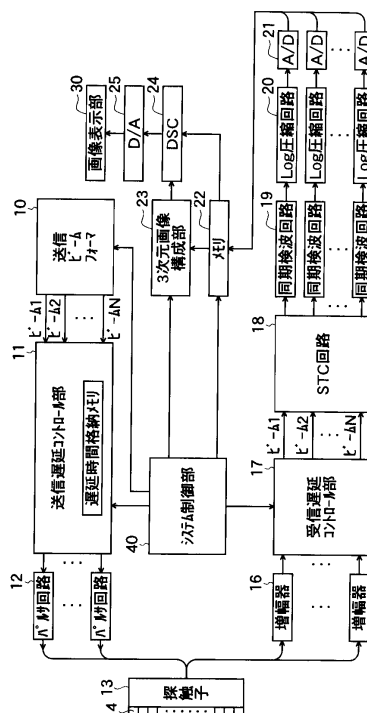




【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波撮像装置であって、
複数の駆動信号に従ってそれぞれ動作する複数の超音波トランスデューサによって超音波ビームを形成して被検体に送信すると共に、被検体から反射される超音波エコーを受信する超音波用探触子と、
異なる位相を有する複数の超音波ビームによって被検体を並列的に走査するように、複数の駆動信号の遅延量を調整して前記超音波用探触子に供給する送信側回路と、
前記超音波用探触子が超音波エコーを受信することによって得られる複数の検出信号を、超音波エコーの位相情報に基づいて処理することにより、被検体に関する画像情報を得る受信側回路と、
を具備する超音波撮像装置。

【請求項 2】

前記送信側回路が、前記複数の超音波ビームの内の隣接する 2 つの超音波ビーム間の位相差が $\pi/2 + 2n\pi$ 又は $\pi + 2n\pi$ (n は整数) となるように、複数の駆動信号の遅延量を調整する手段を含む、請求項 1 記載の超音波撮像装置。

【請求項 3】

前記受信側回路が、超音波エコーの受信によって得られる複数の検出信号に対して同期検波又は相関処理を行う手段を含む、請求項 1 又は 2 記載の超音波撮像装置。

【請求項 4】

複数の駆動信号に従ってそれぞれ動作する複数の超音波トランスデューサによって超音波ビームを形成して被検体に送信すると共に、被検体から反射される超音波エコーを受信する超音波用探触子を用いて、被検体を撮像する超音波撮像方法であって、
異なる位相を有する複数の超音波ビームによって被検体を並列的に走査するように、複数の駆動信号の遅延量を調整して前記超音波用探触子に供給するステップ (a) と、
前記超音波用探触子が超音波エコーを受信することによって得られる複数の検出信号を、超音波エコーの位相情報に基づいて処理することにより、被検体に関する画像情報を得るステップ (b) と、
を具備する超音波撮像方法。

【請求項 5】

ステップ (b) が、超音波エコーの受信によって得られる複数の検出信号に対して同期検波又は相関処理を行うことを含む、請求項 4 記載の超音波撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波を送受信することにより生体内臓器の診断や非破壊検査を行うために用いられる超音波撮像装置及び超音波撮像方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

医療用の超音波診断装置や工業用の探傷装置等として用いられる超音波撮像装置においては、通常、超音波の送受信機能を有する複数の超音波トランスデューサを含む超音波探触子（プローブ）が用いられる。このような超音波探触子を用いて、複数の超音波トランスデューサから送信される超音波を合波して形成される超音波ビームによって被検体を走査させることにより、被検体に関する画像情報が得られる。さらに、この画像情報に基づいて、被検体の 2 次元又は 3 次元領域における超音波画像が再現される。このような超音波ビームを用いた走査方法の 1 つとして、被検体の扇状の 2 次元領域を角度方向に走査する、いわゆるセクタ走査が知られている。

