

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4688213号  
(P4688213)

(45) 発行日 平成23年5月25日(2011.5.25)

(24) 登録日 平成23年2月25日(2011.2.25)

(51) Int.Cl.	F I
<b>A 6 1 B</b> 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 8/00
<b>G 0 1 N</b> 29/24 (2006.01)	G 0 1 N 29/24 5 0 2
<b>H 0 4 R</b> 17/00 (2006.01)	H 0 4 R 17/00 3 3 2 A
	H 0 4 R 17/00 3 3 0 H

請求項の数 14 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2005-514405 (P2005-514405)  
 (86) (22) 出願日 平成16年9月24日 (2004. 9. 24)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2004/013949  
 (87) 国際公開番号 W02005/032374  
 (87) 国際公開日 平成17年4月14日 (2005. 4. 14)  
 審査請求日 平成19年8月13日 (2007. 8. 13)  
 (31) 優先権主張番号 特願2003-344512 (P2003-344512)  
 (32) 優先日 平成15年10月2日 (2003. 10. 2)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153498  
 株式会社日立メディコ  
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号  
 (74) 代理人 100098017  
 弁理士 吉岡 宏嗣  
 (72) 発明者 押木 光博  
 日本国千葉県鎌ヶ谷市西佐津間1-17-  
 21 クールドパワー1  
 02  
 (72) 発明者 神田 浩  
 日本国埼玉県所沢市緑町4-15-4  
 (72) 発明者 篠村 隆一  
 日本国埼玉県東松山市沢口町9-12

審査官 後藤 順也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子、超音波撮像装置および超音波撮像方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

駆動信号を超音波に変換して被検体に送波すると共に、前記被検体から発生した超音波を受波して電気信号に変換する複数の振動子を配列してなる超音波探触子において、

前記各振動子は互いに間隔をあけて形成された複数の振動要素を有し、該各振動要素は、前記駆動信号に重畳して印加される直流バイアスの大きさに応じて電気機械結合係数が変化する特性を有し、前記直流バイアスの大きさに応じた電気機械結合係数に基づいて前記駆動信号を超音波に変換するものであり、前記複数の振動要素は、少なくとも短軸方向に複数の組に分けられ、同じ組に属する複数の前記振動要素の電極には、組単位で異なる前記直流バイアスが印加され、

前記各組に属する前記振動要素の数は、前記短軸方向の中心に向うにつれて前記組単位で多くなることを特徴とする超音波探触子。

【請求項2】

請求項1に記載の超音波探触子において、

前記各振動子の複数の振動要素は、長軸方向に複数の組に分けられてなることを特徴とする超音波探触子。

【請求項3】

駆動信号を超音波に変換して被検体に送波すると共に、前記被検体から発生した超音波を受波して電気信号に変換する複数の振動子を配列してなる超音波探触子において、

前記各振動子は互いに間隔をあけて形成された複数の振動要素を有し、該各振動要素は

、前記駆動信号に重畳して印加される直流バイアスの大きさに応じて電気機械結合係数が変化する特性を有し、前記直流バイアスの大きさに応じた電気機械結合係数に基づいて前記駆動信号を超音波に変換するものであり、前記複数の振動要素は、少なくとも短軸方向に複数の組に分けられ、同じ組に属する複数の前記振動要素の電極には、組単位で異なる前記直流バイアスが印加され、

前記各振動子の複数の振動要素は、前記短軸方向及び長軸方向に均等間隔で配列して形成され、前記短軸方向及び前記長軸方向ともに、前記振動要素の数がそれぞれ等しい複数の組に分けられてなることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の超音波探触子において、

前記複数の振動要素の前記電極は、前記短軸方向及び前記長軸方向の前記各組単位でスイッチ手段を介して駆動信号電源に接続されてなることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の超音波探触子において、

前記振動要素は、半導体化合物を含んだ材料から形成されてなることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の超音波探触子と、該超音波探触子の前記振動要素に駆動信号を供給する送信手段と、前記振動要素から出力される電気信号を処理する受信手段と、前記受信手段から出力される信号に基づき超音波像を再構成する画像処理手段とを備え、前記駆動信号に重畳して前記直流バイアスを前記振動要素に印加するバイアス手段が前記各組単位で前記振動要素の前記電極に接続されてなることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の超音波撮像装置において、前記バイアス手段は、直流電源と、前記直流電源から与えられる直流バイアスを分割する分配手段と、該分配手段から供給される各直流バイアスを制御指令に応じて前記振動要素の電極に前記端子を介して印加するスイッチ手段を備えてなることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の超音波撮像装置において、前記バイアス手段は、短軸方向の中心に向うにつれて前記各振動要素の電気機械結合係数を大きくする直流バイアスを前記各振動要素に印加することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 9】

請求項 6 に記載の超音波撮像装置において、前記バイアス手段は、前記超音波探触子から撮像部位までの距離に応じて、直流バイアスを印加する前記振動要素を前記組単位で選択することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 10】

請求項 6 に記載の超音波撮像装置において、前記各振動要素から送波される超音波の信号強度を記憶する記憶手段と、前記信号強度に基づき前記各振動要素の電気機械結合係数を設定値に補正する指令を生成する補正制御手段を備え、前記バイアス手段は、前記補正指令に基づいて補正された直流バイアスを前記各振動要素に印加することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 11】

請求項 6 に記載の超音波撮像装置において、前記バイアス手段は、前記各振動要素から超音波を前記被検体に送波するときの前記各振動要素に印加する直流バイアスと、前記被検体から発生した超音波を前記各振動要素で受波するときの前記各振動要素に印加する直流バイアスとを切替えて前記各振動要素に印加することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 12】

請求項 6 に記載の超音波撮像装置において、前記バイアス手段は、超音波口径の中心に対して短軸方向又は長軸方向に対称に前記組単位で大きさに重みを付けた直流バイアスを

10

20

30

40

50

前記各振動要素に印加することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 13】

請求項 6 に記載の超音波撮像装置において、前記バイアス手段は、超音波口径の中心に対して短軸方向又は長軸方向に非対称に前記組単位で大きさに重みを付けた直流バイアスを前記各振動要素に印加することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 14】

超音波探触子に配列された各振動子を構成する互いに間隔をあけて形成された複数の振動要素に直流バイアスを印加して、前記各振動要素の電気機械結合係数を設定値に変化させる第 1 工程と、

前記直流バイア스에重疊させて駆動信号を前記各振動要素に供給し、前記直流バイアスの大きさに応じた電気機械結合係数に基づいて前記駆動信号を超音波に変換して被検体に送波させる第 2 工程と、

前記被検体から発生した超音波を前記各振動要素により受波して電気信号に変換し、該変換された電気信号に基づいて超音波像を再構成する第 3 工程を有し、

前記第 1 工程においては、前記各振動子の前記複数の振動要素を少なくとも短軸方向に複数の組に分け、かつ、各組に属する前記振動要素の数は前記短軸方向の中心に向うにつれて前記組単位で多くなるように分け、同じ組に属する複数の前記振動要素の電極には、前記組単位で異なる前記直流バイアスを印加することを特徴とする超音波撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検体の超音波像（例えば、診断画像）を撮像する超音波探触子、超音波撮像装置および超音波撮像方法に関する。

【0002】

超音波撮像装置は、被検体との間で超音波探触子により超音波ビームを送受し、超音波探触子から出力される電気信号に基づき超音波像を再構成する。超音波探触子は、電気信号と超音波とを相互に変換する振動子を複数配列して形成される。

【0003】

この超音波探触子の振動子は、水晶や圧電セラミックスなどの圧電材料から形成されるのが一般的であるから、圧電材料の製造工程等に起因して各振動子の幅が比較的大きなサイズ（例えば、数ミリメートル）になる。したがって、複数の振動子の相互間隔が大きくなり、超音波像の分解能（解像力）向上に一定の制限が生じる。

【0004】

そこで、製造方法を含め振動子の配列方向の幅を小さくして分解能を向上させることが要望されている。また、撮像部位と超音波探触子との距離に応じて超音波ビームの音圧を可変できる超音波探触子の開発が要望されている。

【0005】

また、超音波像の分解能は、超音波ビームの音圧分布に起因する焦点位置のビーム幅又は径（以下、ビーム幅と総称する。）に左右される。ビーム幅は、振動子の配列方向（以下、長軸方向という。）の幅や、長軸方向に直交する方向（以下、短軸方向という。）の幅により決められる。長軸方向のビーム幅を絞るときは、ダイナミックフォーカス処理が行われる。一方、短軸方向のビーム幅を絞るために、超音波探触子の超音波射出側に音響レンズを設けることや、各振動子の大きさや形状を互いに異ならせて形成し、超音波ビームの音圧分布を調整することが行われる（例えば、特許文献 1 参照）

【0006】

しかし、音響レンズを設ける方法や、振動子の大きさや形状を異ならせる方法によると、超音波ビームの音圧分布が固定されるため、ビーム幅や焦点位置を撮像時に可変することができない。したがって、ビーム幅や焦点位置が異なる複数の超音波探触子を準備し、各超音波探触子を撮像部位に応じて交換しなければならないため使い勝手が悪くなる。

