

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-503990

(P2009-503990A)

(43) 公表日 平成21年1月29日 (2009.1.29)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04R 17/00 (2006.01)	H04R 17/00 332Y	2G047
H04R 1/24 (2006.01)	H04R 1/24 33O	4C601
G01N 29/24 (2006.01)	G01N 29/24 502	5D019
A61B 8/00 (2006.01)	A61B 8/00	
	H04R 17/00 330J	
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 25 頁)		

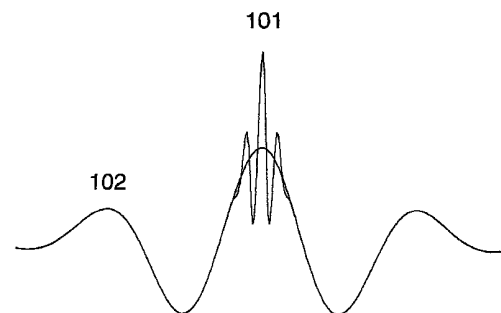
(21) 出願番号	特願2008-523824 (P2008-523824)	(71) 出願人	502275274
(86) (22) 出願日	平成18年7月26日 (2006.7.26)		アンゲルセン、ビョルン アー. ヤー.
(85) 翻訳文提出日	平成20年2月28日 (2008.2.28)		ANGELSEN, Bjorn A. J.
(86) 国際出願番号	PCT/N02006/000285		ノルウェー国 N-7051 トロンドヘ
(87) 国際公開番号	W02007/013814		イム ブッゲス ヴェーク 4ペー
(87) 国際公開日	平成19年2月1日 (2007.2.1)	(74) 代理人	100068755
(31) 優先権主張番号	60/702, 423		弁理士 恩田 博宣
(32) 優先日	平成17年7月26日 (2005.7.26)	(74) 代理人	100105957
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 恩田 誠
		(74) 代理人	100142907
			弁理士 本田 淳
		(74) 代理人	100149641
			弁理士 池上 美穂

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) 【要約】

低周波 (LF) および高周波 (HF) 帯域の両方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であって、HF および LF 帯域の放射面は、少なくとも共通領域を有している。同一の放射面を通じた LF および HF パルスの送信 (および受信) のための幾つかの解決策が与えられる。アレイおよび要素は、一般的な種類 (たとえば、線形フェーズド・アレイもしくはスイッチド・アレイ、または 1.5D、1.75D、および完全な 2D アレイのような方位角および高さ方向の両方に区画を備えた環状アレイもしくは要素) であることができる。LF および HF 要素区画ならびにアレイ開口は、異なることもできる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

低周波（L F）および高周波（H F）帯域における超音波パルスの送信用、および少なくとも H F 帯域におけるパルスの受信用の超音波送受波器アレイ・プローブであって、L F および H F 帯域用の放射面の少なくとも一部が共通であり、

少なくとも前記 L F および H F 放射面が共通である領域において、

・ L F および H F 電気音響伝達はそれぞれ別個の圧電層によって得られ、H F 圧電層は L F 圧電層の前に多層構造にスタックされ、

・ 少なくとも 2 つの音響層からなる音響分離区画は、前記 H F 圧電層と L F 圧電層の間に配置され、

・ 前記層は、2 . 5 M R a y l よりも高い特性インピーダンスを持ったバッキング材料上に取り付けられ、

・ 前記 H F 帯域用の音響整合区画は、前記 H F 圧電層の前に配置されることを特徴とする、超音波送受波器アレイ・プローブ。

10

【請求項 2】

前記分離区画は、1 7 M R a y l よりも大きい特性音響インピーダンスを持ったバッキング層と、5 M R a y l よりも小さい特性インピーダンスを持った少なくとも 1 つの層とからなる、請求項 1 記載の超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 3】

前記バッキング層は、C u、A g、A u、P d、P t、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 記載の超音波送受波器アレイ・プローブ。

20

【請求項 4】

前記分離区画は後面のセラミック層からなる、請求項 1 記載の超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 5】

前記 L F 圧電層はセラミック / ポリマー複合材料として作られ、前記セラミックは前記 L F 圧電層を通じて完全にではないが後面からサイの目に切られ、その結果、前記 L F セラミック圧電層の前部は、前記分離区画の前記バッキング層を形成する横方向に連続した層を形成する、請求項 4 記載の超音波送受波器アレイ・プローブ。

30

【請求項 6】

前記分離区画の後面から 2 番目の層は、C u、A g、A u、P d、P t、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 記載の超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 7】

低周波（L F）および高周波（H F）帯域における超音波パルスの送信用、および少なくとも H F 帯域におけるパルスの受信用の超音波送受波器アレイ・プローブであって、前記 L F および H F 帯域用の放射面の少なくとも一部が共通であり、

