

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-6288

(P2017-6288A)

(43) 公開日 平成29年1月12日(2017.1.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/13 (2006.01)	A 6 1 B 8/13	2 G 0 4 7
G 0 1 N 29/34 (2006.01)	G 0 1 N 29/34	4 C 6 0 1
G 0 1 N 29/24 (2006.01)	G 0 1 N 29/24	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2015-123503 (P2015-123503)	(71) 出願人	508035425 プレキシオン株式会社 東京都千代田区神田須田町1丁目14番1号
(22) 出願日	平成27年6月19日 (2015.6.19)	(74) 代理人	100104433 弁理士 宮園 博一
		(72) 発明者	中塚 均 東京都千代田区神田須田町1丁目14番1号 株式会社エクストリオン内
		(72) 発明者	繁田 裕介 東京都千代田区神田須田町1丁目14番1号 株式会社エクストリオン内
		Fターム(参考)	2G047 AA12 AC13 CA04 EA04 EA05 EA07 4C601 DE16 EE03 EE04 LL40

(54) 【発明の名称】 光音響画像化装置

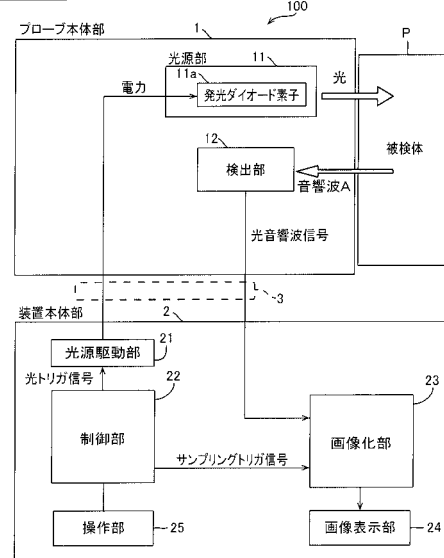
(57) 【要約】

【課題】光源部に発光ダイオード素子等の発光素子を用いる場合で、かつ、検出部の検出周波数が大きい場合にも、光音響波信号が小さくなるのを抑制することが可能な光音響画像化装置を提供する。

【解決手段】この光音響画像化装置100は、光源部11と、光源部11により被検体Pに光が照射されることに起因して被検体P内から発生する音響波Aを検出する検出部12と、光源部11に電力を供給して光源部11を駆動させる光源駆動部21とを備え、光源駆動部21は、光源部11に供給する電力のピーク電流値I_pが設定ピーク電流値I_oになるように、検出部12の検出周波数が大きいほど、光源部11に供給する電力の電圧値Vを大きくするように構成されている。

【選択図】 図1

第1実施形態



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源部と、

前記光源部により被検体に光が照射されることに起因して前記被検体内から発生する音響波を検出する検出部と、

前記光源部に電力を供給して前記光源部を駆動させる光源駆動部とを備え、

前記光源駆動部は、前記光源部に供給する前記電力のピーク電流値が所定のピーク電流値になるように、前記検出部の検出周波数が大きいほど、前記光源部に供給する前記電力の電圧値を大きくするように構成されている、光音響画像化装置。

【請求項 2】

前記光源駆動部は、前記検出部の検出周波数に基づいて、前記光源部から照射する光のパルス幅を設定するとともに、前記パルス幅が小さいほど、前記光源部に供給する前記電力の電圧値を大きくするように構成されている、請求項 1 に記載の光音響画像化装置。

【請求項 3】

前記光源駆動部は、互いに直列に接続された n 個の発光素子を含み、前記パルス幅を t 、前記所定のピーク電流値を I_0 、および、所定の比例定数を k として、以下の式 (1) に表される電圧値 V に、前記光源部に供給する前記電力の電圧値を設定するように構成されている、請求項 2 に記載の光音響画像化装置。

$$V = n \times 1 / k \times 1 / t \times I_0 \quad \dots \quad (1)$$

【請求項 4】

前記光源駆動部は、前記検出部が検出することが可能な前記音響波の最大周波数が大きいほど、前記パルス幅を小さく設定するように構成されている、請求項 2 または 3 に記載の光音響画像化装置。

【請求項 5】

前記光源駆動部は、前記光源部の応答特性に基づいて、前記光源部に供給する前記電力のピーク電流値が前記所定のピーク電流値になるように、前記光源部に供給する前記電力の電圧値を設定するように構成されている、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の光音響画像化装置。

【請求項 6】

前記光源部は、第 1 の波長の光を発する第 1 光源と、前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長の光を発する第 2 光源とを含み、

前記光源駆動部は、前記第 1 光源の応答特性と前記第 2 光源の応答特性とに基づいて、前記第 1 光源に供給する電力のピーク電流値と前記第 2 光源に供給する電力のピーク電流値とが略等しいピーク電流値になるように、前記第 1 光源に供給する電力の第 1 電圧値および前記第 2 光源に供給する電力の第 2 電圧値をそれぞれ設定するように構成されている、請求項 5 に記載の光音響画像化装置。

【請求項 7】

前記光源駆動部は、前記検出部の識別情報および前記光源部の識別情報の少なくとも一方と、前記光源部に供給する前記電力の電圧値との対応関係を表すテーブルに基づいて、前記光源部に供給する前記電力の電圧値を設定するように構成されている、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の光音響画像化装置。

【請求項 8】

前記光源部は、発光ダイオード素子および半導体レーザ素子のうちの少なくとも一方を含む、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の光音響画像化装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、光音響画像化装置に関し、特に、光源部を備えた光音響画像化装置に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

従来、光源部を備えた光音響画像化装置が知られている（たとえば、特許文献1参照）。

【0003】

上記特許文献1には、光源ユニットを備えた光音響画像化装置が開示されている。この光音響画像化装置には、超音波探触子と、画像化部とが設けられている。光源ユニットは、Qスイッチパルスレーザ光源を含む。そして、この光音響画像化装置は、光源ユニットにより、被検体にレーザ光を照射して、超音波探触子により被検体から発生した音響波信号を検出するように構成されている。そして、画像化部は、超音波探触子により検出された音響波信号を画像化するように構成されている。また、この光音響画像化装置は、超音波探触子の周波数帯域に応じて、Qスイッチパルスレーザ光源からのパルス光のパルス幅を調整するように構成されている。

10

【0004】

ここで、一般的に、Qスイッチパルスレーザ光源は、たとえば、発光ダイオード素子等の発光素子と異なり、光学系の振動による特性変動を抑制するための光学定盤や強固な筐体が必要になる。このため、上記特許文献1の光音響画像化装置の構造は、比較的大きくなると考えられる。そこで、上記特許文献1の光音響画像化装置の大型化を抑制するために、光源ユニット（光源部）に、Qスイッチパルスレーザ光源の代わりに、発光ダイオード素子等の発光素子を設ける構成が考えられる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-128722号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記特許文献1の光音響画像化装置では、超音波探触子の周波数帯域に応じて、光源からのパルス光のパルス幅を調整するように構成されている。ここで、一般的に、発光ダイオード素子等の発光素子は、電流を流す時間（パルス幅）が長くなる程、ピーク電流値が大きくなる特性を有する。このため、上記特許文献1の光音響画像化装置に発光ダイオード素子等の発光素子を用いる構成では、超音波探触子の周波数帯域が大きい場合に、パルス幅が小さくなるように調整された場合（電流を流す時間が短い場合）に、ピーク電流値が光音響波信号を取得するために十分な大きさのピーク電流値に達しない場合があると考えられる。この場合、この光音響画像化装置では、光源からのパルス光の光量が十分な光量にならないため、被検体から発生する光音響波信号が小さくなるという不都合がある。したがって、この光音響画像化装置では、発光ダイオード素子等の発光素子を用いる場合で、かつ、超音波探触子（検出部）の周波数帯域（検出周波数）が大きい（パルス幅が小さい）場合には、音響波信号が小さくなるのを抑制することが困難であるという問題点がある。

30

【0007】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の1つの目的は、光源部に発光ダイオード素子等の発光素子を用いる場合で、かつ、検出部の検出周波数が大きい場合にも、光音響波信号が小さくなるのを抑制することが可能な光音響画像化装置を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、この発明の一の局面による光音響画像化装置は、光源部と、光源部により被検体に光が照射されることに起因して被検体内から発生する音響波を検出する検出部と、光源部に電力を供給して光源部を駆動させる光源駆動部とを備え、光源駆動部は、光源部に供給する電力のピーク電流値が所定のピーク電流値になるように、検