【0007】

10

20

30

40

50

本発明の目的は、超音波像の分解能を向上させつつ使い勝手がよい超音波探触子及び超音波撮像装置を実現することにある。

【0008】

【特許文献1】特開平5-41899号公報

【発明の開示】

【0009】

本発明の超音波探触子は、駆動信号を超音波に変換して被検体に送波すると共に、被検体から発生した超音波を受波して電気信号に変換する複数の振動子を配列し、各振動子は複数の振動要素を有し、各振動要素は、駆動信号に重畳して印加される直流バイアスの大きさに応じて電気機械結合係数が変化する特性を有し、各振動要素の電極は駆動信号が供給される端子に接続されてなることを特徴とする。

10

【0010】

すなわち、直流バイアスの大きさに応じて電気機械結合係数が変化する振動要素は、圧電素子に比べて小さく形成できる。そのため、振動要素の間隔を比較的小さくして振動子を形成することができるから、振動子を細分化することと等価となり、超音波像の分解能を向上させることができる。

【0011】

特に、各振動要素に印加する直流バイアスの大きさをそれぞれ異ならせることにより、直流バイアスの大きさに応じて各振動要素から射出される超音波の強度が違ったものになる。したがって、各振動要素に印加する直流バイアスの大きさを制御することにより、超音波ビームの強度を可変したり、あるいは所望の音圧分布を持たせることができる。その結果、必要に応じて超音波ビームのビーム幅や焦点の深度方向及び方位方向の位置をリアルタイム（例えば、超音波診断中）に調整できるため、使い勝手が向上する。

20

【0012】

例えば、振動要素を短軸方向に並べて振動子を形成すれば、短軸方向が振動要素により細分化されることになり、超音波像の分解能を一層向上させることができると共に、短軸方向の音圧分布を制御して短軸方向のビーム幅及び焦点深度を任意に制御できる。

【0013】

この場合において、複数の振動要素を複数の組に分け、同じ組に属する各振動要素の電極を共通に接続することができる。これによれば、単一の振動要素から射出される超音波強度を考慮して、各組に属する振動要素の数を決めることにより、超音波像を撮像するのに必要な超音波強度を確保できる。

30

【0014】

また、複数の振動要素を短軸方向に複数の組に分け、同じ組に属する各振動要素の電極を共通に接続することができる。また、複数の振動要素を均等間隔にして振動子を形成し、振動要素の数がそれぞれ等しい複数の組に分け、同じ組に属する各振動要素の電極を共通に接続することができる。また、複数の振動要素を長軸方向に複数の組に分けてもよい。

【0015】

また、複数の振動要素を複数の組に分け、各組に属する振動要素の数を超音波口径の中心に向うにつれて組単位で多くし、同じ組に属する各振動要素の電極を共通に接続することができる。また、振動要素の電極に接続された端子は、スイッチ手段を介して電源に接続される。

40

【0016】

また、振動要素については、半導体化合物を含んだ材料から形成することができる。例えば、振動要素は、半導体基板と、半導体基板上に載置された半導体化合物からなる枠体と、枠体の開口を塞いで設けられ半導体化合物からなる膜体と、半導体基板と膜体に接続された電極を有して構成される。

【0017】

また、本発明の超音波撮像装置は、上記の超音波探触子と、超音波探触子の各振動要素

50

に駆動信号を供給する送信手段と、各振動要素から出力される電気信号を処理する受信手段と、受信手段から出力される信号に基づき超音波像を再構成する画像処理手段とを備え、駆動信号に重畳して直流バイアスを各振動要素に印加するバイアス手段が、振動要素の電極に端子を介して接続される構成とする。

【0018】

この場合において、バイアス手段は、直流電源と、直流電源から与えられる直流バイアスを分割する分配手段と、分配手段から出力する直流バイアスを制御指令に応じて振動要素の電極に端子を介して印加するスイッチ手段を備えることができる。

【0019】

また、複数の振動要素を複数の組に分け、組単位で大きさが異なる直流バイアスをバイアス手段により各振動要素に印加することができる。このとき、複数の振動要素を短軸方向に分けるのが望ましい。また、複数の振動要素を長軸方向に分け、組単位で大きさが異なる直流バイアスをバイアス手段により各振動要素に印加してもよい。また、超音波口径の中心に向うにつれて直流バイアスの大きさを組単位で大きくした直流バイアスをバイアス手段により各振動要素に印加することができる。また、短軸方向の中心に向うにつれて各振動要素の電気機械結合係数を大きくする直流バイアスをバイアス手段により各振動要素に印加することができる。また、複数の振動要素を複数の組に分け、超音波探触子から撮像部位までの距離に応じて、直流バイアスを印加する振動要素をバイアス手段により組単位で選択することができる。

【0020】

また、超音波撮像の開始前に、各振動要素から送波される超音波の信号強度を記憶する記憶手段と、信号強度に基づき各振動要素の電気機械結合係数を設定値に補正する指令を生成する補正制御手段を備えることができる。そして、超音波撮像を行うときは、補正指令に基づいて補正された直流バイアスをバイアス手段により各振動要素に印加することができる。

【0021】

また、各振動要素から超音波を被検体に送波するときの各振動要素に印加する直流バイアスと、被検体から発生した超音波を各振動要素で受波するときの各振動要素に印加する直流バイアスとを切替えて各振動要素にバイアス手段により印加することができる。

【0022】

また、複数の振動要素は複数の組に分けられ、超音波口径の中心に対して短軸方向又は長軸方向に対称に組単位で大きさに重みを付けた直流バイアスをバイアス手段により各振動要素に印加することができる。また、複数の振動要素は複数の組に分けられ、超音波口径の中心に対して短軸方向又は長軸方向に非対称に組単位で大きさに重みを付けた直流バイアスをバイアス手段により印加することによって、超音波ビームを偏向させることができる。

【0023】

また、本発明の超音波撮像方法は、超音波探触子に配列された各振動子に有する複数の振動要素に直流バイアスを印加して振動要素の電気機械結合係数を設定値に変化させる工程と、直流バイアスに重畳させた駆動信号を振動要素に供給して被検体に超音波を送波する工程と、被検体から発生した超音波を振動要素により受波して電気信号に変換し、変換された電気信号に基づいて超音波像を再構成する工程を有することを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0024】

[図1] 本発明を適用した第1の実施形態の超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。

[図2] 図1の超音波探触子の斜視図である。

[図3] 図2の振動子の拡大斜視図である。

[図4] 図3の振動要素の縦断面図である。

[図5] 図4の振動要素の動作を説明する図である。

10

20

30

40

50

[ 図 6 ] 図 1 のバイアス手段の構成を示す図である。

[ 図 7 ] 図 1 の超音波撮像装置による超音波ビームの短軸方向の音圧分布を示す説明図である。

[ 図 8 ] 本発明を適用した第 2 の実施形態の超音波撮像装置による超音波ビームの短軸方向の音圧分布を示す説明図である。

[ 図 9 ] 本発明を適用した第 3 の実施形態の超音波撮像装置による超音波ビームの短軸方向の音圧分布を示す説明図である。

[ 図 10 ] 本発明を適用した第 4 の実施形態の超音波撮像装置による超音波ビームの長軸方向の音圧分布を示す説明図である。

[ 図 11 ] 本発明を適用した第 5 の実施形態の超音波撮像装置による超音波ビームの短軸方向および長軸方向の音圧分布を示す説明図である。

[ 図 12 ] 本発明を適用した第 6 の実施形態の補正制御手段を示す構成図である。

[ 図 13 ] 図 12 の補正制御手段による効果を示す説明図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 5 】

( 第 1 の実施形態 )

本発明を適用した超音波探触子及び超音波撮像装置の第 1 の実施形態について図面を参照して説明する。図 1 は、本発明を適用した第 1 の実施形態の超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。

【 0 0 2 6 】

図 1 に示すように、超音波撮像装置は、駆動信号を超音波に変換して被検体に送波すると共に、被検体から発生した超音波を受波して電気信号に変換する振動子が複数配列された超音波探触子 10 と、超音波探触子 10 に駆動信号を供給する送信手段 12 と、超音波探触子 10 に供給される駆動信号に重畳して直流バイアスを印加するバイアス手段 14 と、超音波探触子 10 から出力される電気信号（以下、反射エコー信号という。）を処理する受信手段 16 と、受信手段 16 から出力される反射エコー信号に対しデジタル整相および加算処理を施す整相加算手段 18 と、整相加算手段 18 から出力される反射エコー信号に基づき超音波像を再構成する画像処理手段 20 と、画像処理手段 20 から出力される超音波像を表示する表示手段 22 などから構成されている。また、送信手段 12、バイアス手段 14、受信手段 16、整相加算手段 18、画像処理手段 20、表示手段 22 に制御指令を出力する制御手段 24 を有している。

