

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5658488号
(P5658488)

(45) 発行日 平成27年1月28日 (2015. 1. 28)

(24) 登録日 平成26年12月5日 (2014. 12. 5)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 R 17/00 (2006. 01)

A 6 1 B 8/00 (2006. 01)

H O 4 R 17/00 3 3 0 J

A 6 1 B 8/00

H O 4 R 17/00 3 3 2 B

H O 4 R 17/00 3 3 0 H

請求項の数 10 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2010-131565 (P2010-131565)
 (22) 出願日 平成22年6月9日 (2010. 6. 9)
 (65) 公開番号 特開2011-4395 (P2011-4395A)
 (43) 公開日 平成23年1月6日 (2011. 1. 6)
 審査請求日 平成25年6月5日 (2013. 6. 5)
 (31) 優先権主張番号 12/485, 226
 (32) 優先日 平成21年6月16日 (2009. 6. 16)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
 4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
 番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (72) 発明者 チャールズ・エドワード・バウムガートナ
 ー
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカ
 ユナ、モヘガン・ロード、9 4 5 番
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改善された音響性能を有する超音波トランスデューサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

音響素子のアレイを有する音響層 (1 4 6) と、
 該音響層 (1 4 6) に結合されており該音響層の音響インピーダンスよりも高い音響イン
 ピーダンスを有するデマッチング層 (1 5 2) と、
 該デマッチング層 (1 5 2) に結合されており、複数のビア (1 6 6) を有する非導電性
 の基材 (1 5 8) 及び前記複数のビア (1 6 6) に配置された導電性経路を備える複数の
 伝導性素子 (1 6 0) を含んでいる介在層 (1 5 4) であって、前記デマッチング層 (1
 5 2) の前記音響インピーダンスよりも低い音響インピーダンスを有する介在層 (1 5 4
) と、
 該介在層 (1 5 4) に結合されており前記デマッチング層 (1 5 2) 及び前記介在層 (1
 5 4) を通して前記音響素子のアレイ (1 4 6) に電気的に接続されている集積回路 (1
 5 6) と
 を備え、
 前記導電性経路 (1 6 0) は、
 前記複数のビア (1 6 6) の各々を通して延在している導電性の金属相互接続 (1 9 6)
 と、
 各々の金属相互接続 (1 9 6) を覆って前記複数のビア (1 6 6) の各々の残部に充填さ
 れた非導電性充填材料 (1 9 8) と
 を含んでいる、

超音波トランスデューサ（１０６）。

【請求項２】

前記音響層（１４６）の上面に配設された第１のマッチング層（１４８）と、
前記第１のマッチング層（１４８）の上面に配設された第二のマッチング層（１５０）と、
前記第二のマッチング層（１５０）の底面に配置された導電性薄膜（１５１）と、
を含んでいる、請求項１に記載の超音波トランスデューサ（１０６）。

【請求項３】

前記基材（１５８）及び前記導電性経路（１６０）の各々が、約１０MRayl未満の音響インピーダンスを有している、請求項１または２に記載の超音波トランスデューサ（１０６）。

10

【請求項４】

前記導電性経路（１６０）は、前記複数のビア（１６６）の各々に充填された銀エポキシ（１８２）を含んでいる、請求項１乃至３のいずれかに記載の超音波トランスデューサ（１０６）。

【請求項５】

前記非導電性充填材料（１９８）は、非導電性エポキシ（１９８）である、請求項１乃至４のいずれかに記載の超音波トランスデューサ（１０６）。

【請求項６】

前記介在層（１５４）は、前記基材（１５８）に埋め込まれて複数の穿孔（１７８）を形成されて有する金属芯材（１７６）をさらに含んでおり、
前記複数のビア（１６６）は、前記複数の穿孔（１７８）の少なくとも一部を通して延在している、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（１０６）。

20

【請求項７】

前記介在層（１５４）は、
前記集積回路（１５６）を前記音響素子のアレイ（１４６）に電氣的に接続するように構成されており、前記複数のビア（１６６）を形成されて有する第一の接続領域（２５２）と、
信号入出力接続、電力及び制御接続、並びに接地及び二重電力接続の少なくとも一つを含むシステム接続に前記集積回路（１５６）を電氣的に接続するように構成されている第二の接続領域（２５４）とを含んでいる、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（１０６）。

30

【請求項８】

前記第二の接続領域（２５４）は、パッド接続、トレース接続、エポキシ充填単層ビア、及びエポキシ充填貫通ビアの少なくとも一つを含んでいる、請求項７に記載の超音波トランスデューサ（１０６）。

【請求項９】

前記基材（１５８）に形成された前記複数のビア（１６６）のピッチが、前記音響素子のアレイ（１４６）のピッチに合致している、請求項１乃至８のいずれかに記載の超音波トランスデューサ（１０６）。

40

【請求項１０】

前記介在層（１５４）の反対側で前記集積回路（１５６）の背面に結合された損失性バッキング層（１６３）をさらに含んでいる請求項１乃至９のいずれかに記載の超音波トランスデューサ（１０６）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は一般的には、超音波トランスデューサに関し、さらに具体的には、音波スペクトルの内部のアーティファクトを減少させることにより超音波トランスデューサの音響性

50

能を改善する方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波トランスデューサ（すなわち超音波プローブ）は医用撮像に応用されており、患者に音響プローブを押圧してプローブが超音波を送受波する。すると、受信されたエネルギーが患者の体内組織の画像化を容易にすることができる。例えば、トランスデューサを用いて患者の心臓を撮像することができる。経食道検査装置、腹腔鏡検査装置及び心内検査装置等のような体内型装置での利用を可能にするために、超音波トランスデューサの寸法を最小にすることが益々望ましくなっている。かかる応用は要求が非常に厳しく、極く小型でありながら多量の情報を収集し得るトランスデューサ・パッケージが必要とされる。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

