(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年11月2日(02.11.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/210248 A1

(51) 国際特許分類:
D02G 3/26 (2006.01) *D01F 9/127* (2006.01)
C01B 32/168 (2017.01) *D02G 3/16* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/012782

(22) 国際出願日： 2023年3月29日(29.03.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2022-072377 2022年4月26日(26.04.2022) JP

(71) 出願人: リンテック株式会社 (**LINTEC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1730001 東京都板橋区本町２３番２３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 萩原 佳明 (**HAGIHARA Yoshiaki**); 〒1730001 東京都板橋区本町２３番２３号 リンテック株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人樹之下知的財産事務所 (**KINOSHITA & ASSOCIATES**); 〒1670051 東京都杉並区荻窪五丁目２６番１３号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：
— 国際調査報告（条約第21条(3)）

(54) **Title:** METHOD FOR MANUFACTURING CARBON NANOTUBE TWISTED YARN

(54) 発明の名称： カーボンナノチューブ撚糸の製造方法

(57) **Abstract:** The present invention provides a method for manufacturing carbon nanotube twisted yarn, comprising the steps of: drawing carbon nanotubes in sheet form from the ends of a carbon nanotube forest to obtain a carbon nanotube sheet; twisting the carbon nanotube sheet and then performing a temporary twisting step of untwisting to obtain a carbon nanotube linear body; and twisting the carbon nanotube linear body to obtain carbon nanotube twisted yarn, the number of twists during temporary twisting of the carbon nanotube sheet in the temporary twisting step being 300 to 5000 times/m inclusive, and the number of twists during twisting of the carbon nanotube linear body in the step of obtaining the carbon nanotube twisted yarn being 900 to 5000 times/m inclusive.

(57) 要約：カーボンナノチューブフォレストの端部から、カーボンナノチューブをシート状に引き出して、カーボンナノチューブシートを得る工程と、前記カーボンナノチューブシートに撚りをかけ、その後撚りを戻す仮撚工程を施して、カーボンナノチューブ線状体を得る工程と、前記カーボンナノチューブ線状体に撚りをかけて、カーボンナノチューブ撚糸を得る工程と、を備え、前記仮撚工程における前記カーボンナノチューブシートに仮撚の撚りをかける際の撚り数は、３００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下であり、前記カーボンナノチューブ撚糸を得る工程における前記カーボンナノチューブ線状体に撚りをかける際の撚り数は、９００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下である、カーボンナノチューブ撚糸の製造方法。

WO 2023/210248 A1

明　細　書

発明の名称 ： カーボンナノチューブ撚糸の製造方法

技術分野

[0001]　本発明は、カーボンナノチューブ撚糸の製造方法に関する。

背景技術

[0002]　カーボンナノチューブは、力学特性、電気特性、又は熱特性等に優れており、電界放出型ディスプレイ、又は導電性フィラー等の産業への利用が期待されている。また、中でも、カーボンナノチューブの繊維を紡績したカーボンナノチューブ撚糸の利用が期待されている。

[0003]　カーボンナノチューブ撚糸は、カーボンナノチューブの基板からカーボンナノチューブを糸状に引き出したシートに撚りをかけて製造される。しかしながら、カーボンナノチューブ撚糸を製造する場合、カーボンナノチューブの基板から引き出されたカーボンナノチューブシートの強度は弱い。そのため、基板から引き出されたカーボンナノチューブに対し、強い撚りをかけた場合には、繊維が切れてしまうという問題があった。また、このようにして製造されたカーボンナノチューブからなる撚糸は、非常に細いため、引張強度や電気伝導率が十分ではないという問題があった。このような問題を解決するために、例えば、特許文献１には、カーボンナノチューブを含む撚糸に電子線を照射する、カーボンナノチューブ撚糸の製造方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１１－１５３３９２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005]　しかしながら、特許文献１に記載の方法では、基板から引き出されたカーボンナノチューブシートの強度は弱いままである。そのため、基板から引き

出されたカーボンナノチューブシートに対し、強い撚りをかけることができなかった。また、撚りが不十分な場合には、カーボンナノチューブ撚糸の密度を高めることができず、導電性が低下するという問題があった。

[0006] 本発明の目的は、強度及び導電性が優れるカーボンナノチューブ撚糸を製造できるカーボンナノチューブ撚糸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] ［１］ カーボンナノチューブフォレストの端部から、カーボンナノチューブをシート状に引き出して、カーボンナノチューブシートを得る工程と、前記カーボンナノチューブシートに撚りをかけ、その後撚りを戻す仮撚工程を施して、カーボンナノチューブ線状体を得る工程と、前記カーボンナノチューブ線状体に撚りをかけて、カーボンナノチューブ撚糸を得る工程と、を備え、前記仮撚工程における前記カーボンナノチューブシートに仮撚の撚りをかける際の撚り数は、３００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下であり、前記カーボンナノチューブ撚糸を得る工程における前記カーボンナノチューブ線状体に撚りをかける際の撚り数は、９００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下である、カーボンナノチューブ撚糸の製造方法。

