

(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
2014 年 9 月 25 日(25.09.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/148375 A1

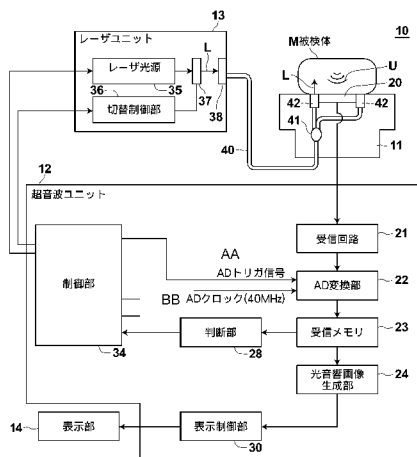
- (51) 国際特許分類:
A61B 8/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/056868
- (22) 国際出願日: 2014 年 3 月 14 日(14.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-057641 2013 年 3 月 21 日(21.03.2013) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社(FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布 2 丁目 2 6 番 3 0 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 広田 和弘(HIROTA Kazuhiro); 〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 小田原 修一, 外(ODAHARA Shuichi et al.); 〒2500111 神奈川県南足柄市竹松 1 2 5 0 番地 F F T P M O 棟 6 F Kanagawa (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: PHOTOACOUSTIC MEASUREMENT DEVICE, PHOTOACOUSTIC MEASUREMENT METHOD, AND PROBE CONTACT DETERMINATION METHOD

(54) 発明の名称: 光音響計測装置および光音響計測方法並びにプローブの接触判断方法

FIG. 1



- AA AD trigger signal
BB AD clock (40 MHz)
M Subject
12 Ultrasonic unit
13 Laser unit
14 Display unit
21 Receiving circuit
22 AD conversion unit
23 Receiving memory
24 Photoacoustic image generation unit
28 Determination unit
30 Display control unit
34 Control unit
35 Laser source
36 Switch control unit

(57) Abstract: A photoacoustic measurement device (10) comprising with a light emission unit that emits measurement light (L) and a probe (11) having multiple acoustic detection elements, said photoacoustic measurement device further comprising a determination unit (28) which determines whether the probe (11) is in contact or not in contact with the subject (M), and a light intensity control unit (for example, a switch control unit (36) and an intensity switching unit (37)) which controls the intensity of the measurement light to a first intensity or a second intensity that is greater than the first intensity according to the determination result of the determination unit (28). The determination unit (28) carries out determination on the basis of the manner of change in multiple acoustic signals detected by the multiple acoustic detection elements.

(57) 要約: 測定光 L を出射する光出射部および複数の音響波検出素子を有するプローブ 11 を備える光音響計測装置 10 において、プローブ 11 および被検体 M が接触状態にあるかまたは非接触状態にあるかの判断を行う判断部 28 と、判断部 28 による判断結果に応じて測定光の強度を第 1 強度またはこれよりも大きい第 2 強度に制御する光強度制御部 (例えば切替制御部 36 および強度切替部 37) とを備える。判断部 28 は、複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて上記判断を行う。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

光音響計測装置および光音響計測方法並びにプローブの接触判断方法

技術分野

[0001] 本発明は、被検体内で発生した光音響信号に基づいて被検体内の計測を行うための光音響計測装置に関するものである。また本発明は、その装置を用いて実施される光音響計測方法およびプローブの接触判断方法に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、光音響効果を利用した非侵襲の計測法が注目されている。この計測法は、所定の波長（例えば、可視光、近赤外光又は中間赤外光の波長帯域）を有するパルス光を被検体に照射し、被検体内の吸収物質がこのパルス光のエネルギーを吸収した結果生じる弾性波である光音響波を検出して、その吸収物質の濃度を定量的に計測するものである。被検体内の吸収物質とは、例えば血液中に含まれるグルコースやヘモグロビンなどである。また、このような光音響波を検出しその検出信号に基づいて光音響画像を生成する技術は、光音響イメージング（P A I : Photoacoustic Imaging）或いは光音響トモグラフィー（P A T : Photo Acoustic Tomography）と呼ばれる。

[0003] 上記のような光音響計測においては、光ファイバ等の光出射部と圧電素子等の音響波検出素子とを内包するプローブによって光音響波が検出される。しかしながら、上記のようなプローブを使用した場合、ハンドリング性能が向上する反面、意図しない方向に測定光が放出されてしまうという問題が生じうる。

[0004] そこで、このような問題を解決するべく、例えば特許文献 1 から 4 は、プローブと被検体とが接触状態にあるか否かの接触判断を行い、その判断結果に応じて測定光の強度を増減させる方法を開示している。

[0005] 具体的には、特許文献1には、圧電センサによる検出信号から所定の2つのピークを抽出し、これらのピーク位置の情報に基づいて接触判断を行い、その判断結果に応じて測定光の強度を増加させることが開示されている。また特許文献2または3には、直前に取得した超音波画像に基づいて接触判断を行い、その判断結果に応じて測定光を出射させることが開示されている。また特許文献4には、距離計測用レーザ光によって計測した距離に基づいて接触判断を行い、その判断結果に応じて測定光を出射させることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-011593号公報

特許文献2：特開2012-187389号公報

特許文献3：特開2012-205886号公報

特許文献4：特開2012-187394号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1の方法では、単一の音響波検出素子（圧電センサ）によって検出された光音響信号量からグルコース量やヘモグロビン量を計測することが前提であるため、必ずしもそのような方法が、複数の音響波検出素子を有するプローブを使用した光音響計測に適したものであるとは言えない。例えば、複数の音響波検出素子を有するプローブを使用した場合に、1つの音響波検出素子が信号を検出しているも、プローブの当接部（或いは検出面）の大部分が露出していることもあり得る。

[0008] また、フレームレートの向上やプローブの小型化を考慮すると、より簡便な方法で接触判断を行えることが好ましい。

[0009] 本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、複数の音響波検出素子を有するプローブを使用した光音響計測において、より簡便な方法で接触判断

を行うことを可能とする光音響計測装置および光音響計測方法並びにプローブの接触判断方法を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

- [0010] 上記課題を解決するために、本発明の光音響計測装置は、
- 測定光を出射する光出射部および複数の音響波検出素子を有するプローブを備え、測定光の出射に起因する被検体からの光音響信号を上記複数の音響波検出素子によって計測する光音響計測装置において、
- プローブおよび被検体が接触状態にあるかまたは非接触状態にあるかの判断を行う判断部と、
- 判断部においてプローブおよび被検体が非接触状態にあると判断されたときに測定光の強度を第1強度に制御し、プローブおよび被検体が接触状態にあると判断されたときに測定光の強度を第1強度よりも大きい第2強度に制御する光強度制御部とを備え、
- 判断部が、複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて上記判断を行うものである。
- [0011] そして、本発明の光音響計測装置において、判断部は、複数の光音響信号に基づいてこれらの複数の光音響信号をそれぞれ検出している音響波検出素子の個数を算出し、当該個数の変化を上記複数の光音響信号の変化として決定し、上記個数と閾値個数とを比較したときの大小に基づいて上記判断を行うものとしてすることができる。
- [0012] 上記個数の変化を上記複数の光音響信号の変化として決定する場合において、接触状態から非接触状態への変化を判断するときの閾値個数は、非接触状態から接触状態への変化を判断するときの閾値個数よりも小さいことが好ましい。または、接触状態から非接触状態への変化を判断するときの閾値個数と、非接触状態から接触状態への変化を判断するときの閾値個数とは同一にしてもよい。
- [0013] また、上記個数の変化を上記複数の光音響信号の変化として決定する場合において、判断部は、複数の音響波検出素子のうち特定の音響波検出素子の

みを対象にして上記個数を計数するものとすることができる。この場合において、特定の音響波検出素子は、配列された複数の音響波検出素子のうち、中央近傍の連続した音響波検出素子であることが好ましい。

[0014] 或いは、本発明の光音響計測装置において、判断部は、複数の光音響信号に基づいて生成された光音響画像における、被検体中の吸収体を表す吸収体領域および測定光の出射に起因するアーチファクトを表すアーチファクト領域の出現または消失を検出し、上記吸収体領域及び上記アーチファクト領域の出現または消失を上記複数の光音響信号の変化として決定し、上記吸収体領域及び上記アーチファクト領域の出現および消失の組合せに基づいて上記判断を行うものとすることができる。

[0015] また本発明の光音響計測装置において、上記吸収体領域及び上記アーチファクト領域の出現または消失を上記複数の光音響信号の変化として決定する場合、判断部は、接触状態から非接触状態への変化を判断する際、光音響画像中にアーチファクト領域が検出されたときに、プローブおよび被検体の状態が接触状態から非接触状態へ変化したと判断するものとすることができる。また、判断部は、非接触状態から接触状態への変化を判断する際、光音響画像中にアーチファクト領域が検出され、当該検出以後に吸収体領域が検出されたときに、プローブおよび被検体の状態が非接触状態から接触状態へ変化したと判断するものとすることもできる。

[0016] 本発明の光音響計測方法は、

測定光を出射する光出射部および複数の音響波検出素子を有するプローブを使用し、

複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて、プローブおよび被検体が接触状態にあるかまたは非接触状態にあるかの判断を行い、

測定光の強度を、プローブおよび被検体が非接触状態にあると判断されたときに第1強度に制御し、プローブおよび被検体が接触状態にあると判断されたときに第1強度よりも大きい第2強度に制御して、被検体からの光音響

信号を計測するものである。

[0017] そして、本発明の光音響計測方法において、複数の光音響信号に基づいてこの複数の光音響信号をそれぞれ検出している音響波検出素子の個数を算出し、当該個数の変化を上記複数の光音響信号の変化として決定し、上記個数と閾値個数とを比較したときの大小に基づいて上記判断を行うことができる。

