

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3950755号

(P3950755)

(45) 発行日 平成19年8月1日(2007.8.1)

(24) 登録日 平成19年4月27日(2007.4.27)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 4 R 17/00 (2006.01)	HO 4 R 17/00	3 3 O J
BO 6 B 1/06 (2006.01)	HO 4 R 17/00	3 3 2 A
HO 1 L 41/09 (2006.01)	BO 6 B 1/06	A
HO 1 L 41/187 (2006.01)	HO 1 L 41/08	J
HO 1 L 41/22 (2006.01)	HO 1 L 41/18	1 O 1 D
請求項の数 8 (全 10 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2002-196611 (P2002-196611)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成14年7月5日(2002.7.5)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2003-125494 (P2003-125494A)		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成15年4月25日(2003.4.25)		MPANY
審査請求日	平成17年7月1日(2005.7.1)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(31) 優先権主張番号	09/898811		クタデイ、リバーロード、1番
(32) 優先日	平成13年7月5日(2001.7.5)	(74) 代理人	100093908
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 松本 研一
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100106541
			弁理士 伊藤 信和
		(72) 発明者	ロウエル・スコット・スミス
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカ
			ユナ、チェシャー・ブレイス、24番
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イメージング・システムの分解能を高める超音波トランスデューサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

多数の素子を備えた超音波トランスデューサ・アレイであって、  
 前記素子の各々は、  
 第一の金属化された表面を有する圧電材料の層(2)と、  
 該圧電材料の層の前記第一の金属化された表面に隣接して設けられている第一の音響整合層(26)であって、シリコンで構成されている前記第一の音響整合層と、  
 前記第一の音響整合層に隣接して設けられている第二の音響整合層(18)であって、前記第一の音響整合層の音響インピーダンスよりも小さい音響インピーダンスを有する材料を含んでいる前記第二の音響整合層と、を備えており、  
 前記第二の音響整合層はアンチモン・グラファイト複合材料で構成されている、超音波トランスデューサ・アレイ。

【請求項2】

多数の素子を備えた超音波トランスデューサ・アレイであって、  
 前記素子の各々は、  
 第一の金属化された表面と第二の金属化された表面(4)を有する圧電材料の層(2)と、  
 該圧電材料の層の前記第一の金属化された表面に隣接して設けられている第一の音響整合層(26)であって、シリコンで構成されている前記第一の音響整合層と、  
 前記第一の音響整合層に隣接して設けられている第二の音響整合層(18)であって、前

10

20

記第一の音響整合層の音響インピーダンスよりも小さい音響インピーダンスを有する材料を含んでいる前記第二の音響整合層と、  
前記第二の金属化された表面に隣接して設けられている音響吸収性材料の集塊体（１６）と、  
を備えている超音波トランスデューサ・アレイ。

【請求項３】

前記第二の音響整合層に隣接して設けられている第三の音響整合層（２０）をさらに含んでおり、該第三の音響整合層は、前記第二の音響整合層の音響インピーダンスよりも小さい音響インピーダンスを有する材料を含んでいる請求項１又は２に記載の超音波トランスデューサ・アレイ。

10

【請求項４】

前記第三の音響整合層はRexoliteで構成されている請求項３に記載の超音波トランスデューサ・アレイ。

【請求項５】

前記第三の音響整合層に隣接して設けられている音響レンズ（２２）をさらに含んでいる請求項３に記載の超音波トランスデューサ・アレイ。

【請求項６】

前記圧電材料はセラミックスを含んでいる請求項１乃至５のいずれかに記載の超音波トランスデューサ・アレイ。

【請求項７】

20

前記セラミックスはジルコン酸チタン酸鉛を含んでいる請求項６に記載の超音波トランスデューサ・アレイ。

【請求項８】

前記シリコンは、前記第一の音響整合層の音響インピーダンスが約  $19.6 \text{ Mrayl}$  となるように配向した単結晶構造を有する請求項１乃至７のいずれかに記載の超音波トランスデューサ・アレイ。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の背景】