少なくとも L F および H F 放射面が共通である領域において、

・ L F および H F 電気音響伝達のうちの一方は、圧電層によって得られ、

40

・ 前記 H F および L F 電気音響伝達のうちの他方は、前面上の c m u t / p m u t に基づく伝達薄膜を備えた基板層によって得られ、

・ 前記 c m u t / p m u t 伝達薄膜に基づく層は、前記圧電層の前面に配置されることを特徴とする、超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 8】

前記 L F 電気音響伝達は前記圧電層によって得られる、請求項 7 記載の超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 9】

前記 H F 電気音響伝達は前記圧電層によって得られる、請求項 7 記載の超音波送受波器アレイ・プローブ。

50

【請求項 10】

低周波（ＬＦ）および高周波（ＨＦ）帯域における超音波パルスの送信用、および少なくとも前記ＨＦ帯域におけるパルスの受信用の超音波送受波器アレイ・プローブであって、

・ＬＦおよびＨＦ電気／音響伝達の両方は、同一の基板上のｃｍｕｔ／ｐｍｕｔに基づく薄膜送受波器技術によって得られる、超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 11】

前記ＨＦ伝達薄膜は、ＬＦ伝達薄膜の最上部に配置される、請求項 10 記載の超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 12】

前記ＨＦ伝達薄膜はＬＦ伝達薄膜に並んで配置され、前記プローブの面から或る深度の後で前記ＬＦおよびＨＦのビームが共通領域を少なくとも有した放射面から発せれるように見えるように、前記ＨＦ伝達薄膜とＬＦ伝達薄膜は互いに大幅に近い、請求項 10 記載の超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 13】

前記ＬＦとＨＦの送信面と受信面のうちの少なくとも１つは、要素のスパース・アレイとして作られ、ＨＦおよびＬＦの送信開口のポテンシャル格子ローブは空間で重複していない、請求項 1、7 および 10 のいずれか一項に記載の超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 14】

低周波（ＬＦ）および高周波（ＨＦ）帯域における超音波パルスの送信用、および少なくとも前記ＨＦ帯域におけるパルスの受信用の超音波送受波器アレイ・プローブであって、前記ＬＦおよびＨＦ帯域用の放射面の少なくとも一部が共通であり、ＬＦ送信放射面の外方境界は、ＨＦ送信放射面の外方境界に対して外部の領域にある、超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 15】

低周波（ＬＦ）および高周波（ＨＦ）帯域における超音波パルスの送信用、および少なくとも前記ＨＦ帯域におけるパルスの受信用の超音波送受波器アレイ・プローブであって、前記ＨＦおよびＬＦ帯域の放射面の少なくとも一部が共通であり、前記ＨＦ送信放射面の中心周りの領域に、能動ＬＦ送信面が無い領域がある、超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 16】

前記ＨＦおよびＬＦ放射面は、

- ・送受波器要素の環状アレイと、
- ・送受波器要素のリニア・アレイと、
- ・送受波器要素の２次元アレイと

のうちの１つとして配置される、請求項 14 または 15 に記載の超音波送受波器アレイ・プローブ。

【請求項 17】

低周波（ＬＦ）および高周波（ＨＦ）帯域における超音波パルスの送信用、および少なくとも前記ＨＦ帯域におけるパルスの受信用の超音波送受波器アレイ・プローブであって、前記ＬＦおよびＨＦ帯域用の放射面の少なくとも一部が共通であり、

少なくとも前記ＬＦ放射面は送受波器要素に分割され、その結果、ＬＦ送信面の大きさは、

- a) ＨＦ送信面と等しい、
- b) 少なくとも前記ＨＦ送信面の外部の領域にある、
- c) 能動ＬＦ送信面がない前記ＨＦ送信面は中央領域にある、および
- d) b) および c) の組合せ

のうちの１つの用途に応じて選択可能に変化可能であることを特徴とする、超音波送受波器アレイ・プローブ。

10

20

30

40

50

【請求項 18】

アレイの厚み構造は、前記プローブの面全体に亘って同一であり、前記 L F および H F の送信および受信開口の大きさは、アレイ要素への電氣的接続によって電氣的に選択される、請求項 1、7、および 10 のいずれか一項に記載の超音波プローブを利用した超音波機器。

【請求項 19】

能動 L F の送信開口は、

a) 画像範囲および超音波画像診断法および用途に依存した機器による自動選択、および

b) 機器操作装置を通じた機器オペレータによる直接選択、
のうちの 1 つを通じて選択される、請求項 17 または 18 記載の超音波プローブを利用した超音波機器。