超音波トランスデューサは典型的には、一次元又は二次元（2D）アレイに配列された多数の音響積層体を有している。各々の音響積層体がトランスデューサの内部の素子に対応しており、トランスデューサは、2Dアレイに配列された数千個等のように多数の音響積層体を内部に有し得る。2D音響アレイを有する超音波トランスデューサの占める空間及び電気キャパシタンスを最小にするためには、送受信ビームフォーミングに必要な電子回路に音響素子を直接接合することが好ましい。2D音響アレイ素子を関連するビームフォーミング電子回路に取り付ける単純な方法は、はんだ球、金スタッド・パンプ及びめっきポスト等のような従来する方法を用いてこれら二つの構成要素を直接接着することである。しかしながら、この接続方法ではアレイからの音波エネルギーが電子回路の内部にまで伝播し、音波スペクトルの内部にアーティファクトが生じて最終的に医用診断画像の画質を低下させる。すなわち、電子的構成要素は典型的にはシリコン・ウェーハを用いて製造されるため、比較的低い音響減衰を有する。従って、音響アレイ（2Dアレイ等）がシリコン基材に直接取り付けられると、送信時に発生される音波エネルギーの幾分かがシリコン基材の内部まで伝播する。この音波エネルギーはシリコン基材の内部で最小損失で反響し、音響アレイに帰投して長いリングダウン（ring-down）アーティファクト及び他の音響アーティファクトを招き得る。これらのアーティファクトは、医用診断撮像に有用とされるもののような音波画像の画質を低下させる。

20

30

【0004】

音響アーティファクトは、音響アレイとシリコン電子回路との間に高音響インピーダンス層（すなわち「デマッチング（整合分離）層」）を配置することにより減少させることができる。かかるデマッチング層を音響アレイの背面側に用いると、デマッチング層の裏面の層（すなわちビームフォーミング電子回路）のインピーダンスを変化させ、従ってインピーダンス差を増大させることにより、これらのアーティファクトを大幅に減少させることは周知である。しかしながら、高インピーダンスのデマッチング層自体は、好ましい画質を提供するのに十分なだけこれらのアーティファクトを減少させる訳ではない。すなわち、デマッチング層をシリコン（ビームフォーミング電子回路のシリコン基材等）に取り付けてもシリコン自体がかなり高い音響インピーダンス及び低い音響損失を有するので、デマッチング層の音響アーティファクトを減少させる能力は相対的に顕著でない。このように、最適な音響撮像を提供するためには改善された音響構造が必要である。

40

【0005】

従って、音響アーティファクトを減少させる改善された音響性能を有する超音波トランスデューサを設計することが望ましい。さらに、かかる超音波トランスデューサの体内型超音波プローブとしての利用を可能にするように最小寸法を保つことが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、音波スペクトルの内部のアーティファクトを減少させることにより超音波ト

50

ランスデューサの音響性能を改善する方法及び装置に関するものである。この装置は、トランスデューサ素子のアレイをビームフォーミング電子回路パッケージに結合する介在(interposer)層を含んでいる。

【0007】

本発明の一観点によれば、超音波トランスデューサが、音響素子のアレイを有する音響層と、音響層に結合されており音響層の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有するデマッチング層と、デマッチング層に結合されており基材及び複数の伝導性素子を含む介在層とを含んでおり、介在層はデマッチング層の音響インピーダンスよりも低い音響インピーダンスを有する。この超音波トランスデューサはまた、介在層に結合されておりデマッチング層及び介在層を通して音響素子のアレイに電氣的に接続されている集積回路を含んでいる。

10

【0008】

本発明のもう一つの観点によれば、超音波トランスデューサを製造する方法が、介在層を設けるステップと、介在層に複数のピアを形成するステップと、ピアの内部に導電性材料を追加するステップと、音響層をデマッチング層に結合するステップとを含んでおり、デマッチング層は、音響層の音響インピーダンスよりも高く介在層の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有する。この方法はまた、介在層をデマッチング層に結合するステップと、ビームフォーミング電子回路パッケージを介在層に結合するステップとを含んでおり、ビームフォーミング電子回路パッケージは、複数の接続パッドを形成されて有し、介在層を経由して音響層に電氣的に結合される。

20

【0009】

本発明のさらにもう一つの観点によれば、侵襲型プローブ用に構成された超音波トランスデューサが、音響素子のアレイを有する音響層と、音響層に結合されており音響層の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有するデマッチング層と、音響層に信号を送り音響層から信号を受けるように構成されており複数の接続パッドを形成されて有するビームフォーミング電子回路とを含んでいる。この超音波トランスデューサはまた、デマッチング層に結合された介在層を含んでおり、介在層はさらに、デマッチング層の音響インピーダンスよりも低い音響インピーダンスを有し複数のピアを形成されて有する非導電性基材と、ビームフォーミング電子回路を音響層に電氣的に接続するように構成されており、複数のピアを通して延在する複数の導電性経路を有する第一の接続領域と、ビームフォーミング電子回路を信号入出力接続、電力及び制御接続、並びに接地及び二重電力接続の少なくとも一つを含むシステム接続に電氣的に接続するように構成されている第二の接続領域とを含んでいる。

30

【0010】

他の様々な特徴及び利点は、以下の詳細な説明及び図面から明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

図面は、本発明を実施するために現状で思量される好適実施形態を示す。

【図1】超音波システムのブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態による超音波データを取得するように構成され得るトランスデューサを有する小型超音波システムの図である。