[0018] また上記光音響計測方法において、上記個数の変化を上記複数の光音響信号の変化として決定する場合、接触状態から非接触状態への変化を判断するときの閾値個数は、非接触状態から接触状態への変化を判断するときの閾値個数よりも小さいことが好ましい。

[0019] また上記光音響計測方法において、上記個数の変化を上記複数の光音響信号の変化として決定する場合、複数の音響波検出素子のうち特定の音響波検出素子のみを対象にして上記個数を計数することができる。

[0020] 或いは、本発明の光音響計測方法において、複数の光音響信号に基づいて生成された光音響画像における、被検体中の吸収体を表す吸収体領域および測定光の出射に起因するアーチファクトを表すアーチファクト領域の出現または消失を検出し、上記吸収体領域及び上記アーチファクト領域の出現または消失を複数の光音響信号の変化として決定し、上記吸収体領域及び上記アーチファクト領域の出現および消失の組合せに基づいて上記判断を行うことができる。

[0021] 上記光音響計測方法において、上記吸収体領域及び上記アーチファクト領域の出現または消失を上記複数の光音響信号の変化として決定する場合、接触状態から非接触状態への変化を判断する際、光音響画像中にアーチファクト領域が検出されたときに、プローブおよび被検体の状態が接触状態から非接触状態へ変化したと判断することができる。また、非接触状態から接触状態への変化を判断する際、光音響画像中にアーチファクト領域が検出され、当該検出以後に吸収体領域が検出されたときに、プローブおよび被検体の状態が非接触状態から接触状態へ変化したと判断することもできる。

- [0022] 本発明のプロープの接触判断方法は、
測定光を出射する光出射部および複数の音響波検出素子を有するプロープを使用し、
複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて、プロープおよび被検体が接触状態にあるかまたは非接触状態にあるかの判断を行うものである。
- [0023] そして、本発明の接触判断方法において、複数の光音響信号に基づいてこの複数の光音響信号をそれぞれ検出している音響波検出素子の個数を算出し、当該個数の変化を上記複数の光音響信号の変化として決定し、上記個数と閾値個数とを比較したときの大小に基づいて上記判断を行うことができる。
- [0024] 或いは、本発明の接触判断方法において、複数の光音響信号に基づいて生成された光音響画像における、被検体中の吸収体を表す吸収体領域および測定光の出射に起因するアーチファクトを表すアーチファクト領域の出現または消失を検出し、上記吸収体領域及び上記アーチファクト領域の出現または消失を複数の光音響信号の変化として決定し、上記吸収体領域及び上記アーチファクト領域の出現および消失の組合せに基づいて上記判断を行うことができる。
- [0025] 上記接触判断方法において、上記吸収体領域及び上記アーチファクト領域の出現または消失を上記複数の光音響信号の変化として決定する場合、接触状態から非接触状態への変化を判断する際、光音響画像中にアーチファクト領域が検出されたときに、プロープおよび被検体の状態が接触状態から非接触状態へ変化したと判断することができる。

発明の効果

- [0026] 本発明の光音響計測装置は、複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて接触判断を行う判断部を有するから、プロープおよび被検体の接触状態を従来より細かく把握することが可能となる。また、本発明によれば、接触検知用の他の構成要素（例えば接触検知用センサや測長手段）を設ける必要がない。この結果、複数の音響波検出素

子を有するプローブを使用した光音響計測において、従来より簡便な方法で接触判断を行うことが可能となる。

[0027] そして、本発明の光音響計測方法およびプローブの接触判断方法は、複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて接触判断を行うから、プローブおよび被検体の接触状態を従来より細かく把握することが可能となる。この結果、上記同様に、複数の音響波検出素子を有するプローブを使用した光音響計測において、従来より簡便な方法で接触判断を行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]第1の実施形態の光音響計測装置の構成を示す概念図である。

[図2]図2 Aはプローブの構成を示す概略正面図であり、図2 Bはプローブの構成を示す概略側面図である。

[図3]信号を検出している音響波検出素子の個数に基づく接触判断の例（すべての検出素子を使用した場合）を示す概念図である。

[図4]信号を検出している音響波検出素子の個数に基づく接触判断の例（両端の検出素子を使用した場合）を示す概念図である。

[図5]第1の実施形態の光音響計測方法の工程を示すフロー図である。

[図6]図6 Aは反射光に起因するアーチファクト信号を示す概念図であり、図6 Bはアーチファクト領域が出現した光音響画像を示す概念図である。

[図7]吸収体領域またはアーチファクト領域の出現および消失の組合せに基づく接触判断の例を示す概念図である。

[図8]第3の実施形態の光音響計測装置の構成を示す概念図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明するが、本発明はこれに限られるものではない。なお、視認しやすくするため、図面中の各構成要素の縮尺等は実際のものとは適宜異ならせてある。

[0030] 「第1の実施形態」

まず、本発明の光音響計測装置および光音響計測方法並びにプローブの接

触判断方法の第 1 の実施形態について説明する。図 1 は、第 1 の実施形態の光音響計測装置の構成を示す概念図であり、図 2 A はプローブの構成を示す概略正面図であり、図 2 B はプローブの構成を示す概略側面図である。

[0031] 本実施形態の光音響計測装置 10 は、例えば光音響信号に基づいて光音響画像を生成する光音響画像生成機能を有する。具体的には図 1 に示されるように、本実施形態の光音響計測装置 10 は、超音波探触子（プローブ）11、超音波ユニット 12、レーザユニット 13 および表示部 14 を備えている。

[0032] <プローブ>

プローブ 11 は、被検体に向けて超音波を照射したり、被検体 M 内を伝搬する音響波 U を検出したりするものである。すなわち、プローブ 11 は、被検体 M に対する超音波の照射（送信）、および被検体 M から反射して戻って来た反射超音波（反射音響波）の検出（受信）を行うことができる。さらにプローブ 11 は、被検体 M 内の吸収体 65 がレーザ光を吸収することにより被検体 M 内に発生した光音響波の検出も行いうことができる。なお本明細書において、「音響波」とは超音波および光音響波を含む意味である。ここで、「超音波」とはプローブにより送信された弾性波を意味し、「光音響波」とは測定光の照射による光音響効果により被検体 M 内に発生した弾性波を意味する。また吸収体 65 としては、例えば血管、金属部材等が挙げられる。

[0033] 本実施形態のプローブ 11 は、例えば図 1 および図 2 に示されるように、振動子アレイ 20、光ファイバ 40、導光板 42 およびこれらを包含する筐体 45 を備える。振動子アレイ 20 は、例えば一次元または二次元に配列された複数の超音波振動子 20a（音響波検出素子）から構成される。超音波振動子 20a は、例えば、圧電セラミクス、またはポリフッ化ビニリデン（P V D F）のような高分子フィルムから構成される圧電素子である。超音波振動子 20a は、音響波 U を受信した場合にその受信信号を電気信号に変換する機能を有している。この電気信号は後述する受信回路 21 に出力される。プローブ 11 は、セクタ走査対応、リニア走査対応、コンベックス走査対

応等の中から撮像部位に応じて選択される。また、必要に応じて、音響波をより効率よく検出するために、音響レンズ等の音響整合部材を振動子アレイ 20 の検出面（プローブ 11 の当接部）に設けてもよい。

[0034] 光ファイバ 40 は、レーザユニット 13 から出射したレーザ光 L を導光板 42 にまで導く。光ファイバ 40 は、特に限定されず、石英ファイバ等の公知のものを使用することができる。例えば本実施形態では、レーザ光 L は、レーザユニット 13 からプローブ 11 の内部まで 1 本の光ファイバで導光され、プローブ 11 の内部で分岐カプラ 41 によって複数に分岐されて、後述する 2 つの導光板 42 へ導光されている。また、必ずしも 1 本の光ファイバにより導光する必要はなく、バンドルファイバを使用することもできる。

[0035] 導光板 42 は、例えばアクリル板や石英板の表面に特殊な加工を施して、一方の端面から入れた光を他方の端面から均一に面発光させる板である。導光板 42 は、本実施形態において本発明の光出射部に相当する。図 2 に示されるように、本実施形態では 2 つの導光板 42 が、振動子アレイ 20 を挟んで対向するように、振動子アレイ 20 のエレベーション方向（振動子アレイのアレイ方向に垂直で検出面に平行な方向）の両側に配置されている。光ファイバ 40 と導光板 42 とは互いに光学的に結合されている。

[0036] 導光板 42 において光ファイバ 40 と結合された側の部分は、図 2 に示されるように、例えばテーパ形状に形成される。これにより、測定光の照射範囲を効率よく広げることができる。さらに、導光板 42 において光ファイバ 40 と結合される部分は、光エネルギーによる破損を回避するために、ガラス材料で形成されることが好ましい。一方、導光板 42 のその他の部分は、例えばアクリル等の樹脂材料で形成される。

[0037] 光ファイバ 40 によって導光されたレーザ光 L は、導光板 42 に入射した後、反対側の端部から被検体 M に照射される。導光板 42 は、被検体 M のより広範囲をレーザ光 L によって照射できるように、その先端部に光を拡散させる機構（散乱粒子を包含する樹脂等）または光の進行方向を振動子アレイ 20 側へ向ける機構（光を屈折させるための切り欠き等）を有していてもよ

い。

[0038] プローブ 11 を上記のように構成することにより、同じ撮像範囲についての反射音響画像としての超音波画像および光音響画像を精度よく生成することができる。これにより、超音波画像と光音響画像の複雑な位置合わせ処理が不要となる場合もある。

[0039] <レーザユニット>

レーザユニット 13 は、被検体 M に照射すべきレーザ光 L を測定光として出射する光源部である。このレーザ光を被検体 M が吸収することにより被検体 M 内で光音響波が発生する。レーザユニット 13 が出射するレーザ光は、例えば光ファイバ 40 などの導光手段を用いてプローブ 11 の先端まで導光され、プローブ 11 から被検体 M に照射される。