【 0 0 2 7 】

このような超音波撮像装置は、被検体に接触させた超音波探触子 10 に送信手段 12 から駆動信号が供給される。供給された駆動信号によって超音波探触子 10 の各振動子から被検体に超音波が送波される。被検体から発生した超音波は超音波探触子 10 の各振動子により受波される。超音波探触子 10 から出力される反射エコー信号は、受信手段 16 により増幅やアナログデジタル変換などの受信処理が施される。受信処理が施された反射エコー信号は、整相加算手段 18 により整相加算される。整相加算された反射エコー信号は、画像処理手段 20 により超音波像（例えば、断層像や血流像などの診断画像）に再構成される。再構成された診断画像は、表示手段 22 に表示される。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、図 1 の超音波探触子 10 の斜視図である。図 2 に示すように、超音波探触子 10 は、複数の振動子 26a ~ 26m（m：2 以上の自然数）が短冊状に配設された 1 次元アレイ型に形成されている。ただし、振動子を 2 次元配列した 2 次元アレイ型や、振動子を扇形状に配設したコンベックス型など他の形態の超音波探触子にも本発明を適用できる。振動子 26a ~ 26m の超音波射出面側にマッチング層 30 が積層して設けられている。マッチング層 30 の被検体側に音響レンズ 32 が配設されている。なお、音響レンズ 32 を配設しない形態でもよい。また、振動子 26a ~ 26m の背面側にバッキング材 28 が重ねて設けられている。

【 0 0 2 9 】

10

20

30

40

50

振動子 26a ~ 26m は、送信手段 12 により供給される駆動信号を超音波に変換して被検体に超音波を送波すると共に、被検体から発生した超音波を受波して電気信号に変換する。バッキング材 28 は、振動子 26a ~ 26m から背面側に射出される超音波の伝播を吸収することによって、振動子 26a ~ 26m の余分な振動を抑制する。マッチング層 30 は、振動子 26a ~ 26m と被検体との音響インピーダンスを整合することによって、超音波の伝送効率を向上させる。音響レンズ 32 は、被検体側に湾曲して形成されており、振動子 26a ~ 26m から射出される超音波ビームを収束する。なお、振動子 26a ~ 26m の配列方向を長軸方向 X と称し、長軸方向 X に直交する方向を短軸方向 Y としている。

#### 【0030】

図 3 は、図 2 の振動子 26a の拡大斜視図である。図 3 に示すように、振動子 26a は、複数の振動要素 34-1 ~ 34-30 を有して形成されている。振動要素 34-1 ~ 34-30 は、印加される直流バイアスの大きさによって電気機械結合係数、つまり送受信感度が変化する電気-音響変換素子である。

#### 【0031】

振動要素 34-1 ~ 34-30 は、長軸方向 X および短軸方向 Y に均等間隔に並んで形成されている。ただし、不均等間隔に形成してもよい。また、振動要素 34-1 ~ 34-30 は、短軸方向 Y に 3 つの組（以下、区分という。）P1 ~ P3 に分けられている。区分 P1 に属する振動要素 34-1 ~ 34-10 は、電極 35 が共通に接続されている。区分 P2 に属する振動要素 34-11 ~ 34-20 は、電極 36 が共通に接続されている。区分 P3 に属する振動要素 34-21 ~ 34-30 は、電極 37 が共通に接続されている。

#### 【0032】

図 4 は、図 3 の振動要素 34-1 の縦断面図である。図 4 に示すように、振動要素 34-1 は、基板 40 と、基板 40 の被検体側の面に形成された枠体 42 と、枠体 42 の開口を塞いで設けられた膜体 44 などから形成されている。基板 40、枠体 42、膜体 44 は、半導体化合物（例えば、シリコン化合物）を含んで形成されている。枠体 42 と膜体 44 により内部空間 48 が区画されている。内部空間 48 は、所定の真空度を有する状態、または所定のガスが充填された状態にされている。また、基板 40 の背面側の面に配設された電極 35-1 と、膜体 44 の被検体側の面に配設された電極 35-2 を有している。電極 35-1 は、送信手段 12 の駆動信号電源 50 に接続端子 49-1 を介して接続されている。電極 35-2 は、バイアス手段 14 の直流バイアス電源 51 に接続端子 49-2 を介して接続されている。

#### 【0033】

振動要素 34-1 は、半導体プロセスによる微細加工によって製造される。例えば、基板 40 となるシリコンウェハを用意する。シリコンウェハ上に酸化膜がウェット雰囲気中で形成される。酸化膜が形成された基板に対しパターン形成、レジスト塗布などを施した後、エッチング処理を行うことにより枠体 42 が形成される。形成された枠体 42 の内部に所定のガスが充填される。枠体 42 上に LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) プロセスによりニッケル (Ni) を蒸着することにより膜体 44 が形成される。そして、金属電極を蒸着することによって電極 35-1、35-2 が形成される。このような処理工程によってシリコンウェハに複数の振動要素が形成される。形成された振動要素のそれぞれは、直径が数マイクロメートル（例えば、10 μm）の大きさを有する。振動要素が形成されたシリコンウェハは、MEMS (Micro Electro Mechanical System) により振動子 26a ~ 26m として複数にカッティングされる。カッティングされた振動子 26a ~ 26m は、バッキング材 28 に配列された後、超音波探触子 10 の探触子ヘッド基板に接着される。探触子ヘッド基板に駆動信号電源 50、直流バイアス電源 51 が接続端子 49-1、49-2 を介して接続される。なお、マッチング層 30、音響レンズ 32 など振動子 26a ~ 26m に取り付けられる。

10

20

30

40

50

## 【0034】

このような振動要素34-1~34-30としては、例えば、cMut (Capative Micromachined Ultrasonic Transducer: IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr. Vol 45 pp. 678-690 May 1998)を適用することができる。

## 【0035】

図5は、図4の振動要素34-1の動作を説明する図である。例えば、振動要素34-1に直流バイアス電源51によって直流のバイアス電圧 $V_a$ を印加する。印加されたバイアス電圧 $V_a$ により振動要素34-1の内部空間48に電解が発生する。発生した電解により膜体44が緊張することによって、振動要素34-1の電気機械結合係数が $S_a$ となる(図5A、図5B)。そして、駆動信号電源50から振動要素34-1に駆動信号を供給すると、供給された駆動信号は電気機械結合係数 $S_a$ に基づいて超音波に変換される。また、被検体から発生した超音波を振動要素34-1によって受波すると、振動要素34-1の膜体44が電気機械結合係数 $S_a$ に基づいて励起される。膜体44が励起されることにより内部空間48の容量が変化する。変化した容量が電気信号として取り込まれる。

10

## 【0036】

一方、バイアス電圧 $V_a$ に代えてバイアス電圧 $V_b$  ( $V_b > V_a$ )を振動要素34-1に印加すると、印加されたバイアス電圧 $V_b$ により膜体44の緊張度が変わることによって、振動要素34-1の電気機械結合係数が $S_b$  ( $S_b > S_a$ )となる(図5A、図5C)。そして、駆動信号電源50から振動要素34-1に駆動信号を供給すると、供給された駆動信号は電気機械結合係数 $S_b$ に基づいて超音波に変換される。

20

## 【0037】

このように振動要素34-1に印加するバイアス電圧の大きさを制御することにより、膜体44の緊張度を変化させることができる。そして、膜体44の緊張度に起因して電気機械結合係数が変化する。したがって、バイアス電圧の大きさを制御することにより電気機械結合係数を変化させると、振動要素34-1により送受される超音波の強度(例えば、振幅の大きさ)を調整することができる。その結果、複数の振動要素34-1~34-30により送受される各超音波の強度を調整することにより、超音波ビームの音圧分布を任意に可変することが可能になる。

## 【0038】

図6は、図1のバイアス手段14の構成を示す図である。バイアス手段14は、図6Aに示すように、直流バイアス電源51と、直流バイアス電源51から与えられる直流バイアスを分割する分配手段52と、分配手段52から供給される各直流バイアスを制御手段24の制御指令に応じて振動要素34-1~34-30の電極35~37に接続端子(例えば、接続端子35-1、35-2)を介して印加するスイッチ手段53を備えている。スイッチ手段53は、図6Bに示すように、振動子55に接続する複数のスイッチ53-1~53-nを有している。

30

## 【0039】

図6は、説明の便宜上、振動子55が短軸方向YにA個の区分 $P_1 \sim P_A$  (A: 2以上の自然数)に分けられた例を示している。なお、各区分 $P_1 \sim P_A$ に複数の振動要素が形成されている。まず、直流バイアス電源51から直流バイアスを発生させると、発生した直流バイアスは分配手段52により分割される。分割された各直流バイアスは、スイッチ手段53に供給される。一方、制御手段24に超音波の送波タイミング信号を入力することより、入力された送波タイミング信号に基づいて制御指令が生成される。生成された制御指令がスイッチ手段53に出力される。出力された制御指令に基づいて、所定のスイッチ(例えば、スイッチ53-1)が閉じてオンされる。したがって、スイッチ手段53に供給された直流バイアスは、所定のスイッチ(例えば、スイッチ53-1)を介して振動子55の区分(例えば、区分 $P_1$ )の電極に独立して印加される。

