(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4945769号
(P4945769)

(45)発行日　平成24年6月6日(2012.6.6)　(24)登録日　平成24年3月16日(2012.3.16)

(51)Int.Cl.		F I		
H04R 17/00	(2006.01)	H04R	17/00	332Y
H04R 1/24	(2006.01)	H04R	1/24	330
G01N 29/24	(2006.01)	G01N	29/24	502
A61B 8/00	(2006.01)	A61B	8/00	
		H04R	17/00	330J

請求項の数 23　(全 21 頁)

(21)出願番号　特願2008-523824 (P2008-523824)
(86)(22)出願日　平成18年7月26日 (2006.7.26)
(65)公表番号　特表2009-503990 (P2009-503990A)
(43)公表日　平成21年1月29日 (2009.1.29)
(86)国際出願番号　PCT/NO2006/000285
(87)国際公開番号　WO2007/013814
(87)国際公開日　平成19年2月1日 (2007.2.1)
審査請求日　平成21年7月10日 (2009.7.10)
(31)優先権主張番号　60/702,423
(32)優先日　平成17年7月26日 (2005.7.26)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　512009713
サーフ　テクノロジー　アクティーゼルスカブ
ＳＵＲＦ　ＴＥＣＨＮＯＬＯＧＹ　ＡＳ
ノルウェー国　７４９１　トロンヘイム　リチャード　ビルケランズ　ヴェイ　２　ベー　イノベーションズセンター　グロスハーゲン内
(74)代理人　100068755
弁理士　恩田　博宣
(74)代理人　100105957
弁理士　恩田　誠
(74)代理人　100142907
弁理士　本田　淳

最終頁に続く

(54)【発明の名称】二重周波数帯域の超音波送受波器アレイ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
高周波帯域超音波パルスを受信する超音波伝達アレイプローブであって、前記超音波伝達アレイプローブの前部は互いに異なる低周波帯域超音波パルスと前記高周波帯域超音波パルスを送信し、前記超音波伝達アレイプローブの前面であるプローブ前面は、低周波帯域放射面と高周波帯域放射面とを有し、前記低周波帯域放射面の少なくとも一部と、前記高周波帯域放射面の少なくとも一部とは、両者に共通する領域としての共通領域（３０２）に有し、
前記超音波伝達アレイプローブはさらに、
前記共通領域（３０２）の少なくとも一部において、前記共通領域（３０２）に対して垂直な厚さ方向に積層された多層構造であって、前記多層構造は、低周波電気音響伝達のための低周波圧電層（３１３）と、高周波電気音響伝達のための高周波圧電層（３０４）とを含み、前記高周波圧電層（３０４）と前記共通領域（３０２）の間の距離は、前記低周波圧電層（３１３）と前記共通領域（３０２）の間の距離よりも小さいことと；
前記高周波圧電層（３０４）と低周波圧電層（３１３）の間に配置される音響分離区画（３１７）であって、前記音響分離区画（３１７）は、前記厚さ方向に積層された第１音響層とバッキング層（３１８）を含み、前記バッキング層（３１８）と前記共通領域（３０２）の間の距離は、前記第１音響層と前記共通領域（３０２）の間の距離よりも大きいことと
を備えることを特徴とする、超音波伝達アレイプローブ。

【請求項２】
前記バッキング層（３１８）は、１７ＭＲａｙｌよりも大きい特性音響インピーダンスを有し、
前記第１音響層は、５ＭＲａｙｌよりも小さい特性インピーダンスを有する、
請求項１記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項３】
前記バッキング層（３１８）は、Ｃｕ、Ａｇ、Ａｕ、Ｐｄ、Ｐｔ、Ｗの材料、これらの材料の合金、これらの材料のうちの１つの粉体、または互いに焼結もしくは接着されたそれらの合金から作られる、
請求項２記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項４】
前記バッキング層（３１８）は、セラミック層を含む、
請求項１記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項５】
前記低周波圧電層（３１３）は、セラミック／ポリマー複合材料として作られ、
前記セラミック／ポリマー複合材料は後面からサイの目に切られるが、前記低周波圧電層（３１３）に渡って全部まではサイの目に切られておらず、その結果、前記低周波圧電層（３１３）の前部は、前記バッキング層（３１８）を形成する横方向連続層を形成する、
請求項４記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項６】
前記第１音響層は、Ｃｕ、Ａｇ、Ａｕ、Ｐｄ、Ｐｔ、Ｗの材料、これらの材料の合金、これらの材料のうちの１つの粉体、または互いに焼結もしくは接着されたそれらの合金から作られる、
請求項５記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項７】
高周波帯域超音波パルスを受信する超音波伝達アレイプローブであって、前記超音波伝達アレイプローブの前部は低周波帯域超音波パルスと前記高周波帯域超音波パルスを送信し、前記超音波伝達アレイプローブの前面であるプローブ前面は低周波帯域放射面と高周波帯域放射面とを有し、前記低周波帯域放射面の少なくとも一部と、前記高周波帯域放射面の少なくとも一部とは、両者に共通する領域としての共通領域に有し、
前記超音波伝達アレイプローブはさらに、
前記共通領域の少なくとも一部において、前記共通領域に対して垂直な厚さ方向に積層された多層構造を備え、
前記多層構造は圧電層と、前記圧電層の前面に配置される基板層とを備え、
前記圧電層は、低周波電気音響伝達と高周波電気音響伝達のうちの一方を行なうように構成され、
前記基板層の前面には、前記低周波電気音響伝達と前記高周波電気音響伝達のうちの他方のための伝達薄膜が設けられ、
前記多層構造は、前記低周波帯域放射面に少なくとも１つの低周波アレイ要素を有する低周波伝達要素アレイと、前記高周波帯域放射面に少なくとも１つの高周波アレイ要素を有する前記高周波伝達要素アレイとを備え、
前記共通領域において、前記低周波アレイ要素が有する放射面は、前記高周波アレイ要素が有する放射面よりも大きい、
超音波伝達アレイプローブ。
【請求項８】
前記圧電層によって、前記低周波電気音響伝達が得られる、
請求項７記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項９】
前記圧電層によって、前記高周波電気音響伝達が得られる、

請求項７記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項１０】
高周波帯域超音波パルスを受信する超音波伝達アレイプローブであって、前記超音波伝達アレイプローブの前部は低周波帯域超音波パルスと前記高周波帯域超音波パルスを送信し、前記超音波伝達アレイプローブは、低周波帯域放射面と高周波帯域放射面と基板とを備え、前記低周波帯域放射面と前記高周波帯域放射面とは、前記超音波伝達アレイプローブの前面であるプローブ前面に形成され、前記基板は前記プローブ前面よりも後ろ側に位置し、
前記低周波帯域放射面の少なくとも一部と、前記高周波帯域放射面の少なくとも一部とは、互いに共通する領域としての共通領域に有し、
前記基板には、少なくとも１つの低周波伝達薄膜と少なくとも１つの高周波伝達薄膜とが設けられ、前記高周波伝達薄膜は前記基板の前面に形成され、前記低周波伝達薄膜は前記高周波伝達薄膜よりも後ろ側に形成され、
前記低周波伝達薄膜は低周波電気音響伝達を行ない、
前記高周波伝達薄膜は高周波電気音響伝達を行ない、
前記低周波伝達薄膜は、前記共通領域において少なくとも１つの低周波要素を有する低周波アレイを構成し、
前記高周波伝達薄膜は、前記共通領域において少なくとも１つの高周波要素を有する高周波アレイを構成し、
前記低周波要素の半径は、前記高周波要素の半径よりも大きいことを特徴とする、超音波伝達アレイプローブ。
【請求項１１】
前記高周波伝達薄膜は、前記低周波伝達薄膜よりも前に配置される、
請求項１０記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項１２】
前記低周波伝達薄膜から発せられた低周波ビームと、前記高周波伝達薄膜から発せられた高周波ビームとが前記共通領域から発せれるように見えるように、前記高周波伝達薄膜と低周波伝達薄膜は互いに接近して並べられる、
請求項１０記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項１３】
前記多層構造は複数の伝達要素を含み、
前記低周波帯域放射面と前記高周波帯域放射面のうちの少なくとも１つは、複数の前記伝達要素のスパースアレイとして形成され、
高周波送信開口のポテンシャル格子ローブと、低周波送信開口のポテンシャル格子ローブとは、空間上において重複しない、
請求項１，７，および１０何れか一項記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項１４】
高周波帯域超音波パルスを受信する超音波伝達アレイプローブであって、前記超音波伝達アレイプローブの前部は低周波帯域超音波パルスと前記高周波帯域超音波パルスを送信し、前記超音波伝達アレイプローブは、
低周波電気音響伝達を行なう低周波伝達要素アレイと、高周波電気音響伝達を行なう高周波伝達要素アレイとを備え、
前記低周波伝達要素アレイと前記高周波伝達要素アレイはアレイ面において互いに異なる位置に形成され、前記低周波伝達要素アレイは少なくとも１つの低周波アレイ要素を有し、前記高周波伝達要素アレイは少なくとも１つの高周波アレイ要素を有し、
前記低周波アレイ要素それぞれからなる低周波帯域放射面と、前記高周波アレイ要素それぞれからなる高周波帯域放射面は両者の共通領域を少なくとも一部に有し、前記低周波帯域放射面と前記高周波帯域放射面とは、前記超音波伝達アレイプローブの前面であるプローブ前面に形成され、前記低周波伝達要素アレイと前記高周波伝達要素アレイは、前記プローブ前面よりも後ろ側に位置し、

