

(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2016-77447  
(P2016-77447A)

(43) 公開日 平成28年5月16日(2016.5.16)

(51) Int.Cl.  
A61B 8/00 (2006.01)

F I  
A61B 8/00

テーマコード(参考)  
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2014-210719(P2014-210719)  
(22) 出願日 平成26年10月15日(2014.10.15)

(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  
(74) 代理人 100104433  
弁理士 宮園 博一  
(72) 発明者 阿賀野 俊孝  
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) 4C601 DE16 EE12 EE30 GA40 GB04  
HH38 JB47 JB48 JC21 KK24  
LL40

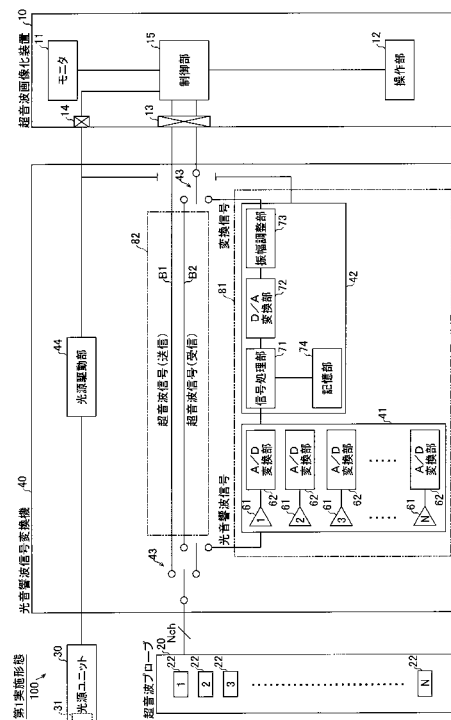
(54) 【発明の名称】 光音響波信号変換機および光音響波信号変換機内蔵プローブ

(57) 【要約】

【課題】市場に流通する超音波画像化装置において、装置本体のハードウェアを変更することなく、光音響画像化装置の機能を獲得して、光音響波信号に基づく画像を表示させることが可能な光音響波信号変換機を提供する。

【解決手段】この光音響波信号変換機40は、光を吸収した被検体P内の検出対象物Qから発生し、超音波プローブ20により検出された光音響波信号を受信する受信部41と、受信部41により受信された光音響波信号に基づいて、超音波プローブ20により超音波が受信された際の超音波信号に対応する変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置10に出力する信号変換部42と、を備える。

【選択図】図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

光を吸収した被検体内の検出対象物から発生し、超音波プローブにより検出された光音響波信号を受信する受信部と、

前記受信部により受信された前記光音響波信号に基づいて、前記超音波プローブにより超音波が受信された際の超音波信号に対応する変換信号を生成し、生成された前記変換信号を超音波画像化装置に出力する信号変換部と、を備える、光音響波信号変換機。

**【請求項 2】**

前記信号変換部は、前記受信部により受信された前記光音響波信号に基づいて、前記変換信号を生成し、生成された前記変換信号を前記超音波画像化装置による前記超音波信号の受信周期に合わせて、前記超音波画像化装置に出力するように構成されている、請求項 1 に記載の光音響波信号変換機。

10

**【請求項 3】**

前記信号変換部は、前記超音波プローブにより光音響波が受信された際に前記光音響波信号が検出される検出時間を略 2 倍にすることにより、前記超音波プローブにより超音波が受信された際に前記超音波信号が検出される検出時間に対応する前記変換信号を生成し、生成された前記変換信号を前記超音波画像化装置に出力するように構成されている、請求項 1 または 2 に記載の光音響波信号変換機。

**【請求項 4】**

前記信号変換部は、前記受信部により受信された前記光音響波信号に基づいて、前記超音波プローブの検出素子ごとに対応する前記変換信号を生成する信号処理部を含む、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の光音響波信号変換機。

20

**【請求項 5】**

前記受信部は、前記光音響波信号を受信した際、前記光音響波信号をアナログ信号からデジタル信号に変換するアナログデジタル変換部を含み、

前記信号変換部の前記信号処理部は、前記受信部の前記アナログデジタル変換部により変換されたデジタル信号としての前記光音響波信号に基づいて、前記変換信号を生成するように構成されている、請求項 4 に記載の光音響波信号変換機。

**【請求項 6】**

前記受信部は、前記光音響波信号を増幅させる増幅部をさらに含み、

前記受信部の前記アナログデジタル変換部は、前記光音響波信号が前記増幅部により増幅された状態で、アナログ信号からデジタル信号に変換するように構成されている、請求項 5 に記載の光音響波信号変換機。

30

**【請求項 7】**

前記信号変換部は、前記信号変換部の前記信号処理部から出力された前記変換信号をデジタル信号からアナログ信号に変換し、アナログ信号に変換された前記変換信号に対して 1 よりも小さい増幅度を乗算することにより、前記変換信号の振幅を調整する信号調整部をさらに含む、請求項 6 に記載の光音響波信号変換機。

**【請求項 8】**

前記超音波プローブにより前記光音響波信号が検出される場合に、前記受信部を介して前記光音響波信号を受信するとともに、前記超音波画像化装置に前記変換信号を出力する第 1 信号経路と、前記超音波プローブにより前記超音波信号が検出される場合に、前記受信部を介さずに前記超音波画像化装置に前記超音波信号を出力する第 2 信号経路と、を選択的に切り替え可能な切替部をさらに備える、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の光音響波信号変換機。

40

**【請求項 9】**

前記光音響波信号を発生させるため外部に設けられる光源をパルス発光させるための光源駆動部をさらに含む、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の光音響波信号変換機。

**【請求項 10】**

前記光源駆動部は、発光ダイオード素子、半導体レーザ素子および有機発光ダイオード

50

素子のうち少なくともいずれか 1 つを含む前記光源をパルス発光させるように構成されている、請求項 9 に記載の光音響波信号変換機。

【請求項 1 1】

前記受信部と前記信号変換部とを備える前記光音響波信号変換機は、前記超音波プローブと前記超音波画像化装置との間に配置されている、請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の光音響波信号変換機。

【請求項 1 2】

前記受信部と前記信号変換部とを備える前記光音響波信号変換機は、前記超音波プローブに内蔵されている、請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の光音響波信号変換機。

【請求項 1 3】

検出素子と、  
光を吸収した被検体内の検出対象物から発生し、前記検出素子により検出された光音響波信号を受信する受信部と、

前記受信部により受信された前記光音響波信号に基づいて、前記検出素子により超音波が受信された際の超音波信号に対応する変換信号を生成し、生成された前記変換信号を超音波画像化装置に出力する制御を行う信号変換部と、を備える、光音響波信号変換機内蔵プローブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、光音響波信号変換機および光音響波信号変換機内蔵プローブに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、被検体内で反射された超音波による被検体内の画像を得る超音波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、超音波パルスを被検体内に放射するとともに、被検体内で反射された超音波を検出する複数の振動素子と、この複数の振動素子を備えるプローブと、プローブを介して被検体内で反射された超音波の受信信号（超音波信号）を取得し、反射された超音波による被検体内の画像を得る信号処理部とを備える超音波診断装置（超音波画像化装置）が開示されている。

【0004】

また、従来、被検体内の画像を得る装置として、光音響画像化装置が知られている。この光音響画像化装置は、被検体の表面から被検体内に光を照射して、被検体内の検出対象物から発生する光音響波（超音波）を検出することにより、被検体内の画像を得るように構成されている。ここで、光音響波とは、被検体内の検出対象物が光を吸収することにより発生する超音波のことを意味する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 1 0 4 3 0 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記特許文献 1 に記載されたような超音波診断装置と従来の光音響画像化装置とは、共に超音波に基づいて画像を得るという点で機能が共通することから、超音波診断装置により光音響波をも検出して画像を得ることが考えられる。

【0007】

しかしながら、光音響画像化装置は、超音波診断装置と異なり、光の照射により一度に広い範囲から光音響波を発生させ、光音響波の受信信号（光音響波信号）を複数の振動素

10

20

30

40

50

子により並列（同時）に取り込む必要がある。このため、市場に流通する従来の超音波診断装置に対して、光音響波信号に基づく画像を表示させようとしても、正しい画像を表示させることができないという不都合がある。そして、この不都合を解消するためには、従来の超音波診断装置の装置本体に搭載されるハードウェアの変更が必要になるという問題点がある。したがって、市場に流通する従来の超音波診断装置（超音波画像化装置）において、装置本体のハードウェアを変更することなく、光音響画像化装置の機能を獲得して、光音響波信号に基づく画像を表示させることが望まれている。

【0008】

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、市場に流通する超音波画像化装置において、装置本体のハードウェアを変更することなく、光音響画像化装置の機能を獲得して、光音響波信号に基づく画像を表示させることが可能な光音響波信号変換機および光音響波信号変換機内蔵プローブを提供することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明の第1の局面による光音響波信号変換機は、光を吸収した被検体内の検出対象物から発生し、超音波プローブにより検出された光音響波信号を受信する受信部と、受信部により受信された光音響波信号に基づいて、超音波プローブにより超音波が受信された際の超音波信号に対応する変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置に出力する信号変換部と、を備える。なお、本発明では、被検体内の検出対象物が光を吸収することにより発生する超音波を「光音響波」といい、超音波プローブにより発生されるとともに、被検体内で反射される超音波を「超音波」という。

20

【0010】

この発明の第1の局面による光音響波信号変換機では、上記のように、受信部により受信された光音響波信号に基づいて、超音波プローブにより超音波が受信された際の超音波信号に対応する変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置に出力する信号変換部を設ける。これにより、超音波プローブにより光音響波の受信信号（光音響波信号）が並列（同時）に取り込まれたとしても、取り込まれた光音響波信号を超音波プローブにより超音波が受信された際の超音波信号に対応する変換信号に変換することができる。この結果、超音波信号に対応する変換信号を超音波画像化装置に対して出力することができるので、超音波画像化装置は、超音波信号を処理する場合と略同様に、光音響波信号を変換した変換信号を処理することができる。したがって、この光音響波信号変換機を用いることにより、市場に流通する超音波画像化装置において、装置本体のハードウェアを変更することなく、光音響画像化装置の機能を獲得して、光音響波信号に基づく画像を表示させることができる。

30

【0011】

上記第1の局面による光音響波信号変換機において、好ましくは、信号変換部は、受信部により受信された光音響波信号に基づいて、変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置による超音波信号の受信周期に合わせて、超音波画像化装置に出力するように構成されている。このように構成すれば、超音波画像化装置において超音波信号を通常受信するタイミングで、光音響波信号を変換した変換信号を超音波画像化装置に受信させることができる。その結果、光音響波信号を変換した変換信号を超音波画像化装置によってより容易に処理することができる。