40

## 【0040】

スイッチ手段53は、区分 $P_1 \sim P_A$ の数に対応して設けられている。したがって、各

50

区分 P 1 ~ P A の電極に印加する直流バイアスの大きさは、各スイッチ手段 5 3 のスイッチ 5 3 - 1 ~ 5 3 - n を閉じる数で調整される。例えば、振動子 5 5 の短軸方向 Y の端に位置する区分 P 1 については、スイッチ 5 3 - 1 だけをオンすることによりバイアス電圧  $V_a$  を電極に印加する。振動子 5 5 の短軸方向 Y の中心に位置する区分 P ( A / 2 ) については、スイッチ 5 3 - 1 ~ 7 2 - n の全てをオンすることによりバイアス電圧 (  $V_{a \times n}$  ) を電極に印加する。このように各スイッチ手段 5 3 のスイッチ 5 3 - 1 ~ 7 2 - n をオンする数を変更することにより、振動子 5 5 の各区分に印加するバイアス電圧を区分単位で異ならせることができる。

#### 【 0 0 4 1 】

図 7 は、図 1 の超音波撮像装置による超音波ビームの短軸方向の音圧分布を示す説明図である。なお、説明の便宜上、3 つの振動子 2 6 a ~ 2 6 c の例を説明するが、振動子の数については適宜増やすことができる。図 7 に示すように、振動子 2 6 a ~ 2 6 c が長軸方向 X に並べて配設されている。振動子 2 6 a は、複数の振動要素 3 4 - 1 ~ 3 4 - 3 0 を有して形成されている。複数の振動要素 3 4 - 1 ~ 3 4 - 3 0 は、短軸方向 Y に 3 つの区分 P 1 ~ P 3 に分けられている。同じ区分 ( 例えば、区分 P 1 ) に属する振動要素 3 4 - 1 ~ 3 4 - 1 0 は、電極 3 5 が共通に接続されている。振動子 2 6 b、2 6 c についても同様である。

10

#### 【 0 0 4 2 】

区分 P 1 の電極 3 5 と区分 P 3 の電極 3 7 にバイアス電圧  $V_1$  を印加することにより、区分 P 1、P 3 に属する振動要素 3 4 - 1 ~ 3 4 - 1 0、3 4 - 2 1 ~ 3 4 - 3 0 の電気機械結合係数が  $S_a$  となる。一方、区分 P 2 の電極 3 6 にバイアス電圧  $V_2$  (  $V_2 > V_1$  ) を印加することにより、区分 P 2 に属する振動要素 3 4 - 1 1 ~ 3 4 - 2 0 の電気機械結合係数が  $S_b$  (  $S_a > S_b$  ) となる。

20

#### 【 0 0 4 3 】

すなわち、バイアス電圧の大きさを超音波口径の中心に向うにつれて区分単位で大きくすると、図 7 に示すように、振動子の電気機械結合係数は、短軸方向 Y の中心部に向うにつれて区分単位で大きくなる。このような電気機械結合係数に基づいて各振動子 2 6 a ~ 2 6 c から超音波が射出される。これにより、各振動要素 3 4 - 1 ~ 3 4 - 3 0 に共通の駆動信号 ( 例えば、振幅が等しい駆動信号 ) が入力されたときでも、超音波ビームの音圧分布は、図 7 の線図に示すように、短軸方向 Y の中心部に向うにつれて大きさが大きくなる重み付け関数 3 9 として表される。要するに、各区分 P 1 ~ P 3 に印加する直流バイアスを区分単位で異ならせることにより、各振動子 2 6 a ~ 2 6 c の電気機械結合係数の大きさが短軸方向に区分単位で重み付けられるため、超音波ビームの音圧分布が制御される。

30

#### 【 0 0 4 4 】

以上、本実施形態によれば、直流バイアスの大きさに応じて電気機械結合係数が変化する振動要素 3 4 - 1 ~ 3 4 - 3 0 は、例えば数マイクロメートルに形成されるため、圧電材料からなる圧電素子よりも微細なものとなる。したがって、振動要素 3 4 - 1 ~ 3 4 - 3 0 の間隔を比較的小さくして各振動子 ( 例えば、振動子 2 6 a ) を形成することにより、振動子を細分化したことと等価となり、超音波像の分解能を向上させることができる。

40

#### 【 0 0 4 5 】

特に、各振動要素 3 4 - 1 ~ 3 4 - 3 0 に印加する直流バイアスの大きさを区文単位あるいは振動要素単位で異ならせることにより、直流バイアスの大きさに応じて各振動要素 3 4 - 1 ~ 3 0 から射出される超音波の強度が違ったものになる。したがって、各振動要素に印加する直流バイアスの大きさを制御することにより、超音波ビームの強度を可変したり、あるいは所望の音圧分布を持たせることができる。その結果、必要に応じて超音波ビームのビーム幅や焦点の深度方向及び方位方向の位置をリアルタイム ( 例えば、超音波診断中 ) に調整できるため、使い勝手が向上する。

#### 【 0 0 4 6 】

例えば、図 3 に示すように、振動要素 3 4 - 1 ~ 3 4 - 3 0 を短軸方向 Y に並べて振動

50

子 26 a を形成することにより、短軸方向 Y が振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 によって細分化されたことと等価となり、超音波像の分解能が一層向上する。さらに、短軸方向 Y の音圧分布を制御して短軸方向のビーム幅及び焦点深度を任意に制御できる。

【 0047 】

また、図 3 及び図 7 に示すように、振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 を複数の区分 P 1 ~ P 3 に分け、同じ区分（例えば、区分 P 1）に属する各振動要素（例えば、振動要素 34 - 1 ~ 34 - 10）の電極（例えば、電極 35）を共通に接続している。これによれば、単一の振動要素（例えば、振動要素 34 - 1）から射出される超音波強度が微弱であるときでも、各区分に属する振動要素の数を増やすことにより、超音波像を撮像するのに必要な超音波強度を確保できる。

10

【 0048 】

また、単一の振動要素（例えば、振動要素 34 - 1）から射出される超音波強度が大きいときは、区分ごとに代えて振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 ごとに大きさが異なるバイアス電圧を印加してもよい。これにより、超音波ビームの音圧分布の調整レンジをより一層細分化できる。また、振動子 26 a ~ 26 c を短軸方向 Y に複数の区分 P 1 ~ P 3 に分けていることから、短軸方向 Y の超音波ビームの音圧分布を区分単位で調整できる。

【 0049 】

第 1 の実施形態に基づいて本発明を説明したが、これに限られるものではない。例えば、図 3 及び図 7 の振動子は、同じ区分に属する振動要素の数が等しいが、超音波口径の中心に向うにつれて組単位で振動子の数を増やしてもよい。これにより、超音波口径の端部の影響を低減できるため、超音波像の S / N を高めることができる。

20

【 0050 】

また、図 7 に示す振動子 26 a ~ 26 c の長軸方向 X のビーム幅及び焦点深度については、各振動子 26 a ~ 26 c から出力される反射エコー信号に対し、整相加算手段 18 によってダイナミックフォーカスを行うことにより調整することができる。この場合において、ダイナミックフォーカス技術と伴に、あるいはその技術に代えて、各振動子（例えば、振動子 26 a）の長軸方向 X に振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 を並べて形成し、各振動要素に大きさが異なる直流バイアスを印加することにより、超音波ビームの長軸方向 X のビーム幅や焦点位置を制御してもよい。また、振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 を長軸方向 X に複数の組（区分）に分け、区分単位で大きさが異なる直流バイアスを各振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 に印加することにより、超音波ビームの長軸方向 X の音圧分布を区分単位で制御することもできる。

30

【 0051 】

また、本実施形態によれば、各振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 に印加する直流バイアスの大きさを異ならせることにより、送信手段 12 から超音波探触子 10 に共通の駆動信号（例えば、同一振幅の駆動信号）を供給しても、超音波ビームの音圧分布を制御することができる。したがって、送信手段 12 の回路は、振幅がそれぞれ異なる駆動信号を生成する送信系回路よりも、構成が簡素になる。

【 0052 】

また、図 3 に示すように、振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 は、六角形の薄板形状に構成されている。このように六角形で構成することにより、振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 間の隙間（ギャップ）を狭めることができる。したがって、振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 を密集させて配列させることができる。その結果、振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 の単位面積あたりの配列数が多くなるため、所望の超音波ビームの強度を確保できる。また、振動子 26 a の表面形状が曲面のときでも、その曲面に対応させて電極 35 ~ 37 を湾曲させることにより、平面形状の振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 を振動子 26 a に配列させることができる。ただし、振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 の形状は、六角形に限らず、八角形などの多角形や、円形であってもよい。また、各振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 は、直径が例えば、10  $\mu$ m の大きさに形成されるが、振動子 26 a の表面端部に配列される振動要素だけを小さく形成することにより、振動要素 34 - 1 ~ 34 - 30 の密集度を一層

40

50

高めることができる。また、図2では、複数の振動子26a~26mにより矩形の超音波口径が形成される例を説明したが、円板状の振動子を並べて円形の超音波口径を形成する場合にも本発明を適用できる。

【0053】

また、図6に示すスイッチ手段については、スイッチ53-1~53-nの数を増やすことにより、バイアス電圧の大きさを細かく調整することができる。また、制御手段24から出力される指令を伝達する制御配線の数は、振動子55の区分数Aに対応しているが、必ずしも一致させる必要はない。例えば、超音波ビームを短軸方向の中央位置を中心として対称に形成するときは、制御配線の数を区分数Aの半分にすることができる。

【0054】

(第2の実施形態)