本発明は一般的には、超音波イメージング・システムに関し、さらに具体的には、超音波イメージング・システムの分解能を高める超音波トランスデューサ設計に関する。

30

【０００２】

医用撮像及び非破壊試験に用いられる超音波トランスデューサは、感度及び帯域幅という二つの主特性によって特徴付けられており、これらの特性はイメージング・システムの透過力及び分解能に直接的に相関付けられる。トランスデューサ設計が複雑化するにつれて、比帯域幅は単層整合層での  $30\% \sim 40\%$  から二層整合層での  $60\% \sim 80\%$  まで増大している。医療診断超音波撮像では、造影剤を利用する場合及び利用しない場合のハーモニック撮像の近年の発展によって、さらに帯域幅の広いプローブの利点が注目を浴びている。名称に含意されているように、ハーモニック撮像には  $100\%$  を上回る比帯域幅での感度が必要とされる。比帯域幅（FBW）は、帯域幅を中心周波数で除したものとして定義される。

40

【０００３】

$$FBW = (U_{lim} - L_{lim}) / f_{ctr}$$

式中、 $U_{lim}$  は帯域幅の上限であり、 $L_{lim}$  は帯域幅の下限であり、 $f_{ctr}$  は中心周波数である。

【０００４】

超広帯域幅プローブは、診断を実行するのに必要なプローブの数を減少させることにより走査を単純化させることができる。従来の状況では、皮膚の近傍で細部を細かく探索するためには高周波数プローブが必要とされ、カラー・フロー撮像、ドプラ撮像、及び体内のさらに深部の撮像には低周波数プローブが用いられる。しかしながら、プローブの切り替

50

えには時間及び操作者の動作が費やされる。これを最小限に抑えることができれば、患者の走査を完遂するのに必要な時間及び労力を減少させることができる。

【 0 0 0 5 】

効率的な超音波トランスデューサは、殆どの被検体とは大幅に異なる音響インピーダンスを有する。このことから、これら二つの物質の間で超音波をカップリングさせることが困難になる。周知のように、音響整合層が、圧電セラミックスのような一つの特定の音響インピーダンスを有する物質から、水浴又は人体のような別の特定の音響インピーダンスを有する物質へ音響エネルギーをさらに効率的に伝達することにより、超音波トランスデューサの感度及び帯域幅を改善する。

【 0 0 0 6 】

音響整合層の理論は十分に理解されており、IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control、第43巻、第6号、第1136頁～第1149頁(1996年11月)のT. Rhyneによる“Computer Optimization of Transducer Transfer Functions Using Constraints on Bandwidth, Ripple, and Loss”に開示されているように、電子フィルタ設計方法と非常によく似ている。Rhyneに対する米国特許第5,706,564号に開示されているように、整合層の音響インピーダンス及び厚みを調節することにより、様々な標準的帯域通過特性を達成することができる。Rhyneの特許に示されているように、Thompson帯域形状とButterworth帯域形状との間には好都合な連続性が存在している。超音波トランスデューサについての実用上の問題点は、多層の整合層について最適音響インピーダンスが単純な物質では達成できないことである。例えば、二層設計では、内側の整合層のインピーダンスは約7 Mrayl～10 Mraylである必要がある。このような値は、プラスチック(2 Mrayl～4 Mrayl)よりも高く、ガラス及び金属(10 Mrayl～100 Mrayl)よりも低く、不都合である。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

超音波トランスデューサの帯域幅の拡大を試みる場合には様々なアプローチが可能である。しかしながら、多くのアプローチは、大径の単結晶圧電体の成長のような複雑な材料開発又は複雑な複合材構造を必要とする。例えば、1996 IEEE Ultrasonics Symposium、第935頁～第942頁(1996年)のPark等による“Characteristics of Relaxor-Based Piezoelectric Single Crystals for Ultrasonic Transducers”、及び1989 IEEE Ultrasonics Symposium、第755頁～第766頁(1989年)のW. A. Smithの“The Role of Piezocomposites in Ultrasound Transducers”を参照されたい。従って、最適な音響インピーダンスを有し、加工の容易な単純な整合層材料が必要とされている。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

圧電層に最も近接した音響整合層をシリコンで製造することにより、超音波トランスデューサの分解能が格段によくなる。シリコンは、単純で、広く普及しており、入手の容易な材料であり、広範な研究が成されており、安価で、比較的加工し易い。シリコンは実質的にすべての半導体電子回路の基礎材料であるので、径が何インチものウェーハを容易に入手することができる。

