

明 細 書

発明の名称：

繊維状ガラスの製造方法及び繊維状ガラスを備えた物品

技術分野

[0001] 本発明は、繊維状ガラスの製造方法及び繊維状ガラスを備えた物品に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、平均繊維径が例えばナノメートルオーダーである繊維集合体は、再生医療の分野等、様々な分野で活用されており、そのような繊維集合体の主な製造方法としては、エレクトロスピニング法（以下、ES法という）が知られている（例えば特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第1975504号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、上記繊維集合体の中でも、ガラス製の繊維集合体（以下、繊維状ガラス）は、樹脂製の繊維集合体等と比べて、化学的耐久性に優れている等の理由から大いに注目されている。しかしながら、このような繊維状ガラスの製造方法に関する技術については、未だ完全に確立されるに至っていない。特許文献1に開示されるES法は、主に、樹脂製の繊維集合体に対して確立された製造方法であるため、ES法に基づいて繊維状ガラスを製造しようとするれば、繊維状ガラスの原材料をゾル・ゲル法によって液相中にて合成する工程等が別途必要となる。したがって、製造時間が長くなったり、装置が複雑化するため、繊維状ガラスを大量に安価に製造することが困難であった。

[0005] 本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、その目的は

、製造時間の短縮化を図ることを可能とした繊維状ガラスの製造方法及び繊維状ガラスを備えた物品を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決する繊維状ガラスの製造方法は、非繊維状ガラスにエネルギー線を照射することで繊維状ガラスを生成させ、生成された前記繊維状ガラスを、前記エネルギー線と交差する又は前記エネルギー線に沿った捕集面にて捕集する。

[0007] この製造方法によれば、非繊維状ガラスにエネルギー線を照射することで、そのエネルギー線の照射部位における非繊維状ガラスが熔融して飛散した飛沫から繊維状ガラスが生成される。このため、例えば前記ES法に見られるようなゾル・ゲル法の実施工程等を行う必要がなくなり、製造時間の短縮化を図るとともに繊維状ガラスを容易且つ大量に製造することが可能となる。

[0008] また、この製造方法によれば、静電的な引力や重力を利用して繊維状ガラスを捕集面で捕集することが可能となり、吸い込み機構や巻き取り機構等の繊維状ガラスを積極的に捕集する機構を備えずとも、繊維状ガラスを捕集することができる。それにより、繊維状ガラスを製造する製造装置の簡素化が可能となる。

[0009] 上記繊維状ガラスの製造方法において、前記エネルギー線は、レーザー光であることが好ましい。

この製造方法によれば、レーザー光を照射することで繊維状ガラスを生成させる繊維状ガラスの製造装置において、簡素化が可能となる。

[0010] 上記繊維状ガラスの製造方法において、前記非繊維状ガラスにおける前記エネルギー線が照射される側の反対側に前記捕集面を配置し、該反対側にて生成された前記繊維状ガラスを前記捕集面にて捕集することが好ましい。

[0011] この製造方法によれば、非繊維状ガラスにおけるエネルギー線が照射される側の反対側に捕集面を配置し、該反対側において生成された繊維状ガラスを捕集面で捕集する。このため、生成された繊維状ガラスとエネルギー線と

の干渉、又は繊維状ガラスを捕集する捕集面とエネルギー線との干渉を気にすることなく、繊維状ガラスの捕集が可能となる。

[0012] 上記繊維状ガラスの製造方法において、前記繊維状ガラスを前記捕集面に堆積させることでシート状のガラス繊維集合体を成形することが好ましい。

この製造方法によれば、非繊維状ガラスに対するエネルギー線の照射によって生成された繊維状ガラスを捕集面に堆積させることで、シート状のガラス繊維集合体が成形される。このため、繊維状ガラスからなるシート状のガラス繊維集合体を容易に製造することが可能となる。

[0013] 上記繊維状ガラスの製造方法において、前記非繊維状ガラスは、板ガラスであることが好ましい。

この製造方法によれば、板ガラスにおけるエネルギー線が照射される側の反対側に空間を確保することが容易となり、該板ガラスの反射側で繊維状ガラスを捕集する場合に好適である。

[0014] 上記繊維状ガラスの製造方法において、前記繊維状ガラスの平均繊維径が1 nm以上、20 μ m以下の範囲であることが好ましい。

この製造方法によれば、生成した繊維状ガラスを、例えば再生医療分野の細胞培養基材（スキャフォールド）として用いる場合において、生体親和性等の点で好適な繊維状ガラスを製造することができる。

[0015] 上記課題を解決する繊維状ガラスを備えた物品は、上記記載の繊維状ガラスの製造方法によって製造された前記繊維状ガラスと、該繊維状ガラスを捕集した前記捕集面を有する支持体とを備えている。

[0016] この構成によれば、上記の繊維状ガラスの製造方法によって製造された繊維状ガラスを備えた物品は、繊維状ガラスの製造過程で用いる捕集面を有する支持体を備えた構成となる。このため、繊維状ガラスを備えた物品の製造工程において、エネルギー線の照射により生成して捕集した繊維状ガラスを支持体と組み合わせる工程を省くことができ、製造工程の簡素化に寄与できる。

[0017] 上記繊維状ガラスを備えた物品が細胞培養基材として用いられることが好

ましい。

この構成によれば、繊維状ガラスは、樹脂製の繊維物と比較して、化学的耐久性に優れている等の理由から細胞培養基材として使用するのに適しており、繊維状ガラスが支持体に支持されてなる細胞培養基材を簡素化された製造工程によって製造することが可能となる。

[0018] 上記課題を解決する繊維状ガラスの製造方法は、載置部に載置した粉末ガラスにエネルギー線を照射して前記粉末ガラスに前記エネルギー線を吸収させることにより前記粉末ガラスを加熱して繊維状ガラスを生成するガラス繊維生成工程を備える。

[0019] この製造方法によれば、粉末ガラスがエネルギー線の吸収により加熱され、その加熱部位における粉末ガラスが溶融して飛散した飛沫から繊維状ガラスが生成される。このため、例えば前記ES法に見られるようなゾル・ゲル法の実施工程等を行う必要がなくなり、製造時間の短縮化を図るとともに繊維状ガラスを容易且つ大量に製造することが可能となる。

[0020] また、この方法では、エネルギー線を照射して繊維状ガラスを生成するガラス素材に粉末ガラスを用いる。これにより、ガラス素材に例えば板ガラスを用いる場合に比べて、粉末ガラスの方がエネルギー線の照射により溶融しやすい傾向があるため、繊維状ガラスの生成に要する時間を短くすることが可能となり、その結果、製造時間の短縮化を図るのに更に有利となる。また、例えば、失透温度等の制約により予め板状に成形したり直接的に紡糸したりすることが困難な組成からなるガラス材を、容易に繊維状に成形できる。

[0021] 上記繊維状ガラスの製造方法では、前記ガラス繊維生成工程において、前記粉末ガラスを透過した前記エネルギー線が前記載置部に照射されることで該載置部に生じた熱によって前記粉末ガラスを加熱することが好ましい。

[0022] この製造方法によれば、エネルギー線の照射により載置部が加熱され、その載置部の熱により粉末ガラスが加熱される。これにより、常温でエネルギー線を透過させる特性を有する粉末ガラスを用いた場合、載置部からの熱によってエネルギー線を吸収しやすくなる温度まで粉末ガラスを昇温させた後

、エネルギー線の吸収により粉末ガラスを加熱して繊維状ガラスを生成することができる。従って、この方法によれば、繊維状ガラスの生成に使用できる粉末ガラスが、常温でエネルギー線を吸収する特性を有するものに限定されることなく、使用できる粉末ガラスの種類を広げることができる。また、この方法では、粉末ガラスへのエネルギー線の照射が載置部の加熱も兼ねているため、粉末ガラスを昇温するためのヒーター等の特段の昇温手段を備えなくても繊維状ガラスの生成が可能となる。

[0023] 上記繊維状ガラスの製造方法では、前記ガラス繊維生成工程において、前記粉末ガラスへの前記エネルギー線の照射前又は照射中に、前記粉末ガラスを前記エネルギー線とは別の熱源により加熱することが好ましい。

[0024] この製造方法によれば、常温でエネルギー線を透過させる特性を有する粉末ガラスを用いた場合に、エネルギー線とは別の熱源によってエネルギー線を吸収しやすくなる温度まで粉末ガラスを加熱した後、エネルギー線の吸収により粉末ガラスを加熱して繊維状ガラスを生成することができる。従って、この方法によれば、繊維状ガラスの生成に使用できる粉末ガラスが、常温でエネルギー線を吸収する特性を有するものに限定されることなく、使用できる粉末ガラスの種類を広げることができる。また、この方法では、載置部がエネルギー線を吸収可能なもの（つまり、エネルギー線を受けて昇温するもの）である必要がないことから、エネルギー線を透過する材料とすることもでき、載置部に使用できる材料の種類を広げることができる。

[0025] 上記課題を解決する繊維状ガラスの製造方法は、載置部に載置した珪砂を含むガラス原料にエネルギー線を照射して前記ガラス原料に前記エネルギー線を吸収させることにより前記ガラス原料を加熱して繊維状ガラスを生成するガラス繊維生成工程を備える。

[0026] この製造方法によれば、珪砂を含むガラス原料がエネルギー線の吸収により加熱され、その加熱部位におけるガラス原料が溶融して飛散した飛沫から繊維状ガラスが生成される。このため、例えば前記ES法に見られるようなゾル・ゲル法の実施工程等を行う必要がなくなり、製造時間の短縮化を図る

とともに繊維状ガラスを容易且つ大量に製造することが可能となる。更に、この方法によれば、ガラス原料から生成された板ガラスや粉末ガラス等の非繊維状ガラスから繊維状ガラスを生成するのではなく、ガラス原料から直接的に繊維状ガラスを生成する。このため、非繊維状ガラスを用意するコストや手間を省くことができ、製造コストの削減に寄与できる。

[0027] 上記繊維状ガラスの製造方法では、前記ガラス繊維生成工程において、前記ガラス原料を透過した前記エネルギー線が前記載置部に照射されることで該載置部に生じた熱によって前記ガラス原料を加熱することが好ましい。

[0028] この製造方法によれば、エネルギー線の照射により載置部が加熱され、その載置部の熱によりガラス原料が加熱される。これにより、繊維状ガラスが生成される温度までガラス原料を効率良く昇温できる。

[0029] 上記繊維状ガラスの製造方法では、前記ガラス繊維生成工程において、前記載置部に対する前記エネルギー線の照射によって熔融した前記載置部の構成成分を、前記繊維状ガラスの表面に付着させる、又は前記繊維状ガラスの内部に混入させることが好ましい。

[0030] この製造方法によれば、載置部の構成成分を含んで構成された繊維状ガラス物品を製造することができる。このため、載置部の構成材料の選択によって、繊維状ガラスに所望の成分が含まれた繊維状ガラス物品を得ることができる。例えば、載置部を金属材料で構成した場合には、繊維状ガラスと金属の複合材料よりなる繊維状ガラス物品を得ることができ、該物品を例えば触媒の用途に用いることができる。

[0031] 上記繊維状ガラスの製造方法において、前記載置部が金属材料よりなることが好ましい。

この製造方法によれば、載置部を構成する金属材料をエネルギー線の照射によって熔融させることで、金属材料が付着又は内部に混入した繊維状ガラスを生成することが可能となる。

[0032] 上記繊維状ガラスの製造方法では、前記ガラス繊維生成工程において、前記ガラス原料への前記エネルギー線の照射前又は照射中に、前記ガラス原料

を前記エネルギー線とは別の熱源により加熱することが好ましい。

[0033] この製造方法によれば、繊維状ガラスが生成される温度までガラス原料を熱源により昇温するため、繊維状ガラスを効率的に生成できる。また、この方法では、載置部がエネルギー線を吸収可能なもの（つまり、エネルギー線を受けて昇温するもの）である必要がないことから、エネルギー線を透過する材料とすることもでき、載置部に使用できる材料の種類を広げることができる。

[0034] 上記課題を解決する繊維状ガラスの製造方法は、板ガラスにエネルギー線を照射することで繊維状ガラスを生成させるガラス繊維生成工程を備え、前記ガラス繊維生成工程において、前記板ガラスへの前記エネルギー線の照射による前記繊維状ガラスの生成を当該板ガラスの端部から開始する。

