

(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2017-46823

(P2017-46823A)

(43) 公開日 平成29年3月9日(2017.3.9)

(51) Int.Cl.

A61B 8/13 (2006.01)

F1

A61B 8/13

テーマコード (参考)

4C601

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2015-171313 (P2015-171313)
 (22) 出願日 平成27年8月31日 (2015.8.31)

(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 1 4 番 1 号
 (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 1 4 番 1 号 プレキシオン株式会社内
 Fターム(参考) 4C601 DE16 EE03 LL40

(54) 【発明の名称】 光音響画像化装置

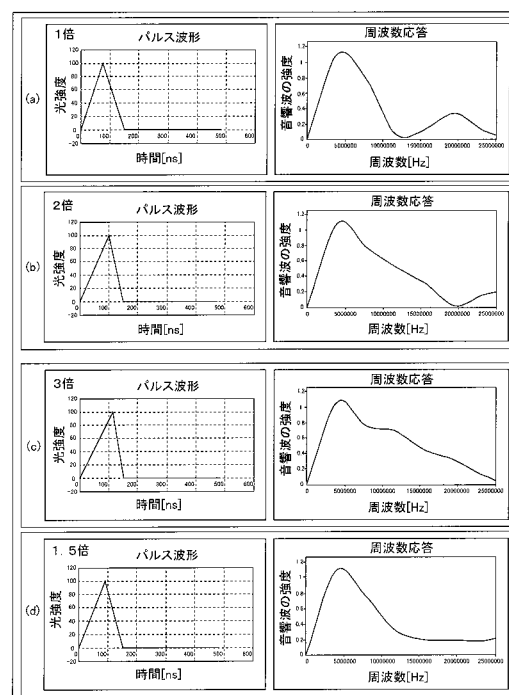
(57) 【要約】

【課題】パルス光のパルス幅を制御する以外の方法によって、検出部（超音波探触子）の周波数帯域に適合するように、検出される光音響波の周波数特性を制御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】光源部 1 1 と、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 を検出する検出部 1 2 と、光源部 1 1 に電力を供給して光源部 1 1 を駆動させる光源駆動部 2 1 とを備え、光源駆動部 2 1 は、検出部 1 2 の検出周波数（周波数帯域）に基づいて、光源部 1 1 から照射される光のパルス波形の立ち上がりの傾きと立ち下りの傾きとの比を設定するとともに、検出部 1 2 の検出周波数の範囲が広いほど、傾きの比の絶対値を大きくするように構成されている。

【選択図】図 4

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、前記検出部の検出周波数に基づいて、前記光源部から照射される光のパルス波形の立ち上がりの傾きと立ち下がりの傾きとの比を設定するとともに、前記検出部の検出周波数の範囲が広いほど、傾きの比の絶対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。

10

【請求項 2】

前記光源駆動部は、立ち上がりの傾きの絶対値または立ち下がりの傾きの絶対値のうちの一方が他方の 1 . 5 倍以上 1 0 倍以下にな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、前記パルス波形の半値幅が 1 2 . 5 n s e c 以上 5 0 0 n s e c 以下になるように構成されている、請求項 1 または 2 に記載の光音響画像化装置。

【請求項 4】

前記光源駆動部は、前記パルス波形の半値幅が、5 0 n s e c 以上 2 0 0 n s e c 以下になるように構成されている、請求項 3 に記載の光音響画像化装置。

20

【請求項 5】

前記光源駆動部は、立ち下がりの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値よりも大きくなるように構成されている、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の光音響画像化装置。

【請求項 6】

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、前記パルス波形の半値幅を小さく設定するように構成されている、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の光音響画像化装置。

【請求項 7】

前記検出部が検出することが可能な最大周波数は、1 M H z 以上 2 0 M H z 以下である、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の光音響画像化装置。

30

【請求項 8】

前記光源駆動部は、前記光源部から照射される光の前記パルス波形が三角形状または台形状のいずれか一方になるように構成されている、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の光音響画像化装置。

【請求項 9】

前記光源部は、半導体発光素子を含むように構成されている、請求項 1 ~ 8 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】**

40

この発明は、光音響画像化装置に関し、特に、検出部の検出周波数帯域に基づいて光源部からのパルス光を制御する光源駆動部を備える光音響画像化装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、検出部の検出周波数帯域に基づいて光源部からのパルス光を制御する光源駆動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

50

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。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2013-128722号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

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、超音波探触子の周波数帯域によっては、パルス光のパルス幅を制御するだけでは、超音波探触子の周波数帯域に適合するように、検出される音響波の周波数特性を制御することが困難であるという問題点が考えられる。

【0006】

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、パルス光のパルス幅を制御する方法以外の方法によって、検出部（超音波探触子）の周波数帯域に適合するように、検出される音響波の周波数特性を制御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。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明の一の局面による光音響画像化装置では、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、検出部の検出周波数（周波数帯域）に基づいて、光源部から照射される光のパルス波形の立ち上がりの傾きと立ち下がりの傾きとの比を設定するとともに、検出部の検出周波数の範囲が広いほど、傾きの比の絶対値を大きくするように構成されている。