【 0 0 0 9 】

最も単純な実施形態では、半導体加工用に得られるシリコン・ウェーハが、トランスデューサの構築時に適当な厚みに研磨されて、他の整合層材料と共に音響積層体に含まれる。正確な厚みは設計の細部によって決まるが、材料においてノミナルで四分の一波長である。

【 0 0 1 0 】

一好適実施形態によれば、トランスデューサ整合層構造は、チェビシェフ(Chebyshev)帯域形状を形成するように設計される(計算機最適化を用いて)。この帯域形状では、第三の層について理想的な音響インピーダンスは約18.6 Mraylであるので、音響インピーダンスが19.6 Mraylである標準的なシリコン・ウェーハは最適に近いが全

10

20

30

40

50

く最適という訳ではない。しかしながら、形状を変えると音響インピーダンスの値が修正される。ケイ素の形状を、例えばトランスデューサ・アレイ素子に適当な形状である細いビーム（梁構造）に変更すると、所望のインピーダンスへのよりよい整合が得られる。

#### 【0011】

もう一つの実施形態では、シリコンの音響インピーダンスを特定の帯域形状設計に必要とされる音響インピーダンスにさらに正確に整合させるようにシリコン・ウェーハの配向を選択することができる。シリコンは立方晶系物質であるので、ミラー指数（100）、（110）及び（111）によって表わされる三つの標準的な配向又は「切断面」を利用することができる。これらの指数は、結晶軸に対するウェーハ平面の配向に関係付けられる。より複雑な好適実施形態では、代替的な切断面を採用すれば音響インピーダンスに一層の柔軟性を与えることが可能になる。

10

#### 【0012】

##### 【発明の実施の形態】

従来の超音波プローブはトランスデューサ・パレットを含んでおり、パレットはプローブ筐体内に支持されていなければならない。図1に示すように、従来のトランスデューサ・パレットは、細幅のトランスデューサ素子から成るリニア・アレイを含んでいる。各々のトランスデューサ素子が圧電セラミックス材料の層2を含んでいる。圧電材料は典型的には、ジルコン酸チタン酸鉛（PZT）のようなセラミックス、二フッ化樹脂（difluoride）又はPZTセラミックス/ポリマー複合材料である。

#### 【0013】

20

典型的には、各々のトランスデューサ素子の圧電材料2は、後面に信号電極4を、また前面に接地電極6を有している。各々の信号電極4は、信号用可撓性プリント回路基板（PCB）10上のそれぞれの導電性トレース8を介して、プローブが接続されている超音波イメージング・システムの送信器（図示されていない）の信号供給源、例えばそれぞれのパルサ12に接続することができる。各々の信号電極は典型的にはまた、それぞれの受信器チャネル（図示されていない）にも選択的に接続可能である。パルサによって印加される送信パルスの振幅、タイミング及び送信系列は、システムの送信器に組み入れられている様々な制御手段によって決定される。各々の接地電極6は、接地用可撓性PCB14上のそれぞれのトレース（図示されていない）を介して共通の接地（図示されていない）に接続されている。図1では、各可撓性PCBは図示を単純化する目的のみでパレットの両側に示されているが、好ましくは、両方の可撓性PCBとも、パレットの同じ側に設けられる。

30

#### 【0014】

トランスデューサ・パレットはまた、例えば金属配合エポキシ等の音響損失の高い適当な音響減衰材の集塊体16を含んでおり、集塊体16はトランスデューサ素子アレイの背面に配置されている。このバッキング層16はトランスデューサ素子の後面にカップリングされており、各々の素子の裏側から発生する超音波を吸収して、これらの超音波が部分的に反射したり前方に伝播する超音波と干渉したりしないようにしている。

#### 【0015】

典型的には、各々のトランスデューサ・アレイ素子はまた、図1に示すように、圧電層2の金属化された前面（接地電極を形成している）に接合されている第一の音響インピーダンス整合層18を含んでいる。また、第一の音響インピーダンス整合層18には、第二の音響インピーダンス整合層20が接合されている。トランスデューサ・パレットの層2、18及び20は、音響的に透明な接着剤の薄層を用いて接合されている。第二の整合層20の音響インピーダンスは、第一の整合層18の音響インピーダンスよりも小さく、且つトランスデューサ・アレイに音響的にカップリングされる媒体の音響インピーダンスよりも大きくなければならない。例えば、第二の整合層20は、音響伝達特性の優れたポリスルホン又はRexoliteのようなプラスチック材料から成っていてよい。Rexoliteはニュージャージー州、BeverlyのC-LEC Plastics, Inc.から入手可能なジビニルベンゼンとの橋架けポリスチレンによって生成される熱硬化性材料の商標である。