50

出部の検出周波数が大きいほど、光源部に供給する電力の電圧値を大きくするように構成されている。

【0009】

ここで、本願発明者が鋭意検討した結果、本願発明者は、光源部に供給する電力の電圧値が大きい程、光源部に供給する電力のピーク電流値が所定のピーク電流値に達するまでの時間が短くなり、光源部に供給する電力の電圧値が小さい程、光源部に供給する電力のピーク電流値が所定のピーク電流値に達するまでの時間が長くなることを見出した。言い換えると、光源部に供給する電力の電圧値が大きい程、光源部に供給する電力の電流値が上昇する速度が大きくなり、光源部に供給する電力の電圧値が小さい程、光源部に供給する電力の電流値が上昇する速度が小さくなることを見出した。本願発明者は、この点に着目することによって、本願発明を想到するに至った。

10

【0010】

すなわち、この発明の一の局面による光音響画像化装置では、上記のように、光源駆動部を、光源部に供給する電力のピーク電流値が所定のピーク電流値になるように、検出部の検出周波数が大きいほど、光源部に供給する電力の電圧値を大きくするように構成する。これにより、検出部の検出周波数が大きい場合にパルス幅を小さくする場合（光源部に電流を流す時間が短い場合）でも、光源部に供給する電力の電圧値を大きくすることにより電流値が上昇する速度を大きくすることができる。この結果、光源部に供給する電力のピーク電流値を所定のピーク電流値にすることができる。そして、光源部に供給する電力の電流値が所定のピーク電流値（光音響波信号を取得するために十分な大きさのピーク電流値）に達しない状態になるのを抑制することができるので、光音響波信号が小さくなるのを抑制することができる。その結果、光源部に発光ダイオード素子等の発光素子を用いる場合で、かつ、検出部の検出周波数が大きい場合にも、音響波信号が小さくなるのを抑制することができる。

20

【0011】

上記一の局面による光音響画像化装置において、好ましくは、光源駆動部は、検出部の検出周波数に基づいて、光源部から照射する光のパルス幅を設定するとともに、パルス幅が小さいほど、光源部に供給する電力の電圧値を大きくするように構成されている。このように構成すれば、パルス幅が小さいほど、光源部に供給する電力のピーク電流値が所定のピーク電流値に達するまでの時間が短くされるので、パルス幅を小さくする場合でも、確実に、光源部に供給する電力のピーク電流値を所定のピーク電流値にすることができる。

30

【0012】

この場合、好ましくは、光源駆動部は、互いに直列に接続された n 個の発光素子を含み、パルス幅を t_w 、所定のピーク電流値を I_o 、および、所定の比例定数を k として、以下の式(1)に表される電圧値 V に、光源部に供給する前記電力の電圧値を設定するように構成されている。

$$V = n \times 1 / k \times 1 / t_w \times I_o \quad \dots \quad (1)$$

このように構成すれば、発光素子の数 n 、パルス幅 t_w 、および、所定のピーク電流値 I_o が変更された場合でも、上記の式(1)を用いることにより、光源部に供給する電力のピーク電流値が所定のピーク電流値 I_o になるための電圧値 V を容易に設定することができる。

40

【0013】

上記検出部の検出周波数に基づいて光源部から照射する光のパルス幅を設定する光音響画像化装置において、好ましくは、光源駆動部は、検出部が検出することが可能な音響波の最大周波数が大きいほど、パルス幅を小さく設定するように構成されている。ここで、被検体から発生する音響波は、被検体に照射されたパルス幅の逆数の値を有する周波数を最大周波数として、最大周波数以下の周波数を有する音響波として発生する。この点に着目して、本発明では、光源駆動部を、検出部が検出することが可能な音響波の最大周波数が大きいほど、パルス幅を小さく設定するように構成することにより、検出部の最大周波

50

数が大きいほど、被検体から発生する音響波の最大周波数を大きくすることができる。その結果、検出部が検出することが可能な音響波の最大周波数と、被検体から発生する音響波の最大周波数とを略一致させることができるので、効率良く、音響波を発生させることができる。なお、本願明細書では、最大周波数とは、検出部が検出することが可能な音響波の周波数成分のピーク値(0 dB)に対して、-6 dBの値となる周波数のうち、大きい周波数を最大周波数として記載している。

【0014】

上記一の局面による光音響画像化装置において、好ましくは、光源駆動部は、光源部の応答特性に基づいて、光源部に供給する電力のピーク電流値が所定のピーク電流値になるように、光源部に供給する電力の電圧値を設定するように構成されている。ここで、光源部では、電圧が印加された場合に、光源部の応答特性に応じて光源部に流れる電流の電流値の上昇する速度が変化する。この点に着目して、本発明では、光源駆動部を、光源部の応答特性に基づいて、光源部に供給する電力のピーク電流値が所定のピーク電流値になるように、光源部に供給する電力の電圧値を設定することにより、光源部に供給する電力のピーク電流値を上昇させる速度を適切に設定することができる。

10

【0015】

この場合、好ましくは、光源部は、第1の波長の光を発する第1光源と、第1の波長とは異なる第2の波長の光を発する第2光源とを含み、光源駆動部は、第1光源の応答特性と第2光源の応答特性とに基づいて、第1光源に供給する電力のピーク電流値と第2光源に供給する電力のピーク電流値とが略等しいピーク電流値になるように、第1光源に供給する電力の第1電圧値および第2光源に供給する電力の第2電圧値をそれぞれ設定するように構成されている。ここで、一般的に、光源部の波長が異なる場合には、波長に応じて光源部の応答特性が異なる。このため、互いに波長が異なる第1光源および第2光源に、同じ電圧値を有する電力を供給した場合には、第1光源からのパルス光の光量(ピーク電流値)と第2光源からのパルス光の光量(ピーク電流値)とに違いが生じる。この場合、第1光源からのパルス光に起因する音響波の強度と、第2光源からのパルス光に起因する音響波の強度とを比較する際に、光量の違いを考慮した比較的複雑な補正をする必要があるため、光音響画像化装置の信号処理を複雑化すると考えられる。この点を考慮して、本発明では、上記のように構成することにより、第1光源に供給する電力のピーク電流値と第2光源に供給する電力のピーク電流値とを略等しくすることができるので、第1光源からのパルス光に起因する音響波の強度と、第2光源からのパルス光に起因する音響波の強度とを比較する場合に、比較的複雑な補正をする必要がないので、光音響画像化装置の信号処理が複雑化するのを抑制することができる。

20

30

【0016】

上記一の局面による光音響画像化装置において、好ましくは、光源駆動部は、検出部の識別情報および光源部の識別情報の少なくとも一方と、光源部に供給する電力の電圧値との対応関係を表すテーブルに基づいて、光源部に供給する電力の電圧値を設定するように構成されている。このように構成すれば、テーブルを用いることにより、比較的複雑な計算式を用いて計算させる必要がない分、容易に、光源部に供給する電力の電圧値を設定することができる。

40

【0017】

上記一の局面による光音響画像化装置において、好ましくは、光源部は、発光ダイオード素子および半導体レーザ素子のうちの少なくとも一方を含む。このように構成すれば、固体レーザ素子(Qスイッチパルスレーザ光源)を用いる場合と異なり、光学系の振動による特性変動を抑制するための光学定盤や強固な筐体が必要にならないので、その分、光音響画像化装置の構造が大型化するのを抑制することができる。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、上記のように、発光ダイオード素子等の発光素子を用いる場合で、かつ、検出部の検出周波数が大きい場合でも、音響波信号が小さくなるのを抑制することが

50

できる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の第1実施形態による光音響画像化装置の全体構成を示したブロック図である。

【図2】本発明の第1実施形態による光音響画像化装置のパルス光の照射に関する構成を示したブロック図である。

【図3】本発明の第1実施形態による検出部の検出周波数の特性を説明するための図である。

【図4】本発明の第1実施形態による光音響画像化装置のパルス光とピーク電流値との関係を説明するための図である。

【図5】本発明の第1実施形態による光音響画像化装置の光源部に印加する電圧値とピーク電流値との関係を説明するための図である。

【図6】本発明の第1実施形態による光音響画像化装置のパルス光を照射した場合の被検体から発生する音響波の周波数分布を説明するための図である。

【図7】本発明の第1実施形態による光音響画像化装置の光源部に印加する電圧値に対するピーク電流値の測定に関する実験結果を示す図である。

【図8】本発明の第2実施形態による光音響画像化装置の全体構成を示したブロック図である。

【図9】本発明の第2実施形態による光音響画像化装置の検出部の識別情報とパルス幅との対応関係を表すテーブルを示した図である。

【図10】本発明の第2実施形態による光音響画像化装置の光源部の識別情報と電圧値との対応関係を表すテーブルを示した図である。

【図11】本発明の第3実施形態による光音響画像化装置の全体構成を示したブロック図である。

【図12】本発明の第3実施形態による光音響画像化装置の光源部の識別情報と電圧値との対応関係を示すテーブルを示した図である。

【図13】本発明の第3実施形態による光音響画像化装置の第1光源部および第2光源部に印加する電圧値とピーク電流値との関係を説明するための図である。

【図14】被検体の検出対象物の光吸収特性を説明するための図である。

【図15】本発明の第1実施形態の変形例による光源部の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0021】