【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 1 a と図 1 b 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 1 a においては、高周波（H F）パルス 101 は、低周波（L F）パルス 102 のピーク圧力に乗っている。図 1 b は、H F パルス 103 が L F 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】

【 0 0 0 5 】

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。

【 0 0 0 6 】

１．画像の深度範囲の全体に亘るＬＦパルスの範囲区間で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。

10

【 0 0 0 7 】

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。

20

【 0 0 0 8 】

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。

【 0 0 0 9 】

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。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

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。

40

【 0 0 1 1 】

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

50

ミック製バックング層は、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（ ~ 20 程度）と便利の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、cmu t / p m u t 技術によって活性化された基板上的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、共通の基板上的cmu t / p m u t 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でき、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もある。

【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

10

20

30

40

50

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_{H0} を持った円形の HF 送信開口 201 と、たとえば外径 D_{L0} 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】

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

(1)

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

【0020】

ここで、 k 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 $R_{L0}(z)$ 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 $R_{H0}(z)$ は、Z 軸上の HF 開口の外縁から 208 までの距離である。 P_{L0} は、開口での LF 送信圧力である一方、 P_{H0} 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】

$$\tau_{LF}(z) = \frac{1}{2c} (R_{L0}(z) + R_{LI}(z)) \quad \tau_{HF}(z) = \frac{1}{2c} (R_{H0}(z) + z) \quad (2)$$

【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 z_1 , z_2 , および z_3 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

10

20

30

40

50

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、H Fパルスの位置で観測されるL F圧力は、L F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、L F振幅の許容範囲変化の様々な必要条件を加え、H FおよびL F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L F送信開口が要素からなることを望まれ、その結果、L F送信開口の有効幅は、H FおよびL F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L F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、H F送信開口を変更することが望まれ、また、散乱H F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L FおよびH F複合アレイであるが、ここでは、実際のL FおよびH F送信開口は、用途に対して選択されることができ、L F送信開口は、H F送信開口よりも典型的には大きい一方で、H F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L F送信開口と同じくらい広く、または場合によれば当該L F送信開口よりも広く選択されることができる。

10

【0025】

上記の例においては、L FおよびH F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、L FおよびH F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、L FおよびH F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。

20

【0026】

共通放射面は、L FおよびH F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L FおよびH F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、L FおよびH F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L FおよびH F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L FおよびH F開口を規定することが有利である。

30

【0027】

H F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、アレイ要素を電氣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。H F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、H Fポート309に亘る電圧振動を生じさせるであろう。

40

【0028】

L F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、L F構造からH F構造へのH F振動の音響絶縁のための層区画31

50

7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、電氣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、 $\lambda/2$ 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 $\lambda/4$ 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 $\lambda/4$ 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 $\lambda/2$ の整数であるとき

10

20

30

40

50

のバックリング・インピーダンス Z_B の低い値と、セラミックが厚さ $t/4$ 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、 $t/4$ ポリマー層は、 10 MHz 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、 $t/4$ 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 $t/2$ の整数であるときのバックリング・インピーダンス Z_B の高い値と、充てん材が厚さ $t/4$ の奇数であるときの低い値 ($Z_{fil})^2 / Z_B < Z_B$ との間で振動する。 Z_{fil} 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、 $t/4$ ポリマー層 317 は、このインピーダンスを 10 MHz に近い振動変化に変換し、ピーク値は、 $(Z_{pol} / Z_{fil})^2 * Z_B$ に近づき、最小値は、 Z_{pol}^2 / Z_B に近づく。

【0033】

図 3c は、 $20\text{ }\mu\text{m}$ の厚さの Cu 層 318 (Cu の約 $t/25$) が、図 3b に記述される $t/4$ ポリマー層の後ろ側に導入されるときに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に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、 $t/4$ 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、 $t/4$ 層は、このインピーダンスを帯域 $7 \sim 13\text{ MHz}$ における $< 2\text{ MRayl}$ 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、 $t/4$ 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、十分に高いバックリング・インピーダンス (たとえば、この例においては $Z_B = 5\text{ MRayl}$) 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、 $7 \sim 13\text{ MHz}$ の帯域において 2 MRayl 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 $t/4$ 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に 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。 $20\text{ }\mu\text{m}$ 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、そして、区画 317 がセラミックに直接接続されるときに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。