【0003】

セクタ走査は、本来、人体の肋間から心臓を観察するための手法として開発されたものである。一般的に、セクタ走査においては、送信点から被検体の深さ方向に延びる超音波ビ

ームが被検体内に扇状に順次送信され、この超音波ビームによって、被検体の扇状の2次元領域が等間隔の角度で走査される。ここで、各々の角度において、超音波ビームに沿って被検体の深さ方向に等間隔で分布する複数のサンプリング点に関する画像情報が、一定の時間間隔でサンプリングされる。サンプリングされた画像情報に基づいて得られた2次元又は3次元の超音波画像は、心臓については断層心エコー図と呼ばれている。

【0004】

一方、超音波に含まれる基本波の高調波成分を利用するハーモニック・イメージングにおいては、高い音圧により超音波造影剤の気泡を破壊することにより、血流からのエコー信号の増強が図られている。下記の特許文献1には、時系列に送信する超音波ビームの位相を180°ずらすことにより、ハーモニック・イメージングにおけるフレームレートを向上させることが開示されている。また、下記の特許文献2には、時系列に送信する超音波ビームの位相を180°ずらすことが開示されている。

10

【0005】

ところで、近年においては、より高いサンプリングレートで超音波画像を得ることが検討されている。下記の特許文献3には、リアルタイムで3次元超音波画像を形成するために2次元トランスデューサアレイを用いると共に、同時に複数の超音波ビームを送受信するマルチビーム方式を採用した超音波撮像システムにおいて、クロストークを除去する幾つかの技術が開示されている。クロストークを除去する技術としては、超音波ビームをコード化して送信したり、隣接ビームのサイドローブがゼロとなる方向にメインビームを送信したり、超音波ビームの送信方向を離したり、複数の超音波ビームの間で異なる中心周波数を用いることが挙げられている。

20

【0006】

しかしながら、超音波ビームをコード化しても、同時に送受信される超音波ビームの数が増加すると、コードにより超音波ビームを識別することが困難になる。また、隣接ビームのサイドローブがゼロとなる方向にメインビームを送信しようとしても、生体内においては隣接ビームのサイドローブが完全にゼロとはならない。一方、超音波ビームの送信方向を離す場合には、同時に多数の超音波ビームを送受信することが困難である。また、複数の超音波ビームの間で異なる中心周波数を用いる場合には、超音波トランスデューサの周波数帯域に限界があるため、同時に送受信される超音波ビームの数が制限される。

【0007】

30

【特許文献1】

米国特許第6, 193, 663号明細書(アブストラクト)

【特許文献2】

米国特許第6, 358, 210号明細書(アブストラクト)

【特許文献3】

米国特許第6, 179, 780号明細書(アブストラクト、図7ー図10)

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、高いサンプリングレートで超音波画像を得るために同時に複数の超音波ビームを送受信するマルチビーム方式を採用しつつ、複数の方向から反射される超音波エコー間のクロストークを低減することができる超音波撮像装置及び超音波撮像方法を提供することを目的とする。

40

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、本発明に係る超音波撮像装置は、超音波撮像装置であって、複数の駆動信号に従ってそれぞれ動作する複数の超音波トランスデューサによって超音波ビームを形成して被検体に送信すると共に、被検体から反射される超音波エコーを受信する超音波用探触子と、異なる位相を有する複数の超音波ビームによって被検体を並列的に走査するように、複数の駆動信号の遅延量を調整して超音波用探触子に供給する送信側回路と、超音波用探触子が超音波エコーを受信することによって得られる複数の検出信号を

50

、超音波エコーの位相情報に基づいて処理することにより、被検体に関する画像情報を得る受信側回路とを具備する。

【0010】

また、本発明に係る超音波撮像方法は、複数の駆動信号に従ってそれぞれ動作する複数の超音波トランスデューサによって超音波ビームを形成して被検体に送信すると共に、被検体から反射される超音波エコーを受信する超音波用探触子を用いて、被検体を撮像する超音波撮像方法であって、異なる位相を有する複数の超音波ビームによって被検体を並列的に走査するように、複数の駆動信号の遅延量を調整して超音波用探触子に供給するステップ(a)と、超音波用探触子が超音波エコーを受信することによって得られる複数の検出信号を、超音波エコーの位相情報に基づいて処理することにより、被検体に関する画像情報を得るステップ(b)とを具備する。