本発明を適用した超音波探触子及び超音波撮像装置の第2の実施形態について図面を参照して説明する。本実施形態が第1の実施形態と異なる点は、各振動子の複数の組(区分)を更に複数のグループに分け、グループ単位で大きさが異なる直流バイアスを印加することにある。したがって、第1の実施形態と同一の部分については説明を省略し、相違点について説明する。なお、相互に対応する個所については同一の符号を付して説明する。

【0055】

図8は、本発明を適用した第2の実施形態の超音波撮像装置による超音波ビームの短軸方向の音圧分布を示す説明図である。図8に示すように、振動子70は、複数の振動要素を有して形成されている。複数の振動要素は、短軸方向Yに複数の区分P1~P9に分けられている。なお、各振動要素は、図4に示したものと同様の形態に形成されている。そして、複数の区分P1~P9は、短軸方向Yに3つのグループG11、G12、G13に分けられている。例えば、グループG11は、3つの区分P1~P3から形成されている。

【0056】

グループG11に属する区分P1~P3と、グループG13に属する区分P7~P9にバイアス電圧Vaを印加することにより、区分P1~P3と、P7~P9に属する振動要素の電気機械結合係数がSaとなる。一方、グループG12に属する区分P4~P6にバイアス電圧Vbを印加することにより、区分P4~P6に属する振動要素の電気機械結合係数がSbとなる。すなわち、図8Aに示すように、振動子の電気機械結合係数は、短軸方向Yの中心部に向うにつれて短軸方向Yにグループ単位で大きくされる。このような電気機械結合係数に基づいて振動子70から超音波が射出される。これにより、各振動要素に共通の駆動信号が入力されるときでも、超音波ビームの音圧分布は、図8に示すように、短軸方向Yの中心部に向うにつれて大きさが大きくなる重み付け関数71として表されるものとなる。

【0057】

また、図8に示すように、振動子70は、区分P1、P2からなるグループG21と、区分P3、P4からなるグループG22と、区分P5からなるグループG23と、区分P6、P7からなるグループG24と、区分P8、P9からなるグループG25という5つの区分に分けることもできる。

【0058】

グループG21に属する区分P1、P2と、グループG25に属する区分P8、P9にバイアス電圧Vaを印加することにより、区分P1、P2、P8、P9に属する振動要素の電気機械結合係数がSaとなる。グループG22に属する区分P3、P4と、グループG24に属する区分P6、P7にバイアス電圧Vbを印加することにより、区分P3、P4、P6、P7に属する振動要素の電気機械結合係数がSbとなる。グループG23に属する区分P5にバイアス電圧Vc(Vc>Vb>Va)を印加することにより、区分P5に属する振動要素の電気機械結合係数がScとなる。すなわち、図8Bに示すように、振動子の電気機械結合係数は、短軸方向Yの中心部に向うにつれて短軸方向Yにグループ単位で大きくされる。このような電気機械結合係数に基づいて振動子70から超音波を射出

10

20

30

40

50

することにより、各振動要素に共通の駆動信号が入力されるときでも、短軸方向 Y の中心部に向うにつれて大きさが大きくなる重み付け関数  $\gamma_2$  として表される音圧分布を実現できる。

【0059】

本実施形態によれば、図 8 に示す重み付け関数  $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$  から分かるように、グループを構成する区分の数を変えることにより、超音波ビームの音圧分布を細かく制御することが可能になる。すなわち、グループを構成する区分の数を適宜増やしたり減らしたりすることにより、超音波ビームの音圧分布の調整レンジを細かくできる。なお、グループの分け方については、区分ごとに送波される超音波の強度などを考慮して適宜決めればよい。また、振動子 70 の区分をグループ化する例を説明したが、グループ化することに代えて、振動要素ごとに印加するバイアス電圧  $V_c$  の大きさを制御し、振動子の電気機械結合係数を短軸方向 Y の中心部に向うにつれて大きくしてもよい。なお、本実施形態は、第 1 の実施形態およびその変形例と適宜組み合わせることができる。

【0060】

(第 3 の実施形態)

本発明を適用した超音波探触子及び超音波撮像装置の第 3 の実施形態について図面を参照して説明する。本実施形態が第 1 及び第 2 の実施形態と異なる点は、焦点深度に応じて直流バイアスを印加する区分を変えることにある。したがって、第 1 及び第 2 の実施形態と同一の部分については説明を省略し、相違点について説明する。なお、相互に対応する個所については同一の符号を付して説明する。

【0061】

図 9 は、本発明を適用した第 3 の実施形態の超音波撮像装置による超音波ビームの短軸方向の音圧分布を示す説明図である。図 9 に示すように、複数の振動要素が形成してなる振動子 73 は、短軸方向 Y に 7 つの区分 P1 ~ P7 に分けられている。また、超音波ビームの焦点位置として深度方向 Z に 3 つの焦点 A ~ C が設定されている。なお、超音波を送波する時間を  $t = 0$  とし、焦点 A、B、C から発生する反射エコー信号を受波する時間をそれぞれ  $t = t_a$ 、 $t = t_b$ 、 $t = t_c$  とする。

【0062】

図 9 B に示すように、焦点 A から発生する反射エコー信号を受波するとき ( $t = t_a$ )、制御手段 24 の指令に応じて、バイアス手段 14 により区分 P3 ~ P5 が選択される。選択された区分 P3 ~ P5 に所定の大きさのバイアス電圧がそれぞれ印加される。また、焦点 B から発生する反射エコー信号を受波するときは ( $t = t_b$ )、制御手段 24 の指令に応じて、バイアス手段 14 により区分 P2 ~ P6 が選択される。選択された区分 P2 ~ P6 に所定の大きさのバイアス電圧がそれぞれ印加される。さらに、焦点 C から発生する反射エコー信号を受波するときは ( $t = t_c$ )、区分 P1 ~ P7 が選択される。選択された区分 P1 ~ P7 に所定の大きさのバイアス電圧がそれぞれ印加される。なお、バイアス電圧が印加されない区分においては、その区分に属する振動要素の電気機械結合係数は、超音波ビームのビームパターンに影響のない程に小さい。

【0063】

本実施形態によれば、焦点 A ~ C から発生する反射エコー信号を受波する時間ごとに、バイアス電圧を印加する区分を変えることにより、焦点 A ~ C の深度に応じて、反射エコー信号を受波する超音波口径を可変することができる。したがって、焦点深度が浅くなるにつれて受信口径を自動的に小さくする可変口径の技術を適用した場合と等価となり、短軸方向における超音波探触子 10 に近い部分の方位分解能を向上させることができる。

【0064】

また、焦点深度に応じて選択した区分に印加するバイアス電圧の大きさを適宜制御すれば、図 9 B に示す重み付け関数  $\gamma_4$ 、 $\gamma_5$ 、 $\gamma_6$  から分かるように、焦点深度に応じて超音波ビームの強度を可変したり、あるいは短軸方向 Y に所望の音圧分布を持たせることができる。その結果、必要に応じて超音波ビームの短軸方向 Y のビーム幅や焦点の深度方向及び方位方向の位置をリアルタイムに調整できるため、使い勝手が向上する。要するに、

10

20

30

40

50

超音波探触子 10 から撮像部位までの距離に応じて、直流バイアスを印加する振動要素を区分単位で選択することにより、距離に応じた最適な超音波ビームを形成することができる。

【0065】

また、焦点 A ~ C から発生する反射エコー信号を受信するときの動作を中心に説明したが、振動子 73 から超音波を送波するときも同様に適用することができる。例えば、超音波送波ビームの焦点位置の深度に応じて振動子 73 の区分を選択する。そして、振動子 73 に駆動信号が入力されるとき、選択された区分にバイアス電圧が印加される。バイアス電圧が印加された区分から超音波が射出される。これによれば、選択する区分数を制御したり、電圧バイアスの大きさを制御したりすることにより、焦点の深度に応じて超音波送波ビームのビーム形状を最適化できる。

10

【0066】

また、本実施形態は、第 1 及び第 2 の実施形態およびその変形例と適宜組み合わせることができる。

【0067】

(第 4 の実施形態)

本発明を適用した超音波探触子及び超音波撮像装置の第 4 の実施形態について図面を参照して説明する。本実施形態が第 1 ないし第 3 の実施形態と異なる点は、長軸方向 X に配列する振動子ごとに大きさが異なるバイアス電圧を印加することにより、超音波ビームの長軸方向 X の音圧分布を制御することにある。したがって、第 1 ないし第 3 の実施形態と同一の部分については説明を省略し、相違点について説明する。なお、相互に対応する個所については同一の符号を付して説明する。

20

【0068】

図 10 は、本発明を適用した第 4 の実施形態の超音波撮像装置による超音波ビームの長軸方向の音圧分布を示す説明図である。図 10 に示すように、複数の振動要素が形成してなる振動子 26a ~ 26m が長軸方向 X に配列されている。各振動子 26a ~ 26m は図 4 に示すものと同様である。

【0069】

本実施形態では、長軸方向 X の中心部に位置する振動子に大きさが比較的大きいバイアス電圧を印加する。また、長軸方向 X の中心部から端部に向うにつれて振動子単位で大きさが小さくされたバイアス電圧を各振動子に印加する。例えば、振動子 26 (m/2) は、比較的大きいバイアス電圧が印加される。振動子 26a、26m は、比較的小さいバイアス電圧が印加される。これによって、超音波ビームの長軸方向 X の音圧分布は、図 10 の重み付け関数 78 に示すように、長軸方向 X の中心部から端部に向うにつれて強度が小さくなる。