前記共通領域において、前記低周波アレイ要素それぞれからなる前記低周波帯域放射面は、前記高周波アレイ要素それぞれからなる前記高周波帯域放射面よりも大きく、
前記低周波帯域放射面の外縁境界は、前記高周波帯域放射面よりも外部に位置することを特徴とする、超音波伝達アレイプローブ。
【請求項１５】
高周波帯域超音波パルスを受信する超音波伝達アレイプローブであって、前記超音波伝達アレイプローブの前部は低周波帯域超音波パルスと前記高周波帯域超音波パルスを送信し、前記超音波伝達アレイプローブは、
低周波電気音響伝達を行なう低周波伝達要素アレイと、高周波電気音響伝達を行なう高周波伝達要素アレイとを備え、
前記低周波伝達要素アレイと前記高周波伝達要素アレイはアレイ面において互いに異なる位置に形成され、
前記低周波伝達要素アレイの低周波アレイ要素それぞれからなる低周波帯域放射面と、前記前記高周波伝達要素アレイの高周波アレイ要素それぞれからなる高周波帯域放射面は両者の共通領域を少なくとも一部に有し、前記低周波帯域放射面と前記高周波帯域放射面とは、前記超音波伝達アレイプローブの前面であるプローブ前面に形成され、前記低周波伝達要素アレイと前記高周波伝達要素アレイは、前記プローブ前面よりも後ろ側に位置し、
前記共通領域において、前記低周波伝達要素アレイ要素それぞれからなる前記低周波帯域放射面は、前記高周波伝達要素アレイ要素それぞれからなる前記高周波帯域放射面よりも大きく、
前記高周波送信放射面の中心周りの領域に、アクティブな低周波送信面が無い領域が存在することを特徴とする、超音波伝達アレイプローブ。
【請求項１６】
前記低周波伝達要素アレイと前記高周波伝達要素アレイは、
・単一の要素アレイ；
・前記伝達要素の環状アレイ；
・前記伝達要素のリニアアレイ；および
・前記伝達要素の２次元アレイ
のうちの１つとして配置される、
請求項１４または１５記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項１７】
高周波帯域超音波パルスを受信する超音波伝達アレイプローブであって、前記超音波伝達アレイプローブの前部は低周波帯域超音波パルスと前記高周波帯域超音波パルスを送信し、前記超音波伝達アレイプローブは、
低周波帯域放射面と高周波帯域放射面と；
低周波伝達要素と高周波伝達要素と
を備え、
前記低周波帯域放射面と前記高周波帯域放射面とは、前記超音波伝達アレイプローブの前面であるプローブ前面に形成され、前記低周波伝達要素アレイと前記高周波伝達要素アレイは、前記プローブ前面よりも後ろ側に位置し、
前記低周波帯域放射面と前記高周波帯域放射面とは、両者の共通領域を少なくとも一部に有し、
前記低周波伝達薄膜は低周波電気音響伝達を行ない、
前記高周波伝達薄膜は高周波電気音響伝達を行ない、
前記低周波伝達要素は選択的に動作可能であり、その結果、前記低周波帯域放射面の大きさは、
ａ）　前記高周波帯域放射面に等しいこと、
ｂ）　少なくとも前記高周波帯域放射面の外部の領域まで前記低周波帯域放射面が位置すること、

ｃ）　前記高周波帯域放射面の中央領域に前記低周波帯域放射面が位置し、且つ前記高周波帯域放射面の前記中央領域にはアクティブな低周波帯域放射面が無いこと、および
ｄ）　ｂ）とｃ）の組合せ
のうちの１つになるように選択的に可変であることを特徴とする、超音波伝達アレイプローブ。
【請求項１８】
請求項１または７記載の前記超音波伝達プローブを用いた超音波機器であって、
前記多層構造の厚みは前記共通領域の面全体に亘って一定であり、
低周波伝達開口と高周波伝達開口の大きさは、前記多層構造のアレイ要素への電気的接続によって電気的に選択される、超音波機器。
【請求項１９】
請求項１７または１８記載の前記超音波伝達プローブを用いた超音波機器であって、
動作する低周波伝達開口は、
ａ）画像範囲に依存、超音波画像診断法に依存、および用途に依存した機器による自動選択；および
ｂ）機器操作装置を介しての機器オペレータによる直接選択、
のうちの１つによって選択される、超音波機器。
【請求項２０】
請求項１４または１５記載の前記超音波伝達プローブを用いた超音波機器であって、
前記低周波伝達要素アレイと前記高周波伝達要素アレイを含む多層構造の厚みは前記共通領域の面全体に亘って一定であり、
低周波伝達開口と高周波伝達開口の大きさは、前記多層構造のアレイ要素への電気的接続によって電気的に選択され、
動作する前記低周波伝達開口は、
ａ）画像範囲に依存、超音波画像診断法に依存、および用途に依存した機器による自動選択；および
ｂ）機器操作装置を介しての機器オペレータによる直接選択、
のうちの１つによって選択される、超音波機器。
【請求項２１】
前記低周波伝達要素アレイは選択的に動作可能であり、その結果、前記高周波帯域放射面は前記低周波帯域放射面よりも大きい、
請求項１４または１５記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項２２】
前記超音波伝達アレイプローブは更に、
前記多層構造が搭載されるバッキング材料と；
前記高周波圧電層の前に配置される高周波音響整合部と
を備える、
請求項１記載の超音波伝達アレイプローブ。
【請求項２３】
前記低周波圧電層と前記高周波圧電層は、それぞれ連続的に延びる、
請求項１記載の超音波伝達アレイプローブ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、少なくとも２つの周波数帯域において同時に動作する効率的な音響（音波および超音波）バルク波送受波器の技術および設計に関する。送受波器の用途は、たとえば、医用超音波画像診断、非破壊検査、産業用および生物学用検査、地質学的用途、およびソナー用途であるが、これらに限定されるものではない。
【背景技術】
【０００２】

医用超音波画像診断における組織および超音波造影剤の微泡の非線形弾性の利用は、より少ない雑音を持った改善された画像を提供する。最も広い使用は、所謂「高周波画像化」におけるものであり、送信周波数帯域の第２高周波成分が、画像化に使用される。画像化用の送信パルスの第３および第４高周波成分の使用は、特許文献１にも示されている。

【０００３】

二重帯域送信パルスは非特許文献１において使用されている。さらなる例が特許文献２に示されており、ここでは、送信帯域の合計および差の帯域が、検出された造影剤の微泡からの非線形散乱において生じる。この二重帯域送信のさらなる開発は、特許文献３および特許文献４においてなされている。

【０００４】

特許文献５および特許文献６は、低減した雑音を持った画像、非線形散乱画像、および量的物体パラメータを提供し、超音波および音響画像化の使用を大幅に向上させる二重帯域送信超音波および音響複合パルスの異なる使用について詳細に記述している。本方法は、送信および後方散乱画像化の両方に適用可能である。これらの用途に対して、図１ａと図１ｂにおける例によって示されるような二重帯域複合パルスを送信するであろう。ここで、図１ａにおいては、高周波（ＨＦ）パルス１０１は、低周波（ＬＦ）パルス１０２のピーク圧力に乗っている。図１ｂは、ＨＦパルス１０３がＬＦパルス１０２の最大勾配に乗っている別の状況を示している。

【特許文献１】米国特許第６，４６１，３０３号明細書
【特許文献２】米国特許第５，４１０，５１６号明細書
【特許文献３】米国特許第６，３１２，３８３号明細書
【特許文献４】米国特許出願第１０／８６４，９９２号明細書
【特許文献５】米国特許出願第１０／１８９，３５０号明細書
【特許文献６】米国特許出願第１０／２０４，３５０号明細書
【非特許文献１】Ｂｒ　Ｈｅａｒｔ　Ｊ．，「Ｍ－モードおよびドップラー測定（Ｍ－ｍｏｄｅ　ａｎｄ　Ｄｏｐｐｌｅｒ　ｍｅａｓｕｒｅｍｅｎｔ）」、英国心臓医学学会誌、１９８４年1月；５１（１）巻：６１～６９頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

ＬＦおよびＨＦパルスの中心周波数の比は、典型的には、１：５～１：２０の範囲内にあることができ、同時に、ＨＦパルスは、画像の規定された深度範囲の全体に亘るＬＦパルスの規定された区間内になければならない。これらの必要条件は、送受波器アレイの設計に対する次の２つの課題を提供している。

【０００６】

１．画像の深度範囲の全体に亘るＬＦパルスの範囲区間内でＨＦパルスが伝播するために、ＨＦおよびＬＦ放射面は、大きい共通領域を有していなければならない。一般に、用途に依存してＭＰａ単位でのＨＦおよびＬＦパルスにおけるパルス圧が望まれる。これは、電気から音響への高い変換効率を必要とし、それは、現在の送受波器技術によって、伝達の共振動作と共に得られ、それは、換言すれば、現在の超音波送受波器アレイの限定された動作周波数帯域を与え、それらは、記述された用途に対する必要な周波数帯域（典型的には、１：５～１：１５）を包含しない。ＨＦおよびＬＦ放射面の大部分が共通であることを必要とするので、この広帯域は、アレイの構造上の振動設計に対して特別な課題を呈している。

【０００７】

２．ＨＦおよびＬＦパルス間の大きい周波数分離は、ＬＦパルスの波長がＨＦパルスの波長よりも大幅に長い（典型的には、５～１５倍）ことを意味し、それは、ＬＦパルス・ビームがＨＦパルス・ビームよりも大幅に高い回折ビーム発散となる傾向があることを意味している。したがって、大きな深度で高いＬＦ圧力を維持するＬＦビームの適切なコリメーションについては、或る用途において、ＨＦ開口よりも大きいＬＦ開口幅を使用する

必要がある。これは、伝播距離を持ったＬＦパルスに対するＨＦパルスの位置の滑りを生じさせ、それは、二重周波数放射面の設計に対する特別な必要条件を設定する。

【０００８】

別の用途においては、同一のプローブから、治療（組織の異常高熱またはキャビテーション破壊）に対して低周波（たとえば、０．５～２ＭＨｚ）を送信したい一方で、同一のプローブ表面から、より高い周波数（たとえば、５～１０ＭＨｚ）での超音波画像化も提供することができる。さらに別の用途においては、単に、同一のプローブから、より大きい深度範囲での画像化に利用可能なより大きい周波数帯域を有したい。