10

【0011】

本発明によれば、異なる位相を有する複数の超音波ビームによって被検体を並列的に走査することにより、複数の方向から反射される超音波エコー間のクロストークを低減することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

図1は、本発明の第1の実施形態に係る超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。この超音波撮像装置は、例えば、医療用の超音波診断装置や工業用の探傷装置として用いられる。

20

【0013】

図1に示すように、超音波撮像装置は、超音波用探触子13と、超音波用探触子13に複数の駆動信号を供給して超音波を送信させる送信側回路10～12と、超音波用探触子13が超音波エコーを受信することによって得られる複数の検出信号を処理することにより被検体に関する画像情報を得る受信側回路16～25と、受信側回路から出力される画像信号に基づいて画像を表示する画像表示部30と、各部の回路を制御するCPU等のシステム制御部40とを含んでいる。

【0014】

被検体に当接させて用いられる超音波用探触子13は、2次元トランスデューサアレイを構成する複数の超音波トランスデューサ14を備えている。超音波トランスデューサ14としては、例えば、PZT(Pb(lead) zirconate titanate:チタン酸ジルコン酸鉛)等のセラミック圧電材やP(VDF(polyvinylidene fluoride):ポリフッ化ビニリデン)等の高分子圧電材を材料とする圧電素子を用いることができる。本実施形態においては、1つの超音波トランスデューサが超音波の送信と受信の両方に用いられるが、超音波の送信と受信のために別々の超音波トランスデューサを備えるようにしても良い。また、2次元トランスデューサアレイの替わりに、行又は列の数が少ない1.5次元トランスデューサアレイや、1次元トランスデューサアレイを用いても良い。

30

【0015】

超音波の送信時においては、異なる位相を有するN本(Nは2以上の整数)の超音波ビームによって被検体を並列的に(ほぼ同時に)走査するように、送信ビームフォーマ10が送信遅延コントロール部11にN個のアドレスを供給する。送信遅延コントロール部11は、供給されたN個のアドレスに基づいて、超音波用探触子13に含まれている複数の超音波トランスデューサ14から送信すべき超音波の遅延時間を、内蔵する遅延時間格納メモリから読み出し、これに基づいて複数の発火信号を生成する。

40

【0016】

送信遅延コントロール部11において生成された複数の発火信号は、複数のパルサ回路12にそれぞれ供給される。これらのパルサ回路12は、供給された発火信号に従って、複数の駆動信号を超音波用探触子13に出力する。超音波用探触子13に含まれている複数

50

の超音波トランスデューサ 14 は、対応するパルサ回路 12 から出力された駆動信号に基づいて、超音波を発生する。これにより、複数の超音波トランスデューサから発生された超音波の合波によって形成される超音波ビームを所望の方向に偏向させて、被検体を走査させることができる。

【0017】

ここで、図 2 に示すように、2 次元トランスデューサの開口部の一辺の長さを L とし、最大偏向角を θ_{MAX} とすると、最大偏向のために必要な遅延量 τ_{MAX} は次式で表される。

$$\tau_{MAX} = (L \cdot \sin \theta_{MAX}) / c \quad \cdots (1)$$

ただし、 c は超音波の音速である。また、図 3 に示すように、送信波 A 及び B の時間間隔を T とすると、マルチビーム方式の特徴を生かすためには、 T が次の条件を満たすことが必要である。

$$T \leq 10 \tau_{MAX} \quad \cdots (2)$$

ここで、 τ_{MAX} は 10μ 秒程度であり、 $10 \tau_{MAX}$ は超音波の進路のほぼ半分に相当する。さらに、不感帯が実質上問題とならないようにするためには、 T が次の条件を満たすことが望ましい。

$$T \leq \tau_{MAX} \quad \cdots (3)$$

【0018】

このように、複数の送信波の合波により、異なる方向に延びる複数の超音波ビームを短い時間内に次々と形成する必要がある。そのため、パルサ回路 12 としては、高い繰り返し周期で駆動信号を出力できる高速パルサ回路が好ましい。

