

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3842089号
(P3842089)

(45) 発行日 平成18年11月8日(2006.11.8)

(24) 登録日 平成18年8月18日(2006.8.18)

(51) Int. Cl. F I
A 6 1 B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2001-262128 (P2001-262128)	(73) 特許権者	390029791 アロカ株式会社 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
(22) 出願日	平成13年8月30日(2001.8.30)	(74) 代理人	100075258 弁理士 吉田 研二
(65) 公開番号	特開2003-70784 (P2003-70784A)	(74) 代理人	100096976 弁理士 石田 純
(43) 公開日	平成15年3月11日(2003.3.11)	(72) 発明者	内藤 みわ 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロカ株式会社内
審査請求日	平成15年5月19日(2003.5.19)	審査官	右▲高▼ 孝幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

設定された超音波の送信条件に基づいて、単位時間あたりにプローブから送信される超音波パワーとしてのトータルパワーを算出するトータルパワー算出部と、

超音波の送信開始から所定時間が経過した時点における単位トータルパワー当たりのプローブ表面温度の推定上昇分を駆動周波数ごとに温度上昇係数として格納したテーブルを有し、設定された駆動周波数に対応した温度上昇係数を前記テーブルから求める係数算出部と、

前記算出されたトータルパワーと前記求められた温度上昇係数に基づいて、前記トータルパワーに応じたプローブ表面温度の推定上昇分を推定温度上昇分として演算する推定温度上昇分演算部と、

前記演算された推定温度上昇分が、プローブ表面温度の上昇分における安全温度条件を満たしているか否かを判定する判定部と、

前記判定部の判定結果に応じて、前記送信条件のうち少なくとも1つのパラメータを再設定する送信条件可変部と、

を含み、

これにより、膨大な数の送信条件のパラメータの組み合わせが一旦トータルパワーに換算統合され、このトータルパワーを基礎情報として、プローブ表面温度の推定上昇分である前記推定温度上昇分が演算される、

ことを特徴とする超音波診断装置。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、

前記テーブルは、前記駆動周波数ごとに加えて前記プローブの種類ごとに前記温度上昇係数を格納し、前記係数算出部は、前記設定された駆動周波数に加えて設定されたプローブの種類に応じた前記温度上昇係数を前記テーブルから求めることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、

前記推定温度上昇分演算部は、複数の診断モードに対応する複数の推定温度上昇分演算式の中から選択された診断モードに対応する演算式を選択して、前記推定温度上昇分を演算することを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 4】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、

前記トータルパワー算出部は、駆動電圧の 2 乗とバースト波数との積に対する単位 P R F 時のトータルパワーのグラフに基づいて、単位時間あたりにプローブから送信される超音波パワーとしてのトータルパワーを算出する、
ことを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

20

本発明は、超音波診断装置に関し、特に、プローブ表面温度を調整する機能を有する超音波診断装置に関する。

【0002】**【従来の技術】**

生体への超音波診断における安全規格上、超音波の送信開始後 30 分経過時におけるプローブ表面温度の温度上昇分の上限が定められている。この安全規格を遵守するために、30 分後の温度上昇分がこの上限を下回るように超音波の送信パワーを制御する必要がある。そこで、例えば、送信開始後に送信パワーを段階的にダウンさせる制御をした場合には、感度やゲイン等が段階的に変化してしまい、場合によっては計測上支障が生じる。したがって、30 分後の温度上昇分を見越して、送信開始時点から送信パワーの制御を行う必要

30

【0003】

ここで、30 分経過時点におけるプローブ表面温度は、プローブの種類、フォーカス位置、診断モード、ビーム走査条件、駆動周波数、バースト波数、送信繰り返し周波数 (P R F) 等の極めて様々な条件に依存し、また特に送信電圧にも依存する。送信パワーを制限する場合には、例えば、これらのパラメータのうち送信電圧を下げる手法が一般的である。

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

送信開始時点において送信パワーを適切に設定するために、例えば、多種のパラメータの各組み合わせごとに、上記の安全温度条件を満たす送信電圧の値をテーブル化しておき、実際に設定された送信条件の内容に応じて、このテーブルを利用して送信電圧を決定することも可能である。しかしながら、極めて様々なパラメータが存在するため、その組み合わせの数は膨大な値となり、それに対応するために非常に大きなテーブルを構成する必要があり、装置のコスト面での問題が生じていた。

