

(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
2022年5月12日(12.05.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/097477 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 15/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/038746

(22) 国際出願日: 2021年10月20日(20.10.2021)

(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 2020-185831 2020年11月6日(06.11.2020) JP

(71) 出願人: 住友金属鉱山株式会社
(SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.) [JP/
JP]; 〒1058716 東京都港区新橋5丁目1
1番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 中尾 慶彦 (NAKAO, Yoshihiko);
〒7928555 愛媛県新居浜市西原町3-5-3 住
友金属鉱山株式会社 別子事業所内 Ehime (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.);
〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1

番1号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安
田生命ビル) 16階 Tokyo (JP).

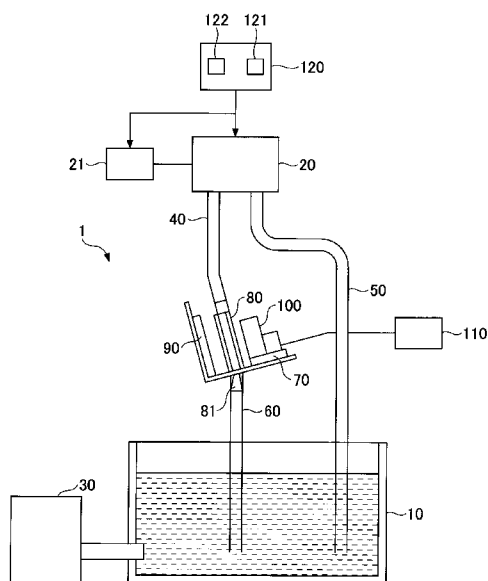
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, 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,

(54) Title: BUBBLE MEASUREMENT APPARATUS AND BUBBLE MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 気泡測定装置及び気泡測定方法

【図1】



(57) Abstract: This bubble measurement apparatus for measuring bubbles moving in a liquid is characterized by having: a metrology chamber where a liquid including bubbles to be measured is introduced from a lower side thereof and an imaging surface is provided to a position at which the introduced bubbles come up; an imaging device that captures images of the bubbles passing through the imaging surface; an introduction pipe which is disposed below the metrology chamber and through which the bubbles are introduced to the metrology chamber; a supply pump which is disposed above the metrology chamber and which sucks up and supplies, to the metrology chamber, the liquid including the bubbles; and a flow rate adjustment mechanism which adjusts the flow rate of the liquid passing through the imaging surface. The bubble measurement apparatus is also characterized in that: the flow rate of the liquid passing through the imaging surface is adjusted by the flow rate adjustment mechanism in accordance with a range where the bubbles can be measured; and the range is determined in advance in accordance with the shutter speed and the imaging resolution of the imaging device.

LT, LU, LV, MC, 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：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：液体中を移動する気泡を測定する気泡測定装置であって、測定対象の気泡を含む液体を下側から導入し、導入された前記気泡が上昇してくる位置に撮影面が設けられた、計測チャンバと、前記撮影面を通過する前記気泡を撮影する撮影装置と、前記計測チャンバの下方に設けられ、前記計測チャンバに前記気泡を導入する導入管と、前記計測チャンバの上方に設けられ、前記気泡を含む前記液体を吸い上げて前記計測チャンバへ供給する供給ポンプと、前記撮影面を通過する前記液体の流速を調整する流速調整機構と、を有し、前記撮影面を通過する前記液体の流速が、前記流速調整機構により、前記気泡が測定可能となる範囲に合わせて調整されており、前記範囲が、前記撮影装置の画像分解能、及びシャッター速度に応じて予め求められていること、を特徴とする。

明 細 書

発明の名称： 気泡測定装置及び気泡測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、気泡測定装置及び気泡測定方法に関する。

背景技術

[0002] 浮選において、鉱石スラリー中の鉱物粒子と気泡との接触は重要な機構である。その接触確率に関し、気泡径は重要な因子であることが知られており、気泡径を把握する試みがこれまでなされてきた。特に、気泡径が1～100 μm の微細な気泡はマイクロバブルと呼ばれ、応用の可能性が期待されている。しかし、微細な気泡は浮力が非常に小さく、従来の気泡測定装置では、気泡を測定するエリアである撮像セルに微細な気泡を導入することが難しいという問題があった。

[0003] この問題を解決するための方法として、例えば、特許文献1に示す方法が開示されている。特許文献1に記載の方法は、測定対象の気泡を撮影する画像撮影部、および、気泡にレーザー光を照射して回折・散乱光の強度分布を表す光強度分布データを取得する光強度測定部にポンプを接続し、このポンプを作動させることにより、測定対象の気泡を含む液体を画像撮影部、および、光強度測定部へと送液し、画像撮影部から取得される画像情報と、光強度測定部から取得される光強度分布データに基づいて、気泡群の粒度分布を測定する方法である。かかる方法により、気泡群の粒度分布を測定することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-4450号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、液体中には測定対象の気泡のほかに気泡以外の異物が含まれて

いる。特許文献 1 に記載の方法では、測定対象の気泡と気泡以外の異物との識別を行うため、この識別を画像測定部から取得される画像情報に基づいて行っている。具体的には、球形状の画像を気泡と判定し、一方、扁平形状の画像を異物と判定する、という機械的な方法で行っている。こうした判定を適切に行うためには、判定に用いられる画像が、判定を適切に行うことのできる程度に鮮明に撮影されていることが必要である。撮影された気泡の像にブレが生じた場合などは、撮影された気泡の像は扁平形状の画像となるので異物と判定されてしまい、適切な判定を行うことができない。

[0006] しかしながら、上述の特許文献 1 に記載の方法には、鮮明な画像を撮影するための方法は開示されていない。

[0007] そこで、本発明は、微細な気泡を鮮明に撮影して測定することのできる、気泡測定装置及び気泡測定方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するため、本発明の一態様に係る発明は、液体中を移動する気泡を測定する気泡測定装置であって、

