のグラフェン欠陥端部同士がGaを介して結合する。その結果、強度に優れた成形体を得ることができる。

10

【0011】

なお、本明細書中において「圧接」とは、2つの物質を密着させた状態で圧力を加えることにより、2つの物質を結合させることを意味する。

【0012】

本発明に係る成形体の製造方法において好ましくは、複数の繊維状炭素の各々の表面にGaを付着させる工程は、繊維状炭素の各々の表面をGa蒸気に接触させる工程を含む。Ga蒸気は繊維状炭素表面のグラフェン欠陥端部との結合性に優れているため、グラフェン欠陥端部へのガリウムの付着を効率的に行うことができる。

20

【0013】

本発明に係る成形体の製造方法において好ましくは、複数の繊維状炭素同士を圧接する工程は、複数の繊維状炭素の各々の表面を加熱する工程を含む。複数の繊維状炭素の各々の表面を加熱することで、接触する異なる繊維状炭素表面のグラフェン欠陥端部同士の結合を効率的に行うことができる。

【0014】

本発明に係る成形体の製造方法において好ましくは、複数の繊維状炭素同士を圧接する工程の後で、複数の繊維状炭素の各々の表面を加熱する工程をさらに備える。複数の繊維状炭素の各々の表面を加熱することで、接触する異なる繊維状炭素表面のグラフェン欠陥端部同士の結合を効率的に行うことができる。

30

【0015】

本発明に係る成形体の製造方法において好ましくは、複数の繊維状炭素の各々の表面を加熱する工程は、複数の繊維状炭素を 600 以上に加熱する工程を含む。複数の繊維状炭素を 600 以上に加熱することで、接触する異なる繊維状炭素表面のグラフェン欠陥端部同士の結合を効率的に行うことができる。

【0016】

本発明に係る成形体の製造方法において好ましくは、複数の繊維状炭素同士を圧接する工程は、複数の繊維状炭素に $1 \times 10^5 \text{Pa}$ 以上の圧力をかける工程を含む。複数の繊維状炭素に $1 \times 10^5 \text{Pa}$ 以上の圧力をかけることで、接触する異なる繊維状炭素表面のグラフェン欠陥端部同士の結合を効率的に行うことができる。

40

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、強度に優れた成形体を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】(a)本発明の実施形態における成形体を示す模式図である。(b)(a)の線分IB-IBにおける断面模式図である。

【図2】本発明の一実施の形態における成形体の製造方法の第一工程を示す模式図である

50

。【図3】本発明の一実施の形態における成形体の製造方法の第二工程を示す模式図である。

。【図4】本発明の一実施の形態における成形体の製造方法の第三工程を示す模式図である。

。【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する、なお、以下の図面において同一のまたは相当する部分には同一の参照符号を付しその説明は繰り返さない。

【0020】

10

<成形体>

図1(a)は本発明の実施形態における成形体を示す模式図である。図1(b)は図1(a)の線分IB-IBにおける断面模式図である。

【0021】

図1(a)に示すように、本発明の一実施の形態における成形体10は、たとえば複数の繊維状炭素1が互いに結合しており、たとえば複数の繊維状炭素が集束または積層することにより一体化されている。ここで集束するとは複数の繊維状炭素1が集まって束になることを意味しており、積層するとは複数の繊維状炭素1が積み重なって層になっていることを意味する。

【0022】

20

図1(a)においては、成形体10はシート状に成形されているが、形状は特に制限されず、波打ちシート状、円筒状、たらい状などとすることができる。成形体を構成する繊維状炭素の積層方向の厚みは特に制限されないが、10~1000 μm であることが取り扱いはおよび成形性の観点から好ましい。

【0023】

図1(b)を参照して、各々の繊維状炭素1の繊維径dは1 μm 以下であり、表面にはGa原子2が付着している。

【0024】

<繊維状炭素>

本発明の一実施の形態における成形体10を構成する繊維状炭素1としては、繊維径が1 μm 以下のカーボンナノチューブ(繊維径1~10nm)またはカーボンナノファイバー(繊維径10~1000nm)を用いることができる。

30

【0025】

カーボンナノチューブとしては、1層の六角網目のチューブから構成されているシングルウォールナノチューブ(以下、「SWNT」と略称する)でも、多層の六角網目のチューブから構成されているマルチウォールナノチューブ(以下、「MWNT」と略称する)でもよい。一般に、SWNTのほうがフレキシブルであり、MWNTのように多層になればなるほど剛直になる傾向にある。SWNTとMWNTとは、その性質を考慮して、目的に応じて使い分けることが望ましい。