40

【0005】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、その目的は、非常に大きなテーブルを必要とせず安全性の高い超音波診断装置を実現することにある。また、本発明の他の目的は、安全規格を遵守する機能を簡易な構成により達成する超音波診断装置を提供することにある。

50

【 0 0 0 6 】

【 課題を解決するための手段 】

上記課題を達成するために、本発明は、設定された超音波の送信条件に基づいて、単位時間あたりにプローブから送信される超音波パワーとしてのトータルパワーを算出するトータルパワー算出部と、超音波の送信開始から所定時間が経過した時点における単位トータルパワー当たりのプローブ表面温度の推定上昇分を駆動周波数ごとに温度上昇係数として格納したテーブルを有し、設定された駆動周波数に対応した温度上昇係数を前記テーブルから求める係数算出部と、前記算出されたトータルパワーと前記求められた温度上昇係数に基づいて、前記トータルパワーに応じたプローブ表面温度の推定上昇分を推定温度上昇分として演算する推定温度上昇分演算部と、前記演算された推定温度上昇分が、プローブ表面温度の上昇分における安全温度条件を満たしているか否かを判定する判定部と、前記判定部の判定結果に応じて、前記送信条件のうち少なくとも1つのパラメータを再設定する送信条件可変部と、を含み、これにより、膨大な数の送信条件のパラメータの組み合わせが一旦トータルパワーに換算統合され、このトータルパワーを基礎情報として、プローブ表面温度の推定上昇分である前記推定温度上昇分が演算される、ことを特徴とする。

10

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、複数のパラメータがトータルパワーという情報に一旦換算統合される。このトータルパワーと求められた温度上昇係数とに基づいて、推定温度上昇分が演算され、安全温度条件を満たしているかが判定される。その判定結果に応じてパラメータが再設定される。望ましくは、推定温度上昇分が安全温度条件を満たすまでこのパラメータの調整が繰り返され、これにより、パラメータが適切な値に追い込まれる。つまり、膨大な数のパラメータの組み合わせが一旦トータルパワーに換算統合されて扱われ、トータルパワーを基礎情報として推定温度上昇分の演算を行うので、複雑な演算を必要としない。また、従来のように、あらかじめ膨大なデータを格納するためのテーブルを必要としない。

20

【 0 0 0 8 】

本発明の好適な態様では、前記テーブルは、前記駆動周波数ごとに加えて前記プローブの種類ごとに前記温度上昇係数を格納し、前記係数算出部は、前記設定された駆動周波数に加えて設定されたプローブの種類に応じた前記温度上昇係数を前記テーブルから求めることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

また、本発明の好適な態様では、前記推定温度上昇分演算部は、複数の診断モードに対応する複数の推定温度上昇分演算式の中から選択された診断モードに対応する演算式を選択して、前記推定温度上昇分を演算することを特徴とする。さらに好適な態様では、前記トータルパワー算出部は、駆動電圧の2乗とバースト波数との積に対する単位PRF時のトータルパワーのグラフに基づいて、単位時間あたりにプローブから送信される超音波パワーとしてのトータルパワーを算出することを特徴とする。

30

【 0 0 1 0 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の好適な実施の形態（以下、実施形態という）について、図面を参照しながら説明する。なお、本実施形態では、調整される送信条件のパラメータが、超音波を送信するためにプローブに供給される駆動電圧である場合を例にとって説明する。

40

【 0 0 1 1 】

図1は、本発明に係る超音波診断装置の概略的な構成を示す機能ブロック図である。この超音波診断装置は、プローブ10と、これにケーブルを介して接続された装置本体12とから構成される。本実施形態の超音波診断装置では、複数のプローブ10の中から診断目的等に合わせて適宜プローブ10を選択し、交換することができる。

【 0 0 1 2 】

プローブ10は、被検体に対して超音波を送受信して超音波ビームを形成し、電気信号としての受信信号を装置本体12に出力する。

【 0 0 1 3 】

50

制御部 16 は、超音波の送受信の際に利用される、プローブ 10 の種類、プローブ 10 の駆動電圧、診断モード、フォーカス位置、バースト波数、PRF 等の送信条件のパラメータを設定する。なお、ユーザーが入力すべきパラメータは入力部 14 から入力され、設定される。設定された送信条件に関する情報が送信部 20 に入力される。