40

【図3】本発明の一実施形態による図1の超音波システム用のトランスデューサ・アセンブリの実施形態の一例の遠近図である。

【図4】本発明の一実施形態による観点でのトランスデューサ・アセンブリの介在層の断面図である。

【図5】本発明のもう一つの実施形態による観点でのトランスデューサ・アセンブリの介在層の断面図である。

【図6】本発明のもう一つの実施形態による観点でのトランスデューサ・アセンブリの介在層の断面図である。

【図7】本発明の一実施形態によるトランスデューサ・アセンブリの段階的形成を示す一

50

連の断面模式図である。

【図8】本発明の一実施形態によるトランスデューサ・アセンブリ、介在層及びビームフォーミング電子回路の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図1は、超音波トランスデューサ106の内部の素子104（すなわちトランスデューサ素子）のアレイを駆動して体内にパルス型超音波信号を放出する送波器102を含む超音波システム100を示している。素子104の各々が、音響積層体（図3に示す）に対応している。素子104は、例えば一次元又は二次元で配列されていてよい。多様な幾何学的構成を用いることができる。各々の超音波トランスデューサ106は、所定の中心動作周波数及び帯域幅を有している。超音波信号は脂肪組織又は筋組織のような身体の構造から後方散乱されてエコーを発生し、エコーは素子104に帰投する。エコーは受波器108によって受波される。受波されたエコーはビームフォーミング電子回路110を通して、ビームフォーミング電子回路110はビームフォーミングを実行してRF信号を出力する。次いで、RF信号はRFプロセッサ112を通過する。代替的には、RFプロセッサ112は、RF信号を復調してエコー信号を表わすIQデータ対を形成する複素復調器（図示されていない）を含み得る。次いで、RF信号データ又はIQ信号データをメモリ114に直接送って記憶させることができる。

【0013】

超音波システム100はまた、取得された超音波情報（例えばRF信号データ又はIQデータ対）を処理して、表示器118での表示のために超音波情報のフレームを作成するプロセッサ・モジュール116を含んでいる。プロセッサ・モジュール116は、取得された超音波情報に対し複数の選択可能な超音波モダリティに応じて1又は複数の処理演算を実行するように構成されている。取得された超音波情報を、エコー信号が受信されるのに伴って走査セッション中に実時間で処理して表示することができる。加えて、又は代替的には、超音波情報を走査セッション中にはメモリ114に一時的に記憶させ、次いでオフライン動作として処理して表示してもよい。

【0014】

プロセッサ・モジュール116は、以下でさらに詳細に説明するように、プロセッサ・モジュール116の動作を制御し得るユーザ・インタフェース124に接続されている。表示器118は、診断及び解析のために利用者に提供される診断用超音波情報を含む患者情報を提示する1又は複数のモニタを含んでいる。メモリ114及びメモリ122の一方又は両方が超音波データの三次元（3D）データ集合を記憶することができ、かかる3Dデータ集合にアクセスして2D画像及び3D画像を提示する。また、多数の連続した三次元データ集合を経時的に取得して記憶することができ、実時間の3D表示又は4D表示等を提供することができる。これらの画像を、ユーザ・インタフェース124を用いて修正することができ、また表示器118の表示設定を手動で調節することができる。

【0015】

図2は、3D超音波データを取得するように構成され得るトランスデューサ132を有する3D対応小型超音波システム130を示す。例えば、図1の超音波トランスデューサ106に関して上で述べたように、トランスデューサ132はトランスデューサ素子104の2Dアレイを有し得る。ユーザ・インタフェース134（一体型表示器136も含み得る）が設けられて、操作者からの指令を受け取る。本書で用いられる「小型」との用語は、超音波システム130がハンド・ヘルド型若しくはハンド・キャリー型の装置であるか、又は人の手、ポケット、ブリーフケース大の鞆若しくは背囊で運搬されるように構成されていることを意味する。例えば、超音波システム130は、典型的なラップトップ型コンピュータの寸法、例えば厚み約2.5インチ、幅約14インチ及び高さ約12インチの寸法を有するハンド・キャリー型装置であってよい。超音波システム130は約10ポンドの重量であってよく、このため操作者によって容易に持ち運び可能である。また、一体型表示器136（例えば内部表示器）が設けられ、医用画像を表示するように構成され

ている。

【 0 0 1 6 】

超音波データは、有線網若しくは無線網 1 4 0 (又は例えばシリアル・ケーブル、パラレル・ケーブル若しくは U S B ポートを経した直接接続) を介して外部装置 1 3 8 に送信され得る。幾つかの実施形態では、外部装置 1 3 8 は表示器を有するコンピュータ又はワークステーションであってよい。代替的には、外部装置 1 3 8 は、ハンド・キャリー型超音波システム 1 3 0 から画像データを受け取ることが可能であり、一体型表示器よりも高い分解能を有し得る画像を表示し又は印刷し得るような別個の外部表示器又はプリンタであってよい。

【 0 0 1 7 】

もう一つの例として、超音波システム 1 3 0 は 3 D 対応のポケット・サイズ型超音波システムであってよい。例として述べると、ポケット・サイズ型超音波システムは幅約 2 インチ、長さ約 4 インチ、及び厚み約 0 . 5 インチで、重量が約 3 オンス未満であってよい。ポケット・サイズ型超音波システムは、表示器、ユーザ・インタフェイス (すなわちキーボード) 、及びトランスデューサとの接続のための入出力 (I / O) ポートを含み得る (全て図示されていない) 。尚、異なる寸法、重量及び消費電力を有する小型超音波システムに関連して様々な実施形態を具現化し得ることを特記する。

【 0 0 1 8 】

ここで図 3 を参照すると、超音波トランスデューサ 1 0 6 (図 1) 及び / 又はトランスデューサ 1 3 2 (図 2) に組み入れられるトランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 の実施形態の一例の遠近図が本発明の一実施形態に従って示されている。トランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 は、所望の素子間隔又はピッチ 1 4 5 による隔設関係に形成されており複数の層を含む音響積層体として形成されているトランスデューサ素子のアレイ 1 4 4 を含むものとして示されている。各々のトランスデューサ素子 1 4 4 には音響層 1 4 6 又は音響素子が含まれており、音響素子のアレイがトランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 に設けられている。音響層 1 4 6 は第一の表面及び第二の表面を有し、第二の表面は第一の表面の裏面に位置する。一実施形態では、第一の表面は上面を含み、第二の表面は底面を含み得る。