[0040] 本実施形態のレーザユニット 13 は、例えば、Q スイッチアレキサンドライトレーザのようなレーザ光源 35 と、強度切替部 37 を用いてレーザ光源 35 から出射したレーザ光 L の強度（或いは光量）を増減させる切替制御部 36 と、強度が調整されたレーザ光 L を光ファイバ 40 に接続する接続部 38 とを有する。切替制御部 36 および強度切替部 37 が本発明における光強度制御部に相当する。

[0041] 強度切替部 37 は、例えば ND（neutral density）フィルタである。この場合、レーザ光 L の強度は、この ND フィルタの有無によって調整される。そして、切替制御部 36 は、後述する判断部 28 の接触判断の判断結果に応じて強度切替部 37 を制御（例えば ND フィルタを、レーザ光 L の光路上に配置する、又はレーザ光 L の光路上から退避させる）して、レーザ光 L の光強度の大小を切り換える。具体的には、接触判断の結果、プローブ 11 および被検体 M が非接触状態にあると判断されたとき、切替制御部 36 は、例えば ND フィルタをレーザ光 L の光路上に配置して、レーザ光 L の強度を第 1 強度に制御する。一方、接触判断の結果、プローブ 11 および被検体 M が接触状態にあると判断されたとき、切替制御部 36 は、例えば ND フィルタをレーザ光 L の光路上から退避させて、レーザ光 L の強度を第 1 強度よりも大

きい第2強度に制御する。例えば、第2強度は、所望の光音響計測を実施する上で必要とされる光強度である。また、第1強度は、レーザ光の安全基準に則した適切な強度とする。一例としては、波長756nmのレーザ光を使用する場合、10cm離れた位置で直径7mmの領域に入射するエネルギー量としての第1強度の目安は、クラス3Rレベルに光強度を下げるためには84μJであり、クラス1レベルに光強度を下げるためには16μJである。

[0042] レーザユニット13は、制御部34内のトリガ制御回路（図示省略）が光トリガ信号を出力すると、フラッシュランプを点灯し、レーザ光源35を励起する。本実施形態ではレーザユニット13は、レーザ光として1~100nsのパルス幅を有するパルス光を出力するものであることが好ましい。レーザ光の波長は、計測の対象となる被検体内の吸収体の光吸収特性によって適宜決定される。生体内のヘモグロ빈は、その状態（酸素化ヘモグロ빈、脱酸素化ヘモグロ빈、メトヘモグロ빈等）により光学的な吸収特性が異なるが、一般的には360~1000nmの光を吸収する。したがって、生体内でのヘモグロ빈を計測する場合には、他の生体物質の吸収が比較的少ない600~1000nmの程度とすることが好ましい。また、被検体のより深部まで届くという観点から、レーザ光の波長は700~1000nmであることが好ましく、特に近赤外波長域（700~850nm）であることが好ましい。

[0043] なお、レーザ光源35としては、特定の波長成分又はその成分を含む単色光を発生する半導体レーザ（LD）、他の固体レーザ、ガスレーザ等の光源を用いることもできる。

[0044] <超音波ユニット>

本実施形態の超音波ユニット12は、受信回路21、AD変換部22、受信メモリ23、光音響画像生成部24、判断部28、表示制御部30および制御部34を有する。

[0045] 制御部34は、光音響計測装置10の各部を制御するものであり、本実施

形態では例えばトリガ制御回路を備える。トリガ制御回路は、例えば光音響計測装置の起動の際に、レーザユニット 13 に光トリガ信号を送る。これによりレーザユニット 13 で、フラッシュランプが点灯し、レーザロッドの励起が開始される。そして、レーザロッドの励起状態は維持され、レーザユニット 13 はレーザ光を出力可能な状態となる。

[0046] その後、制御部 34 は、トリガ制御回路からレーザユニット 13 へ Q s w トリガ信号を送信する。つまり、制御部 34 は、この Q s w トリガ信号によってレーザユニット 13 からのレーザ光の出力タイミングを制御している。例えば、制御部 34 は、プローブ 11 に設けられた所定のスイッチが押された時に、Q s w トリガ信号の送信を開始するように構成することができる。このように構成すれば、スイッチが押された時のプローブ 11 の位置をプローブ走査の開始地点として決定することができる。さらに次に当該スイッチが押された時に Q s w トリガ信号の送信を終了するように構成すれば、当該スイッチが押された時のプローブ 11 の位置をプローブ走査の終了地点として決定することができる。

[0047] また本実施形態では、制御部 34 は、Q s w トリガ信号の送信と同時にサンプリングトリガ信号を A D 変換部 22 に送信する。サンプリングトリガ信号は、A D 変換部 22 における光音響信号のサンプリングを開始させる信号である。このように、Q s w トリガ信号の送信と同時にサンプリングトリガ信号を送信することにより、レーザ光の出力と同期して光音響信号をサンプリングすることが可能となる。

[0048] 受信回路 21 は、プローブ 11 で検出された光音響信号を受信する。受信回路 21 で受信された光音響信号は A D 変換部 22 に送信される。

[0049] A D 変換部 22 は、サンプリング手段であり、制御部 34 から送信されたサンプリングトリガ信号を受信すると、受信回路 21 が受信した光音響信号をサンプリングしてデジタル信号に変換する。A D 変換部 22 は、例えば外部から入力する所定周波数の A D クロック信号に基づいて、所定のサンプリング周期で受信信号をサンプリングする。

- [0050] 受信メモリ 23 は、A/D変換部 22 でサンプリングされた光音響信号を記憶する。そして、受信メモリ 23 は、プローブ 11 によって検出された光音響信号を光音響画像生成部 24 に出力する。
- [0051] 光音響画像生成部 24 は、受信メモリ 23 から出力された光音響信号データを再構成して、光音響画像を生成する。具体的には、光音響画像生成部 24 は、各超音波振動子 20a の位置に応じた遅延時間で各超音波振動子 20a からの信号データを加算し、1 ライン分の信号データを生成する（遅延加算法）。光音響画像生成部 24 は、遅延加算法に代えて、フーリエ変換法を用いて再構成を行ってもよい。再構成されたデータは、検波処理および対数変換処理等の信号処理を経て、断層画像として構築される。
- [0052] 表示制御部 30 は、光音響画像生成部 24 から出力された光音響画像データに基づいて、光音響画像をディスプレイ装置等の表示部 14 に表示させる。表示制御部 30 は、二次元配列された振動子アレイをプローブ 11 が有することにより、またはプローブ走査により、複数の二次元の光音響画像が取得された場合には、例えば、それらの光音響画像に基づいてボリュームデータを作成し、三次元画像として合成画像を表示部 14 に表示させることもできる。
- [0053] 判断部 28 は、振動子アレイ 20（つまり複数の超音波振動子）によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて、プローブ 11 および被検体 M が接触状態にあるかまたは非接触状態にあるかの判断を行う。プローブ 11 および被検体 M の距離や接触の仕方に応じて、振動子アレイ 20 によって検出される光音響信号の内容（その強度およびピーク幅等の形状並びに信号が現に検出されている位置）は変化する。そこで、判断部 28 は複数の光音響信号の変化の態様に基づいて接触判断を行う。
- [0054] 具体的には、例えば判断部 28 は、複数の光音響信号に基づいてこの複数の光音響信号をそれぞれ検出している超音波振動子 20a の個数を算出し、当該個数の変化を上記複数の光音響信号の変化として決定して、上記個数と閾値個数とを比較したときの大小に基づいて上記判断を行うことができる。

上記個数の変化を上記複数の超音波信号の変化として決定する場合において、超音波信号とは、特に、被検体M中の吸収体からの超音波信号を意味する。また閾値個数とは、接触状態であると判断されるための最小個数を意味する。例えば、上記個数がN個以上であるとき、プローブ11および被検体Mは接触状態にある（閾値個数＝N）という基準を設けておけば、判断部28は、上記個数がN－1個からN個に変化した時にプローブ11および被検体Mの状態が非接触状態から接触状態に至ったと判断し、上記個数がN個からN－1個に変化した時にその状態が接触状態から非接触状態に至ったと判断する。例えば、上記閾値個数を、2個以上に設定したりまたは複数の超音波振動子の総数の1／2個以上に設定したりすれば、1つの素子のみから信号が検出されているような接触状態よりも、より測定光が漏れない接触状態を段階的に把握することができる。

[0055] また上記では、非接触状態から接触状態への変化を判断するときの閾値個数と、接触状態から非接触状態への変化を判断するときの閾値個数が同一である場合について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、接触状態から非接触状態への変化を判断するときの閾値個数を、非接触状態から接触状態への変化を判断するときの閾値個数よりも小さく設定することができる。

[0056] 図3は、このような接触判断の例を示す概念図である。例えば図3では、18個の超音波振動子20aから構成される振動子アレイ20が2つの導光板42によって挟まれた状態を示している。まず、プローブと被検体とが離れているときは、どの超音波振動子20aによっても超音波信号は検出されていない（図3の（a））。そして、プローブと被検体とが接触し始めると、信号を実際に検出している超音波振動子20a（図3の（b）の網かけ部分）の個数は増加していく（図3の（b））。さらに、上記素子の個数が、非接触状態から接触状態への変化を判断するときの閾値個数（図3では15個）に達した時、つまり左端から15番目の超音波振動子46aが信号を検出した時、判断部28は接触状態に至ったと判断し、その判断結果は制御部