【0014】

送信部 20 は、入力された送信条件に基づいて、プローブ 10 に送信信号を供給してプローブ 10 から超音波を送信させる。

【0015】

受信部 22 は、プローブ 10 から出力される受信信号に対して所定の信号処理を行い、画像形成部 24 に出力する。画像形成部 24 は、信号処理後の受信信号に基づいて、設定された診断モードの超音波画像を形成し、表示部 26 に表示する。

10

【0016】

駆動電圧調整ユニット 18 は、プローブ 10 の表面温度の上昇分に関する安全規格を遵守するために、送信条件のうちプローブ 10 の駆動電圧を調整する。本実施形態では、超音波の送信に先立ってこの調整を行うが、超音波の送信と平行して調整されてもよい。

【0017】

駆動電圧調整ユニット 18 の構成に関して、図 2 を参照しながら更に説明する。図 2 は、制御部 16 と駆動電圧調整ユニット 18 の概略的な構成を示す機能ブロック図であり、駆動電圧の調整動作を説明する図である。なお、制御部 16 は、駆動電圧や PRF 等の送信条件 28 のパラメータをメモリのデータとして有している。制御部 16 は、駆動電圧調整ユニット 18 におけるトータルパワー算出部 30、係数算出部 32、及び推定温度上昇分演算部 34 に所定のパラメータを渡す。

20

【0018】

トータルパワー算出部 30 は、トータルパワー W_0 を算出する機能を有する。ここで、トータルパワーとは、単位時間あたりにプローブ 10 から送信される超音波パワーである。トータルパワー算出部 30 は、データ格納部 36 と、トータルパワー計算部 38 とから構成されている。

【0019】

データ格納部 36 には、トータルパワー W_0 を算出するために必要なデータが格納されている。まず、このデータについて説明する。PRF が 1 kHz の超音波が送信された場合、駆動電圧 V (v) の 2 乗とバースト波数 B (n) との積をグラフの横軸にとり、そのときのトータルパワー (1 KHz トータルパワー) $W_{1\text{KHz}}$ (mW) の実測値を縦軸にとると、その実測値は、図 3 のようにプロットされる。ここで、図 3 に示される直線 L は、これらの実測値から最小二乗法によって得られた直線である。この直線 L は、プローブ 10 の種類、駆動周波数及びフォーカス位置ごとに異なる。

30

【0020】

データ格納部 36 は、プローブ 10 の種類ごとに、各プローブ 10 で利用されるそれぞれの駆動周波数及びフォーカス位置における直線 L の傾き a (第 1 定数) 及び切片 b (第 2 定数) の値を格納している。したがって、制御部 16 からデータ格納部 36 に、プローブ 10 の種類、駆動周波数、及びフォーカス位置のパラメータが入力されると、それらに対応する第 1 定数 a 及び第 2 定数 b の値をトータルパワー計算部 38 に出力する。

40

【0021】

トータルパワー計算部 38 は、トータルパワー W_0 を算出する以下の演算式を格納している。トータルパワー W_0 の算出にあたっては、この演算式を利用することが望ましいが、他の演算式を利用してもよい。

【0022】

【数 1】

$$\begin{aligned} W_0 &= W_{1\text{KHz}} \times \text{PRF} / 1000 \\ &= \{a \times (V^2 \times B) + b\} \times \text{PRF} / 1000 \end{aligned} \quad (1)$$

50

トータルパワー計算部 38 には、制御部 16 から駆動電圧 V 、バースト波数 B 及び PRF が入力され、また、データ格納部 36 からそのときの送信条件に対応する第 1 定数 a 及び第 2 定数 b が入力される。トータルパワー計算部 38 は、上記第 (1) 式からトータルパワー W_0 を算出し、推定温度上昇分演算部 34 に出力する。

【0023】

一方、係数算出部 32 には、テーブル格納部 40 が設けられている。このテーブル格納部 40 には、上昇温度係数 t を算出するためのテーブルが格納されている。先ず、テーブルに格納されているデータについて図 4 を参照しながら説明する。

【0024】

単位トータルパワー 1 (mW) の超音波を送信し、30 分経過後のプローブ表面温度の上昇分を実測したところ、そのときの駆動周波数 f (MHz) に依存することが実験によって確認されている。ここで、この実測値は、プローブ 10 の種類によって異なる値をとる。各プローブ種類ごとの駆動周波数に対する単位トータルパワー当たりの表面温度上昇分 (温度上昇係数) t を図 4 に示す。