30

【0070】

本実施形態によれば、長軸方向 X に配列された各振動子 26a ~ 26m に印加するバイアス電圧の大きさを制御することにより、超音波ビームの長軸方向 X の音圧分布をリアルタイムに変更することができる。なお、超音波ビームの長軸方向 X の音圧分布を制御するに際し、ダイナミックフォーカス技術と併用することもできる。

40

【0071】

また、本実施形態は、第 1 ないし第 3 の実施形態およびその変形例と適宜組み合わせることができる。

【0072】

(第 5 の実施形態)

本発明を適用した超音波探触子及び超音波撮像装置の第 5 の実施形態について図面を参照して説明する。本実施形態が第 1 ないし第 4 の実施形態と異なる点は、超音波ビームの長軸方向 X 及び短軸方向 Y の双方の音圧分布を制御することにある。したがって、第 1 ないし第 4 の実施形態と同一の部分については説明を省略し、相違点について説明する。なお、相互に対応する個所については同一の符号を付して説明する。

50

## 【 0 0 7 3 】

図 1 1 は、本発明を適用した第 5 の実施形態の超音波撮像装置による超音波ビームの短軸方向および長軸方向の音圧分布を示す説明図である。図 1 1 A に示すように、複数の振動子 2 6 a ~ 2 6 m が並べて配列されている。各振動子（例えば、振動子 2 6 a）は、複数の振動要素を有している。各振動子（例えば、振動子 2 6 a）の振動要素は、短軸方向 Y に 3 つの区分 G 1 1、G 1 2、G 1 3 に分けられている。なお、各振動要素は、図 4 に示すものと同様である。

## 【 0 0 7 4 】

本実施形態では、短軸方向 Y において、区分 G 1 1、G 1 3 に印加するバイアス電圧を比較的小さくし、区分 G 1 2 に印加するバイアス電圧を比較的大きくする。これによって、超音波ビームの短軸方向 Y の音圧分布は、図 1 1 A に示すような重み付け関数 8 0 として表されたものとなる。同時に、長軸方向 X においては、中央部に位置する振動子 2 6 ( m / 2 ) に印加するバイアス電圧を比較的大きくし、端部に向うにつれて振動子単位でバイアス電圧を比較的小さくする。これによって、超音波ビームの長軸方向 X の音圧分布は、図 1 1 A に示すような重み付け関数 8 1 として表されたものとなる。

## 【 0 0 7 5 】

本実施形態によれば、図 1 1 B に示すように、振動子 2 6 a ~ 2 6 m に印加するバイアス電圧の大きさを長軸方向 X 及び短軸方向 Y に分布を持たせることにより、超音波ビームの音圧分布を三次元的に制御することができることから、最適な音圧分布を実現することが容易になる。

## 【 0 0 7 6 】

また、本実施形態は、第 1 ないし第 4 の実施形態およびその変形例と適宜組み合わせることができる。

## 【 0 0 7 7 】

（第 6 の実施形態）

本発明を適用した超音波探触子及び超音波撮像装置の第 6 の実施形態について図面を参照して説明する。本実施形態が第 1 ないし第 5 の実施形態と異なる点は、振動素子の製造過程などに起因する電気機械結合係数のばらつきを補正することにある。したがって、第 1 ないし第 5 の実施形態と同一の部分については説明を省略し、相違点について説明する。なお、相互に対応する個所については同一の符号を付して説明する。

## 【 0 0 7 8 】

図 1 2 は、本実施形態の補正制御手段を示す構成図である。図 1 3 は、本実施形態の効果を示す説明図である。なお、図 1 2 では、図 9 の振動子 7 3 を用いた一例を説明する。図 1 2 に示すように、振動子 7 3 は、送信手段 1 2 と受信手段 1 6 を有する送受信手段 8 2 に接続されている。送受信手段 8 2 は、制御手段 2 4 の指令に応じ、送信手段 1 2 と受信手段 1 6 を切り替えて振動子 7 3 に接続する送受分離スイッチ 8 4 を有している。また、振動子 7 3 の区分 P 1 ~ P 7 から送波される超音波の信号強度を記憶する記憶手段（以下、RAM 8 6 - 1 ~ 8 6 - 7）が区分ごとに設けられている。そして、RAM 8 6 - 1 ~ 8 6 - 7 から読み出された信号強度に基づき補正指令を生成して制御手段 2 4 に出力する補正制御手段 8 8 が備えられている。補正指令は、RAM 8 6 - 1 ~ 8 6 - 7 から読み出された信号強度に基づき、各振動要素（又は区分単位、あるいはグループ単位）の電気機械結合係数を設定値に合わせる指令である。また、振動子 7 3 の区分 P 1 ~ P 7 に所定の大きさのバイアス電圧を印加するバイアス手段 1 4 が配設されている。なお、送信手段 1 2 の前段に、駆動信号をデジタル信号からアナログ信号に変換するデジタルアナログ変換手段 9 0 が接続されている。また、受信手段 1 6 の後段に、振動子 7 3 から出力される反射エコー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手段 9 2 が接続されている。

## 【 0 0 7 9 】

本実施形態では、超音波撮像を開始する前に、バイアス手段 1 4 により共通のバイアス電圧  $g_0(n)$  が各区分 P 1 ~ P 7 に属する振動要素に印加される。これによって、各区

10

20

30

40

50

分 P 1 ~ P 7 に属する振動要素から超音波が送波される。送波された超音波の信号強度を区分 P 1 ~ P 7 ごとに測定する。測定された信号強度は、各区分 P 1 ~ P 7 に対応して RAM 86 - 1 ~ 86 - 7 に記憶される（予備計測工程）。RAM 86 - 1 ~ 86 - 7 から読み出した信号強度と、予め定められた設定値との偏差が補正制御手段 88 により求められる。求められた偏差に基づき、区分 P 1 ~ P 7 ごとの電気機械結合係数が設定値になる補正バイアス電圧が算出される。算出された補正バイアスは、補正制御手段 88 から制御手段 24 に出力される（補正工程）。出力された補正バイアス電圧に基づき、制御手段 24 からバイアス手段 14 に指令が出力される。制御手段 24 からの指令に応じ、バイアス手段 14 により補正バイアス電圧が各区分 P 1 ~ P 7 に印加される。

【0080】

10

補正制御手段 88 の制御について詳細に説明する。各区分 P 1 ~ P 7 の電気機械結合係数を  $f(n)$  とする。各区分 P 1 ~ P 7 に振幅が「1」の駆動信号を入力する場合、区分 P 1 ~ P 7 ごとに送波される超音波信号  $S$  は、 $\alpha \times f(n)$  と表される。なお、 $n$  は、区分の番号であり  $\alpha$  は、所定の係数である。

【0081】

各区分 P 1 ~ P 7 の電気機械結合係数が同じであれば、送波される区分 P 1 ~ P 7 ごとの超音波信号  $S$  も同一となるが、各区分 P 1 ~ P 7 の電気機械結合係数が異なるときは（図 13A）、送波される超音波信号  $S$  も異なったものとなる。その場合、各区分 P 1 ~ P 7 から送波される超音波は、各超音波信号  $S$  の信号強度の差に起因して焦点以外の位置でも強め合うことがあるため、不要応答が生じて超音波送波ビームにアーチファクトなどが発生する場合がある。

20

【0082】

この点、本実施形態では、補正制御手段 88 により、各区分 P 1 ~ P 7 の超音波信号を均一にする補正バイアス電圧  $g(n)$  が数 1 式のように算出される。

$$\text{(数1式)} \quad g(n) = g_0(n) / \{ \alpha \times f(n) \}$$

数 1 式から分かるように、各区分 P 1 ~ P 7 の超音波信号  $S$  の大きさに応じてバイアス電圧に重みを付けることにより（図 13B）、各区分 P 1 ~ P 7 の電気機械結合係数が均一の場合と等価に補正される（図 13C）。

【0083】

30

本実施形態によれば、振動子に振動要素および区分 P 1 ~ P 7 を形成する際、振動要素又は区分の形成過程に起因して区分 P 1 ~ P 7 の電気機械結合係数にばらつきが生じたとき、そのばらつきに応じて、各区分 P 1 ~ P 7 に印加するバイアス電圧が補正される。これにより、区分 P 1 ~ P 7 の電気機械結合係数が均一の場合と等価となり、各区分 P 1 ~ P 7 から送波される超音波は、焦点位置で強めあうと共に他の位置では弱め合う結果となるため、良好な超音波ビームを形成することができる。

【0084】

本実施形態では、区分 P 1 ~ P 7 ごとの電気機械結合係数のばらつきに基づいて各区分 P 1 ~ P 7 に印加するバイアス電圧を補正する例を説明したが、振動子単位あるいは振動要素単位で補正してもよい。また、本実施形態は、第 1 ないし第 5 の実施形態およびその変形例と適宜組み合わせることができる。