34を介して切替制御部36に送信される。この結果、導光板42から第2強度のレーザ光が出射することになる(図3の(c))。なお、導光板42の網かけは、第2強度のレーザ光が出射している状態を表している。その後、振動子アレイ20の全体が接触した状態で光音響計測が実施される(図3の(d))。次に、その実施終了後、プローブが被検体から離され始めると、信号を実際に検出している超音波振動子20aの個数は減少していく(図3の(e))。さらに、上記素子の個数が、接触状態から非接触状態への変化を判断するときの閾値個数(図3では9個)を下回った時、つまり左端から9番目の超音波振動子46bが信号を検出しなくなった時、判断部28は非接触状態に至ったと判断し、その判断結果は制御部34を介して切替制御部36に送信される。この結果、導光板42から第1強度のレーザ光が出射することになる(図3の(f))。したがって、接触状態から非接触状態へ変化する際、プローブが完全に被検体から離れた状態(図3の(g))になる前に、レーザ光の強度を下げる事が可能となる。

[0057] なお、上記では、振動子アレイ20の端から接触が進行する場合について説明したが、接触の進行はランダムに進行する場合もある。また、光音響信号を実際に検出している超音波振動子の個数を算出することは、超音波振動子の総数がわかっている場合には、光音響信号を検出できない超音波振動子の個数を算出することと等価である。

[0058] プローブを当接しながら手動により被検体上を走査させる場合、腕のブレや被検体の体動等の影響により、短い時間ではあるが、振動子アレイと被検体とが接触しない領域が部分的に生じ得る。このような場合、非接触の部分領域が生じるごとにレーザ光の強度が変更されると、光音響計測を実施する上で煩わしいこともある。そこで、上記のように、接触状態から非接触状態への変化を判断するときの閾値個数を、非接触状態から接触状態への変化を判断するときの閾値個数よりも小さくすることにより、一旦接触状態になった後、上記非接触の部分領域が若干生じたとしても、光音響計測を滞りなく継続することが可能となる。

[0059] また、上記では、すべての超音波振動子を使用して接触判断する場合について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、上記個数の変化を上記複数の光音響信号の変化として決定する場合において、判断部は、複数の超音波振動子（音響波検出素子）のうち特定の超音波振動子（音響波検出素子）のみを対象にして上記個数を計数してもよい。

[0060] 図4は、このような接触判断の例を示す概念図である。例えば図4では、特定の超音波振動子として、振動子アレイ20の両端にある2つの超音波振動子47aおよび47bを採用している。まず、プローブと被検体とが離れているときは、どちらの超音波振動子によっても信号は検出されていない（図4の（a））。そして、超音波振動子47aが信号を検出した時、判断部28は接触状態に至ったと判断し、その判断結果は制御部34を介して切替制御部36に送信される。この結果、導光板42から第2強度のレーザ光が出射することになる（図4の（b））。その後、振動子アレイ20の全体が接触した状態で光音響計測が実施される（図4の（c））。次に、その実施終了後、超音波振動子47bが信号を検出しなくなった時、判断部28は非接触状態に至ったと判断し、その判断結果は制御部34を介して切替制御部36に送信される。この結果、導光板42から第1強度のレーザ光が出射することになる（図4の（d））。したがって、接触状態から非接触状態へ変化する際、プローブが完全に被検体から離れた状態（図4の（e））になる前に、レーザ光の強度を下げるのが可能となる。

[0061] また、特定の超音波振動子は、例えばプローブの型や計測部位に応じて適宜選択される。例えば、振動子アレイ20の中央付近にある連続した超音波振動子の集団を採用したり、1つ置き或いは2つ置きの超音波振動子の集団を採用したりすることもできる。

[0062] 次に、図5を用いて光音響計測方法および接触判断方法の流れについて説明する。図5は、本実施形態の光音響計測方法の工程を示すフロー図である。まずSTEP1において、プローブ11および被検体Mは非接触状態にあるため、第1強度のレーザ光Lが出射する。例えばレーザ光の出射は、装置

10の電源が入れた直後に、または適当なボタン操作に応じて実行される。そしてSTEP2において、そのレーザ光の出射に起因する光音響信号が検出される。次にSTEP3において、検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて、判断部28によって接触判断が実施され、その結果接触状態と判断された場合には光強度が第2強度に上げられて、STEP4において第2強度のレーザ光Lが出射する。一方、非接触状態と判断された場合には光強度はそのままとなり、所定の時間後再度第1強度のレーザ光Lが出射する。STEP4で第2強度のレーザ光Lが出射した場合には、STEP5において、そのレーザ光の出射に起因する光音響信号が検出される。この光音響信号は、光音響画像生成部24での光音響画像の生成に利用される。その後、STEP6において、光音響計測が終了したか否かが判断され、すべての光音響計測が終了していない場合には、直近に検出した複数の光音響信号の変化の態様に基づいて再度接触判断が行われる。接触判断は、1つのパルス発生ごとに行ってもよいし、複数のパルス発生ごとに行ってもよいし、所定の時間ごとに行ってもよい。

[0063] 以上のように、本実施形態の光音響計測装置は、複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて接触判断を行う判断部を有するから、プローブおよび被検体の接触状態を従来より細かく把握することが可能となる。また、本発明によれば、接触検知用の他の構成要素（例えば接触検知用センサや測長手段）を設ける必要がない。この結果、複数の音響波検出素子を有するプローブを使用した光音響計測において、より簡便な方法で接触判断を行うことが可能となる。

[0064] そして、本実施形態の光音響計測方法およびプローブの接触判断方法は、複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて接触判断を行うから、プローブおよび被検体の接触状態を従来より細かく把握することが可能となる。この結果、上記同様に、複数の音響波検出素子を有するプローブを使用した光音響計測において、より簡便な方法で接触判断を行うことが可能となる。

[0065] <設計変更>

上記では、レーザ光源 35 が主として固体レーザである場合について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、レーザ光源 35 として半導体レーザを使用することも可能であり、この場合には、半導体レーザの駆動電流値を制御する制御手段が本発明の光強度制御部として機能する。

[0066] 「第 2 の実施形態」

次に、本発明の光音響計測装置および光音響計測方法並びにプローブの接触判断方法の第 2 の実施形態について説明する。本実施形態は、接触判断が、光音響画像中の吸収体領域およびアーチファクト領域の出現または消失を複数の光音響信号の変化として決定して、上記両領域の出現および消失の組合せに基づいて行われる点で、第 1 の実施形態と異なる。したがって、第 1 の実施形態と同様の構成要素についての詳細な説明は特に必要がない限り省略する。

[0067] 本実施形態の光音響計測装置は、第 1 の実施形態と同様に、超音波探触子（プローブ）11、超音波ユニット12、レーザユニット13および表示部14を備えている。

[0068] 本実施形態では、判断部28は、光音響画像中の吸収体領域およびアーチファクト領域の出現または消失を複数の光音響信号の変化として決定して、上記両領域の出現および消失の組合せに基づいて接触判断を行う。吸収体領域とは、被検体中の吸収体を表す画像領域であり、アーチファクト領域とは、測定光の出射に起因するアーチファクトを表す画像領域である。プローブ11が被検体Mから離れているとき、超音波振動子20aは被検体Mからの反射光を受ける。このとき、反射光は超音波振動子に吸収され、その吸収に起因して超音波振動子自体が光音響信号の発生源となる。図6Aは反射光に起因するアーチファクト信号を示す概念図であり、図6Bはアーチファクト領域R1が出現した光音響画像Pを示す概念図である。なお、図6Aでは、超音波振動子を発生源とするアーチファクト信号（左側のピーク）の他に、振動子アレイ20の検出面に音響整合部材を設けた場合に発生する、音響整

合部材を発生源とするアーチファクト信号（右側のピーク）も示している。これらのアーチファクト信号では信号レベルが飽和しており、このような光音響信号を再構成して画像化すると、例えば図 6 B のような光音響画像が得られる。図 6 B において、上の帯状の領域が、超音波振動子を発生源とするアーチファクト領域 R 1 であり、下の帯状の領域が、音響整合部材を発生源とするアーチファクト領域 R 1 を表す。

[0069] 判断部 2 8 は、受信メモリ 2 3 から受信した複数の光音響信号に基づいて光音響画像のデータを生成し、または光音響画像生成部 2 4 によって生成された光音響画像のデータを受け取り、その光音響画像データの中から吸収体領域およびアーチファクト領域を検出する。

[0070] 図 7 を用いて、プローブ 1 1 および被検体 M の距離と、吸収体領域およびアーチファクト領域の出現または消失の関係について説明する。図 7 の左側はプローブ 1 1 および被検体 M の位置関係を表した概念図であり、右側は、左側の各状態において検出される光音響信号に基づいてそれぞれ生成された光音響画像 P を示す概念図である。

[0071] まず、プローブ 1 1 と被検体 M が離れているときは、レーザ光 L の反射光 R L はまだ弱いため、アーチファクト信号は検出されない（図 7 の（a））。また、レーザ光 L の多くは被検体 M の表面で反射され、被検体内部に十分な光が届かないため、吸収体からの光音響もほとんど検出されない。そして、プローブ 1 1 と被検体 M が近接すると、レーザ光 L の反射光 R L が強くなり、その反射光 R L に起因して振動子アレイ 2 0 からアーチファクト信号が生じる（図 7 の（b））。通常このアーチファクト信号は、振動子アレイ 2 0 の全体にわたって生じるため、このとき光音響画像 P 中には帯状のアーチファクト領域 R 1 が出現する。なお、図 7 では表示されていないが、前述したように、音響整合部材がプローブの当接部に設けられている場合には、音響整合部材が反射光を吸収したことに起因するアーチファクト領域も出現する。このとき、プローブ 1 1 と被検体 M との距離によっては、吸収体領域も出現することもある。