【０００９】

本発明は、低および高周波間の大きい分離と、深度を持った送信ＨＦおよびＬＦパルス間の限定された位置／位相滑りとを持つ二重帯域超音波複合パルスを伝送／受信することができる送受波器設計のこれらの課題に対する幾つかの解決策を提示する。我々は、本発明において、ＨＦ帯域のみの受信と共にＬＦ／ＨＦ複合パルスを送信する状況に主として関与するが、相互性により、プローブがＬＦ帯域を受信するために使用されることもできることは明らかである。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

本発明は、少なくとも部分的に共通な放射面を通じた広く分離された低周波（ＬＦ）および高周波（ＨＦ）帯域における周波数を持った超音波パルスを送信／受信する超音波プローブのための一般的な必要性に対する解決策を提示し、その結果、ＬＦおよびＨＦビーム・パルスは、規定された位相関係を持ったプローブの前で重複する。

【００１１】

本発明にかかる１つの実施形態において、ＬＦおよびＨＦパルスは、前面にＨＦ圧電層を持った互いの上にスタックされた別個の圧電層と、ＨＦおよびＬＦ圧電層間の分離区画で生成され、分離区画は、少なくとも２つの音響層からなる。分離区画のバッキング層は、好ましくは、重い材料、たとえば、Ｃｕ、Ａｇ、Ａｕ、Ｐｄ、Ｐｔ、Ｗ、またはそのような材料の合金、またはそのような材料の粉体の混合物、または、ポリマーのような溶剤において互いに焼結もしくは接着させたそれらの合金である。さらに、本発明は、分離区画の後面層がセラミック（ＬＦ圧電層の一部）である場合の解決策を提示する。このセラミック製バッキング層は、Ｃｕ、Ａｇ、Ａｕ、Ｐｄ、Ｐｔ、Ｗ、またはそのような材料の粉体とポリマーとの混合物のような重い材料の薄い層（λ／２０程度）と便利なように組み合わせられる。

【００１２】

本発明にかかる別の実施形態において、ＬＦおよびＨＦパルスのうちの一方は、ｃｍｕｔ／ｐｍｕｔ技術によって活性化された基板上の振動薄膜で生成され、ＬＦおよびＨＦパルスの他方は、圧電層で生成される本発明にかかるさらに別の実施形態において、ＬＦおよびＨＦパルスの両方は、共通の基板上のｃｍｕｔ／ｐｍｕｔ薄膜で生成される（互いに並んで、または、ＬＦ薄膜の上にＨＦ薄膜、のいずれか）。

【００１３】

本発明は、スパース・アレイと共に使用されることもでき、ここでは、ＨＦ開口からの格子ローブは、たとえば、特許文献５および特許文献６にかかる画像化技術による送信ＨＦ格子ローブの効果を抑制するために、ＬＦ開口のポテンシャル格子ローブとは異なっているべきである。

【００１４】

アレイは、一般的な性質であることが可能である（たとえば、線形フェーズドもしくはスイッチド・アレイ、または環状アレイ）。たとえば、１．５Ｄ、１．７５Ｄ、および完全な２Ｄアレイに対する高さ方向におけるリニア・アレイの要素区画もまた、本発明の範囲内である。ＨＦおよびＬＦのアレイの異なる要素区画をさらに有することもできる。さらに、本発明は、本発明にかかる超音波二重周波数プローブを使用した機器を規定し、ＬＦ開口の少なくとも放射領域は、ＨＦ開口よりも大きい、ＨＦ送信開口と同等のものに選

択可能に変化することができ、ＨＦ放射領域は、ＬＦ放射領域の一部であるか、または、ＨＦ放射領域は、ＬＦ放射無しに中央領域を包含することができる。ＬＦ送信開口は、画像深度および画像モダリティに依存する機器によって自動的に、または機器操作パネルから機器オペレータによって手動で選択されることができる。

【００１５】

我々は、この発明において、二重帯域複合パルスの送信に主として関与し、ここでは、アレイがＬＦおよびＨＦ帯域の両方における超音波パルスの受信に使用されることがき、また、使用されるであろうことは当業者の誰にとっても明らかである。特許文献５および特許文献６に記述された方法は、後方散乱ＨＦパルスのみを受信し、ここでは、ＨＦアレイは、公知の方法にかかる深度を持った動的に拡大する受信開口を使用することができるように配置されるのが自然であり、大きい深度用のＨＦ受信開口は、典型的には、ＬＦ送信開口と等しいかまたはそれよりも大きくなることがある。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１６】

さて、本発明の実施形態の例が図面に関して記述されるであろう。送信したい二重周波数パルスの典型的な例は、上述したように図１ａと図１ｂに示されている。アレイの設計における課題は、ＨＦパルスが画像範囲に対してＬＦパルスの所望の位置に維持される一方で、ＬＦパルスの適切な振幅を維持するような放射面の設計と、同一面からの周波数間のそのような広い分離を持ったＬＦおよびＨＦパルスの送信を可能にする振動構造の設計との両方にある。

【００１７】

用途のうちの幾つかにおいて、ＨＦパルスの位置でのＬＦパルスの振幅が大きく、且つ、可及的に画像化範囲全体に亘って一定に近いことは重要である。これは、ＨＦパルスと比較してＬＦパルスの長い波長によりＬＦビームの回析広がりを回避するように、ＬＦ放射面の大きい開口を必要とする。ＨＦ送信開口の幅は、ＨＦ送信焦点領域の長さの要求によって限定されることがある。これは、ＨＦ開口よりも大きいＬＦ開口が好ましい状況を与え、それは、ＬＦパルスに対するＨＦパルスの位置の滑りを導入する。

【００１８】

この滑る現象のさらなる解析について、我々は、円形開口を検討する。なぜならば、そのような開口の軸上にフィールドの解析表示を有しているからである。図２は、例として、直径D_{HO}を持った円形のＨＦ送信開口２０１と、たとえば外径D_{LO}および内径D_{LI}を持ったリングとして示される同心のＬＦ送信開口２０２を示している。断面図は、２０３としてＨＦおよびＬＦ送信開口（たとえば、２０４として、それらが同一の焦点Ｆに曲げられている）を示している。周波数ωでのＬＦおよびＨＦ開口用の送信軸方向持続波フィールドは、次式（１）として与えられるように軸方向距離ｚの関数である。

【００１９】

【数１】

$$P_{LF}(z;\omega)=H_{LF}(z;\omega)P_{L0}=i2e^{-ik(R_{LO}(z)+R_{LI}(z))/2}\frac{\sin k\left(R_{LO}(z)-R_{LI}(z)\right)/2}{F-z}FP_{L0}\qquad k=\frac{\omega}{c}$$

(1)

$$P_{HF}(z;\omega)=H_{HF}(z;\omega)P_{H0}=i2e^{-ik(R_{HO}(z)+z)/2}\frac{\sin k\left(R_{HO}(z)-z\right)/2}{F-z}FP_{H0}$$

【００２０】

ここで、ωは、送信パルスの角周波数であり、ｃは、超音波伝搬速度である。２０５として示されるR_{LO}（ｚ）は、Ｚ軸上のＬＦ開口の外縁から点ｚ（２０８）までの距離であり、２０６として示されるR_{LI}（ｚ）は、Ｚ軸上のＬＦ開口の内縁から２０８までの距

離であり、２０７として示されるＲ$_{ＨＯ}$（ｚ）は、Ｚ軸上のＨＦ開口の外縁から２０８までの距離である。Ｐ$_{ＬＯ}$は、開口でのＬＦ送信圧力である一方、Ｐ$_{ＨＯ}$は、開口でのＨＦ送信圧力である。位相項は、次式（２）のように、それぞれ、ＬＦおよびＨＦ開口からの平均伝播遅れを表わしている。

【００２１】

【数２】

$$\tau_{LF}(z)=\frac{1}{2c}\left(R_{LO}(z)+R_{LI}(z)\right) \qquad \tau_{HF}(z)=\frac{1}{2c}\left(R_{HO}(z)+z\right) \qquad (2)$$

【００２２】

したがって、我々は、ＨＦおよびＬＦ送信開口の境界が異なるときに、ＨＦおよびＬＦパルスが、互いに異なるｚ－依存の伝播遅延を得、また、ＬＦパルスに対するＨＦパルスの位置が、深度ｚ１，ｚ２，およびｚ３に対して２０９～２１１に示されるような深度で滑るであろうことを理解する。上記の公式が円形開口用に開発されているとはいえ、それらは、任意の形状の開口に対する一般的な原理を示している。なぜならば、放射されるビームは、開口上のすべての点を起源とする球面波間の干渉として生じるからである（ホイヘンスの原理）。したがって、ＨＦ開口の外方のＬＦ開口上の点から発せられる波は、ＨＦ開口上の点よりも長い軸までの伝播距離を有するであろう。これらの伝播距離間の差は、深度ｚに応じて変わり、したがって、それはＨＦおよびＬＦパルス間の滑りの位置が原因である。

【００２３】

我々は、ＬＦおよびＨＦ送信開口が等しいときには、ＬＦおよびＨＦパルス間の滑りはないが、上述したように、これは、多くの状況において、ＬＦ送信開口を限定することがあり、その結果、回析による高すぎるビーム発散が見られることを理解する。したがって、多くの場合、ＨＦ送信開口よりも広いＬＦ送信開口を有していることが望ましい。これは、深度を持ったＨＦおよびＬＦパルス間の或る滑りを生じさせ、それは、送信開口の測定決定を通じて許容限界間で確立されることができる。この滑りは、たとえば、ＬＦパルス振幅の変化を補償するための様々な目的に対して利用されることもでき、その結果、ＨＦパルスの位置で観測されるＬＦ圧力は、ＬＦパルス振幅よりも小さい深度に伴う変化を有している。