30

【0008】

この発明の一の局面による光音響画像化装置では、検出部の検出周波数に基づいて、光源部から照射される光のパルス波形の立ち上がりの傾きと立ち下がりの傾きとの比を設定するとともに、検出部の検出周波数の範囲が広いほど、傾きの比の絶対値を大きくするように構成されている。ここで、検出される音響波の周波数範囲（周波数特性）は、パルス波形の傾きの比の絶対値を大きくすることによって広げることができる。本発明の構成によれば、検出部の検出周波数の範囲が広い場合でも、パルス波形の傾きの絶対値を大きくすることによって、音響波の周波数範囲と検出部の検出周波数とを適合させることができるので、パルス光のパルス幅を制御する方法以外の方法によって、検出部の周波数帯域に適合するように、検出される音響波の周波数特性を制御することができる。

40

【0009】

上記一の局面による光音響画像化装置は、好ましくは、光源駆動部は、立ち上がりの傾きの絶対値または立ち下がりの傾きの絶対値のうちの一方が他方の1.5倍以上10倍以下になるように構成されている。このように構成すれば、立ち上がりの傾きの絶対値または立ち下がりの傾きの絶対値のうちの一方を他方の1.5倍以上10倍以下にすることによって、検出される音響波の周波数範囲を容易に広げることができるので、パルス光のパルス幅を制御する方法以外の方法によって、容易に検出部の周波数帯域に適合するように、検出される音響波の周波数特性を制御することができる。

【0010】

上記一の局面による光音響画像化装置は、好ましくは、光源駆動部は、パルス波形の半

50

値幅が 12.5 nsec 以上 500 nsec 以下になるように構成されている。ここで、パルス幅が 12.5 nsec 未満と狭すぎると、傾きの比の絶対値を大きくしても、受信に影響しない広帯域が広がるだけで、ピーク周波数が小さくなる。また、パルス幅が 500 nsec を超えて広すぎると、ピーク周波数の振幅が小さくなる。そこで、パルス波形の半値幅を 12.5 nsec 以上 500 nsec 以下にするように構成すれば、ピーク周波数の振幅を確保することができるので、効率よく被検体からの音響波を検出することができる。

【0011】

この場合、好ましくは、パルス波形の半値幅が、 50 nsec 以上 200 nsec 以下になるように構成されている。このように構成すれば、パルス波形の半値幅を 50 nsec 以上 200 nsec 以下にすることによって、ピーク周波数の振幅をより確実に確保することができるので、より効率よく被検体からの音響波を検出することができる。

10

【0012】

上記一の局面による光音響画像化装置は、好ましくは、光源駆動部は、立ち下がり傾きの絶対値が立ち上がり傾きの絶対値よりも大きくなるように構成されている。ここで、発光素子（たとえば、LED）の応答特性は、一般的に立ち上がりよりも立ち下がりの方が速く、発光素子に流す電流の供給を止めるだけで、急峻に立ち下がる。そこで、上記のように構成することによって、パルス波形の立ち下がり傾きの絶対値を大きくすることができるので、容易に検出部の周波数帯域に適合するように、検出される音響波の周波数特性を制御することができる。

20

【0013】

上記一の局面による光音響画像化装置は、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。

30

【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、検出部が検出することが可能な最大周波数は、 1 MHz 以上 20 MHz 以下である。ここで、検出部の検出周波数が 20 MHz よりも高くなると、超音波が減衰するので深度が浅くなり、被検体の表層しか観察できない。また、検出周波数が 1 MHz よりも低くなると、深度は深くなる一方で分解能が悪くなる。そこで、検出部が検出することが可能な最大周波数を、 1 MHz 以上 20 MHz 以下にするように構成すれば、深度および分解能のそれぞれを確保することができる。

40

【0015】

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、光源部から照射される光のパルス波形が三角形状または台形状のいずれか一方になるように構成されている。このように構成すれば、光源部から照射される光のパルス波形が三角形状または台形状のいずれか一方になるので、パルス波形の立ち上り傾きおよび立ち下がり傾きを容易に制御することができる。

【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、光源部は、半導体発光素子を含むように構成されている。このように構成すれば、固体レーザ素子（Qスイッチバ

50

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】

【0017】

本発明によれば、上記のように、パルス光のパルス幅を制御する以外の方法によって、検出部(超音波探触子)の周波数帯域に適合するように、検出される光音響波の周波数特性を制御することが可能な光音響画像化装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の第1～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2】本発明の第1～第3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～第3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傾きの絶対値の比が1～3倍のパルス波形とそれぞれにおいて検出される音響波の周波数応答との関係を説明するための図である。

【図5】本発明の第1～第3実施形態の変形例による光音響画像化装置の立ち上がりの傾きの絶対値が立ち下がりの傾きの絶対値より大きいパルス波形と検出される音響波の周波数応答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傾きの絶対値の比が10倍および20倍のパルス波形とそれぞれにおいて検出される音響波の周波数応答との関係を説明するための図である。