測定対象の気泡を含む液体を下側から導入し、導入された前記気泡が上昇してくる位置に撮影面が設けられた、計測チャンバと、

前記撮影面を通過する前記気泡を撮影する撮影装置と、

前記計測チャンバの下方に設けられ、前記計測チャンバに前記気泡を導入する導入管と、

前記計測チャンバの上方に設けられ、前記気泡を含む前記液体を吸い上げて前記計測チャンバへ供給する供給ポンプと、

前記撮影面を通過する前記液体の流速を調整する流速調整機構と、を有し、

前記撮影面を通過する前記液体の流速が、前記流速調整機構により、前記気泡が測定可能となる範囲に合わせて調整されており、

前記範囲が、前記撮影装置の画像分解能、及びシャッター速度に応じて予め求められていること、を特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、微細な気泡を鮮明に撮影して測定することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]気泡測定装置の装置構成を示した概略図である。

[図2]計測チャンバの詳細図である。

[図3A]気泡径が $10\mu\text{m}$ の気泡を画像分解能が $10\mu\text{m}$ の撮影装置で撮影したときの画像認識の様子を示した図である。

[図3B]気泡径が $10\mu\text{m}$ の気泡を画像分解能が $1\mu\text{m}$ の撮影装置で撮影したときの画像認識の様子を示した図である。

[図3C]気泡径 $5\mu\text{m}$ の気泡を画像分解能が $10\mu\text{m}$ の撮影装置で撮影したときの画像認識の様子を示した図である。

[図3D]気泡径 $5\mu\text{m}$ の気泡を画像分解能が $1\mu\text{m}$ の撮影装置で撮影したときの画像認識の様子を示した図である。

[図4]気泡測定装置を用いて測定した気泡の測定結果である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して、本発明を実施するための形態の説明を行う。

[0012] 図1は、本実施の形態に係る気泡測定装置の構成を示す概略図である。本実施の形態に係る気泡測定装置1は、導入管60と、フレーム70と、計測チャンバ80と、導入管接続部材81と、投光装置90と、撮影装置100と、画像処理部110と、制御部120と、供給ポンプ20と、流速調整機構21と、導出管40と、排出管50とを備える装置であり、導入管60が保持槽10に保持された液体に浸漬されている。

[0013] 導入管60は計測チャンバ80の下方に導入管接続部材81を介して接続され、計測チャンバ80に液体を送液可能に設けられている。計測チャンバ80の一方の面（上方を向いている面）は撮像面をなし、撮像面に対向して撮像装置100が設けられている。また、計測チャンバ80の他方の面（下方を向いている面）に対向して、投光装置90が設けられている。計測チャンバ80の上端には導出管40が接続され、導出管40の上端に供給ポンプ

20が設けられている。供給ポンプ40の下面に排出管50が接続されており、排出管50の下端は保持槽10内の液体に浸漬している。また、供給ポンプ20には流速調整機構21が接続されている。

[0014] 保持槽10には、液体の内部に気泡を発生させるための気泡発生装置30が接続されている。本実施の形態に係る気泡測定装置1は、例えば、この気泡発生装置30によって液体の内部に気泡径が1～100 μ mの微細な気泡（以下、マイクロバブルともいう。）を含む気泡を発生させた場合、これらの気泡を鮮明に撮影することができる。そして、この撮影された画像に基づいて気泡の測定、つまり、気泡径や気泡径分布（気泡群の粒度分布）などの測定を行うことができる。

[0015] 本実施の形態において、マイクロバブルを含む気泡の撮影と測定は、具体的には、以下の各ステップを経ることによって行われる。

[0016] まず、保持槽10に保持された液体の内部にマイクロバブルを含む気泡を発生させた状態において、気泡測定装置1の供給ポンプ20を作動させ、気泡発生装置30で発生させた気泡を含んだ液体を、導入管60を経由して計測チャンバ80内に導入する。この場合、計測チャンバ80内の撮影面を通過する液体の流速は、マイクロバブルを含む気泡を鮮明に撮影することのできる流速範囲となるように、流速調整機構21によって調整されている。（ステップ1）なお、流速調整機構21における流速の調整の詳細は後述する。

[0017] 次に、計測チャンバ80内の撮影面の反対面に投光装置90から光を照射し、撮影装置100を用いて撮影面を通過する気泡を撮影する。（ステップ2）

次に、撮影した画像から液体に含まれる気泡の気泡径や気泡径分布等の計測に必要な情報を取得し、それらの値を計測する。（ステップ3）

以下、気泡測定装置1を構成する構成要素についてさらに説明する。

[0018] （導入管）

本実施の形態において、導入管60は両端が解放された管材である。一端

は保持槽 10 に保持された液体に浸漬され、他端は導入管接続部材 81 に接続されている。本実施の形態では、導入管 60 内に取り込まれた気泡を計測チャンバ 80 内へと導入するために、気泡自体が有する浮力だけでなく、後述の供給ポンプ 20 を作動させることにより発生する動力が利用される。

[0019] (計測チャンバ)

本実施の形態において、計測チャンバ 80 は複数の透明な部材から構成されている。本実施形態では、これらの部材の材質は塩化ビニルである。部材の材質としては投光装置 90 から投光される光が計測チャンバ 80 を透過して撮影装置 100 で計測できるよう光透過率の高い部材を好適に用いることができる。部材の光透過率は波長 400 nm ~ 700 nm の可視光領域で 80 % 以上が好ましく、90 % 以上がさらに好ましい。

[0020] 上述の光学特性を満足する部材としては塩化ビニルの他にガラス、アクリル、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリカーボネート等を用いることができる。

[0021] 塩化ビニルは安価で加工性が高く透明性も高いため計測チャンバ 80 の部材として好適に用いることができる。またアクリルは塩化ビニルよりも透明性が高く、傷が付きにくく透明度の低下が少ないため、交換が難しい場所への設置に好適に用いることができる。

[0022] 計測チャンバ 80 には、図 2 に示すように、主部材 82 と、この主部材 82 を挟むように、第 1 ふた部材 83 と第 2 ふた部材 84 とが設けられている。主部材 82 の外形は、厚みのある四角形の板形状、すなわち扁平な四角柱の形状をしている。主部材 82 には、径が比較的大きな計測孔 82a が設けられている。この計測孔 82a の軸線方向は、主部材 82 の四角柱形態のもっとも薄い厚さの、厚さ方向（以下この方向を主部材 82 の厚さ方向と称することがある）と一致している。この計測孔 82a をふさぐように、主部材 82 を、第 1 ふた部材 83 と第 2 ふた部材 84 とで挟み込むことで、計測孔 82a 部分が、計測孔 82a の軸線方向に閉じられた空間となる。