【0019】

本実施形態においては、 N 本の超音波ビームの内の隣接する 2 つの超音波ビーム間の位相差が $\pi/2 + 2n\pi$ (n は整数であり、以下においては 0 とする) となるように、送信ビームフォーマ 10 及び送信遅延コントロール部 11 が複数の駆動信号の遅延量を調整する。例えば、図 4 に示すように、位相が 90° ずつ回転している 3 本の超音波ビーム 1～3 が、角度 ϕ ずつ離れた 3 つの方向に並列的に送信される。これらの超音波ビームは、同じ方向に移動するようにステアリングされる。図 5 に、これら 3 本の超音波ビームの波形を示し、図 6 に、合成される送信波の角度に対する強度分布を示す。図 6 においては、2 次元トランスデューサアレイの中心から一定の距離における送信波の強度分布が示されている。

【0020】

一方、超音波の受信時においては、複数の超音波トランスデューサ 14 から出力される検出信号が、それぞれに対応する複数の前置増幅器 16 によって増幅された後、受信遅延コントロール部 17 に入力される。受信遅延コントロール部 17 は、システム制御部 40 の制御の下で、増幅された検出信号に所望の遅延を与えて加算する。これにより、超音波用探触子 13 に含まれる複数の超音波トランスデューサ 14 が超音波エコーを受信することによって得られる複数の検出信号について、位相の整合に基づく受信ビームフォーミングが行われる。

【0021】

受信遅延コントロール部 17 からは、並列的に送信される超音波ビームに対応した N 本の受信ビーム毎に出力信号が取り出される。これらの出力信号は、STC (Sensitivity Time gain Control: 感度時間利得制御) 回路 18 によって、深部検出における検出信号の減衰の補正が行われる。また、 N 本の受信ビームに対応した数の同期検波回路 19 によって、 N 本の受信ビーム毎に検出信号の同期検波が行われる。これらの同期検波回路 19 には、局部発振器によって発生された局部発振信号が、位相を 90° ずつ回転させながら供給されている。これにより、送信した超音波ビームの位相に対応して検出信号の同期検波が行われ、受信波の強度が求められる。あるいは、同期検波を行う替わりに、検出信号に対して相関処理を施すことにより、送信した超音波ビームの位相に対応して受信波の強度を求めるようにしても良い。

10

20

30

40

50

【0022】

図7は、角度に対する受信特性を示したものである。図6に示す送信波の強度分布と、図7に示す受信特性とを掛け合わせると、図8に示すような受信波の強度分布が求められる。図8において、破線は、従来技術において複数の送信ビームの位相を同一とした場合における受信波の強度分布を示しており、隣接する送信ビームのピーク位置に -30 dB 程度のクロストークが発生している。これに対し、実線は、本実施形態において複数の送信ビームの位相を 90° ずつ回転させた場合における受信波の強度分布を示しており、同期検波又は相関処理によってクロストークが低減できることを示している。なお、一点鎖線は、マルチビーム方式によらずに1本のビームだけを送信した場合における受信波の強度分布を示している。

10

【0023】

各々の同期検波回路19から出力された検出信号は、Log圧縮回路20によって対数圧縮され、A/Dコンバータ21においてデジタル信号（検出データ）に変換されて、メモリ22に一旦記憶される。さらに、DSC（Digital Scan Converter：デジタルスキャンコンバータ）24において走査フォーマットの変換を行うことにより、超音波ビームの走査空間における画像データが物理空間における画像データに変換される。なお、3次元画像の表示を行う場合には、メモリ22とDSC24との間に3次元画像構成部23を組み込んでも良い。3次元画像構成部23は、メモリ22に蓄積された複数枚の断層データから、ある体積についてのデータであるボクセル（voxel）データを生成する。DSC24によって走査フォーマットが変換された画像データは、D