[第1実施形態]

(光音響画像化装置の全体構成)

図1～図6を参照して、本発明の第1実施形態による光音響画像化装置100の全体構成について説明する。図1に示すように、光音響画像化装置100は、被検体P(人体など)の内部の検出対象物(血液、臓器、および、穿刺針など)から音響波Aを検出して、光音響波信号を画像化する機能を有する。

【0022】

本発明の第1実施形態による光音響画像化装置100には、図1に示すように、プローブ本体部1と装置本体部2とが設けられている。また、光音響画像化装置100には、プローブ本体部1と装置本体部2とを接続するケーブル3が設けられている。

【0023】

プローブ本体部1は、操作者により把持されながら被検体P(人体の体表など)の表面上に配置されるように構成されている。そして、プローブ本体部1には、光源部11と検出部12とが設けられている。

【0024】

10

20

30

40

50

そして、光源部 1 1 は、被検体 P に光を照射することが可能に構成されている。検出部 1 2 は、光源部 1 1 により被検体 P に光が照射されることに起因して被検体 P 内から発生する音響波 A を検出するように構成されている。そして、検出部 1 2 は、ケーブル 3 を介して、音響波 A を光音響波信号として装置本体部 2 に伝達するように構成されている。

【 0 0 2 5 】

装置本体部 2 には、光源駆動部 2 1 と、制御部 2 2 と、画像化部 2 3 と、画像表示部 2 4 と、操作部 2 5 とが設けられている。光源駆動部 2 1 は、制御部 2 2 からの指令に基づいて光源部 1 1 に電力を供給して光源部 1 1 を駆動させるように構成されている。制御部 2 2 は、光音響画像化装置 1 0 0 の各部の制御を行うように構成されている。画像化部 2 3 は、プローブ本体部 1 により検出された光音響波信号を処理して画像化するように構成されている。画像表示部 2 4 は、たとえば、液晶モニタからなり、画像化された光音響波信号を表示するように構成されている。操作部 2 5 は、たとえば、キーボードなどからなり、操作者からの入力操作を受け付けるように構成されている。

10

【 0 0 2 6 】

(光音響画像化装置の各部の構成)

パルス光の照射に関する構成

光源部 1 1 は、図 2 に示すように、複数の発光ダイオード素子 1 1 a を含む。発光ダイオード素子 1 1 a は、たとえば、複数 (n 個) の発光ダイオード素子 1 1 a が互いに直列に接続された複数の発光素子群 1 1 b として構成されており、発光素子群 1 1 b は、光源駆動部 2 1 に対して、たとえば、3 列並列に接続されている。なお、発光ダイオード素子 1 1 a は、特許請求の範囲の「発光素子」の一例である。

20

【 0 0 2 7 】

そして、光源部 1 1 は、光源駆動部 2 1 から電力が供給されることにより赤外域の波長 (たとえば、600 nm 以上 1000 nm 以下の波長であり、好ましくは、約 850 nm の波長) を有するパルス光を放出することが可能に構成されている。そして、光源部 1 1 は、複数の発光ダイオード素子 1 1 a から放出された光を被検体 P に照射するように構成されている。

【 0 0 2 8 】

そして、図 1 に示すように、光源部 1 1 から被検体 P に照射されたパルス光は、被検体 P 内の検出対象物 (たとえば、ヘモグロビン等) により吸収される。そして、検出対象物が、パルス光の照射強度 (光量および吸収量) に応じて、膨張および収縮する (膨張した大きさから元の大きさに戻る) ことにより、検出対象物 (被検体 P) から音響波 A が生じる。

30

【 0 0 2 9 】

制御部 2 2 は、光源駆動部 2 1 に光トリガ信号を伝達するように構成されている。そして、光源駆動部 2 1 は、光トリガ信号に応じて、光源部 2 1 から光を照射させるように構成されている。また、制御部 2 2 は、光トリガ信号に同期したサンプリングトリガ信号を画像化部 2 3 に伝達するように構成されている。

【 0 0 3 0 】

図 2 に示すように、光源駆動部 2 1 は、駆動電源部 2 1 a とスイッチ部 2 1 b ~ 2 1 d とを含む。

40

【 0 0 3 1 】

駆動電源部 2 1 a は、たとえば、DC / DC コンバータ等からなり、外部電源 (図示せず) から電力を取得するとともに、制御部 2 2 から制御信号を取得するように構成されている。そして、駆動電源部 2 1 a は、取得した電力を、取得した制御信号に応じた電圧値 V を有する直流の電力に変換するように構成されている。そして、駆動電源部 2 1 a は、光源部 1 1 の発光素子群 1 1 b のアノード側に接続されており、発光ダイオード素子 1 1 a のアノード側に生成した電力を供給する (電圧値 V を印加する) ように構成されている。

【 0 0 3 2 】

50

スイッチ部 2 1 b ~ 2 1 d は、それぞれの一方側は、光源部 1 1 の発光ダイオード素子 1 1 a のカソード側に接続されており、それぞれの他方側は接地されている。そして、スイッチ部 2 1 b ~ 2 1 d は、たとえば、FET (F i e l d E f f e c t T r a n s i s t o r) を含み、それぞれ制御部 2 2 からのパルス状の光トリガ信号に基づいて、オンとオフとを切り替え可能に構成されている。

【 0 0 3 3 】

そして、スイッチ部 2 1 b ~ 2 1 d がオンした場合には、発光ダイオード素子 1 1 a のカソード側の電圧値が低下する（接地される）ことにより、発光ダイオード素子 1 1 a のアノード側とカソード側とに電位差（略電圧値 V ）が生じて、発光ダイオード素子 1 1 a に電流が流れるように構成されている。すなわち、スイッチ部 2 1 b ~ 2 1 d がオンする時間が光源部 1 1 から照射されるパルス光のパルス幅 t_w の大きさに対応して、発光ダイオード素子 1 1 a に流れる電流値の大きさが光源部 1 1 から照射されるパルス光の光量の大きさに対応する。

【 0 0 3 4 】

音響波の検出に関する構成

検出部 1 2 は、圧電素子（たとえば、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT））などにより構成されている。そして、検出部 1 2 は、上記した音響波 A を取得した場合には、振動して電圧（信号）を生じるように構成されている。そして、検出部 1 2 は、図 1 に示すように、光音響波信号を装置本体部 2 に伝達するように構成されている。

【 0 0 3 5 】

ここで、図 3 に示すように、検出部 1 2 が検出することが可能な最大周波数 f_{max} は、検出部 1 2 が検出することが可能な音響波 A の周波数特性（検出周波数の特性）から決定される。図 3 に示す例の場合、検出部 1 2 が検出することが可能な最大周波数 f_{max} は、ピーク値（0 dB）を基準として、6 dB 小さい（- 6 dB となる）周波数（7.5 MHz および 2.5 MHz）のうちの高い周波数である 7.5 MHz である。なお、本願明細書では、上記のように、最大周波数 f_{max} を、検出部 1 2 が検出することが可能な音響波 A の周波数成分のピーク値（0 dB）に対して、- 6 dB の値となる周波数のうち、大きい周波数を最大周波数 f_{max} として記載している。

【 0 0 3 6 】

ここで、検出部 1 2 は、検出することが可能な最大周波数 f_{max} が、20 MHz 以下になるように構成されている。一般的に、音響波 A の周波数は大きくなる程、分解能は大きくなる一方、音響波 A が被検体 P の内部で伝搬する際の減衰率は大きくなる。たとえば、被検体 P（たとえば、生体）から 20 MHz よりも大きな音響波 A が発生した場合、表層部分よりも深い部分から発生した 20 MHz よりも大きな音響波 A は、検出部 1 2 に到達することが困難になる。すなわち、検出部 1 2 が検出することが可能な最大周波数 f_{max} を 20 MHz よりも大きくした場合は、検出部 1 2 が検出することが可能な最大周波数 f_{max} を 20 MHz とした場合と実質的に検出される音響波 A の周波数は同等となる。したがって、検出部 1 2 の最大周波数 f_{max} が 20 MHz 以下になるように、検出部 1 2 を構成するのが好ましい。