40

【0012】

上記第1の局面による光音響波信号変換機において、好ましくは、信号変換部は、超音波プローブにより光音響波が受信された際に光音響波信号が検出される検出時間を略2倍にすることにより、超音波プローブにより超音波が受信された際に超音波信号が検出される検出時間に対応する変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置に出力するように構成されている。このように構成すれば、光音響波信号が検出される検出時間と、超音波信号が検出される検出時間とを対応させた変換信号を容易に生成することがで

50

きる。また、光音響波信号が検出される検出時間と、超音波信号が検出される検出時間とを対応させた変換信号が超音波画像化装置に入力されるので、光音響波信号を変換した変換信号を超音波画像化装置によって容易に処理することができる。

【0013】

上記第1の局面による光音響波信号変換機において、好ましくは、信号変換部は、受信部により受信された光音響波信号に基づいて、超音波プローブの検出素子ごとに対応する変換信号を生成する信号処理部を含む。このように構成すれば、変換信号が超音波プローブの検出素子ごとに分割されているので、超音波画像化装置によってより一層容易に変換信号を処理することができる。

【0014】

この場合、好ましくは、受信部は、光音響波信号を受信した際、光音響波信号をアナログ信号からデジタル信号に変換するアナログデジタル変換部を含み、信号変換部の信号処理部は、受信部のアナログデジタル変換部により変換されたデジタル信号としての光音響波信号に基づいて、変換信号を生成するように構成されている。このように構成すれば、信号変換部の信号処理部によりデジタル信号としての光音響波信号を処理することができる。その結果、アナログ信号としての光音響波信号を処理する場合と異なり、信号処理部による光音響波信号の信号処理の条件を容易に変更することができる。

【0015】

上記受信部がアナログデジタル変換部を含む構成において、好ましくは、受信部は、光音響波信号を増幅させる増幅部をさらに含み、受信部のアナログデジタル変換部は、光音響波信号が増幅部により増幅された状態で、アナログ信号からデジタル信号に変換するように構成されている。このように構成すれば、微弱な光音響波信号が得られたとしても、微弱な光音響波信号を増幅部により増幅させることができる。その結果、増幅部により増幅された状態で、アナログデジタル変換部によりアナログ信号からデジタル信号に光音響波信号を変換することができる。したがって、アナログデジタル変換部のビット分解能を有効に使用することができる。これにより、アナログ信号としての光音響波信号を、デジタル信号としての光音響波信号に精度よく変換することができる。

【0016】

この場合、好ましくは、信号変換部は、信号変換部の信号処理部から出力された変換信号をデジタル信号からアナログ信号に変換し、アナログ信号に変換された変換信号に対して1よりも小さい増幅度を乗算することにより、変換信号の振幅を調整する信号調整部をさらに含む。このように構成すれば、増幅部により光音響波信号が増幅された状態で、信号処理部により変換信号が生成されたとしても、超音波画像化装置に出力する前に、アナログ信号に変換された変換信号の振幅を小さく調整することができる。その結果、超音波画像化装置において認識可能な振幅よりも大きい振幅の変換信号が、超音波画像化装置に出力されるのを抑制することができる。

【0017】

上記第1の局面による光音響波信号変換機において、好ましくは、超音波プローブにより光音響波信号が検出される場合に、受信部を介して光音響波信号を受信するとともに、超音波画像化装置に変換信号を出力する第1信号経路と、超音波プローブにより超音波信号が検出される場合に、受信部を介さずに超音波画像化装置に超音波信号を出力する第2信号経路と、を選択的に切り替え可能な切替部をさらに備える。このように構成すれば、第1信号経路と第2信号経路とを切替部により切り替えることができるので、光音響波信号を検出する場合と、超音波信号を検出する場合とを容易に切り替えることができる。その結果、ユーザによる測定状況に応じて、光音響波信号の検出と、超音波信号の検出とを容易に切り替えて測定を行うことができる。

【0018】

上記第1の局面による光音響波信号変換機において、好ましくは、光音響波信号を発生させるため外部に設けられる光源をパルス発光させるための光源駆動部をさらに含む。このように構成すれば、ユーザは、光音響波信号変換機を用意するだけで、光音響波信号の

10

20

30

40

50

変換と、光源の駆動制御との両方を行うことができる。その結果、光音響波信号変換機とは別個に光源駆動部を設ける場合と比べて、超音波画像化装置を用いた光音響波の測定をより容易に行うことができる。

【0019】

この場合、好ましくは、光源駆動部は、発光ダイオード素子、半導体レーザ素子および有機発光ダイオード素子のうち少なくともいずれか1つを含む光源をパルス発光させるように構成されている。このように構成すれば、比較的簡易な光源駆動機構によりパルス発光させることが可能な発光ダイオード素子、半導体レーザ素子および有機発光ダイオード素子が光源駆動部により駆動されるので、光源駆動部が大型化するのを抑制することができる。その結果、光源駆動部が設けられる光音響波信号変換機が大型化するのを抑制することができる。

10

【0020】

上記第1の局面による光音響波信号変換機において、好ましくは、受信部と信号変換部とを備える光音響波信号変換機は、超音波プローブと超音波画像化装置との間に配置されている。このように構成すれば、超音波プローブと超音波画像化装置との間に光音響波信号変換機を設置するだけで、市場に流通する超音波画像化装置を光音響画像化装置としても容易に機能させることができる。

【0021】

上記第1の局面による光音響波信号変換機において、好ましくは、受信部と信号変換部とを備える光音響波信号変換機は、超音波プローブに内蔵されている。このように構成すれば、光音響波信号変換機が超音波プローブに内蔵されているので、光音響波信号変換機を超音波プローブと一体型の装置として構成をより簡素化することができる。

20

【0022】

この発明の第2の局面による光音響波信号変換機内蔵プローブは、検出素子と、光を吸収した被検体内の検出対象物から発生し、検出素子により検出された光音響波信号を受信する受信部と、受信部により受信された光音響波信号に基づいて、検出素子により超音波が受信された際の超音波信号に対応する変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置に出力する制御を行う信号変換部と、を備える。

【0023】

この発明の第2の局面による光音響波信号変換機内蔵プローブでは、上記のように、受信部により受信された光音響波信号に基づいて、検出素子により超音波が受信された際の超音波信号に対応する変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置に出力する信号変換部を設ける。これにより、第2の局面の光音響波信号変換機内蔵プローブにおいても、市場に流通する超音波画像化装置において、装置本体のハードウェアを変更することなく、光音響画像化装置の機能を獲得して、光音響波信号に基づく画像を表示させることができる。

30

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、上記のように、市場に流通する超音波画像化装置において、装置本体のハードウェアを変更することなく、光音響画像化装置の機能を獲得して、光音響波信号に基づく画像を表示させることが可能な光音響波信号変換機および光音響波信号変換機内蔵プローブを提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の第1～第3実施形態の超音波/光音響波画像化システムの全体構成を示す図である。

【図2】本発明の第1実施形態の超音波/光音響波画像化システムの全体構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の第1実施形態の超音波プローブの検出素子による光音響波信号の検出を説明するための図である。

50

【図４】本発明の第１実施形態の超音波信号変換機における超音波フレームデータを説明するための図である。

【図５】本発明の第１実施形態の光源ユニットの発光周期および超音波信号変換機による超音波信号の取得を説明するための図である。

【図６】本発明の第１実施形態の超音波信号変換機による超音波信号に基づく画像およびこの画像に基づく変換信号を説明するための図である。

【図７】本発明の第１実施形態の超音波信号変換機における変換信号フレームデータを説明するための図である。

【図８】本発明の第１実施形態の超音波画像化装置の超音波信号送信周期および超音波信号変換機の変換信号の出力を説明するための図である。

【図９】本発明の第１実施形態の超音波信号変換機による超音波信号変換処理を説明するためのフローチャートである。

【図１０】本発明の第２実施形態の超音波／超音波画像化システムの全体構成を示すブロック図である。

【図１１】本発明の第２実施形態の超音波信号変換機による超音波信号変換処理を説明するためのフローチャートである。

【図１２】本発明の第３実施形態の超音波／超音波画像化システムの全体構成を示すブロック図である。

【図１３】本発明の第３実施形態の超音波信号変換機による超音波信号変換処理を説明するためのフローチャートである。

【図１４】本発明の第４実施形態の超音波／超音波画像化システムの全体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】

【００２６】

以下、本発明を具体化した実施形態を図面に基づいて説明する。

【００２７】

（第１実施形態）

まず、図１～図８を参照して、本発明の第１実施形態による超音波／超音波画像化システム１００の構成について説明する。

【００２８】

本発明の第１実施形態による超音波／超音波画像化システム１００は、図１に示すように、超音波画像化装置１０と、超音波プローブ２０と、光源ユニット３０と、超音波信号変換機（以下、変換機という）４０とを備えている。超音波／超音波画像化システム１００では、超音波画像化装置１０は、変換機４０を介して超音波プローブ２０と光源ユニット３０とに接続されている。超音波画像化装置１０および超音波プローブ２０としては、超音波により被検体Ｐ（図３参照）内を画像化するために用いられる一般に市場に流通する機器を用いることが可能である。

【００２９】

超音波／超音波画像化システム１００では、超音波プローブ２０は、被検体Ｐ内で反射された超音波の受信信号（超音波信号）と、被検体Ｐ内で発生した超音波ＡＷ（図３参照）の受信信号（超音波信号）とを検出するように構成されている。そして、超音波／超音波画像化システム１００は、超音波画像化装置１０により、超音波信号に基づく超音波画像と、超音波信号に基づく超音波画像との両方を生成することが可能なように構成されている。

【００３０】

具体的には、超音波画像を生成する場合には、まず、光源ユニット３０により被検体Ｐに向けて光を照射する。そして、この光を吸収した被検体Ｐ内の検出対象物Ｑ（図３参照）から発生する超音波ＡＷ（図３参照）を超音波プローブ２０により受信することにより、超音波信号が検出される。その後、検出された超音波信号は、変換機４０により超音波信号に対応（相当）する変換信号に変換されて、超音波画像化装置１０に入力さ

10

20

30

40

50

れる。この結果、超音波画像化装置 10 は、通常の超音波画像生成の処理と同様の処理により、変換信号に基づいて超音波画像を生成することが可能である。なお、超音波信号から変換信号への信号変換の詳細は、後述する。

#### 【0031】

一方、超音波画像を生成する場合には、まず、超音波プローブ 20 により人体などの被検体 P (図 3 参照) に向けて超音波を照射する。そして、被検体 P 内で反射された超音波を超音波プローブ 20 により受信することにより、超音波信号が検出される。その後、検出された超音波信号は、変換機 40 を介して超音波画像化装置 10 に入力される。この際、超音波信号は、変換機 40 では変換が行われず、超音波プローブ 20 により検出されたままの状態、超音波画像化装置 10 に入力される。この結果、超音波画像化装置 10 は、超音波画像化装置 10 と超音波プローブ 20 とを直接的に接続して超音波画像を生成する場合と同様に、超音波画像を生成することが可能である。