[0008] ［２］ ［１］に記載のカーボンナノチューブ撚糸の製造方法において、前記カーボンナノチューブ撚糸の空隙率が、０％以上１％以下である、カーボンナノチューブ撚糸の製造方法。

[0009] ［３］ ［１］又は［２］に記載のカーボンナノチューブ撚糸の製造方法において、前記カーボンナノチューブ撚糸の電気伝導率が、６．０×10^{2}Ｓ／ｃｍ以上６．３×10^{5}Ｓ／ｃｍ以下である、カーボンナノチューブ撚糸の製造方法。

[0010] ［４］ ［１］から［３］のいずれかに記載のカーボンナノチューブ撚糸の製造方法において、前記カーボンナノチューブ撚糸の引張強度が、７５０ＭＰａ以上５０００ＭＰａ以下である、カーボンナノチューブ撚糸の製造方法。

[0011] 本発明によれば、強度及び導電性が優れるカーボンナノチューブ撚糸を製

造できるカーボンナノチューブ撚糸の製造方法を提供できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施例１で得られたカーボンナノチューブ撚糸の断面を示すＳＥＭ写真である。

[図2]比較例１で得られたカーボンナノチューブ撚糸の断面を示すＳＥＭ写真である。

[図3]比較例４で得られたカーボンナノチューブ撚糸の断面を示すＳＥＭ写真である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明について実施形態を例に挙げて説明する。

本実施形態に係るカーボンナノチューブ撚糸の製造方法は、カーボンナノチューブフォレストの端部から、カーボンナノチューブをシート状に引き出して、カーボンナノチューブシートを得る工程（引出工程）と、前記カーボンナノチューブシートに撚りをかけ、その後撚りを戻す仮撚工程を施して、カーボンナノチューブ線状体を得る工程（仮撚工程）と、前記カーボンナノチューブ線状体に撚りをかけて、カーボンナノチューブ撚糸を得る工程（本撚工程）と、を備える方法である。

[0014] 本実施形態においては、カーボンナノチューブシートに対して、撚りをかけ、その後撚りを戻す仮撚工程を施している。これにより、本撚工程の前のカーボンナノチューブ線状体の強度を高めることができる。そのため、本撚工程において、カーボンナノチューブ線状体に対して、強い撚りをかけても、繊維が切断することを防止できる。そして、本実施形態によれば、撚りが十分なカーボンナノチューブ撚糸を作製でき、強度及び導電性が優れるカーボンナノチューブ撚糸を製造できる。

[0015] （引出工程）

引出工程においては、まず、カーボンナノチューブフォレストを準備する。

カーボンナノチューブフォレストは、例えば、化学気相成長法、又は空気

中で綿状に成長させる方法等で作製できる。これらの中で、得られるカーボンナノチューブとしての品質の観点から、化学気相成長法を用いてカーボンナノチューブを製造することが好ましい。カーボンナノチューブフォレストとしては、基板上に化学気相成長させたカーボンナノチューブ集合体を挙げられる。

[0016] 基板としては、適宜公知のものを使用できる。例えば、プラスチック基板、ガラス基板、シリコン基板、鉄、及び銅等の金属又はこれらの合金を含む金属基板等を使用できる。これらの基板の表面には、二酸化ケイ素膜が積層されていてもよい。

基板上に化学気相成長させるカーボンナノチューブは、単層カーボンナノチューブ、二層カーボンナノチューブ、又は多層のカーボンナノチューブのいずれでもよく、これらの混合物であってもよい。

[0017] カーボンナノチューブ集合体の形態は、特に限定されるものではないが、容易にカーボンナノチューブ撚糸を形成しやすいという観点から、基板上に高密度かつ高配向で形成された集合体であることが好ましい。なお、基板上のカーボンナノチューブの嵩密度は、２０ｍｇ／ｃｍ^{3}以上であることが好ましい。嵩密度が２０ｍｇ／ｃｍ^{3}以上であれば、引き出し特性を向上できる。高配向とは、カーボンナノチューブ同士が隣接しながら基板平面に対して垂直配向していることを意味する。