【図7】本発明の第2実施形態による光音響画像化装置の半値幅12.5nsのパルス波形と検出される音響波の周波数応答との関係を説明するための図である。

【図8】本発明の第2実施形態による光音響画像化装置の半値幅500nsのパルス波形と検出される音響波の周波数応答との関係を説明するための図である。

【図9】本発明の第3実施形態による光音響画像化装置の半値幅50nsのパルス波形と検出される音響波の周波数応答との関係を説明するための図である。

【図10】本発明の第3実施形態による光音響画像化装置の半値幅200nsのパルス波形と検出される音響波の周波数応答との関係を説明するための図である。

【図11】本発明の第1～第3実施形態の変形例による光音響画像化装置のパルス波形が台形状の場合の図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0020】

[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。

【0021】

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。

【0022】

10

20

30

40

50

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 1 1 と検出部 1 2 とが設けられている。

【0023】

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。

【0024】

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。

【0025】

（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

ここで、第 1 実施形態では、図 2 に示すように、光源部 1 1 は、複数の LED 素子 1 1 a を含む。LED 素子 1 1 a は、たとえば、複数（ n 個）の LED 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、LED 素子 1 1 a は、特許請求の範囲の「半導体発光素子」の一例である。

【0026】

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 LED 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。

【0027】

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。

【0028】

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 1 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。

【0029】

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。

【0030】

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、

10

20

30

40

50

光源部 11 の発光素子群 11 b のアノード側に接続されており、LED 素子 11 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。

【0031】

スイッチ部 21 b ~ 21 d の、それぞれの一方側は、光源部 11 の LED 素子 11 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 21 b ~ 21 d は、たとえば、FET (Field Effect Transistor) を含み、それぞれ制御部 22 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。

【0032】

そして、スイッチ部 21 b ~ 21 d がオンした場合には、LED 素子 11 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、LED 素子 11 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、LED 素子 11 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 21 b ~ 21 d がオンする時間が光源部 11 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、LED 素子 11 a に流れる電流値の大きさが光源部 11 から照射されるパルス光の光量の大きさに対応する。

【0033】

音響波の検出に関する構成

検出部 12 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 12 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 12 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。

【0034】

ここで、図 3 に示すように、検出部 12 が検出することが可能な最大周波数 f_{max} は、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（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 12 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 12 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。

【0035】

ここで、第 1 実施形態では、検出部 12 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 が発生した場合に、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 12 に到達することが困難になる。すなわち、検出部 12 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 12 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 12 の最大周波数 f_{max} が 20 MHz 以下になるように、検出部 12 を構成するのが好ましい。

【0036】

また、第 1 実施形態では、検出部 12 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 12 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 100 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。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

また、第 1 実施形態では、光源駆動部 2 1 は、光源部 1 1 から照射される光のパルス波形が三角形または台形状のいずれか一方になるように構成されている。具体的には、図 4 ~ 図 6 のパルス波形のグラフに示すように、パルス波形がリニアな傾きにより立ち上がって光強度が最大になった後、リニアな傾きにより立ち下がる。すなわち、パルス波形は三角形になっている。

【 0 0 3 8 】

また、第 1 実施形態では、光源駆動部 2 1 は、検出部 1 2 の検出周波数に基づいて、光源部 1 1 から照射される光のパルス波形の立ち上がりの傾きと立ち下がるの傾きとの比を設定するように構成されている。また、検出部 1 2 の検出周波数の範囲が広いほど、傾きの比の絶対値を大きくするように構成されている。具体的には、図 2 に示すように、スイッチ部 2 1 b ~ 2 1 d の F E T のゲート電圧を制御することによって、パルス波形の傾きを制御するように構成されている。すなわち、ゲート電圧を急峻に立ち上げることによって、スイッチ部 2 1 b ~ 2 1 d が素早くオンするので、パルス波形の立ち上がりの傾きが大きくなる。また、ゲート電圧を急峻に立ち下げることによって、スイッチ部 2 1 b ~ 2 1 d が素早くオフするので、パルス波形の立ち下がるの傾きが大きくなる。また逆に、ゲート電圧の変化をなまらせることによって、スイッチ部 2 1 b ~ 2 1 d のオンオフの動作が鈍るので、パルス波形の傾きは小さくなる。図 4 の (a) ~ (d) は、それぞれ、立ち下がるの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値の 1 倍、2 倍、3 倍および 1 . 5 倍である場合のパルス波形および音響波 A の周波数応答のグラフである。図 4 の (a) ~ (d) の周波数応答のグラフに示すように、パルス波形の傾きの比の絶対値が大きくなるほど、周波数応答のグラフの広帯域の振幅 (音響波 A の強度) が大きくなっている。すなわち、図 4 の (c)、(b)、(d)、(a) の順番で音響波 A の周波数範囲が広い。なお、傾きとは、たとえば、光強度が、光強度 (I) の最小値 (I_{min}) に、光強度の最大値 (I_{max}) と最小値との差 ΔI ($= I_{max} - I_{min}$) の大きさの 10 % を加算した大きさ ($I_{min} + 0.1 \times \Delta I$) になる時間と、90 % を加算した大きさ ($I_{min} + 0.9 \times \Delta I$) になる時間との間における光強度の増加 (減少) の傾きである。