[0023] ここで、主部材 82 と第 1 ふた部材 83 と第 2 ふた部材 84 とで構成され

る空間のうち、第1ふた部材83の右側の面を透明傾斜面と称し、この透明傾斜面のうち、計測孔82aが位置している部分を測定部83aと称する。本実施の形態において、この透明傾斜面が撮影面に相当する。

[0024] 計測チャンバ80は、さらに主部材82の下側に設けられている導入管接続部材81と、主部材82の上側に設けられている導出管接続部材85とを含んで構成され、導入管接続部材81を介して導入管60が接続されている。ここで、導入管接続部材81は通過孔を有し、導入管接続部材81と導出管接続部材85はいずれも筒状構造であるので、これらの部材を通して、計測チャンバ80は上下方向に連通した構造となっている。このように連通していることにより、計測チャンバ80内の透明傾斜面、つまり、撮影面に液体を通過させることが可能になるとともに、液体内の気泡を導入管60から導入することができる。

[0025] また、導入管接続部材81の上面は、水平面から傾き角 θ だけ傾いている。このように導入管接続部材81の上面が傾いていることにより、導入管接続部材81の軸線が鉛直方向となるように計測チャンバ80が配置されたとき、測定部83aを含む透明傾斜面が、鉛直から傾き角 θ だけ傾く。すなわち、透明傾斜面の法線が下向きになり、透明傾斜面が斜め下を向く姿勢となる。傾き角 θ は、導入口からの気泡の上昇してくる位置に透明傾斜面が位置するように決定される。本実施形態では傾き角 θ は15度であるが、用途に応じて種々の角度に設定してよい。なお、測定部83aを傾斜させることにより、気泡の撮影の際、気泡にピントを合わせることが容易となる。

[0026] 本実施形態の気泡測定装置1を構成する主部材82の計測孔82aの直径L1は、導入管60の内面の直径よりも長くなっている。ここで、計測孔82aの直径L1は、透明傾斜面を正面から見たときの測定部83aの左右方向の長さである。

[0027] また主部材82には、上述したように計測孔82aが設けられるとともに、この計測孔82aと導入管60とを連通させるための拡大連通部が設けられている。拡大連通部は、溝形状である。拡大連通部の溝部分の測定部83

aにいたるまでの左右方向の長さが、下側から上側に向けて一定の割合で長くなっている。拡大連通部の溝形状の深さは、主部材82の厚さ方向の長さの $1/3$ の深さを有している。

[0028] (投光装置)

本実施の形態において、投光装置90は、計測チャンバ80の一方の面からあらかじめ定められた種類の光を測定部83aに照射する。これにより、計測チャンバ80内の撮影が容易となる。照明手段としては、例えば、白色LEDなどの面照明などが好適に用いられる。

[0029] (撮影装置)

本実施の形態において、撮影装置100は、少なくとも静止画または動画のいずれかを撮影することができるデジタルカメラなどが好適に用いられる。この撮影装置100で撮影された気泡のサイズおよび数量は、画像処理を行うソフトウェアで解析されることが好ましい。撮影装置100は、気泡を適切に撮影できる限り、種々の撮影装置を用いてよい。本実施の形態において、撮影装置100は測定対象の気泡を大きさごとに分離して撮影することが可能な画像分解能を有している。

[0030] ここで、画像分解能とは、以下の式(1)によって求められる値であり、撮影装置100の撮像素子に格子状に並ぶ画素(ピクセル)の1画素が何mmに相当するのかを表す値である。例えば、撮像視野(Y方向)を100mmとした場合、Y方向の画素数が480画素の撮影装置の画像分解能は、 $100\text{ [mm]} \div 480\text{ 画素} = 0.208\text{ [mm]}$ となる。

[0031] 画像分解能 = 撮像視野(Y方向) [mm] $\div$ 撮像素子の画素数(Y方向)
(1)

図3A～3Dは、撮影装置の画像分解能と測定可能な気泡の大きさとの関係について説明するための図である。図3Aは、気泡径が $10\text{ }\mu\text{m}$ の気泡を画像分解能が $10\text{ }\mu\text{m}$ の撮影装置で撮影したときの画像認識の様子を示した図であり、図3Bは、上記と同じ気泡を画像分解能が $1\text{ }\mu\text{m}$ の撮影装置で撮影したときの画像認識の様子を示した図である。そして、図3Cは、気泡径

5 μm の気泡を画像分解能が10 μm の撮影装置で撮影したときの画像認識の様子を示した図であり、図3Dは、上記と同じ気泡を画像分解能が1 μm の撮影装置で撮影したときの画像認識の様子を示した図である。

[0032] 画像分解能が10 μm の撮影装置では、図3A及び図3Cに示されるとおり、気泡径が10 μm の気泡も、気泡径が5 μm の気泡も、1ピクセルとして画像認識され、つまり、気泡径が10 μm 以下の気泡は1ピクセルとして画像認識されて、大きさごとに分離して画像認識を行うことができないのに対し、画像分解能が1 μm の撮影装置では、図3(b)(d)に示されるとおり、気泡径が10 μm の気泡は91ピクセル、気泡径が5 μm の気泡は32ピクセルとして画像認識され、大きさごとに分離して画像認識を行うことができる。このように、画像分解能が小さな値になる程、小さな気泡を大きな気泡から分離して画像認識することが可能である。

[0033] さて、本実施の形態において、撮影装置100は、上述したように、測定対象の気泡を大きさごとに分離して撮影することが可能な画像分解能を有している。つまり、撮影装置100は、測定対象の気泡のなかで最も小さな気泡を画像認識することが可能な画像分解能を有している。本例では、気泡径が1～100 μm のマイクロバブルを含む気泡を測定対象としているため、1 μm の画像分解能を有した撮影装置が用いられている。これにより、1 μm 以上の気泡を大きさごとに分離して画像認識を行うことが可能である。なお、撮影装置100の画像分解能は、測定対象の気泡のなかで最も小さな気泡の大きさと同一の大きさである必要はなく、より小さな値を有していればよい。これにより、測定対象の気泡を大きさごとに分離して画像認識を行うことが可能である。