【００２４】

したがって、様々な測定状況が、ＬＦ振幅の許容範囲変化の様々な必要条件を加え、ＨＦおよびＬＦパルス間の滑りも位置づける。したがって、多くの場合、少なくともＬＦ送信開口が要素からなることを望まれ、その結果、ＬＦ送信開口の有効幅は、ＨＦおよびＬＦパルスの相対的送信タイミングと共に選択されることができ、その結果、所望の範囲において、２つパルスの最良の可能性のある振幅と相対位置とを得る。本発明装置は、そのようなプローブを使用した超音波機器であり、ここでは、能動ＬＦ送信開口面の選択は、用途（たとえば、多重散乱雑音の抑制、または造影剤微泡の検出）および画像深度に依存して本機器によって自動的に、または、機器オペレータによって手動でなされることができる。さらに、ＨＦ送信開口を変更することが望まれ、また、散乱ＨＦ信号の受信中に、典型的には、散乱深度に続いて焦点と共に動的に増大する受信開口が望まれる。したがって、好ましい解決策は、共通放射面を備えたＬＦおよびＨＦ複合アレイであるが、ここでは、実際のＬＦおよびＨＦ送信開口は、用途に対して選択されることができ、ＬＦ送信開口は、ＨＦ送信開口よりも典型的には大きい一方で、ＨＦ受信開口は、たとえば、深度を持った動的受信開口を備えた大きい深度でのＬＦ送信開口と同じくらい広く、または場合によれば当該ＬＦ送信開口よりも広く選択されることができる。

【００２５】

上記の例においては、ＬＦおよびＨＦ送信振幅は、共通の焦点を有しており、それは、殆どの状況では利点であるが、ＬＦおよびＨＦ送信焦点の差は、様々な目的に対するビー

ム設計において利用されることもできる。開口をアレイ要素に分割することによって、ＬＦおよびＨＦ開口の両方の焦点深度を、さらに、たとえば下の図５に関して議論されるように、公知の方法にかかるビーム方向を電子的に操作することができる。

【００２６】

共通放射面は、ＬＦおよびＨＦ周波数帯域間の広い分離によって電気／音響伝達の構造上の設計における課題を提供し、ここでは、本発明は、この問題に対する幾つかの解決策を提供している。同一の放射面からの広く分離された周波数を持ったＬＦおよびＨＦパルスの送信を可能にする圧電および音響層のスタックの最初の例が図３ａに示されている。この図は、音響充てん材３０１に接触する少なくとも１つの共通放射面３０２を通じて両方の周波数帯域を放射および受信する層構造の断面を示している。典型的な用途については、これに加えて、ＬＦおよびＨＦコンポーネントの両方は、共通面の外部の別個の面に亘って送信または受信されるであろう。しかしながら、開口全体に亘って等しいＬＦおよびＨＦ伝達関数については、下で議論するように、開口全体に亘って同一の厚さのスタックを使用し、能動素子電極の領域によってＬＦおよびＨＦ開口を規定することが有利である。

【００２７】

ＨＦパルスは、この例においては、音響充てん材３０１に接続する２つの音響整合層３０５および３０６を前に備えた圧電層３０４からなる送受波器アレイ・アセンブリ３０３によって受信および／または生成される。圧電層は、アレイ要素を電気的に規定する前面および後面上の１組の電極を有しており、ここでは、例として、図３ａは、その要素のための電気ポート３０９を生じさせる１つのアレイ要素用の電極３０７および３０８の断面を示している。ＨＦ帯域における電圧信号V_1を持った電気ポート３０９を駆動することは、高周波帯域の周波数を持った充てん材内に伝播する波３１０を生じさせる放射面３０２上の振動を生じさせるであろう。同様に、高周波帯域の周波数を持った入来波３１１は、ＨＦポート３０９に亘る電圧振動を生じさせるであろう。

【００２８】

ＬＦパルスは、この実施形態の例において、送受波器アレイ・アセンブリ３１２によって生成され、それは、ＬＦ構造からＨＦ構造へのＨＦ振動の音響絶縁のための層区画３１７で前面を覆われた圧電層３１３からなる。このＨＦ絶縁区画は、ＨＦ構造における共振に対するＬＦ構造の干渉を回避するために、ＨＦアセンブリ３０３からＬＦアセンブリ３１２への高い反射率を提供する。区画３１７は、少なくとも２層の音響層からなり、バッキング層またはこの区画の層群３１８は、下に記述される理由で高い音響インピーダンスを有している。送受波器アセンブリ全体は、非常に高い吸収性を持ったバッキング材料３２０に取り付けられ、バッキング材料における反射波を無視することができる。バッキング・インピーダンスは、下に記述されるように、絶縁区画３１７の適切な効果のために十分に高くなければならない。

【００２９】

さらに、この図は、特定のＬＦアレイ要素用の電極３１４および３１５の断面を示している。電極は、ＬＦ電気ポート３１６を構成し、ＬＦ帯域における電圧信号V_0を持ったこのポートを駆動することは、波３１０を充てん材３０１内に放射するアレイ前面３０２上のＬＦ振動を生じさせる。ＬＦ帯域においては、区画３１７の厚さは、非常に小さく、結果として、それはＬＦ振動を適切に送信する。多くの用途では、ＬＦアレイを送信器のみとして使用するであろうが、必要な場合には、アセンブリをＬＦ波の受信に使用することもできることは当業者には明らかである。

【００３０】

圧電層は、殆どの場合、公知の方法にかかる強誘電体セラミック、または強誘電体セラミックとポリマー充てん材との複合材料から作られている。強誘電体セラミックは、電気的に極性化されたときに圧電性になる。超音波アレイにおける要素は、圧電層の切断を通じて規定されることができ、そして、セラミック／ポリマー複合材料の場合には、これらの切断は、複合材料の切断と同時に生じることができ、電極は、アレイ要素を規定するた

めに使用される。要素電極は、多くの場合、セラミックに極性を持たせるために使用され、次に、要素寸法の二重性の定義を提供する。

【００３１】

ＨＦ圧電層３０４の厚さは、ＨＦおよびＬＦ周波数の広い分離によりＬＦ圧電層３１３の厚さよりも大幅に小さい。このため、要素間の、または、ＬＦ層の複合材料の切断は、ＨＦ層の切断時よりも厚い鋸歯を必要とする。したがって、実際の製造状況においては、ＨＦ層のセラミック・ポストがＬＦ圧電層におけるセラミックまたはポリマー充てん材に接続することを制御するのは困難である。整合区画３１７のＨＦ絶縁特性にＬＦセラミックまたはポリマー充てん材への接続に対する十分に低い感度を持たせるために、本発明装置は、高い音響インピーダンスを持った重い材料（たとえば、Ａｇ、Ｃｕ、Ａｕ、Ｐｄ、Ｐｔ、およびWのような金属、または下で議論するようなセラミック材料でも）から作られるＬＦ圧電層３１３に近い後面層または区画３１７の層群３１８である。層３１８の大きいせん断剛性は、セラミックまたはポリマー充てん材への３１７の接続に対する感度を低減する際にも助けになるであろうが、３１８の大きいせん断剛性は、ＬＦ要素間の横方向振動結合も導入するであろう。したがって、この層の厚さは、限定されるべきである一方で、前面から見られる区画３１７へのインピーダンスを、後ろ側のセラミックまたはポリマー充てん材への接続に依然として十分に鈍感にさせる。下で議論するように、λ／２０未満の層または複数の層３１８の厚さは、有用であると思われる。列挙した金属のうち、Ａｇ、Ａｕ、Ｐｄ、およびＰｔは、最低のせん断剛性を有しており、依然として、ＬＦアレイ要素間の最低の横方向結合を持ったセラミックまたはポリマー充てん材への接続に対する感度を低減することに最も効率的な材料を作る高質量密度を有している。絶縁区画３１７の他の層は、典型的には、高周波でλ／４の厚さを選択される。

【００３２】

前面から見られる区画３１７へのインピーダンスに対する層または複数の層３１８の効果の例は、図３ｂ～図３ｄに示されている。図３ｂにおいて、絶縁区画３１７は、１０ＭＨｚで厚さλ／４である単一のポリマー層からなる。曲線３２１は、この層が後面のセラミックに接続するときの周波数の関数として、３１７へのインピーダンスを示している。層３１３のセラミックへのインピーダンスは、セラミックが厚さλ／２の整数であるときのバッキング・インピーダンスZ_Bの低い値と、セラミックが厚さλ／４の奇数であるときの高い値（Z_{cer}）^{2}／Z_B＞Z_Bとの間で振動する。Z_{cer}は、セラミックの特性インピーダンスである。次に、λ／４ポリマー層は、１０ＭＨｚに近い周波数を持った振動へのこのインピーダンスに変換し、我々は、（Z_{pol}／Z_{cer}）^{2}＊Z_Bに近い最小値と、Z_{pol}^2／Z_Bに近いピーク値とを得、ここで、Z_{pol}は、λ／４ポリマー層３１７の特性インピーダンスである。曲線３２２は、この層がＬＦセラミック・ポスト間のポリマー充てん材に接続するときの周波数の関数として、前面からの３１７へのインピーダンスを示している。層３１３におけるポリマー充てん材へのインピーダンスは、充てん材が厚さλ／２の整数であるときのバッキング・インピーダンスZ_Bの高い値と、充てん材が厚さλ／４の奇数であるときの低い値（Z_{fill}）^{2}／Z_B＜Z_Bとの間で振動する。Z_{fill}は、層３１３のセラミック／ポリマー複合材料におけるセラミック・ポスト間のポリマー充てん材の特性インピーダンスである。次に、λ／４ポリマー層３１７は、このインピーダンスを１０ＭＨｚに近い振動変化に変換し、ピーク値は、（Z_{pol}／Z_{fill}）^{2}＊Z_Bに近づき、最小値は、Z_{pol}^2／Z_Bに近づく。

【００３３】

図３ｃは、２０μｍの厚さのＣｕ層３１８（Ｃｕの約λ／２５）が、図３ｂに記述されるλ／４ポリマー層の後ろ側に導入されるときの前面から見られる区画３１７へのインピーダンスを示している。曲線３２３は、Ｃｕ層がＬＦセラミック・ポスト間のポリマー充てん材に接続されるときの前面から見られる区画３１７へのインピーダンスを示している。この厚さのＣｕ層は、充てん材に見られるＣｕの質量負荷の付加的な誘導インピーダンスを与え、それは、λ／４層から見られる後面へのインピーダンスを増大させる。また、λ／４層は、このインピーダンスを帯域７～１３ＭＨｚにおける＜２ＭＲａｙｌのインピ