10

【0025】

テーブル格納部 40 には、駆動周波数 f から温度上昇係数 t を求めるテーブルがプローブ 10 の種類ごとに格納されている。なお、プローブ 10 で利用される駆動周波数 f の値は、プローブ 10 ごとに数種類に定められており、このテーブルには、その利用される分だけの駆動周波数 f に関するデータが格納されている。なお、プローブ 10 を空中に放置している状態や生体に接触させている状態等ごとに、さらに温度上昇係数 t が分けさ

20

【0026】

制御部 16 から係数算出部 32 に、プローブ 10 の種類及び駆動周波数のパラメータが入力されると、それらに対応する温度上昇係数 t がテーブル格納部 40 から読み出され、求められる。求められた温度上昇係数 t は、推定温度上昇分演算部 34 に出力される。

【0027】

推定温度上昇分演算部 34 は、超音波の送信開始から 30 分経過後のプローブ 10 の表面温度における推定上昇分 (推定温度上昇分) est_T を演算する。ここで、推定温度上昇分 est_T を算出するための演算式 (推定温度上昇分演算式) は、超音波ビームを走査するスキャンモード (Bモード、カラーフローマッピングモード等) と、ビーム走査をしないノンスキャンモード (Mモード、Dモード等) とで異なる。ノンスキャンモードにおける演算式は、次のように示される。

30

【0028】

【数 2】

$$est_T = W_0 \times t \quad (2)$$

また、スキャンモードにおける演算式は、実験や経験等によって求められる。ここでは、次の式で表わす。

【0029】

【数 3】

$$est_T = F(W_0, t, x, \dots) \quad (3)$$

40

第 (3) 式は、トータルパワー W_0 及び温度上昇係数 t に依存するとともに、例えば、プローブ 10 の最大開口幅、超音波ビームを形成する際の開口幅、走査開口幅等に依存する。またこの演算式には補正值等が含まれている。

【0030】

推定温度上昇分演算部 34 にはモード判別部 42 が設けられており、制御部 16 から診断モードが入力されると、その診断モードがスキャンモードであるかノンスキャンモードであるかを判別する。推定温度上昇分演算部 34 は、モード判別部 42 による判別結果に基づいて演算式を選択し、入力されたトータルパワー W_0 と温度上昇係数 t とから、推定温度上昇分 (以下、推定値という) est_T を算出する。このとき、推定温度上昇分演算部 34 には、制御部 16 からスキャンモードの演算式を求めるのに必要なパラメータが

50

入力され、必要に応じて利用される。なお、制御部16が、スキャンモードかノンスキャンモードであるかの判別を行い、ノンスキャンモードである場合において、必要なパラメータを推定温度上昇分演算部34に出力する構成であってもよい。算出された推定値 $est\ T$ は、判定部44に出力される。

【0031】

判定部44は、入力された推定値 $est\ T$ が安全温度条件を満たしているか否かを判定する。ここで、上述したように、生体への安全規格上、超音波の送信開始後30分経過後におけるプローブ10の表面温度の上昇分の上限(制限値 $lim\ T$)が定められている。安全温度条件とは、送信開始後から30分経過後の温度上昇分が、この制限値を下回ることをいう。判定部44には、この制限値 $lim\ T$ が格納されている。なお、この判定部44が、例えば、ユーザーによって制限値 $lim\ T$ をより厳しい値に設定することができる構成を有していてもよい。本実施形態では、この制限値 $lim\ T$ は、スキャンモードとノンスキャンモードの区別によらず共通の値である。しかし、必要に応じて異なる値を用いる構成であってもよい。判定部44は、この制限値 $lim\ T$ と、入力された推定値 $est\ T$ とを比較し、推定値 $est\ T$ が制限値 $lim\ T$ を上回っているか否かを判定する。その判定結果は、送信条件可変部としての駆動電圧調整部46に出力される。

10

【0032】

駆動電圧調整部46は、入力された判定結果に基づいて、駆動電圧Vの調整に関する調整信号、或いは駆動信号Vの確定に関する確定信号を制御部16に対して出力する。これらの信号についてさらに詳述する。