[0034] 一方、撮影装置100が気泡を大きさごとに画像認識することが可能な画像分解能を有していない場合、撮影された気泡の画像は実際の気泡の形態を反映したものとなっていないため、このような画像に基づいて気泡の測定を行うことは好ましくない。

[0035] また、本実施の形態において、撮影装置100の露出時間（シャッター速

度)は、撮影された画像の明るさが気泡の測定を行うことができる程度の明るさを有するために必要な露出時間に設定されている。露出時間の設定に際し、露出時間はできるだけ小さな時間であることが好ましい。これにより、撮影した気泡の画像にブレが生じてしまうことを抑制することができる。本例では、露出時間は1 / 2000秒に設定されている。

[0036] (供給ポンプ20)

本実施の形態において、供給ポンプ20は、気泡を含む液体を保持槽10から吸い上げて計測チャンバ80へと供給するポンプである。供給ポンプ20は、液体を適切に送液できる限り、種々のポンプを用いてよい。本例では、内部に送液用のローラーを備えたチューブポンプが供給ポンプ20として用いられ、吸い込み側に後述の導出管40が接続され、吐き出し側に後述の排出管50が接続されている。

[0037] (流速調整機構21)

本実施の形態において、流速調整機構21は、前記の供給ポンプ20を動作させることによって生じる液体の流速を調整するもので、本例では、供給ポンプ20の送液用のローラーを駆動させる駆動装置がブラシレスモーターであることから、このブラシレスモーターへの印加電圧を制御する印加電圧制御回路が用いられている。印加電圧制御回路を用いてブラシレスモーターへの印加電圧を調整することにより、ブラシレスモーターの速度(回転数)が調整され、供給ポンプ20からの液体の吐出量、即ち、計測チャンバ80の撮影面を通過する液体の流速が調整されるようになっている。

[0038] なお、流速調整機構21は、供給ポンプ20からの液体の吐出量、即ち、計測チャンバ80の撮影面を通過する液体の流速が調整することができれば、その手段は問わない。より詳細には、供給ポンプ20に用いられる駆動装置の種類に応じてこの駆動装置の速度制御を行うことができるものであれば、種類は特に限られない。例えば、供給ポンプ20の駆動装置に交流モーターが用いられる場合には、交流モーターの駆動周波数を制御するインバータ回路であってもよいし、供給ポンプ20の駆動装置にサーボモーターが用

いられる場合には、サーボモーターの速度制御部を備えたドライバ回路などであってもよい。また、流速調整機構 21 は独立して設けられている必要はなく、例えば、供給ポンプ 20 の構成要素の一つに含まれるようにして設けられていてもよい。

[0039] さて、本実施の形態において、計測チャンバ 80 の撮影面を通過する液体の流速は、使用する撮影装置 100 の画像分解能とシャッター速度において、適切に気泡が測定できる範囲を予め定めておく。具体的には、本実施形態に係る気泡測定装置 1 を用いて、どの位の流速であれば、撮影装置 100 で測定可能であるかを調べておく。上述のように、撮影装置 100 の画像分解能が小さく、シャッター速度が短ければ、流体の流速を速く設定するが、画像分解能が大きく、シャッター速度が長い場合には、流体の速度を遅く設定する。この場合、気泡が撮影面に付着したり、気泡に合一が生じたりすることのない流速となるように考慮する。上記は、例えば、気泡径分布（気泡群の粒度分布）が既知である気泡発生装置を準備し、この気泡発生装置から発生させた気泡径分布を測定し、その結果を既知の気泡径分布と比較することによって行うことができる。

[0040] このように、撮影装置 100 の能力により、気泡の測定が可能な液体の流速の範囲が定まるので、予め使用する撮影装置 100 に適した流体の流速を予め調べておく。そして、撮影装置 100 に応じた流体の流速を定めておき、実際の気泡測定では、予め定められた範囲、又はその範囲内の所定値に、撮影面を通過する流体の流速を設定する。これにより、実際の気泡測定において、気泡測定可能な適切な流速を設定することができ、クリアに気泡を測定することができる。

[0041] 本例では、計測チャンバ 80 の撮影面を通過する液体の流速は、画像分解能が $1\ \mu\text{m}$ であり露出時間が $1/2000$ 秒に設定された撮影装置 100 に対して、 200 mm/秒 に調整されているが、 $100\sim 200\text{ mm/秒}$ の範囲に調整されていればよく、これにより、気泡の撮影面へ付着や合一が生じてしまうことが抑制され、気泡を鮮明に撮影することができる。

[0042] なお、気泡の測定は、気泡径、気泡径分布等の気泡の状態を把握するのに適したパラメータが選択され、気泡状態を把握する指標として用いられる。

[0043] (制御部)

制御部120は、供給ポンプ20及び流量調整機構21を制御する手段であり、例えば、CPU (Central Processing Unit、中央処理装置) 121及びメモリ122を有するマイクロプロセッサとして構成されてもよい。この場合、メモリ122に撮影装置100に応じた適切な流体の流速範囲を記憶させておき、供給ポンプ20及び流体速度調整機構21を流体が適切な流速範囲となるように運転制御してもよい。

[0044] また、制御部120は、必要に応じて、投光装置90や、撮影装置100や、画像処理装置110や、気泡発生装置30等の動作も制御してもよい。

[0045] なお、制御部120は必須の構成要件ではなく、必要に応じて備えられてよい。

[0046] (その他の構成要素)

本実施形態において、導出管40は、一端が計測チャンバ80の導出管接続部材85に接続され、他端が供給ポンプ20の吸い込み側に接続されており、気泡を含む液体を計測チャンバ80から供給ポンプ20へ輸送するための管材である。

[0047] また、排出管50は、一端が供給ポンプ20の吐き出し側に接続されており、他端が保持槽10に保持された液体に浸漬されており、供給ポンプ20から排出された液体を保持槽10へ輸送するための管材である。

[0048] また、フレーム70は、計測チャンバ80、投光装置90及び撮影装置100を支持するための支持部材である。

[0049] [実施例]

[実施例1]