【 0 0 3 9 】

図 5 の (a) および (b) は、それぞれ、立ち上がりの傾きの絶対値が立ち下がるの傾きの絶対値の 2 倍および 3 倍である場合のパルス波形および音響波 A の周波数応答のグラフである。図 4 の (b) と図 5 の (a) との間、および、図 4 の (c) と図 5 の (b) との間のそれぞれに大きな差がないことから、パルス波形の立ち上がりの傾きおよび立ち下がるの傾きの関係を逆にしても略同等の周波数応答特性が得られる。

【 0 0 4 0 】

また、第 1 実施形態では、パルス波形の立ち上がりの傾きの絶対値または立ち下がるの傾きの絶対値のうちの一方が他方の 1 . 5 倍以上 10 倍以下になるように構成されている。具体的には、図 4 の (a) ~ (d) に示すように、パルス波形の立ち下がるの傾きの絶対値を立ち上がりの傾きの絶対値の 1 . 5 倍以上にした場合に、ピーク周波数以上の周波数における音響波 A の強度が増大することによって周波数範囲が広がっている。また、図 6 の (a) および (b) は、それぞれ、パルス波形の立ち下がるの傾きの絶対値が立ち上がるの傾きの絶対値の 10 倍および 20 倍である場合のパルス波形および周波数応答のグラフである。図 6 の (a) と (b) の周波数応答のグラフに示すように、パルス波形の立ち下がるの傾きの絶対値と立ち上がるの傾きの絶対値との比を 10 倍から 20 倍に増加させたとしても、周波数応答特性に大きな効果は見られない。これらの結果により、パルス波形の立ち上がるの傾きの絶対値または立ち下がるの傾きの絶対値のうちの一方が他方の 1 . 5 倍以上 10 倍以下にすることが望ましい。

【 0 0 4 1 】

また、第 1 実施形態では、光源駆動部 2 1 は、立ち下がるの傾きの絶対値が立ち上がるの傾きの絶対値よりも大きくなるように構成されている。具体的には、たとえば、図 4 の (b) ~ (d)、図 6 の (a) および (b) に示すように、それぞれ、立ち下がるの傾き

の絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値の 2 倍、3 倍、1.5 倍、10 倍、20 倍であり、立ち下がりの傾きの方が大きくなっている。

【0042】

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。

【0043】

第 1 実施形態では、上記のように、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 を、検出部 12 の検出周波数（周波数帯域）に基づいて、光源部 11 から照射される光のパルス波形の立ち上がりの傾きと立ち下がりの傾きとの比を設定するとともに、検出部 12 の検出周波数の範囲が広いほど、傾きの比の絶対値を大きくするように構成する。これにより、検出部 12 の検出周波数の範囲が広い場合でも、パルス波形の傾きの絶対値を大きくすることによって、音響波 A の周波数範囲と検出部 12 の検出周波数とを適合させることができるので、パルス光のパルス幅 t_w を制御する方法以外の方法によって、検出部 12 の周波数帯域に適合するように、検出される音響波 A の周波数特性を制御することができる。

10

【0044】

また、第 1 実施形態では、上記のように、光源駆動部 21 を、立ち上がりの傾きの絶対値または立ち下がりの傾きの絶対値のうち的一方が他方の 1.5 倍以上 10 倍以下になるように構成する。これにより、立ち上がりの傾きの絶対値または立ち下がりの傾きの絶対値のうち的一方を他方の 1.5 倍以上 10 倍以下にすることによって、検出される音響波 A の周波数範囲を容易に広げることができるので、パルス光のパルス幅 t_w を制御する方法以外の方法によって、容易に検出部 12 の周波数帯域に適合するように、検出される音響波 A の周波数特性を制御することができる。

20

【0045】

また、第 1 実施形態では、上記のように、光源駆動部 21 を、立ち下がりの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値よりも大きくなるように構成する。ここで、発光素子（たとえば、LED）の応答特性は、一般的に立ち上がりよりも立ち下がりの方が速く、発光素子に流す電流の供給を止めるだけで、急峻に立ち下がる。これにより、パルス波形の立ち下がりの傾きの絶対値を大きくすることができるので、容易に検出部 12 の周波数帯域に適合するように、検出される音響波 A の周波数特性を制御することができる。

30

【0046】

また、第 1 実施形態では、上記のように、検出部 12 が検出することが可能な最大周波数 f_{max} は、1 MHz 以上 20 MHz 以下である。ここで、検出部 12 の検出周波数が高くなると、超音波が減衰するので深度が浅くなり、被検体 P の表層しか観察できない。また、検出周波数が低くなると、深度は深くなる一方で分解能が悪くなる。そこで、検出部 12 が検出することが可能な最大周波数 f_{max} を、1 MHz 以上 20 MHz 以下にするように構成すれば、深度および分解能のそれぞれを確保することができる。

【0047】

また、第 1 実施形態では、上記のように、光源駆動部 21 を、光源部 11 から照射される光のパルス波形が三角形または台形状のいずれか一方になるように構成する。光源部 11 から照射される光のパルス波形が三角形または台形状のいずれか一方になるので、パルス波形の立ち上がりの傾きおよび立ち下がりの傾きを容易に制御することができる。