[0035] この製造方法によれば、板ガラスにエネルギー線を照射することで、そのエネルギー線の照射部位における板ガラスが溶融して飛散した飛沫から繊維状ガラスが生成される。このため、例えば前記ES法に見られるようなゾル・ゲル法の実施工程等を行う必要がなくなり、製造時間の短縮化を図るとともに繊維状ガラスを容易且つ大量に製造することが可能となる。また、この方法では、板ガラスへのエネルギー線の照射による繊維状ガラスの生成を当該板ガラスの端部から開始する。板ガラスの端部では、板ガラスの中央部分等に比べて熱が蓄積されやすいため、軟化点以上に昇温しやすく、効率的に繊維状ガラスを生成できる。

[0036] 上記繊維状ガラスの製造方法において、前記繊維状ガラスの平均繊維径が1 nm以上、20 μ m以下の範囲であることが好ましい。

この製造方法によれば、生成した繊維状ガラスを、例えば触媒の用途（担体）に用いる場合において、十分な表面積を持たせることができる。また、例えば、繊維状ガラスを再生医療分野の細胞培養基材（スキャフォールド）として用いる場合において、生体親和性等の点で好適な繊維状ガラスを製造することができる。

発明の効果

[0037] 本発明の繊維状ガラスの製造方法及び繊維状ガラスを備えた物品によれば、製造時間の短縮化を図ることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]第1実施形態の繊維状ガラス製造装置を示す概略構成を示す模式図である。

[図2]別例の捕集方法を説明するための模式図である。

[図3]別例の捕集方法を説明するための模式図である。

[図4]別例の捕集方法を説明するための模式図である。

[図5]別例の捕集方法を説明するための模式図である。

[図6]別例の捕集方法を説明するための模式図である。

[図7]第2実施形態の繊維状ガラス製造装置の概略構成を示す模式図である。

[図8]同形態の繊維状ガラスの製造方法を説明するための模式図である。

[図9]同形態の繊維状ガラスの製造方法を説明するための模式図である。

[図10]E P M Aによる繊維状ガラスの構成元素の分析結果を示すグラフである。

[図11]別例の繊維状ガラスの製造方法を説明するための模式図である。

[図12]別例の繊維状ガラスの製造方法を説明するための模式図である。

[図13]別例の繊維状ガラスの製造方法を説明するための模式図である。

[図14]別例の繊維状ガラスの製造方法を説明するための模式図である。

[図15]別例の繊維状ガラスの製造方法を説明するための模式図である。

[図16]別例の繊維状ガラスの製造方法を説明するための模式図である。

[図17]第3実施形態の繊維状ガラスの製造方法を説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0039] (第1実施形態)

以下、繊維状ガラスの製造方法及び繊維状ガラスを備えた物品の第1実施形態について説明する。

[0040] まず、本実施形態の繊維状ガラスの製造方法を具現化するための繊維状ガ

ラス製造装置 10 について説明する。

図 1 に示すように、繊維状ガラス製造装置 10 は、板ガラス G b（非繊維状ガラス）にレーザー光 L を照射することで繊維状ガラス G f を製造するための装置である。本実施形態の繊維状ガラス製造装置 10 では、平均繊維径が 1 nm 以上、20 μ m 以下程度、より好ましくは 10 nm 以上、1 μ m 以下の微細な繊維状ガラス G f が製造される。また、繊維状ガラス G f の素材となる板ガラス G b は、無アルカリガラスや石英ガラス、ソーダガラス、ホウ酸塩ガラス、リン酸塩ガラス、アルミン酸塩ガラス等、何れの材料のものであってもよい。

[0041] 繊維状ガラス製造装置 10 は、板ガラス G b を載置するステージ S と、板ガラス G b に対してレーザー光 L を照射するためのレーザー光照射部 11 とを備えている。本実施形態では、ステージ S に水平に配置した板ガラス G b の上方にレーザー光照射部 11 が配置されている。そして、レーザー光照射部 11 から出射されたレーザー光 L が板ガラス G b に対して上方から照射されることで、板ガラス G b における反照射側の面（レーザー光照射部 11 と対向する側とは反対側の面）、つまり、板ガラス G b の下面側で繊維状ガラス G f が生成される。なお、以下の説明では、板ガラス G b におけるレーザー光 L が照射される側の面（上面）を板ガラス G b の表面 G 1 とし、その反対側の面（下面）を板ガラス G b の裏面 G 2 とする。

[0042] レーザー光照射部 11 は、主に、レーザー発振器 12（レーザー光源）、ガルバノスキャナ 13、及び f θ レンズ 14（エフシータレンズ）等から構成されている。

レーザー発振器 12 は、レーザー光 L を発振させて外部に放出するための機器である。レーザー発振器 12 によって発振されるレーザー光 L については、板ガラス G b を局所的に軟化点以上の温度にまで加熱することが可能であれば、例えば、フェムト秒レーザーやピコ秒レーザー等、何れのパルス幅であってもよく、また、炭酸ガスレーザーやエキシマレーザー等、何れの波長であってもよい。レーザー発振器 12 にて発振されたレーザー光 L は、そ

の後、ガルバノスキャナ 13 の内部へと導かれる。

[0043] ガルバノスキャナ 13 は、板ガラス G b に照射するレーザー光 L を走査させるための光学系としてレーザー光照射部 11 に配設されるものである。ガルバノスキャナ 13 には、複数（本実施形態では 2 個）のガルバノミラー 15 が内装されている。各ガルバノミラー 15 は、エンコーダーが内装された駆動モータ 15 a、及び該駆動モータ 15 a の出力軸の先端部に固設される鏡面体 15 b 等により構成される。鏡面体 15 b は、駆動モータ 15 a の出力軸が、所定の回転方向、且つ回転角度だけ回転するのに伴って、平面部が所定の方向に向けられるようになっている。

[0044] ガルバノスキャナ 13 に対して、レーザー発振器 12 よりレーザー光 L が放出されると、そのレーザー光 L は、ガルバノスキャナ 13 の内部へと導入される。そして、レーザー光 L は、複数のガルバノミラー 15 の各鏡面体 15 b によって反射されることにより屈曲され、ガルバノスキャナ 13 の外部へと導出される。

[0045] なお、各ガルバノミラー 15 における駆動モータ 15 a の制御については、それぞれ所定のプログラムが予め設定されており、該プログラムに基づいて高速・高精度に駆動モータ 15 a の運転が制御される。それにより、鏡面体 15 b の平面部の向きがフレキシブルに変更され、ガルバノスキャナ 13 より導出された後のレーザー光 L の進行方向が自在に変更されるようになっている。

[0046] ガルバノスキャナ 13 より導出されたレーザー光 L は、その後、 $f\theta$ レンズ 14 へと導かれる。 $f\theta$ レンズ 14 は集光レンズであり、レーザー光 L を所定のスポット径となるまで収束させて繊維状ガラス G f の生成に適したエネルギー密度まで高めるものである。また、本実施形態の $f\theta$ レンズ 14 には、互いに対向配置された複数枚のレンズ（図示せず）が備えられ、レンズ面の中心部と周辺部とにおいて該レンズ面を通過する様々なレーザー光の走査速度が常に一定の値となるように、また、レーザー光 L が板ガラス G b に常に垂直に照射されるよう設計されている。なお、 $f\theta$ レンズには種々のも

のがあり、上記以外の構成のものを使用することも可能である。

[0047] $f\theta$ レンズ 14 を通過したレーザー光 L は、所定のスポット径で板ガラス G b の表面 G 1 に対して垂直に照射される。なお、このときのレーザー光 L の焦点位置は、レーザー光 L の焦点深度や板ガラス G b の特性等に応じて任意の位置に定めてよい。

[0048] 例えば、レーザー光 L の焦点深度が比較的深い場合や、板ガラス G b の板厚が比較的薄い場合には、レーザー光 L の焦点位置が板ガラス G b の裏面 G 2 側（反光源側）に設定されることが好ましい。具体的には、板ガラス G b の裏面 G 2 を基準として 0 mm ~ 10 mm の範囲内に位置することが好ましい。このような焦点位置に設定されることによって、板ガラス G b を裏面 G 2 側まで効率良く加熱できるため、繊維状ガラス G f の成形速度を速くすることができる。

[0049] また、レーザー光 L の焦点深度が浅い場合や板ガラス G b の板厚が比較的厚い場合には、レーザー光 L の焦点位置が板ガラス G b の内部（板ガラス G b の表面 G 1、裏面 G 2、及びこれらの間の領域を含む）に設定されることが好ましい。このような焦点位置に設定されることによって、レーザー光 L のエネルギーの拡散を抑制して、加熱不足に起因する繊維状ガラス G f の成形不良等を抑制することができる。

[0050] また、板ガラス G b に照射されるレーザー光 L は、ガルバノミラー 15 の動作によって板ガラス G b に対する照射位置が変更（走査）されるようになっている。このとき、レーザー光 L は、 $f\theta$ レンズ 14 の作用により安定したスポット径をもって板ガラス G b に照射されるようになっている。

[0051] 次に、板ガラス G b を載置するステージ S について説明する。

ステージ S は、鉛直方向と直交する水平面をなす捕集面 21 と、その捕集面 21 から鉛直方向上方に突出する複数（図 1 では 2 つのみ図示）のピン状の支持部 22 とを有している。各支持部 22 は、その先端（上端）で板ガラス G b を水平に支持可能に構成され、板ガラス G b が各支持部 22 に支持された状態において、捕集面 21 は板ガラス G b の裏面 G 2 と鉛直方向に対向

するように構成されている。つまり、捕集面 21 は、板ガラス G b を支持する部位（支持部 22 の先端）よりも下方に位置している。また、この捕集面 21 は、レーザー光照射部 11 から出射されて板ガラス G b に照射されるレーザー光 L の光軸 L a と直交するように構成されている。

[0052] このステージ S は、板ガラス G b に対するレーザー光 L の照射により生成された繊維状ガラス G f を捕集する捕集部材としての役割を兼ねている。なお、ステージ S は、レーザー光 L への耐性のある金属製であることが好ましい。

[0053] なお、捕集面 21 の面積は、例えば、 $100\text{ mm}^2 \sim 1000000\text{ mm}^2$ 程度に設定されることが好ましい。また、板ガラス G b の裏面 G 2 から捕集面 21 までの距離は、例えば、 $0.1\text{ mm} \sim 200\text{ mm}$ 程度（より好ましくは $0.5\text{ mm} \sim 100\text{ mm}$ ）に設定されることが好ましい。このような寸法範囲内であれば、繊維状ガラス G f を捕集面 21 にて効率良く捕集することができる。なお、上記寸法範囲は一例であり、捕集面 21 の面積や、板ガラス G b の裏面 G 2 から捕集面 21 までの距離は任意に定めてよい。

[0054] [繊維状ガラスの製造方法]

次に、繊維状ガラス製造装置 10 を用いた繊維状ガラス G f の製造方法をその作用とともに説明する。

[0055] ステージ S の支持部 22 上に板ガラス G b を水平に載置した後、レーザー光照射部 11 を作動させてレーザー光 L を板ガラス G b に照射する。レーザー光照射部 11 の作動としては、まず、レーザー発振器 12 よりレーザー光 L が発振され、その発振されたレーザー光 L は、ガルバノスキャナ 13、 f θ レンズ 14 と順に通過した後、板ガラス G b の表面 G 1 上に所定のスポット径をもって照射される。このとき、予め設定された所定のプログラムに基づき、ガルバノミラー 15 の動作が制御され、板ガラス G b に対するレーザー光 L の照射位置が走査される。そして、レーザー光 L の照射によって板ガラス G b が加熱されることで、レーザー光 L が照射された部位の裏面 G 2 側で繊維状ガラス G f が生成される。なお、繊維状ガラス G f の生成方法とし