[0018] カーボンナノチューブ集合体におけるカーボンナノチューブの高さ（長さ）は、平均で１００μｍ以上であることが好ましく、１５０μｍ以上であることが好ましい。カーボンナノチューブ集合体におけるカーボンナノチューブの層数は、１層以上であればよく、１層以上４０層以下であることが好ましい。

[0019] 引出工程においては、次に、カーボンナノチューブフォレストの端部から、カーボンナノチューブをシート状に引き出して、カーボンナノチューブシートを得る。

カーボンナノチューブシートは、公知の引き出し具を用いて、引き出すこ

とができる。

ここで、カーボンナノチューブシートの幅は、２０ｍｍ以上２００ｍｍ以下であることが好ましく、２５ｍｍ以上１００ｍｍ以下であることがより好ましい。

[0020] （仮撚工程）

仮撚工程においては、引出工程で得られたカーボンナノチューブシートに撚りをかけ、その後撚りを戻す仮撚工程を施して、カーボンナノチューブ線状体を得る。

カーボンナノチューブシートに撚りをかける方法としては、公知の方法を採用できる。例えば、カーボンナノチューブシートを把持したローラー等を回転させて、撚りをかけることができる。また、カーボンナノチューブシートを、ローラー等に巻き込むことで、撚りをかけてもよい。

[0021] 撚りがかかったカーボンナノチューブシートの撚りを戻す方法としては、公知の方法を採用できる。例えば、撚りがかかったカーボンナノチューブシートを把持したローラー等を、撚りをかけたときの逆方向に回転させて、撚りを戻すことができる。また、撚りがかかったカーボンナノチューブシートを、巻き込んだローラー等から引き戻すことで、撚りを戻してもよい。すなわち、ローラー等で撚りをかけた場合、例えばローラーが右に撚りをかけると、出口側は自然と左撚りとなりゼロ（撚りなし）に戻っていく。なお、自然に撚りが戻るのに十分なパスラインを確保することが好ましい。

[0022] 仮撚工程におけるカーボンナノチューブシートに仮撚の撚りをかける際の撚り数は、３００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下であることが必要であり、５００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下であることが好ましく、７００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下であることがより好ましい。

仮撚の撚りがかかったカーボンナノチューブシートの撚りを戻す際の撚り数は、３００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下であることが好ましく、５００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下であることがより好ましく、７００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下であることがさらに好ましい。

上記の撚り数が、前記範囲内であれば、カーボンナノチューブ線状体の強度を高めることができる。

[0023] （本撚工程）

本撚工程においては、仮撚工程で得られたカーボンナノチューブ線状体に撚りをかけて、カーボンナノチューブ撚糸を得る。

カーボンナノチューブシート線状体に撚りをかける方法としては、公知の方法を採用できる。例えば、カーボンナノチューブ線状体を把持したローラー等を回転させて、撚りをかけることができる。

なお、本撚工程においては、撚りをかけたカーボンナノチューブ撚糸を、ボビンに巻き取る。このとき、カーボンナノチューブ撚糸は引っ張られることになるが、仮撚工程でカーボンナノチューブ線状体の強度を向上できているため、カーボンナノチューブ線状体が切断することを防止できる。

カーボンナノチューブ線状体に撚りをかける際の撚り数は、９００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下であることが必要であり、１０００回／ｍ以上３０００回／ｍ以下であることがより好ましく、１０００回／ｍ以上２０００回／ｍ以下がさらに好ましい。

[0024] （カーボンナノチューブ撚糸）

以上のようにして、本実施形態に係るカーボンナノチューブ撚糸が得られる。そして、得られるカーボンナノチューブ撚糸は、次のような条件を満たすものであることが好ましい。

[0025] カーボンナノチューブ撚糸の直径は、カーボンナノチューブ撚糸の強度及びハンドリング性の観点から、１μｍ以上１０００μｍ以下であることが好ましく、１５μｍ以上１００μｍ以下であることがより好ましく、２５μｍ以上７５μｍ以下であることがさらに好ましい。

[0026] カーボンナノチューブ撚糸の撚り角度は、カーボンナノチューブ撚糸の強度の観点から、8°以上５０°以下であることが好ましく、１０°以上３０°以下であることがより好ましい。この撚り角度は、カーボンナノチューブ線状体に撚りをかける際の撚り数により調整できる。また、本撚工程の後で

、撚り角度が上記の範囲内となるように、撚りを戻してもよい。

[0027] カーボンナノチューブ撚糸の空隙率は、０％以上１％以下であることが好ましく、０％以上０．５％以下であることがより好ましい。この空隙率が前記範囲内であれば、カーボンナノチューブ撚糸の強度及び導電性を向上できる。