【 0 0 1 9 】

認められるように、音響層 1 4 6 は、音波エネルギーを発生して患者 (図示されていない) の体内に送波し、患者から後方散乱音響信号を受波して画像を作成して表示するように構成され得る。音響層 1 4 6 は、当技術分野で公知のように、上面及び底面に電極 (図示されていない) を含み得る。音響層 1 4 6 は、チタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T) のような圧電セラミック、圧電複合材料、圧電単結晶又は圧電ポリマーで形成されていてよい。幾つかの実施形態では、音響層 1 4 6 は上述の材料の多数の層を含み得ることが特記され得る。さらに具体的には、一実施形態では、音響層 1 4 6 は同じ材料の多数の層を含んでよく、もう一つの実施形態では、音響層 1 4 6 は異なる材料の多数の層を含んでいてよい。

【 0 0 2 0 】

図 3 に示すように、各々のトランスデューサ素子 1 4 4 が、音響層 1 4 6 の第一の表面に配設された少なくとも一つのマッチング (整合) 層を含み得る。少なくとも一つのマッチング層は、音響層 1 4 6 の音響インピーダンスよりも低い音響インピーダンスを有するように構成され得ることが特記され得る。例えば、少なくとも一つのマッチング層の音響インピーダンスは約 2 MRayl ~ 約 1 5 MRayl の範囲にあってよく、音響層 1 4 6 の音響インピーダンスは約 3 MRayl ~ 約 3 5 MRayl の範囲にあってよい。

【 0 0 2 1 】

一実施形態では、第一のマッチング層 1 4 8 が、当該層自体上面及び底面を有し、音響層 1 4 6 の第一の面に配設され得る。認められるように、第一のマッチング層 1 4 8 は、高インピーダンスのトランスデューサ素子と、例えば低インピーダンスの患者との間に存在し得るインピーダンス差の整合を容易にするように構成され得る。現在思量される構成

10

20

30

40

50

では、第一のマッチング層 1 4 8 は、充填エポキシ、金属含浸グラファイト、又はガラス・セラミックスを含み得る。

【 0 0 2 2 】

現在思量される構成では、各々のトランスデューサ素子 1 4 4 はまた、上面及び底面を有し第一のマッチング層 1 4 8 の上面に配設された第二のマッチング層 1 5 0 を含み得る。第一のマッチング層 1 4 8 に関して特記されたように、第二のマッチング層 1 5 0 も、高インピーダンスのトランスデューサ素子と低インピーダンスの患者との間に存在し得るインピーダンス差の整合を容易にするように構成され得る。また、第一のマッチング層 1 4 8 に関して前述したように、現在思量される構成では、第二のマッチング層 1 5 0 は、無充填エポキシ、又はポリスルホン若しくはポリスチレンのようなプラスチックを含み得る。第一及び第二のマッチング層 1 4 8、1 5 0 がトランスデューサ素子 1 4 4 に含まれるように示されているが、さらに少数又は多数のマッチング層を用いてよいことが認められる。このようなものとして、単一のマッチング層を用いることもできるし、第一及び第二のマッチング層に第三及び第四のマッチング層を加えることもできる。

【 0 0 2 3 】

一実施形態によれば、第一のマッチング層 1 4 8 は導電性材料で構成される。第二のマッチング層 1 5 0 は第一のマッチング層 1 4 8 に連続した層として施工され、当該層の底面に導電性薄膜 1 5 1 を含んでいる。このように、連続した第二のマッチング層 1 5 0 (及び導電性薄膜 1 5 1) は、トランスデューサ素子 1 4 4 の各々に電気的接地接続を提供する。もう一つの実施形態によれば、第一のマッチング層は非導電性であり、当該層の底面に形成された導電層を有し、このようにして連続した層として形成され得ることが認められる。さらに、実施形態の一例によれば、第二のマッチング層 1 5 0 の上面にシリコン又はポリウレタンのような表面仕上げ材(図示されていない)を載置して、患者と共に用いられるトランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 を構成し得ることが認められる。

【 0 0 2 4 】

さらに図 3 に示すように、各々のトランスデューサ素子 1 4 4 は、音響層 1 4 6 の底面に隣接して配設されたデマッチング層 1 5 2 を含み得る。デマッチング層 1 5 2 は音響層 1 4 6 の底面に配設されて音響層 1 4 6 に結合されている。デマッチング層 1 5 2 は、音響層 1 4 6 の音響インピーダンスよりも実質的に高いインピーダンスを有する材料を用いて構築され得る。例えば、音響層 1 4 6 の音響インピーダンスは約 3 MRayl ~ 約 3 5 MRayl の範囲にあってよく、デマッチング層 1 5 2 の音響インピーダンスは約 6 0 MRayl ~ 約 1 0 0 MRayl の範囲にあってよく、好ましくは約 7 0 MRayl よりも高い。幾つかの実施形態では、高インピーダンス材料は炭化タングステンで形成され得るが、タングステン、タンタル、又は同様の音響インピーダンスを有する他の材料を用いてもよいことが認められる。デマッチング層 1 5 2 は音響インピーダンス変換器として作用し、音響層 1 4 6 の後面に現われる(又は後面が経験する)実効音響インピーダンスを、音響層 1 4 6 のインピーダンスよりも実質的に高い値まで顕著に上昇させる。結果として、音波エネルギーの大半が音響層 1 4 6 の前面から反射される。