ーダンスに反転し、それは、この帯域におけるＨＦからＬＦ区画への非常に良い絶縁を与える。曲線３２４は、区画３１７への、該区画がＬＦセラミック・ポストに接続されるときに見られるインピーダンスを示している。我々は、Ｃｕ層の効果が、ポリマー充てん材に接続するときの曲線３２２から３２３よりも、曲線３２１から３２４の修正をより少なくすることを注記しておく。その理由は、セラミックが高い特性インピーダンスを有し、Ｃｕ層が、主として、λ／４層の後面から見られる低および高インピーダンスの周波数を変更し、低および高インピーダンスの値を大幅には変更しないからである。しかしながら、十分に高いバッキング・インピーダンス（たとえば、この例においてはZ_B＝５ＭＲａｙｌ）を使用することによって、セラミックに接続されるときに見られる絶縁区画３１７への最大インピーダンスは、依然として、７～１３ＭＨｚの帯域において２ＭＲａｙｌ未満であり、それは、この帯域においてＨＦ区画から見られる高い絶縁を与える。

【００３４】

ＨＦ電気音響伝達関数に対するＣｕ層の効果が図３ｄに示されている。曲線３２５は、絶縁区画３１７が図３ｂにおけるような単一のλ／４ポリマー層からなり、後面のポリマー充てん材に接続されるときのＨＦ伝達関数を示している。我々は、この曲線がＬＦ区画３１２における内部ＨＦ反射による共振を示すことを注記しておく。なぜならば、インピーダンス曲線３２２は、ＨＦ圧電層３０４の後面での適切な反射を提供しないからである。２０μｍのＣｕ層３１８を導入することは、曲線３２６へのこの伝達関数を変化させ、ＬＦ区画にける反射による共振を消している。曲線３２８は、層または複数の層３１８無しの、そして、区画３１７がセラミックに直接接続されるときの伝達関数を示しており、この曲線は、Ｃｕ層が導入されるときには３２７に移動する。我々は、Ｃｕ層が曲線３２５における共振を除去し、ポリマー充てん材への接続のための伝達関数３２６と、ＬＦ区画のセラミックへの接続のための伝達関数３２８とを等しく近づけることを注記しておく。したがって、この図は、Ｃｕ層を導入することが、ＨＦ電気音響伝達関数を、絶縁区画が層３１３におけるポリマー充てん材またはセラミックに接続しているか否かについて鈍感にすることを実証している。次に、二重帯域電気音響伝達関数は、典型的には、図３ｅにおけるような形態を取ることができ、ここでは、３３１は、ＬＦポート用の伝達関数を示し、３３２は、ＨＦポート用の伝達関数を示している。

【００３５】

我々は、この薄いＣｕ層の重要な効果が、誘導インピーダンスを導入するその質量（つまり、ρＬ。ここで、ρは、層質量密度であり、Ｌは、層の厚さである）であるということを注記するべきである。したがって、この層は、Ｃｕ、Ａｇ、Ａｕ、Ｐｄ、Ｐｔ、およびＷのような任意の重い材料、またはこれらの材料の合金、これらの材料の粉体、または、互いに焼結させたもしくは溶剤中で焼結された合金で、便利なように作られている。最も重い材料は、最も薄い層（記述したように、Ａｇ、Ａｕ、Ｐｄ、およびＰｔの材料）がそれらの質量密度のための最低せん断剛性を有することを可能にし、したがって、ＬＦ要素間の最も小さい横方向結合を生じさせる。さらに、層３１８は、図４に示されるように層３１３におけるセラミックの一部を含むことができ、同一の層に対してラベルを付けることは、図３ａにおけるそれに従っている。ＬＦ圧電層３１３におけるポリマー充てん切断４０１は、この層の後面からさいの目に切られるが、ＬＦセラミック層３１３を通じて完全にはさいの目に切られない。その結果、完全なセラミック層４０２が、ＨＦ分離区画３１７の層または複数の層３１８に残され、含まれている。ＬＦ前方電極３１５は、それがＨＦ帯域における音響効果を有し、さらに、層または複数の層３１８の一部として含まれることができるように、非常に厚くされることもできる。

【００３６】

図３ａは、アレイの特定の要素用の厚み構造を示している。本発明が任意の構成の超音波アレイ（たとえば、ビームの完全な３Ｄ操作に対する最大２Ｄアレイまでの多くの規模の、高さ方向における区画を備えた環状アレイ、線形フェーズド、線形スイッチド・アレイ、またはリニア・アレイ）を構築するために使用されることができることは当業者にとって明らかである。ＬＦ要素の寸法は、典型的には、ＨＦ要素よりも大きい。なぜならば

、ＬＦ波長は、より大きく、上で議論したように、さらに、ＨＦ送信開口よりも大きいＬＦの使用に有利に働くからである。大きい深度については、ＨＦ受信開口は、ＬＦ送信開口よりも大きいこともあり、一般には、アレイ全体に亘る同一の厚み構造を持った設計に有利に働き、送信・受信開口の大きさは、アレイに加わる要素の選択によって変化することができる。

【００３７】

たとえば、我々は、本発明にかかる典型的な線形フェーズド・アレイを示し、それは、図５に示されている。ここでは、５０１は、フェーズド・アレイＨＦ開口の要素を示している。公知の方法にかかる各要素の信号の適切な操作により、そのようなアレイは、方位角方向にセクター内のビーム方向を操作することを可能にする。高さ方向に操作することは、さらに、２次元の（２Ｄ）アレイへの高さ方向の要素の区画を必要とし、我々は、この時点では、本発明の基本的な方法が２Ｄアレイにも適用可能であることを重視するであろう。

【００３８】

このリニア・アレイのＨＦ帯域の中心は、たとえば、f_1＝３．５ＭＨｚであり、λ_1／２が～０．２２ｍｍの高周波要素を示唆している。次に、８４個の高周波要素ピッチが、１８．４８ｍｍの合計開口を生じさせる。f_0＝０．５ＭＨｚの低周波帯域の中心で、我々は、～１．５４ｍｍのλ_0／２を得、それは、１８．４８ｍｍの合計開口をさらに生じさせる１２個の低周波要素５０２を示唆している。ＬＦビームのより良いコリメーションのために、ＨＦ要素の各側に追加のＬＦ要素を加えることができ、ここでは、本図は、ＬＦ方位角開口が１４個の要素を～２１．５６ｍｍに増大させる２つの要素５０３を示している。ＬＦ高さ開口を増大させるために、要素５０４によってＬＦ開口を高さ方向に同様に拡張することができた。図２に関しての解析から次のように、ＨＦおよびＬＦパルス間の位相が深度を持った最小の滑りを有していることが重大なときには、ＬＦおよびＨＦ放射面の同一の送信開口を使用したいであろう一方で、大きい深度でのより高いＬＦ振幅については、ＬＦ送信開口は、深度を持ったＬＦビームの回析の広がりを低減するために、ＨＦ送信開口よりも大きいことが望ましいことがある。アレイに近いＨＦパルスの伝播および散乱におけるＬＦパルスによる非線形の操作を低減するために、アレイの中心放射面を除去したいであろう。これは、ＬＦ要素を副要素５０５にさらに分割することによって得ることができる。次に、図５におけるＬＦアレイは、ＬＦ開口の大きさの選択を、たとえば次の１つにすることを可能にする。１）ＨＦ開口と等しい、２）方位角および高さ方向のうちのいずれか別々に、または、方位角および高さ方向の両方に、ＨＦ開口よりも大きい、および３）ＨＦ開口の中心における非能動領域を持ったＬＦ開口。さらに、我々は、ＨＦ開口に対するＬＦ開口のそのような変化が、他のアレイ構成（たとえば、環状アレイ）によって得られることを指摘し、当業者は、すべてのアレイ構成にこの発明の本質的要素を適用することができる。多くの用途に対しては、２）のみを使用したいであろう。それは、ＨＦ開口以上の高さ寸法を持った単一のＬＦ要素に要素５０２／５０４／５０５を組み合わせることによって達成され、方位角方向にＨＦ開口よりも大きいＬＦ開口を得るために、方位角方向（５０３／５０４）に追加のＬＦ要素を加える。

【００３９】

それらの領域全体に亘ってＬＦ要素に対して同一の振動形態を得るために、典型的には、アレイ領域全体用の図３ａにおけるようなスタックを使用し、要素電極と圧電性セラミックの切断とによってＬＦおよびＨＦ要素を規定することができるであろう。さらに、ＨＦおよびＬＦ圧電層の両方に対してセラミック／ポリマー複合材料を使用することは有利であり、ここでは、要素寸法は、電極単独によって規定されることができるであろう。次に、ＨＦ放射領域は、たとえば、電気的結合を通じて両方の要素の高さ幅を規定する前側の共通接地電極によって規定されることができるが、圧電特性を示すために極性化された強誘電体セラミックの領域を規定することによっても可能である。次に、ＨＦ要素の方位角幅は、設置電極の外方の電気音響結合が低いときに、ケーブルへの電気的接続のためのアセンブリの縁まで便利なように延びることができる後ろ側のアクティブな電極によって

規定される。

【００４０】

次に、高い音響インピーダンス層または図３ａにおける層群３１８は、前面から見られる区画３１７へのインピーダンスが、図３ｂ～図３ｄに関して議論したように、ポリマーまたはセラミックへの終端と共に僅かな変化しか有していないときに、ＨＦおよびＬＦ圧電層の切断間に一致する正確な位置をそれほど重大でなくさせる。この低減された感度は、ＨＦ層よりも厚い鋸によるＬＦ層のさいの目カットを可能にし、さらに、ＨＦおよびＬＦ層間の正確な横方向の位置決めのための必要条件を低減する。