40

【0085】

（第 7 の実施形態）

本発明を適用した超音波探触子及び超音波撮像装置の第 7 の実施形態について説明する。本実施形態が第 6 の実施形態と異なる点は、送受信系回路に起因するばらつきも補正することにある。第 6 の実施形態と同一の部分については説明を省略し、相違点について説明する。

【0086】

本実施形態では、図 12 の RAM 86 - 1 ~ 86 - 7 は、第 6 の実施形態で説明した電気機械結合係数に、送信手段 12 と受信手段 16 と送受分離スイッチ 84 に起因する信号

50

のばらつきを加味した情報を記憶する。

【0087】

例えば、送信手段12に振幅が「1」の駆動信号が入力された際の送信手段12の出力信号を $T(n)$ とする。また、送受分離スイッチ84に振幅が「1」の駆動信号が入力された際の送受分離スイッチ84の出力信号を $TR-t(n)$ とする。この場合、各区分 $P1 \sim P7$ から射出される超音波信号 $S_T$ は、数2式のように表される。したがって、補正制御手段88は、各区分 $P1 \sim P7$ に印加する補正バイアス電圧 $g_t(n)$ を数3式のように算出する。数3式から分かるように、各区分 $P1 \sim P7$ から送波される超音波に影響を及ぼす送波系回路に起因する信号のばらつきがない場合と等価に補正される。これにより、超音波像に生じるアーチファクトを低減して超音波像の $S/N$ を向上させることができる。

$$(数2式) S_T = T(n) \times TR-t(n) \times (\alpha \times f(n))$$

$$(数3式) g_t(n) = g_0(n) / S_T$$

また、送受分離スイッチ84に振幅が「1」の反射エコー信号が入力された際の送受分離スイッチ84の出力信号を $TR-r(n)$ とする。また、受信手段16に振幅が「1」の反射エコー信号が入力された際の受信手段16の出力信号を $R(n)$ とする。この場合、受信手段16から出力される区分 $P1 \sim P7$ ごとの反射エコー信号 $S_R$ は、数4式のように表される。したがって、補正制御手段88は、各区分 $P1 \sim P7$ に印加する補正バイアス電圧 $g_r(n)$ を数5式のように算出する。これにより、各区分 $P1 \sim P7$ から出力される反射エコー信号に影響を及ぼす受波系回路に起因する信号のばらつきがない場合と等価に補正される。これにより、超音波像に生じるアーチファクトを低減して超音波像の $S/N$ を向上させることができる。

$$(数4式) S_R = TR-r(n) \times R(n) \times (\alpha \times f(n))$$

$$(数5式) g_r(n) = g_0(n) / S_R$$

本実施形態によれば、超音波ビームを送波するときはバイアス電圧 $g_t(n)$ を各区分 $P1 \sim P7$ に印加し、超音波ビームを受波するときはバイアス電圧 $g_r(n)$ に切り替えて印加することにより、電気機械結合係数のばらつきに加えて送受分離スイッチ84と送信手段12と受信手段16の回路に起因する超音波信号のばらつきを補正することができる。したがって、超音波像に生じるアーチファクトを低減して超音波像の $S/N$ を向上させることができる。

【0088】

要するに、振動要素に区分 $P1 \sim P7$ 単位で直流バイアス $g_0(n)$ を印加して各区分 $P1 \sim P7$ の電気機械結合係数を計測する予備計測工程と、計測された電気機械結合係数に基づいて直流バイアス $g_0(n)$ の大きさを $g_r(n)$ に補正する補正工程を有する。そして、振動要素から超音波を送波するときに振動要素に印加される直流バイアス $g_t(n)$ と、振動要素で受波するときに振動要素に印加される直流バイアス $g_r(n)$ を切り替えて印加することにより、送信系回路の信号のばらつきと受信系回路の信号のばらつきをそれぞれ補正することができる。なお、直流バイアス $g_t(n)$ の大きさは、直流バイアス $g_r(n)$ と異なってもよい。

【0089】

本実施形態では、区分 $P1 \sim P7$ ごとの送信系回路や受信系回路のばらつきに基づいて各区分 $P1 \sim P7$ に印加するバイアス電圧を補正する例を説明したが、振動子単位あるいは振動要素単位で補正してもよい。また、本実施形態は、第1ないし第5の実施形態およびその変形例と適宜組み合わせることができる。

【0090】

以上、実施形態に基づいて本発明を説明したが、これらに限られるものではない。例え

10

20

30

40

50

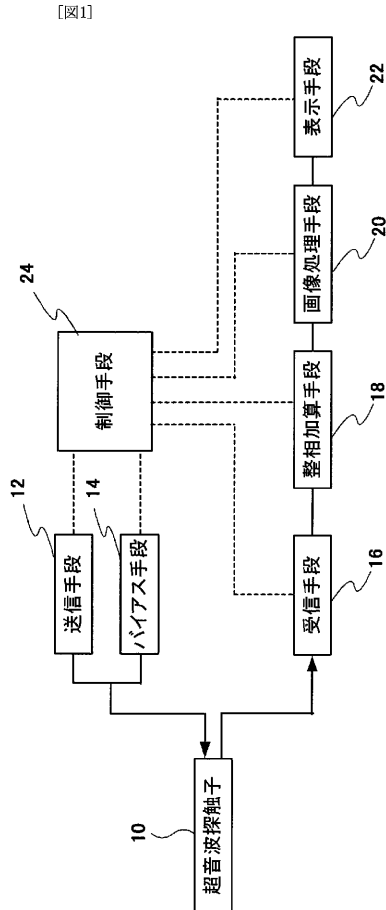
ば、図7は、区分P1～P3に印加するバイアス電圧の大きさを区分単位で重みを付けることにより、超音波口径の中央位置を中心として短軸方向に対称な超音波ビームを形成する例を示すが、区分単位でバイアス電圧の大きさを制御することにより超音波ビームを偏向することもできる。要するに、複数の振動要素を短軸方向に複数の区分に分け、各振動要素に印加する直流バイアスの大きさを超音波口径の中央位置を中心として非対称に重みを組単位で付けることで超音波探触子により送受される超音波ビームを偏向することができる。なお、長軸方向についても同様である。

【0091】

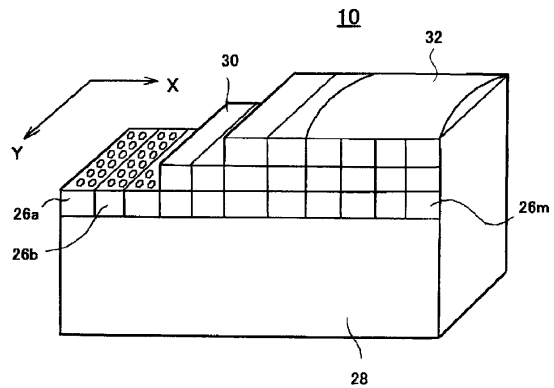
また、図4は、化合物半導体を含んだ材料からなる振動要素の一例を示すが、電歪材から振動要素を形成することもできる。電歪材としては、 $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 - PbTiO_3$ 系固溶体セラミックスなどの緩和型強誘電体において強誘電体への相転移温度が比較的室温付近にある磁器組成物や、その磁器板を縦横に多数の微細柱に分割し、分割間を樹脂などで充填した複合材料を用いればよい。要するに、振動要素は、印加されるバイアス電圧の大きさによって電気機械結合係数が変化する材料から形成すればよい。

10

【図1】

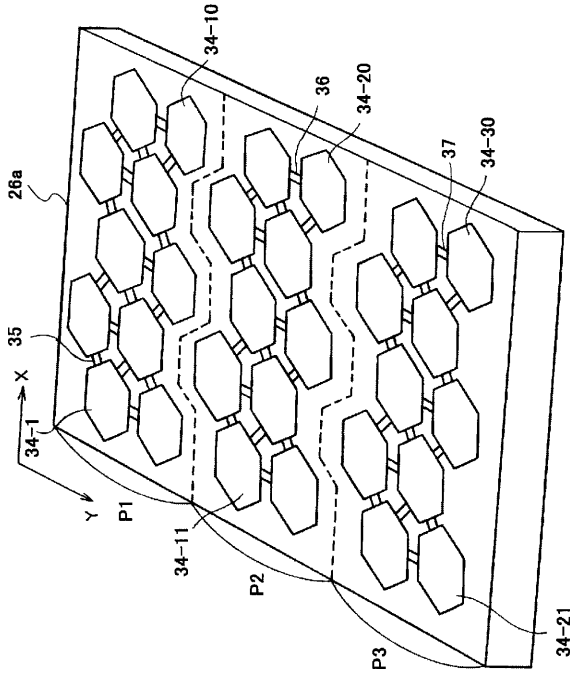


【図2】



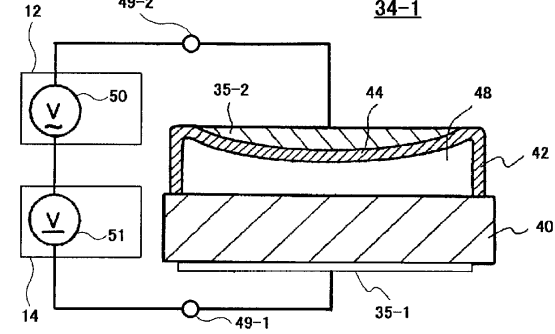
【図3】

[図3]