10

#### 【0032】

また、超音波 / 超音波画像化システム 100 は、生成された超音波画像と、超音波画像とを重ね合わせた合成画像を生成可能に構成されている。これにより、この超音波 / 超音波画像化システム 100 は、被検体 P 内の多様な情報を可視化するように構成されている。以下、超音波 / 超音波画像化システム 100 の各構成要件の詳細について説明する。

#### 【0033】

図 1 に示すように、超音波画像化装置 10 には、モニター 11 と、操作部 12 とが設けられている。

20

#### 【0034】

モニター 11 は、一般的な液晶方式のモニターを含み、超音波画像、超音波画像、合成画像および各種操作画面などを表示可能に構成されている。

#### 【0035】

操作部 12 は、各種の調整ボタンや、キーボードなどを含み、モニター 11 の表示面側に配置されている。ユーザは、モニター 11 に表示される画像を視認しながら、操作部 12 により超音波画像化装置 10 の操作を行うことが可能である。

#### 【0036】

また、超音波画像化装置 10 には、操作部 12 の側面側にプローブ接続部 13 および信号出力部 14 が設けられている。プローブ接続部 13 は、通常、超音波プローブ 20 が接続される端子である。この第 1 実施形態では、プローブ接続部 13 には、配線 51 を介して変換機 40 が接続されている。プローブ接続部 13 は、超音波の送信信号としての超音波信号および受信信号としての超音波信号の入出力や、超音波信号の入力が行われるように構成されている。信号出力部 14 は、USB (Universal Serial Bus) 規格などの所定の規格の端子である。信号出力部 14 には、配線 52 を介して変換機 40 が接続されている。信号出力部 14 は、超音波画像化装置 10 から変換機 40 への制御信号の出力が行われるように構成されている。

30

#### 【0037】

また、図 2 に示すように、超音波画像化装置 10 には、制御部 15 が設けられている。制御部 15 は、CPU を含み、超音波画像化装置 10 の各構成要素を制御するように構成されている。また、制御部 15 は、超音波プローブ 20 により検出された超音波信号、および、超音波プローブ 20 により検出され、変換機 40 により変換された変換信号に基づいて、それぞれ、超音波画像および超音波画像を生成する制御を行うように構成されている。また、制御部 15 は、超音波画像と超音波画像とを重ね合わせた合成画像を生成する制御を行うように構成されている。また、制御部 15 は、超音波画像、超音波画像および合成画像などの画像をモニター 11 に表示させる制御を行うように構成されている。また、制御部 15 は、操作部 12 のユーザによる操作に応じて、信号出力部 14 を介して各種の制御信号を変換機 40 へ出力可能に構成されている。

40

#### 【0038】

50

図 1 および図 2 に示すように、超音波プローブ 20 は、超音波の送受信を行うためのプローブである。また、超音波プローブ 20 は、配線 53 を介して変換機 40 と接続されている。そして、超音波プローブ 20 は、配線 53 を介して変換機 40 との信号の入出力が行われるように構成されている。また、超音波プローブ 20 は、変換機 40 を介して超音波画像化装置 10 との信号の入出力が行われるように構成されている。

【0039】

また、超音波プローブ 20 は、筐体 21 と、複数の検出素子 22 とを含んでいる。複数の検出素子 22 は、圧電素子を含み、筐体 21 の内部の先端近傍において、アレイ状に配列されている。この第 1 実施形態では、複数の検出素子 22 は、N 個 (Nch (チャンネル)ともいう) 設けられている。検出素子 22 の数 N としては、たとえば、64 個、128 個、192 個または 256 個を用いることが可能である。

10

【0040】

また、超音波プローブ 20 は、超音波画像化装置 10 の制御部 15 による送信信号としての超音波信号に基づいて、検出素子 22 を振動させて、超音波を発生することが可能なように構成されている。具体的には、超音波プローブ 20 は、送信信号としての超音波信号に基づいて、パルス幅  $t_b$  (図 8 参照) のパルス超音波を、送信周期  $T_b$  (図 8 参照) で繰り返し発生させるように構成されている。そして、超音波プローブ 20 は、被検体 P 内で反射された超音波によって検出素子 22 が振動されることにより、各々のパルス超音波に対応する受信信号としての超音波信号を検出するように構成されている。また、超音波プローブ 20 は、光源ユニット 30 から照射された光を吸収した被検体 P 内の検出対象物 Q から発生する光音響波 AW によって検出素子 22 が振動されることにより、光音響波信号を検出するように構成されている。また、超音波プローブ 20 は、検出された超音波信号および光音響波信号を、配線 53 を介して変換機 40 に出力するように構成されている。

20

【0041】

図 1 および図 2 に示すように、光源ユニット 30 は、配線 54 を介して変換機 40 に接続されている。この光源ユニット 30 は、被検体 P に光を照射するためのユニットである。光音響波 AW の測定時には、光源ユニット 30 は、超音波プローブ 20 と共に被検体 P の表面に当接させた状態で用いられる。

【0042】

また、光源ユニット 30 は、光源 31 を含み、光源 31 から被検体 P に向けて測定のための光を照射するように構成されている。また、光源ユニット 30 の光源 31 は、変換機 40 の後述する光源駆動部 44 の制御信号に基づいて、パルス幅  $t_a$  (図 5 参照) のパルス光を、発光周期  $T_a$  (図 5 参照) で繰り返し発光させるように構成されている。そして、パルス光の発光後で、次のパルス光の発光前の所定期間の光音響波信号が変換機 40 により繰り返し取得される。

30

【0043】

光源 31 は、人体などの被検体 P の測定に適した赤外領域の測定波長の光 (たとえば、約 700 nm ~ 約 1000 nm に中心波長を有する光) を発生するように構成されている。このような光源 31 としては、たとえば、発光ダイオード素子、半導体レーザー素子、または、有機発光ダイオード素子を用いることが可能である。なお、光源 31 の測定波長は、検出を所望する検出対象物 Q に応じて適宜決定されればよい。

40

【0044】

ここで、第 1 実施形態では、図 1 に示すように、超音波画像化装置 10 と超音波プローブ 20 および光源ユニット 30 との間には、変換機 40 が設けられている。変換機 40 は、超音波プローブ 20 により検出された光音響波信号を、超音波画像化装置 10 により処理可能な信号 (変換信号) に変換する装置である。以下、変換機 40 の構成について、詳細に説明する。

【0045】

変換機 40 は、受信部 41 と、信号変換部 42 とを含んでいる。この変換機 40 は、光

50

音響波信号を受信部41により受信し、受信された光音響波信号を信号変換部42により変換信号に変換するとともに、超音波画像化装置10に出力するように構成されている。

【0046】

受信部41には、超音波プローブ20の複数(N個)の検出素子22に対応して、複数(N個)の増幅部61と、複数(N個)のアナログデジタル変換部(以下、A/D変換部という)62とが設けられている。つまり、受信部41は、1番目の増幅部61とこれに対応する1番目のA/D変換部62とにより、1番目の検出素子22により検出された光音響波信号を受信するように構成されている。そして、受信部41は、N番目の検出素子22まで同様に、対応する番号の増幅部61とA/D変換部62とにより光音響波信号を受信するように構成されている。なお、図2では、図示の容易のため、各検出素子22と各増幅部61との接続状態を簡略化して示している。

10

【0047】

増幅部61は、光音響波信号を増幅(たとえば、約300倍~約30000倍)し、A/D変換部62に出力するように構成されている。

【0048】

A/D変換部62は、増幅部61により増幅された状態の光音響波信号を、所定のサンプリング周波数および所定のビット分解能で、アナログ信号からデジタル信号に変換するように構成されている。ここで、一般的に、光音響波信号は、微弱な信号であることが多い。したがって、上記のように、増幅部61により増幅された状態でA/D変換を行うことにより、A/D変換部62のビット分解能を有効に使用することが可能である。また、A/D変換部62は、デジタル信号としての光音響波信号を、信号変換部42に出力するように構成されている。

20

【0049】

信号変換部42は、信号処理部71と、デジタルアナログ変換部(以下、D/A変換部という)72と、振幅調整部73と、記憶部74とを含んでいる。なお、D/A変換部72および振幅調整部73は、共に、本発明の「信号調整部」の一例である。また、記憶部74は、ROMおよびRAMなどを含み、信号処理部71により用いられる各種のデータおよびプログラムなどが格納されるように構成されている。

【0050】

第1実施形態では、信号処理部71は、FPGA(Field Programmable Gate Array)を含み、受信部41により受信された光音響波信号に基づいて、超音波プローブ20により超音波が受信された際の超音波信号に対応(相当)する変換信号を生成するように構成されている。言い換えると、信号処理部71は、受信部41により受信された光音響波信号を、超音波信号に対応(相当)する変換信号に変換するように構成されている。この信号処理部71による光音響波信号の変換信号への変換は、概略的には、光音響波信号に基づく画像(画像データ)の生成と、生成された画像(画像データ)に基づく変換信号の生成とにより行われる。以下、図3~図8を参照して、光音響波信号の変換信号への変換の詳細を説明する。

30

【0051】

まず、光音響波信号に基づく画像の生成について説明する。光源ユニット30(図2参照)により被検体Pに向けてパルス光が照射されると、図3に示すように、被検体P内の検出対象物Qから光音響波AWが発生する。この際、光の照射により一度に広範囲から光音響波AWが発生する。なお、図3では、理解の容易のため、1つの検出対象物Qのみを示している。

40

【0052】

そして、超音波プローブ20(図2参照)は、N個の検出素子22のそれぞれにより、検出対象物Qから発生した光音響波AWを受信して、光音響波信号を検出する。図3では、各検出素子22により検出される光音響波信号を、光音響波信号L1~LNとして示している。検出素子22により検出された光音響波信号L1~LNは、超音波プローブ20から変換機40に出力され、変換機40の受信部41により受信される。受信部41では

50

、各検出素子 2 2 に対応する増幅部 6 1 と A / D 変換部 6 2 とにより、アナログ信号としての超音響波信号 L 1 ~ L N が増幅されるとともに、デジタル信号としての超音響波信号 L 1 ~ L N に変換される。そして、デジタル信号に変換された超音響波信号 L 1 ~ L N は、信号変換部 4 2 の記憶部 7 4 に格納される。