【 0 0 3 7 】

また、検出部 1 2 が検出することが可能な最大周波数 f_{max} は、1 MHz 以上になるように構成されている。一般的に、音響波 A の周波数が小さい程、音響波 A が被検体 P の内部を伝搬することが可能な距離（深度）は大きくなる一方、分解能は小さくなる。たとえば、1 MHz の音響波 A を用いて画像化する場合、分解能は、約 1.5 mm となる。一般的に、音響波 A の画像を診断に用いる場合には、分解能が 1.5 mm 以下であることが望ましい。したがって、検出部 1 2 の最大周波数 f_{max} が 1 MHz 以上になるように構成することにより、光音響画像化装置 1 0 0 を用いた診断が困難になるのを抑制することが可能になる。

【 0 0 3 8 】

パルス幅の設定および光源部に供給する電力の電圧値の設定に関する構成

図4は、光源部11に印加する電圧値Vを一定にした場合の光源部11に流れる電流の波形について図示している。たとえば、制御部22は、期間1の間(時点t1からt2までの期間)、光トリガ信号をスイッチ部21b~21dに伝達した場合には、光源部11から照射される光のパルス幅twは、tw1となる(たとえば、100nsとする)。なお、本願明細書では、パルス光のパルス幅twを、発光ダイオード素子11aに流れる電流値の半値全幅の時間幅として記載している。

【0039】

この場合、光源部11(発光ダイオード素子11a)に流れる電流値は、時点t1からt2にかけて徐々に大きくなり、時点t2において、発光ダイオード素子11aに流れる電流値の最大値であるピーク電流値IpがI1となる(たとえば、15Aとする)。そして、発光ダイオード素子11aに流れる電流値は、時点t2の後は徐々に小さくなり、時点t3で略零になる。すなわち、発光ダイオード素子11aに流れる電流値の波形(パルス光の波形)は、略三角波形状を有するように、光源駆動部21により電力が供給される。

10

【0040】

また、制御部22は、期間1よりも長い期間2の間(時点t1からt4までの期間)、光トリガ信号をスイッチ部21b~21dに伝達した場合には、光源部11から照射される光のパルス幅twは、tw2となる(たとえば、500nsとする)。この場合、光源部11(発光ダイオード素子11a)に流れる電流値は、時点t1から時点t4にかけて徐々に大きくなり、時点t4において、ピーク電流値Ipが電流値I1よりも大きなI2となる(たとえば、75Aとする)。そして、発光ダイオード素子11aに流れる電流値は、時点t4の後は徐々に小さくなり、時点t5で略零になる。したがって、光源駆動部21の駆動電源部21aの電圧値Vを一定にして、光源部11に印加する電圧値Vを一定にした場合には、光源部11に流れる電流のピーク電流値Ipは、パルス幅twが大きい程、大きく、パルス幅twが小さい程、小さくなる。

20

【0041】

図5は、光源部11に印加する電圧値Vを変化させた場合の光源部11に流れる電流の波形について図示している。具体的には、光源部11に電圧を印加する期間を一定(期間3(時点t11からt13まで))にした状態で、光源部11に印加する電圧値Vを電圧値V1、V2、および、V3とした場合のそれぞれの電流値の波形を、図4に示している。なお、電圧値V1、V2、および、V3は、V1>V2>V3の関係があるものとする。

30

【0042】

この場合、光源部11に流れる電流のピーク電流値Ipは、電圧値V1の場合、電流値I3となり、電圧値V2の場合、電流値I4となり、電圧値V3の場合、電流値I5となる。なお、I3>I4>I5の関係を有する。

【0043】

ここで、電流値I4を設定ピーク電流値Ioとすると、光源部11に供給する電力の電圧値Vが大きい程、光源部11に供給する電力のピーク電流値Ipが設定ピーク電流値Ioに達するまでの時間が短くなり、光源部11に供給する電力の電圧値Vが小さい程、光源部11に供給する電力のピーク電流値Ipが設定ピーク電流値Ioに達するまでの時間が長くなる。たとえば、電圧値V1の場合には、時点t13より前の時点t12に、発光ダイオード素子11aに流れる電流値が設定ピーク電流値Ioに到達する。また、電圧値V2の場合には、時点t13に、発光ダイオード素子11aに流れる電流値が設定ピーク電流値Ioに到達する。電圧値V3の場合には、時点t13より後に、発光ダイオード素子11aに流れる電流値が設定ピーク電流値Ioに到達する。

40

【0044】

すなわち、光源部11に供給する電力の電圧値Vが大きい程、光源部11に供給する電力の電流値が上昇する速度(単位時間あたりの電流値の上昇値)が大きくなり、光源部11に供給する電力の電圧値Vが小さい程、光源部11に供給する電力の電流値が上昇する

50

速度が小さくなる。

【0045】

ここで、第1実施形態では、光源駆動部21は、光源部11に供給する電力のピーク電流値 I_p が設定ピーク電流値 I_o になるように、検出部12の検出周波数（検出部12が検出することが可能な最大周波数 f_{max} ）が大きいほど、光源部11に供給する電力の電圧値 V を大きくするように構成されている。以下、具体的に説明する。

【0046】

第1実施形態では、光源駆動部21（制御部22）により設定ピーク電流値 I_o が予め設定されている。設定ピーク電流値 I_o は、設定ピーク電流値 I_o が光源部11に流れることにより生成されたパルス光が被検体Pに照射された場合に、被検体Pから十分な大きさの音響波Aを生成させることが可能な値に設定されている。たとえば、図5に示すように、設定ピーク電流値 I_o は、 I_4 として設定されている。

10

【0047】

そして、第1実施形態では、光源駆動部21（制御部22）は、検出部12の検出周波数（検出部12が検出することが可能な最大周波数 f_{max} ）に基づいて、光源部11から照射する光のパルス幅 t_w を設定するように構成されている。

【0048】

具体的には、光源部11のパルス幅 t_w は、検出部12が検出することが可能な音響波Aの最大周波数を f_{max} とした場合に、光源駆動部21（制御部22）により発光ダイオード素子11aに電圧が印加される時間の幅（光トリガ信号のパルス幅）が調整されることにより、パルス光のパルス幅 t_w を、下記の式（2）に表されるパルス幅 t_w に設定するように構成されている。

20

$$0.5 / f_{max} \quad t_w \quad 1 / f_{max} \quad \dots \quad (2)$$

【0049】

たとえば、検出部12の最大周波数 f_{max} が7.5MHz（図3参照）であるとする、制御部22は、パルス幅 t_w を、 $0.5 / 7.5 \text{ MHz} \quad t_w \quad 1 / 7.5 \text{ MHz}$ に設定する。すなわち、パルス幅 t_w は、約67ns以上約133ns以下の範囲内に設定される。そして、たとえば、制御部22により、パルス幅 t_w を100nsに設定したとすると、光源部11により照射された光に起因して発生する音響波Aの周波数分布は、図6に示すように、検出部12が検出することが可能な音響波Aの周波数特性（図3参照）に対応するような分布となる。

30

【0050】

そして、第1実施形態では、光源駆動部21（制御部22）は、パルス幅 t_w が小さいほど、光源部11に供給する電力の電圧値 V を大きくするように構成されている。すなわち、光源駆動部21（制御部22）は、検出部12の検出周波数（検出部12が検出することが可能な最大周波数 f_{max} ）が大きいほど、光源部11に供給する電力の電圧値 V を大きくするように構成されている。詳細には、光源駆動部21は、互いに直列に接続された n 個の発光素子を含み、パルス幅を t_w 、設定ピーク電流値を I_o 、および、所定の比例定数を k として、以下の式（3）に表される電圧値 V に、光源部11に供給する電力の電圧値 V を設定するように構成されている。

40

$$V = n \times 1 / k \times 1 / t_w \times I_o \quad \dots \quad (3)$$

【0051】

たとえば、図5に示すように、設定ピーク電流値 I_o が I_4 、パルス幅 t_w が100ns（光トリガ信号のパルス幅3）の場合、電圧値 V は、 V_2 として設定される。これにより、光源駆動部21は、所望の設定ピーク電流値 I_o とパルス幅 t_w とを有するパルス光を生成することが可能になる。

【0052】

また、たとえば、操作者による操作部25の操作に基づいて、制御部22（光源駆動部21）により、パルス幅 t_w が、100nsよりも大きく（光トリガ信号のパルス幅4（> 3））設定された場合にも、上記の式（3）を用いて同様に、電圧値 V が電圧値 V

50

4 (< V 2) に設定される。

【 0 0 5 3 】

(光源部に印加する電圧値とピーク電流値との関係に関する実験結果)