カーボンナノチューブ撚糸の空隙率は、走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）写真の画像解析を行うことで、測定できる。

具体的には、ＳＥＭにてカーボンナノチューブ撚糸の断面観察を行い、カーボンナノチューブの部分と空隙の部分を２値化することで、空隙率を算出できる。

空隙率［％］＝（空隙部分の面積／カーボンナノチューブ撚糸の断面積）×１００

[0028] カーボンナノチューブ撚糸の電気伝導率は、カーボンナノチューブ撚糸の導電性の観点から、６．０×10^2Ｓ／ｃｍ以上６．３×10^5Ｓ／ｃｍ以下であることが好ましい。

カーボンナノチューブ撚糸の電気伝導率は、カーボンナノチューブ撚糸の直径（μｍ）と、線抵抗（Ω／ｃｍ）を測定し、断面積当りの電気伝導率へ換算することで、算出できる。

[0029] カーボンナノチューブ撚糸の引張強度は、カーボンナノチューブ撚糸の強度の観点から、７５０ＭＰａ以上５０００ＭＰａ以下であることが好ましく、１０００ＭＰａ以上５０００ＭＰａ以下であることがより好ましい。

カーボンナノチューブ撚糸の引張強度は、ＪＩＳ　Ｌ１０９５に記載の方法で測定できる。

[0030] （実施形態の変形）

本発明は前述の実施形態に限定されず、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれる。

実施例

[0031] 以下、本発明を、実施例を挙げてさらに具体的に説明する。ただし、これ

ら各実施例は、本発明を制限するものではない。

[0032] ［実施例１］

カーボンナノチューブフォレスト上に幅３３ｍｍとなるように切り込みを入れて、その端部から、カーボンナノチューブフォレストの平行方向からのずれが１０°以内の方向に、カーボンナノチューブをシート状（幅：３３ｍｍ）に引き出して、カーボンナノチューブシートを得た。次に、得られたカーボンナノチューブシートを、ガイドを用いて糸状に束ね、糸状のカーボンナノチューブに撚りをかけ（撚り数：１０００回／ｍ）、その後撚りを戻す（自然に戻る）仮撚工程を施して、カーボンナノチューブ線状体を得た。次いで、得られたカーボンナノチューブ線状体に撚りをかけて（撚り数：１２００回／ｍ）、ボビンに巻き取って、カーボンナノチューブ撚糸を得た。

[0033] ［比較例１］

カーボンナノチューブフォレスト上に幅３３ｍｍとなるように切り込みを入れて、その端部から、カーボンナノチューブフォレストの平行方向からのずれが１０°以内の方向に、カーボンナノチューブをシート状（幅：３３ｍｍ）に引き出して、カーボンナノチューブシートを得た。次に、得られたカーボンナノチューブシートを、ガイドを用いて糸状に束ね、糸状のカーボンナノチューブに撚りをかけ（撚り数：１０００回／ｍ）、その後撚りを戻して（自然に戻して）、カーボンナノチューブ糸を得た。

[0034] ［比較例２］

カーボンナノチューブフォレスト上に幅３３ｍｍとなるように切り込みを入れて、その端部から、カーボンナノチューブフォレストの平行方向からのずれが１０°以内の方向に、カーボンナノチューブをシート状（幅：３３ｍｍ）に引き出して、カーボンナノチューブシートを得た。次に、得られたカーボンナノチューブシートを、ガイドを用いて糸状に束ね、糸状のカーボンナノチューブに撚りをかけて（撚り数：１２００回／ｍ）、ボビンに巻き取った。このとき、カーボンナノチューブ撚糸が切断してしまい、カーボンナノチューブ撚糸が作製できなかった。

[0035] ［比較例３］

カーボンナノチューブフォレスト上に幅３３ｍｍとなるように切り込みを入れて、その端部から、カーボンナノチューブフォレストの平行方向からのずれが１０°以内の方向に、カーボンナノチューブをシート状（幅：３３ｍｍ）に引き出して、カーボンナノチューブシートを得た。次に、得られたカーボンナノチューブシートを、ガイドを用いて糸状に束ね、糸状のカーボンナノチューブを得た。

[0036] ［比較例４］

カーボンナノチューブフォレスト上に幅３３ｍｍとなるように切り込みを入れて、その端部から、カーボンナノチューブフォレストの平行方向からのずれが１０°以内の方向に、カーボンナノチューブをシート状（幅：３３ｍｍ）に引き出して、カーボンナノチューブシートを得た。次に、得られたカーボンナノチューブシートを、ガイドを用いて糸状に束ね、糸状のカーボンナノチューブに撚りをかけ（撚り数：１０００回／ｍ）、その後撚りを戻す（自然に戻る）仮撚工程を施して、カーボンナノチューブ線状体を得た。次いで、得られたカーボンナノチューブ線状体に撚りをかけて（撚り数：８００回／ｍ）、ボビンに巻き取って、カーボンナノチューブ撚糸を得た。