【 0 0 2 5 】

デマッチング層 1 5 2 の底面(及び音響積層体 1 4 4 の底面)に介在層 1 5 4 が結合されており、介在層 1 5 4 は、超音波トランスデューサ 1 0 6 (図 1)のトランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 に含まれてビームフォーミングを実行するように構成されている集積回路 1 5 6 (すなわち「ビームフォーミング電子回路」)に各々のトランスデューサ素子 1 4 4 の音響層を結合して作用するように構成されている。介在層 1 5 4 は低音響インピーダンスの材料で形成される。介在層 1 5 4 及び集積回路 1 5 6 の組み合わせは、デマッチング層 1 5 2 の背面に加わる音響負荷として作用する。デマッチング層 1 5 2 は音響インピーダンス変換器として作用し、これにより音響層素子 1 4 6 の背面に対する音響負荷の変換後のインピーダンスを与える。介在層が存在しなければ、音響層の背面に与えられる音響インピーダンスは、介在層が存在する場合よりも低い。低音響インピーダンスの介在層 1 5 4 を含むことにより、音響素子は音響層 1 4 6 の前面からさらに多くの音波エネ

10

20

30

40

50

ルギを反射し、これによりトランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 の音響アーティファクトを減少させる。デマッチング層 1 5 2 とビームフォーミング電子回路 1 5 6 との間に低音響インピーダンス材料で形成されている介在層 1 5 4 を配置すると、ビームフォーミング電子回路 1 5 6 の実効音響インピーダンスが顕著に上昇し、これにより音響層 1 4 6 の前面 / 上面から音波エネルギーの大半を反射して、トランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 における音響アーティファクトの存在を減少させる。

【 0 0 2 6 】

実施形態の一例によれば、介在層 1 5 4 は、約 1 0 MRayl 未満、好ましくは 5 MRayl 未満の音響インピーダンスを有する非導電性有機基材 1 5 8 で形成されている。有機基材 1 5 8 は、例えば Kapton (登録商標) ポリイミドのようなポリイミドで構成されていてよい。また、介在層 1 5 4 には基材 1 5 8 を通して延在する複数の伝導性素子 1 6 0 が含まれており、ビームフォーミング電子回路 1 5 6 とデマッチング層 1 5 2 との間に (及び引き続き音響層 1 4 6 まで) 電氣的接続又は経路を設ける。図 3 に示すように、伝導性素子 1 6 0 の間隔又はピッチは、ビームフォーミング電子回路 1 5 6 の上の相互接続パッド 1 6 1 と各々のトランスデューサ素子 1 4 4 との間に電氣的接続が形成されるようなものとなっている。

【 0 0 2 7 】

介在層 1 5 4 が薄いとデマッチング層 1 5 2 及び / 又はビームフォーミング電子回路 1 5 6 での超音波の捕捉を解消するのに十分な損失を提供しない場合があり、この超音波は後に漏洩して音響層 1 4 6 に戻り得ることが認められる。このため、本発明の一実施形態によれば、ビームフォーミング電子回路 1 5 6 の背面に損失性バッキング層 1 6 3 が追加される。好適実施形態では、損失性バッキング層 1 6 3 は、例えばエポキシ又は P V C のような損失性ポリマーに重金属粉末を混合したもののような散乱体で形成される。これらの (又は類似の) 材料で形成された場合に、バッキング層 1 6 3 は、ビームフォーミング電子回路 1 5 6 の音響インピーダンス以下の音響インピーダンスを有する。損失性バッキング層 1 6 3 の高減弱 / 高散乱特性は、超音波がデマッチング層 1 5 2 及び / 又はビームフォーミング電子回路 1 5 6 で捕捉された後に漏洩して音響層 1 4 6 に戻り得るのを防ぐのに役立つ。このように、損失性バッキング層 1 6 3 は、音波スペクトル内部のアーティファクトをさらに減少させるように作用する。

【 0 0 2 8 】

尚、音響層 1 4 6 、第一のマッチング層 1 4 8 、第二のマッチング層 1 5 0 、デマッチング層 1 5 2 、及び介在層 1 5 4 の各々の厚みは、トランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 の利用を必要とする応用に従って決定され選択され得ることが特記され得る。さらに具体的には、トランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 の様々な応用によって広範囲の動作周波数が要求され得る。従って、トランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 の構成層 1 4 6 、 1 4 8 、 1 5 0 、 1 5 2 、 1 5 4 の各々の厚みは、トランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 の利用を必要とする応用に基づいて決定され得る。一実施形態によれば、層 1 4 6 、 1 4 8 、 1 5 0 、 1 5 2 、 1 5 4 の厚みは、「特定周波数」すなわち通常は中心周波数において動作するトランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 に基づいてスケーリングされる。もう一つの実施形態によれば、層 1 4 6 、 1 4 8 、 1 5 0 、 1 5 2 、 1 5 4 の厚みは、幾つかの異なる周波数でのトランスデューサ・アセンブリ 1 4 2 の利用に基づいて異なるようにスケーリングされる。すなわち、音響層 1 4 6 が一つの周波数で送波し異なる周波数で受波するような高調波では、デマッチング層 1 5 2 及びマッチング層 1 4 8 、 1 5 0 の厚みはこれらの送受波作用を最適化するように選択される。

【 0 0 2 9 】

ここで図 4 ~ 図 6 を参照すると、介在層 1 5 4 のさらに詳細な図が本発明の各実施形態に従って示されている。介在層 1 5 4 の伝導性素子 1 6 0 は、ビームフォーミング電子回路 1 5 6 とデマッチング層 1 5 2 との間に (及び引き続き音響層 1 4 6 まで) 電氣的接続又は経路を設けるために幾つかの形態を取り得ると認められる。本発明の一実施形態によれば、伝導性素子 1 6 0 は、銀エポキシのような低音響インピーダンスを有する導電性充