10

20

30

40

50

【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、 L 。ここで、 L は、層質量密度であり、 L は、層の厚さである）であるということに注記すべきである。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、便利の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、 $f_1 = 3.5 \text{ MHz}$ であり、 $\lambda_1 / 2$ が $\sim 0.22 \text{ mm}$ 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、 18.48 mm の合計開口を生じさせる。 $f_0 = 0.5 \text{ MHz}$ の低周波帯域の中心で、我々は、 $\sim 1.54 \text{ mm}$ の $\lambda_0 / 2$ を得、それは、 18.48 mm 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 $\sim 21.56 \text{ mm}$ 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、L F 要素を副要素 5 0 5 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 L F アレイは、L F 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) H F 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、H F 開口よりも大きい、および 3) H F 開口の中心における非能動領域を持った L F 開口。さらに、我々は、H F 開口に対する L F 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、H F 開口以上の高さ寸法を持った単一の L F 要素に要素 5 0 2 / 5 0 4 / 5 0 5 を組み合わせることによって達成され、方位角方向に H F 開口よりも大きい L F 開口を得るために、方位角方向 (5 0 3 / 5 0 4) に追加の L F 要素を加える。

10

【0039】

それらの領域全体に亘って L F 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 3 a 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 L F および H F 要素を規定することができるであろう。さらに、H F および L F 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、H F 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、H F 要素の方位

20

【0040】

次に、高い音響インピーダンス層または図 3 a における層群 3 1 8 は、前面から見られる区画 3 1 7 へのインピーダンスが、図 3 b ~ 図 3 d 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、H F および L F 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、H F 層よりも厚い鋸による L F 層のさいの目カットを可能にし、さらに、H F および L F 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。

30

【0041】

さらに、L F および H F 圧電層 3 1 3 および 3 0 4 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 3 1 3 を電極で覆われた幾つかの圧電層として便利のように作ることができる。図 6 は、2 つの層 6 0 1 および 6 0 2 の実施形態の例を示している。この層は、電極 6 0 3、6 0 4、および 6 0 5 で覆われており、ここでは、典型的には、電極 6 0 3 および 6 0 5 を直流的に接地させ、電極 6 0 4 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 6 0 6 および 6 0 7 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 6 0 8 を提供するために、層 6 0 1 および 6 0 2 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。

40

【0042】

さらに、基板（たとえば、S i（シリコン）基板、または C u および A l 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

50

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、 $cmut$ （容量的に微細加工された超音波送受波器）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、 $pmut$ （圧電層を微細加工した超音波送受波器）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、 $cmut/pmud$ 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氣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 $cmut/pmud$ 技術の独創的な実施に關与し、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、および電氣的接続の詳細は、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 $cmut/pmud$ 送受波器、 $cmut/pmud$ セル、および $cmut/pmud$ 薄膜と呼ぶ。

10

20

30

40

50

【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 $cmut/pmud$ HF 区画806を備えた構造の断面を示している。電極および電氣的結合を持った $cmut/pmud$ 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、パッキング材料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、 $cmut/pmud$ 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的吸収層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、パッキング材料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 $pmut/cmud$ 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 $cmut/pmud$ ドラム907によって提供される。電極および電氣的結合を備えた $cmut/pmud$ 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、 $cmut/pmud$ 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、 $cmut/pmud$ 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($8.44mm/\mu sec$)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、基板の後面の随意的吸収分離層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要素への電氣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/pm ut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/pm ut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。低周波セル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/pm ut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(〜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

10

20

30

40

50

に、選択された H F 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 L F 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氣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 H F 要素の後面に重く剛性のある材料（たとえば、C u、A g、A u、P d、P t、または W のような金属）の塊を取り付けることによって L F 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。

【 0 0 4 9 】

S i 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 1 2 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、1 2 0 1 は、基板 1 2 0 0 上の低周波帯域用の c m u t / p m u t セルを示し、高周波帯域用の c m u t / p m u t セル 1 2 0 2 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氣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氣的に接続されている。

10

【 0 0 5 0 】

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。

20

【 0 0 5 1 】

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。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 2 】

【 図 1 a 】 送信する必要がある低周波（ L F ）および高周波（ H F ）複合パルスの例を示している。

【 図 1 b 】 送信する必要がある低周波（ L F ）および高周波（ H F ）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 L F および H F 放射面、そして、さらに、 L F および H F パルス位相の関係の解析の例を示している。

【 図 3 a 】 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 L F および H F 圧電層スタック配置の断面図。

40

【 図 3 b 】 インピーダンス曲線 3 2 1 , 3 2 2 のグラフ。

【 図 3 c 】 インピーダンス曲線 3 2 3 , 3 2 4 のグラフ。

【 図 3 d 】 伝達関数 3 2 5 ~ 3 2 8 のグラフ。

【 図 3 e 】 伝達関数 3 3 1 , 3 3 2 のグラフ。

【 図 4 】 本発明にかかる H F および L F 圧電層間の絶縁区画に加わる部分的に破断された L F 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・プロープの正面図を示している。