[0072] 次に、プローブ 11 および被検体が接触すると、レーザ光 L は被検体内部を伝搬し、また振動子アレイ 20 の検出面が被検体で覆われるため、振動子アレイ 20 に直接到達するレーザ光が減少する。その結果、アーチファクト信号が検出されなくなり、アーチファクト領域 R1 が、超音響画像 P 中から消失する（図 7 の（c））。一方、被検体内部の吸収体からの超音響信号が検出されるようになるため、超音響画像 P 中に吸収体領域 R2 が出現する（図 7 の（c））。ただし、判断部 28 において、プローブ 11 および被検体 M が非接触状態にあると判断されている間は、レーザ光 L の強度が小さいため、被検体深部にある吸収体からの超音響信号はほとんど検出されない。判断部 28 において、プローブ 11 および被検体 M が接触状態にあると判断されたときは、レーザ光 L の強度が第 1 強度から第 2 強度へと上げられる（図 7 の（d））。これにより、被検体 M の深部にまで十分なレーザ光 L が到達できるようになるため、被検体深部にある吸収体からの超音響信号も検出可能となり、超音響画像 P にも深部の吸収体領域 R3 が出現する。

[0073] 判断部 28 は、上記のようなアーチファクト領域 R1 及び吸収体領域 R2 の出現または消失を踏まえて、その組合せに基づき接触判断を行う。

[0074] 例えば、判断部 28 は、非接触状態から接触状態への変化を判断する際、アーチファクト領域 R1 が検出された時、プローブ 11 および被検体 M の状態が非接触状態から接触状態へ変化したと判断することができる。また、判断部 28 は、非接触状態から接触状態への変化を判断する際、アーチファクト領域 R1 の検出以降に吸収体領域 R2 が検出された時に、プローブ 11 および被検体 M の状態が非接触状態から接触状態へ変化したと判断することもできる。このように、被検体 M に近接していることの見安となるアーチファクト領域 R1 の検出を、接触状態と判断するための必須要件とすることにより、例えば金属部品等の吸収体が意図せずプローブ 11 の検出面前に配置された場合に、レーザ光 L が意図しない方向に放出されることを防止できるという利点がある。なお、レーザ光 L の繰返し周期およびプローブ 11 の被検体 M への近づけ方によっては、アーチファクト領域 R1 および吸収体領域 R

2 が同時に検出される場合もある。

[0075] また、判断部 28 は、接触状態から非接触状態への変化を判断する際、光音響画像 P 中にアーチファクト領域が検出されたときに、プローブ 11 および被検体 M の状態が接触状態から非接触状態へ変化したと判断することができる。このように判断すれば、より早い段階でプローブ 11 が被検体 M から離れたことを検知することが可能となる。これは、接触状態から非接触状態への変化において、吸収体領域 R2 の消失よりもアーチファクト領域 R1 の出現の方が早いためである。

[0076] 以上のように、本実施形態の光音響計測装置も、複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて接触判断を行う判断部を有するから、第 1 の実施形態と同様の効果が得られる。

[0077] そして、本実施形態の光音響計測方法およびプローブの接触判断方法も、複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて接触判断を行うから、第 1 の実施形態と同様の効果が得られる。

[0078] 「第 3 の実施形態」

次に、本発明の光音響計測装置および光音響計測方法並びにプローブの接触判断方法の第 3 の実施形態について説明する。図 8 は、第 3 の実施形態の光音響計測装置の構成を示す概念図である。本実施形態は、光音響画像に加えて反射音響波画像としての超音波画像も生成する点で、第 1 の実施形態と異なる。したがって、第 1 の実施形態と同様の構成要素についての詳細な説明は、特に必要がない限り省略する。

[0079] 本実施形態の光音響計測装置 10 は、第 1 の実施形態と同様に、超音波探触子（プローブ）11、超音波ユニット 12、レーザユニット 13 および表示部 14 を備える。

[0080] <超音波ユニット>

本実施形態の超音波ユニット 12 は、図 1 に示す光音響計測装置の構成に加えて、超音波画像生成部 29 および送信制御回路 33 を備える。

[0081] 本実施形態では、プローブ 11 は、光音響信号の検出に加えて、被検体に

対する超音波の出力（送信）、及び送信した超音波に対する被検体からの反射超音波（反射音響波）の検出（受信）を行う。超音波の送受信を行う超音波振動子としては、本発明における超音波振動子を使用してもよいし、超音波の送受信に別途プローブ 11 中に設けられた新たな超音波振動子を使用してもよい。また、超音波の送受信は分離してもよい。例えばプローブ 11 とは異なる位置から超音波の送信を行い、その送信された超音波に対する反射超音波をプローブ 11 で受信してもよい。

[0082] 制御部 34 は、超音波画像の生成時は、送信制御回路 33 に超音波送信を指示する旨の超音波送信トリガ信号を送る。送信制御回路 33 は、このトリガ信号を受けると、プローブ 11 から超音波を送信させる。プローブ 11 は、超音波の送信後、被検体からの反射超音波を検出する。

[0083] プローブ 11 が検出した反射超音波は、受信回路 21 を介して A/D 変換部 22 に入力される。制御部 34 は、超音波送信のタイミングに合わせて A/D 変換部 22 にサンプリグトリガ信号を送り、反射超音波のサンプリングを開始させる。A/D 変換部 22 は、反射超音波のサンプリング信号を受信メモリ 23 に格納する。光音響信号のサンプリングと、反射超音波のサンプリングとは、どちらを先に行ってもよい。

[0084] 超音波画像生成部 29 は、プローブ 11 の複数の超音波振動子で検出された反射超音波（そのサンプリング信号）に基づいて、再構成処理、検波処理および対数変換処理等の信号処理を施して、超音波画像のデータを生成する。画像データの生成には、光音響画像生成部 24 における画像データの生成と同様に、遅延加算法などを用いることができる。

[0085] 表示制御部 30 は、例えば、光音響画像と超音波画像とを別々に、またはこれらの合成画像を表示部 14 に表示させる。表示制御部 30 は、例えば光音響画像と超音波画像とを重畳することで画像合成を行う。

[0086] 本実施形態では、光音響計測装置は、光音響画像に加えて超音波画像を生成する。したがって、第 1 の実施形態の効果に加えて、超音波画像を参照することで、光音響画像では画像化することができない部分を観察することが

できる。

符号の説明

[0087]	1 0	光音響計測装置
	1 1	プローブ
	1 2	超音波ユニット
	1 3	レーザユニット
	1 4	表示部
	2 0	振動子アレイ
	2 0 a	超音波振動子
	2 1	受信回路
	2 2	変換部
	2 3	受信メモリ
	2 4	光音響画像生成部
	2 8	判断部
	2 9	超音波画像生成部
	3 0	表示制御部
	3 3	送信制御回路
	3 4	制御部
	3 5	レーザ光源
	3 6	切替制御部
	3 7	強度切替部
	4 0	光ファイバ
	4 1	分岐カプラ
	4 2	導光板
	4 5	筐体
	6 5	吸収体
	M	被検体
	P	光音響画像

R 1 アーチファクト領域

R 2、R 3 吸収体領域

R L 反射光

U 音響波

請求の範囲

- [請求項1] 測定光を出射する光出射部および複数の音響波検出素子を有するプローブを備え、前記測定光の出射に起因する被検体からの光音響信号を前記複数の音響波検出素子によって計測する光音響計測装置において、
- 前記プローブおよび前記被検体が接触状態にあるかまたは非接触状態にあるかの判断を行う判断部と、
- 前記判断部において前記プローブおよび前記被検体が非接触状態にあると判断されたときに前記測定光の強度を第1強度に制御し、前記プローブおよび前記被検体が接触状態にあると判断されたときに前記測定光の強度を前記第1強度よりも大きい第2強度に制御する光強度制御部とを備え、
- 前記判断部が、前記複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて前記判断を行う光音響計測装置。
- [請求項2] 前記判断部が、前記複数の光音響信号に基づいて、該複数の光音響信号をそれぞれ検出している音響波検出素子の個数を算出し、該個数の変化を前記複数の光音響信号の変化として決定し、前記個数と閾値個数とを比較したときの大小に基づいて前記判断を行うものである請求項1に記載の光音響計測装置。
- [請求項3] 前記接触状態から前記非接触状態への変化を判断するときの閾値個数が、前記非接触状態から前記接触状態への変化を判断するときの閾値個数よりも小さい請求項2に記載の光音響計測装置。
- [請求項4] 前記接触状態から前記非接触状態への変化を判断するときの閾値個数と、前記非接触状態から前記接触状態への変化を判断するときの閾値個数とが同一である請求項2に記載の光音響計測装置。
- [請求項5] 前記判断部が、前記複数の音響波検出素子のうち特定の音響波検出素子のみを対象にして前記個数を計数するものである請求項2から4

いずれか 1 項に記載の光音響計測装置。

[請求項6] 前記特定の音響波検出素子が、配列された前記複数の音響波検出素子のうち、中央近傍の連続した音響波検出素子である請求項 5 に記載の光音響計測装置。

[請求項7] 前記判断部が、前記複数の光音響信号に基づいて生成された光音響画像における、前記被検体中の吸収体を表す吸収体領域および前記測定光の出射に起因するアーチファクトを表すアーチファクト領域の出現または消失を検出し、前記吸収体領域及び前記アーチファクト領域の出現または消失を前記複数の光音響信号の変化として決定し、前記吸収体領域及び前記アーチファクト領域の出現および消失の組合せに基づいて前記判断を行うものである請求項 1 に記載の光音響計測装置。

[請求項8] 前記判断部が、前記接触状態から前記非接触状態への変化を判断する際、前記光音響画像中に前記アーチファクト領域が検出されたときに、前記プローブおよび前記被検体の状態が前記接触状態から前記非接触状態へ変化したと判断するものである請求項 7 に記載の光音響計測装置。

[請求項9] 前記判断部が、前記非接触状態から前記接触状態への変化を判断する際、前記光音響画像中に前記アーチファクト領域が検出され、該アーチファクト領域の検出以後に前記吸収体領域が検出されたときに、前記プローブおよび前記被検体の状態が前記非接触状態から前記接触状態へ変化したと判断するものである請求項 7 または 8 に記載の光音響計測装置。