40

50

## 【 0 0 1 6 】

図 1 は、独立したトランスデューサ素子としてダイス加工されたパレットを示しており、各々の素子が積層した層 2、4、6、18 及び 20 を含んでいる。ダイス加工前のパレットは、積層体を形成するようにシート又はプレートを積層することにより構築される。次いで、パレットを十分な深さまでダイス切断して、それぞれのトランスデューサ素子を形成する。ダイス鋸を用いて、平行な素子分断切断部又は切り溝 24 を形成する。各々の切断部は音響整合層 18 及び 20 並びに圧電層 2 を完全に貫通し、音響吸収層 16 には部分的にのみ延在している。切り溝 24 は後に、エラストマー又はゴム材料で充填される。

## 【 0 0 1 7 】

ダイス加工の後に、音響的に透明なシリコン接着剤の薄層を用いてトランスデューサ素子の第二の音響インピーダンス整合層 20 の前面を凸面円筒レンズ 22 の平面状の後面に従来の方式で接合する。レンズ 22 は次の三つの目的を果たす。(1) 音響的集束(レンズ 22 のレンズ形状の断面及び低音速という材料特性による)、(2) ゲル、体液、及び洗浄剤等による侵蝕からトランスデューサ素子を保護する化学的障壁を設ける、並びに(3) 電気的作用性のあるトランスデューサ素子から患者を保護する電氣的障壁を設ける。レンズは従来、シリコン・ゴムから製造されている。

## 【 0 0 1 8 】

本発明の好適実施形態によれば、各々のトランスデューサ素子は三つの音響整合層を含んでいる。図 2 に示すように、各々のトランスデューサ素子は、圧電材料層 2 の金属化された前面に接合されている単結晶シリコン製の第一の音響整合層 26 と、第一の音響整合層 26 に接合されている金属(例えば、銅、アンチモン又は類似の金属)包接物を含浸させたグラファイト製の第二の音響整合層 18 と、第二の音響整合層 18 に接合されている Rexolite 製の第三の音響整合層 20 とを含んでいる。シリコンは、単純で、容易に入手可能であり、広く普及した材料であるという利点を有しており、加工が容易で広範に研究されている。シリコンは殆どの半導体電子回路の基礎材料であるので、径が何インチものウェーハを容易に入手することができる。

## 【 0 0 1 9 】

最も単純な実施形態では、半導体加工用に得られるシリコン・ウェーハが、トランスデューサの構築時に適当な厚みに研磨されて、他の整合層材料と共に音響積層体に含まれる。正確な厚みは設計の細部によって決まるが、材料においてノミナルで四分の一波長である。

## 【 0 0 2 0 】

チェビシェフ帯域形状を有するトランスデューサ整合層構造を形成するためには、第三の整合層について理想的な音響インピーダンスは約  $18.6 \text{ Mrayl}$  であるので、音響インピーダンスが  $19.6 \text{ Mrayl}$  である標準的なシリコン・ウェーハは最適に近いが全く最適という訳ではない。しかしながら、形状を変えると、音響インピーダンスの値が修正される。ケイ素の形状を、例えばトランスデューサ・アレイ素子に適当な形状である細いビームに変更すると、所望のインピーダンスへのよりよい整合が得られる。

## 【 0 0 2 1 】

もう一つの好適実施形態では、シリコンの音響インピーダンスを特定の帯域形状設計に必要とされる音響インピーダンスにさらに正確に整合させるようにシリコン・ウェーハの配向を選択することができる。シリコンは立方晶系物質であるので、ミラー指数(100)、(110)及び(111)によって表わされる三つの標準的な配向又は「切断面」を利用することができる。これらの指数は、結晶軸に対するウェーハ平面の配向に関係付けられる。三つの切断面のそれぞれの音響インピーダンスは下記のとおりである。