[0037] ［比較例５］

カーボンナノチューブフォレスト上に幅３３ｍｍとなるように切り込みを入れて、その端部から、カーボンナノチューブフォレストの平行方向からのずれが１０°以内の方向に、カーボンナノチューブをシート状（幅：３３ｍｍ）に引き出して、カーボンナノチューブシートを得た。次に、得られたカーボンナノチューブシートを、ガイドを用いて糸状に束ね、糸状のカーボンナノチューブに撚りをかけ（撚り数：２５０回／ｍ）、その後撚りを戻す（自然に戻る）仮撚工程を施して、カーボンナノチューブ線状体を得た。次いで、得られたカーボンナノチューブ線状体に撚りをかけて（撚り数：１２００回／ｍ）、ボビンに巻き取った。このとき、カーボンナノチューブ撚糸が切断してしまい、カーボンナノチューブ撚糸が作製できなかった。

[0038] ［カーボンナノチューブ糸の評価］

実施例及び比較例で得られたカーボンナノチューブ糸について、以下のような評価（空隙率、電気伝導率、及び引張強度）を行った。得られた結果を表１に示す。なお、比較例２及び５では、カーボンナノチューブ撚糸が作製できなかったので、評価を行っていない。また、比較例３では、空隙率の評価は行わなかった。

（１）空隙率

カーボンナノチューブ撚糸の空隙率は、ＳＥＭ写真の画像解析を行うことで、測定した。具体的には、ＳＥＭにてカーボンナノチューブ撚糸の断面観察を行い、カーボンナノチューブの部分と空隙の部分を２値化することで、空隙率を算出した。なお、実施例１、比較例１及び４で得られたカーボンナノチューブ撚糸の断面のＳＥＭ写真を、それぞれ図１、図２、及び図３に示す。

空隙率［％］＝（空隙部分の面積／カーボンナノチューブ撚糸の断面積）×１００

なお、２値化は、具体的には、次のような方法で行った。すなわち、まず、ＳＥＭ写真の画像から、糸の断面積部分をトリミングした。次に、明暗、コントラスト、中間トーン調整により、断面積部分と、穴面積部分とを分離した。次いで、断面積部分と、穴面積部分について、２値化ソフトによるピクセル数カウントを行い、カーボンナノチューブ撚糸の断面積と、空隙部分の面積を、それぞれ算出した。

（２）電気伝導率

カーボンナノチューブ撚糸の電気伝導率は、カーボンナノチューブ撚糸の直径（μｍ）と、線抵抗（Ω／ｃｍ）を測定し、断面積当りの電気伝導率へ換算することで、算出した。

（３）引張強度

ＪＩＳ　Ｌ１０９５に記載の方法に準拠した方法で、引張強度を測定した。

[0039] [表1]

	空隙率（%）	電気伝導率（S／cm）	引張強度（MPa）
実施例1	0.11	957	1348
比較例1	3.14	564	949
比較例2	—	—	—
比較例3	—	76	80
比較例4	1.87	372	623
比較例5	—	—	—

[0040] 以上のように、実施例１で得られたカーボンナノチューブ撚糸は、比較例１で得られたカーボンナノチューブ糸と比較して、空隙率が低いこと、並びに、電気伝導率及び引張強度が高いことが分かった。このことから、本発明によれば、強度及び導電性に優れるカーボンナノチューブ撚糸が得られることが確認された。

請求の範囲

[請求項1] カーボンナノチューブフォレストの端部から、カーボンナノチューブをシート状に引き出して、カーボンナノチューブシートを得る工程と、

前記カーボンナノチューブシートに撚りをかけ、その後撚りを戻す仮撚工程を施して、カーボンナノチューブ線状体を得る工程と、

前記カーボンナノチューブ線状体に撚りをかけて、カーボンナノチューブ撚糸を得る工程と、を備え、

前記仮撚工程における前記カーボンナノチューブシートに仮撚の撚りをかける際の撚り数は、３００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下であり、