ては、例えば特開 2015-61809 号公報等に記載されている公知の技術を用いることができる。

[0056] レーザー光 L の照射によって板ガラス G b の裏面 G 2 で生成された繊維状ガラス G f は、自重及びレーザー光 L により誘起された運動エネルギーによってステージ S の捕集面 21 上に捕集される。また、繊維状ガラス G f には、捕集面 21 との間の静電的な引力が働く場合があり、その静電的な引力によっても繊維状ガラス G f が捕集面 21 に捕集されるようになっている。そして、繊維状ガラス G f を捕集面 21 上に所定量堆積させることで、シート状のガラス繊維集合体 G s が捕集面 21 上に生成されるようになっている。なお、このとき、捕集面 21 に落下する多数の繊維状ガラス G f 同士が絡まり合う又は部分的に溶着されること等によって、ガラス繊維集合体 G s のシート形状が保たれるようになっている。

[0057] シート状に成形されたガラス繊維集合体 G s は、例えばピンセットやスキージ等の剥離器具を用いて任意に捕集面 21 から剥離して用いることができる。また、捕集面 21 上にネット状部材を予め配置しておけば、該ネット状部材を取り外すことでガラス繊維集合体 G s を型崩れすることなく容易に捕集面 21 から剥離させることができる。

[0058] なお、上記のように製造されたガラス繊維集合体 G s を、例えば再生医療分野の細胞培養基材（スキャフォールド）として用いる場合には、生体親和性等を考慮し、ガラス繊維集合体 G s の平均繊維径が 1 nm 以上、20 μ m 以下、より好ましくは 10 nm 以上、1 μ m 以下とされていることが好ましい。また、ガラス繊維集合体 G s の用途はこれに限らず、例えば、創傷被覆材、機械振動子、光学部品、触媒等として用いることができる。

[0059] 次に、本実施形態の特徴的な効果を記載する。

（1）板ガラス G b にレーザー光 L を照射することで該板ガラス G b の裏面 G 2 側で生成した繊維状ガラス G f を、該繊維状ガラス G f の自重及びレーザー光 L により誘起された運動エネルギーによって落下させて、ステージ S の捕集面 21 で捕集するようにしている。これにより、生成した繊維状ガ

ラスG f を空気とともに吸い込んで捕集する吸気機構や、繊維状ガラスG f を巻き取って捕集する巻き取り機構等の、繊維状ガラスG f を積極的に捕集する機構を備えずとも、繊維状ガラスG f を捕集することができ、その結果、繊維状ガラス製造装置10を簡素な構成とすることができる。

[0060] 更に、本実施形態では、繊維状ガラスG f を捕集面21上に所定量堆積させることで、シート状のガラス繊維集合体G s が成形される。前記吸気機構や前記巻き取り機構を用いた捕集方法では、繊維状ガラスG f をシート状以外の状態でしか捕集できないことから、シート状のガラス繊維集合体G s を得るためには、捕集した多数の繊維状ガラスG f をシート状に成形する工程が必要となる。その点、本実施形態では、板ガラスG b から落下する繊維状ガラスG f を捕集面21で捕集する（堆積させる）だけでシート状のガラス繊維集合体G s を成形することができるため、繊維状ガラスG f をシート状に成形する特段の工程が不要となり、その結果、製造工程の簡素化に寄与できる。

[0061] (2) 板ガラスG b に対する表面G 1 側からのレーザー光L の照射によって該板ガラスG b の裏面G 2 側で繊維状ガラスG f が生成される。このため、生成された繊維状ガラスG f とレーザー光L との干渉、又は繊維状ガラスG f を捕集するための部材とレーザー光L との干渉を気にすることなく、繊維状ガラスG f の捕集が可能となる。

[0062] (3) 繊維状ガラスG f を生成する素材が板ガラスG b であるため、板ガラスG b を捕集面21から上方に離間する状態で安定して支持することができる。これにより、板ガラスG b の裏面G 2 側（反照射側）に空間を確保することが容易となり、本実施形態のように板ガラスG b の裏面G 2 側（反照射側）で繊維状ガラスG f を捕集する場合に好適である。

[0063] (4) 繊維状ガラス製造装置10にて製造される繊維状ガラスG f の平均繊維径を1nm以上、20μm以下の範囲とすることで、製造した繊維状ガラスG f を、例えば再生医療分野の細胞培養基材として用いる場合に生体親和性等の点で好適となる。また、繊維状ガラスG f は、樹脂製の繊維物と比

較して、化学的耐久性に優れている等の理由から細胞培養基材として使用するのに適している。

[0064] なお、上記第1実施形態は、以下のように変更してもよい。

・上記第1実施形態では、レーザー光Lの照射によって板ガラスGbの裏面G2に生成された繊維状ガラスGfをその自重及びレーザー光Lにより誘起された運動エネルギーによって落下させて捕集面21にて捕集するが、繊維状ガラスGfの捕集方法は、これに特に限定されるものではなく、適宜変更可能である。

[0065] 例えば、図2に示すように、ステージS上に配置した捕集部材31によって繊維状ガラスGfを捕集してもよい。この捕集部材31は、板ガラスGbに照射されるレーザー光Lの光軸Laに沿った捕集面31aを有している。そして、板ガラスGbに対するレーザー光Lの照射によって該板ガラスGbの裏面G2側に生成された繊維状ガラスGfは、静電的な引力によって捕集面31aに捕集（結合）されるようになっている。

[0066] このような方法によっても、前述の吸気機構や巻き取り機構等の繊維状ガラスGfを積極的に捕集する機構を備えずとも、繊維状ガラスGfを捕集することができ、その結果、繊維状ガラス製造装置10を簡素な構成とすることができる。

[0067] 更に、図2に示す例では、生成した繊維状ガラスGfを捕集部材31も含めたガラス物品（例えば、細胞培養基材）とすることも可能である。つまり、本例では、捕集部材31を繊維状ガラスGfの支持体として備えたガラス物品を製造することが可能となる。この場合、ガラス物品を製造するに際し、繊維状ガラスGfを支持する支持体を捕集部材31とは別に用意して、捕集部材31から取り出した繊維状ガラスGfを支持体に移す工程を省くことができ、製造工程の簡素化に寄与できる。

[0068] また、繊維状ガラスGf、捕集部材31及び板ガラスGbの三者を含めた構造体をガラス物品とすることも可能である。

例えば、図3に示す例では、捕集部材31を板ガラスGbの裏面G2に予

め固着しておき、板ガラスG bに対するレーザー光Lの照射によって該板ガラスG bの裏面G 2側に生成された繊維状ガラスG fを捕集部材3 1の捕集面3 1 aにて捕集する。このとき、繊維状ガラスG fを板ガラスG bの裏面G 2に結合したままの状態とすることで、繊維状ガラスG fが板ガラスG b及び捕集部材3 1のそれぞれと結合されて構成されたガラス物品を製造することができる。

[0069] なお、図2や図3に示す例では、板ガラスG bに照射されるレーザー光Lの光軸L aに沿った捕集面3 1 aを有する捕集部材3 1を用いたが、これに限らず、例えば図4に示すように、板ガラスG bに照射されるレーザー光Lの光軸L aと交差（図4では直交）する捕集面3 2 aを有する捕集部材3 2を用いてもよい。同図の例では、捕集部材3 2はステージS上に載置され、板ガラスG bにレーザー光Lを照射することで該板ガラスG bの裏面G 2側で生成した繊維状ガラスG fは、該繊維状ガラスG fの自重及びレーザー光Lにより誘起された運動エネルギーによって落下して、捕集部材3 2の捕集面3 2 aで捕集（結合）される。なお、図4に示すように、繊維状ガラスG fを板ガラスG bの裏面G 2に結合したままの状態とすることで、繊維状ガラスG fが板ガラスG b及び捕集部材3 2のそれぞれと結合されて構成されたガラス物品を製造することが可能となる。なお、このように、板ガラスG b、繊維状ガラスG f及び捕集部材3 2を一体とする以外に、繊維状ガラスG fが板ガラスG b及び捕集部材3 2の少なくとも一方から切り離された構成としてもよい。

[0070] ・上記第1実施形態では、板ガラスG bにレーザー光Lを照射して、該板ガラスG bの反照射側（裏面G 2側）で繊維状ガラスG fを生成しているが、これに特に限定されるものではなく、レーザー光Lの照射側で繊維状ガラスG fを生成してもよい。

[0071] この場合、例えば図5に示すように、透光性を有する例えば板ガラスよりなる捕集部材3 3を、板ガラスG bの照射面側（表面G 1側）に、レーザー光Lの光軸L aと交差（図5では直交）するように配置する。この捕集部材

33は、板ガラスGbの表面G1と鉛直方向に対向する捕集面33aを有する。

[0072] この構成では、レーザー光照射部11から出射されたレーザー光Lは、捕集部材33を透過して板ガラスGbの表面G1に照射される。そして、レーザー光Lの照射によって板ガラスGbの表面G1側に生成された繊維状ガラスGfは、静電的な引力によって捕集部材33の捕集面33aに捕集（結合）されるようになっている。

[0073] このような方法によっても、前述の吸気機構や巻き取り機構等の繊維状ガラスGfを積極的に捕集する機構を備えずとも、繊維状ガラスGfを捕集することができ、その結果、繊維状ガラス製造装置10を簡素な構成とすることができる。

[0074] なお、上記第1実施形態及び上記の図2～図5に示す例では、水平に配置した板ガラスGbに対して上方からレーザー光Lを照射して繊維状ガラスGfを生成しているが、これに特に限定されるものではない。例えば、水平に配置した板ガラスGbに対して下方からレーザー光Lを照射するように構成してもよい。また、例えば、鉛直方向に沿って配置した板ガラスGbに対して水平方向の側方側からレーザー光Lを照射するように構成してもよい。

[0075] ・上記第1実施形態では、繊維状ガラスGfを生成する素材（非繊維状ガラス）として板ガラスGbを用いたが、これに特に限定されるものではなく、素材として管ガラスを用いてもよい。

[0076] また、例えば図6に示すように、繊維状ガラスGfを生成する素材として非晶質の粉末ガラス（ガラス微粒子）Gpや、結晶質である珪砂を含むガラス原料を用いてもよい。同図に示す例では、ステージS上に所定量の粉末ガラスGpが配置され、その粉末ガラスGpよりも照射側（上方）に捕集部材34が配置される。この捕集部材34は、粉末ガラスGpに照射されるレーザー光Lの光軸Laに沿った捕集面34aを有している。そして、粉末ガラスGpに対して上方からレーザー光Lが照射されると、粉末ガラスGpから上側（レーザー光照射部11側）に繊維状ガラスGfが生成され、該繊維状

ガラスG f は、静電的な引力によって捕集面3 4 aに捕集（結合）されるようになっている。

[0077] ・上記実施形態では、捕集面2 1がレーザー光Lの光軸L aと直交するように構成されたが、これらに限らず、捕集面2 1が光軸L aに対して傾斜しつつ交差するように構成してもよい。

[0078] ・上記第1実施形態では、レーザー光Lの照射によって板ガラスG b（非繊維状ガラス）から繊維状ガラスG fを生成したが、これ以外に例えば、電子ビームを照射することで板ガラスG b（非繊維状ガラス）から繊維状ガラスG fを生成してもよい。

[0079] ・また、上記第1実施形態及び変形例において、捕集部材に電圧を印加し、各々の捕集面に積極的に静電的引力を発生させるよう構成してもよい。また、生成された繊維状ガラスG fやその繊維状ガラスG fの付着物が磁性を有する場合には、捕集部材に磁力を発生させるようにすれば、捕集部材に対する磁気的な引力によって繊維状ガラスG fを捕集しやすくすることができる。

[0080] ・また、上記第1実施形態及び変形例において、繊維状ガラスG fが生成される空間（例えば、板ガラスG bとステージSとの間の空間X（図1～図5参照））は閉空間とされることが好ましい。例えば、支持部2 2をステージS（捕集面2 1）に対して立設した枠壁状として構成し、該支持部2 2の上端に板ガラスG bを載置すれば、容易に空間Xを閉空間とすることができる。このような構成によれば、空間Xにおいて気流が生じ難くなる。そのため、繊維状ガラスG fが気流により吹き飛ばされ難くなり、繊維状ガラスG fをより確実に捕集できる。また、上記第1実施形態に適用した場合には、ガラス繊維集合体G sを均一な厚みで形成し易くなる。

