

(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 1
HO4R 17/00	(2006.01)
HO4R 1/24	(2006.01)
GO1N 29/24	(2006.01)
A61B 8/00	(2006.01)
	HO4R 17/00 332Y
	HO4R 1/24 330
	GO1N 29/24 502
	A61B 8/00
	HO4R 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/N02006/000285
(87) 国際公開番号	W02007/013814
(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 S U R F T E C H N O L O G Y A S 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 ペー 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；

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

を備えることを特徴とする、超音波伝達アレイプローブ。

10

20

**【請求項 2】**

前記バッキング層（318）は、17M Rayl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、5M Rayl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。

10

**【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。

20

**【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、

30

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、

40

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、

50

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、

10

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。

20

【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】

30

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プと、低周波送信開口のポテンシャル格子ロープとは、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、

40

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、

50

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。 10

#### 【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、 20

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。 30

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。 40

#### 【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

10

【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

20

【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】

30

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かなければならない。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。

40

#### 【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

50

必要がある。これは、伝播距離を持った L F パルスに対する H F 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。

#### 【 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 ~ 2 MHz）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 ~ 10 MHz）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 H F および L F 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、H F 帯域のみの受信と共に L F / H F 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 L F 帯域を受信するために使用されることもできるることは明らかである。10

#### 【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（L F）および高周波（H F）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、L F および H F 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。20

#### 【 0 0 1 1 】

本発明にかかる 1 つの実施形態において、L F および H F パルスは、前面に H F 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、H F および L F 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（L F 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（/20 程度）と便利なように組み合わせられる。30

#### 【 0 0 1 2 】

本発明にかかる別の実施形態において、L F および H F 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、L F および H F 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、L F および H F 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、L F 薄膜の上に H F 薄膜、のいずれか）。

#### 【 0 0 1 3 】

本発明は、スペース・アレイと共に使用されることもでき、ここでは、H F 開口からの格子ロープは、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 H F 格子ロープの効果を抑制するために、L F 開口のポテンシャル格子ロープとは異なっているべきである。40

#### 【 0 0 1 4 】

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、1.5 D、1.75 D、および完全な 2 D 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。H F および L F 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、L F 開口の少なくとも放射領域は、H F 開口よりも大きい、H F 送信開口と同等のものに選50

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。10

#### 【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。20

#### 【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ビームの回折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<sub>H0</sub>を持った円形のHF送信開口201と、たとえば外径D<sub>L0</sub>および内径D<sub>L1</sub>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f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。30

#### 【0019】

#### 【数1】

$$P_{LF}(z; \omega) = H_{LF}(z; \omega)P_{L0} = i2e^{-ik(R_{L0}(z)+R_{L1}(z))/2} \frac{\sin k(R_{L0}(z)-R_{L1}(z))/2}{F-z} FP_{L0} \quad k = \frac{\omega}{c} \quad 40$$

(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、 $\omega$ 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 $R_{L1}(z)$ は、Z軸上のLF開口の内縁から208までの距50

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。 $P_L$ は、開口でのLF送信圧力である一方、 $P_H$ 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】

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

10

【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。

20

【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さ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することができる。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。

30

【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、散乱深度に統一し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。

40

【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

50

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。

#### 【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カを使用し、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。10

#### 【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。H F帯域における電圧信号V<sub>1</sub>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。20

#### 【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317で前面を覆われた圧電層313からなる。このH F絶縁区画は、H F構造における共振に対するL F構造の干渉を回避するために、H Fアセンブリ303からL F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。30

#### 【0029】

さらに、この図は、特定のL F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、L F電気ポート316を構成し、L F帯域における電圧信号V<sub>0</sub>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L F振動を生じさせる。L F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L F振動を適切に送信する。多くの用途では、L F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L F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。40

#### 【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50

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】

H F 压電層 304 の厚さは、H F および L F 周波数の広い分離により L F 压電層 313 の厚さよりも大幅に小さい。このため、要素間の、または、L F 層の複合材料の切断は、H F 層の切斷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、H F 層のセラミック・ポストが L F 压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 H F 絶縁特性に L F 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 L F 压電層 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、L F 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、/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、L F 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 /4 の厚さを選択される。