#### 【 0 0 5 3 】

次に、図 4 に示すように、信号変換部 4 2 では、信号処理部 7 1 は、各検出素子 2 2 に対応する超音響波信号 L 1 ~ L N に基づいて、超音響波フレームデータ L D を構築する。超音響波フレームデータ L D は、超音波プローブ 2 0 の幅方向に関する情報と、被検体 P の表面からの深さ方向に関する情報とをマトリクス状に構成したデータである。具体的には、超音響波フレームデータ L D は、検出素子 2 2 の数（検出素子数）N と、サンプリング数 M とのマトリクスにより構成されている。ここで、サンプリング数 M は、各超音響波信号 L 1 ~ L N における、画像化を所望する深さまでの信号のサンプリング数である。たとえば、画像化を所望する深さを被検体 P の表面から 6 c m ( 0 . 0 6 m ) とし、人体内の音速を 1 5 0 0 ( m / s ) とし、A / D 変換部 6 2 の所定のサンプリング周波数を  $2 0 \times 1 0 ^ 6$  H z とする場合には、サンプリング数 M は、下式で求められる。つまり、 $M = ( 0 . 0 6 / 1 5 0 0 ) \times 2 0 \times 1 0 ^ 6 = 8 0 0$  となる。このサンプリング数 M は、深さ方向の画素数を示しており、たとえば、上記の計算例の場合には、深さ方向に 8 0 0 個の画素数を有することとなる。

10

#### 【 0 0 5 4 】

また、サンプリング数 M は、超音波プローブ 2 0 による超音響波信号 L 1 ~ L N の検出時間 T 1 に対応している。たとえば、サンプリング数 M の各点における時間間隔（サンプリング時間）を t s とし、A / D 変換部 6 2 の所定のサンプリング周波数を  $2 0 \times 1 0 ^ 6$  H z とする場合には、サンプリング時間 t s は、0 . 0 5 μ s となる。この場合、超音響波信号 L 1 ~ L N における検出時間 T 1 は、サンプリング時間 t s とサンプリング数 M = 8 0 0 とを乗算して、 $0 . 0 5 \mu s \times 8 0 0 = 4 0 \mu s$  となる。また、図 4 に示す超音響波フレームデータ L D は、光源ユニット 3 0 の光源 3 1 による 1 回のパルス発光につき、1 つ構築される。

20

#### 【 0 0 5 5 】

そして、図 5 に示すように、信号処理部 7 1 は、複数（P 回）のパルス光により受信される超音響波信号のそれぞれに対応する、複数（P 個）の超音響波フレームデータ L D を構築する。また、信号処理部 7 1 は、構築された複数（P 個）の超音響波フレームデータ L D を平均化処理するように構成されている。また、信号処理部 7 1 は、平均化処理されたフレームデータ L D に基づいて、整相加算などの解析的手法により、超音響波信号に基づく画像（画像データ）を生成するように構成されている。これにより、平均化処理により超音響波信号の S / N 比（信号 / ノイズ比）を向上させた状態で、超音響波信号に基づく画像（画像データ）を生成することができるので、被検体 P 内の状態が正確に反映された画像を生成することが可能である。

30

#### 【 0 0 5 6 】

次に、生成された画像に基づく変換信号の生成について説明する。図 6 に示すように、信号処理部 7 1 は、超音響波信号に基づく画像に基づいて、超音波プローブ 2 0 により超音波が受信された際の超音波信号に対応（相当）する変換信号 C 1 ~ C N を生成するように構成されている。詳細には、信号処理部 7 1 は、超音響波信号に基づく画像に基づいて、超音波プローブ 2 0 の各検出素子 2 2 により順に超音波が送信され、被検体 P 内で反射された超音波が順に受信された際の超音波信号に対応（相当）する変換信号 C 1 ~ C N を生成するように構成されている。この際、信号処理部 7 1 は、超音波プローブ 2 0 により超音響波 A W が受信された際に超音響波信号 L 1 ~ L N が検出された検出時間 T 1 を略 2 倍にすることにより、超音波プローブ 2 0 により超音波が受信された際に超音波信号が検出される検出時間（後述する時間 T 2 ）に対応するように変換信号 C 1 ~ C N を生成するように構成されている。つまり、信号処理部 7 1 は、超音響波信号に基づく画像に基づいて、超音波プローブ 2 0 の複数（N 個）の検出素子 2 2 ごとに対応する変換信号 C 1 ~ C

40

50

Nを生成するように構成されている。これにより、超音波プローブ20のN個の検出素子22により並列（同時）に検出された光音響波信号が、超音波信号に対応（相当）する変換信号C1～CNに変換される。

【0057】

また、この際、図7に示すように、信号処理部71は、光音響波信号に基づく画像に基づいて、変換信号C1～CNを含む変換信号フレームデータCDを生成するように構成されている。

【0058】

変換信号フレームデータCDは、光音響波フレームデータLDと同様に、超音波プローブ20の幅方向に関する情報と、被検体Pの表面からの深さ方向に関する情報とをマトリクス状に構成したデータである。変換信号フレームデータCDは、検出素子数Nと、超音波画像化装置10のモニタ12の深さ方向の画素数（モニタ画素数）Lとのマトリクスにより構成されている。また、光音響波フレームデータLDのサンプリング数Mは、変換信号フレームデータCDのモニタ画素数L以上に構成されている。サンプリング数Mは、たとえば、モニタ画素数Lの約2倍～約5倍に構成することが可能である。これにより、光音響波信号に基づく画像を生成する際には、モニタ画素数Lよりも大きいサンプリング数Mにより被検体P内の状態が正確に反映された正確な画像を生成しつつ、超音波画像化装置10にデータ（変換信号C1～CN）を出力する際には、超音波画像化装置10で表示可能な画素数（モニタ画素数L）に合わせて圧縮した状態で、出力することが可能である。

10

20

【0059】

また、変換信号フレームデータCDでは、モニタ画素数Lに対応する時間は、光音響波フレームデータLDにおける検出時間T1の2倍の時間T2（ $= 2 \times T1$ ）を有している。つまり、変換信号フレームデータCDでは、超音波プローブ20により検出された光音響波信号L1～LNの検出時間T1を2倍とした変換信号C1～CNが生成される。ここで、略同一位置の検出対象物Qに対して超音波信号が検出される場合と光音響波信号が検出される場合とを比較すると、超音波信号が検出される場合には、光音響波信号が検出される場合に比べて、検出時間が略2倍になる。したがって、光音響波信号L1～LNの検出時間T1を2倍とした変換信号C1～CNを生成することにより、超音波プローブ20により超音波が送受信された際に超音波信号が検出される検出時間（言い換えると、時間T2）に対応する変換信号C1～CNが生成される。その結果、超音波画像化装置10において光音響波画像を生成する際、変換信号C1～CNの検出時間から被検体Pの深さ方向の距離を正確に取得（算出）することが可能となる。この場合、モニタ画素数Lの各点における時間間隔は、 $(M/L) \times 2 \times t_s$ で表すことができる。たとえば、サンプリング数Mとモニタ画素数Lとが同じ値である場合には、モニタ画素数Lの各点における時間間隔は、 $2 \times t_s$ で表される。また、サンプリング数Mがモニタ画素数Lの2倍の値である場合には、モニタ画素数Lの各点における時間間隔は、 $2 \times 2 \times t_s$ で表される。

30

【0060】

そして、図8に示すように、信号処理部71は、超音波プローブ20の複数（N個）の検出素子22ごとに対応する変換信号C1～CNを、超音波画像化装置10の超音波信号の受信周期（言い換えると、送信周期Tb）に合わせて、順に超音波画像化装置10に出力するように構成されている。この際、信号処理部71は、変換信号C1～CNを、D/A変換部72および振幅調整部73を介して超音波画像化装置10に出力するように構成されている。

40

【0061】

D/A変換部72は、信号処理部71から順に出力される変換信号C1～CNをデジタル信号からアナログ信号に変換し、振幅調整部73に出力するように構成されている。

【0062】

振幅調整部73は、VGA（Variable gain amplifier）を含み、D/A変換部72によりアナログ信号に変換された変換信号C1～CNに対して1よ

50

りも小さい増幅度を乗算することにより、変換信号 C 1 ~ C N の振幅を調整するように構成されている。そして、振幅調整部 7 3 により振幅の調整された状態で、変換信号 C 1 ~ C N は、超音波画像化装置 1 0 に対して順に出力される。これらの結果、超音波画像化装置 1 0 には、超音波画像化装置 1 0 で処理可能な信号（変換信号 C 1 ~ C N ）が、超音波信号を通常受信するタイミングで入力される。したがって、超音波画像化装置 1 0 は、超音波信号に基づく超音波画像と同様に、変換信号 C 1 ~ C N に基づいて、光音響波画像を生成することが可能となる。

#### 【 0 0 6 3 】

なお、信号変換部 4 2 による光音響波信号を変換信号に変換する処理の条件は、超音波画像化装置 1 0 の制御部 1 5 の制御信号に基づいて、変更することが可能である。たとえば、光音響波信号に基づく画像を生成する際のサンプリング数 M などの画像化処理の条件を変更することが可能である。

10

#### 【 0 0 6 4 】

また、第 1 実施形態では、図 2 に示すように、変換機 4 0 には、超音波プローブ 2 0 により光音響波信号が検出される場合（光音響波検出モード時）の信号経路としての第 1 信号経路 8 1 と、超音波プローブ 2 0 により超音波信号が検出される場合（超音波検出モード時）の信号経路としての第 2 信号経路 8 2 とが形成されている。

#### 【 0 0 6 5 】

第 1 信号経路 8 1 は、受信部 4 1 と信号変換部 4 2 とを含む信号経路である。つまり、第 1 信号経路 8 1 は、受信部 4 1 により光音響波信号を受信し、受信された光音響波信号を信号変換部 4 2 により変換信号に変換した状態で超音波画像化装置 1 0 に出力するための信号経路である。

20

#### 【 0 0 6 6 】

また、第 2 信号経路 8 2 は、受信部 4 1 を介さずに超音波プローブ 2 0 と超音波画像化装置 1 0 とを接続する信号線 B 1 と信号線 B 2 とを含む信号経路である。ここで、信号線 B 1 は、超音波画像化装置 1 0 により生成された超音波の送信信号としての超音波信号を、超音波プローブ 2 0 に出力するための信号線である。また、信号線 B 2 は、超音波プローブ 2 0 により受信された超音波の受信信号としての超音波信号を、超音波画像化装置 1 0 に出力するための信号線である。つまり、第 2 信号経路 8 2 は、超音波プローブ 2 0 と超音波画像化装置 1 0 とにより、受信部 4 1 を介さずに送信信号および受信信号としての超音波信号を直接的に伝達するための信号経路である。

30

#### 【 0 0 6 7 】

また、第 1 実施形態では、変換機 4 0 には、第 1 信号経路 8 1 と、第 2 信号経路 8 2 とを選択的に切り替えるための複数（2 つ）の切替部 4 3 が設けられている。具体的には、複数の切替部 4 3 は、超音波画像化装置 1 0 の制御部 1 5 による制御信号に基づいて、光音響波検出モード時には、第 1 信号経路 8 1 となるように、超音波検出モード時には、第 2 信号経路 8 2 となるように、第 1 信号経路 8 1 と、第 2 信号経路 8 2 とを選択的に切り替えるように構成されている。この超音波 / 光音響波画像化システム 1 0 0 では、たとえば、超音波画像化装置 1 0 の操作部 1 2 のユーザによる操作に応じて、光音響波検出モードと、超音波検出モードとの切り替えが行われた場合に、変換機 4 0 の切替部 4 3 による第 1 信号経路 8 1 と、第 2 信号経路 8 2 との切り替えが行われる。