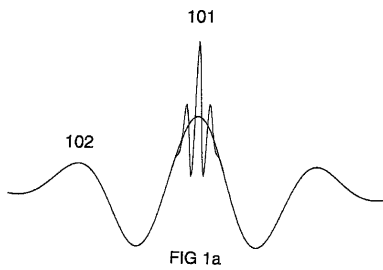
【 図 6 】 アレイ要素の電氣的なインピーダンスを低減する二重圧電層の配置の例を示している。

50

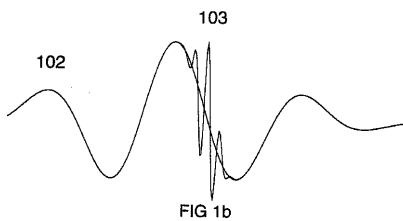
- 【図 7】 cmut/pmut 微細加工した伝達セルを備えた基板の正面図を示している。
- 【図 8】 送受波器スタックの断面を示しており、HF 伝達は、LF 伝達用の圧電層の前の基板上的 cmut/pmut セルによって生成される。
- 【図 9】 送受波器スタックの断面を示しており、LF 伝達は、HF 伝達用の圧電層の前の基板上的 cmut/pmut セルによって生成される。
- 【図 10 a】 基板上に微細加工された cmut/pmut 伝達セルによって実装された LF および HF 区画の組合せの前面を示しており、HF セルは、LF セル上に配置されている。
- 【図 10 b】 図 10 a 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。