20

【0033】

判定の結果、推定値 $est\ T$ が制限値 $lim\ T$ を上回っている場合、現在の超音波の送信条件28では、安全温度条件が満たされないことになる。この場合には、駆動電圧調整部46は、駆動電圧Vを1ステップ下げさせる調整信号を出力する。制御部16では、例えば、駆動電圧Vを刻むステップ(刻み)のデフォルトとして数ボルトが設定されており、制御部16に調整信号が入力されることによって、1ステップだけ電圧を下げた駆動電圧Vが再設定される。なお、駆動電圧Vの刻みを変えることができる構成であってもよい。再設定された駆動電圧Vは、トータルパワー算出部30に出力され、上記と同様の演算処理に従って、この駆動電圧Vにおける推定値 $est\ T$ が演算され、判定される。このようにして、判定結果が安全温度条件を満たすまで、上記演算処理が繰り返し行われ、駆動電圧Vが徐々に下げられる。

30

【0034】

一方、判定の結果、推定値 $est\ T$ が制限値 $lim\ T$ 以下の場合、このときの駆動電圧Vは温度に関する安全規格を満たしている。したがって、駆動電圧調整部46は、このときの駆動電圧Vを実際に超音波を送信する際の駆動電圧として確定させる調整信号を制御部16に出力する。制御部16は、このときの駆動電圧Vを含む送信条件28を図1に示す送信部20に出力する。これによって、温度に関する安全規格を満たす送信パワーの超音波がプローブ10から送信される。

【0035】

以上により、超音波の送信パワーが温度に関する安全規格を満たすような駆動電圧Vが試行錯誤的に調整され、最適な値に確定される。

40

【0036】

本実施形態では、データ格納部36は、各プローブ10の種類ごとに、第1定数a及び第2定数bの二つのデータのみが格納されていればよいので、データ容量の軽減が実現される。

【0037】

また、米国においては、超音波が生体に及ぼす発熱作用に関するサーマルインデックスTIを表示させる必要があり、この算出にトータルパワーW0を必要とする。したがって、サーマルインデックスTIの表示機能を有する超音波診断装置であれば、サーマルインデ

50

ックSTI算出用の機能を流用し、駆動電圧を調整することができ、従来に比べて、送信条件の調整のための演算量を少なくすることができ、また、装置自体の構成を容易にすることができる。

【0038】

【発明の効果】

本発明によれば、非常に大きなテーブルを必要とせずに安全性の高い超音波診断装置を実現することができる。また、本発明によれば、温度に関する安全規格を遵守する機能を簡易な構成により達成する超音波診断装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る超音波診断装置の概略的な構成を示す機能ブロック図である。

10

【図2】 制御部と駆動電圧調整ユニット部の概略的な構成を示す機能ブロック図であり、駆動電圧の調整動作を説明する図である。

【図3】 駆動電圧の2乗とバースト波数との積と、PRF 1kHzにおけるトータルパワーとの関係を示すグラフである。

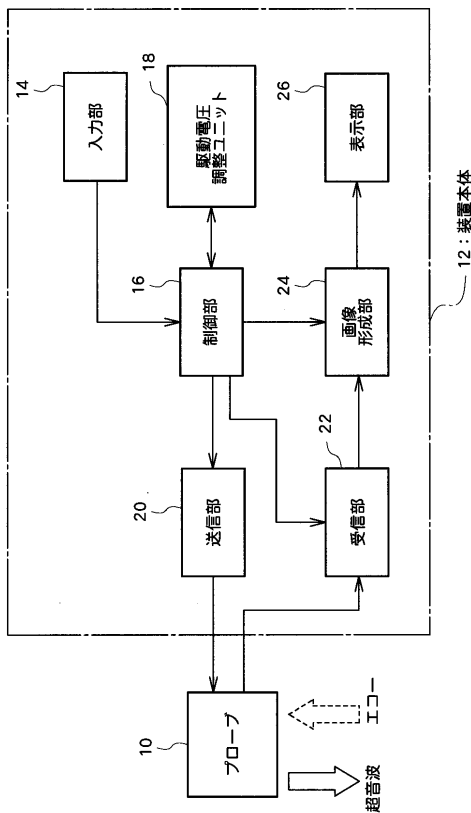
【図4】 各プローブごとの駆動周波数に対する単位トータルパワー当たりの表面温度上昇分を示したグラフである。