10

20

30

40

### 【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、10 MHz で厚さ /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 /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 /4 の奇数であるときの高い値 ( $Z_{center}$ )<sup>2</sup> /  $Z_B > Z_B$  との間で振動する。 $Z_{center}$  は、セラミックの特性インピーダンスである。次に、/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、( $Z_{poly1}$  /  $Z_{center}$ )<sup>2</sup> \*  $Z_B$  に近い最小値と、 $Z_{poly1}$ <sup>2</sup> /  $Z_B$  に近いピーク値を得、ここで、 $Z_{poly1}$  は、/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 L F 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 /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 /4 の奇数であるときの低い値 ( $Z_{fill1}$ )<sup>2</sup> /  $Z_B < Z_B$  との間で振動する。 $Z_{fill1}$  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、/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、( $Z_{poly1}$  /  $Z_{fill1}$ )<sup>2</sup> \*  $Z_B$  に近づき、最小値は、 $Z_{poly1}$ <sup>2</sup> /  $Z_B$  に近づく。

40

### 【0033】

図 3c は、20 μm の厚さの Cu 層 318 (Cu の約 /25) が、図 3b に記述される /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 L F 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る、それは、/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、/4 層は、このインピーダンスを帯域 7 ~ 13 MHz における < 2 M Rayl のインピ

50

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、 $\lambda/4$ 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、十分に高いバックキング・インピーダンス（たとえば、この例においては $Z_B = 5 \text{ M R}_{\text{ay}1}$ ）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 $2 \text{ M R}_{\text{ay}1}$ 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。10

#### 【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 $\lambda/4$ 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。20 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区画によ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、 $L$ 。ここで、 $L$ は、層質量密度であり、 $L$ は、層の厚さである）であるということを注記すべきである。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ができるよう、非常に厚くされることもできる。3040

#### 【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べき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50

、 L F 波長は、より大きく、上で議論したように、さらに、 H F 送信開口よりも大きい L F の使用に有利に働くからである。大きい深度については、 H F 受信開口は、 L F 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。

### 【 0 0 3 7 】

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、 5 0 1 は、フェーズド・アレイ H F 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 ( 2 D ) 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 2 D アレイにも適用可能であることを重視するであろう。

### 【 0 0 3 8 】

このリニア・アレイの H F 帯域の中心は、たとえば、  $f_1 = 3.5 \text{ MHz}$  であり、  $1/2$  が ~ 0.22 mm の高周波要素を示唆している。次に、 8 4 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、 ~ 1.54 mm の  $0/2$  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 5 0 2 を示唆している。 L F ビームのより良いコリメーションのために、 H F 要素の各側に追加の L F 要素を加えることができ、ここでは、本図は、 L F 方位角開口が 14 個の要素を ~ 21.56 mm に増大させる 2 つの要素 5 0 3 を示している。 L F 高さ開口を増大させるために、要素 5 0 4 によって L F 開口を高さ方向に同様に拡張することができた。図 2 に関する解析から次のように、 H F および L F 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、 L F および H F 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 L F 振幅については、 L F 送信開口は、深度を持った L F ビームの回析の広がりを低減するために、 H F 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 H F パルスの伝播および散乱における L F 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つ 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。

### 【 0 0 3 9 】

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あるであろう。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あるが、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

10

20

30

40

50

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10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、19.6 M Rayl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 / pmut 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

10

20

30

40

50

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（8.44 mm / 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 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ティングは、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

10

20

30

40

50

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、ビームの主ロープからオフセット方向に格子ロープを生じさせ、ここでは、送信および受信開口は、格子ロープ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プが重複していないときには、画像中の格子ロープ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、低周波格子ロープを有していないが、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なく当業者によってなされることは可能であることは理解されるであろう。

10

20

30

40

50

## 【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關して示され、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。したがつて、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】

10

## 【0052】

【図1a】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1b】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L FおよびH F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。

20

【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】c m u t / p m u t 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、H F伝達は、L F伝達用の圧電層の前の基板上のc m u t / p m u t セルによって生成される。

30

【図9】送受波器スタックの断面を示しており、L F伝達は、H F伝達用の圧電層の前の基板上のc m u t / p m u t セルによって生成される。

【図10a】基板上に微細加工されたc m u t / p m u t 伝達セルによって実装されたL FおよびH F区画の組合せの前面を示しており、H Fセルは、L Fセル上に配置されている。