【0026】

40

適用可能な繊維状炭素1の長さとしては、特に限定されるものではないが、一般的に10nm~10000 μm の範囲のものが用いられ、100nm~1000 μm の範囲のものが好ましく用いられる。

【0027】

<Ga(ガリウム)原子>

Ga原子2は繊維状炭素1の表面に付着しており、特に繊維状炭素1表面のグラフェン欠陥端部と結合していると考えられる。成形体10におけるGa原子は、グラフェン接合の触媒として用いるため、Gaの付着をできるだけ欠陥近傍部分に限定するようにし、極力使用量を少なくすることが好ましい。

【0028】

50

< 成形体の製造方法 >

本発明の一実施の形態における成形体 10 の製造方法を図 2 ~ 図 4 を用いて説明する。成形体の製造方法は、図 3 に示すように繊維径 1 μm 以下の複数の繊維状炭素の各々の表面に G a を付着させる工程と、図 4 に示すように G a を付着させた複数の繊維状炭素同士を圧接する工程とを含む。

【 0 0 2 9 】

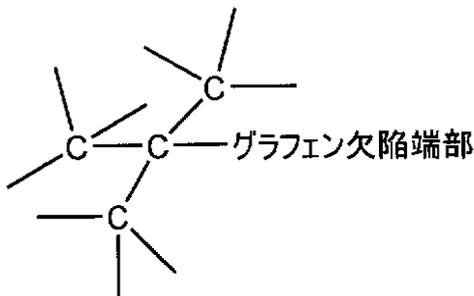
(繊維状炭素の準備)

図 2 を参照して、通常、繊維状炭素 1 は表面にグラフェン欠陥端部 3 を有していると考えられる。グラフェン欠陥端部では、繊維状炭素を構成するグラフェンにおいて式 (1) に示すように炭素原子同士が結合せず、不対電子が残存していると推定できる。

10

【 0 0 3 0 】

【 化 1 】



式(1)

20

【 0 0 3 1 】

繊維状炭素 1 はできるだけ分散した状態のものを準備する。

(繊維状炭素の各々の表面へ G a を付着させる工程)

次に、繊維状炭素 1 の各々の表面に G a 原子 2 を付着させる工程 (以下、「 G a 付着工程」ともいう) を実施する。

【 0 0 3 2 】

図 3 を参照して、 G a を付着させるための装置 2 5 はチャンバ 2 2 と、ヒーター 2 3 と、容器 2 4 とを備えている。チャンバ 2 2 の外壁にはヒーター 2 3 が設けられており、チャンバ 2 2 の内部には容器 2 4 が配置されている。容器 2 4 の内部にはヒーター 2 3 によって加熱された液体 G a 2 0 が充填されている。液体 G a 2 0 の加熱温度は、 6 0 0 ~ 2 0 0 0 であることが好ましい。チャンバ 2 2 の図中左側には真空排気系 2 2 a が設けられている。

30

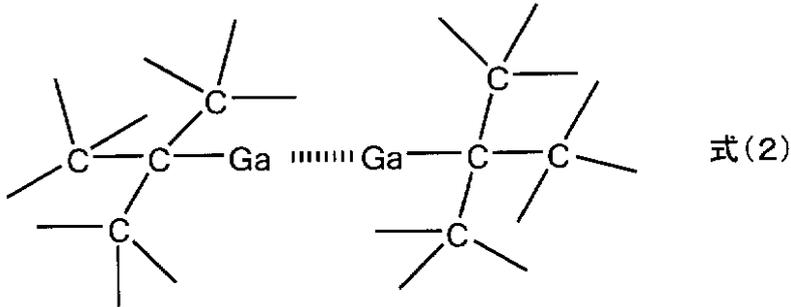
【 0 0 3 3 】

G a 付着工程は、チャンバ 2 2 内に複数の繊維状炭素 1 を配置し、繊維状炭素 1 の表面に液体 G a 2 0 を加熱して得られた G a 蒸気 2 1 を接触させることにより行う。バルクの G a と炭素は状態図としては非固溶系である。しかし、ミクロのスケールでは G a 蒸気 2 1 を繊維状炭素 1 に接触させると、 G a 原子 2 と繊維状炭素 1 の表面のグラフェン欠陥端部 3 に結合が生じる。この結果、たとえば式 (2) に示すようにグラフェン欠陥端部 3 が活性化される。このときの繊維状炭素の温度は、 6 0 0 以下であることが好ましい。