10

20

30

40

50

填材料の形態にある。本発明のもう一つの実施形態によれば、伝導性素子は、低インピーダンスの非伝導性エポキシと組み合わせて用いられる１ミクロン～１０ミクロンの厚みを有するめっき銅の薄層のような伝導性相互接続の形態にあってよいことが認められる。

【００３０】

図４には、本発明の一実施形態による図３のトランスデューサ・アセンブリ１４２と共に用いられる介在層１６２が示されている。介在層１６２は、単層の非導電性有機基材１６４で形成されるものとして示されている。基材１６４は、例えばKapton（商標登録）ポリイミドで形成されてよく、約１０MRayl未満、好ましくは５MRayl未満の音響インピーダンスを有する。基材１６４は、当該基材の前面から背面まで延在する貫通ビアとして構成されている複数のビア１６６を形成されて含んでいる。図４の実施形態によれば、ビア１

10

【００３１】

ビア１６６の各々は、介在層１６２を通る電氣的接続又は経路を設ける導電性充填材料１６８で充填されている。本発明の実施形態の一例によれば、充填材料１６８は基材１６４の音響インピーダンスに類似した音響インピーダンスを有する。例えば、ビア１６６の内部に含まれる充填材料１６８は、約３MRaylの音響インピーダンスを有する銀エポキシであってよい。複数の接続パッド１７０が、介在層１６２の上面及び底面でビア１６６の各々に対応する位置に配置されている。このように、充填材料１６８及び接続パッド１

20

【００３２】

ここで図５を参照すると、本発明のもう一つの実施形態による図３のトランスデューサ・アレイ１４２と共に用いられる介在層１７２のさらに詳細な図が示されている。介在層１７２は、単層の非導電性有機基材１７４で形成されるものとして示されている。基材１７４は例えばポリイミドで形成されていてよく、約１０MRayl未満、好ましくは５MRayl未満の音響インピーダンスを有する。基材１７４には、複数の穿孔１７８を形成されて有する金属シート１７６が埋め込まれている。複数のビア１８０が基材１７４に形成されており、基材の上面から背面まで金属シート１７６の穿孔１７８を通して延在する貫通ビアとして構成されている。図５の実施形態によれば、ビア１８０は、図３に示すようなトランスデューサ・アセンブリ１４２のトランスデューサ素子１４４（及び音響層１４６）と同一の間隔又はピッチを有するように基材１７４に形成されている。このようなものとして、ビア１８０は、金属シートの穿孔のピッチに依存して金属シート１７６の穿孔１７８の各々を通して又は穿孔の一部のみを通して形成され得る。有益なこととして、金属シート１７６は、介在層１７２が被るｘ方向及びｙ方向の熱膨張の量を、有機材料の基材のみで形成された介在層と比較して低減する。実施形態の一例によれば、金属シートは、全介在層構造の２５％未満を構成する。

30

【００３３】

図５にさらに示すように、ビア１８０の各々は、介在層１７２を通して電氣的接続又は経路を設ける導電性充填材料１８２で充填されている。本発明の実施形態の一例によれば、充填材料１８２は基材１７４の音響インピーダンスに類似した音響インピーダンスを有する。例えば、ビア１８０の内部に含まれる充填材料１８２は、約３MRaylの音響インピーダンスを有する銀エポキシであってよい。複数の接続パッド１８４が、介在層１７２の上面及び底面でビア１８０の各々に対応する位置に配置されている。このように、充填材料１８２及び接続パッド１８４は、図３に示すように、ビームフォーミング電子回路１５６の相互接続パッド１６１とトランスデューサ・アセンブリ１４２のトランスデューサ素子１４４の各々との間に電氣的接続／経路を設けている。

40

【００３４】

50

ここで図6を参照すると、本発明のもう一つの実施形態による図3のトランスデューサ・アレイ142と共に用いられる介在層186のさらに詳細な図が示されている。介在層186は、複数の別個の基材の層188、190、192を有する多層構造として形成されるものとして示されている。介在層186は、底面层188、中間層190及び最上層192の三つの基材層を含むものとして示されているが、さらに多数又は少数の層も具現化され得ることが思量される。基材層188、190、192の各々は、ポリイミドのような低音響インピーダンス（例えば10MRayl未満、好ましくは5MRayl未満）を有する非導電性有機基材で形成されている。基材層188、190、192の各々は、層の前面から当該層の背面まで延在する複数のビア180を形成されて含んでいる。図6の実施形態によれば、基材層188、190、192の各々に形成されたビア194のピッチは互いに異なっており、第一のピッチを有するトランスデューサ素子144（及び音響素子146）（図3）並びに第一のピッチと異なる第二のピッチを有するビームフォーミング電子回路156（図3）の相互接続パッド161に対する介在層186の接続を可能にしている。

10

【0035】

図6に示すように、底面基材層188に形成されたビア194は、ビームフォーミング電子回路156の相互接続パッド161のピッチに合致する第一のピッチを有する。本発明の実施形態の一例によれば、底面基材層188のビア166の各々が金属相互接続196を形成されて有する。金属相互接続196は、銅のような伝導性材料の薄層（例えば1ミクロン～10ミクロン厚）で形成されており、各々の相互接続はビアと実質的に一致し且つ基材層188の上面にまで延在するように刻印されている。底面基材層188のビア194の各々はまた、低インピーダンスの非導電性充填材料198で充填されており、充填材料はビアの内部まで延在する金属相互接続の上に堆積させられて、基材層と実質的に類似した音響インピーダンス（例えば約3MRayl）を有するビア構造を形成する。複数の接続パッド170が、底面基材層188の底面でビア194の各々に対応する位置に配置されている。