保持槽に淡水18Lを入れた後、この保持槽に接続された気泡発生装置を作動させて淡水内にマイクロバブルを発生させた。

[0050] 次に、撮影装置の画像分解能が1 μ m、露出時間（シャッター速度）が1

／2000秒に設定された気泡測定装置を準備し、導入管を淡水内へ浸漬し、チューブポンプを作動させた。このとき、チューブポンプ内のローラーの回転数を、計測チャンバ内の撮影面を流れる淡水の流量が200mm／秒となるように調整した。

[0051] 次に、撮影面を流れる淡水に含まれる気泡を撮影し、得られた画像に画像処理を行って気泡の測定を行った。その測定結果を図4に示す。鮮明な気泡の画像が得られ、得られた画像に基づいてマイクロバブルの気泡径分布を測定することができた。

[0052] [比較例1]

チューブポンプ内のローラーの回転数を、計測チャンバ内の撮影面を流れる淡水の流量が300mm／秒となるように調整した以外は、実施例1と同様にして行った。

[0053] しかし、撮影された気泡の画像にブレが生じてしまった。鮮明な気泡の画像を得ることができず、得られた画像に基づいてマイクロバブルの気泡径分布を測定することはできなかった。

[0054] このように、本実施例によれば、撮影装置に対して流体の流速を調整することにより、マイクロバブルの気泡の測定を行うことができ、気泡状態を適切に把握できることが示された。

[0055] 以上説明したように、本実施形態に係る気泡測定装置及び気泡測定方法によれば、撮影装置の能力に応じて流体の流速を適切に設定することにより、マイクロバブルを確実に測定することができ、選鉱の品質を向上させることができる。

[0056] 以上、本発明の好ましい実施形態及び実施例について詳説したが、本発明は、上述した実施形態及び実施例に制限されることはなく、本発明の範囲を逸脱することなく、上述した実施例に種々の変形及び置換を加えることができる。

[0057] 本願は、日本特許庁に2020年11月6日出願された基礎出願2020-185831号の優先権を主張するものであり、その全内容を参照によりここに援用

する。

符号の説明

- [0058] 1 気泡測定装置
- 1 0 保持槽
 - 2 0 供給ポンプ
 - 2 1 流速調整機構
 - 3 0 気泡発生装置
 - 4 0 導出管
 - 5 0 排出管
 - 6 0 導入管
 - 7 0 フレーム
 - 8 0 計測チャンバ
 - 8 1 導入管接続部材
 - 8 2 主部材
 - 8 2 a 計測孔
 - 8 3 a 測定部
 - 8 3 第1ふた部材
 - 8 4 第2ふた部材
 - 8 5 導出管接続部材
 - 9 0 投光装置
 - 1 0 0 撮影装置
 - 1 1 0 画像処理部
 - 1 2 0 制御部
 - 1 2 1 C P U
 - 1 2 2 メモリ

請求の範囲

- [請求項1] 液体中を移動する気泡を測定する気泡測定装置であって、
測定対象の気泡を含む液体を下側から導入し、導入された前記気泡が上昇してくる位置に撮影面が設けられた、計測チャンバと、
前記撮影面を通過する前記気泡を撮影する撮影装置と、
前記計測チャンバの下方に設けられ、前記計測チャンバに前記気泡を導入する導入管と、
前記計測チャンバの上方に設けられ、前記気泡を含む前記液体を吸い上げて前記計測チャンバへ供給する供給ポンプと、
前記撮影面を通過する前記液体の流速を調整する流速調整機構と、
を有し、
前記撮影面を通過する前記液体の流速が、前記流速調整機構により、前記気泡が測定可能となる範囲に合わせて調整されており、
前記範囲が、前記撮影装置の画像分解能、及びシャッター速度に応じて予め求められていること、を特徴とする、気泡測定装置。
- [請求項2] 前記流速調整機構は、前記供給ポンプからの吐出量を調整することにより前記液体の流速を調整する、請求項1に記載の気泡測定装置。
- [請求項3] 前記撮影装置の前記画像分解能が $1\ \mu\text{m}$ であり、前記シャッター速度が $1/2000$ 秒に設定され、前記気泡の最小気泡径が $1\ \mu\text{m}$ であるときに、前記流速調整機構は、前記撮影面を通過する前記液体の流速が $100\sim200\text{mm}/\text{秒}$ の流速範囲に調整する請求項1または2に記載の気泡測定装置。
- [請求項4] 予め調べた前記気泡が測定可能な前記液体の流速を記憶する記憶手段と、
前記記憶手段に記憶された前記液体の流速に応じて前記流速調整機構を制御する制御手段と、を更に有する請求項1乃至3のいずれか一項に記載の気泡測定装置。
- [請求項5] 液体中を移動する気泡を測定する気泡測定方法であって、