## 【 0 0 2 2 】

切断面	$Z_{\text{long}}$	$Z_{\text{shear}}$	$Z_{\text{beam}}$
(100)	19.6	13.6	18.1
(110)	19.6	10.9	18.3
(111)	19.6	13.5	18.1

## 【0023】

上の表では、 $Z_{\text{long}}$  及び  $Z_{\text{shear}}$  はそれぞれバルク材料での縦波及び剪断波についての音響インピーダンスを示す。音響インピーダンスは、二つの材料の間の境界での音波の透過及び反射を記述するのに有用な概念であって、密度及び剛性のような材料特性、並びに音波の種類及び材料の形状に依存する。加えて、殆どの超音波トランスデューサ・アレイでは、整合層は連続ではなく独立したビームとして切断されており、従って厚み方向に走行する音波に、ビームの両面によるさらなる制約が加わる。これにより、 $Z_{\text{beam}}$  が、超音波アレイに広く用いられている細長い棒での厚みモード振動についての音響インピーダンスを表わす。

10

## 【0024】

上の表に示すように、僅かに異なる音響インピーダンスを達成することが可能であり、従って音響的設計を最適化することが可能である。最終的な最も複雑な好適実施形態では、代替的な切断面を採用すれば音響インピーダンスに一層の柔軟性を与えることが可能になる。標準的な結晶物理学の教科書（例えば、B. A. Auld 著、Acoustic Fields and Waves in Solids、第3．D節、J. W. Wiley、ニューヨーク、1973年）に示されているように、シリコンの弾性定数は結晶配向の関数であって、容易に計算される。具体的には、コンピュータ・プログラムを利用して、Bond行列を用いてオイラー角の任意集合についてシリコン結晶の弾性行列を算出することができる。

20

## 【0025】

三層整合層型チェビシェフ設計を計算機モデルを用いて合成した。モデルの主な自由パラメータは整合層の厚みとした。次いで、これらの層を作製してパレット構造に用いた。次いで、パレットを試験した。この実験の詳細及び結果について以下に述べる。

## 【0026】

選択した圧電材料は、音響インピーダンスが  $32.35 \text{ Mrayl}$  で音速が  $4,147 \text{ m/秒}$  のセラミックスであった。計算機シミュレーションの目的のために、圧電層の厚みを  $218 \text{ ミクロン}$  に固定した。三つの整合層のインピーダンスは、単結晶シリコン（100）、SbGr 及び Rexolite にそれぞれ対応して  $19.6 \text{ Mrayl}$ 、 $7.4 \text{ Mrayl}$  及び  $2.44 \text{ Mrayl}$  に固定した。Rexolite 及び SbGr（すなわちアンチモンで含浸したグラファイト）は、公知の二層整合層広帯域プローブ設計に用いられているので選択された。しかしながら、本発明は、これらの材料の利用に限定されているのではない。類似の特性を有する他の材料を第二の整合層及び第三の整合層に用いてよい。単結晶シリコンは、そのインピーダンスがチェビシェフ帯域形状の最適値  $18.6 \text{ Mrayl}$  に近い第一の整合層として選択された。

30

## 【0027】

一次元モデル（唯一の振動モードを想定した）及び有限要素法モデル（FEM）の両方を利用して、前述の各材料を用いて三層整合層設計の音響応答をシミュレートした。一次元モデルを用いて整合層の厚みを最適化した。一次元最適化では、三つの整合層のそれぞれの音響インピーダンス及び速度（音速）は、以下の値に固定されていた。 $Z_{\text{Si}} = 19.60 \text{ Mrayl}$ 、 $v_{\text{Si}} = 8,270 \text{ m/秒}$ ； $Z_{\text{SbGr}} = 7.40 \text{ Mrayl}$ 、 $v_{\text{SbGr}} = 2,800 \text{ m/秒}$ ； $Z_{\text{Rexolite}} = 2.44 \text{ Mrayl}$ 、 $v_{\text{Rexolite}} = 2,324 \text{ m/秒}$ 。音響整合層の厚みのみを変化させた。次いで、アスペクト比並びに  $Z_{\text{Si}}$  及び  $v_{\text{Si}}$  の有限寸法効果を考慮しつつ、FEM に音響出力エネルギーを供給した。次いで、FEM（有限要素法モデル）からのパラメータを再最適化のために一次元モデルにフィードバックした。トランスデューサの設計は、概チェビシェフ形状を有する比帯域幅  $103\%$  のトランスデューサで