前記カーボンナノチューブ撚糸を得る工程における前記カーボンナノチューブ線状体に撚りをかける際の撚り数は、９００回／ｍ以上５０００回／ｍ以下である、

カーボンナノチューブ撚糸の製造方法。

[請求項2] 請求項１に記載のカーボンナノチューブ撚糸の製造方法において、

前記カーボンナノチューブ撚糸の空隙率が、０％以上１％以下である、

カーボンナノチューブ撚糸の製造方法。

[請求項3] 請求項１又は請求項２に記載のカーボンナノチューブ撚糸の製造方法において、

前記カーボンナノチューブ撚糸の電気伝導率が、６．０×10^{2}Ｓ／ｃｍ以上６．３×10^{5}Ｓ／ｃｍ以下である、

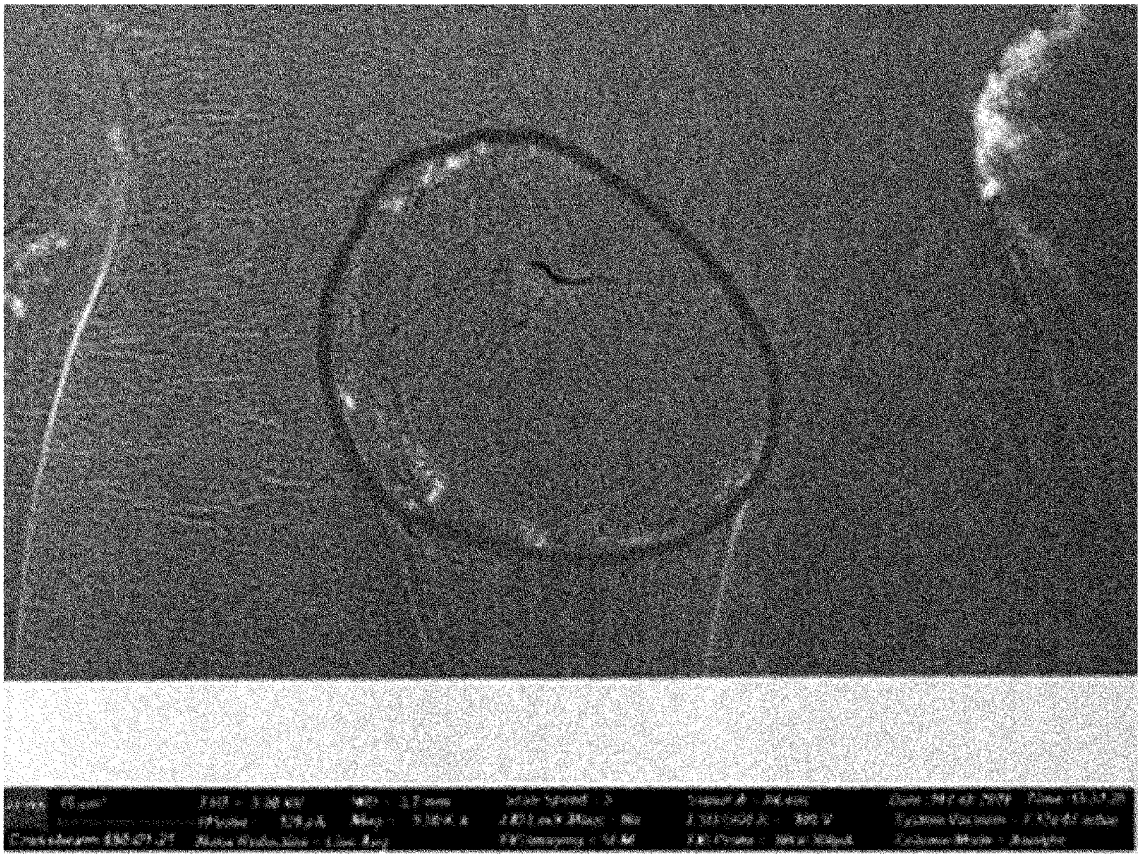
カーボンナノチューブ撚糸の製造方法。

[請求項4] 請求項１又は請求項２に記載のカーボンナノチューブ撚糸の製造方法において、

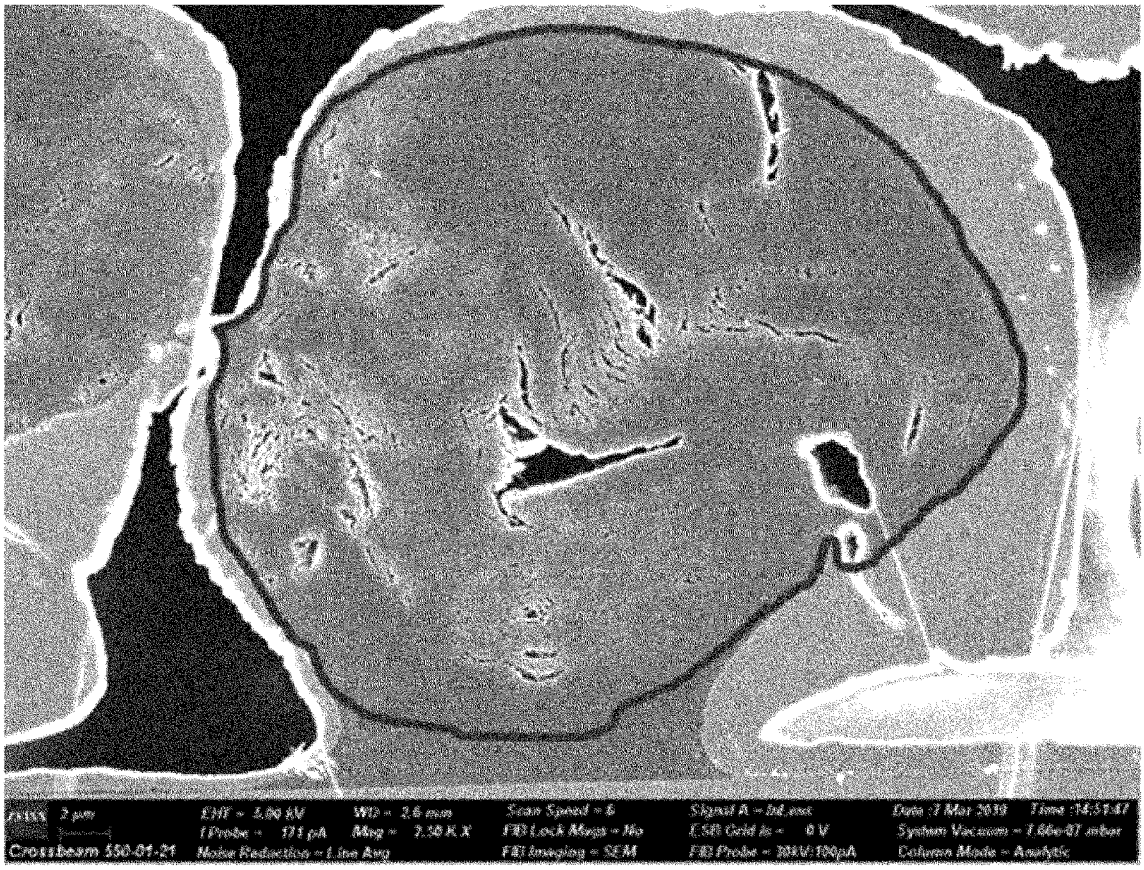
前記カーボンナノチューブ撚糸の引張強度が、７５０ＭＰａ以上５０００ＭＰａ以下である、

カーボンナノチューブ撚糸の製造方法。

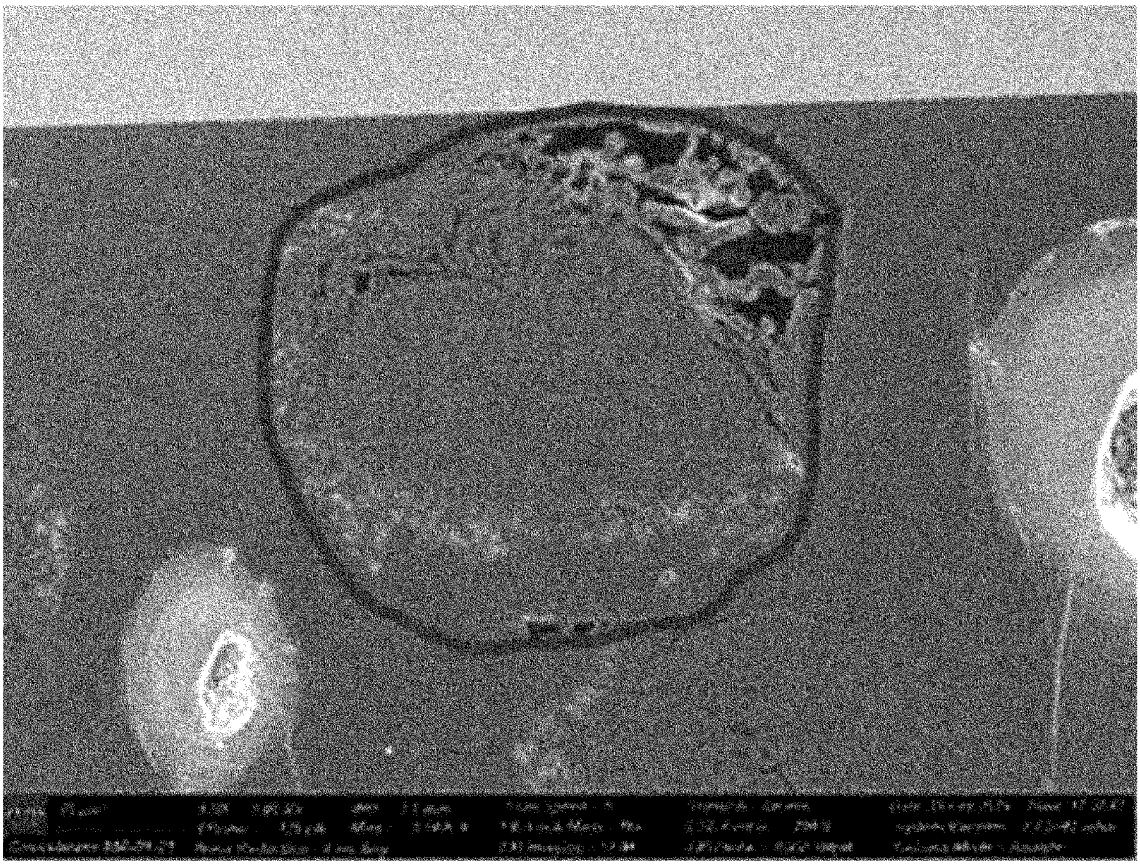
[図1]