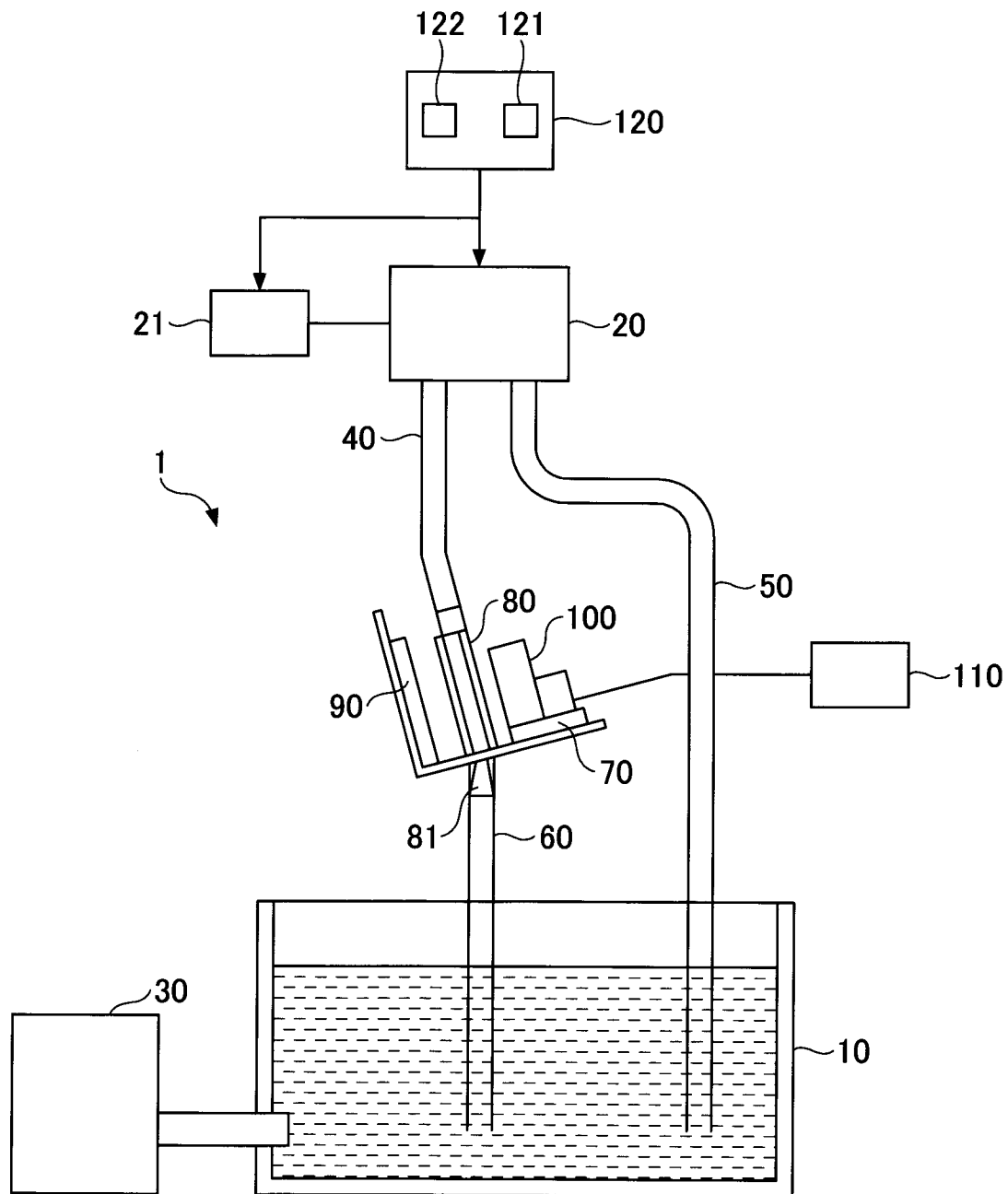
測定対象の気泡を含む液体を、撮影面を有する計測チャンバ内に下方から導入する工程と、

前記撮影面を通過する気泡を、撮影装置を用いて撮影する工程と、

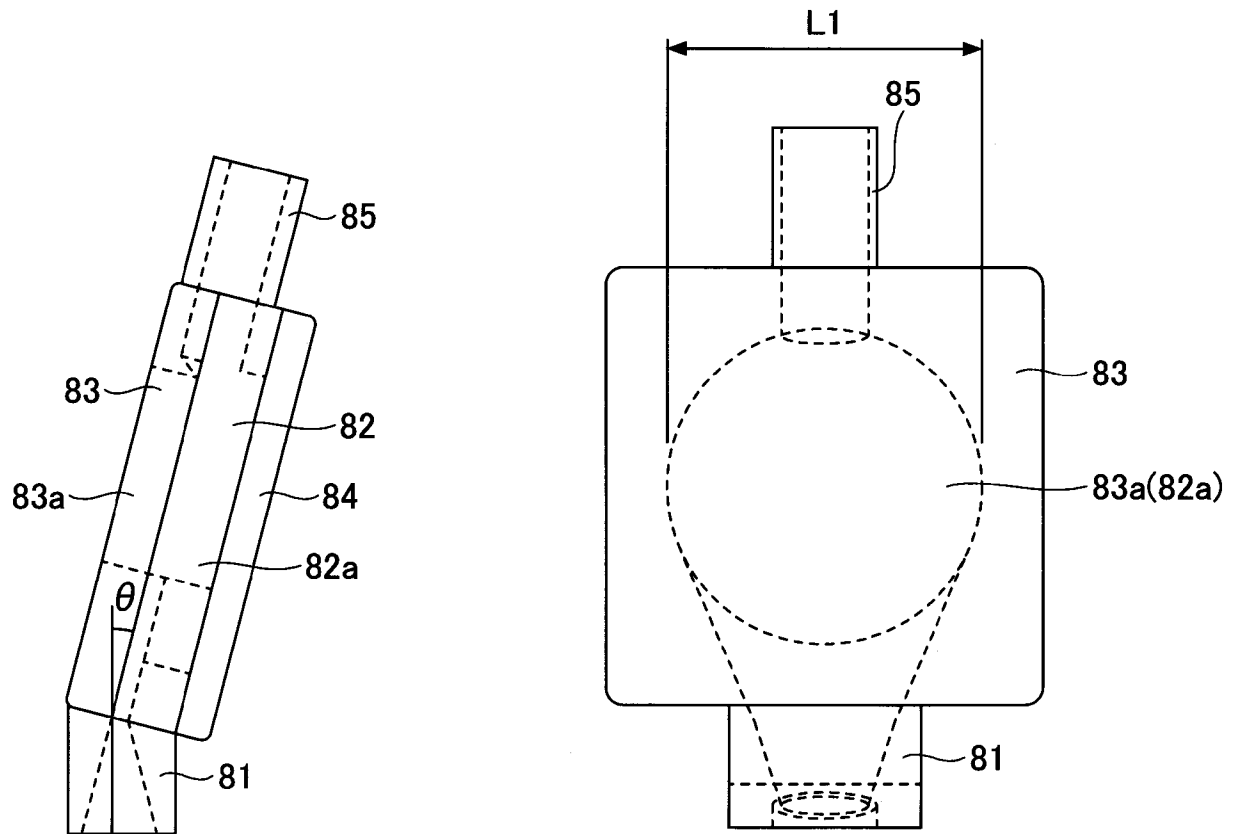
前記撮影装置を用いて撮影した画像から、前記気泡を測定する工程と、を有し、

前記気泡を含む液体を前記計測チャンバ内に導入する工程は、予め調べた、前記撮影装置の画像分解能とシャッター速度で前記気泡が測定可能な流速に合わせた状態で行われる気泡測定方法。