[請求項10] 測定光を出射する光出射部および複数の音響波検出素子を有するプローブを使用し、
前記複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて、前記プローブおよび前記被検体が接触状態にあるかまたは非接触状態にあるかの判断を行い、

前記測定光の強度を、前記プローブおよび前記被検体が非接触状態にあると判断されたときに第1強度に制御し、前記プローブおよび前記被検体が接触状態にあると判断されたときに前記第1強度よりも大きい第2強度に制御して、前記被検体からの光音響信号を計測する光音響計測方法。

[請求項11] 前記複数の光音響信号に基づいて、該複数の光音響信号をそれぞれ検出している音響波検出素子の個数を算出し、該個数の変化を前記複数の光音響信号の変化として決定し、該個数と閾値個数とを比較したときの大小に基づいて前記判断を行う請求項10に記載の光音響計測方法。

[請求項12] 前記接触状態から前記非接触状態への変化を判断するときの閾値個数が、前記非接触状態から前記接触状態への変化を判断するときの閾値個数よりも小さい請求項11に記載の光音響計測方法。

[請求項13] 前記複数の音響波検出素子のうち特定の音響波検出素子のみを対象にして前記個数を計数する請求項11または12に記載の光音響計測方法。

[請求項14] 前記複数の光音響信号に基づいて生成された光音響画像における、前記被検体中の吸収体を表す吸収体領域および前記測定光の出射に起因するアーチファクトを表すアーチファクト領域の出現または消失を検出し、前記吸収体領域及び前記アーチファクト領域の出現または消失を前記複数の光音響信号の変化として決定し、前記吸収体領域及び前記アーチファクト領域の出現および消失の組合せに基づいて前記判断を行う請求項10に記載の光音響計測方法。

[請求項15] 前記接触状態から前記非接触状態への変化を判断する際、前記光音響画像中に前記アーチファクト領域が検出されたときに、前記プローブおよび前記被検体の状態が前記接触状態から前記非接触状態へ変化したと判断する請求項14に記載の光音響計測方法。

[請求項16] 前記非接触状態から前記接触状態への変化を判断する際、前記光音

響画像中に前記アーチファクト領域が検出され、該検出以後に前記吸収体領域が検出されたときに、前記プローブおよび前記被検体の状態が前記非接触状態から前記接触状態へ変化したと判断する請求項 14 または 15 に記載の光音響計測方法。

[請求項17] 測定光を出射する光出射部および複数の音響波検出素子を有するプローブを使用し、

前記複数の音響波検出素子によって検出された複数の光音響信号の変化の態様に基づいて、前記プローブおよび前記被検体が接触状態にあるかまたは非接触状態にあるかの判断を行うプローブの接触判断方法。

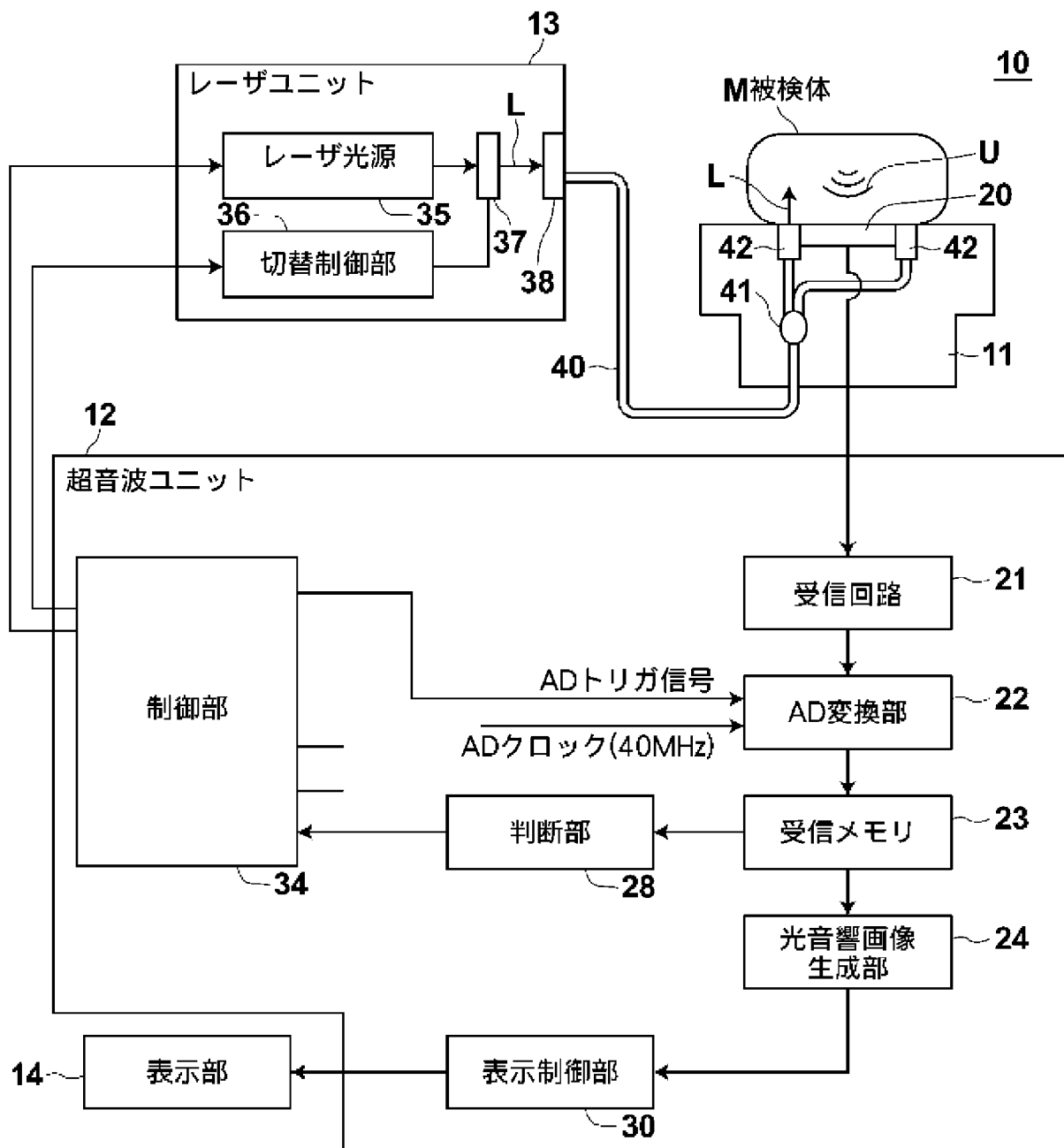
[請求項18] 前記複数の光音響信号に基づいて、該複数の光音響信号をそれぞれ検出している音響波検出素子の個数を算出し、該個数の変化を前記複数の光音響信号の変化として決定し、該個数と閾値個数とを比較したときの大小に基づいて前記判断を行う請求項 17 に記載のプローブの接触判断方法。

[請求項19] 前記複数の光音響信号に基づいて生成された光音響画像における、前記被検体中の吸収体を表す吸収体領域および前記測定光の出射に起因するアーチファクトを表すアーチファクト領域の出現または消失を検出し、前記吸収体領域及び前記アーチファクト領域の出現または消失を前記複数の光音響信号の変化として決定し、前記吸収体領域及び前記アーチファクト領域の出現および消失の組合せに基づいて前記判断を行う請求項 17 に記載のプローブの接触判断方法。

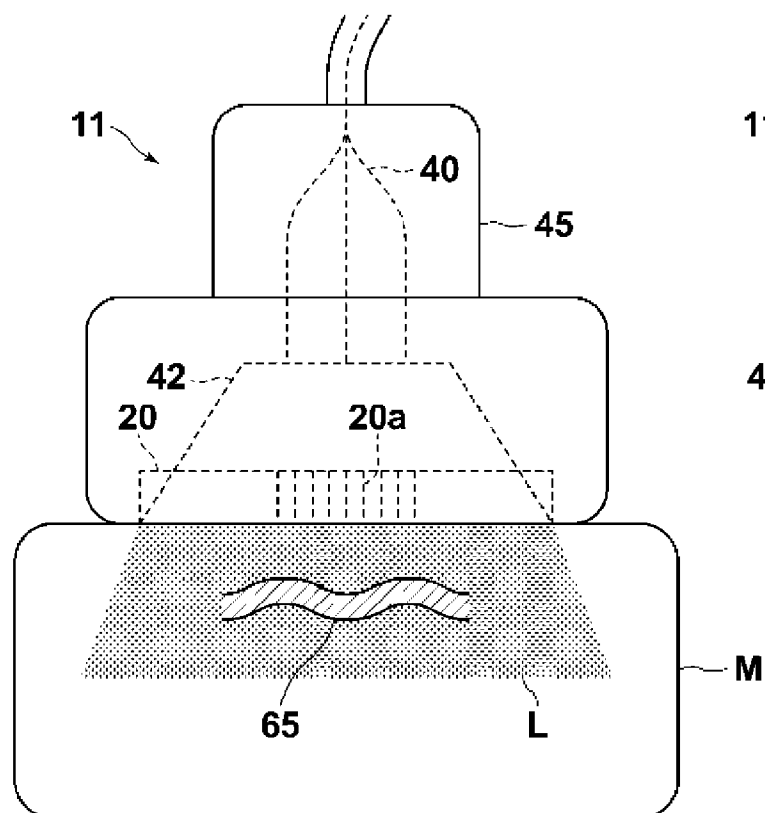
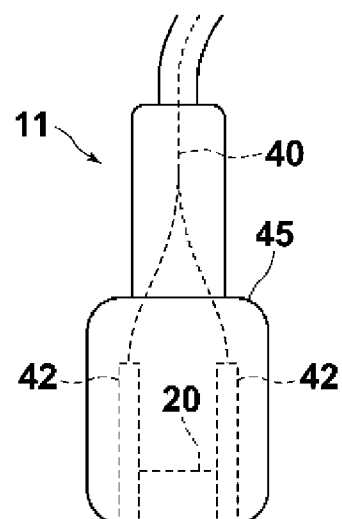
[請求項20] 前記接触状態から前記非接触状態への変化を判断する際、前記光音響画像中に前記アーチファクト領域が検出されたときに、前記プローブおよび前記被検体の状態が前記接触状態から前記非接触状態へ変化したと判断する請求項 19 に記載のプローブの接触判断方法。