40

【0048】

また、第 1 実施形態では、上記のように、光源部 11 を、半導体発光素子を含むように構成する。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。

【0049】

50

[第 2 実施形態]

次に、図 1 ~ 図 3、図 7 および図 8 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、第 1 実施形態の構成に加えて、パルス波形の半値幅を 12 . 5 n s e c 以上 500 n s 以下にする例について説明する。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。

【 0050 】

(光音響画像化装置の全体構成)

図 1 に示すように、装置本体部 22 には、光源駆動部 221 と、制御部 222 と、画像化部 23 と、画像表示部 24 と、操作部 25 とが設けられている。光源駆動部 221 は、制御部 222 からの指令に基づいて光源部 11 に電力を供給して光源部 11 を駆動させるように構成されている。制御部 222 は、光音響画像化装置 200 の各部の制御を行うように構成されている。

10

【 0051 】

ここで、第 2 実施形態では、パルス波形の半値幅が 12 . 5 n s e c 以上 500 n s e c 以下になるように構成されている。具体的には、光音響画像化装置 200 は、図 2 に示すように、制御部 222 からの光トリガ信号に基づいて、スイッチ部 21b ~ 21d がオンする時間を制御することによって、パルス波形の半値幅を 12 . 5 n s e c 以上 500 n s e c 以下になるように構成されている。

【 0052 】

図 7 の (a) は、半値幅が 12 . 5 n s e c であり、立ち下がりの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値の 1 倍であるパルス波形である。図 7 の (b) は、パルス波形の半値幅が 12 . 5 n s e c であり、立ち下がりの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値の 4 倍であるパルス波形である。図 7 の (a) および (b) の周波数応答のグラフに示すように、傾きの比の絶対値を大きくすることによって、受信に影響しない広帯域が広がっており、ピーク周波数における振幅 (音響波 A の強度) が小さくなっている。さらに半値幅を小さくすると、傾きの比の絶対値を大きくすることによって、ピーク周波数の振幅がさらに低下してしまい、効率よく音響波 A を検出することが困難となる。

20

【 0053 】

図 8 の (a) は、パルス波形の半値幅が 500 n s e c であり、立ち下がりの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値の 1 倍であるパルス波形である。図 8 の (b) は、パルス波形の半値幅が 500 n s e c であり、立ち下がりの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値の 4 倍であるパルス波形である。図 8 の (a) および (b) の周波数応答のグラフに示すように、傾きの比の絶対値を大きくすることによって、音響波 A の周波数範囲は広がっている。しかし、図 8 の (a) および (b) のそれぞれにおいて、半値幅を大きくしたことによって、ピーク周波数の振幅が小さくなっている。さらに半値幅を大きくすることによってピーク周波数の振幅がさらに低下すると、効率よく音響波 A を検出することが困難となる。これらの結果から、パルス波形の半値幅は、12 . 5 n s e c 以上 500 n s e c 以下にすることが好ましい。

30

【 0054 】

また、第 2 実施形態では、光源駆動部 221 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 f_{max} が大きいほど、パルス波形の半値幅を小さく設定するように構成されている。具体的には、図 7 および図 8 に示すように、パルス波形の半値幅が小さい図 7 の方が周波数範囲が広い。

40

【 0055 】

また、第 2 実施形態による光音響画像化装置 200 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。

【 0056 】

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。

【 0057 】

第 2 実施形態では、上記のように、光源駆動部 221 は、パルス波形の半値幅が 12 .

50

5 n s e c 以上 5 0 0 n s e c 以下になるように構成する。ここで、パルス幅 t_w が狭すぎると、傾きの比の絶対値を大きくしても、受信に影響しない広帯域が広がるだけで、ピーク周波数が小さくなる。また、パルス幅 t_w が広すぎると、ピーク周波数の振幅が小さくなる。これにより、パルス波形の半値幅を 1 2 . 5 n s e c 以上 5 0 0 n s e c 以下にするように構成すれば、ピーク周波数の振幅を確保することができるので、効率よく被検体 P からの音響波 A を検出することができる。

【 0 0 5 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 を、検出部 1 2 が検出することが可能な音響波 A 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 P 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 f_{max} として、最大周波数 f_{max} 以下の周波数を有する音響波 A として発生する。この点に着目して、光源駆動部 2 2 1 を、検出部 1 2 が検出することが可能な音響波 A 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 1 2 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 f_{max} を大きくすることができる。これにより、検出部 1 2 が検出することが可能な音響波 A 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 f_{max} 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。

【 0 0 5 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 6 0 】

[第 3 実施形態]

次に、図 1 ~ 図 3、図 9 および図 1 0 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、第 2 実施形態の構成と異なり、パルス波形の半値幅を 5 0 n s e c 以上 2 0 0 n s e c 以下にする例について説明する。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。

【 0 0 6 1 】

(光音響画像化装置の全体構成)