【符号の説明】

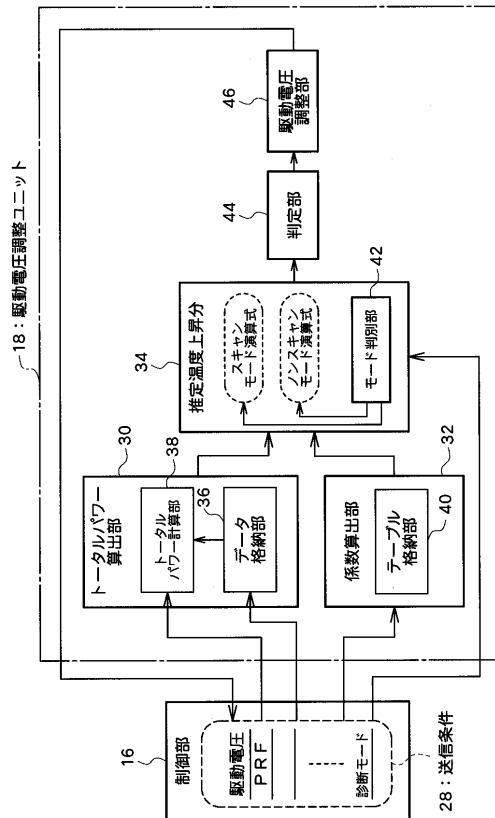
10 プローブ、12 装置本体、16 制御部、18 駆動電圧調整ユニット、28 送信条件、30 トータルパワー算出部、32 係数算出部、34 推定温度上昇分演算部、36 データ格納部、38 トータルパワー計算部、40 テーブル格納部、42 モード判別部、44 判定部、46 駆動電圧調整部。

20

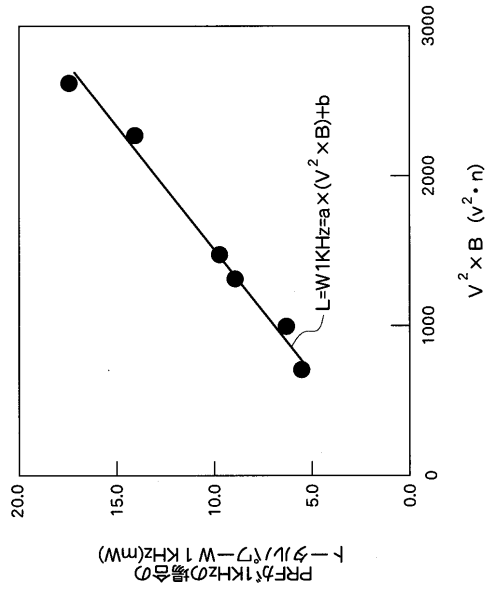
【図1】



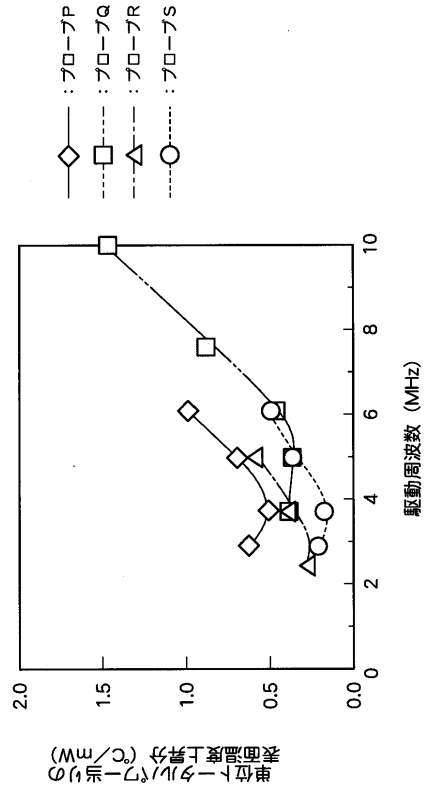
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平7 - 31614 (J P , A)

特開平9 - 519 (J P , A)

特開2000 - 5165 (J P , A)

Junru Wu et al , Temperature elevation in tissues generated by finite-amplitude tone bursts of ultrasound , The Journal of the Acoustical Society of America , 1990年 9月 , vol.88, no.3, pp.1562-1577

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

A61B 8/00