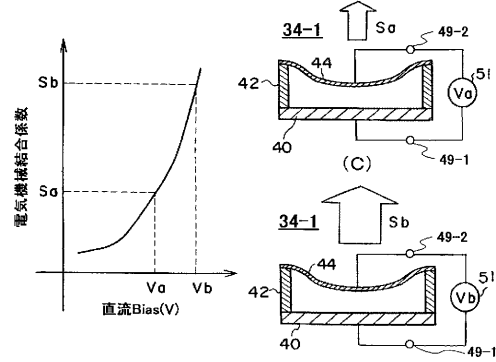
【図4】

[図4]



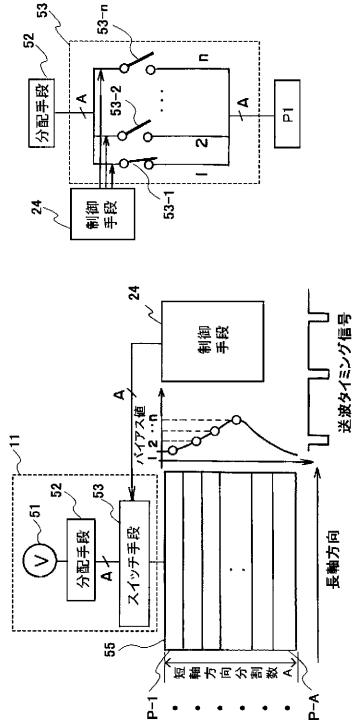
【図5】

[図5]



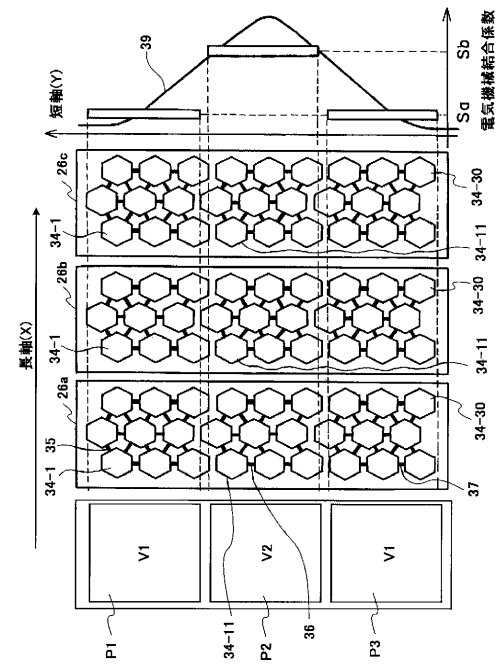
【図6】

[図6]



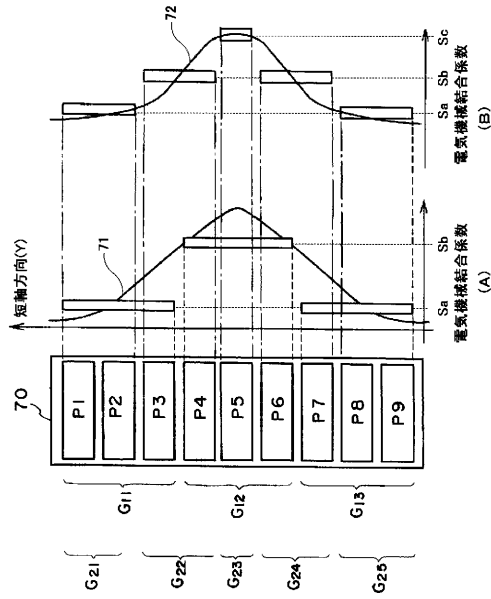
【図7】

[図7]



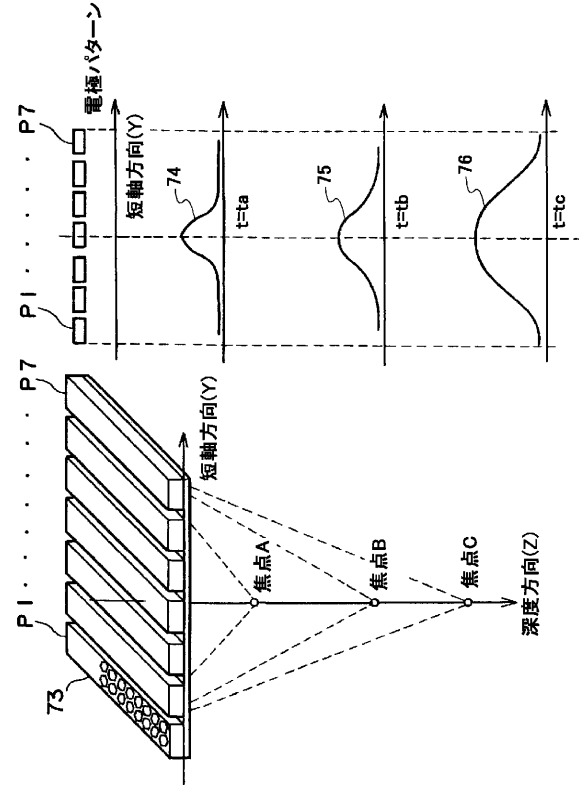
【図8】

[図8]



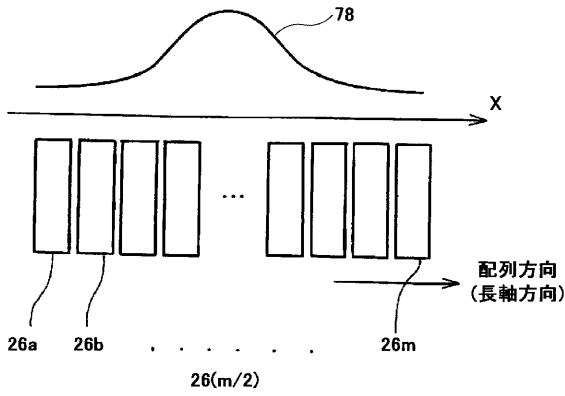
【図9】

[図9]



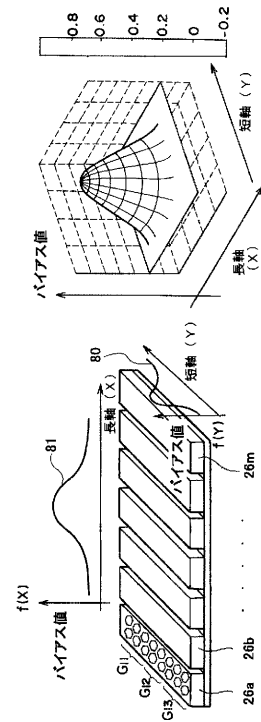
【図10】

[図10]



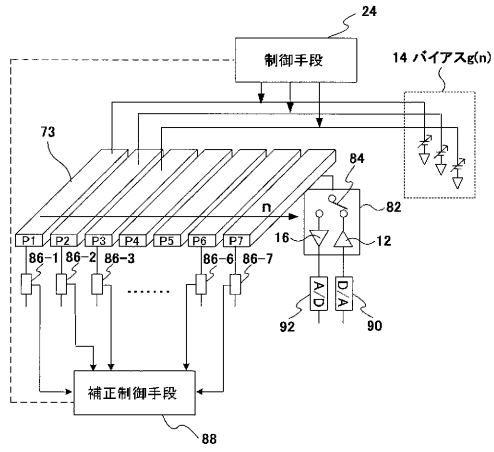
【図11】

[図11]



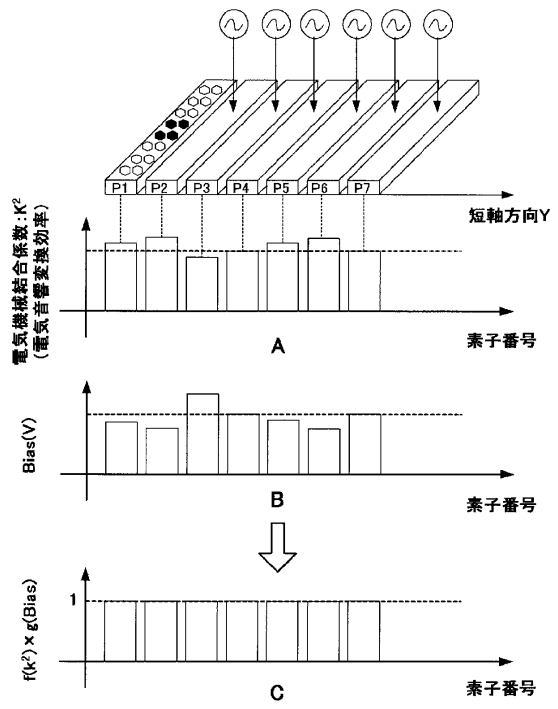
【図12】

[図12]



【図13】

[図13]



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平02 - 094579 (JP, A)  
特開平04 - 123600 (JP, A)  
国際公開第2003 / 011749 (WO, A2)  
特表2002 - 530145 (JP, A)  
LADABAUM I et al. , Surface Micromachined Capacitive Ultrasonic Transducers. , IEEE Trans  
Ultrason Ferroelectr Freq Control , 1998年 5月 , Vol.45, No.3 , Page.678-690
- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)  
A61B 8/00-8/15