図 1 に示すように、装置本体部 3 2 には、光源駆動部 3 2 1 と、制御部 3 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 3 2 1 は、制御部 3 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 3 2 2 は、光音響画像化装置 3 0 0 の各部の制御を行うように構成されている。

【 0 0 6 2 】

ここで、第 3 実施形態では、パルス波形の半値幅が 5 0 n s e c 以上 2 0 0 n s e c 以下になるように構成されている。具体的には、光音響画像化装置 3 0 0 は、図 2 に示すように、制御部 3 2 2 からの光トリガ信号に基づいて、スイッチ部 2 1 b ~ 2 1 d がオンする時間を制御することによって、パルス波形の半値幅を 5 0 n s e c 以上 2 0 0 n s e c 以下になるように構成されている。

【 0 0 6 3 】

図 9 の (a) は、半値幅が 5 0 n s e c であり、立ち下がりの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値の 1 倍であるパルス波形である。図 9 の (b) は、半値幅が 5 0 n s e c であり、立ち下がりの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値の 4 倍であるパルス波形である。図 9 の (a) および (b) の周波数応答のグラフに示すように、傾きの比の絶対値を大きくすることによって、図 7 に比べて受信に影響する低帯域が広がっており、さらに、ピーク周波数の振幅の低下が抑制されている。また、図 1 0 の (a) は、半値幅が 2 0 0 n s e c であり、立ち下がりの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値の 1 倍であるパルス波形である。図 1 0 の (b) は、半値幅が 2 0 0 n s e c であり、立ち下がりの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値の 4 倍であるパルス波形である。図 1 0 の (

a) および (b) の周波数応答のグラフに示すように、傾きの比の絶対値を大きくすることによって周波数範囲は広がっている。また、図 10 の (a) および (b) のそれぞれにおいて、図 8 と比べてピーク周波数の振幅の低下が抑制されている。これらの結果から、パルス波形の半値幅は、50 nsec 以上 200 nsec 以下にすることがより好ましい。

【0064】

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。

【0065】

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。

10

【0066】

第 3 実施形態では、上記のように、パルス波形の半値幅を、50 nsec 以上 200 nsec 以下になるように構成する。これにより、パルス波形の半値幅を 50 nsec 以上 200 nsec 以下にすることによって、ピーク周波数の振幅をより確実に確保することができるので、より効率よく被検体 P からの音響波 A を検出することができる。

【0067】

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。

【0068】

[変形例]

20

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。

【0069】

たとえば、上記第 1 ～ 第 3 実施形態では、光源部に LED 素子を用いる例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、半導体レーザーを用いてもよい。

【0070】

また、上記第 1 ～ 第 3 実施形態では、パルス光のパルス波形が三角形状である例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、図 11 に示すように、パルス波形を台形状にしてもよい。図 11 では、パルス波形の立ち上がりの傾きの絶対値が立ち下がりの傾きの絶対値の 2 倍および 3 倍のグラフである。

30

【0071】

また、上記第 1 ～ 第 3 実施形態では、パルス波形の立ち下がりの傾きの絶対値が立ち上がりの傾きの絶対値より大きい例を示したが本発明ではこれに限られない。本発明では、図 5 に示すように、パルス波形の立ち上がりの傾きの絶対値が立ち下がりの傾きの絶対値より大きくてもよい。

【0072】

また、上記第 1 ～ 第 3 実施形態では、パルス光のパルス波形の傾きを制御する方法としてスイッチ部のオンオフを制御することによって行う例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、たとえば、駆動電源部（制御部）からの電圧を制御することによって、パルス光のパルス波形の傾きを制御してもよい。