【００４１】

さらに、ＬＦおよびＨＦ圧電層３１３および３０４は、複数の層から作ることができることが知られており、双方は、電気／音響伝達関数の帯域幅を変更および増大し、電気ポートの電気的なインピーダンスを低減するために圧電および非圧電である。たとえば、アレイ要素のより低い電気的なインピーダンス（特に、扱い易い駆動電圧振幅を持った高い圧力を送信することが可能な低周波要素）を得るために、低周波圧電区画３１３を電極で覆われた幾つかの圧電層として便利なように作ることができる。図６は、２つの層６０１および６０２の実施形態の例を示している。この層は、電極６０３、６０４、および６０５で覆われており、ここでは、典型的には、電極６０３および６０５を直流的に接地させ、電極６０４は、アクティブな電極として使用されるであろう。次に、２つの圧電層は、反対の極性方向６０６および６０７を有するであろう。その結果、電極結合は、より低い電気的なインピーダンスのポート６０８を提供するために、層６０１および６０２の電気的な並列結合を提供し、それは、高圧用のより低い電圧を持った低周波アレイを駆動することを可能にするであろう。より多くの層の並列結合は、さらに低い電気ポート・インピーダンスのために、そして、さらには、公知の方法による高周波層のためになされることができる。スタックにおける１つまたは限定された群の要素だけを使用することによって、電気／音響伝達関数の帯域幅を増大させることができる。

【００４２】

さらに、基板（たとえば、Ｓｉ（シリコン）基板、またはＣｕおよびＡｌのような他の材料の他の基板）の表面上に微細加工された伝達セル上に電気音響伝達の基礎を形成することが可能である。これらの技術によって、この表面の増大した振動は、薄膜の後ろの気体または真空と共に、基板表面上の薄膜を振動させることによって得られ、ここでは、薄膜は、音響充てん材に直接または音響層を介して接続する。電気機械的結合は、ｃｍｕｔ（容量性微細加工超音波送受波器）と呼ばれる、薄膜から基準電極への容量結合によって、または、ｐｍｕｔ（圧電性微細加工超音波送受波器）と呼ばれる薄膜上の圧電フィルムを通じて得られことができる。そのような薄膜の例は、図７において前方放射面から示され、基板７００の前面に取り付けられた７０１として示されている。薄膜の寸法および厚さは、共振帯域を決定し、ここでは、伝達が最も効率的であり、ｃｍｕｔ／ｐｍｕｔセルの幾つかは、通常は、１つのアレイ要素を形成するために共に電気的に結合されている。本発明においては、我々は、本質的に同一の放射面からの二重帯域パルスを送信するｃｍｕｔ／ｐｍｕｔ技術の独創的な実施に関与し、ここでは、本図は、二重周波数関数を達成する本発明の独創的な要点を示し、ここでは、薄膜、電極、および電気的接続の詳細は、このための多くの解決策が文献に示されているので省略される。我々は、次において、この技術をｃｍｕｔ／ｐｍｕｔ送受波器、ｃｍｕｔ／ｐｍｕｔセル、およびｃｍｕｔ／ｐｍｕｔ薄膜と呼ぶ。

【００４３】

Ｓｉの特性インピーダンスは、１９．６ＭＲａｙｌであり、それは、ＬＦまたはＨＦ基板を通じたＨＦまたはＬＦ波を送信する興味深い可能性を与えている。たとえば、図８は、ＬＦ要素電気ポート８０５を生成する電極８０３および８０４と共に圧電層８０１によって作られるＬＦ区画の前に取り付けられたｃｍｕｔ／ｐｍｕｔＨＦ区画８０６を備えた構造の断面を示している。電極および電気的結合を持ったｃｍｕｔ／ｐｍｕｔドラムの詳細は、幾つかの例が上の議論の文献に存在するので示されていない。全体的な構造は、こ

の例においては、バッキング材料８０２（それは、低いインピーダンスまたは空気であることができる）に取り付けられ、保護層８０８は、ｃｍｕｔ／ｐｍｕｔドラム８０７の前に配置されている。さらに、この図は、ＨＦアレイ要素間、およびＨＦ周波数帯域における基板とＬＦ区画との間のＳｉ基板における横方向の音響結合を低減する随意の吸収層８１２を示している。ドラム８０７は、Ｓｉのそれより下の層８０６の有効な音響インピーダンスを低減し、そして、圧電層８０１をセラミック／ポリマー複合材料として作ることによって、層８０１および８０６／８０８の音響インピーダンスは、ＬＦポートの改善された帯域幅のために一致することができる。

【００４４】

図９における別の例は、バッキング材料９０２上に取り付けられたセラミック／ポリマー複合材料から作られたＨＦ圧電層９０１の前のｐｍｕｔ／ｃｍｕｔのＬＦ区画９０６を示している。要素電極９０３および９０４は、ＨＦ要素電気ポート９０５を構成する。ＬＦ伝達は、基板層９０６上のｃｍｕｔ／ｐｍｕｔドラム９０７によって提供される。電極および電気的結合を備えたｃｍｕｔ／ｐｍｕｔドラムの詳細は、幾つかの例が上の議論の文献に存在するので示されていない。圧電層９０１をセラミック／ポリマー複合材料として作ることによって、この層の音響インピーダンスを、ＨＦ音響共振を規定するために、ドラム９０７を備えたＳｉ層９０６の有効な音響インピーダンスに一致させることができる。この構造の前には、充てん材における二重帯域パルス波の送信（３１０）および受信（３１１）用の充てん材３０１にＨＦおよびＬＦ区画を音響接続する音響インピーダンス整合層（典型的には、１層または２層）９０８が配置される。音響整合区画は、ｃｍｕｔ／ｐｍｕｔ層９０６と共に、ＨＦ電気／音響伝達関数の帯域幅を増大させるために使用され、低周波では、ＬＦアレイ９０６用の音響薄膜保護カバー層として機能し、ここでは、ｃｍｕｔ／ｐｍｕｔ薄膜の剛性は、音響層／負荷伝達に合わせられるであろう。Ｓｉの高い縦波速度（８．４４ｍｍ／μｓｅｃ）により、Ｓｉ基板の厚さは、ＨＦ電気／音響伝達関数の受容可能な効果に対して十分に薄くすることができる。Ｓｉ基板の内部の横方向結合を限定するために、基板の後面の随意の吸収分離層９１２を使用することもでき、分離は、ＨＦ伝達関数の限定された効果を有するように高周波で十分に薄くなっている。

【００４５】

図９における層構造は、３次元（３Ｄ）ビームの操作および画像化に対する２Ｄアレイの興味深い利点を有しており、ケーブルまたは副開口ビーム形成電子機器への最も単純な接続のためのアレイ構造の後面から多数（～３０００個）のＨＦ要素への電気的なアクセスを有している。ＬＦの２Ｄアレイは、ＬＦ要素への接続を単純化する大幅に少ない要素（ＨＦの個数の１／５０～１／１００）を有し、ここでは、単純化された接続技術は、ｃｍｕｔ／ｐｍｕｔ製造技術と共に利用可能であろう。

【００４６】

さらに、本発明は、共通放射面を備えたＬＦ／ＨＦ伝達に対する解決策を提示し、ここでは、高周波ｃｍｕｔ／ｐｍｕｔセルは、たとえば図１０に示されるように、低周波セルの最上部に取り付けられている。図１０ａは、１個の低周波セル１００１と、該低周波セルの最上部の幾つかの高周波セル１００２とを備えた基板前面１０００を示している。低周波が低周波セルの大きい寸法を可能にするので、このセルは、基板１００３の断面を示す図１０ｂに示されるような基板の後ろ側から微細加工されることが可能であり、ここでは、基板の後ろ側からのエッチングは、接着または他の接合技術を通じて基板１００３に取り付けられる第２基板１００６にまたはその一部に取り付けられる電極１００５との容量的相互作用にある薄い低周波薄膜１００４を提供している。低周波薄膜１００４の前面には、基板の前側から幾つかの高周波セル１００２が微細加工されている。より複雑な製造技術により、低および高周波セルの両方は、前側から製造されることができる。他のｃｍｕｔ／ｐｍｕｔの解決策に関しては、そのような幾つかの例が文献中に与えられているので、我々は、電極配置および圧電性セラミック要素の可能な配置の詳細を示しておらず、我々は、この記述において、同一の放射面からのＬＦおよびＨＦパルスの両方を送信することができるように、本設計の本質的な特徴を強調する。しかしながら、Ｓｉが基板と

して使用されるときには、この図は、ＬＦ電極の解決策を示し、ここでは、Ｓｉ基板の前層１００７は、ＬＦおよびＨＦセル用の共通接地電極を提供するように高度にｎ－ｄｏｐｅされている（ｎ＋＋）。アクティブなＬＦ電極は、第２Ｓｉ基板１００６の領域１００５の高ｎ－ｄｏｐｅによって同様に得られることができる。

【００４７】

広く分離された周波数帯域を持った二重周波数帯域の動作は、便利なようにスパース・アレイとしても実施することができ、ここでは、低および高周波要素は、アレイ面上の様々な位置に配置されるが、アレイから或る距離の外部でのように十分に近い場合には、２本の周波数ビームは、同一の放射面から少なくとも部分的に発生するように見える。２Ｄスパース・アレイは、３Ｄ超音波画像化に対して特に有用であり、ここでは、スパース・アレイは、減少された個数の要素（～１０００個）を持った超音波ビームの２次元の方向操作を可能にする。２Ｄスパース・アレイは、２Ｄおよび３Ｄビーム走査の両方で、波面異状およびパルス共振に対する修正のためにも有用である。実例は、図１１に示されており、それは、スパース・アレイのパターンにおけるＨＦアレイ要素の配置のために、空間１１０２をそれらの間に備えた４つのＬＦアレイ要素１１０１を持ったアレイ面１１００の一部を示している。スパース・アレイは、ビームの主ローブからオフセット方向に格子ローブを生じさせ、ここでは、送信および受信開口は、格子ローブの非重複方向に対して設計されなければならない。たとえば、米国特許出願第１０／１８９，３５０号および第１０／２０４，３５０号に記述されるように、二重周波数ビーム間の非線形相互作用に基づいた画像化方法については、ＬＦおよびＨＦのビーム用の格子ローブが重複していないときには、画像中の格子ローブの改善された抑制を得る。実際、低帯域（λ～３ｍｍ@５００ｋＨｚ）の大きい波長のために、小さい低周波アレイ要素を備えたアレイを設計することが可能であり、それは、低周波格子ローブを有していないが、依然として、要素間の非常に大きい距離（～２ｍｍ）を持ち、低周波要素間に多くの高周波要素を配置することができる。