次に、図 7 を参照して、第 1 実施形態による光音響画像化装置 1 0 0 における、光源部 1 1 に印加する電圧値 V と、光源部 1 1 に流れる電流のピーク電流値 I p との関係に関する実験結果について説明する。この実験では、発光ダイオード素子 1 1 a の個数 n を 1、パルス幅 t w を 1 0 0 n s として、光源部 1 1 に印加する電圧値 V を変化させて、ピーク電流値 I p を測定する実験を行った。

【 0 0 5 4 】

測定の結果、光源部 1 1 に印加する電圧値 V を、7 V とした場合、ピーク電流値 I p は、8 A となった。また、電圧値 V を、1 3 V とした場合、ピーク電流値 I p は、1 5 A となった。また、電圧値 V を、2 0 V とした場合、ピーク電流値 I p は、2 2 A となった。また、電圧値 V を、2 7 V とした場合、ピーク電流値 I p は、3 0 A となった。また、電圧値 V を、3 4 V とした場合、ピーク電流値 I p は、3 9 A となった。また、電圧値 V を、4 1 V とした場合、ピーク電流値 I p は、4 6 A となった。また、電圧値 V を、4 8 V とした場合、ピーク電流値 I p は、5 2 A となった。また、電圧値 V を、5 3 V とした場合、ピーク電流値 I p は、6 0 A となった。また、電圧値 V を、5 9 V とした場合、ピーク電流値 I p は、6 6 A となった。

10

【 0 0 5 5 】

以上の結果から、光源部 1 1 に印加する電圧値 V と、光源部 1 1 に流れる電流のピーク電流値 I p とは、以下の式 (4) に示すような比例関係を有することが判明した。

20

$$I p = k \times t w / n \times V \quad \dots \quad (4)$$

【 0 0 5 6 】

これにより、上記の式 (4) のピーク電流値 I p を設定ピーク電流値 I o として、上記の式 (4) を変形すれば、上記の (3) を導くことが可能であることが判明した。

【 0 0 5 7 】

第 1 実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

【 0 0 5 8 】

第 1 実施形態では、上記のように、光源駆動部 2 1 を、光源部 1 1 に供給する電力のピーク電流値 I p が設定ピーク電流値 I o になるように、検出部 1 2 の検出周波数 (の最大周波数 f m a x) が大きいほど、光源部 1 1 に供給する電力の電圧値 V を大きくするように構成する。これにより、検出部 1 2 の検出周波数が大きい場合にパルス幅 t w を小さくする場合 (光源部 1 1 に電流を流す時間が短い場合) でも、光源部 1 1 に供給する電力の電圧値 V を大きくすることにより電流値が上昇する速度を大きくすることができる。この結果、光源部 1 1 に供給する電力のピーク電流値 I p を設定ピーク電流値 I o にすることができる。そして、光源部 1 1 に供給する電力の電流値が設定ピーク電流値 I o (光音響波信号を取得するために十分な大きさのピーク電流値) に達しない状態になるのを抑制することができるので、光音響波信号が小さくなるのを抑制することができる。その結果、発光ダイオード素子 1 1 a を用いる場合で、かつ、検出部 1 2 の検出周波数が大きい場合にも、音響波信号が小さくなるのを抑制することができる。

30

40

【 0 0 5 9 】

また、第 1 実施形態では、上記のように、光源駆動部 2 1 を、検出部 1 2 の検出周波数に基づいて、光源部 1 1 から照射する光のパルス幅 t w を設定するとともに、パルス幅 t w が小さいほど、光源部 1 1 に供給する電力の電圧値 V を大きくするように構成する。これにより、パルス幅 t w が小さいほど、光源部 1 1 に供給する電力のピーク電流値 I p が設定ピーク電流値 I o に達するまでの時間を短くすることができるので、パルス幅 t w を小さくする場合でも、確実に、光源部 1 1 に供給する電力のピーク電流値 I p を設定ピーク電流値 I o にすることができる。

【 0 0 6 0 】

また、第 1 実施形態では、上記のように、光源駆動部 2 1 を、互いに直列に接続された

50

n 個の発光ダイオード素子 11a を含み、パルス幅を t_w 、設定ピーク電流値を I_o 、および、所定の比例定数を k として、上記の式 (3) に表される電圧値 V に、光源部 11 に供給する電力の電圧値を設定するように構成する。これにより、発光ダイオード素子 11a の数、パルス幅 t_w 、および、設定ピーク電流値 I_o が変更された場合でも、上記の式 (3) を用いることにより、光源部 11 に供給する電力のピーク電流値 I_p が設定ピーク電流値 I_o になるための電圧値 V を容易に設定することができる。

【0061】

また、第 1 実施形態では、上記のように、光源駆動部 21 を、検出部 12 が検出することが可能な音響波の最大周波数 f_{max} が大きいほど、パルス幅 t_w を小さく設定するように構成する。ここで、被検体 12 から発生する音響波 A は、被検体 P に照射されたパルス幅 t_w の逆数の値を有する周波数を最大周波数として、最大周波数以下の周波数を有する音響波 A として発生 (図 6 参照) する。この点に着目して、第 1 実施形態では、光源駆動部 21 を、検出部 12 が検出することが可能な音響波の最大周波数 f_{max} が大きいほど、パルス幅 t_w を小さく設定するように構成することにより、検出部 12 の最大周波数 f_{max} が大きいほど、被検体 P から発生する音響波 A の最大周波数を大きくすることができる。その結果、検出部 12 が検出することが可能な音響波の最大周波数 f_{max} と、被検体 P から発生する音響波 A の最大周波数とを略一致させることができるので、効率良く、音響波 A を発生させることができる。

10

【0062】

また、第 1 実施形態では、上記のように、光源部 11 に、発光ダイオード素子 11a を設ける。これにより、固体レーザ素子 (Q スイッチパルスレーザ光源) を用いる場合と異なり、光学系の振動による特性変動を抑制するための光学定盤や強固な筐体が必要にならないので、その分、光音響画像化装置 100 の構造が大型化するのを抑制することができる。

20

【0063】

[第 2 実施形態]

次に、図 8 ~ 図 10 を参照して、第 2 実施形態による光音響画像化装置 200 の構成について説明する。第 2 実施形態では、検出部 212 の検出周波数の特性のみならず、光源部 211 の応答特性に基づいて、光源部 211 に供給する電力のピーク電流値 I_p が設定ピーク電流値 I_o になるように、光源部 211 に供給する電力の電圧値 V を設定するように構成されている。なお、上記第 1 実施形態と同一の構成については、同じ符号を付してその説明を省略する。

30

【0064】

(第 2 実施形態による光音響画像化装置の構成)

図 8 に示すように、第 2 実施形態による光音響画像化装置 200 には、プローブ本体部 201 と、装置本体部 202 とが設けられている。プローブ本体部 201 は、光源部 211 と検出部 212 とを含む。また、装置本体部 202 は、光源駆動部 221 と、制御部 222 と、記憶部 225 とを含む。

【0065】

プローブ本体部 201 は、ケーブル 3 に対して、脱着可能に構成されており、プローブ本体部 201 を他の種類のプローブ本体部 201 に交換することが可能に構成されている。

40

【0066】

光源部 211 は、複数の発光ダイオード素子 11a を含む。また、光源部 211 には、予め識別情報 (Identification) 211b が格納されている。そして、光源部 211 は、プローブ本体部 201 に対して、脱着可能に構成されており、光源部 211 を他の種類の (応答特性が異なる) 光源部 211 に交換することが可能に構成されている。

【0067】

検出部 212 には、予め識別情報 212a が格納されている。そして、検出部 212 は

50

、光源部 2 1 1 と同様に、プローブ本体部 2 0 1 に対して、脱着可能に構成されており、検出部 2 1 2 を他の種類の（最大周波数 f_{max} が異なる）検出部 2 1 2 に交換することが可能に構成されている。

【0068】

ここで、第 2 実施形態では、光源駆動部 2 2 1 は、光源部 2 1 1 の応答特性に基づいて、光源部 2 1 1 に供給する電力のピーク電流値 I_p が設定ピーク電流値 I_o になるように、光源部 2 1 1 に供給する電力の電圧値 V を設定するように構成されている。

【0069】

また、第 2 実施形態では、光源駆動部 2 2 1 は、検出部 2 1 2 の識別情報 2 1 2 a および光源部 2 1 1 の識別情報 2 1 1 b と、光源部 2 1 1 に供給する電力の電圧値 V との対応関係を表すテーブル 2 2 5 a に基づいて、光源部 2 1 1 に供給する電力の電圧値 V を設定するように構成されている。