20

【0036】

ビア194はまた、中間基材層190にも形成されており、中間基材層のビアは底面基材層188のビアのピッチとは異なる第二のピッチを有する。中間基材層190のビア194は、底面层ビアの金属相互接続196と重なり合う／交差するような位置に形成されており、底面基材層188と中間基材層190との間に電氣的接続が形成され得るようにしている。底面基材層188と同様に、中間基材層190のビア194の各々もまた金属相互接続196を形成されて有し、金属相互接続はビアを通して下方に延在し、また基材層190の上面まで延在している。中間基材層190のビア194の各々は非導電性充填材料198で充填されており、充填材料はビアの内部まで下方に延在する金属相互接続の上に堆積させられて、基材層と実質的に類似した音響インピーダンスを有するビア構造を形成する。

30

【0037】

ビア194はまた、最上基材層192にも形成されており、最上基材層のビアは底面基材層及び中間基材層188、190のビアのピッチと異なる第三のピッチを有する。最上基材層192のビア194は、中間層ビアの金属相互接続196と重なり合う／交差するような位置に形成されており、中間基材層190と最上基材層192との間に電氣的接続が形成され得るようにしている。最上基材層192のビア194のピッチはまた、トランスデューサ素子144（及び音響素子146）のピッチに合致する。最上基材層192のビア194の各々もまた金属相互接続196を形成されて有しており、金属相互接続はビアを通して下方に延在し、また最上基材層192の上面まで延在し、最上基材層の外側に面した表面に延在して接続パッドを形成することができる。最上基材層192のビア194の各々は非導電性充填材料198で充填されており、充填材料はビアの内部まで下方に延在する金属相互接続の上に堆積させられて、基材層と実質的に類似した音響インピーダンスを有するビア構造を形成する。複数の接続パッド170が、最上基材層192の上面

40

50

でビア 194 の各々に対応する位置に配置されている。

【0038】

介在層 186 の多層基材は、外側に面した表面での接続パッド 170 の再取り回しを可能にするので、底面基材層 188 の上の接続パッドは最上基材層 192 の接続パッドとは異なるピッチを有する。このように、介在層 186 は、第一のピッチを有するトランスデューサ素子 144 の第一のピッチとは異なる第二のピッチで相互接続パッドを有するビームフォーミング電子回路 156 への接続を可能にしている。

【0039】

図 4 ~ 図 6 の実施形態の各々において、介在層に形成される伝導性素子 / 経路は、薄い金属の伝導性相互接続と併せて用いられる伝導性エポキシ又は非伝導性エポキシの形態を取り得ることが認められる。このように、図 4 ~ 図 6 の実施形態の各々での伝導性素子の特定の形態は、伝導性素子の代替的な形態によって置換され得る。例えば、図 4 の実施形態で述べた伝導性エポキシは、薄い金属の伝導性相互接続と併せて用いられる非伝導性エポキシに置き換えることができ、同様の置換は図 5 及び図 6 の実施形態の各々についても行なわれ得る。

【0040】

ここで図 7 を参照すると、本発明の一実施形態による図 3 に示すトランスデューサ・アセンブリ 142 のような例示的なトランスデューサ・アセンブリを製造する例示的な工程 200 において作製される段階的構造が示されている。工程は、介在層 204 を設けるステップ 202 から開始される。図 7 の実施形態では、介在層 204 を単層基材 204 から形成されるものとして示しているが、図 6 の実施形態に従って多層基材も設けられ得ることが認められる。介在層基材 206 は、例えばポリイミドで形成され得る非導電性有機基材であり、約 10 MRayl 未満、好ましくは 5 MRayl 未満の音響インピーダンスを有する。基材には複数のビア 208 が形成され、これらのビアは基材 206 の前面から背面まで延在する貫通ビアとして構成される。図 7 の実施形態によれば、ビア 208 は、以下で説明するように、トランスデューサ・アセンブリ 142 (図 3) のトランスデューサ素子 144 (及び音響層 146) と同一の間隔又はピッチを有するように基材 206 に形成される。ビア 208 の各々は、介在層 204 を通る電氣的接続又は経路を設ける導電性充填材料 210 で充填される。本発明の実施形態の一例によれば、充填材料 210 は基材 206 の音響インピーダンスに類似した音響インピーダンスを有する。例えば、ビア 208 の内部に含まれる充填材料 210 は、約 3 MRayl の音響インピーダンスを有する銀エポキシであってよい。次いで、複数の接続パッド 212 が、介在層 206 の上面及び底面でビア 208 の各々に対応する位置に追加される。

【0041】

介在層 204 の形成に続いて、ステップ 214 においてトランスデューサ・アセンブリ 142 (図 3 を参照) のような例示的なトランスデューサ・アセンブリが形成される。上面及び底面を有する音響層 216 が設けられる。電極 (図示されていない) が、音響層 216 の上面及び底面にスパッタリング及び / 又はめっきで付着し得る。認められるように、電極は、特に接地電極及び信号電極について、異なる物理的構成を有してよい。一実施形態では、電極は巻き付け構成を含み得る。音響層 216 は、約 50 ミクロン ~ 約 600 ミクロンの範囲の厚みを有するように構成され得る。

【0042】

上面及び底面を有する第一のマッチング層 218 が音響層 216 の上面に配設され得る。第一のマッチング層 218 は、約 40 ミクロン ~ 約 300 ミクロンの範囲の厚みを有するように構成され得る。続いて、上面及び底面を有する第二のマッチング層 220 が、第一のマッチング層 218 の上面に配設され得る。第一のマッチング層 218 に関して記載されるように、第二のマッチング層 220 は、約 30 ミクロン ~ 約 250 ミクロンの範囲の厚みを有するように構成され得る。第一及び第二のマッチング層 218、220 は、高インピーダンスの音響層 216 と低インピーダンスの患者との間に存在し得るインピーダンス差の整合を容易にするように構成され得る。かかるトランスデューサは単一又は多数