【００４８】

図３ａと同様の電気音響伝達用の共振する大量の圧電セラミック要素により、スパース・アレイと共に（たとえば、すべてのその要素の区画を持った高周波アレイを製造し、次に、選択されたＨＦ要素の後面に圧電セラミックのスラブを取り付けることによって生成されるＬＦ要素のためのこれらの要素位置の副グループを選択し、高周波要素の前方電極（一般に接地電極である）と、取り付けられた圧電セラミックのスラブの後方電極との間の電気的接続を行うことができる。より小さい電気音響伝達効率と共に、選択されたＨＦ要素の後面に重く剛性のある材料（たとえば、Ｃｕ、Ａｇ、Ａｕ、Ｐｄ、Ｐｔ、またはＷのような金属）の塊を取り付けることによってＬＦ要素用の共振周波数を低減し、伝達用の高周波圧電セラミック要素の表面電極を使用することができる。

【００４９】

Ｓｉ基板の前面の微細加工された伝達要素は、大きい低周波セルと、より小さい高周波セルとが、たとえば図１２に示されるように、アレイ面上の様々な位置で機械加工されるので、二重周波数アレイのスパース・アレイの実施にもよく適しており、ここでは、１２０１は、基板１２００上の低周波帯域用のｃｍｕｔ／ｐｍｕｔセルを示し、高周波帯域用のｃｍｕｔ／ｐｍｕｔセル１２０２によって取り囲まれている。たとえば、図５におけるフェーズド・アレイに対して示されるように、高周波帯域セルは、高周波要素を形成するように電気的に接続される一方で、低周波帯域セルは、より大きい低周波要素を形成するように接続される。典型的には、幾つかのセルは、各アレイ要素に対して電気的に接続されている。

【００５０】

したがって、その好ましい実施形態に適用されるような本発明の基本的な新規の特徴が示され、記述され、そして、指摘されているが、示された装置の形態および詳細、そしてそれらの動作の様々な省略および代替、変更は、本発明の精神から逸脱することのなく当業者によってなされることが可能であることは理解されるであろう。

【００５１】
さらに、同一の結果を達成する実質的に同一の方法における実質的に同一の機能を行なうそれらの要素および／または方法工程のすべての組合せが、本発明の範囲内であることが明示的に意図されている。さらに、本発明のいずれの開示された形態または実施形態に関して示され、および／または、記述された構造および／または要素および／または方法工程が、設計選択の一般的な事項として任意の他の開示または記述または示唆された形態もしくは実施形態に組み込まれることが可能であることは認識されるべきである。したがって、それは、ここに添付された請求項の範囲によって示されるようにのみ、限定されることを意図している。

【図面の簡単な説明】

【００５２】
【図１ａ】送信する必要がある低周波（ＬＦ）および高周波（ＨＦ）複合パルスの例を示している。
【図１ｂ】送信する必要がある低周波（ＬＦ）および高周波（ＨＦ）複合パルスの例を示している。
【図２】本発明にかかる環状のＬＦおよびＨＦ放射面、そして、さらに、ＬＦおよびＨＦパルス位相の関係の解析の例を示している。
【図３ａ】共通面を通じた高および低周波パルスの送信および受信を可能にする本発明にかかるＬＦおよびＨＦ圧電層スタック配置の断面図。
【図３ｂ】インピーダンス曲線３２１，３２２のグラフ。
【図３ｃ】インピーダンス曲線３２３，３２４のグラフ。
【図３ｄ】伝達関数３２５～３２８のグラフ。
【図３ｅ】伝達関数３３１，３３２のグラフ。
【図４】本発明にかかるＨＦおよびＬＦ圧電層間の絶縁区画に加わる部分的に破断されたＬＦ圧電層の例を示している。
【図５】本発明にかかるフェーズド・アレイ・プローブの正面図を示している。
【図６】アレイ要素の電気的なインピーダンスを低減する二重圧電層の配置の例を示している。
【図７】ｃｍｕｔ／ｐｍｕｔ微細加工した伝達セルを備えた基板の正面図を示している。
【図８】送受波器スタックの断面を示しており、ＨＦ伝達は、ＬＦ伝達用の圧電層の前の基板上のｃｍｕｔ／ｐｍｕｔセルによって生成される。
【図９】送受波器スタックの断面を示しており、ＬＦ伝達は、ＨＦ伝達用の圧電層の前の基板上のｃｍｕｔ／ｐｍｕｔセルによって生成される。
【図１０ａ】基板上に微細加工されたｃｍｕｔ／ｐｍｕｔ伝達セルによって実装されたＬＦおよびＨＦ区画の組合せの前面を示しており、ＨＦセルは、ＬＦセル上に配置されている。
【図１０ｂ】図１０ａのＬＦおよびＨＦ区画の組合せの断面図。
【図１１】スパース・アレイとして配置されたＬＦおよびＨＦアレイの正面図を示しており、ＨＦおよびＬＦの要素は、互いの間に配置されている。
【図１２】基板上に微細加工されたｃｍｕｔ／ｐｍｕｔ伝達セルによって実装された低および高周波区画の組合せの正面図を示しており、低および高周波セルは、互いに並んで配置されている。

【図１ａ】

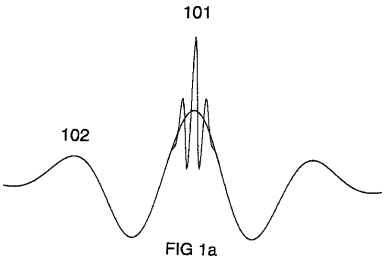


FIG 1a

【図１ｂ】

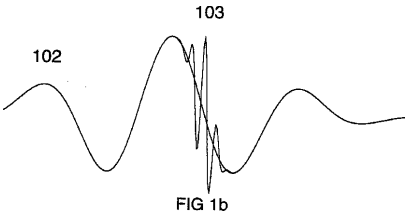
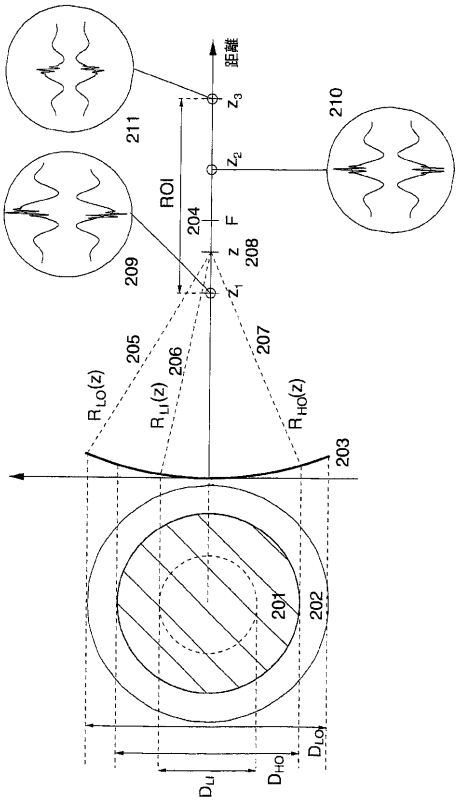


FIG 1b

【図２】



【図３ａ】

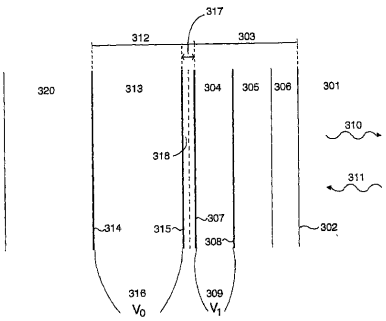


FIG. 3a

【図３ｂ】

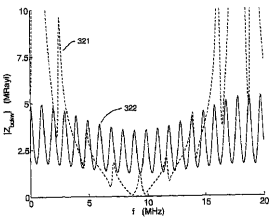


FIG. 3b

【図３ｃ】

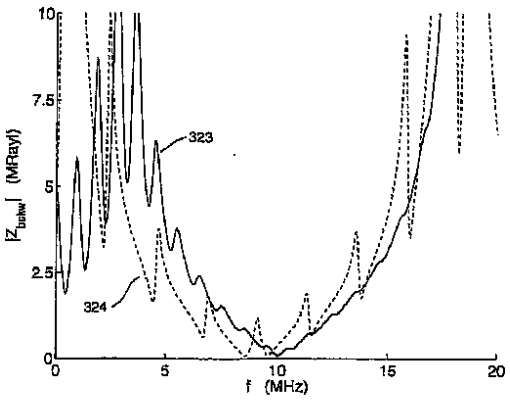


FIG. 3c

【図３ｄ】

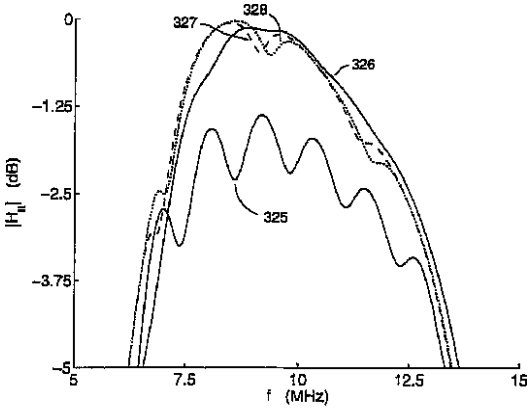
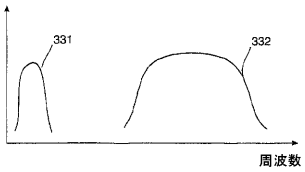