20

【0024】

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。

本実施形態においては、N本の超音波ビームの内の隣接する2つの超音波ビーム間の位相差が $\pi + 2n\pi$ （nは整数であり、以下においては0とする）となるように、送信ビームフォーマット及び送信遅延コントロール部11が複数の駆動信号の遅延量を調整する。その他の点に関しては、第1の実施形態と同様である。例えば、図9に示すように、位相が 180° ずつ回転している4本の超音波ビーム1～4が、角度 ϕ' ずつ離れた4つの方向に並列的に送信される。これらの超音波ビームは、同じ方向に移動するようにステアリング

30

【0025】

図10に、これら4本の超音波ビームの波形を示し、図11に、合成される送信波の角度に対する強度分布を示す。図11においては、2次元トランスデューサアレイの中心から一定の距離における送信波の強度分布が示されている。ここで、破線は、従来技術において複数の送信ビームの位相を同一とした場合における送信波の強度分布を示している。これに対し、実線は、本実施形態において複数の送信ビームの位相を 180° ずつ回転させた場合における送信波の強度分布を示しており、隣接する超音波ビームの送信方向の中点においては、位相が 180° ずれた送信波の打ち消し合いにより送信音圧が低下する。

【0026】

40

図12は、角度に対する受信特性を示したものである。図11に示す送信波の強度分布と、図12に示す受信特性とを掛け合わせると、図13に示すような受信波の強度分布が求められる。図13において、破線は、従来技術において複数の送信ビームの位相を同一とした場合における受信波の強度分布を示している。これに対し、実線は、本実施形態において複数の送信ビームの位相を 180° ずつ回転させた場合における受信波の強度分布を示しており、同期検波又は相関処理によってクロストークが低減できることを示している。本実施形態においては、隣接する超音波ビームのピークは残るものの、ディップをより深くすることができるので、超音波ビームの送信方向の近傍におけるコントラストが上昇する。

【0027】

50

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、異なる位相を有する複数の超音波ビームによって被検体を並列的に走査することにより、複数の方向から反射される超音波エコー間のクロストークを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】超音波ビームの偏向に必要な遅延量について説明するための図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態における送信波の時間間隔に関する条件について説明するための図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態における複数の超音波ビームの送信について説明するための図である。 10

【図 5】本発明の第 1 の実施形態において送信される 3 本の超音波ビームの波形を示す図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施形態における送信波の強度分布を示す図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施形態における受信特性を示す図である。