40

【0073】

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】

【0074】

11 光源部

11a LED 素子 11a（発光素子）

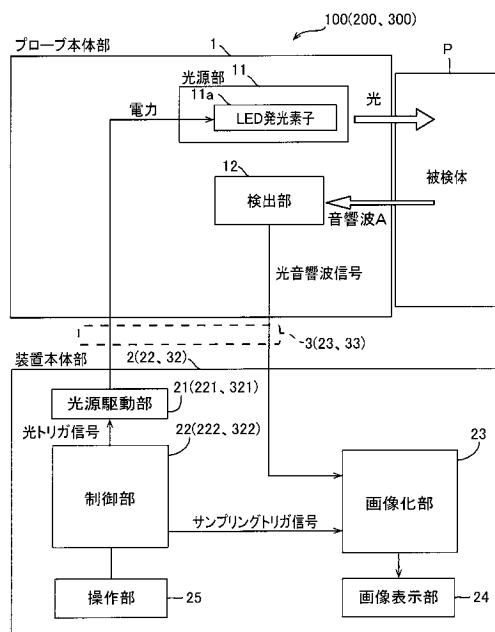
12 検出部

50

2 1、2 2 1、3 2 1 光源駆動部
1 0 0、2 0 0、3 0 0 光音響画像化装置

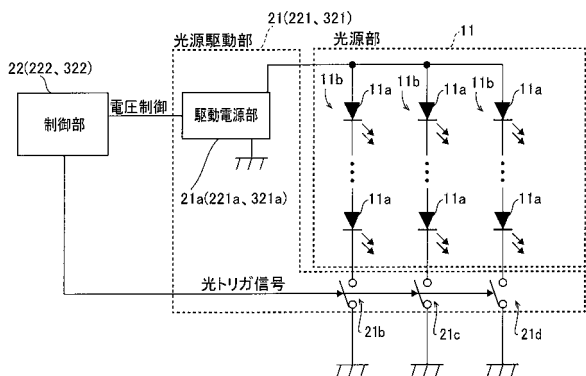
【図 1】

第1～3実施形態



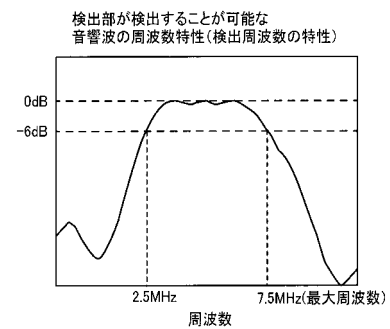
【図 2】

第1～3実施形態



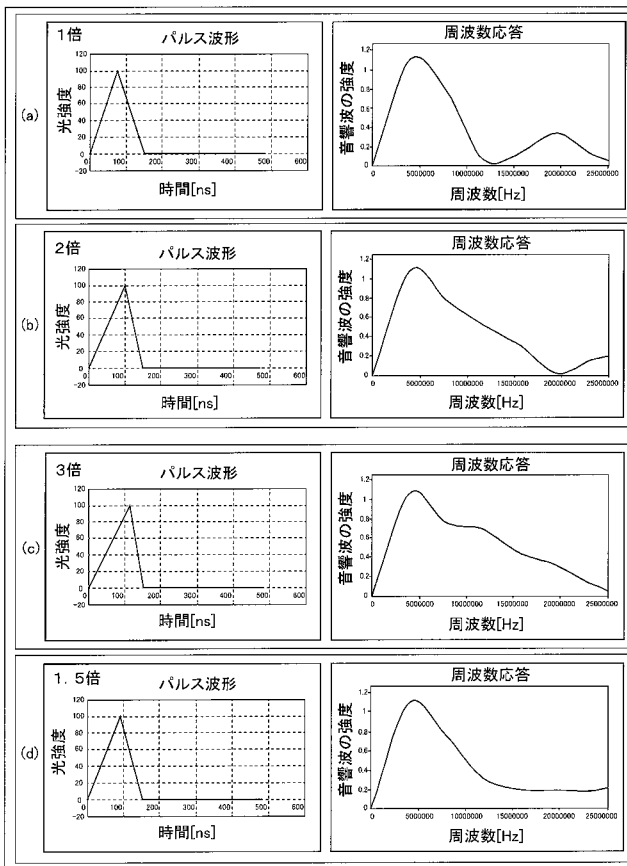
【図 3】

第1～3実施形態



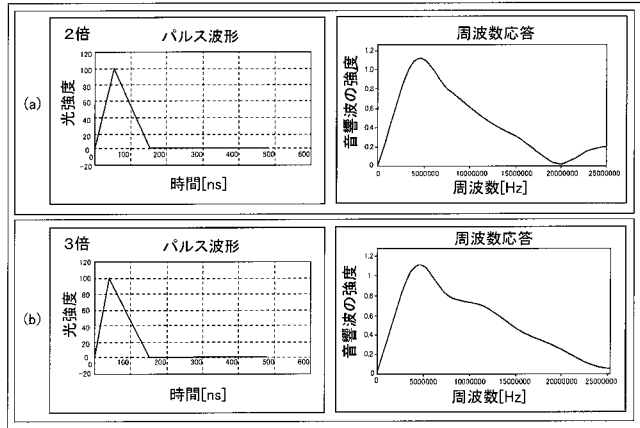
【図 4】

第1実施形態



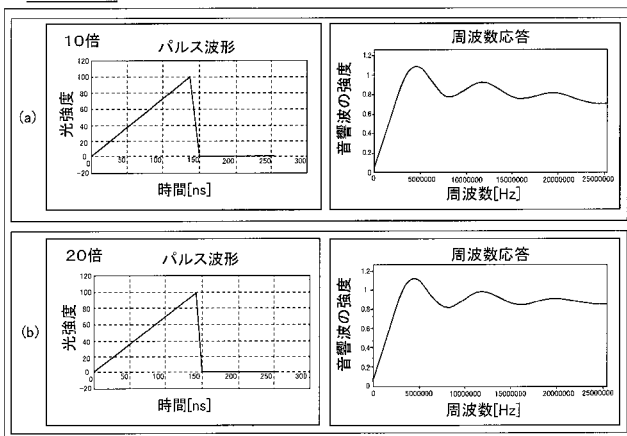
【図 5】

変形例



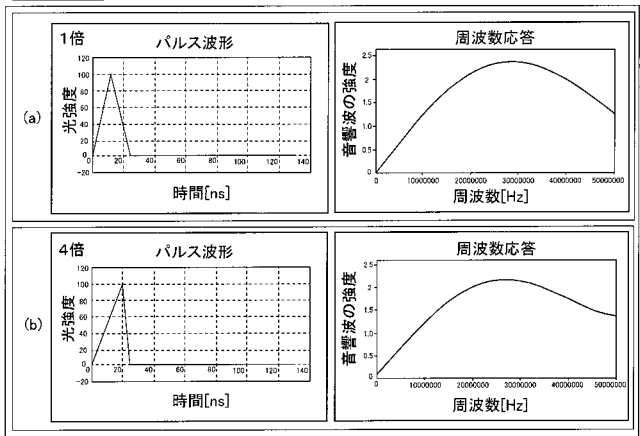
【図 6】

第1実施形態



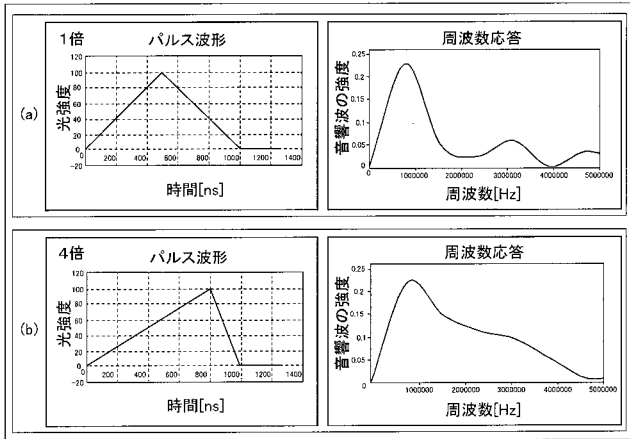
【図 7】

第2実施形態



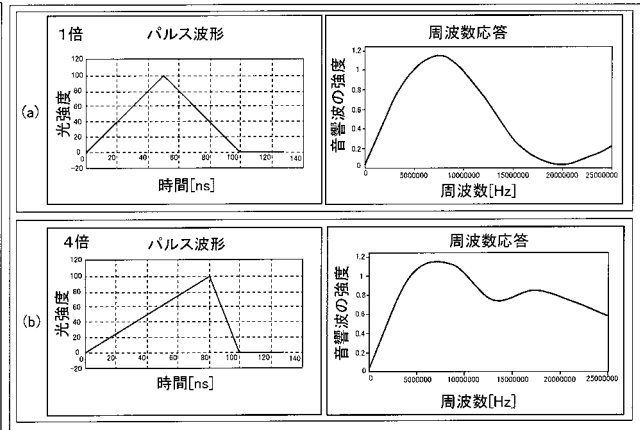
【図 8】

第2実施形態