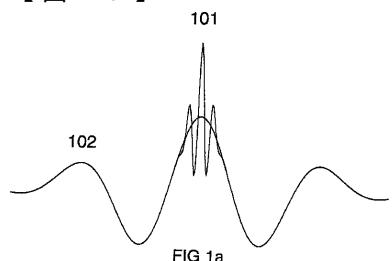
【図10b】図10aのL FおよびH F区画の組合せの断面図。

【図11】スパース・アレイとして配置されたL FおよびH Fアレイの正面図を示しており、H FおよびL Fの要素は、互いの間に配置されている。

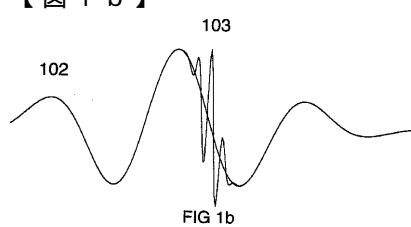
【図12】基板上に微細加工されたc m u t / p m u t 伝達セルによって実装された低および高周波区画の組合せの正面図を示しており、低および高周波セルは、互いに並んで配置されている。

40

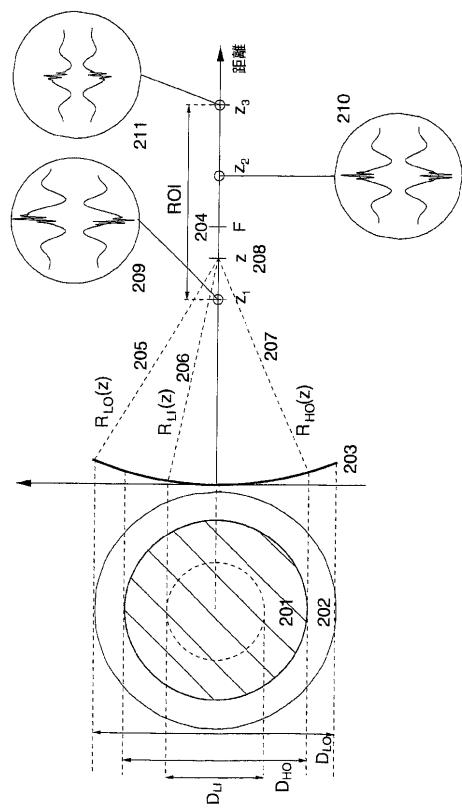
【図 1 a】



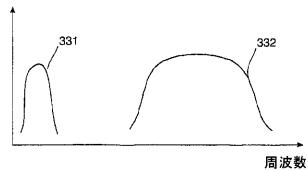
【図 1 b】



【図 2】



【図3e】



【 四 4 】

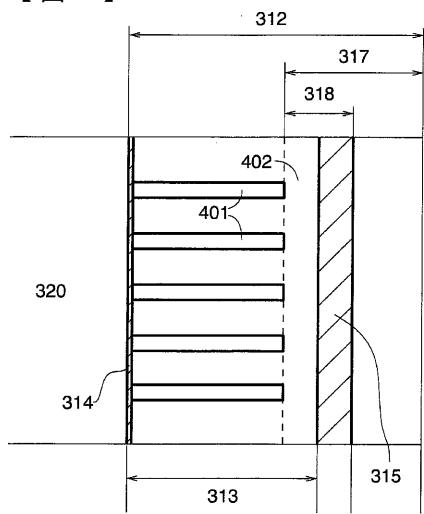
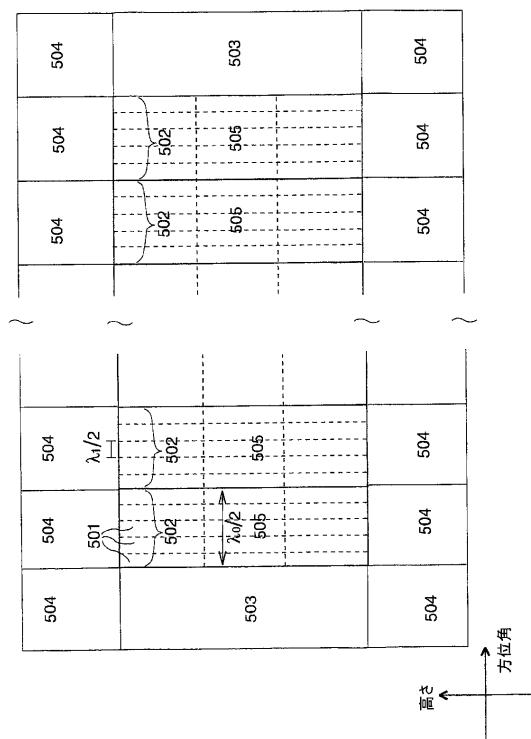