【図 8】本発明の第 1 の実施形態における受信波の強度分布を示す図である。

【図 9】本発明の第 2 の実施形態における複数の超音波ビームの送信について説明するための図である。

【図 10】本発明の第 2 の実施形態において送信される 3 本の超音波ビームの波形を示す図である。 20

【図 11】本発明の第 2 の実施形態における送信波の強度分布を示す図である。

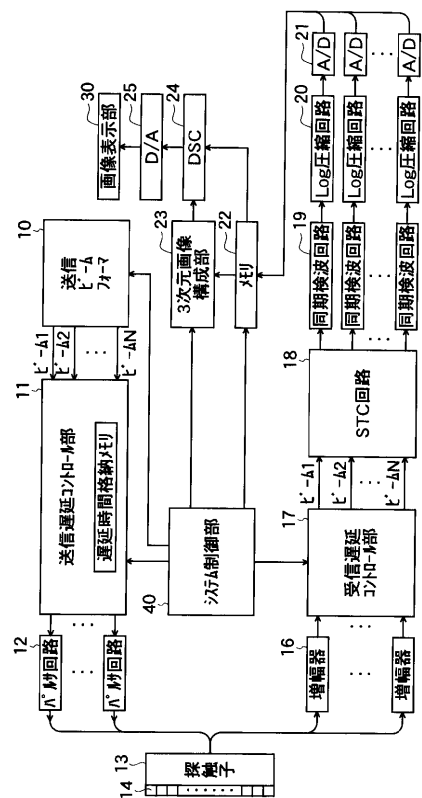
【図 12】本発明の第 2 の実施形態における受信特性を示す図である。

【図 13】本発明の第 2 の実施形態における受信波の強度分布を示す図である。

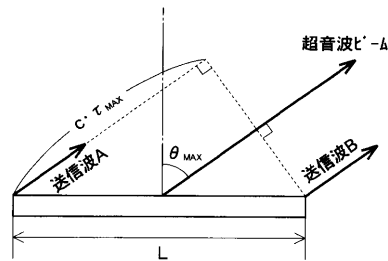
【符号の説明】

10	送信ビームフォーマ	
11	送信遅延コントロール部	
12	パルサ回路	
13	超音波用探触子	
14	超音波トランスデューサ	
16	前置増幅器	30
17	受信遅延コントロール部	
18	STC回路	
19	同期検波回路	
20	Log圧縮回路	
21	A/Dコンバータ	
22	メモリ	
23	3次元画像構成部	
24	DSIC	
25	D/Aコンバータ	
30	画像表示部	40
40	システム制御部	