10

【0070】

具体的には、図 9 および図 10 に示すように、記憶部 2 2 5 には、検出部 2 1 2 の識別情報 2 1 2 a および光源部 2 1 1 の識別情報 2 1 1 b と、光源部 2 1 1 に供給する電力の電圧値 V との対応関係を表すテーブル 2 2 5 a が予め記憶されている。なお、記憶部 2 2 5 は、テーブル 2 2 5 a を外部機器（図示せず）から取得するように構成されていてもよい。

【0071】

たとえば、図 9 に示すように、テーブル 2 2 5 a には、検出部 2 1 2 の識別情報 2 1 2 a と、光源部 2 1 1 からのパルス光のパルス幅 t_w との対応関係を示すテーブルを含む。具体的には、識別情報「01」や「02」などにそれぞれ対応するように、パルス幅「 t_w11 」や「 t_w12 」などが設定されている。なお、最大周波数 f_{max} が比較的大きい検出部 2 1 2 の識別情報 2 1 2 a に対応するパルス幅 t_w は比較的小さく設定されている。

20

【0072】

また、図 10 に示すように、テーブル 2 2 5 a には、光源部 2 1 1 の識別情報 2 1 1 b と、光源部 2 1 1 に印加される電圧値 V との対応関係を示すテーブルを含む。具体的には、識別情報およびパルス幅 t_w に対応するように、電圧値 V が設定されている。たとえば、識別情報「10」が取得されるとともに、パルス幅 t_w13 が設定されている場合には、制御部 2 2 2（光源駆動部 2 2 1）は、電圧値 $V13$ を設定する。なお、テーブル 2 2 5 a に設定されている電圧値 V は、光源部 2 1 1 の発光ダイオード素子 1 1 a の応答特性を考慮して識別情報 2 1 1 b ごとに設定されている。ここで、本願明細書の応答特性とは、発光ダイオード素子 1 1 a の立上りおよび立下りの特性のみならず、上記した第 1 実施形態による光音響画像化装置 1 0 0 の式（3）の比例定数 k 、発光ダイオード素子 1 1 a の個数 n 、および、設定ピーク電流値 I_o の情報を含んでいる。

30

【0073】

そして、制御部 2 2 2（光源駆動部 2 2 1）は、プローブ本体部 2 0 1 からケーブル 3 を介して、検出部 2 1 2 の識別情報 2 1 2 a を取得して、取得した識別情報 2 1 2 a に対応するパルス幅 t_w を設定するように構成されている。そして、制御部 2 2 2（光源駆動部 2 2 1）は、プローブ本体部 2 0 1 からケーブル 3 を介して、光源部 2 1 1 の識別情報 2 1 1 b を取得して、取得した識別情報 2 1 1 b およびパルス幅 t_w に対応する電圧値 V を設定するように構成されている。

40

【0074】

そして、光源駆動部 2 2 1 は、設定された電圧値 V を光源部 2 1 1 に印加して、光源部 2 1 1 に流れる電流のピーク電流値 I_p が、設定ピーク電流値 I_o になる状態で、被検体 P にパルス光を照射するように構成されている。

【0075】

また、第 2 実施形態による光音響画像化装置 2 0 0 のその他の構成は、第 1 実施形態における光音響画像化装置 1 0 0 と同様である。

50

【 0 0 7 6 】

第 2 実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

【 0 0 7 7 】

第 2 実施形態では、上記のように、光源駆動部 2 2 1 (制御部 2 2 2) を、光源部 2 1 1 の応答特性 (識別情報 2 1 1 b およびテーブル 2 2 5 a) に基づいて、光源部 2 1 1 に供給する電力のピーク電流値 I_p が設定ピーク電流値 I_o になるように、光源部 2 1 1 に供給する電力の電圧値 V を設定するように構成する。ここで、光源部 2 1 1 は、電圧が印加された場合に、光源部 2 1 1 の応答特性に応じて光源部 2 1 1 に流れる電流値の上昇する速度が変化する。この点に着目して、第 2 実施形態では、光源駆動部 2 2 1 を、光源部 2 1 1 の応答特性に基づいて、光源部 2 1 1 に供給する電力のピーク電流値 I_p が設定ピーク電流値 I_p になるように、光源部 2 1 1 に供給する電力の電圧値 V を設定することにより、光源部 2 1 1 に供給する電力の電流値を上昇させる速度を適切に設定することができる。

10

【 0 0 7 8 】

また、第 2 実施形態では、上記のように、光源駆動部 2 2 1 (制御部 2 2 2) を、検出部 2 1 2 の識別情報 2 1 2 a および光源部 2 1 1 の識別情報 2 1 1 b と、光源部 2 1 1 に供給する電力の電圧値 V との対応関係を表すテーブル 2 2 5 a に基づいて、光源部 2 1 1 に供給する電力の電圧値 V を設定するように構成する。これにより、テーブル 2 2 5 a を用いることにより、比較的複雑な計算式を用いて計算させる必要がない分、容易に、光源部 2 1 1 に供給する電力の電圧値 V を設定することができる。

20

【 0 0 7 9 】

また、第 2 実施形態による光音響画像化装置 2 0 0 のその他の効果は、第 1 実施形態における光音響画像化装置 1 0 0 と同様である。

【 0 0 8 0 】

[第 3 実施形態]

次に、図 1 1 ~ 図 1 4 を参照して、第 3 実施形態による光音響画像化装置 3 0 0 の構成について説明する。第 3 実施形態では、プローブ本体部 3 0 1 に、互いに異なる波長を有するパルス光を照射可能な光源部 (第 1 光源部 3 1 1 および第 2 光源部 3 1 3) が設けられている。なお、上記第 1 実施形態および上記第 2 実施形態と同一の構成については、同じ符号を付してその説明を省略する。

30

【 0 0 8 1 】

(第 3 実施形態による光音響画像化装置の構成)

図 1 1 に示すように、第 3 実施形態による光音響画像化装置 3 0 0 には、プローブ本体部 3 0 1 と、装置本体部 3 0 2 とが設けられている。プローブ本体部 3 0 1 は、検出部 2 1 2 と、第 1 光源部 3 1 1 と、第 2 光源部 3 1 3 とを含む。また、装置本体部 3 0 2 は、光源駆動部 3 2 1 と、制御部 3 2 2 と、記憶部 3 2 5 とを含む。

【 0 0 8 2 】

プローブ本体部 3 0 1 は、ケーブル 3 に対して、脱着可能に構成されており、プローブ本体部 3 0 1 を他の種類のプローブ本体部 3 0 1 に交換することが可能に構成されている。

40

【 0 0 8 3 】

ここで、第 3 実施形態では、プローブ本体部 3 0 1 には、約 8 5 0 nm の波長 (中心波長が約 8 5 0 nm) のパルス光を発する第 1 光源部 3 1 1 と、約 8 5 0 nm の波長とは異なる約 7 6 0 nm の波長 (中心波長が約 7 6 0 nm) のパルス光を発する第 2 光源部 3 1 3 とが設けられている。そして、光源駆動部 3 2 1 は、第 1 光源部 3 1 1 の応答特性と第 2 光源部 3 1 3 の応答特性とに基づいて、第 1 光源部 3 1 1 に供給する電力のピーク電流値 I_{pa} と第 2 光源部 3 1 3 に供給する電力のピーク電流値 I_{pb} とが略等しい設定ピーク電流値 I_o になるように、第 1 光源部 3 1 1 に供給する電力の第 1 電圧値 V_a および第 2 光源部 3 1 3 に供給する電力の第 2 電圧値 V_b をそれぞれ設定するように構成されている。なお、約 8 5 0 nm の波長は、特許請求の範囲の「第 1 の波長」の一例である。また

50

、約760nmの波長は、特許請求の範囲の「第2の波長」の一例である。

【0084】

また、第1光源部311には、予め識別情報311bが格納されている。また、第2光源部313には、予め識別情報313bが格納されている。そして、第1光源部311および第2光源部313は、それぞれプローブ本体部301に対して、脱着可能に構成されている。

【0085】

検出部212は、第2実施形態による検出部212と同様に構成されており、予め識別情報212aが格納されている。また、記憶部325には、テーブル325aが記憶されている。

【0086】

また、制御部321は、検出部212の識別情報212a、第1光源部311の識別情報311b、および、第2光源部313の識別情報313bと、第1光源部311に供給する電力の第1電力値Vaおよび第2光源部313に供給する電力の第2電力値Vbとの対応関係を表すテーブル325aに基づいて、第1電力値Vaおよび第2電力値Vbを設定するように構成されている。