10

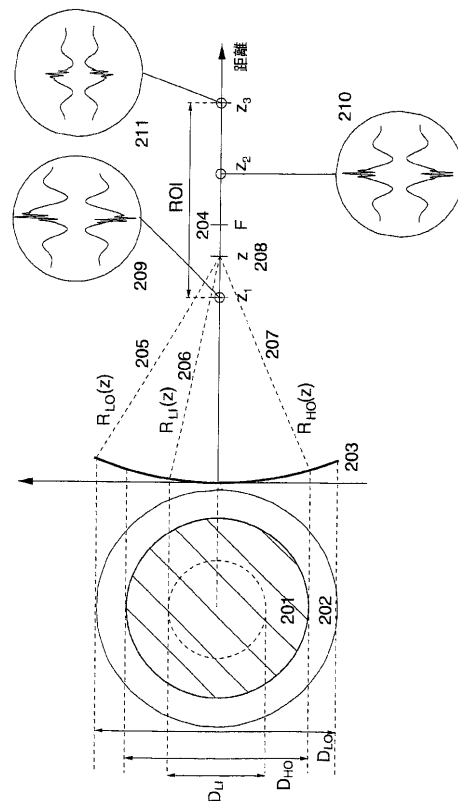
【図 1 a】



【図 1 b】



【図 2】



【図 3 a】

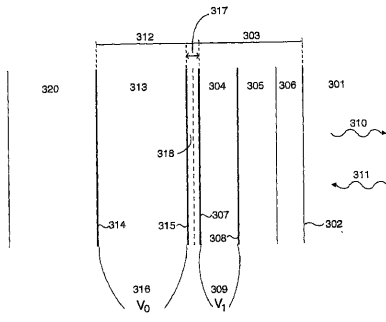


FIG. 3a

【図 3 b】

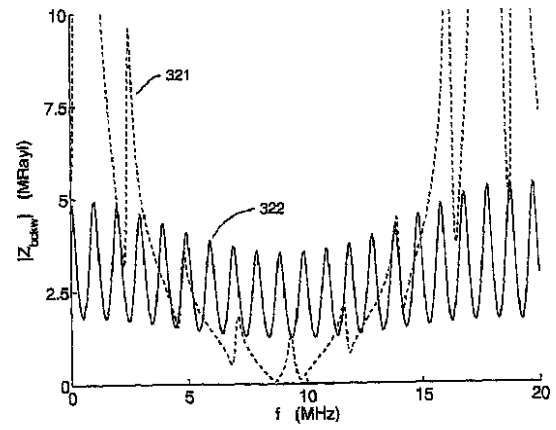


FIG. 3b

【図 3 c】

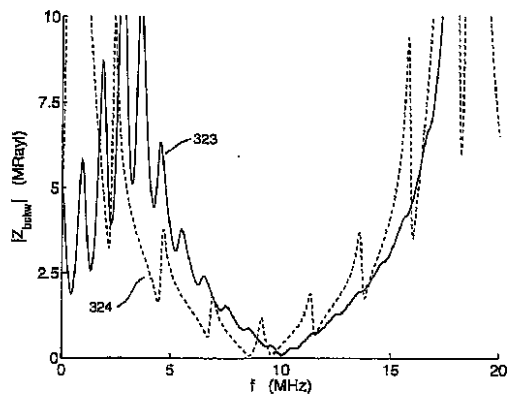


FIG. 3c

【図 3 d】

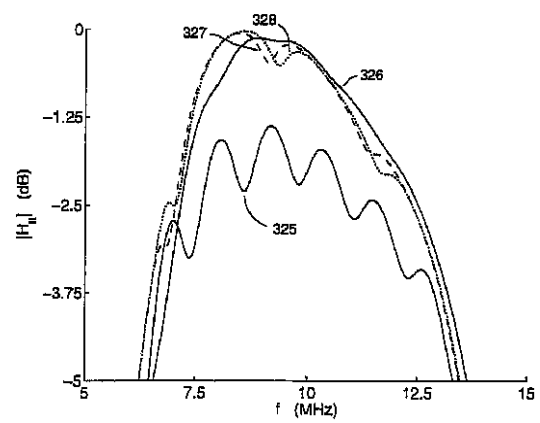
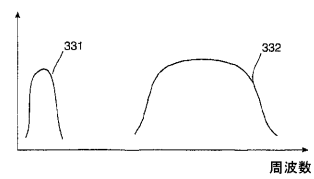


FIG. 3d

【図 3 e】



周波数

【 図 4 】

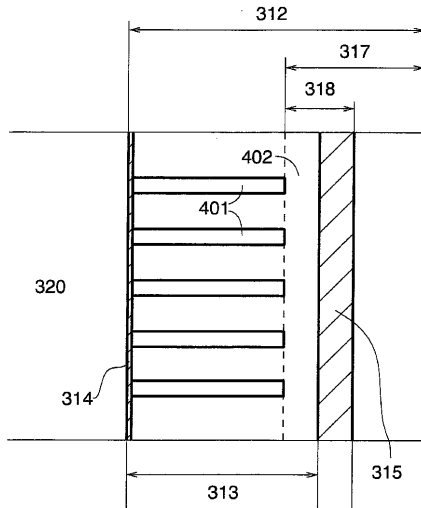
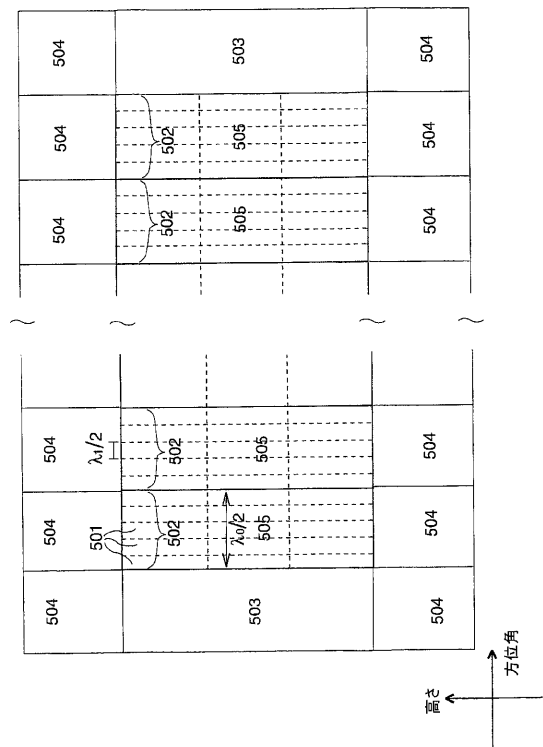