[0081] ・上記実施形態では、ステージS（捕集部材）の捕集面2 1が板ガラスG bに対して平行をなし、図2や図3に示す例では、捕集部材3 1の捕集面3 1 aが板ガラスG bに対して垂直をなしているが、これに限らず、捕集部材の捕集面を板ガラスG bに対して傾斜させてもよい。

[0082] ・上記第1実施形態及び変形例において、捕集部材を揺動させることで、当該捕集部材にて繊維状ガラスG fを好適に捕集できる。なお、このように捕集部材を揺動させることは、平均繊維径が比較的大きい場合に特に有効である。

[0083] ・上記第1実施形態及び変形例では、1枚の板ガラスG bに対してレーザー光Lを照射することで繊維状ガラスG fを生成しているが、これに限らず、複数枚積層した板ガラスG bに対してレーザー光Lを照射することで繊維状ガラスG fを生成してもよい。また、板ガラスG bは平板状である必要はなく、湾曲した形状であってもよい。また、可撓性を有する板ガラス（ガラスリボン）をロール状に成形した素材に対してレーザー光Lを照射することで繊維状ガラスG fを生成してもよい。

[0084] （第2実施形態）

以下、繊維状ガラスの製造方法の第2実施形態について、図7～図10に従って説明する。なお、図面では、説明の便宜上、構成の一部を誇張して示す場合があり、各部分の寸法比率についても実際と異なる場合がある。

[0085] まず、本実施形態の繊維状ガラスの製造方法を具現化するための繊維状ガラス製造装置10について説明する。

図7に示すように、繊維状ガラス製造装置10は、非晶質の粉末ガラスG pにレーザー光Lを照射することで繊維状ガラスG f（図9参照）を製造するための装置である。本実施形態の繊維状ガラス製造装置10では、平均繊維径が1 nm以上、20 μm以下程度、より好ましくは10 nm以上、1 μm以下の微細な繊維状ガラスG fが製造される。また、繊維状ガラスG fの素材となる粉末ガラスG pには、平均粒子径がおよそ10 nmの多数のシリカ微粒子（フュームドシリカ）からなる粉末ガラスを用いている。

[0086] 繊維状ガラス製造装置10は、粉末ガラスG pを載置するステージS（載置部）と、粉末ガラスG pに対してレーザー光Lを照射するためのレーザー光照射部11とを備えている。本実施形態では、ステージSの載置面S aに載置した粉末ガラスG pの上方にレーザー光照射部11が配置され、粉末ガ

ラスG pにはレーザー光照射部11からのレーザー光Lが上方から照射されるようになっている。ステージSは、後述の波長を有するレーザー光Lを吸収する材料にて構成され、本実施形態では例えばステンレス鋼等の金属材料にて構成されている。また、載置面S aは、鉛直方向に対して垂直をなす平面状に形成されている。つまり、載置面S aは、鉛直方向に沿って出射されるレーザー光Lの光軸L aに対して垂直をなしている。

[0087] [レーザー光照射部11の構成]

レーザー光照射部11は、主に、レーザー発振器12（レーザー光源）、ガルバノスキャナ13、及びf θ レンズ14（エフシータレンズ）等から構成されている。

[0088] レーザー発振器12は、レーザー光Lを発振させて外部に放出するための機器であり、本実施形態では、およそ1070nmの波長のレーザー光Lを発生させる連続発振ファイバレーザをレーザー発振器12に用いている。なお、レーザー発振器12の発振方式は、連続発振に限られるものではなく、パルス発振としてもよい。レーザー発振器12にて発振されたレーザー光Lは、その後、ガルバノスキャナ13の内部へと導かれる。

[0089] ガルバノスキャナ13は、粉末ガラスG pに照射するレーザー光Lを走査させるための光学系としてレーザー光照射部11に配設されるものである。ガルバノスキャナ13には、複数（本実施形態では2個）のガルバノミラー15が内装されている。各ガルバノミラー15は、エンコーダーが内装された駆動モータ15 a、及び該駆動モータ15 aの出力軸の先端部に固設される鏡面体15 b等により構成される。鏡面体15 bは、駆動モータ15 aの出力軸が、所定の回転方向、且つ回転角度だけ回転するのに伴って、平面部が所定の方向に向けられるようになっている。

[0090] ガルバノスキャナ13に対して、レーザー発振器12よりレーザー光Lが放出されると、そのレーザー光Lは、ガルバノスキャナ13の内部へと導入される。そして、レーザー光Lは、複数のガルバノミラー15の各鏡面体15 bによって反射されることにより屈曲され、ガルバノスキャナ13の外部

へと導出される。

[0091] なお、各ガルバノミラー 15 における駆動モータ 15 a の制御については、それぞれ所定のプログラムが予め設定されており、該プログラムに基づいて高速・高精度に駆動モータ 15 a の運転が制御される。それにより、鏡面体 15 b の平面部の向きがフレキシブルに変更され、ガルバノスキャナ 13 より導出された後のレーザー光 L の進行方向が自在に変更されるようになっている。

[0092] ガルバノスキャナ 13 より導出されたレーザー光 L は、その後、 $f\theta$ レンズ 14 へと導かれる。 $f\theta$ レンズ 14 は集光レンズであり、レーザー光 L を所定のスポット径となるまで収束させて繊維状ガラス G f の生成に適したエネルギー密度まで高めるものである。また、本実施形態の $f\theta$ レンズ 14 には、互いに対向配置された複数枚のレンズ（図示せず）が備えられ、レンズ面の中心部と周辺部とにおいて該レンズ面を通過する様々なレーザー光の走査速度が常に一定の値となるように、また、レーザー光 L がステージ S の載置面 S a に常に垂直に照射されるように設計されている。なお、 $f\theta$ レンズには種々のものがあり、上記以外の構成のものを使用することも可能である。

[0093] また、粉末ガラス G p に向かって出射されたレーザー光 L の焦点位置は、ステージ S の載置面 S a に設定されている。また、レーザー光 L は、ガルバノミラー 15 の動作によって粉末ガラス G p に対する照射位置が変更（走査）されるようになっている。このとき、レーザー光 L は、 $f\theta$ レンズ 14 の作用により安定したスポット径をもって粉末ガラス G p に照射されるようになっている。

[0094] [繊維状ガラス G f の製造方法]

次に、繊維状ガラス製造装置 10 を用いた繊維状ガラス G f の製造方法（繊維状ガラス生成工程）をその作用とともに説明する。

[0095] ステージ S の載置面 S a に粉末ガラス G p を載置した後、レーザー光照射部 11 を作動させてレーザー光 L を粉末ガラス G p に照射する。レーザー光

照射部 11 の作動としては、まず、レーザー発振器 12 よりレーザー光 L が発振され、その発振されたレーザー光 L は、ガルバノスキャナ 13、 $f\theta$ レンズ 14 と順に通過した後、粉末ガラス Gp に向かって出射される。

[0096] ここで、粉末ガラス Gp（フュームドシリカ）は、上記波長のレーザー光 L に対する常温での透過率が極めて高い（つまり、吸収係数が極めて小さい）。このため、繊維状ガラス製造装置 10 内の雰囲気温度が常温の場合、レーザー光照射部 11 から出射されたレーザー光 L は、粉末ガラス Gp に対してほとんど吸収されずに透過して、ステージ S の載置面 Sa に照射される。

[0097] 一方、ステージ S は、上記波長のレーザー光 L に対する吸収係数が大きい金属材料よりなるため、ステージ S の載置面 Sa におけるレーザー光 L を受けた部位は、レーザー光 L を吸収して昇温される。

[0098] すると、図 8 中の矢印で示すように、レーザー光 L により昇温（加熱）された載置面 Sa の熱が粉末ガラス Gp に伝達され、粉末ガラス Gp が昇温される。粉末ガラス Gp は、所定温度に達するとレーザー光 L の透過率が低下（吸収係数が増加）する特性を有するため、該所定温度に達すると粉末ガラス Gp はレーザー光 L を吸収して昇温される。そして、粉末ガラス Gp の温度が軟化点以上となると、図 9 に示すように、粉末ガラス Gp が熔融して周囲に飛散し、その飛散した熔融ガラスが繊維状を保ったまま冷却固化されて繊維状ガラス Gf が生成される。

[0099] なお、生成した繊維状ガラス Gf の捕集方法としては、レーザー光 L の照射部位から周囲に飛散する繊維状ガラス Gf を、ステージ S に載置した捕集部材（図示略）上に堆積させるといった方法が考えられる。

[0100] [繊維状ガラス Gf について]

上記の製造方法によって、平均繊維径が 1 nm 以上、20 μ m 以下程度、より好ましくは 10 nm 以上、1 μ m 以下の微細な繊維状ガラス Gf の集合体が生成される。

[0101] また、生成された繊維状ガラス Gf の集合体の構成元素について、電子線マイクロアナライザ（EPMA）による分析を行い、その EPMA による分

析結果を図10に示す。同図から、繊維状ガラスGfの集合体には、粉末ガラスGpの成分であるシリカの他に、ステージS由来のFeが構成元素として含まれていることが判る。つまり、本実施形態の製造方法によれば、繊維状ガラスGfと金属の複合材料を生成することができる。なお、繊維状ガラスGfの集合体に含まれる金属は、繊維状ガラスGfの表面に付着、又は繊維状ガラスGf内に混入されている。

[0102] この繊維状ガラスGfと金属との複合材料は、例えば、触媒の用途に用いることが可能であり、この場合、繊維状ガラスGfは、触媒としての金属成分を担持する担体として機能する。また、触媒用途の場合、上記のように繊維状ガラスGfの平均繊維径が1nm以上、20μm以下程度とされることで、担体として十分な表面積を持たせることができる。

[0103] 次に、本実施形態の特徴的な効果を記載する。

(1) ステージSの載置面Saに載置した粉末ガラスGpにレーザー光Lを照射し、粉末ガラスGpにレーザー光Lを吸収させることで加熱して繊維状ガラスGfを生成するガラス繊維生成工程を備える。この工程では、粉末ガラスGpがレーザー光Lの吸収により加熱され、その加熱部位における粉末ガラスGpが溶融して飛散した飛沫から繊維状ガラスGfが生成される。このため、例えばES法に見られるようなゾル・ゲル法の実施工程等を行う必要がなくなり、製造時間の短縮化を図るとともに繊維状ガラスGfを容易且つ大量に製造することが可能となる。

[0104] また、この方法では、レーザー光Lを照射して繊維状ガラスGfを生成するガラス素材に粉末ガラスGpを用いる。これにより、ガラス素材に例えば板ガラスを用いる場合に比べて、粉末ガラスGpの方がレーザー光Lの照射により溶融しやすい傾向があるため、繊維状ガラスGfの生成に要する時間を短くすることが可能となり、その結果、製造時間の短縮化を図るのに更に有利となる。また、例えば、失透温度等の制約により予め板状に成形したり直接的に紡糸したりすることが困難な組成からなるガラス材においても、容易に繊維状に成形できる。

[0105] (2) 上記のガラス繊維生成工程において、粉末ガラスG pを透過したレーザー光LがステージSの載置面S aに照射されることで該載置面S aに生じた熱によって粉末ガラスG pを加熱する。この方法によれば、レーザー光Lの照射により載置面S aが加熱され、その載置面S aの熱により粉末ガラスG pが加熱される。これにより、本実施形態のように常温でレーザー光Lを透過させる特性を有する粉末ガラスG pを用いた場合であっても、載置面S aからの熱で粉末ガラスG pを昇温してレーザー光Lを吸収しやすくなる状態とすることができ、レーザー光Lによって粉末ガラスG pから繊維状ガラスG fを生成することができる。従って、この方法によれば、繊維状ガラスG fの生成に使用できる粉末ガラスG pが、常温でレーザー光Lを吸収する特性を有するものに限定されることなく、使用できる粉末ガラスG pの種類を広げることができる。また、この方法では、粉末ガラスG pへのレーザー光Lの照射が載置面S aの加熱も兼ねているため、粉末ガラスG pを昇温するためのヒーター等の特段の昇温手段を備えなくても繊維状ガラスG fの生成が可能となる。