【0087】

具体的には、図12に示すように、テーブル325aには、検出部212の識別情報212a、第1光源部311の識別情報311b、および、第2光源部313の識別情報313bとの組み合わせに応じて、それぞれ、第1光源部311のパルス光のパルス幅 $t_w a$ および電圧値Vaと、第2光源部313のパルス光のパルス幅 $t_w b$ および電圧値Vbとが設定されている。パルス幅 $t_w a$ および電圧値Vaと、パルス幅 $t_w b$ および電圧値Vbとは、第1光源部311(第1発光ダイオード素子311a)の応答特性および第2光源部313(第2発光ダイオード素子313a)の応答特性が考慮して設定されている。

【0088】

そして、制御部321は、テーブル325aに基づいて、パルス幅 $t_w a$ および $t_w b$ と、電圧値VaおよびVbとを設定して、設定した条件により光源駆動部322から第1光源部311および第2光源部313のそれぞれに、電力を供給するように構成されている。

【0089】

光源駆動部322は、図13に示すように、制御部321の指令に基づいて、パルス幅 $t_w a$ (トリガ信号11)および電圧値Vaに対応した電圧を第1光源部311に印加するとともに、パルス幅 $t_w b$ (トリガ信号12)および電圧値Vbに対応した電圧を第2光源部313に印加するように構成されている。これにより、第1光源部311に流れる電流のピーク電流値 $I_p a$ が設定ピーク電流値 I_o となるとともに、第2光源部313に流れる電流のピーク電流値 $I_p b$ が設定ピーク電流値 I_o となる。

【0090】

また、図14に示すように、被検体Pの検出対象物により光吸収特性は異なる。たとえば、波長850nmの光に対する吸光係数は、脱酸素化ヘモグロビンよりも酸素化ヘモグロビンの方が大きい。波長760nmの光に対する吸光係数は、脱酸素化ヘモグロビンよりも酸素化ヘモグロビンの方が小さい。第3実施形態では、第1光源部311は、波長850nmのパルス光を被検体Pに照射可能であるとともに、第2光源部313は、波長760nmのパルス光を被検体Pに照射可能である。これにより、光音響画像化装置300は、脱酸素化ヘモグロビンの吸光係数および酸素化ヘモグロビンの吸光係数の差異を利用して、たとえば、血管が動脈または静脈のいずれであるかを判別することが可能に構成されている。

【0091】

また、第3実施形態による光音響画像化装置300のその他の構成は、第1実施形態における光音響画像化装置100と同様である。

10

20

30

40

50

【0092】

第3実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

【0093】

第3実施形態では、上記のように、プローブ本体部301には、約850nmの波長のパルス光を発する第1光源部311と、約850nmの波長とは異なる約760nmの波長のパルス光を発する第2光源部313とが設けられている。そして、光源駆動部321は、第1光源部311の応答特性と第2光源部313の応答特性とに基づいて、第1光源部311に供給する電力のピーク電流値 I_{pa} と第2光源部313に供給する電力のピーク電流値 I_{pb} とが略等しい設定ピーク電流値 I_o になるように、第1光源部311に供給する電力の第1電圧値 V_a および第2光源部313に供給する電力の第2電圧値 V_b をそれぞれ設定するように構成されている。ここで、一般的に、光源部の波長が異なる場合には、波長に応じて光源部の応答特性が異なる。このため、互いに波長が異なる第1光源部311および第2光源部313に、同じ電圧値 V を有する電力を供給した場合には、第1光源部311からのパルス光の光量（ピーク電流値 I_{pa} ）と第2光源部313からのパルス光の光量（ピーク電流値 I_{pb} ）とに違いが生じる。この場合、第1光源部311からのパルス光に起因する音響波Aの強度と、第2光源部313からのパルス光に起因する音響波Aの強度とを比較する際に、光量の違いを考慮した比較的複雑な補正をする必要があるので、光音響画像化装置300の信号処理を複雑化すると考えられる。この点を考慮して、第3実施形態では、上記のように構成することにより、第1光源部311に供給する電力のピーク電流値 I_{pa} と第2光源部313に供給する電力のピーク電流値ピーク電流値 I_{pb} とを略等しくすることができるので、第1光源部311からのパルス光に起因する音響波Aの強度と、第2光源部313からのパルス光に起因する音響波Aの強度とを比較する場合に、比較的複雑な補正をする必要がないので、光音響画像化装置300の信号処理が複雑化するのを抑制することができる。

【0094】

また、第3実施形態による光音響画像化装置300のその他の効果は、第1実施形態における光音響画像化装置100と同様である。

【0095】

[変形例]

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更（変形例）が含まれる。

【0096】

たとえば、上記第1～第3実施形態では、光源部に発光ダイオード素子を用いる例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、光源部に発光ダイオード素子以外の発光素子を用いてもよい。たとえば、図15に示す変形例のように、光源部411に、半導体レーザ素子411aを用いてもよい。

【0097】

また、上記第1および第2実施形態では、制御部（光源駆動部）を、パルス光のパルス幅 t_w を設定した後に、電圧値を設定するように構成する例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、制御部（光源駆動部）を、パルス光のパルス幅 t_w を設定する前に、電圧値を設定するように構成してもよい。すなわち、制御部（光源駆動部）は、光源部に供給する電力のピーク電流値が設定ピーク電流値になるように、検出部の検出周波数が大きいほど、光源部に供給する前記電力の電圧値を大きくするように構成されていればよい。

【0098】

また、上記第2実施形態では、パルス幅を設定するためのテーブル（図9参照）と、電圧値を設定するためのテーブル（図10参照）とを別々に設ける例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、第3実施形態のテーブル（図12参照）のように、第2実

10

20

30

40

50

施形態のテーブルを1つのテーブルとして構成してもよい。なお、第3実施形態のテーブル(図12参照)を、第2実施形態のテーブル(図9および図10参照)のように、パルス幅を設定するためのテーブルと、電圧値を設定するためのテーブルとの別々のテーブルとして構成してもよい。

【0099】

また、上記第2および第3実施形態では、制御部を、検出部および光源部から識別情報を取得して、取得した識別情報に基づいて、パルス幅および電圧値を設定するように構成する例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、制御部を、検出部および光源部から識別情報ではなく最大周波数の情報および応答特性の情報を取得して、取得した最大周波数の情報および応答特性の情報に基づいて、パルス幅および電圧値を設定するように構成してもよい。

10

【0100】

また、上記第1～第3実施形態では、光源駆動部を装置本体部に設ける例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、光源駆動部をプローブ本体部に設けてもよい。

【符号の説明】

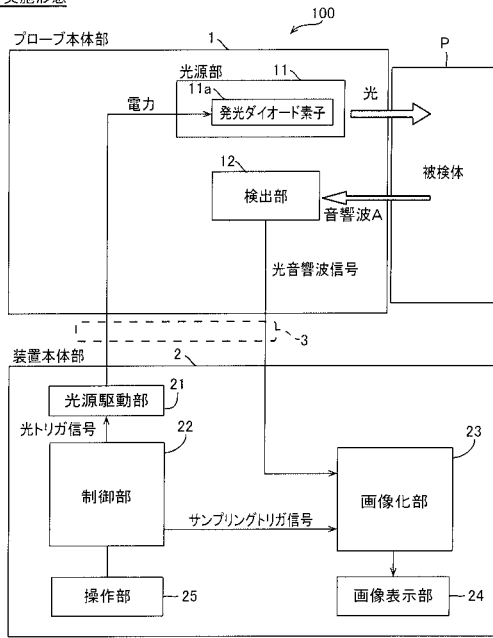
【0101】

- 11、211、411 光源部
- 11a 発光ダイオード素子11a(発光素子)
- 12、212 検出部
- 21、221、321 光源駆動部
- 100、200、300 光音響画像化装置
- 211b、311b、313b 識別情報(光源部の識別情報)
- 212a 識別情報(検出部の識別情報)
- 225a、325a テーブル
- 311 第1光源部(第1光源、光源部)
- 313 第2光源部(第2光源、光源部)
- 411a 半導体レーザ素子(発光素子)