FIG. 4

【 図 5 】



【 図 6 】

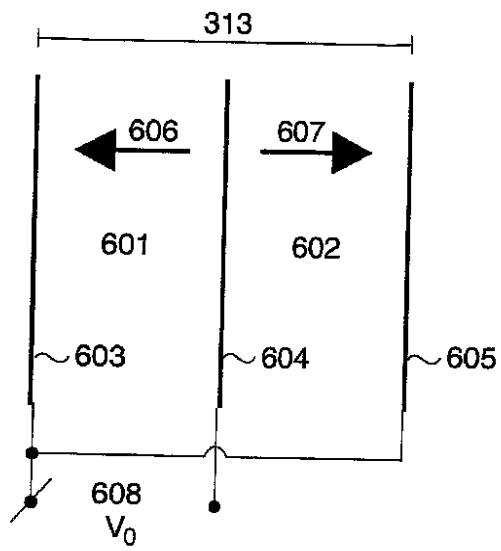


FIG. 6

【 図 7 】

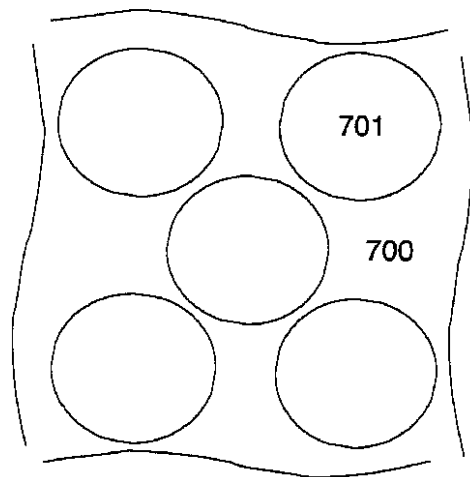


FIG. 7

【図 8】

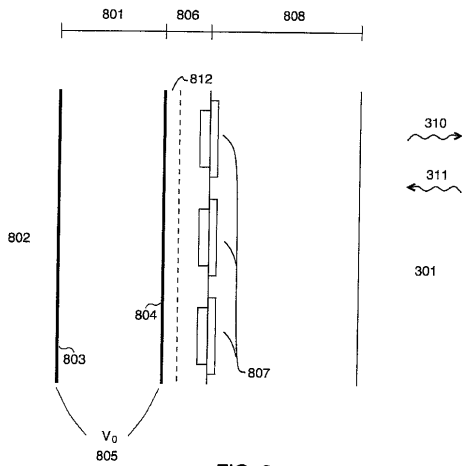


FIG. 8

【図 9】

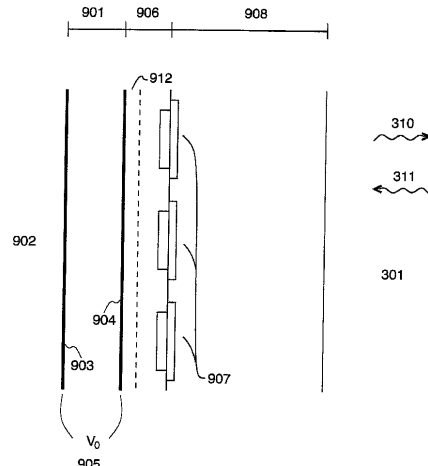


FIG. 9

【図 10 a】

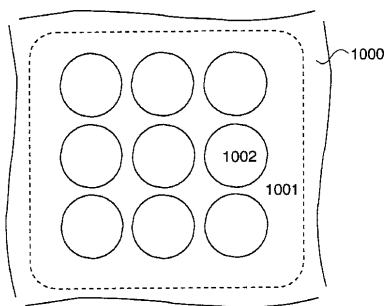


FIG.10a

【図 10 b】

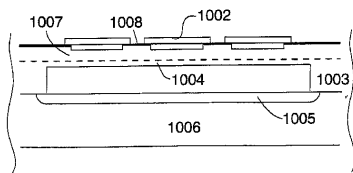


FIG.10b

【図 11】

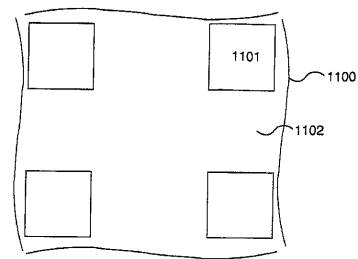


FIG.11

【図 12】

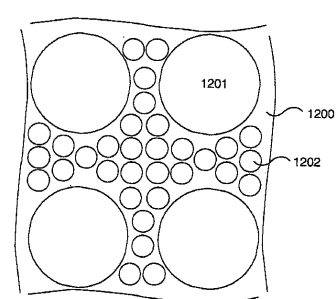


FIG. 12

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/N02006/000285

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B06B1/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B06B H01L H04R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2005 103193 A (HITACHI MEDICAL CORP; JIKEI UNIV SCHOOL OF MEDICINE) 21 April 2005 (2005-04-21) abstract; figure 1	1-6
X	JP 05 277102 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 26 October 1993 (1993-10-26) abstract; figure 1	1-6
A	JP 04 273699 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 29 September 1992 (1992-09-29) abstract; figure 2	1-6
A	WO 2004/007098 A (EAGLE ULTRASOUND AS [NO]; ANGELSEN BJOERN A J [NO]; JOHANSEN TONNI F []) 22 January 2004 (2004-01-22) page 7, line 28 - line 31 page 10, line 43 - line 51	1-6
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 May 2007

Date of mailing of the international search report

29/05/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Häusser, Thomas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/N02006/000285