[図1]

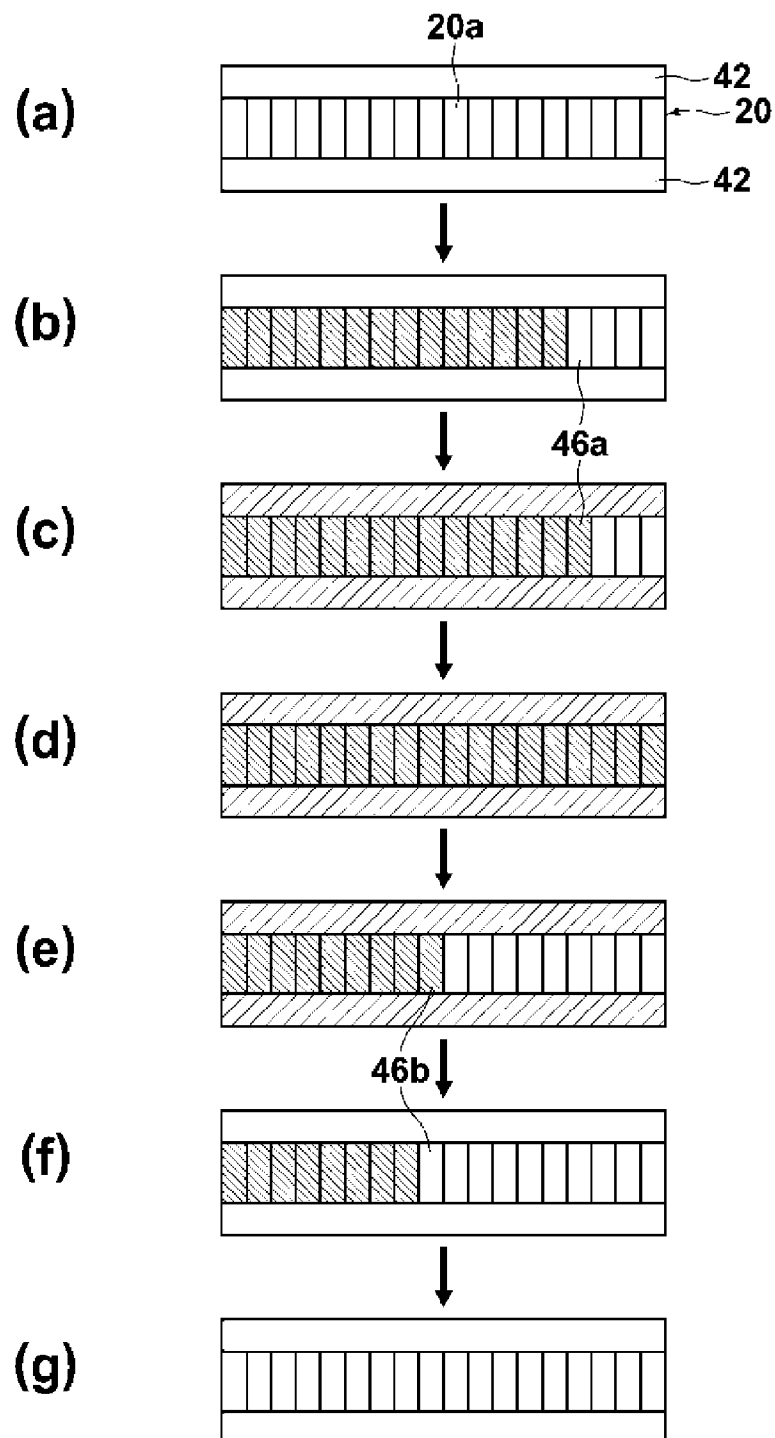
FIG. 1



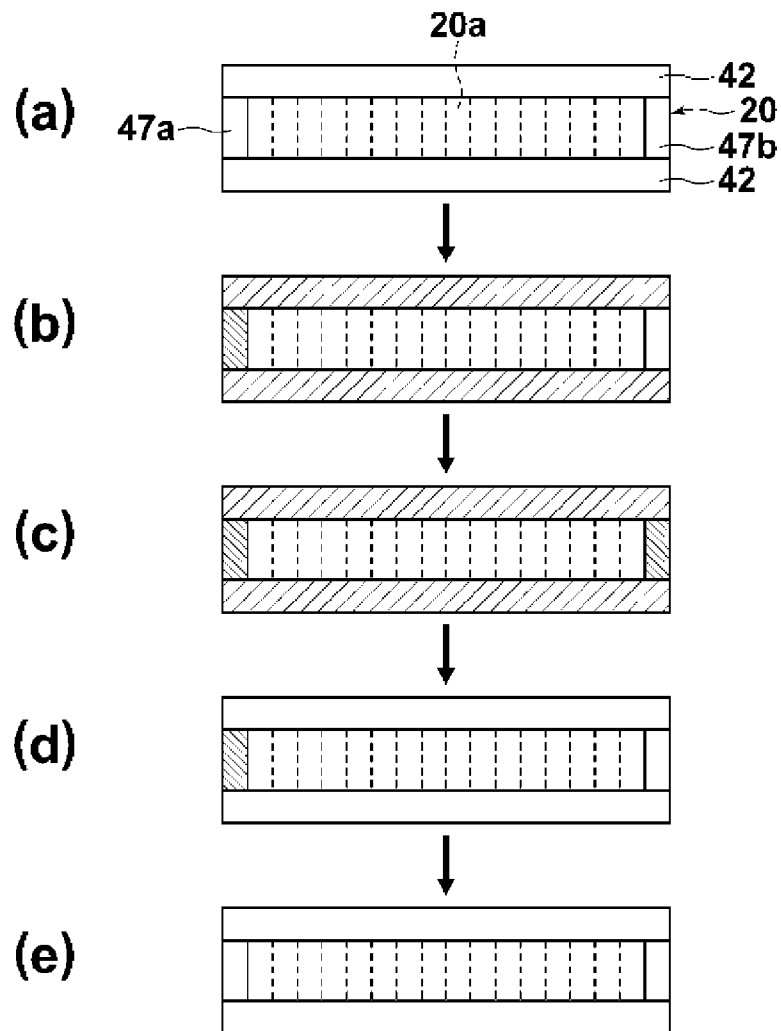
[図2]

FIG. 2 A*FIG. 2 B*

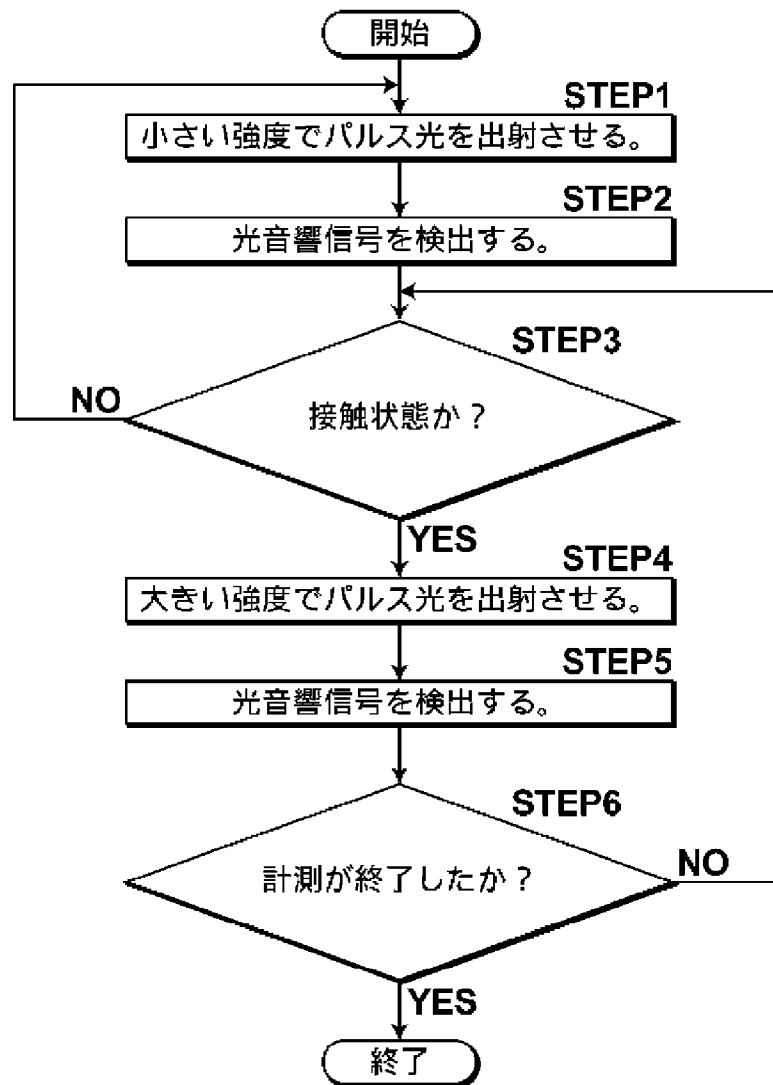
[図3]