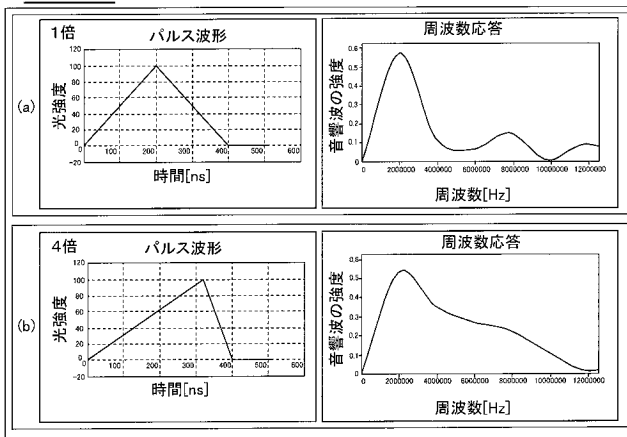
【図 9】

第3実施形態



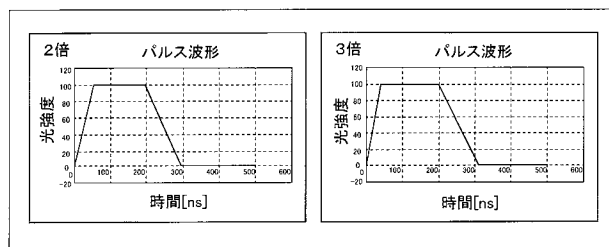
【図 10】

第3実施形態



【図 11】

変形例



专利名称(译)	光声成像设备		
公开(公告)号	JP2017046823A	公开(公告)日	2017-03-09
申请号	JP2015171313	申请日	2015-08-31
[标]申请(专利权)人(译)	PREXION		
申请(专利权)人(译)	プレキシオン株式会社		
[标]发明人	中塚均		
发明人	中塚 均		
IPC分类号	A61B8/13		
CPC分类号	A61B8/13		
FI分类号	A61B8/13		
F-TERM分类号	4C601/DE16 4C601/EE03 4C601/LL40		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

可以通过除了控制脉冲光的脉冲宽度之外的方法来控制要检测的光声波的频率特性以适应检测单元（超声波探头）的频带。提供了一种光声成像设备。检测单元（12），用于检测由于光源单元11对被检体P的光照射而在被检体P内产生的声波A；并且光源驱动部分21用于驱动光源部分11以驱动光源部分11.光源驱动部分21基于检测部分12的检测频率（频带）驱动光源部分11，上升和上升的倾斜随着检测单元12的检测频率的范围变宽，斜率比的绝对值被设定得更大。

第1実施形態