[0106] (3) 上記のガラス繊維生成工程において、ステージSに対するレーザー光Lの照射によって溶融したステージS（載置面S a）の構成成分を、繊維状ガラスG fの表面に付着させる、又は繊維状ガラスG fの内部に混入させる。この方法によれば、ステージS（載置面S a）の構成成分を含んで構成された繊維状ガラス物品（繊維状ガラスG fの集合体）を製造することができる。このため、ステージS（載置面S a）の構成材料の選択によって、繊維状ガラスG fに所望の成分が含まれた繊維状ガラス物品を得ることができる。本実施形態のように、ステージSの載置面S aを金属材料で構成した場合には、繊維状ガラスG fと金属の複合材料よりなる繊維状ガラス物品を得ることができ、該物品を例えば触媒の用途に用いることができる。

[0107] (4) ステージS（載置面S a）が金属材料よりなるため、ステージSを構成する金属材料をレーザー光Lの照射によって溶融させ、その金属材料を繊維状ガラスG fに対して付着又は内部に混入させることが可能となる。

[0108] (5) 生成される繊維状ガラスG fの平均繊維径が1 nm以上、20 μ m以下の範囲であるため、生成した繊維状ガラスG fを、例えば触媒の用途(担体)に用いる場合において、十分な表面積を持たせることができる。また、例えば、繊維状ガラスG fを再生医療分野の細胞培養基材(スキャフォールド)として用いる場合において、生体親和性等の点で好適な繊維状ガラスG fを製造することができる。

[0109] なお、上記第2実施形態は、以下のように変更してもよい。

・上記第2実施形態のガラス繊維生成工程では、粉末ガラスG pを透過したレーザー光LがステージSの載置面S aに照射されることで該載置面S aが加熱され、その載置面S aに生じた熱によって、粉末ガラスG pがレーザー光Lを吸収しやすくなる温度とされる。しかしながら、レーザー光Lを吸収しやすくなる温度に粉末ガラスG pを昇温する手段は、上記第2実施形態に限定されるものではなく、粉末ガラスG pを昇温するための、レーザー光Lとは別の熱源を備えてもよい。

[0110] 例えば、図11に示す例では、ステージSの下側(載置面S aとは反対側)に、レーザー光Lとは別の熱源としてヒーターHが設けられている。同図に示すように、ガラス繊維生成工程において、粉末ガラスG pへのレーザー光Lの照射前に、粉末ガラスG pをヒーターHによってステージSを介して加熱する。そして、レーザー光Lを吸収しやすくなる温度以上に粉末ガラスG pを加熱した後、図12に示すように、レーザー光Lを粉末ガラスG pに照射することで、繊維状ガラスG fを生成する。

[0111] このような製造方法によっても、繊維状ガラスG fの生成に使用できる粉末ガラスG pが、常温でレーザー光Lを吸収する特性を有するものに限定されることなく、使用できる粉末ガラスG pの種類を広げることができる。

[0112] 更に、このような製造方法では、ステージS(載置面S a)がレーザー光Lの照射によって加熱される必要がないため、ステージSの構成材料として、上記波長(およそ1070 nm)のレーザー光Lを透過させる材料(吸収係数が小さい材料)を用いることが可能となる。なお、上記波長のレーザー

光Lを透過させる材料としては、例えば石英ガラスやサファイアガラス等が挙げられる。

[0113] このようなレーザー光Lを透過させる材料でステージS（載置面S a）を構成した場合には、載置面S aがレーザー光Lを吸収しないことから該載置面S aの構成成分の溶融が生じないため、ステージSの構成成分が含まれていない繊維状ガラスG fを得ることができる。

[0114] また、上記第2実施形態のようにステージSを金属材料とした構成においてヒーターHを設けた場合には、レーザー光Lの照射によるステージSの加熱に加えてヒーターHによってもステージSが加熱される。このため、粉末ガラスG pをレーザー光Lを吸収しやすくなる温度以上にするのに要する時間を短縮することができ、その結果、製造時間のより一層の短縮化に寄与できる。

[0115] なお、図11及び図12に示す例では、粉末ガラスG pに対してレーザー光Lを照射する前に該粉末ガラスG pをヒーターHにて加熱しているが、粉末ガラスG pに対するレーザー光Lの照射中にヒーターHにて粉末ガラスG pを加熱してもよい。

[0116] また、図11及び図12に示す例では、ヒーターHをステージSの下側に設け、ステージSを加熱することで間接的に粉末ガラスG pを加熱しているが、これに限らず、例えば、ヒーターHをステージSの上方に配置して、該ヒーターHにて粉末ガラスG pの周辺の雰囲気温度を上昇させることで粉末ガラスG pを加熱してもよい。また、常温の粉末ガラスG pに吸収させることが可能な波長のレーザー光（より好ましくは、レーザー光Lよりも短い波長のもの）を照射することで、粉末ガラスG pをレーザー光Lを吸収しやすくなる温度以上に加熱してもよい。

[0117] ・上記第2実施形態では、繊維状ガラスG fを触媒の用途に用いる例を挙げたが、それ以外に例えば、上記の細胞培養基材や、創傷被覆材、機械振動子、光学部品等として用いることができる。なお、生成する繊維状ガラスG f（繊維状ガラス物品）にステージSの構成成分を含ませる場合には、繊維

状ガラスG fの用途に応じてステージSの構成材料を選択することで、用途に応じた所望の成分が含まれた繊維状ガラスG fを得ることができる。また、繊維状ガラスG fの用途に応じて、ステージSの構成成分を繊維状ガラスG fに含ませるか否か（つまり、ステージSの構成材料をレーザー光Lを吸収する材料とするか否か）を選択することによっても、用途に応じた繊維状ガラスG fを得ることができる。

[0118] ・上記第2実施形態では、ステージSの載置面S aが鉛直方向に対して垂直をなす平面状に形成されたが、これ以外に例えば、鉛直方向に対して傾斜させてもよい。これにより、繊維状ガラスG fの飛散方向を載置面S aの傾斜方向に促すことが可能となる。また、図13に示すように、載置面S aを鉛直方向に対して傾斜させるとともに湾曲面状に形成してもよい。

[0119] また、上記第2実施形態では、レーザー光Lは光軸L aが鉛直方向に沿うように出射されたが、図13に示すように、光軸L aが鉛直方向に対して傾斜していてもよい。なお、同図の例では、レーザー光Lの光軸L aを載置面S aの傾き方向に対応して傾斜させている。

[0120] ・図14に示すように、レーザー光Lを透過させる材料で構成されたステージSの下側（載置面S aとは反対側）から上方に向かってレーザー光Lを出射し、ステージSを透過するレーザー光Lを載置面S a上の粉末ガラスG pに照射してもよい。

[0121] ・上記第2実施形態において、粉末ガラスG pに金属粉を混合させ、その粉末ガラスG pと金属粉とが混合された粉体にレーザー光Lを照射することで、繊維状ガラスG fと金属の複合材料を生成してもよい。

[0122] ・上記第2実施形態では、シリカ微粒子（フュームドシリカ）からなる粉末ガラスG pを用いたが、粉末ガラスG pに用いるガラスはこれ以外に例えば、無アルカリガラスやソーダガラス、ホウ酸塩ガラス、リン酸塩ガラス、アルミン酸塩ガラス等、何れの材料のものであってもよい。また、粉末ガラスG pの平均粒子径は上記第2実施形態に限定されるものではなく、適宜変更可能である。粉末ガラスは、従来周知の任意の方法で製造して良い。例え

ば、粉末ガラスは、熔融ガラスをフィルム状に成形し、水砕した後、ボールミル等を用いて粉末状にすることによって得られる。

[0123] ・粉末ガラスG pに照射するレーザー光Lの波長は、上記第2実施形態に限定されるものではなく、粉末ガラスG pを局所的に軟化点以上の温度にまで加熱することが可能であれば、レーザー光Lの波長は変更可能である。

[0124] ・上記第2実施形態では、粉末ガラスG pにレーザー光Lを照射して繊維状ガラスG fを生成したが、これ以外に例えば、粉末ガラスG pに電子ビームを照射して繊維状ガラスG fを生成してもよい。

[0125] ・例えば図15に示すように、ステージSにおける粉末ガラスG pを載置する載置面を、ステージ本体S mとは別部材の載置部材S pにて構成してもよい。つまり、同図に示す構成では、ステージSは、ステージ本体S mと、そのステージ本体S m上に設けられた載置部材S pとを備えている。また、同図に示す構成では、載置部材S pは、レーザー光Lを吸収する例えばステンレス鋼等の金属箔よりなる。

[0126] このような構成では、ステージSの載置部材S p上に載置された粉末ガラスG pにレーザー光Lを照射することで繊維状ガラスG fが生成される。この際、載置部材S pに対するレーザー光Lの照射によって熔融した載置部材S pの構成成分を、繊維状ガラスG fの表面に付着させる（又は繊維状ガラスG fの内部に混入させる）ことができる。その結果、載置部材S pの構成成分を含んで構成された繊維状ガラス物品（繊維状ガラスG fの集合体）を製造することができる。これにより、載置部材S pを金属材料で構成した場合には、繊維状ガラスG fと金属の複合材料よりなる繊維状ガラス物品を得ることができ、該物品を例えば触媒の用途に用いることができる。

[0127] そして、例えば、繊維状ガラスG fと金属の複合材料よりなる繊維状ガラス物品を得ようとする場合、ステージSにおいて載置部材S pを金属材料で構成するのみで、ステージ本体S mについては金属以外の材料（例えばガラス等）で構成することが可能となる。また、ステージSにおいて、粉末ガラスG pが載置される部分はレーザー光Lの照射によって熔融するため、この

部分をステージ本体 S_m とは別体の載置部材 S_p にて構成することで、溶融による劣化時には載置部材 S_p の交換で対応でき、メンテナンス性を向上させることができる。

[0128] なお、載置部材 S_p は、1枚の金属箔から構成してもよく、また、複数の金属箔を重ねた構成としてもよい。また、載置部材 S_p を、ガラスや金属からなる板状部材の上に金属箔を載置した構成としてもよい。

[0129] また、図15では、粉末ガラス G_p から繊維状ガラス G_f を生成する例を示しているが、これに限らず、例えば図16に示すように、板ガラス G_b を載置部材 S_p 上に載置し、その板ガラス G_b に対するレーザー光 L の照射によって繊維状ガラス G_f を生成してもよい。

[0130] なお、図16に示す例では、板ガラス G_b へのレーザー光 L の照射による繊維状ガラス G_f の生成を、当該板ガラス G_b の端部 G_{b1} (エッジ) から開始している。板ガラス G_b の端部 G_{b1} では、板ガラス G_b の中央部分等に比べて熱が蓄積されやすいため、軟化点以上に昇温しやすく、効率的に繊維状ガラス G_f を生成できる。なお、同図の例では、ステージ S が載置部材 S_p を備える構成としているが、これに特に限定されるものではなく、ステージ S の構成は適宜変更可能である。

[0131] また、レーザー光 L を板ガラス G_b に照射して切断することによって形成される切断面を新たな端部とし、当該端部に再度レーザー光 L を照射することによって繊維状ガラス G_f を生成してもよい。また、レーザー光 L を板ガラス G_b に照射して切断すると同時に切断面から繊維状ガラス G_f を生成してもよい。

[0132] (第3実施形態)

以下、繊維状ガラスの製造方法の第3実施形態について、図17に従って説明する。なお、本実施形態は、上記第2実施形態に対して、繊維状ガラス G_f を生成するための素材としてガラス原料 M を用いる点が異なるのみで、繊維状ガラス製造装置としては上記第2実施形態のものと同一構成であるため、その詳細な説明を省略する。