40

50

あって、四つのピークを有し、二つの中央ピークが集合して単一のピークを形成しているトランスデューサについて行なわれた。最適化した設計での伝達関数の予測形状を図3に示す。最適化した設計での整合層の算出厚みは、シリコンが313.5ミクロン、SbGrが104.9ミクロン、及びRexoliteが85.83ミクロンであった。

#### 【0028】

次いで、整合層及び圧電層を前述の厚みで備えたパレットを試験用に構築した。P型(100)シリコン・ウェーハを研磨して、所望の厚みすなわち313.5ミクロンとした。25ミクロン幅のダイス鋸刃を用いると、トランスデューサ素子の作用面積が僅かに減少した。

#### 【0029】

試験結果から判明したところによれば、比帯域幅は95%~97%であり、この値は、SbGr及びRexoliteを用いた標準的な二層整合層設計で得られる75%よりもかなり良好であり、時間応答は標準的な二層整合層設計に匹敵していた。感度は、標準的な二層整合層設計よりも約2dB小さく、この理由はおそらく、セラミックス面積が減少していたこと、及び整合層構造に付加的な損失が存在していたことによると見られる。標準的な平板反射器を用いて双方向伝達関数を測定した。試験データは図3に示す伝達関数の予測形状に極く近く適合しており、幅広の中央の隆起、及び帯域の両端に二つのピークを有していた。この試験では既存の整合層材料を用いたに過ぎないので、さらに最適化した設計を用いて改善を達成することができる。設計理論は100%範囲の比帯域幅が達成可能であることを示している。具体的には、各々のトランスデューサ素子でシリコン単結晶構造の配向を変化させることにより、整合層構造を最適化することができる。

#### 【0030】

殆どの超音波トランスデューサは現状では、上述の圧電素子のようなセラミックスを用いているが、圧電単結晶成長、具体的にはPZNT(亜鉛ニオブ酸チタン酸鉛)及びPMNT(マグネシウムニオブ酸チタン酸鉛)の進歩は、これらの材料が今後数年以内に利用可能になり得ることを示唆している。圧電カップリングを高めたこの材料を用いると、これらの素子の帯域幅がさらに拡大する。圧電体の音響インピーダンスが変化すると、層の厚みについての設計の変更が生じ、従って、シリコン整合層切断面の配向の変更が生じることが理解されよう。

#### 【0031】

本発明の超音波トランスデューサ・プローブは、プローブ以外では従来のものである超音波イメージング・システムに組み入れることができ、ハーモニック撮像モードを具備するシステムで特に有用である。本発明を組み入れておりハーモニック撮像モードを具備するBモード・イメージング・システムの基本的な信号処理鎖を図4に示す。超音波プローブ28が、多数のトランスデューサ素子を含むトランスデューサ・アレイ30を含んでおり、各々の素子が、間に接地電極を挟んだ圧電層とシリコン音響整合層とを含んでいる。トランスデューサ・アレイの各素子は、ビームフォーマ32の送信器部に組み入れられているそれぞれのパルスによって起動される。パルスは、送信焦点位置に集束されており基本中心周波数を有する超音波をトランスデューサ・アレイに送信させるように制御される。帰投した超音波エネルギーは、トランスデューサ素子によって電気的なRF(無線周波数)信号へ変換される。これらの電気信号は、ビームフォーマ32の受信器部のそれぞれの受信チャンネルにおいて受信される。ビームフォーマ32の受信部は、周知の態様で走査線に沿った連続したレンジで受信信号を動的に集束して、受信ベクタを形成する。各々の走査線毎のビームフォーマの出力データ(I/Q又はRF)は、Bモード信号プロセッサ鎖34を通過する。Bモード信号プロセッサ鎖34は、例えば、ハーモニック周波数を中心とするハーモニック信号成分の帯域を通過させる帯域通過フィルタ、包絡線検波、及び対数圧縮等を含んでいてよい。代替的には、例えば送信時のGolay符号化励起及び受信時の復号のような他のハーモニック撮像手法を用いてもよい。次いで、得られた画像データは表示プロセッサ36によって処理されて、表示モニタ38に表示される。システム制御はホスト・コンピュータ又はシステム制御器40に集中化されており、システム制御器40は