20

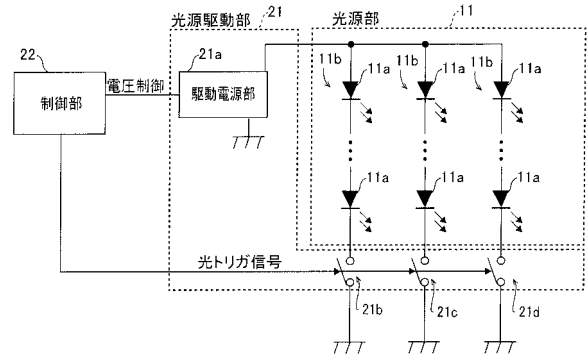
【 図 1 】

第1実施形態



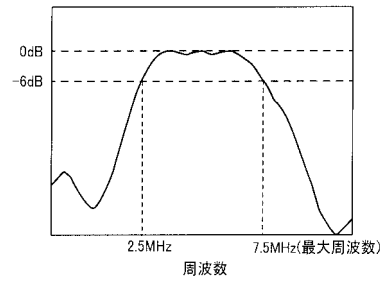
【 図 2 】

第1実施形態



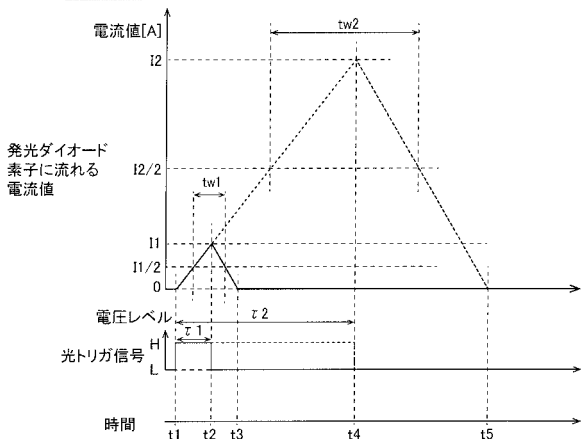
【 図 3 】

検出部が検出することが可能な音響波の周波数特性 (検出周波数の特性)



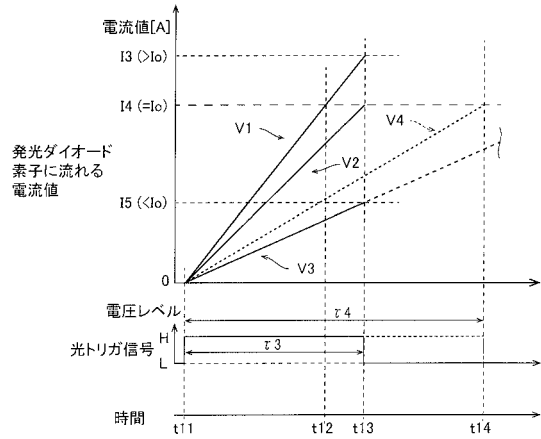
【 図 4 】

光源部に印加する電圧値を一定にした場合の光源部に流れる電流の波形



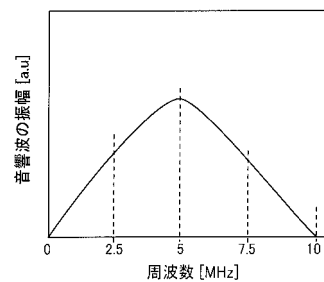
【 図 5 】

光源部に印加する電圧値を変化させた場合の光源部に流れる電流の波形



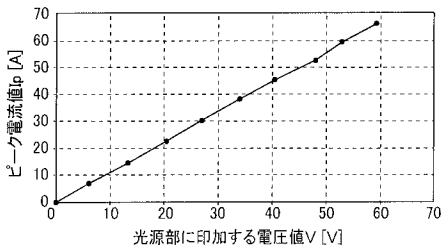
【 図 6 】

被検体より発生した音響波の周波数分布



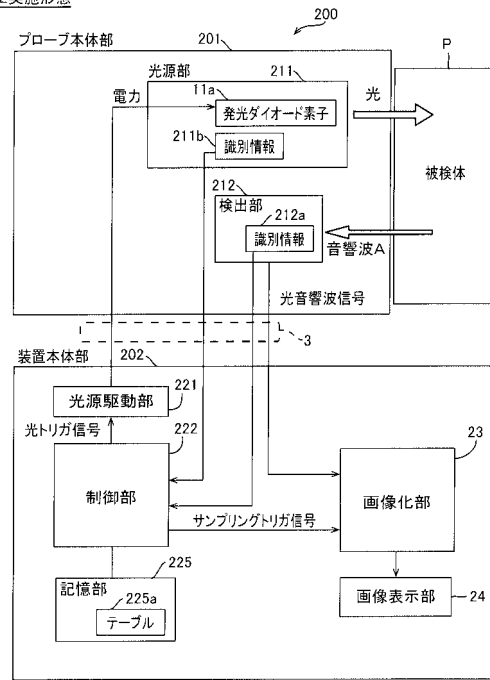
【 図 7 】

光源部に印加する電圧値とピーク電流値との関係 (n:1, tw:100ns)



【 図 8 】

第2実施形態



【 図 9 】

第2実施形態

検出部の識別情報とパルス幅との対応関係を示すテーブル

識別情報	パルス幅tw
01	tw11
02	tw12
03	tw13
04	tw14
...	...

【 図 1 0 】

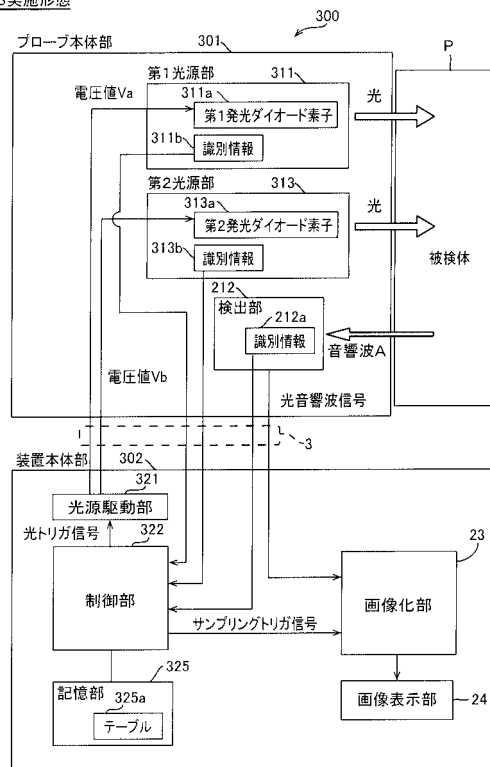
第2実施形態

光源部の識別情報と電圧値との対応関係を示すテーブル

識別情報	パルス幅tw	電圧値V
10	tw11	V11
10	tw12	V12
10	tw13	V13
10	tw14	V14
...
20	tw11	V15
20	tw12	V16
20	tw13	V17
20	tw14	V18
...

【 図 1 1 】

第3実施形態



【図12】

第3実施形態

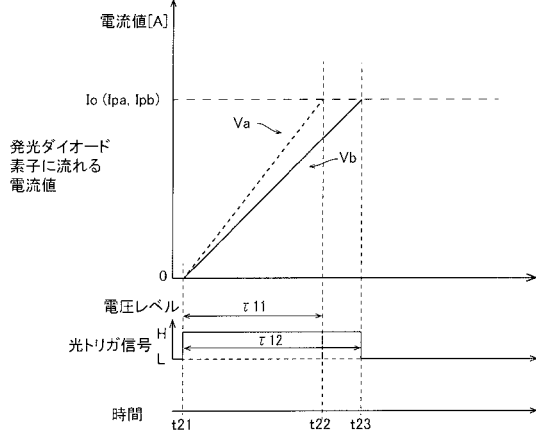
光源部の識別情報と電圧値との対応関係を示すテーブル 325a

識別情報 (第1光源部)	識別情報 (第2光源部)	識別情報 (検出部)	パルス幅 t_{wa}	パルス幅 t_{wb}	電圧値 V_a	電圧値 V_b
01	10	05	t_{w21}	t_{w31}	V_{21}	V_{31}
01	10	06	t_{w22}	t_{w32}	V_{22}	V_{32}
01	20	05	t_{w23}	t_{w33}	V_{23}	V_{33}
01	20	06	t_{w24}	t_{w34}	V_{24}	V_{34}
02	10	05	t_{w25}	t_{w35}	V_{25}	V_{35}
02	10	06	t_{w26}	t_{w36}	V_{26}	V_{36}
02	20	05	t_{w27}	t_{w37}	V_{27}	V_{37}
02	20	06	t_{w28}	t_{w38}	V_{28}	V_{38}
...

【図13】

第3実施形態

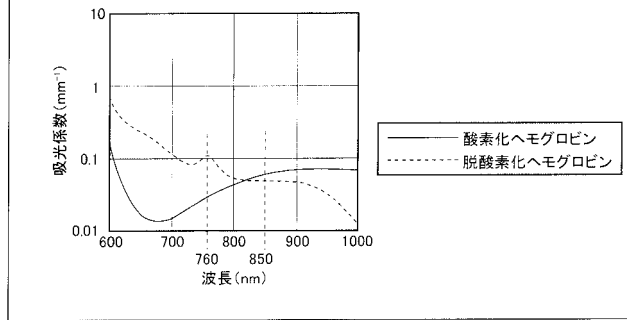
第1光源部および第2光源部の電流の波形



【図14】

第3実施形態

検出対象物の光吸収特性



【図15】

変形例