40

#### 【 0 0 6 8 】

また、第 1 実施形態では、変換機 4 0 には、光源駆動部 4 4 が設けられている。光源駆動部 4 4 は、外部に設けられる光源ユニット 3 0 の光源 3 1 をパルス発光させる制御を行うように構成されている。具体的には、光源駆動部 4 4 は、光源ユニット 3 0 の光源 3 1 により、パルス幅  $t_a$  のパルス光を、発光周期  $T_a$  で繰り返し発光させる制御を行うように構成されている。また、光源駆動部 4 4 は、超音波画像化装置 1 0 の制御部 1 5 による制御信号に基づいて、パルス幅  $t_a$ 、発光周期  $T_a$  および光源 3 1 を駆動する電流値を調整可能に構成されている。つまり、この超音波 / 光音響波画像化システム 1 0 0 では、変換機 4 0 は、超音波画像化装置 1 0 を介して光源駆動部 4 4 の設定を変更することにより

50

、光源ユニット 30 による光の照射条件を変更することが可能に構成されている。

【0069】

次に、図 9 を参照して、変換機 40 の信号処理部 71 による光音響波信号変換処理についてフローチャートに基づいて説明する。

【0070】

まず、ステップ S1 において、光音響波信号が取得される。具体的には、受信部 41 (図 2 参照) により受信され、記憶部 74 (図 2 参照) に格納された光音響波信号 L1 ~ LN (図 4 参照) が取得される。

【0071】

そして、ステップ S2 において、光音響波フレームデータ LD (図 4 参照) が構築される。具体的には、ステップ S1 の処理で取得された光音響波信号 L1 ~ LN に基づいて、光音響波フレームデータ LD が構築される。また、このステップ S2 では、平均化処理の加算回数に対応する P 個の光音響波フレームデータ LD が構築される。

10

【0072】

そして、ステップ S3 において、複数 (P 個) の光音響波フレームデータ LD の平均化処理が行われる。

【0073】

そして、ステップ S4 において、平均化処理されたフレームデータ LD に基づいて、被検体 P 内の画像 (画像データ) が生成される。つまり、ステップ S4 では、受信部 41 により受信された光音響波信号に基づく被検体 P 内の画像 (画像データ) が生成される。

20

【0074】

そして、ステップ S5 において、変換信号フレームデータ CD (図 7 参照) が構築される。具体的には、ステップ S5 では、ステップ S4 の処理で生成された光音響波信号に基づく画像に基づいて、検出素子 22 (図 2 参照) ごとに対応する変換信号 C1 ~ CN を含む変換信号フレームデータ CD が構築される。

【0075】

そして、ステップ S6 において、検出素子 22 (図 2 参照) ごとの変換信号 C1 ~ CN が超音波信号の受信周期に合わせて順に超音波画像化装置 10 に出力される。この結果、超音波画像化装置 10 (図 2 参照) において、光音響波画像が生成され、生成された光音響波画像がモニタ 11 (図 2 参照) に表示される。そして、ステップ S1 に戻り、次の光音響波信号の取得が行われる。

30

【0076】

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。

【0077】

第 1 実施形態では、上記のように、受信部 41 により受信された光音響波信号に基づいて、超音波プローブ 20 により超音波が受信された際の超音波信号に対応する変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置 10 に出力する信号変換部 42 を設ける。これにより、超音波プローブ 20 により光音響波の受信信号 (光音響波信号) が並列 (同時) に取り込まれたとしても、取り込まれた光音響波信号を超音波プローブ 20 により超音波が受信された際の超音波信号に対応する変換信号に変換することができる。この結果、超音波信号に対応する変換信号を超音波画像化装置 10 に対して出力することができるので、超音波画像化装置 10 は、超音波信号を処理する場合と略同様に、光音響波信号を変換した変換信号を処理することができる。したがって、この変換機 40 を用いることにより、市場に流通する超音波画像化装置 10 において、装置本体のハードウェアを変更することなく、光音響画像化装置の機能を獲得して、光音響波画像を表示させることができる。

40

【0078】

また、第 1 実施形態では、上記のように、受信部 41 により受信された光音響波信号に基づいて、変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置 10 による超音波信号の受信周期 (言い換えると、送信周期 T<sub>b</sub>) に合わせて、超音波画像化装置 10 に出

50

力するように信号変換部42を構成する。これにより、超音波画像化装置10において超音波信号を通常受信するタイミングで、光音響波信号を変換した変換信号を超音波画像化装置10に受信させることができる。その結果、光音響波信号を変換した変換信号を超音波画像化装置10によってより容易に処理することができる。

【0079】

また、第1実施形態では、上記のように、超音波プローブ20により光音響波が受信された際に光音響波信号が検出される検出時間T1を略2倍にすることにより、超音波プローブ20により超音波が受信された際に超音波信号が検出される検出時間（言い換えると、時間T2）に対応する変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置10に出力するように信号変換部42を構成する。これにより、光音響波信号が検出される検出時間T1と、超音波信号が検出される検出時間（T2）とを対応させた変換信号を容易に生成することができる。また、光音響波信号が検出される検出時間T1と、超音波信号が検出される検出時間（T2）とを対応させた変換信号が超音波画像化装置10に入力されるので、光音響波信号を変換した変換信号を超音波画像化装置10によって容易に処理することができる。

10

【0080】

また、第1実施形態では、上記のように、信号変換部42に、受信部41により受信された光音響波信号に基づいて、超音波プローブ20の検出素子22ごとに対応する変換信号を生成する信号処理部71を設ける。これにより、変換信号が超音波プローブ20の検出素子22ごとに分割されるので、超音波画像化装置10によってより一層容易に変換信号を処理することができる。

20

【0081】

また、第1実施形態では、上記のように、受信部41に、光音響波信号を受信した際、光音響波信号をアナログ信号からデジタル信号に変換するA/D変換部62を設ける。そして、受信部41のA/D変換部62により変換されたデジタル信号としての光音響波信号に基づいて、変換信号を生成するように信号変換部42の信号処理部71を構成する。これにより、信号変換部42の信号処理部71によりデジタル信号としての光音響波信号を処理することができる。その結果、アナログ信号としての光音響波信号を処理する場合と異なり、信号処理部71による光音響波信号の信号処理の条件を容易に変更することができる。

30

【0082】

また、第1実施形態では、上記のように、光音響波信号が増幅部61により増幅された状態で、アナログ信号からデジタル信号に変換するように受信部41のA/D変換部62を構成する。これにより、微弱な光音響波信号が得られたとしても、微弱な光音響波信号を増幅部61により増幅させることができる。その結果、増幅部61により増幅された状態で、A/D変換部62によりアナログ信号からデジタル信号に光音響波信号を変換することができる。したがって、A/D変換部62のビット分解能を有効に使用することができる。これにより、アナログ信号としての光音響波信号を、デジタル信号としての光音響波信号に精度よく変換することができる。

【0083】

また、第1実施形態では、上記のように、信号変換部42に、信号変換部42の信号処理部71から出力された変換信号をデジタル信号からアナログ信号に変換するD/A変換部72と、アナログ信号に変換された変換信号に対して1よりも小さい増幅度を乗算することにより、変換信号の振幅を調整する振幅調整部73とを設ける。これにより、増幅部61により光音響波信号が増幅された状態で、信号処理部71により変換信号が生成されたとしても、超音波画像化装置10に出力する前に、アナログ信号に変換された変換信号の振幅を小さく調整することができる。その結果、超音波画像化装置10において認識可能な振幅よりも大きい振幅の変換信号が、超音波画像化装置10に出力されるのを抑制することができる。

40

【0084】

50

また、第1実施形態では、上記のように、変換機40に、超音波プローブ20により光音響波信号が検出される場合に、受信部41を介して光音響波信号を受信するとともに、超音波画像化装置10に変換信号を出力する第1信号経路81と、超音波プローブ20により超音波信号が検出される場合に、受信部41を介さずに超音波画像化装置10に超音波信号を出力する第2信号経路82と、を選択的に切り替え可能な切替部43を設ける。これにより、第1信号経路81と第2信号経路82とを切替部43により切り替えることができるので、光音響波信号を検出する場合と、超音波信号を検出する場合とを容易に切り替えることができる。その結果、ユーザによる測定状況に応じて、光音響波信号の検出と、超音波信号の検出とを容易に切り替えて測定を行うことができる。

【0085】

また、第1実施形態では、上記のように、変換機40に、光音響波信号を発生させるため外部に設けられる光源ユニット30の光源31をパルス発光させるための光源駆動部44を設ける。これにより、ユーザは、変換機40を用意するだけで、光音響波信号の変換と、光源ユニット30の光源31の駆動制御との両方を行うことができる。その結果、変換機40とは別個に光源ユニット30を駆動する光源駆動部を設ける場合と比べて、超音波画像化装置10を用いた光音響波の測定をより容易に行うことができる。

【0086】

また、第1実施形態では、上記のように、発光ダイオード素子、半導体レーザ素子および有機発光ダイオード素子のうち少なくともいずれか1つを含む光源31をパルス発光させるように光源駆動部44を構成する。これにより、比較的簡易な光源駆動機構によりパルス発光させることが可能な発光ダイオード素子、半導体レーザ素子および有機発光ダイオード素子が光源駆動部44により駆動されるので、光源駆動部44が大型化するのを抑制することができる。その結果、光源駆動部44が設けられる変換機40が大型化するのを抑制することができる。

【0087】

また、第1実施形態では、上記のように、受信部41と信号変換部42とを含む変換機40を、超音波プローブ20と超音波画像化装置10との間に配置する。これにより、超音波プローブ20と超音波画像化装置10との間に変換機40を設置するだけで、市場に流通する超音波画像化装置10を光音響画像化装置としても容易に機能させることができる。

【0088】

(第2実施形態)

次に、図1、図10および図11を参照して、第2実施形態について説明する。この第2実施形態では、N個の検出素子22に対応して、増幅部61と、A/D変換部62とが共にN個設けられた上記第1実施形態の構成とは異なり、N個の検出素子22よりも少ない数で、増幅部161と、A/D変換部162とが設けられ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。

【0089】

本発明の第2実施形態による超音波/光音響波画像化システム200(図1参照)は、図10に示すように、超音波画像化装置10と、超音波プローブ20と、光源ユニット30と、光音響波信号変換機(以下、変換機という)140とを備えている。変換機140は、受信部141と信号変換部142とを含んでいる。

【0090】

第2実施形態では、受信部141には、超音波プローブ20のN個の検出素子22に対して、N/2個の増幅部161と、N/2個のアナログデジタル変換部(以下、A/D変換部という)162とが設けられている。つまり、第2実施形態では、受信部141には、N個の検出素子22の1/2の数の増幅部161と、A/D変換部162とが設けられている。なお、増幅部161およびA/D変換部162のその他の構成は、それぞれ、上記第1実施形態の増幅部61およびA/D変換部62と同様である。