10

20

30

40

50

操作者の入力した命令を操作者インタフェイス 42 を介して受け取って、次いで様々なサブシステムを制御する。

#### 【0032】

本発明の幾つかの好ましい特徴のみを図示すると共に記載したが、当業者には多くの改変及び変形が想到されよう。例えば、シリコンと同様の音響インピーダンス値及び音速値を有する材料をシリコンの代わりに用いてもよい。加えて、本書に開示した超広帯域幅トランスデューサ・プローブは、ハーモニック・イメージング・システムでの利用に限定されている訳ではない。従って、特許請求の範囲は本発明の要旨の範囲内に含まれるようなすべての改変及び変形を網羅しているものと理解されたい。

#### 【図面の簡単な説明】

10

【図1】従来のトランスデューサ・パレットの等角投影図である。

【図2】本発明の好適実施形態によるトランスデューサ・パレットの一部の概略的な立面図である。

【図3】比帯域幅が103%であり、概チェビシェフ帯域形状を有する計算機シミュレートしたトランスデューサの伝達関数のグラフである。

【図4】シリコン整合層を有する超広帯域幅のトランスデューサを組み入れることのできる実時間デジタル超音波イメージング・システムのブロック図である。

#### 【符号の説明】

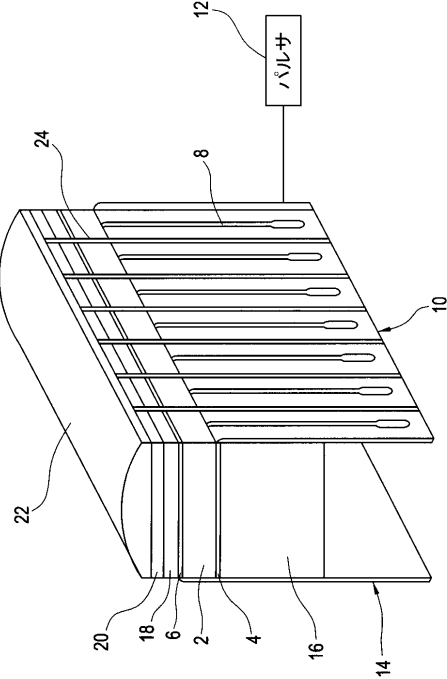
- 2 圧電材料層
- 4 信号電極
- 6 接地電極
- 8 導電性トレース
- 10 信号用可撓性プリント回路基板
- 14 接地用可撓性プリント回路基板
- 16 バッキング層
- 18、20、26 音響インピーダンス整合層
- 22 音響レンズ
- 24 切り溝
- 28 超音波プローブ
- 30 トランスデューサ・アレイ