FIG. 3

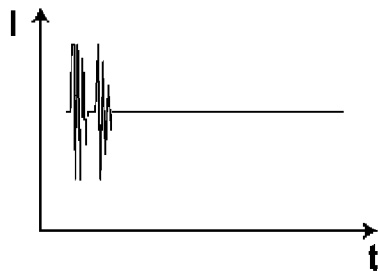
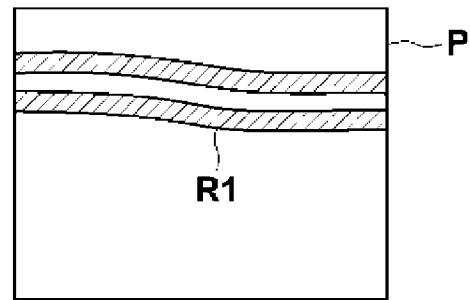
[図4]

FIG.4

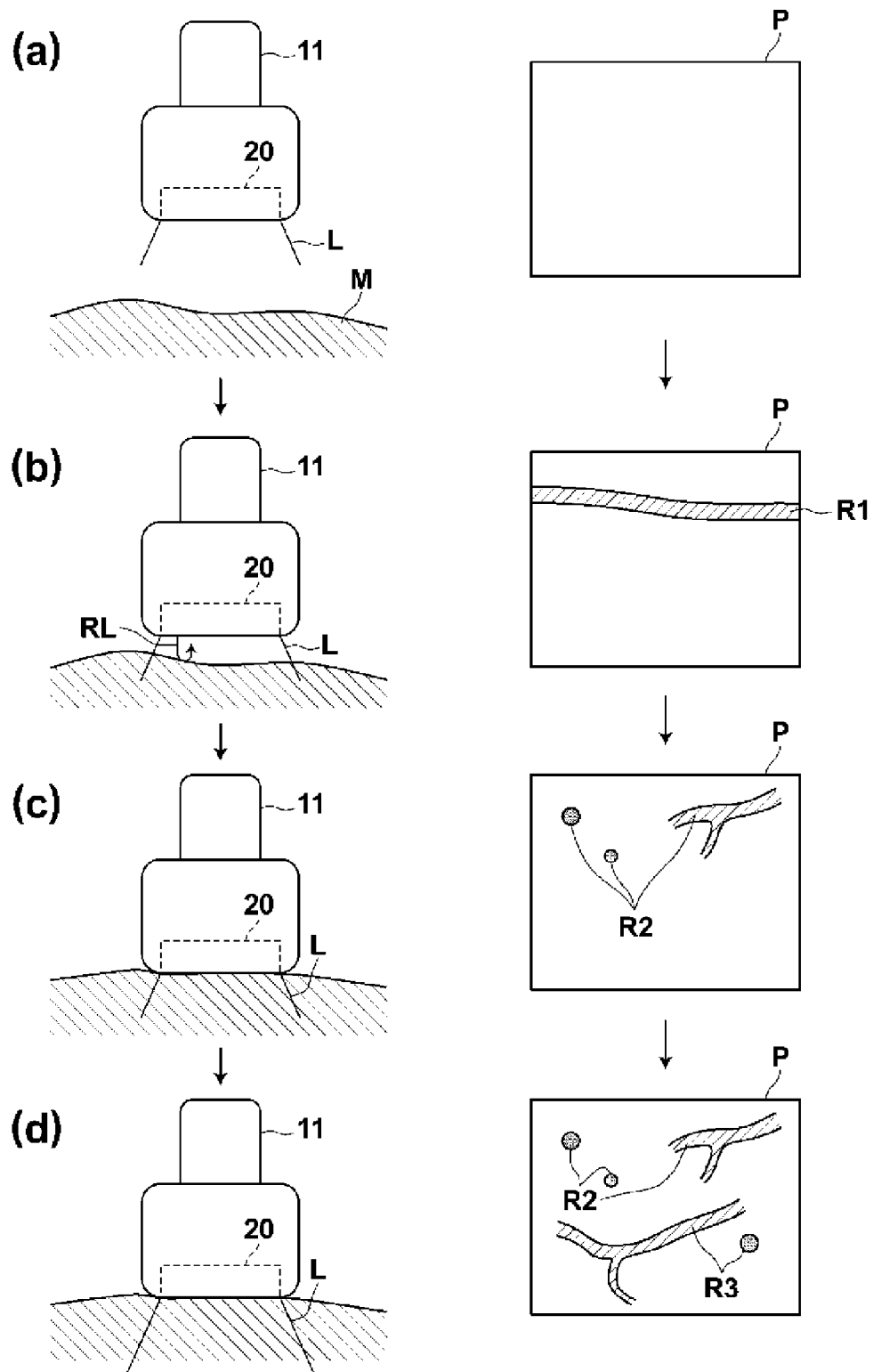
[図5]

FIG.5

[図6]

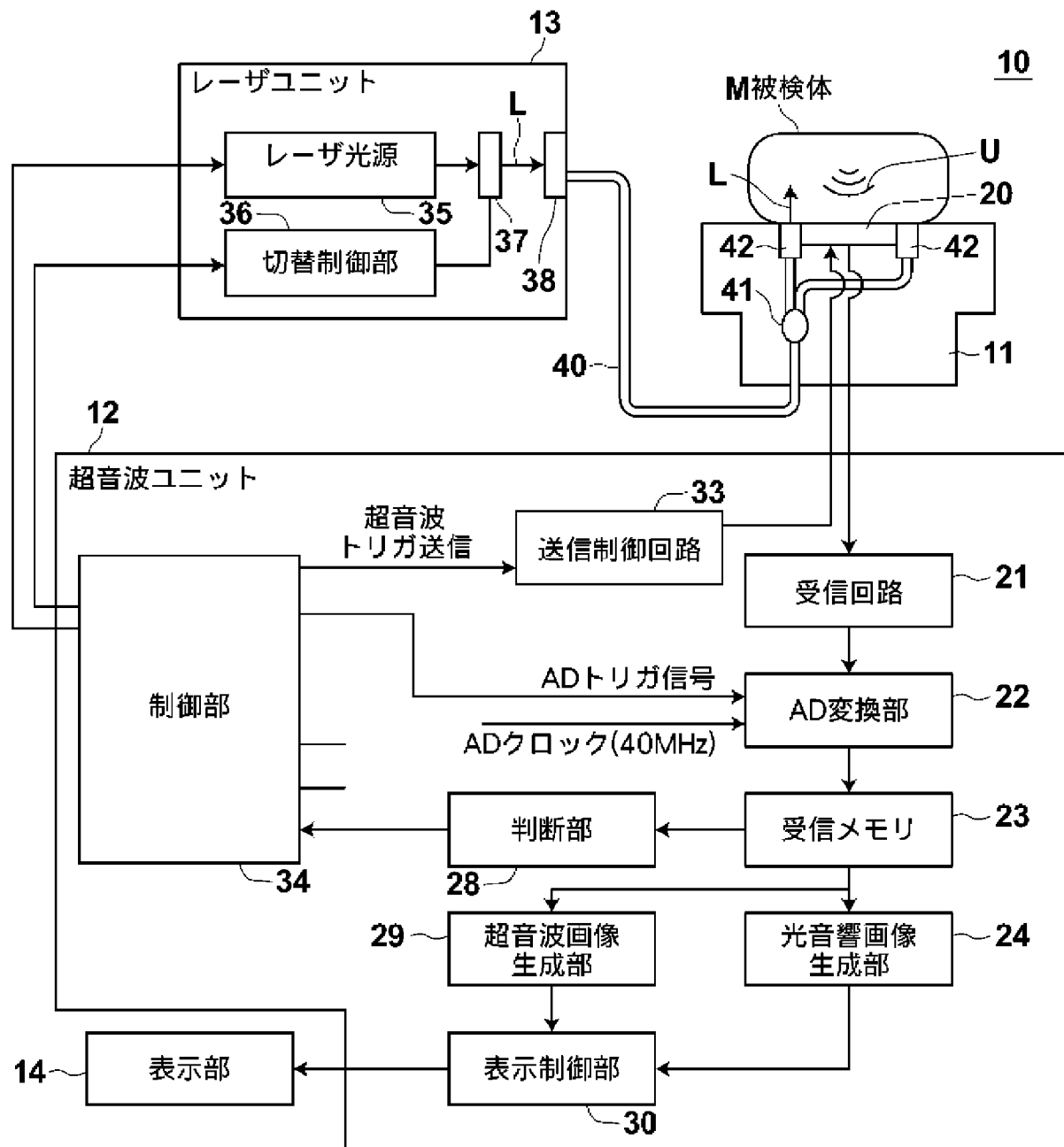
FIG. 6A*FIG. 6B*

[図7]

FIG.7

[図8]

FIG. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/056868

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B8/00(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)

A61B8/00

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	WO 2012/114730 A1 (Fujifilm Corp.), 30 August 2012 (30.08.2012), paragraphs [0032] to [0040] & JP 2012-187394 A	1-20
A	WO 2012/124341 A1 (Fujifilm Corp.), 20 September 2012 (20.09.2012), paragraphs [0030] to [0033] & JP 2012-205886 A	1-20
A	JP 2012-187389 A (Fujifilm Corp.), 04 October 2012 (04.10.2012), paragraph [0107] & WO 2012/114729 A1	1-20

☐ 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
08 April, 2014 (08.04.14)

Date of mailing of the international search report
22 April, 2014 (22.04.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B8/00(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（I P C））

Int.Cl. A61B8/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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	WO 2012/114730 A1（富士フイルム株式会社）2012.08.30, 段落 [0032]～[0040] & JP 2012-187394 A	1-20
A	WO 2012/124341 A1（富士フイルム株式会社）2012.09.20, 段落 [0030]～[0033] & JP 2012-205886 A	1-20
A	JP 2012-187389 A（富士フイルム株式会社）2012.10.04, 段落【0 1 0 7】 & WO 2012/114729 A1	1-20

☐ 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

0 8 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

宮澤 浩

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

2 Q

9 4 0 7