40

【 0 0 3 4 】

【化2】



10

【0035】

なおGa付着工程は、液体Gaの代わりに、InGa合金を気化させることにより行われる。また、上述の方法の代わりに、液体Ga中に複数の繊維状炭素1を浸漬することにより行われる。

【0036】

繊維状炭素1が分散しているものであればGa付着工程において、Gaを繊維状炭素表面により均一に付着させることができる。

【0037】

(Gaを付着させた複数の繊維状炭素同士を圧接する工程)

次に、Gaを付着させた複数の繊維状炭素同士を圧接する工程(以下、「圧接工程」ともいう)を実施する。

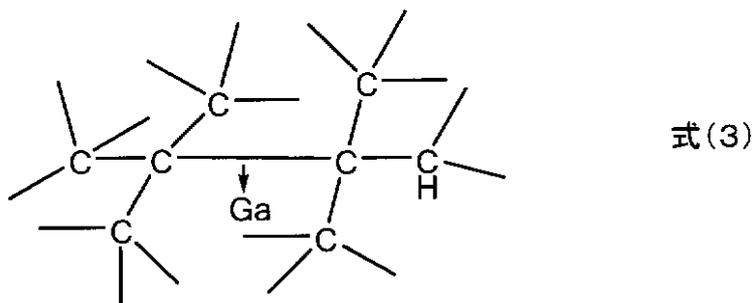
20

【0038】

図4を参照して、たとえば金型などに複数の繊維状炭素1を充填し、複数の繊維状炭素1に圧力を加える。これにより、複数の繊維状炭素1同士が結合する。これは以下の理由によるものと推測される。複数の繊維状炭素1同士を密着させた状態で圧力を加えると、たとえば式(3)に示すようにグラフェン欠陥端部3同士が直接結合する。

【0039】

【化3】



30

【0040】

この結果、複数の繊維状炭素1同士が集束または積層することにより一体化し、成形体10となる。該成形体10は、複数の繊維状炭素1同士が炭素の共有結合で結合していると推測されるため、優れた強度を有する。

40

【0041】

なお、上記圧接工程を行うと同時に、または上記圧接行程の後に、複数の繊維状炭素の各々の表面を加熱してもよい。これにより繊維状炭素1のグラフェン欠陥端部3とGa原子2との結合が外れるものと推測される。また、複数の繊維状炭素1の各々の表面を加熱する場合には、複数の繊維状炭素を600以上、より好ましくは800~1100に加熱することが好ましい。複数の繊維状炭素を600以上に加熱することで、Ga原子2の脱離が促進されて、繊維状炭素表面のグラフェン欠陥端部同士の結合が促進される。

【0042】

圧接工程において、複数の繊維状炭素に 1×10^5 Pa以上、好ましくは 1×10^6 Pa

50

以上の圧力をかけることが好ましい。複数の繊維状炭素に $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 以上の圧力をかけることで、接触する異なる繊維状炭素表面のグラフェン欠陥端部同士の結合を効率的に行うことができる。

【0043】

成形体の成形は、シート状や波打ちシート状などの所望の形状の金型に、複数の繊維状炭素を配置した後に圧接工程を実施する。

【実施例】

【0044】

<実施例1>

触媒(鉄、コバルト、ニッケルなど)を除去する処理を施した、できるだけ分散したカーボンナノチューブを準備した。実施例1で使用したカーボンナノチューブの平均繊維径は 20 nm 、平均繊維長さは $100 \mu\text{m}$ である。

10

【0045】

次に当該カーボンナノチューブを熱処理炉内に設置した。熱処理炉を 10^{-6} Torr の減圧下で 400 に加熱し、熱処理炉内の坩堝中の液体Gaを気化してGa蒸気を発生させ、カーボンナノチューブ表面にGaを付着させた。

【0046】

その後、Gaを付着させたCNTを積層させ、厚さ 0.2 mm 程度で $5 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ 角の大きさのシートを成形した。その後、シートに 100 kgf/cm^2 ($9.8 \times 10^5 \text{ Pa}$) の圧力をかけるとともに熱処理炉内の温度を 1000 に昇温した後、圧力をかけた状態で室温まで冷却した。