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	MCLEAN J ET AL: "CMUTs with dual electrode structure for improved transmit and receive performance" ULTRASONICS SYMPOSIUM, 2004 IEEE MONTREAL, CANADA 23-27 AUG. 2004, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, 23 August 2004 (2004-08-23), pages 501-504, XP010783993 ISBN: 0-7803-8412-1	10,12
A	page 501, right-hand column; figure 1 page 504, left-hand column; figure 8	7
P,X	WO 2005/120355 A (OLYMPUS CORP [JP]; ADACHI HIDEO [JP]; OMURA MASAYOSHI [JP]; MIZUNUMA A) 22 December 2005 (2005-12-22) abstract; figure 1	10,12
X	US 2004/012307 A1 (FUKUDA HIROSHI [JP] ET AL) 22 January 2004 (2004-01-22) paragraph [0024]; figure 2 paragraph [0032] - paragraph [0038]; figure 8	14-17
X	JP 02 251754 A (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY) 9 October 1990 (1990-10-09) abstract; figures 1,2	14-19
X	JP 2002 336248 A (ALOKA CO LTD) 26 November 2002 (2002-11-26) abstract; figure 1	14,15,17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/N02006/000285

Box II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this International application, as follows:

see additional sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/N02006 /000285

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-6

Ultrasound array with LF and HF piezolayers separated by an acoustic isolation section.

2. claims: 7-13

Ultrasound array with LF and HF sections, one of which is made of cmut/pmut transduction membranes.

3. claims: 14, 16 (when dependent on claim 14), 17 (alternatives a) or b))

Ultrasound array with LF and HF sections, the outer boundary of the LF section being outside the outer boundary of the HF section.

4. claims: 15, 16 (when dependent on claim 15), 17 (alternatives c) or d)), 18, 19

Ultrasound array with LF and HF sections, the region around the center of the HF section being without active LF elements.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/N02006/000285

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2005103193	A	21-04-2005	NONE	
JP 5277102	A	26-10-1993	NONE	
JP 4273699	A	29-09-1992	NONE	
WO 2004007098	A	22-01-2004	AU 2002335588 A1 EP 1539381 A1	02-02-2004 15-06-2005
WO 2005120355	A	22-12-2005	EP 1779784 A1	02-05-2007
US 2004012307	A1	22-01-2004	JP 2003333693 A	21-11-2003
JP 2251754	A	09-10-1990	NONE	
JP 2002336248	A	26-11-2002	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 アンゲルセン、ピョルン アー・ヤー・

ノルウェー国 N - 7 0 5 1 トロンド Heim ブグセス ヴェーク 4 ペー

(72)発明者 ヨハンセン、トニ エフ・

ノルウェー国 N - 7 0 2 6 トロンド Heim ニル ウーリン ハンセンズ ベイ 5 0 セー

(72)発明者 ハンセン、ルネ

ノルウェー国 N - 7 1 0 5 スタッドビグド カーリ

(72)発明者 マーソエイ、スペイン - エリック

ノルウェー国 N - 7 0 1 1 トロンド Heim 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 - 7 0 5 0 トロンド Heim ヘルマン クラッグス ベー 3 - 2 1

F ターム(参考) 2G047 CA01 EA10 GB02 GB13 GB14 GB17 GB21 GB23 GB34 GF06

GF21

4C601 BB02 EE09 GB04 GB06 GB13 GB15 GB31 GB43 HH04 HH35

JB39

5D019 AA07 BB02 BB09 BB19 BB22 FF04 FF05 GG06

专利名称(译)	双频带超声换能器阵列		
公开(公告)号	JP2009503990A	公开(公告)日	2009-01-29
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]		
申请(专利权)人(译)	Angerusen , 比约恩呵是啊.		
[标]发明人	アンゲルセンビヨルンアーヤー 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、ビヨルン アー.ヤー. ヨハンセン、トニ エフ. ハンセン、ルネ マーソエイ、スペイン-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		
F-TERM分类号	2G047/CA01 2G047/EA10 2G047/GB02 2G047/GB13 2G047/GB14 2G047/GB17 2G047/GB21 2G047/GB23 2G047/GB34 2G047/GF06 2G047/GF21 4C601/BB02 4C601/EE09 4C601/GB04 4C601/GB06 4C601/GB13 4C601/GB15 4C601/GB31 4C601/GB43 4C601/HH04 4C601/HH35 4C601/JB39 5D019/AA07 5D019/BB02 5D019/BB09 5D019/BB19 5D019/BB22 5D019/FF04 5D019/FF05 5D019/GG06		
代理人(译)	昂达诚 本田 淳		
优先权	60/702423 2005-07-26 US		
其他公开文献	JP4945769B2 JP2009503990A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种超声波探头，用于发送/接收在两个低频（LF）和高频率（HF）带中，HF和LF频带的发射表面具有频率的超声波脉冲具有至少一个共同的区域。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阵列的隔壁，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。