- [0133] 繊維状ガラスG fを生成するためのガラス原料Mは、結晶質である珪砂（ SiO_2 ）を含む周知の原料である。また、ガラス原料Mの平均粒子径は、 $300\mu\text{m}$ 以下であることが好ましいが、より好ましくは $200\mu\text{m}$ 以下であり、更に好ましくは $100\mu\text{m}$ 以下である。
- [0134] 本実施形態の繊維状ガラスG fの製造方法（繊維状ガラス生成工程）では、ステージSの載置面S aに載置したガラス原料Mにレーザー光Lを照射する。すると、レーザー光Lの照射、及びレーザー光Lにより昇温（加熱）された載置面S aの熱によってガラス原料Mが昇温される。そして、ガラス原料Mの温度が軟化点以上となると、ガラス原料Mが溶融して周囲に飛散し、その飛散した溶融ガラスが繊維状を保ったまま冷却固化されて繊維状ガラスG fが生成される。
- [0135] なお、本実施形態においても、生成した繊維状ガラスG fの捕集方法としては、レーザー光Lの照射部位から周囲に飛散する繊維状ガラスG fを、ステージSに載置した捕集部材（図示略）上に堆積させるといった方法が考えられる。
- [0136] 上記の製造方法によって、平均繊維径が 1nm 以上、 $20\mu\text{m}$ 以下程度、より好ましくは 10nm 以上、 $1\mu\text{m}$ 以下の微細な繊維状ガラスG fの集合体が生成される。また、上記の製造方法にて製造された繊維状ガラスG fの成分分析の結果、Siが $55\sim 60\%$ 、Oが $33\sim 35\%$ 、FeとNiが合わせて $3\sim 10\%$ 含まれていた。つまり、生成された繊維状ガラスG fの構成元素としては、ガラス原料M（主に珪砂）の成分であるSi、Oの他に、ステージS由来のFe、Niが含まれる。このように、本実施形態の製造方法によれば、繊維状ガラスG fと金属の複合材料を生成することができる。なお、繊維状ガラスG fの集合体に含まれる金属は、繊維状ガラスG fの表面に付着、又は繊維状ガラスG f内に混入されている。また、本実施形態の方法で生成された繊維状ガラスG fと金属との複合材料においても、上記各実施形態と同様に、例えば触媒の用途に用いることが可能である。
- [0137] 本実施形態によれば、上記第2実施形態の効果（3）～（5）と同様の効

果に加え、下記の効果が得られる。

(1) ステージSの載置面S aに載置したガラス原料Mにレーザー光Lを照射し、ガラス原料Mにレーザー光Lを吸収させることで加熱して繊維状ガラスG fを生成するガラス繊維生成工程を備える。この工程では、ガラス原料Mがレーザー光Lの吸収により加熱され、その加熱部位におけるガラス原料Mが熔融して飛散した飛沫から繊維状ガラスG fが生成される。このため、例えばES法に見られるようなゾル・ゲル法の実施工程等を行う必要がなくなり、製造時間の短縮化を図るとともに繊維状ガラスG fを容易且つ大量に製造することが可能となる。更に、この方法によれば、ガラス原料Mから直接的に繊維状ガラスG fが生成されるため、非繊維状ガラスを用意するコストや手間を省くことができ、製造コストの削減に寄与できる。

[0138] (2) ガラス原料Mを透過したレーザー光LがステージSの載置面S aに照射されることで該載置面S aに生じた熱によってガラス原料Mを加熱する。この方法によれば、レーザー光Lの照射により載置面S aが加熱され、その載置面S aの熱によりガラス原料Mが加熱される。これにより、繊維状ガラスG fが生成される温度までガラス原料Mを効率良く昇温できる。

[0139] なお、上記第3実施形態に対して、上記第2実施形態に適用する変更例（例えば図11～図15に示す変更例）を同様に適用可能である。

例えば、上記第3実施形態において、ガラス原料Mへのレーザー光Lの照射前又は照射中に、レーザー光Lとは別の熱源（ヒーターH）によりガラス原料Mを加熱してもよい（図11及び図12に示すヒーターHを参照）。これによれば、繊維状ガラスG fが生成される温度までガラス原料Mを熱源により昇温するため、繊維状ガラスG fを効率的に生成できる。また、この方法では、ステージSがレーザー光Lを吸収可能なもの（つまり、レーザー光Lを受けて昇温するもの）である必要がないことから、レーザー光Lを透過する材料（例えば石英ガラスやサファイアガラス等）とすることもでき、ステージSに使用できる材料の種類を広げることができる。

[0140] なお、上記各実施形態および変更例において生成される繊維状ガラスG f

の断面形状は、円形状、楕円形状、矩形状、その他扁平形状、又はこれらの組合せからなる形状であってもよい。また、繊維状ガラス G f は、その生成時において 1 本生成されても良く、同時に 2 本以上生成されてもよい。

[0141] 次に、上記実施形態及び別例から把握できる技術的思想を以下に追記する。

(イ) 前記非繊維状ガラスと結合されたままの状態の前記繊維状ガラスを前記捕集面にて捕集することを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の繊維状ガラスの製造方法。

[0142] これにより、繊維状ガラスが捕集面を有する支持体と非繊維状ガラスの両方と結合されてなるガラス物品を製造することが可能となる。

(ロ) 前記繊維状ガラスが前記支持体と前記非繊維状ガラスの両方と結合されてなる請求項 7 又は 8 に記載の繊維状ガラスを備えた物品。

[0143] これにより、繊維状ガラスが支持体と非繊維状ガラスの両方と結合されてなるガラス物品を提供できる。

(ハ) 非繊維状ガラスを支持する支持部と、

前記支持部に支持された前記非繊維状ガラスにエネルギー線を照射して繊維状ガラスを生成するエネルギー線照射部と、

前記エネルギー線と交差する又は前記エネルギー線に沿った捕集面を有し、生成された前記繊維状ガラスを前記捕集面にて捕集する捕集部材とを備えたことを特徴とする繊維状ガラス製造装置。

符号の説明

[0144] 1 0…繊維状ガラス製造装置、1 1…レーザー光照射部、2 1…捕集面、3 1, 3 2, 3 3, 3 4…捕集部材（支持体）、3 1 a, 3 2 a, 3 3 a, 3 4 a…捕集面、G b…板ガラス（非繊維状ガラス）、G f…繊維状ガラス、G s…ガラス繊維集合体、G p…粉末ガラス（非繊維状ガラス）、L…レーザー光、S…ステージ（捕集部材、載置部）、M…ガラス原料。

請求の範囲

- [請求項1] 非繊維状ガラスにエネルギー線を照射することで繊維状ガラスを生成させ、
- 生成された前記繊維状ガラスを、前記エネルギー線と交差する又は前記エネルギー線に沿った捕集面にて捕集することを特徴とする繊維状ガラスの製造方法。
- [請求項2] 前記エネルギー線は、レーザー光であることを特徴とする請求項1に記載の繊維状ガラスの製造方法。
- [請求項3] 前記非繊維状ガラスにおける前記エネルギー線が照射される側の反対側に前記捕集面を配置し、該反対側にて生成された前記繊維状ガラスを前記捕集面にて捕集することを特徴とする請求項1又は2に記載の繊維状ガラスの製造方法。
- [請求項4] 前記繊維状ガラスを前記捕集面に堆積させることでシート状のガラス繊維集合体を成形することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の繊維状ガラスの製造方法。
- [請求項5] 前記非繊維状ガラスは、板ガラスであることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の繊維状ガラスの製造方法。
- [請求項6] 前記繊維状ガラスの平均繊維径が1 nm以上、20 μ m以下の範囲であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の繊維状ガラスの製造方法。
- [請求項7] 請求項1～6のいずれか1項に記載の繊維状ガラスの製造方法によって製造された前記繊維状ガラスと、該繊維状ガラスを捕集した前記捕集面を有する支持体とを備えた物品。
- [請求項8] 細胞培養基材として用いられることを特徴とする請求項7に記載の繊維状ガラスを備えた物品。
- [請求項9] 載置部に載置した粉末ガラスにエネルギー線を照射して前記粉末ガラスに前記エネルギー線を吸収させることにより前記粉末ガラスを加熱して繊維状ガラスを生成するガラス繊維生成工程を備えることを特

徴とする繊維状ガラスの製造方法。

[請求項10] 前記ガラス繊維生成工程において、前記粉末ガラスを透過した前記エネルギー線が前記載置部に照射されることで該載置部に生じた熱によって前記粉末ガラスを加熱することを特徴とする請求項9に記載の繊維状ガラスの製造方法。

[請求項11] 前記ガラス繊維生成工程において、前記載置部に対する前記エネルギー線の照射によって熔融した前記載置部の構成成分を、前記繊維状ガラスの表面に付着させる、又は前記繊維状ガラスの内部に混入させることを特徴とする請求項10に記載の繊維状ガラスの製造方法。

[請求項12] 前記載置部が金属材料よりなることを特徴とする請求項10又は11に記載の繊維状ガラスの製造方法。

[請求項13] 前記ガラス繊維生成工程において、前記粉末ガラスへの前記エネルギー線の照射前又は照射中に、前記粉末ガラスを前記エネルギー線とは別の熱源により加熱することを特徴とする請求項9～12のいずれか1項に記載の繊維状ガラスの製造方法。

[請求項14] 載置部に載置した珪砂を含むガラス原料にエネルギー線を照射して前記ガラス原料に前記エネルギー線を吸収させることにより前記ガラス原料を加熱して繊維状ガラスを生成するガラス繊維生成工程を備えることを特徴とする繊維状ガラスの製造方法。

[請求項15] 前記ガラス繊維生成工程において、前記ガラス原料を透過した前記エネルギー線が前記載置部に照射されることで該載置部に生じた熱によって前記ガラス原料を加熱することを特徴とする請求項14に記載の繊維状ガラスの製造方法。

[請求項16] 前記ガラス繊維生成工程において、前記載置部に対する前記エネルギー線の照射によって熔融した前記載置部の構成成分を、前記繊維状ガラスの表面に付着させる、又は前記繊維状ガラスの内部に混入させることを特徴とする請求項15に記載の繊維状ガラスの製造方法。

[請求項17] 前記載置部が金属材料よりなることを特徴とする請求項15又は1

6 に記載の繊維状ガラスの製造方法。

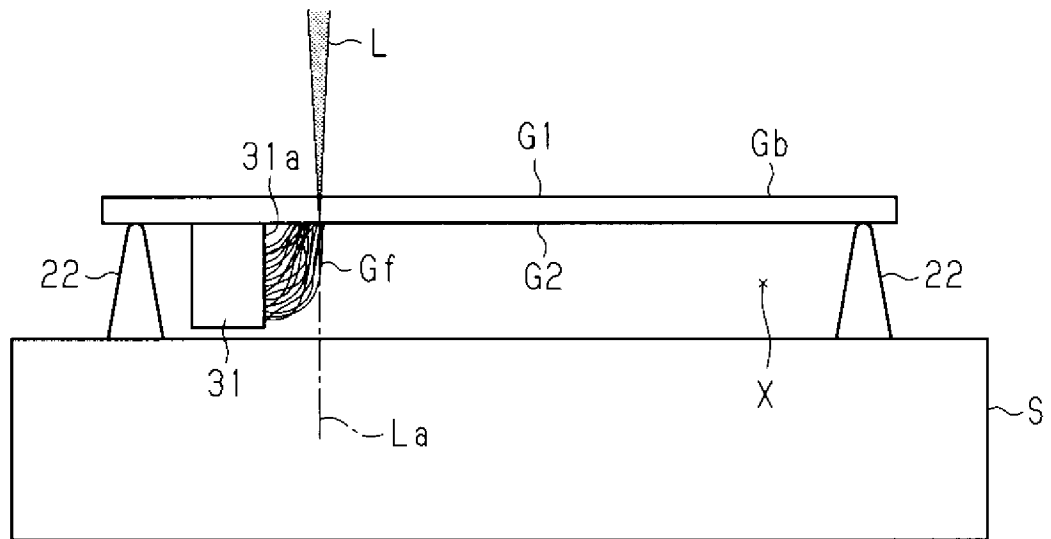
[請求項18] 前記ガラス繊維生成工程において、前記ガラス原料への前記エネルギー線の照射前又は照射中に、前記ガラス原料を前記エネルギー線とは別の熱源により加熱することを特徴とする請求項14～17のいずれか1項に記載の繊維状ガラスの製造方法。