[図2]


2 µm
EHT = 5.00 kV
WD = 2.6 mm
Scan Speed = 6
Signal A = InLens
Date :7 Mar 2019
Time :14:51:47
I Probe = 171 pA
Mag = 2.50 K X
FIB Lock Mags = No
ESB Grid is = 0 V
System Vacuum = 1.66e-07 mbar
Crossbeam 550-01-21
Noise Reduction = Line Avg
FIB Imaging = SEM
FIB Probe = 30kV:100pA
Column Mode = Analytic

[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/012782

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

D02G 3/26(2006.01)i; ***C01B 32/168***(2017.01)i; ***D01F 9/127***(2006.01)i; ***D02G 3/16***(2006.01)i
FI: D02G3/26; C01B32/168; D01F9/127; D02G3/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

D02G1/00-3/48; C01B32/168; D01F9/127

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-523254 A (BOARD OF REGENTS, THE UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM) 03 July 2008 (2008-07-03) paragraphs [0209], [0662], fig. 46	1-4
A	WO 2015/001668 A1 (MURATA MACHINERY, LTD) 08 January 2015 (2015-01-08) claims, fig. 1	1-4
A	US 2018/0171512 A1 (LINTEC OF AMERICA, INC.) 21 June 2018 (2018-06-21) claims	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
09 May 2023	**30 May 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/012782

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2008-523254 A	03 July 2008	US 2008/0170982 A1 paragraphs [0108], [0321], fig. 46 WO 2007/015710 A2 EP 1814713 A1 KR 10-2008-0009043 A CN 101437663 A AU 2005335123 A1 HK 1224344 A1	
WO 2015/001668 A1	08 January 2015	US 2016/0201230 A1 claims, fig. 1 EP 3018241 A1 TW 201516199 A CN 105339534 A KR 10-2016-0022928 A	
US 2018/0171512 A1	21 June 2018	TW 201827659 A claims	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/012782

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

D02G 3/26(2006.01)i; C01B 32/168(2017.01)i; D01F 9/127(2006.01)i; D02G 3/16(2006.01)i
FI: D02G3/26; C01B32/168; D01F9/127; D02G3/16

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

D02G1/00-3/48; C01B32/168; D01F9/127

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2008-523254 A (ボード オブ リージェンツ, ザ ユニバーシティ オブ テキサス システム) 03.07.2008 (2008-07-03) [0209],[0662],図４６	1-4
A	WO 2015/001668 A1 (村田機械株式会社) 08.01.2015 (2015-01-08) 請求の範囲,図１	1-4
A	US 2018/0171512 A1 (LINTEC OF AMERICA, INC.) 21.06.2018 (2018-06-21) 特許請求の範囲	1-4

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
09.05.2023	30.05.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
静野　朋季 4S 2568

電話番号 03-3581-1101 内線 3430

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/012782

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2008-523254 A	03.07.2008	US 2008/0170982 A1 [0108],[0321],図４６ WO 2007/015710 A2 EP 1814713 A1 KR 10-2008-0009043 A CN 101437663 A AU 2005335123 A1 HK 1224344 A1	
WO 2015/001668 A1	08.01.2015	US 2016/0201230 A1 特許請求の範囲,図１ EP 3018241 A1 TW 201516199 A CN 105339534 A KR 10-2016-0022928 A	
US 2018/0171512 A1	21.06.2018	TW 201827659 A 特許請求の範囲	