【0091】

10

20

30

40

50

また、第2実施形態では、変換機140には、N個の検出素子22の各々により検出されたN個の光音響波信号を、受信部141により複数回(2回)に分割して受信させるための受信切替部145が設けられている。

【0092】

具体的には、受信切替部145は、あるパルス発光によりN個の検出素子22の各々により検出されたN個の光音響波信号のうち、1番目~N/2番目までの検出素子22により検出されたN/2個の光音響波信号を受信部141により受信させるように構成されている。また、受信切替部145は、あるパルス発光の次のパルス発光によりN個の検出素子22の各々により検出されたN個の光音響波信号のうち、(N/2+1)番目~N番目までの検出素子22により検出されたN/2個の光音響波信号を受信部141により受信させるよう構成されている。このように信号経路を切り替えることにより、受信切替部145は、N個の検出素子22の各々により検出されたN個の光音響波信号を、複数回(2回)に分割して受信部141により受信させるように構成されている。

10

【0093】

また、第2実施形態では、信号変換部142は、複数回に分割された状態で受信部141により受信された光音響波信号に基づいて、変換信号を生成する信号処理部171を含んでいる。なお、信号処理部171のその他の構成は、上記第1実施形態の信号処理部171と同様である。以下、図11を参照して、第2実施形態の変換機140の信号処理部171による光音響波信号変換処理についてフローチャートに基づいて説明する。

【0094】

まず、ステップS11において、あるパルス発光によりN個の検出素子22の各々により検出されたN個の光音響波信号のうち、1番目~N/2番目までの検出素子22により検出されたN/2個の光音響波信号が取得される。この際、受信部141(図10参照)により受信され、記憶部74(図10参照)に格納された1番目~N/2番目までの検出素子22の光音響波信号が取得される。

20

【0095】

そして、ステップS12において、あるパルス発光の次のパルス発光によりN個の検出素子22の各々により検出されたN個の光音響波信号のうち、(N/2+1)番目~N番目までの検出素子22により検出されたN/2個の光音響波信号が取得される。この際、受信部141(図10参照)により受信され、記憶部74(図10参照)に格納された(N/2+1)番目~N番目までの検出素子22の光音響波信号が取得される。つまり、ステップS11およびステップS12の処理により、1~N番目までの検出素子22の光音響波信号が取得される。

30

【0096】

そして、ステップS2において、2回に分割して取得されたN個の光音響波信号に基づいて、光音響波フレームデータLDが構築される。その後、上記第1実施形態と同様に、ステップS3~ステップS6の処理が行われる。この結果、第2実施形態においても、超音波画像化装置10において、光音響波画像が生成され、生成された光音響波画像がモニタ11に表示される。そして、ステップS11に戻り、次の光音響波信号の取得が行われる。

40

【0097】

なお、第2実施形態のその他の構成は、上記第1実施形態と同様である。

【0098】

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。

【0099】

第2実施形態では、上記のように、受信部141により受信された光音響波信号に基づいて変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置10に出力する信号変換部142を設ける。これにより、この第2実施形態においても上記第1実施形態と同様に、市場に流通する超音波画像化装置10において、装置本体のハードウェアを変更することなく、光音響画像化装置の機能を獲得して、光音響波信号に基づく画像を表示させるこ

50

とができる。

【0100】

また、第2実施形態では、上記のように、受信部141に、複数(N個)の検出素子22よりも少ない数(N/2個)で、増幅部161と、A/D変換部162とを設ける。また、変換機140に、複数(N個)の検出素子22の各々により検出された複数(N個)の超音響波信号を、受信部141により複数回(2回)に分割して受信させるための受信切替部145を設ける。これにより、受信部141の構成を簡素にしつつ、複数の検出素子22の各々により検出された超音響波信号を確実に取得することができる。

【0101】

なお、第2実施形態のその他の効果は、上記第1実施形態と同様である。

10

【0102】

(第3実施形態)

次に、図1、図12および図13を参照して、第3実施形態について説明する。この第3実施形態では、光源ユニット30に1つの光源31を設けた上記第1実施形態の構成とは異なり、光源ユニット230に異なる波長の2つの光源231aおよび231bを設け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。

【0103】

超音波/超音響波画像化システム300(図1参照)は、図12に示すように、超音波画像化装置10と、超音波プローブ20と、光源ユニット230と、超音響波信号変換機(以下、変換機という)240とを備えている。変換機240は、信号変換部242と、光源駆動部244とを含んでいる。

20

【0104】

第3実施形態では、光源ユニット230は、第1波長の光を発生する光源231aと、第1波長とは異なる第2波長の光を発生する光源231bとを含んでいる。光源231aおよび光源231bは、共に、人体などの被検体の測定に適した赤外領域の測定波長の光(たとえば、約700nm~約1000nmに中心波長を有する光)を発生するように構成されている。このような光源231aおよび231bとしては、たとえば、発光ダイオード素子、半導体レーザ素子、または、有機発光ダイオード素子を用いることが可能である。なお、光源231aおよび231bの測定波長は、検出を所望する検出対象物に応じて適宜決定されればよい。

30

【0105】

また、第3実施形態では、光源駆動部244は、外部に設けられる光源ユニット230の光源231aおよび231bをパルス発光させる制御を行うように構成されている。たとえば、光源駆動部244は、光源231aによる第1波長の光のパルス発光と、光源231bによる第2波長の光のパルス発光とを交互に行わせることが可能である。この結果、第3実施形態では、第1波長の光による超音響波信号と、第2波長の光による超音響波信号との2つの超音響波信号が超音波プローブ20により検出される。

【0106】

また、第3実施形態では、信号変換部242は、第1波長の光による超音響波信号と、第2波長の光による超音響波信号との2つの超音響波信号に基づいて、変換信号を生成する信号処理部271を含んでいる。なお、信号処理部271のその他の構成は、上記第1実施形態の信号処理部71と同様である。以下、図13を参照して、第3実施形態の変換機240の信号処理部271による超音響波信号変換処理についてフローチャートに基づいて説明する。

40

【0107】

まず、ステップS21において、第1波長の光による超音響波信号が取得される。この際、受信部41(図12参照)により受信され、記憶部74(図12参照)に格納された第1波長の光による超音響波信号が取得される。

【0108】

50

そして、ステップ S 2 2 において、第 2 波長の光による光音響波信号が取得される。この際、受信部 4 1 ( 図 1 2 参照 ) により受信され、記憶部 7 4 ( 図 1 2 参照 ) に格納された第 2 波長の光による光音響波信号が取得される。

【 0 1 0 9 】

そして、ステップ S 2 3 において、第 1 波長の光による光音響波信号と第 2 波長の光による光音響波信号との差分が取得される。つまり、ステップ 2 3 では、第 1 波長の光による光音響波信号と第 2 波長の光による光音響波信号との差分を取得することにより、第 1 波長の光による光音響波信号と第 2 波長の光による光音響波信号とを合成した光音響波信号が取得される。

【 0 1 1 0 】

そして、ステップ S 2 において、ステップ S 2 3 の処理により取得された光音響波信号に基づいて、光音響波フレームデータ LD が構築される。その後、上記第 1 実施形態と同様に、ステップ S 3 ~ ステップ S 6 の処理が行われる。この結果、第 3 実施形態においても、超音波画像化装置 1 0 において、光音響波画像が生成され、生成された光音響波画像がモニタ 1 1 に表示される。そして、ステップ S 2 1 に戻り、次の光音響波信号 ( 第 1 波長の光による光音響波信号 ) の取得が行われる。

【 0 1 1 1 】

なお、第 3 実施形態のその他の構成は、上記第 1 実施形態と同様である。

【 0 1 1 2 】

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。

【 0 1 1 3 】

第 3 実施形態では、上記のように、受信部 4 1 により受信された光音響波信号に基づいて変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置 1 0 に出力する信号変換部 2 4 2 を設ける。これにより、この第 3 実施形態においても上記第 1 実施形態と同様に、市場に流通する超音波画像化装置 1 0 において、装置本体のハードウェアを変更することなく、光音響画像化装置の機能を獲得して、光音響波画像を表示させることができる。

【 0 1 1 4 】

また、第 3 実施形態では、上記のように、第 1 波長の光による光音響波信号と、第 2 波長の光による光音響波信号との 2 つの光音響波信号に基づいて、変換信号を生成する信号処理部 2 7 1 を設ける。これにより、複数波長の光により複数の光音響波信号を得る構成においても、確実に変換信号を生成することができる。その結果、単一波長の光による光音響波信号に基づいて変換信号を生成する場合と比べて、被検体内のより多様な情報を含む変換信号を確実に生成することができる。

【 0 1 1 5 】

なお、第 3 実施形態のその他の効果は、上記第 1 実施形態と同様である。

【 0 1 1 6 】

( 第 4 実施形態 )

次に、図 1 4 を参照して、第 4 実施形態について説明する。この第 4 実施形態では、上記第 1 ~ 第 3 実施形態の構成とは異なり、光音響波信号変換機が光音響波信号変換部 3 4 0 として超音波プローブ 3 2 0 に内蔵され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。また、超音波プローブ 3 2 0 は、本発明の「光音響波信号変換機内蔵プローブ」の一例である。

【 0 1 1 7 】

本発明の第 4 実施形態による超音波 / 光音響波画像化システム 4 0 0 は、図 1 4 に示すように、超音波画像化装置 1 0 と、超音波プローブ 3 2 0 と、光源ユニット 3 0 とを備えている。超音波画像化装置 1 0 は、超音波プローブ 3 2 0 と直接的に接続されている。この第 4 実施形態では、超音波プローブ 3 2 0 は、受信部 4 1 および信号変換部 4 2 を含む光音響波信号変換部 3 4 0 が筐体内部に配置されている。

【 0 1 1 8 】

つまり、第 4 実施形態では、超音波プローブ 3 2 0 の筐体内部において、各検出素子 2

10

20

30

40

50

2による光音響波信号の検出と、検出された光音響波信号の受信部41による受信と、受信された光音響波信号の変換信号への信号変換部42による変換とが行われる。そして、超音波プローブ320から超音波画像化装置10に変換信号が出力される。

【0119】

なお、第4実施形態のその他の構成は、上記第1実施形態と同様である。

【0120】

第4実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

【0121】

第4実施形態では、上記のように、超音波プローブ320に、受信部41により受信された光音響波信号に基づいて変換信号を生成し、生成された変換信号を超音波画像化装置10に出力する信号変換部42を含む光音響波信号変換部340を設ける。これにより、この第4実施形態においても上記第1実施形態と同様に、市場に流通する超音波画像化装置10において、装置本体のハードウェアを変更することなく、光音響波画像化装置の機能を獲得して、光音響波画像を表示させることができる。また、光音響波信号変換機としての光音響波信号変換部340が超音波プローブ320に内蔵されているので、光音響波信号変換機を超音波プローブ320と一体型の装置として構成をより簡素化することができる。