[請求項19] 板ガラスにエネルギー線を照射することで繊維状ガラスを生成させるガラス繊維生成工程を備え、

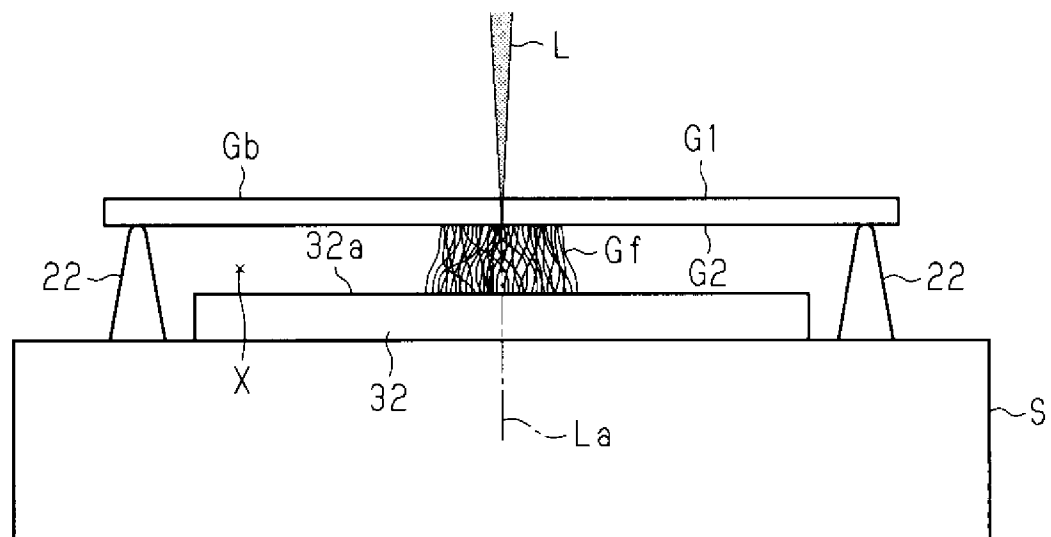
前記ガラス繊維生成工程において、前記板ガラスへの前記エネルギー線の照射による前記繊維状ガラスの生成を当該板ガラスの端部から開始することを特徴とする繊維状ガラスの製造方法。

[請求項20] 前記繊維状ガラスの平均繊維径が1 nm以上、20 μm以下の範囲であることを特徴とする請求項9～19のいずれか1項に記載の繊維状ガラスの製造方法。

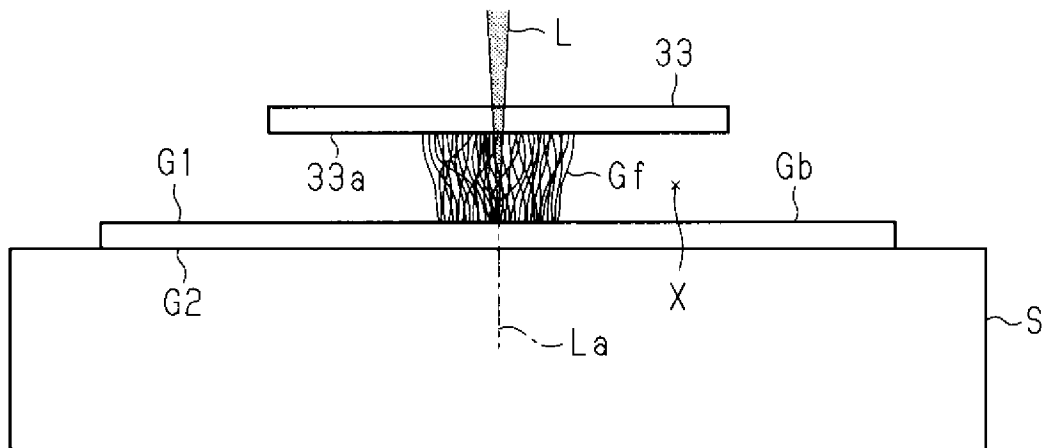
[図3]



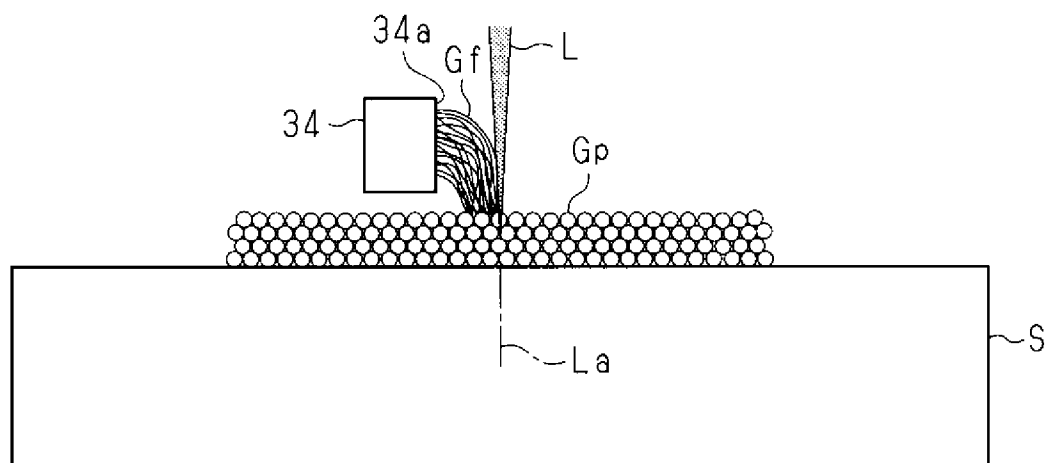
[図4]



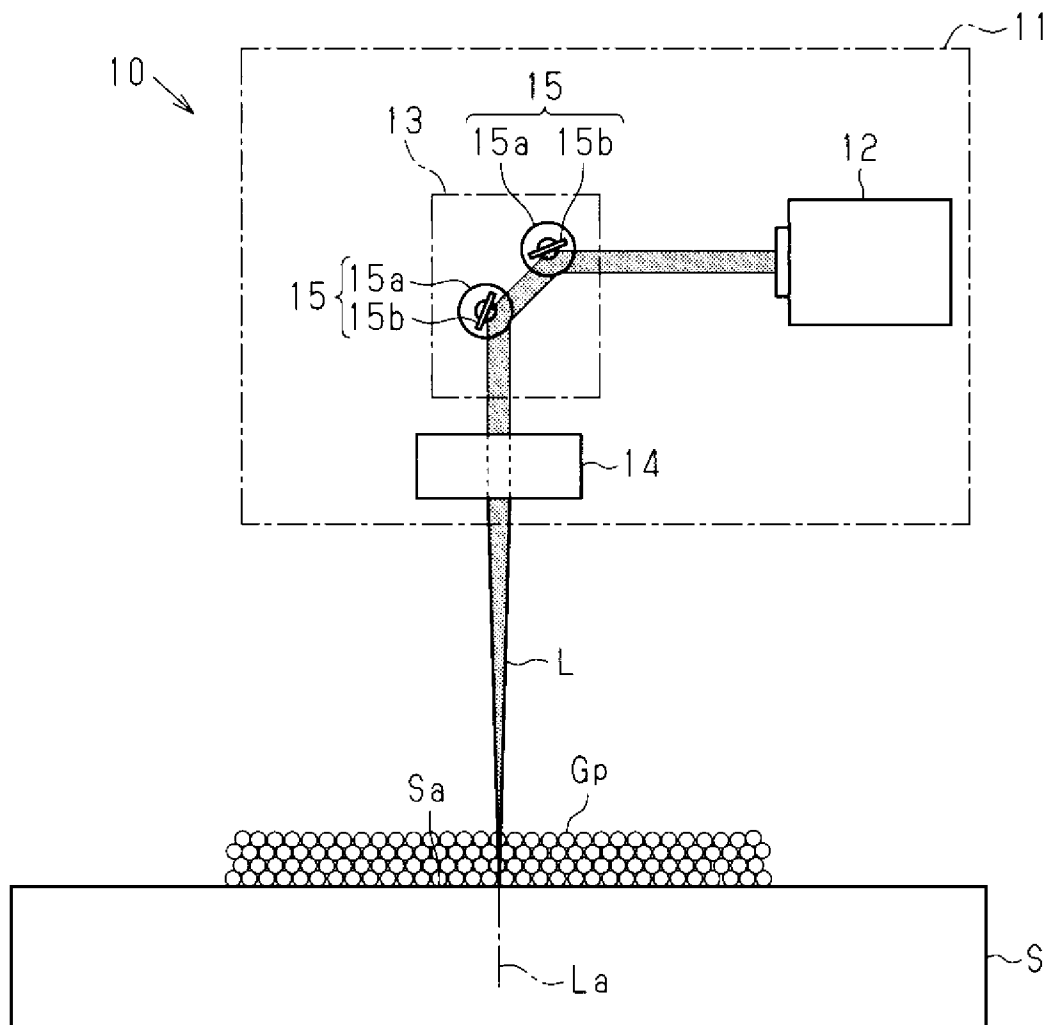
[図5]



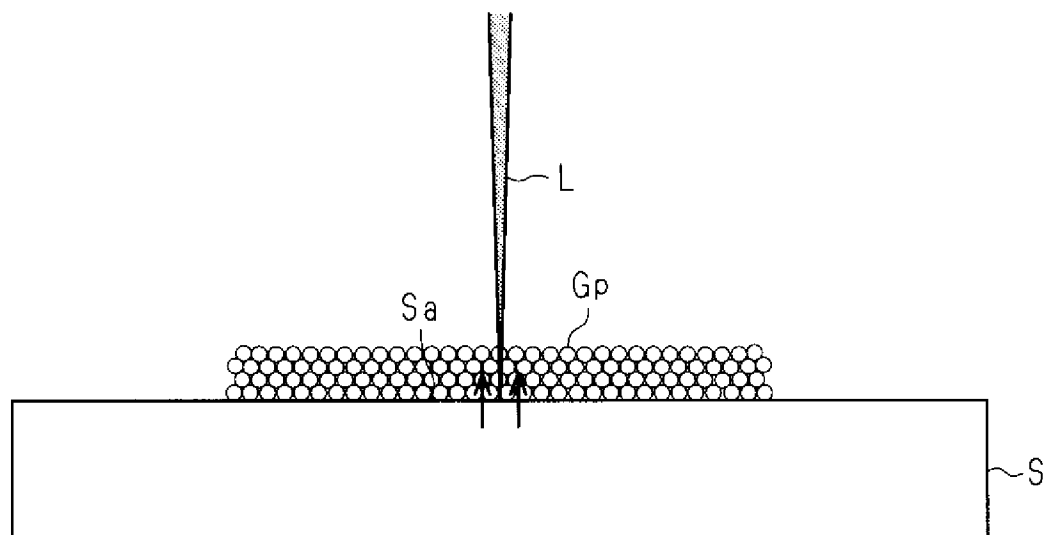
[図6]



[図7]



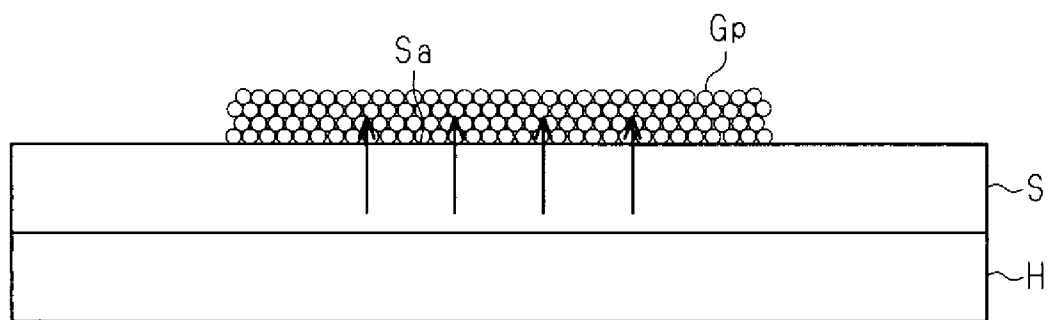
[図8]



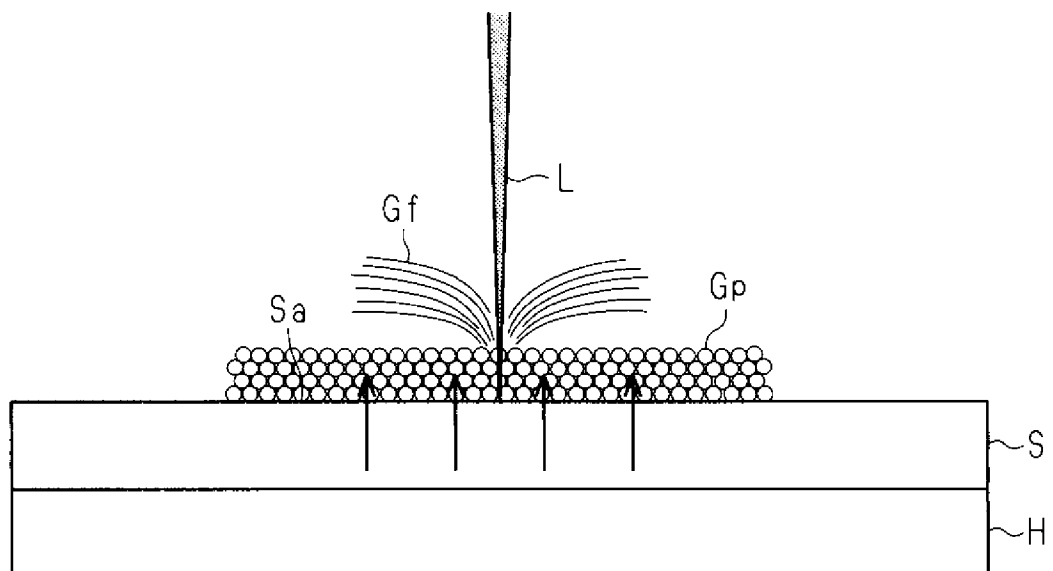
A cross-sectional view of a laser processing head. A vertical laser beam, indicated by a dashed line and labeled 'L', is directed at a workpiece 'S'. The workpiece is a solid rectangular block. On its top surface, there is a layer of material composed of small circles, labeled 'Sa'. A central gap in this layer is labeled 'Gp'. From the edges of this gap, two sets of curved lines, labeled 'Gf', represent the laser beam's profile or the material being removed. The entire assembly is shown in a cross-section.