20

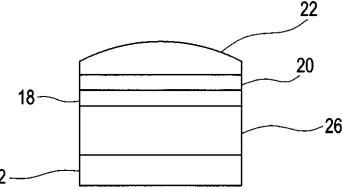
30



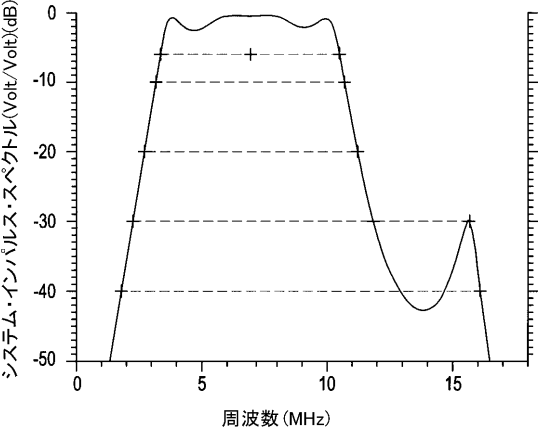
【 図 1 】



【 図 2 】

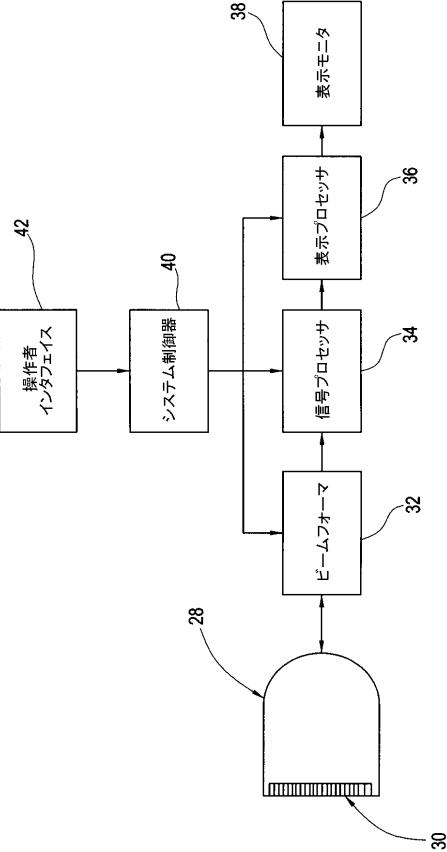


【 図 3 】



中心6.80MHz  
10.31 - 3.30 = 7.01 MHz = 103% @ -6dB  
10.51 - 3.14 = 7.37 MHz = 108% @ -10db  
11.02 - 2.75 = 8.27 MHz = 122% @ -20dB  
15.50 - 2.31 = 13.19 MHz = 194% @ -30dB  
15.92 - 1.80 = 14.11 MHz = 207% @ -40dB

【 図 4 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
H 0 1 L 41/08 (2006.01) H 0 1 L 41/22 Z  
H 0 1 L 41/08 D

(72)発明者 ニム・ハク・ティー  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、ロサンゼルス、パーデュ・ナンバー 3 2 4、2 4 9 1 番  
(72)発明者 セオドア・ラウア・ライネ  
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ホワイトフィッシュ・ベイ、イースト・グレンデール・アベ  
ニュー、2 3 1 0 番  
(72)発明者 シュワン・ミン・ルー  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サン・ノゼ、レッドモンド・アベニュー、1 5 1 4 番

審査官 志摩 兆一郎

(56)参考文献 特開昭 6 1 - 1 7 0 1 9 9 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 3 2 2 7 9 8 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 0 6 5 4 8 8 ( J P , A )  
実開昭 5 6 - 1 6 3 4 0 9 ( J P , U )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H04R 17/00

专利名称(译)	超声波换能器，增强成像系统的分辨率		
公开(公告)号	<a href="#">JP3950755B2</a>	公开(公告)日	2007-08-01
申请号	JP2002196611	申请日	2002-07-05
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	ロウエルスコットスミス ニムハクティー セオドラウアライネ シュワンミンルー		
发明人	ロウエル・スコット・スミス ニム・ハク・ティー セオドア・ラウア・ライネ シュワン・ミン・ルー		
IPC分类号	H04R17/00 B06B1/06 H01L41/09 H01L41/187 H01L41/22 H01L41/08 A61B8/00 G01N29/24 G01N29/28 G01S7/52 G01S7/521 G03B42/06 G10K11/02		
CPC分类号	G01N29/245 A61B8/4281 A61B8/485 B06B1/0622 G01N29/28 G01N2291/0421 G01N2291/0422 G01N2291/106 G01S7/52023 G01S7/52079 G03B42/06 G10K11/02 Y10T29/42		
FI分类号	H04R17/00.330.J H04R17/00.332.A B06B1/06.A H01L41/08.J H01L41/18.101.D H01L41/22.Z H01L41/08.D H01L41/313		
F-TERM分类号	5D019/AA09 5D019/BB02 5D019/BB18 5D019/GG02 5D019/GG03 5D107/AA05 5D107/BB07 5D107/BB09 5D107/CC01 5D107/CC12 5D107/CD02		
代理人(译)	松本健一 小仓 博 伊藤亲		
优先权	09/898811 2001-07-05 US		
其他公开文献	JP2003125494A5 JP2003125494A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

要解决的问题：为简单的超宽带探头提供匹配的层材料，该探头具有最佳的声阻抗和易于超声成像的处理。为了提高分辨率，采用设置在最靠近压电层（2）的超声换能器中的硅声匹配层（26）。在构造换能器期间，抛光至适当厚度的硅晶片与其他匹配层材料（18,20）一起包括在声学叠层中。确切的厚度取决于设计的细节，但它是硅标称值的四分之一波长。

【 図 1 】