20

【0047】

得られたシート状の成形体の引張破断強度を引っ張り試験機で測定した。

実施例1の成形体の引張破断強度は 4 GPa であった。

【0048】

<実施例2>

触媒(鉄、コバルト、ニッケルなど)を除去する処理を施した、できるだけ分散したカーボンナノチューブを準備した。実施例2で使用したカーボンナノチューブの平均繊維径は 10 nm 、平均繊維長さは $200 \mu\text{m}$ である。

【0049】

次に当該カーボンナノチューブを熱処理炉内に設置した。熱処理炉を 10^{-6} Torr の減圧下で 500 に加熱し、さらに熱処理炉内の坩堝中の液体Gaを電子ビームで加熱することによってGa蒸気を発生させ、カーボンナノチューブ表面にGaを付着させた。

30

【0050】

その後、Gaを付着させたCNTを積層させ、厚さ 0.5 mm 程度で $5 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ 角の大きさのシートを成形した。その後、シートに 10 kgf/cm^2 ($9.8 \times 10^5 \text{ Pa}$) の圧力をかけるとともに熱処理炉内の温度を 900 に昇温した後、圧力をかけた状態で室温まで冷却した。

【0051】

得られたシート状の成形体の引張破断強度を引っ張り試験機で測定した。

実施例2の成形体の引張破断強度は 4 GPa であった。

40

【0052】

<実施例3>

触媒(鉄、コバルト、ニッケルなど)を除去する処理を施した、できるだけ分散したカーボンナノチューブを準備した。実施例3で使用したカーボンナノチューブの平均繊維径は 30 nm 、平均繊維長さは $200 \mu\text{m}$ である。

【0053】

次に当該カーボンナノチューブを熱処理炉内に設置した。熱処理炉を 10^{-6} Torr の減圧下で 600 に加熱し、熱処理炉内の坩堝中の液体Gaを気化してGa蒸気を発生させ、カーボンナノチューブ表面にGaを付着させた。

50

【 0 0 5 4 】

その後、Gaを付着させたCNTを積層させ、厚さ1mm程度の波型シートを成形した。その後、シートに 50 kgf/cm^2 ($49 \times 10^5\text{ Pa}$)の圧力をかけるとともに熱処理炉内の温度を800に昇温した後、圧力をかけた状態で室温まで冷却した。

【 0 0 5 5 】

得られたシート状の成形体の引張破断強度を引っ張り試験機で測定した。

実施例3の成形体の引張破断強度は3GPaであった。

【 0 0 5 6 】

< 実施例 4 >

触媒(鉄、コバルト、ニッケルなど)を除去する処理を施した、できるだけ分散したカーボンナノチューブを準備した。実施例4で使用したカーボンナノチューブの平均繊維径は10nm、平均繊維長さは200 μm である。

10

【 0 0 5 7 】

次に当該カーボンナノチューブを熱処理炉内に設置した。熱処理炉を 10^{-6} Torr の減圧下で450に加熱し、さらに熱処理炉内の坩堝中のGaIn合金(Ga85In15)を900に加熱してGaIn合金を気化させ、カーボンナノチューブ表面にGaIn合金を付着させた。

【 0 0 5 8 】

その後、GaIn合金を付着させたCNTを積層させ、厚さ0.5mm程度で5mm \times 20mm角の大きさのシートを成形した。その後、シートに 100 kgf/cm^2 ($98 \times 10^5\text{ Pa}$)の圧力をかけるとともに熱処理炉内の温度を900に昇温した後、圧力をかけた状態で室温まで冷却した。

20

【 0 0 5 9 】

得られたシート状の成形体の引張破断強度を引っ張り試験機で測定した。

実施例4の成形体の引張破断強度は3GPaであった。

【 0 0 6 0 】

< 実施例 5 >

触媒(鉄、コバルト、ニッケルなど)を除去する処理を施した、できるだけ分散したカーボンナノチューブを準備した。実施例5で使用したカーボンナノチューブの平均繊維径は10nm、平均繊維長さは500 μm である。

30

【 0 0 6 1 】

次に当該カーボンナノチューブを熱処理炉内に設置した。熱処理炉を 10^{-6} Torr の減圧下で300に加熱し、熱処理炉内の坩堝中の液体Gaを気化してGa蒸気を発生させ、カーボンナノチューブ表面にGaを付着させた。

【 0 0 6 2 】

その後、Gaを付着させたCNTを積層させ、厚さ0.5mm程度のシートを成形した。その後、シートに 5 kgf/cm^2 ($4.9 \times 10^5\text{ Pa}$)の圧力をかけるとともに熱処理炉内の温度を600に昇温した後、圧力をかけた状態で室温まで冷却した。