10

【0122】

なお、第4実施形態のその他の効果は、上記第1実施形態と同様である。

【0123】

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。

20

【0124】

たとえば、上記第1～第4実施形態では、デジタル信号としての光音響波信号を、変換信号に変換するように変換機40(140、240)および光音響波信号変換部340を構成した例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、アナログ信号としての光音響波信号を変換信号に変換するように変換機を構成してもよい。

【0125】

また、上記第1～第4実施形態では、第1信号経路81と第2信号経路82とを選択的に切り替えるための切替部43を設け、光音響波信号の検出と超音波信号の検出とを切替可能に変換機40(140、240)および光音響波信号変換部340を構成した例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、第2信号経路82を設けることなく、第1信号経路81により光音響波信号の変換のみを行うように変換機を構成してもよい。この場合、超音波信号の検出は、超音波画像化装置10と超音波プローブ20とを直接的に接続して行えばよい。

30

【0126】

また、上記第1～第4実施形態では、変換機40(140、240)および光音響波信号変換部340に、光源ユニット30(230)を駆動するための光源駆動部44(244)を設けた例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、変換機に光源駆動部を設けなくともよい。この場合、光源駆動部を光源ユニットに設けてもよいし、別個の装置として設けてもよい。

40

【0127】

また、上記第1～第4実施形態では、変換機40(140、240)および光音響波信号変換部340に、振幅調整部73を設けた例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、変換機に振幅調整部を設けなくともよい。この場合、超音波画像化装置10において、振幅が調整されればよい。

【0128】

また、上記第2実施形態では、受信部141に、N個の検出素子22に対して、N/2

50

個の増幅部 1 6 1 と、 $N / 2$  個の A / D 変換部 1 6 2 とを設けた例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、受信部に、 $N$  個の検出素子 2 2 に対して、 $N / 3$  個や、 $N / 4$  個など、 $N / 2$  個以外の数の増幅部と A / D 変換部とを設けてもよい。この場合、 $N$  個の光音響波信号を、対応する回数に分割して受信部により受信すればよい。

【 0 1 2 9 】

また、上記第 3 実施形態では、信号変換部 2 4 2 に、第 1 波長の光による光音響波信号と、第 2 波長の光による光音響波信号との 2 つの光音響波信号に基づいて、変換信号を生成する信号処理部 2 7 1 を設けた例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、光源ユニットが 3 つ以上の波長の光を照射可能に構成されている場合には、3 つ以上の波長の光による光音響波信号に基づいて、変換信号を生成するように信号処理部を構成してもよい。

10

【 0 1 3 0 】

また、上記第 1 ~ 第 3 実施形態では、説明の便宜上、本発明の信号処理部 7 1 ( 1 7 1 、 2 7 1 ) の処理を処理フローに沿って順番に処理を行うフロー駆動型のフローチャートを用いて説明したが、本発明はこれに限られない。本発明では、信号処理部 7 1 ( 1 7 1 、 2 7 1 ) の処理動作を、イベントごとに処理を実行するイベント駆動型 ( イベントドリブン型 ) の処理により行ってもよい。この場合、完全なイベント駆動型で行ってもよいし、イベント駆動およびフロー駆動を組み合わせてもよい。

【 符号の説明 】

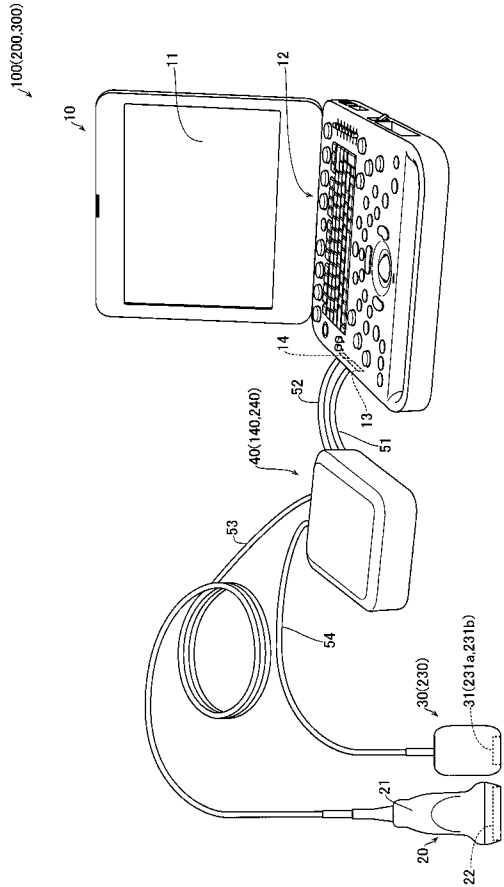
【 0 1 3 1 】

- 1 0 超音波画像化装置
- 2 0、3 2 0 超音波プローブ
- 3 0、2 3 0 光源ユニット
- 3 1、2 3 1 a、2 3 1 b 光源
- 4 0、1 4 0、2 4 0 光音響波信号変換機
- 4 1、1 4 1 受信部
- 4 2、1 4 2、2 4 2 信号変換部
- 4 3 切替部
- 4 4、2 4 4 光源駆動部
- 6 1、1 6 1 増幅部
- 6 2、1 6 2 アナログデジタル変換部
- 7 1、1 7 1、2 7 1 信号処理部
- 7 2 デジタルアナログ変換部 ( 信号調整部 )
- 7 3 振幅調整部 ( 信号調整部 )
- 8 1 第 1 信号経路
- 8 2 第 2 信号経路
- 1 0 0、2 0 0、3 0 0、4 0 0 超音波 / 光音響波画像化システム
- 3 4 0 光音響波信号変換部 ( 光音響波信号変換機 )