FIG. 3d

【図３ｅ】



【図４】

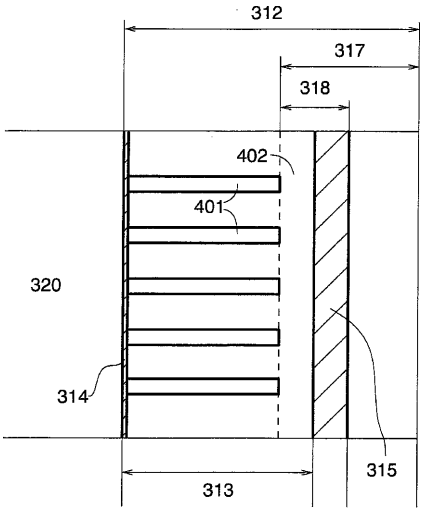
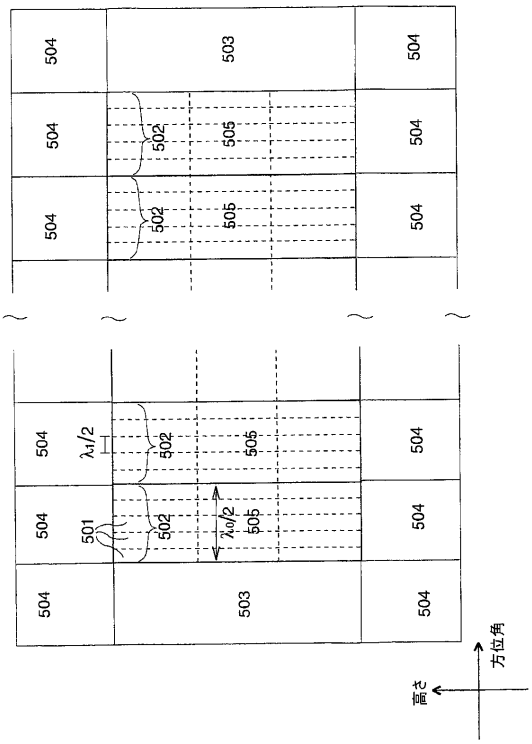


FIG 4

【図５】



【図６】

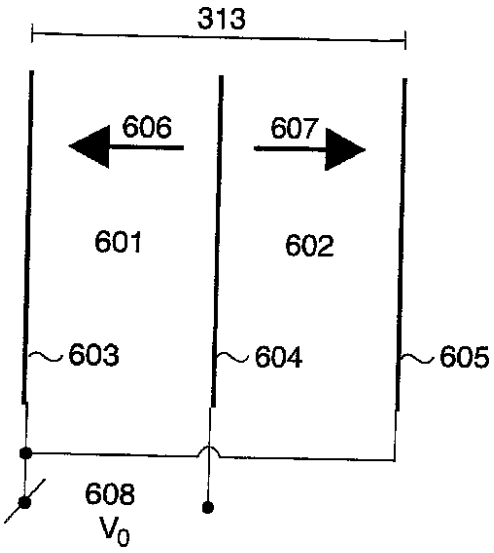


FIG. 6

【図７】

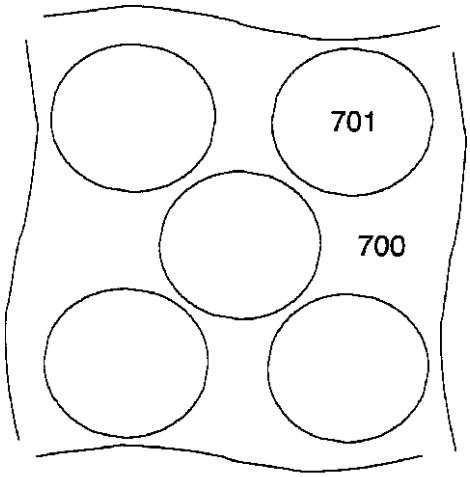


FIG. 7

【図８】

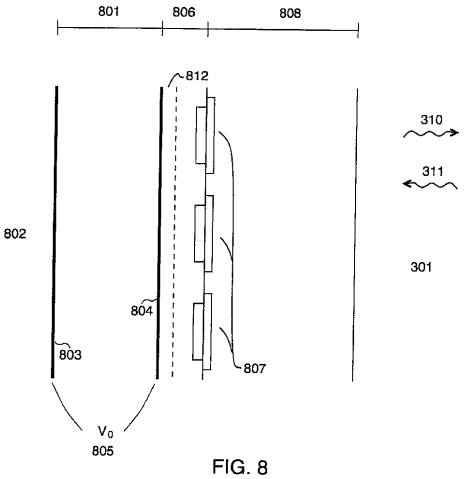


FIG. 8

【図９】

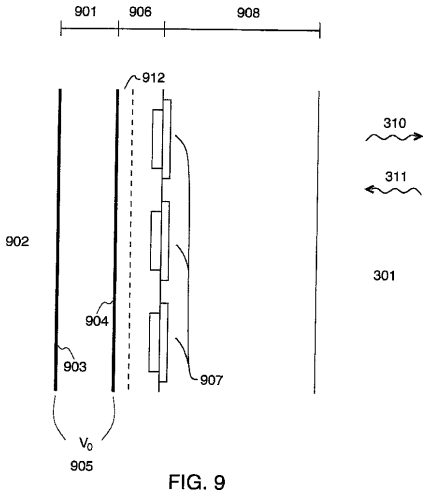


FIG. 9

【図１０ａ】

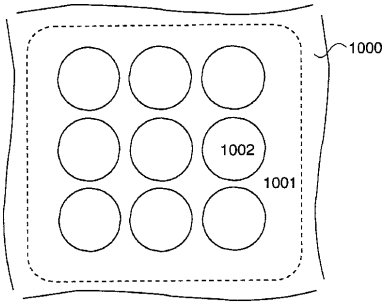


FIG.10a

【図１０ｂ】

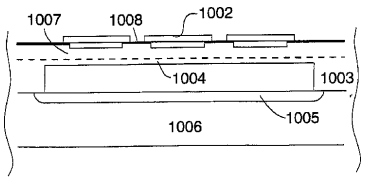


FIG.10b

【図１１】

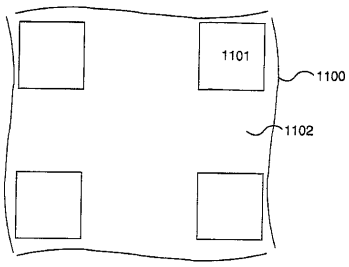


FIG.11

【図１２】

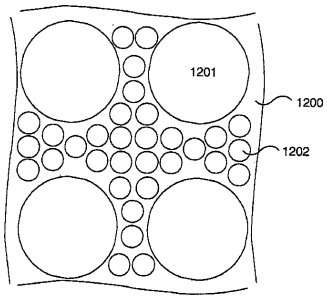


FIG. 12

フロントページの続き

(72)発明者　アンゲルセン、ビョルン　アー．ヤー．
ノルウェー国　Ｎ－７０５１　トロンドヘイム　ブッゲス　ヴェーク　４ベー
(72)発明者　ヨハンセン、トニ　エフ．
ノルウェー国　Ｎ－７０２６　トロンドヘイム　ニル　ウーリン　ハンセンス　ベイ　５０　セー
(72)発明者　ハンセン、ルネ
ノルウェー国　Ｎ－７１０５　スタッドビグド　カーリ
(72)発明者　マーソエイ、スベイン－エリック
ノルウェー国　Ｎ－７０１１　トロンドヘイム　ノルドレ　ガータ　８
(72)発明者　ネーショルム、ペーテル
ノルウェー国　Ｎ－７０５０　トロンドヘイム　ヘルマン　クラッグス　ベー　３－２１

審査官　鈴木　圭一郎

(56)参考文献　特開平０２－２５１７５４（ＪＰ，Ａ）
特公昭０２－００１２６３（ＪＰ，Ｂ１）
特開平０４－２７３６９９（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１０３１９３（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２７７１０２（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－３３３６９３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H04R　1/00-17/00
A61B　8/00
G01N　29/24

专利名称(译)	双频带超声换能器阵列		
公开(公告)号	JP4945769B2	公开(公告)日	2012-06-06
申请号	JP2008523824	申请日	2006-07-26
[标]申请(专利权)人(译)	安妮凝胶森比约恩呵雅 ANGELSEN BJORN第j		
申请(专利权)人(译)	Angerusen，比约恩啊是啊.		
当前申请(专利权)人(译)	冲浪技术ACTY洛杉矶萝卜		
[标]发明人	アンゲルセンビョルンアーヤー ヨハンセントニエフ ハンセンルネ マーソエイスベインエリック ネーショルムペーテル		
发明人	アンゲルセン、ビョルン アー.ヤー. ヨハンセン、トニ エフ. ハンセン、ルネ マーソエイ、スベイン-エリック ネーショルム、ペーテル		
IPC分类号	H04R17/00 H04R1/24 G01N29/24 A61B8/00		
CPC分类号	B06B1/064 G01S7/52022 G01S15/8915 G01S15/8952		
FI分类号	H04R17/00.332.Y H04R1/24.330 G01N29/24.502 A61B8/00 H04R17/00.330.J		
代理人(译)	昂达诚 本田 淳		
审查员(译)	铃木一郎		
优先权	60/702423 2005-07-26 US		
其他公开文献	JP2009503990A JP2009503990A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种超声探头，用于发射/接收具有低频（LF）和高频（HF）频带两者的频率的超声脉冲，其中HF和LF频带的辐射表面至少具有共同区域。提供了几种解决方案，用于通过相同的发射表面传输（和接收）LF和HF脉冲。阵列和元件常见的类型（例如，具有线性相控阵列或开关阵列，或1.5D，1.75D，和两种这样的方位角和垂直方向上像一个完整的2D阵列的隔室，环形阵列或元件）。LF和HF元件部分以及阵列孔径可以是不同的。