【 0 0 6 3 】

得られたシート状の成形体の引張破断強度を引っ張り試験機で測定した。

実施例5の成形体の引張破断強度は2GPaであった。

40

【 0 0 6 4 】

< 比較例 1 >

比較例1は液体Gaを用いない以外は実施例1と同様の工程で成形体を準備した。

【 0 0 6 5 】

得られたシート状の成形体の引張破断強度を引っ張り試験機で測定した。

比較例1の成形体の引張破断強度は1GPaであった。

【 0 0 6 6 】

実施例1～4および比較例1の製造条件および結果を表1に示す。

【 0 0 6 7 】

50

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	比較例 1
繊維状炭素 平均繊維径 (nm)	20	10	30	10	10	20
繊維状炭素 平均長さ (μm)	100	200	200	200	500	100
Ga 付着工程	あり	あり	あり	あり	あり	なし
付着 Ga 材料	Ga	Ga	Ga	GaIn 合金	Ga	-
圧接時圧力 (kg/cm^2)	100	10	50	100	5	100
圧接時温度 ($^{\circ}\text{C}$)	1000	900	800	900	600	1000
炭素成形体形状	シート	シート	波型シート	シート	シート	シート
炭素成形体厚さ (μm)	200	500	1000	500	500	200
引張破断強度 (GPa)	4	4	3	3	2	1

10

【0068】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

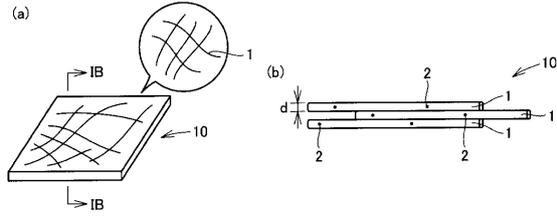
20

【符号の説明】

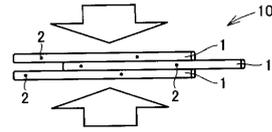
【0069】

1 繊維状炭素、10 成形体、2 Ga原子、20 液体Ga、21 Ga蒸気、22 チャンバ、22a 真空排気系、23 ヒーター、24 容器、25 Gaを付着させるための装置、3 グラフェン欠陥端部。

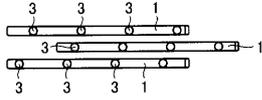
【 図 1 】



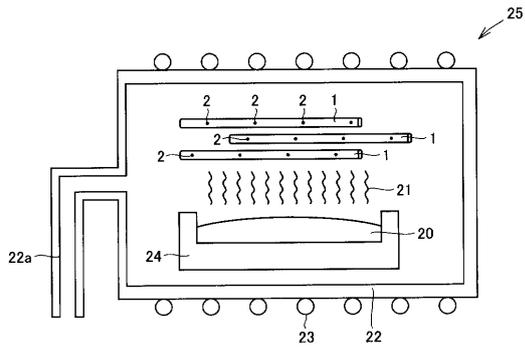
【 図 4 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
C 0 1 B 31/02 (2006.01)		C 0 4 B 35/00	A
C 2 3 C 14/14 (2006.01)		C 0 1 B 31/02	1 0 1 F
		C 2 3 C 14/14	D
		C 0 4 B 35/52	D

(74)代理人 100109162

弁理士 酒井 將行

(74)代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(72)発明者 日方 威

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内

(72)発明者 藤田 淳一

茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立大学法人 筑波大学内

審査官 櫻木 伸一郎

(56)参考文献 特表2006-524177(JP,A)

特開2003-261312(JP,A)

特開平06-227806(JP,A)

特開2007-022875(JP,A)

特開2010-052972(JP,A)

特開2010-037128(JP,A)

国際公開第2009/139331(WO,A1)

植木竜一, 宮澤陽介, 日方威, 藤田淳一, 液体Ga触媒を用いたアモルファスカーボン界面におけるグラファイト化反応, 応用物理学会学術講演会講演予稿集, 日本, 2008年 9月 2日, Vol.69 No.1, 421頁

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 0 4 B 3 5 / 5 2

C 0 1 B 3 1 / 0 2

C 0 4 B 3 5 / 8 0

D 0 6 M 1 0 / 0 0

D 0 6 M 1 1 / 8 3

J S T P l u s (J D r e a m I I I)

J S T 7 5 8 0 (J D r e a m I I I)