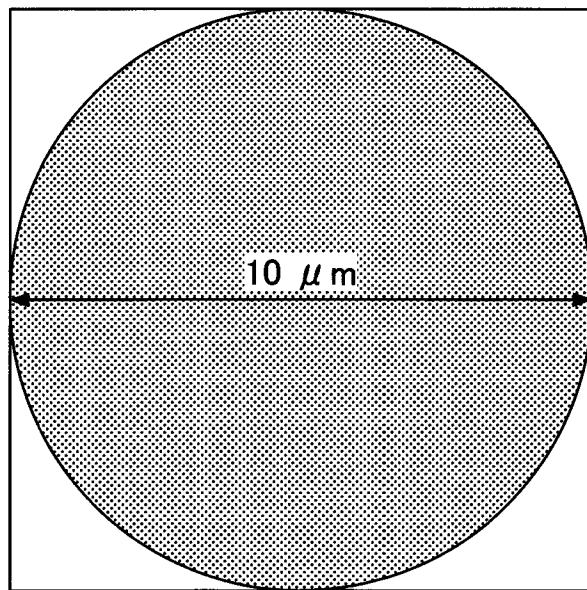
[図1]



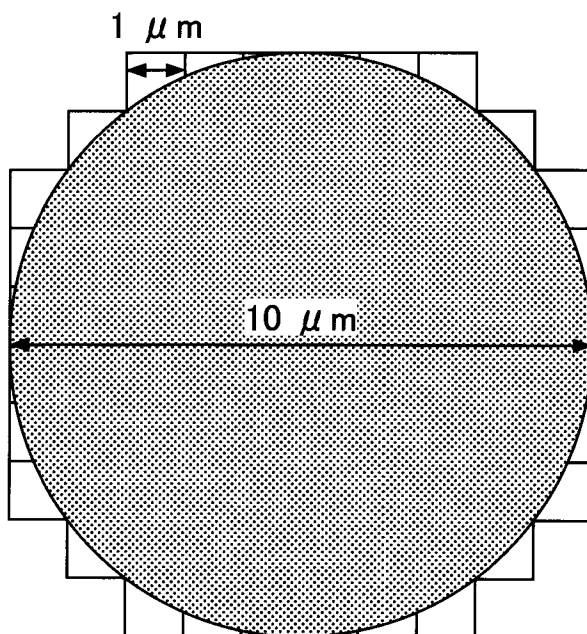
[図2]



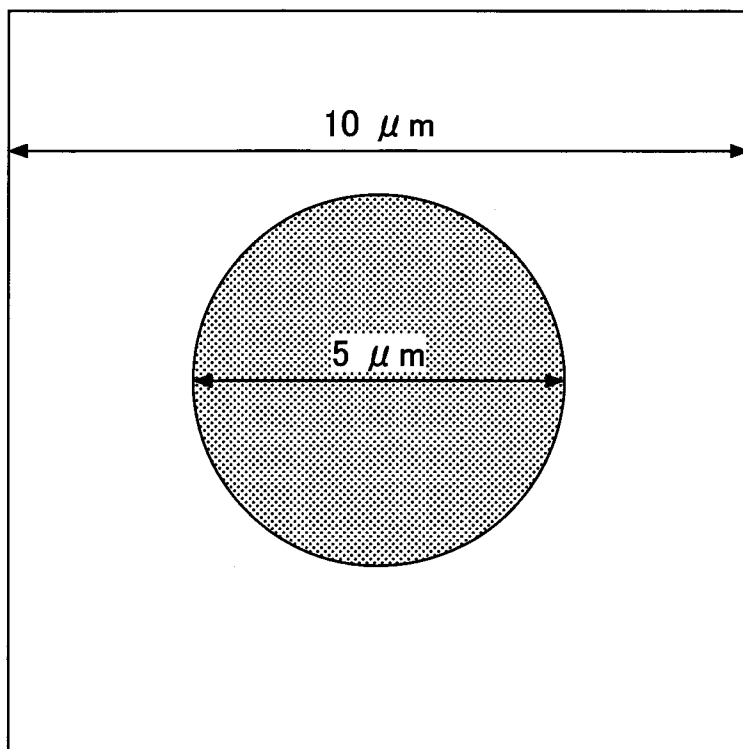
[図3A]



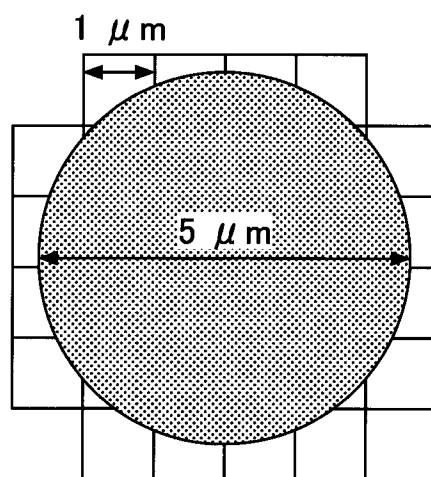
[図3B]