The figure is an X-ray fluorescence spectrum. The vertical axis is labeled 'カウント数' (Count) and the horizontal axis is labeled '波長' (Wavelength). The spectrum shows a prominent peak for Silicon (Si) at a short wavelength. There are also smaller peaks for Oxygen (O) and Iron (Fe) at shorter wavelengths, and two very small peaks for Iron (Fe) at longer wavelengths.

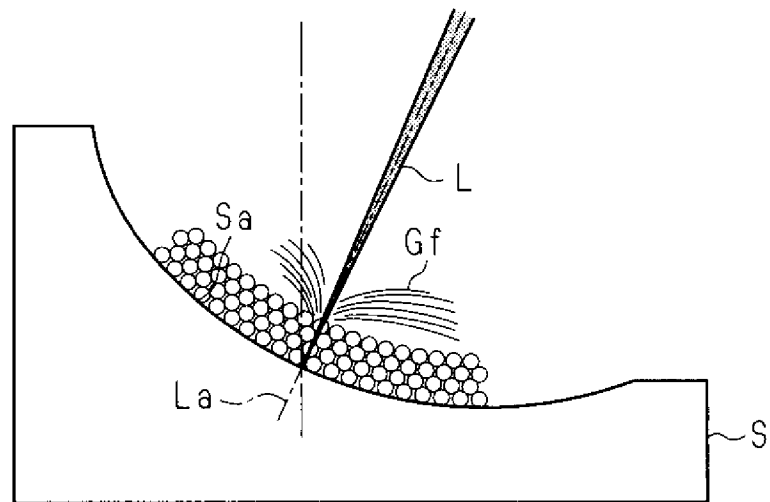
[図11]



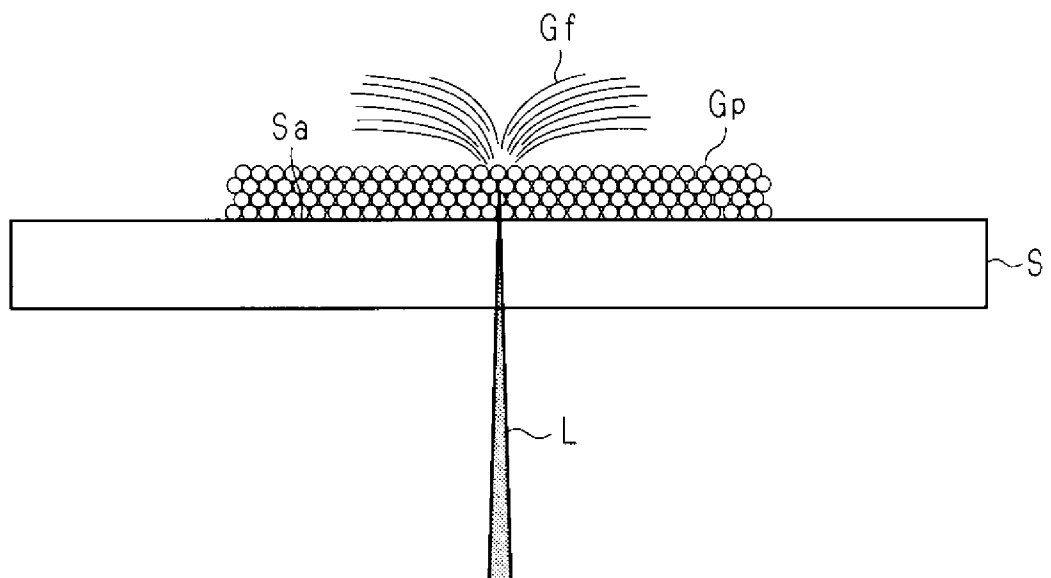
[図12]



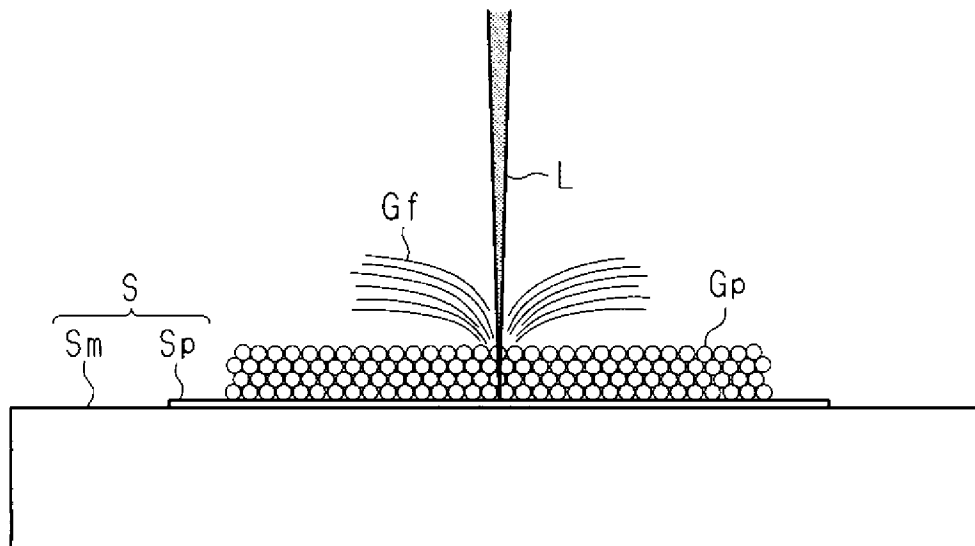
[図13]



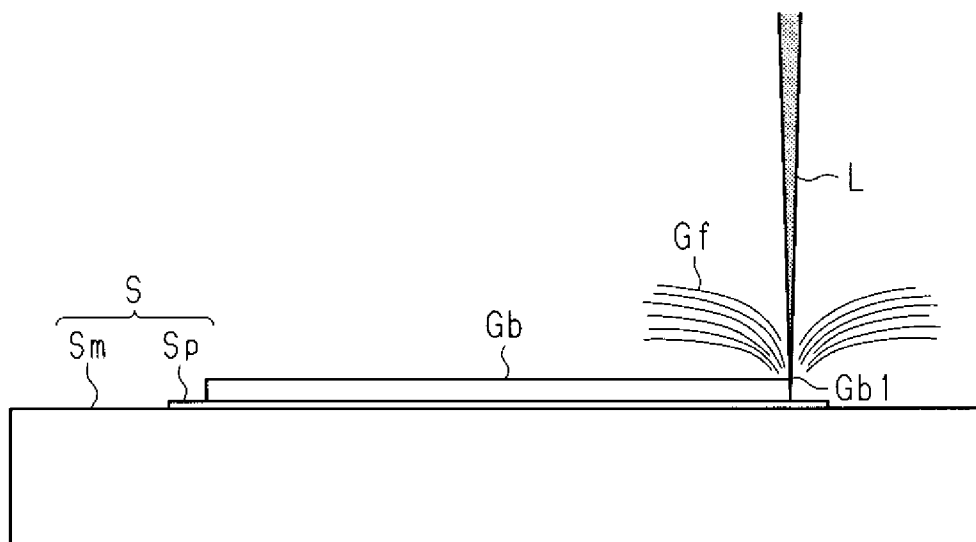
[図14]



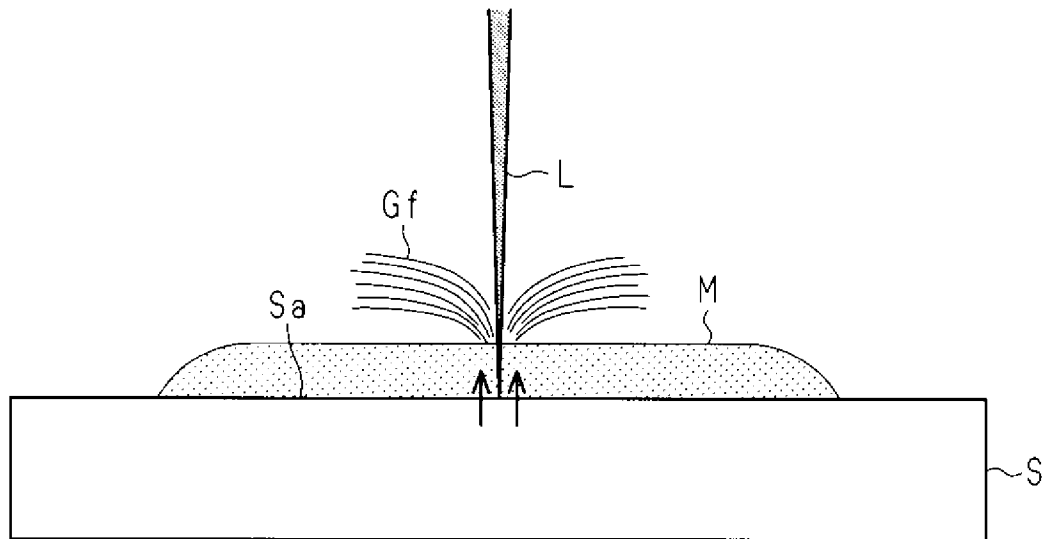
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/063351

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03B37/01(2006.01)i, D01D5/00(2006.01)i, D01D5/08(2006.01)i, D01D11/00(2006.01)i

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)

C03B37/01

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
X	JP 2015-61809 A (Nippon Electric Glass Co., Ltd.),	1-3, 5-6, 19-20
A	02 April 2015 (02.04.2015), claims; paragraphs [0055], [0067]; figures (Family: none)	4, 7-18
A	JP 11-35336 A (Taisei Corp.), 09 February 1999 (09.02.1999), claims (Family: none)	1-20
A	JP 2007-319074 A (Kyushu University), 13 December 2007 (13.12.2007), claims (Family: none)	7-8

☐ 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
13 July 2016 (13.07.16)

Date of mailing of the international search report
26 July 2016 (26.07.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C03B37/01(2006.01)i, D01D5/00(2006.01)i, D01D5/08(2006.01)i, D01D11/00(2006.01)i

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））

Int.Cl. C03B37/01

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
X	JP 2015-61809 A（日本電気硝子株式会社）2015.04.02, 特許請求の範囲、[0055]、[0067]、図（ファミリーなし）	1-3、5-6、 19-20
A		4、7-18
A	JP 11-35336 A（大成建設株式会社）1999.02.09, 特許請求の範囲（ファミリーなし）	1-20
A	JP 2007-319074 A（国立大学法人九州大学）2007.12.13, 特許請求の範囲（ファミリーなし）	7-8

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矛盾するものではなく、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

13.07.2016

国際調査報告の発送日

26.07.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

立木 林

4 T

4660

電話番号 03-3581-1101 内線 3465