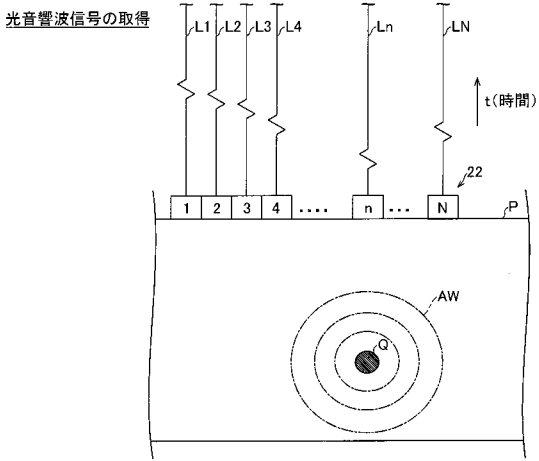
20

30

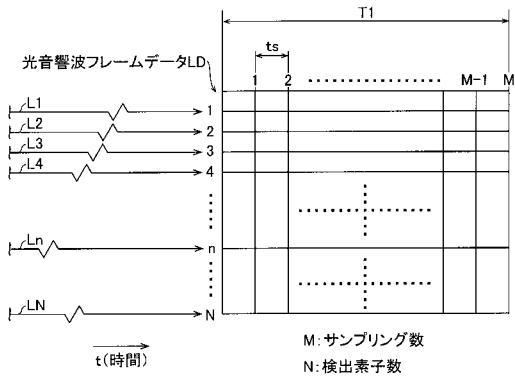
【 図 1 】



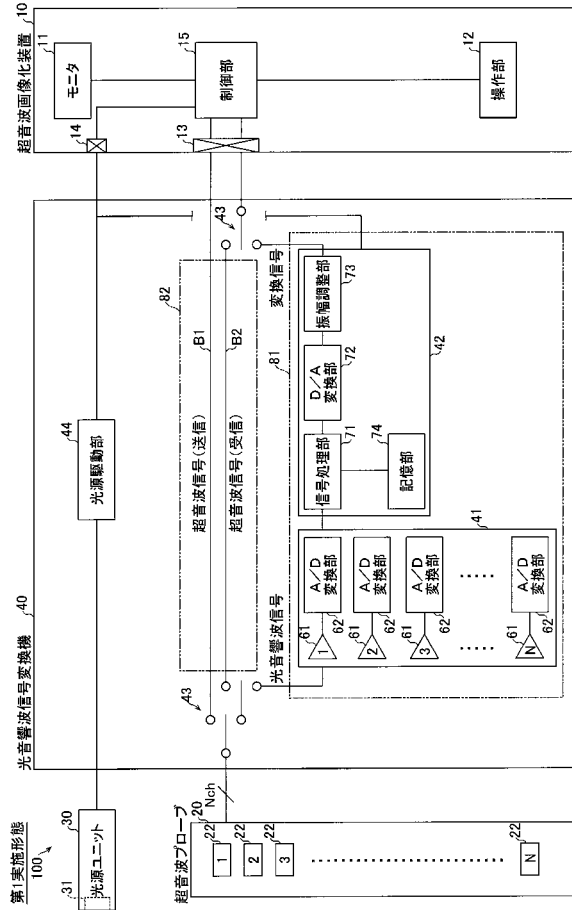
【 図 3 】



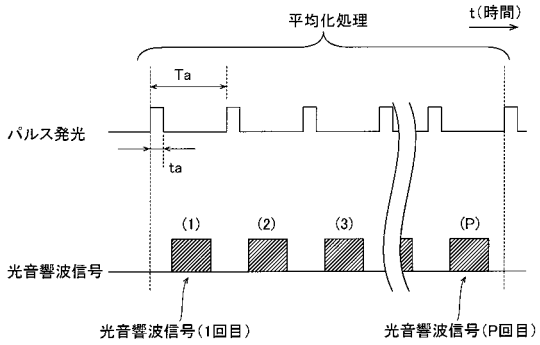
【 図 4 】



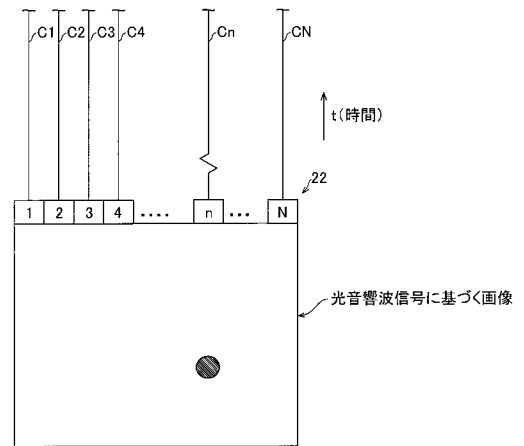
【 図 2 】



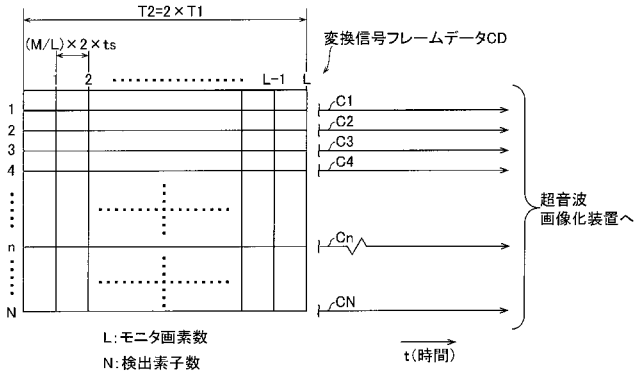
【 図 5 】



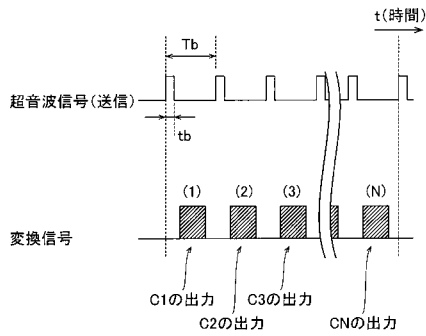
【 図 6 】



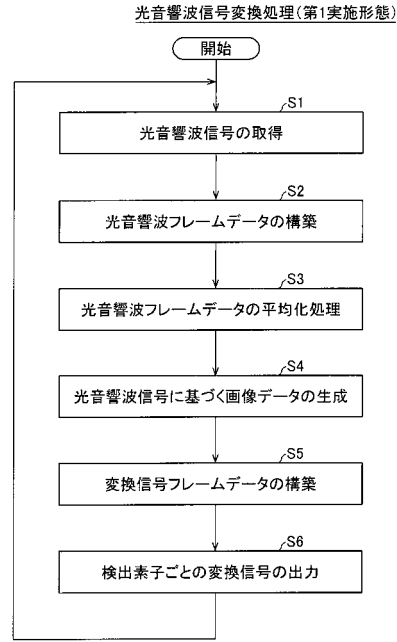
【 図 7 】



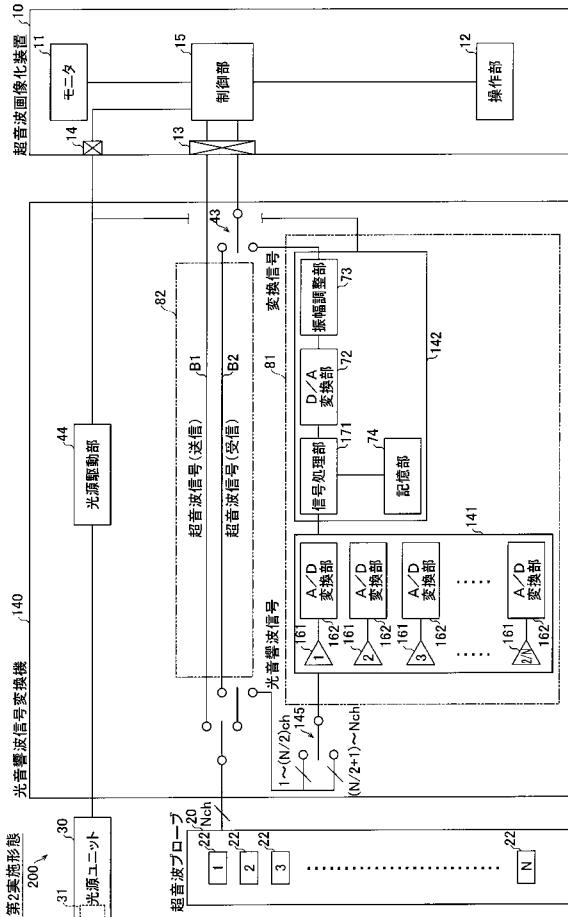
【 図 8 】



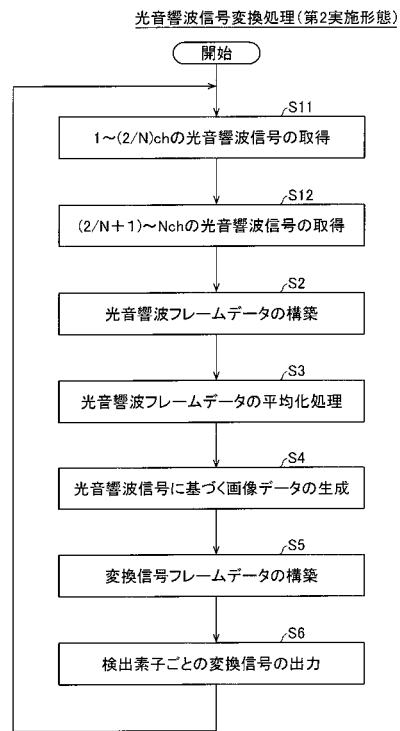
【 図 9 】



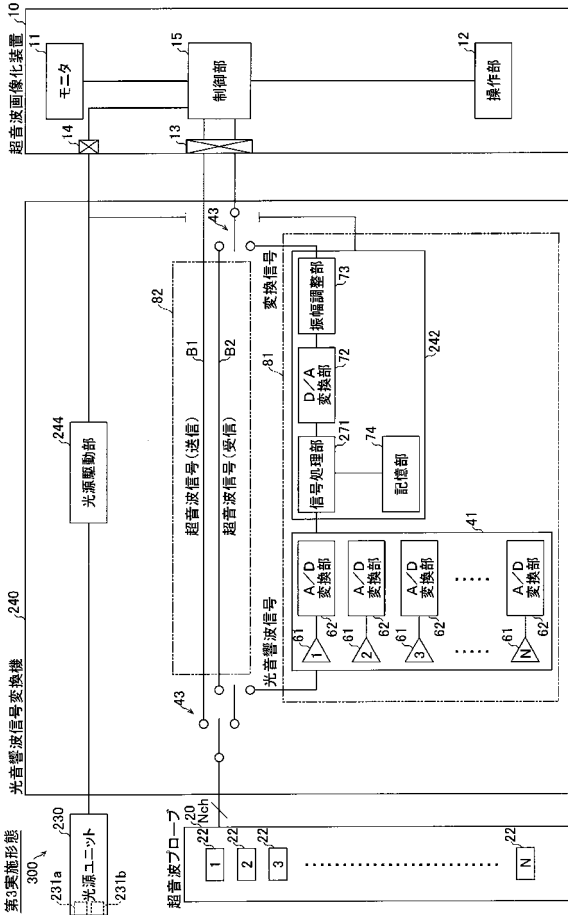
【 図 10 】



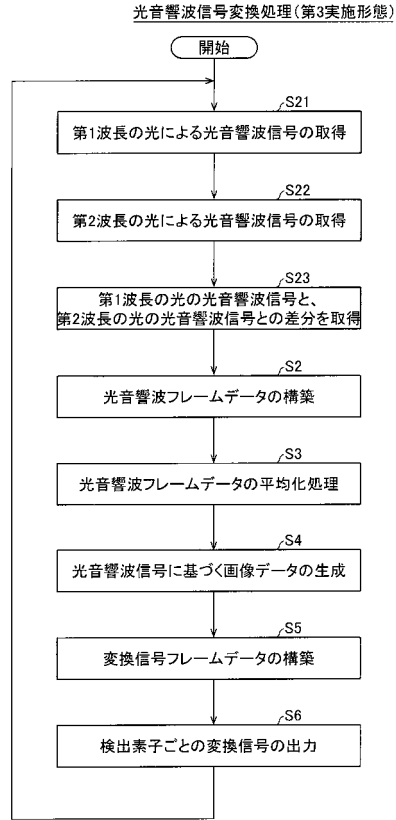
【 図 11 】



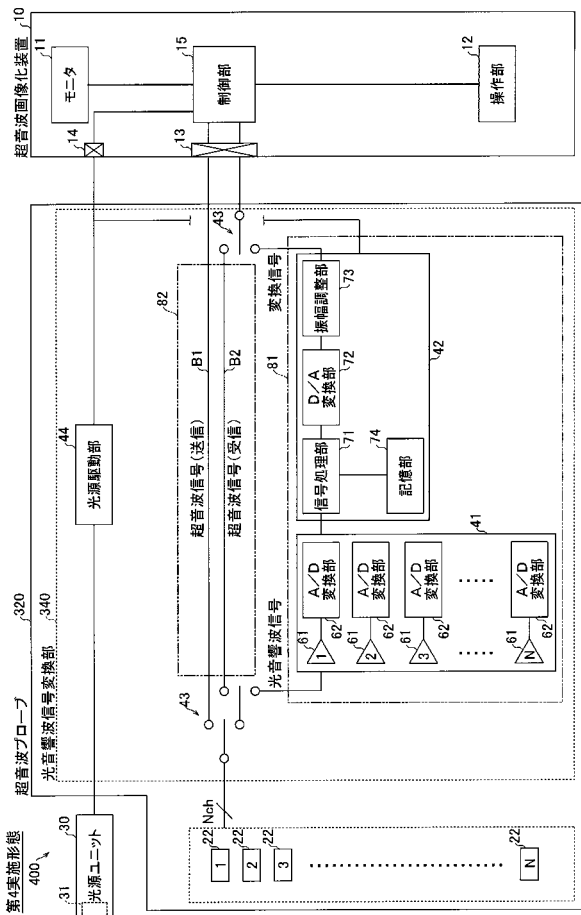
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



|                |   |         |            |
|----------------|---|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 光声波信号转换器和光声波信号转换器内置探头   |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP2016077447A</a>   | 公开(公告)日 | 2016-05-16 |
| 申请号            | JP2014210719  | 申请日     | 2014-10-15 |
| [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         | 阿賀野俊孝   |         |            |
| 发明人            | 阿賀野 俊孝  |         |            |
| IPC分类号         | A61B8/00  |         |            |
| CPC分类号         | A61B5/7271 A61B5/0095 A61B5/7225 A61B8/44 A61B8/4411 A61B8/4416 A61B8/463 A61B8/5207 A61B8/5246 A61B2562/0204 A61B2562/0233 |         |            |
| FI分类号          | A61B8/00 A61B8/13   |         |            |
| F-TERM分类号      | 4C601/DE16 4C601/EE12 4C601/EE30 4C601/GA40 4C601/GB04 4C601/HH38 4C601/JB47 4C601/JB48 4C601/JC21 4C601/KK24 4C601/LL40    |         |            |
| 其他公开文献         | JP6166708B2   |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>   |         |            |

摘要(译)

为了提供在市场上流通的超声成像装置，而无需改变装置主体的硬件，获得了光声成像装置的特征，有可能基于该光声波信号，以显示图像提供的光声波信号转换器。解决方案：该光声波信号转换器40包括接收部分41，用于接收从已经吸收光并由超声探头20检测到的被检体P中的检测对象Q产生的光声波信号，基于接收单元41接收的光声波信号，产生与超声波探头20接收超声波时的超声波信号对应的转换信号，信号转换单元42将所生成的转换信号输出到超声波成像装置10。