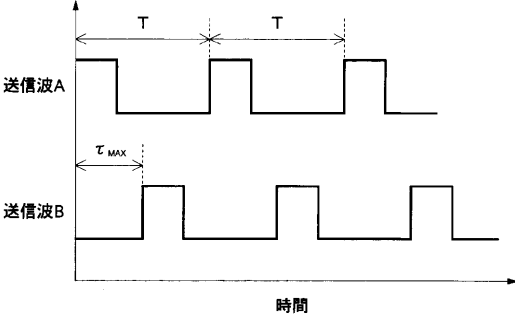
【図 1】



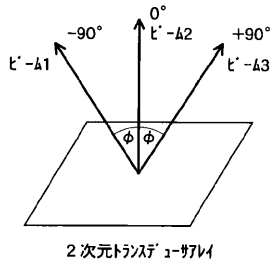
【図 2】



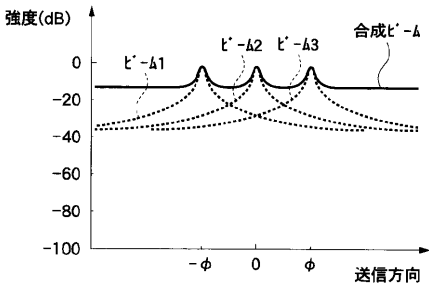
【図 3】



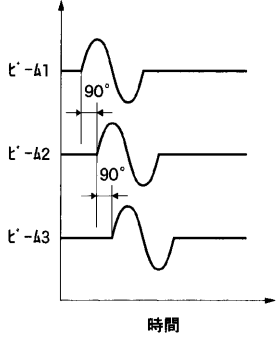
【図 4】



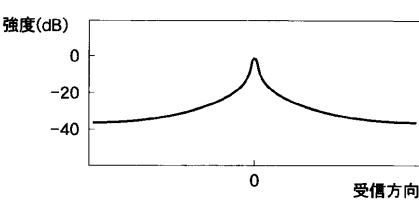
【図 6】



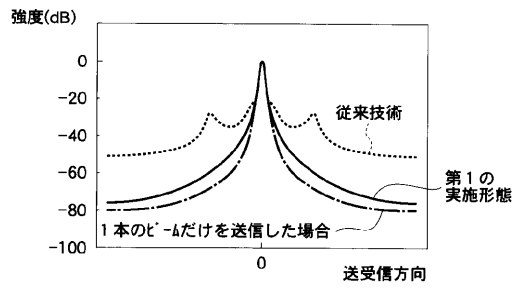
【図 5】



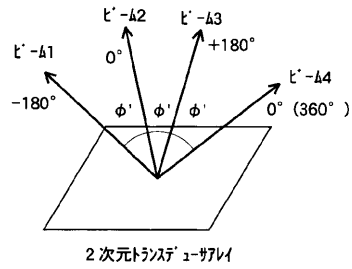
【図 7】



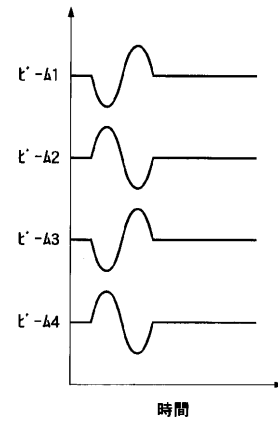
【図 8】



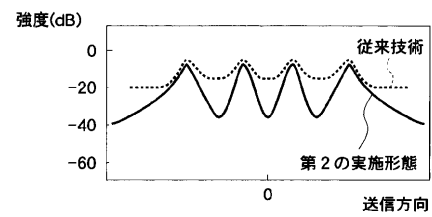
【図 9】



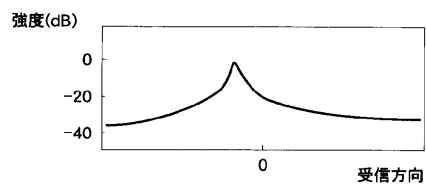
【図 10】



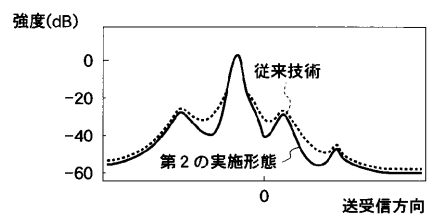
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4C301 AA02 BB22 EE04 EE10 GB09 HH07 HH13 HH14 HH33 HH38
HH51 JB24 JB28 JB29
4C601 BB05 BB06 EE02 EE07 GB01 GB03 GB06 HH14 HH22 HH23
HH31 JB01 JB03 JB21 JB34 JB35 JB37 JB41 JB45

专利名称(译)	超音波撮像装置及び超音波撮像方法		
公开(公告)号	JP2004113694A	公开(公告)日	2004-04-15
申请号	JP2002285000	申请日	2002-09-30
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片有限公司		
[标]发明人	佐藤智夫		
发明人	佐藤 智夫		
IPC分类号	G01N29/26 A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/26.503		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BA03 2G047/BB04 2G047/BC13 2G047/CA01 2G047/DB02 2G047/DB14 2G047/EA04 2G047/EA09 2G047/GB02 2G047/GB17 2G047/GF08 2G047/GF17 2G047/GF20 2G047/GF22 2G047/GF31 2G047/GF34 2G047/GG09 2G047/GG21 2G047/GG29 2G047/GG34 2G047/GG36 4C301/AA02 4C301/BB22 4C301/EE04 4C301/EE10 4C301/GB09 4C301/HH07 4C301/HH13 4C301/HH14 4C301/HH33 4C301/HH38 4C301/HH51 4C301/JB24 4C301/JB28 4C301/JB29 4C601/BB05 4C601/BB06 4C601/EE02 4C601/EE07 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/GB06 4C601/HH14 4C601/HH22 4C601/HH23 4C601/HH31 4C601/JB01 4C601/JB03 4C601/JB21 4C601/JB34 4C601/JB35 4C601/JB37 4C601/JB41 4C601/JB45		
代理人(译)	宇都宫正明		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：为了减少从多个方向反射的超声波回波之间的串扰，同时采用同时发射和接收多个超声波束的多光束方法，以获得高采样率的超声波图像。提供一种可以使用的超声成像装置。超声波成像设备根据多个驱动信号形成超声波束，并将超声波束发送到对象，并且超声波探头13接收从对象反射的超声波回波。为了通过具有不同相位的多个超声波束并行地扫描被检体，发送侧电路10至12调整了多个驱动信号的延迟量并向超声波探头提供信号，超声波探测器接收超声波回波而获得的多个检测信号，通过基于超声波回波的相位信息的处理，在接收侧电路16至25中获得关于被检体的图像信息。和。[选型图]图1