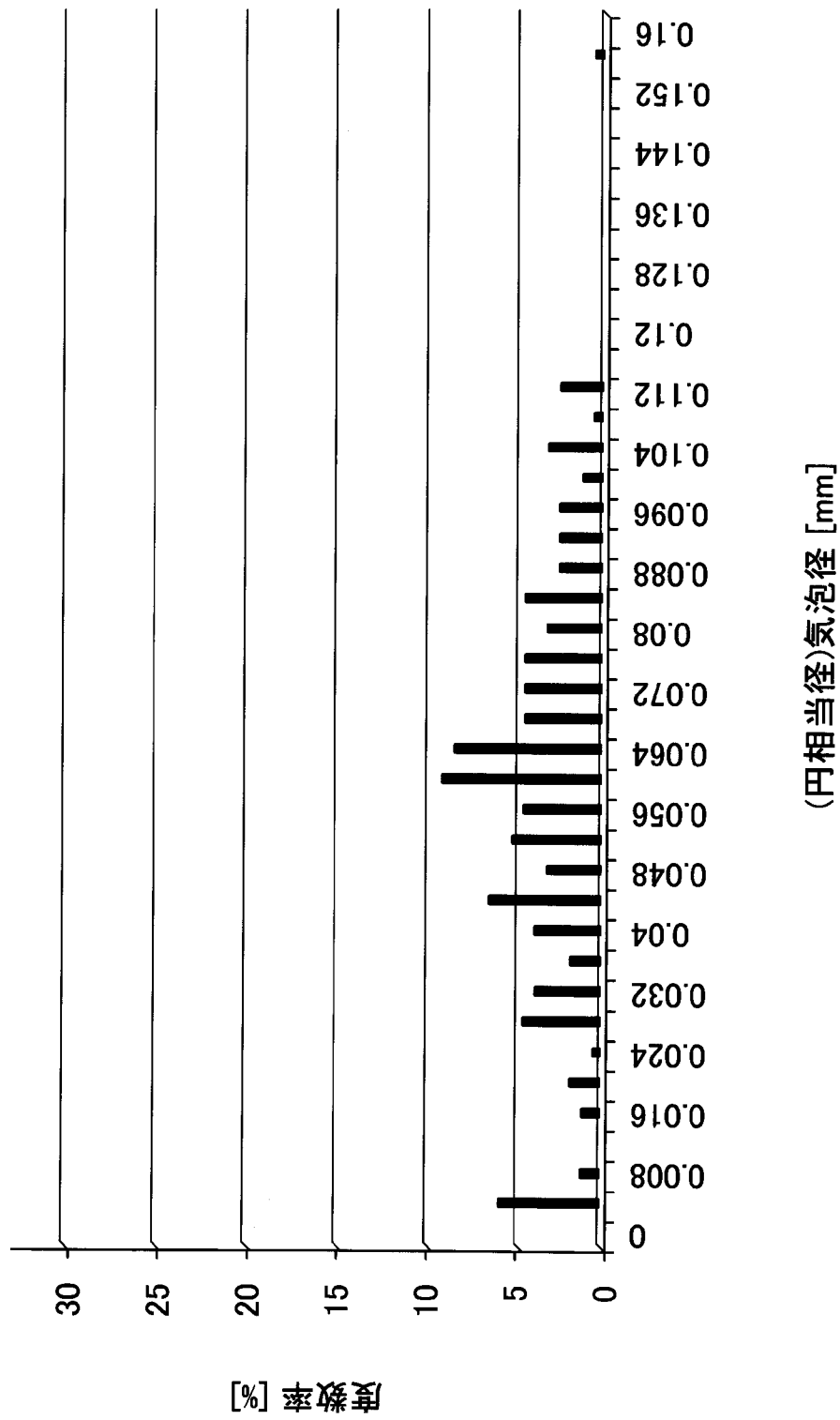
[図3C]



[図3D]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/038746

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01N 15/02**(2006.01)i

FI: G01N15/02 B

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)

G01N15/02

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 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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	CN 104596898 A (TIANJIN UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY) 06 May 2015 (2015-05-06) claims 1-5, paragraphs [0029]-[0062]	1-2, 5
Y	claims 1-5, paragraphs [0029]-[0062]	3-4
Y	WO 2019/181765 A1 (SHIMADZU CORP.) 26 September 2019 (2019-09-26) paragraphs [0032]-[0062], fig. 1	3-4
Y	JP 7-286953 A (TOA MEDICAL ELECTRONICS CO., LTD.) 31 October 1995 (1995-10-31) paragraphs [0042]-[0044], [0049], [0089]	3-4
Y	JP 2011-179899 A (HORIBA LTD.) 15 September 2011 (2011-09-15) paragraphs [0046]-[0052], fig. 4	4
A	WO 2020/132768 A1 (UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE) 02 July 2020 (2020-07-02) entire text, all drawings	1-5



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

23 December 2021

Date of mailing of the international search report

11 January 2022

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

International application No.

PCT/JP2021/038746

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2020-056743 A (THE NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) 09 April 2020 (2020-04-09) paragraph [0027]	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/038746

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	104596898	A	06 May 2015	(Family: none)	
WO	2019/181765	A1	26 September 2019	US 2020/0376448 A1 paragraphs [0039]-[0074], fig. 1	
JP	7-286953	A	31 October 1995	US 5644388 A column 6, line 63 to column 7, line 28, column 8, lines 1-18, column 13, lines 13-20	
JP	2011-179899	A	15 September 2011	(Family: none)	
WO	2020/132768	A1	02 July 2020	(Family: none)	
JP	2020-056743	A	09 April 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01N 15/02(2006.01)i FI: G01N15/02 B														
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）） G01N15/02 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
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	CN 104596898 A (TIANJIN UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY) 06.05.2015 (2015 - 05 - 06) 請求項1-5, [0029]-[0062]	1-2, 5												
Y	請求項1-5, [0029]-[0062]	3-4												
Y	WO 2019/181765 A1 (株式会社島津製作所) 26.09.2019 (2019 - 09 - 26) [0032]-[0062], 図1	3-4												
Y	JP 7-286953 A (東亜医用電子株式会社) 31.10.1995 (1995 - 10 - 31) [0042]-[0044], [0049], [0089]	3-4												
Y	JP 2011-179899 A (株式会社堀場製作所) 15.09.2011 (2011 - 09 - 15) [0046]-[0052], 図4	4												
A	WO 2020/132768 A1 (UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE) 02.07.2020 (2020 - 07 - 02) 全文, 全図	1-5												
A	JP 2020-056743 A (国立研究開発法人産業技術総合研究所) 09.04.2020 (2020 - 04 - 09) [0027]	1-5												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 23.12.2021		国際調査報告の発送日 11.01.2022												
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） 前田 敏行 2J 6096 電話番号 03-3581-1101 内線 3252												

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/JP2021/038746

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN	104596898	A	06.05.2015	(ファミリーなし)	
WO	2019/181765	A1	26.09.2019	US 2020/0376448 A1	
				[0039]-[0074], 図1	
JP	7-286953	A	31.10.1995	US 5644388 A	
				第6欄63行-第7欄28行, 第8欄1-8行, 第13欄13-20行	
JP	2011-179899	A	15.09.2011	(ファミリーなし)	
WO	2020/132768	A1	02.07.2020	(ファミリーなし)	
JP	2020-056743	A	09.04.2020	(ファミリーなし)	