FIG 4

【 义 5 】



【図6】

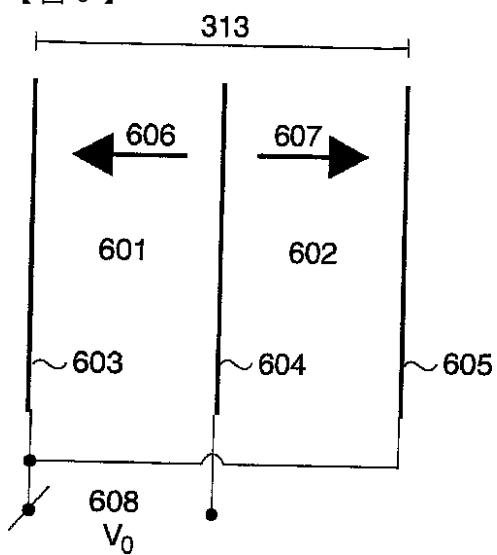


FIG. 6

【図 8】  
801 806 808

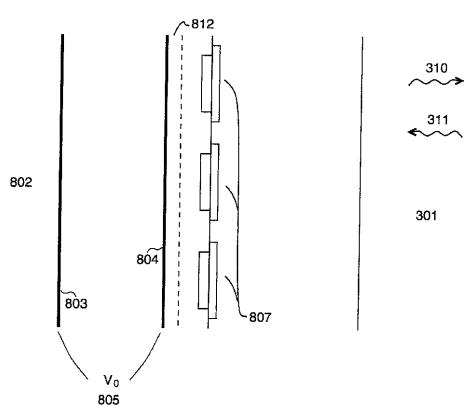


FIG. 8

【図 9】  
901 906 908

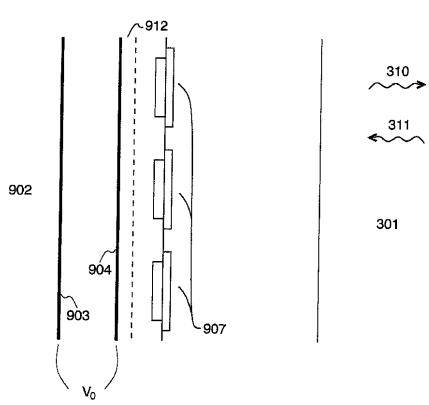


FIG. 9

【図 10 a】

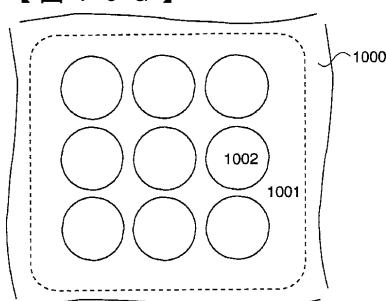


FIG. 10a

【図 10 b】

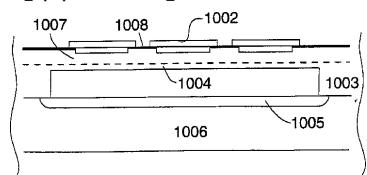


FIG. 10b

【図 11】

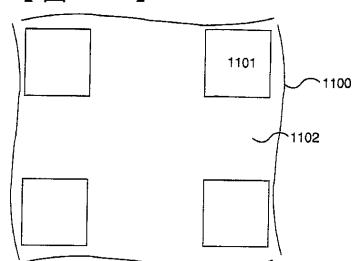


FIG. 11

【図 12】

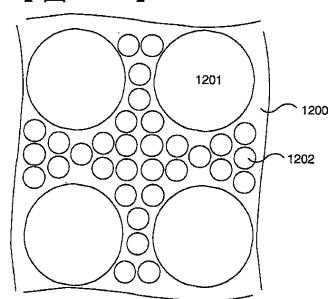


FIG. 12

---

フロントページの続き

(72)発明者 アンゲルセン、ビヨルン アー.ヤー。  
ノルウェー国 N - 7051 トロンドヘイム ブッゲス ヴェーカ 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、スペイン-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