10

20

30

40

50

のマッチング層を含み得ることが認められよう。現在利用可能なトランスデューサは典型的には二つのマッチング層を用いており、この場合にトランスデューサでの二つのマッチング層の利用は、空間的に制約された応用での性能と積層体の厚みとの間の最善の兼ね合いに相当し得る。

【 0 0 4 3 】

加えて、ステップ 2 1 4 では、上面及び底面を有する例示的なデマッチング層 2 2 2 を音響層 2 1 6 の底面に配設することができる。換言すると、音響層 2 1 6 の第一のマッチング層 2 1 8 が配設されている表面の裏面にデマッチング層 2 2 2 を配設することができる。さらに、デマッチング層 2 2 2 は約 5 0 ミクロン～約 5 0 0 ミクロンの範囲の厚みを有するように構成され得る。さらに、認められるように、デマッチング層 2 2 2 は、導電性の基材で形成されるか、伝導性ビア構造を形成した非導電性基材で形成されるかの何れかによって、導電性となるように構成することができる。このように、ダイス切断前の音響積層体 2 2 4 が、第二のマッチング層 2 2 0、第一のマッチング層 2 1 8、音響層 2 1 6 及びデマッチング層 2 2 2 を積み重ねて各層を共に結合することにより形成され得る。

【 0 0 4 4 】

ステップ 2 1 4 を引き続き参照して述べると、介在層 2 0 4 は、デマッチング層 2 2 2 の底面に結合される。かかる結合は、圧縮結合、金スタッド・バンプ結合、伝導性エポキシ、はんだリフロー、異方伝導性フィルム、又は他の方法を含む幾つかの公知の方法の任意のものによって実行することができる。上で述べたように、介在層 2 0 4 は、デマッチング層 2 2 2 の音響インピーダンスよりも実質的に低い音響インピーダンスを有する。さらに図 7 に示すように、上面及び底面を有する基材 2 2 6 を選択することができる。基材 2 2 6 は、プラスチック、金属、セラミック、シリコン、ポリマー又はガラスの一つを含み得る。基材 2 2 6 は、作製工程時にトランスデューサ・アセンブリに機械的強度を与えるように構成され得ることが特記され得る。

【 0 0 4 5 】

ステップ 2 2 8 は、トランスデューサ・アセンブリをダイス切断して複数のトランスデューサ素子を形成するステップを表わしている。従って、1 又は複数の鋸切り溝 2 3 0 が、第二のマッチング層 2 2 0、第一のマッチング層 2 1 8、音響層 2 1 6、及びデマッチング層 2 2 2 を通して延在し得る。本発明のさらに他の観点によれば、1 又は複数の鋸切り溝 2 3 0 は介在層 2 0 4 まで部分的に延在していてもよい。ステップ 2 2 8 での四つの層のダイス切断の結果として、複数のトランスデューサ素子 2 3 2 を形成することができる。

【 0 0 4 6 】

ステップ 2 3 4 では、複数のトランスデューサ素子 2 3 2 の間の素子間の空間に切り溝充填材 2 3 6 を配設することができる。代替的には、トランスデューサ素子 2 3 2 の各々の間に空気が存在するように切り溝 2 3 0 を充填せずに残してもよい。切り溝充填剤 2 3 6 は、充填又は無充填のシリコン又はエポキシを含み得る。また、切り溝充填剤 2 3 6 は、素子間空間 2 3 0 を充填することによりトランスデューサ・アセンブリを機械的に強化するように構成されることができ、これにより脆性を小さくしさらに信頼性の高いアセンブリを得ることができる。切り溝充填剤 2 3 6 は、低剪断剛性又は高剪断減弱性を有するように構成されることができ、これにより素子間クロストークを最小にする。ステップ 2 3 4 に続いて、ステップ 2 3 8 において基材 2 2 6 を取り除いてビームフォーミング電子回路 2 4 0 を介在層の底面に結合することができ、圧縮結合、金スタッド・バンプ結合、伝導性エポキシ、はんだリフロー、異方伝導性フィルム、又は他の方法によって結合することができる。また、損失性バックリング層 1 6 3 をビームフォーミング電子回路 2 4 0 の背面に追加することができる。図 7 に示すように、ビームフォーミング電子回路 2 4 0 の相互接続パッド 2 4 2 の間隔又はピッチは、ビームフォーミング電子回路 2 4 0 と介在層 2 0 4 との間に電氣的接続が形成されるように、介在層 2 0 4 の接続パッド 2 1 2 のピッチに合致している。

【 0 0 4 7 】

図7において述べた製造工程以外に、トランスデューサ・アセンブリ142を構築する代替的な製造工程を具現化し得ることが認められる。例えば、代替的な製造工程の実施形態によれば、基材226を製造工程から省くことができる。一実施形態によれば、製造工程は、介在層204をビームフォーミング電子回路240に取り付けることから開始することができる。次いで、音響積層体224を介在層204及びビームフォーミング電子回路240（支持を提供する）の上に組み立てることができる。これにより基材226の必要性をなくすることができる。もう一つの実施形態によれば、音響積層体224を介在層204のみの上に組み立てることができる。次いで、ビームフォーミング電子回路240がトランスデューサ素子232の形成工程を受けないように、ビームフォーミング電子回路240を引き続き介在層204に取り付ける。もう一つの実施形態によれば、音響積層体224は第二のマッチング層220の追加の前にダイス切断されることができ、第二のマッチング層が連続的な層のままとなり、この層の底面に施工される伝導性フィルム（図示されていない）と共にトランスデューサ素子232の各々に電氣的接地接続を提供するようにする。

10

【0048】

ここで図8を参照すると、本発明の一実施形態によれば、トランスデューサ素子及びビームフォーミング電子回路の相互接続への同時接続を可能にするように構成されている介在層250が設けられる。介在層250は、図3に記載されるようなトランスデューサ素子256への結合のための第一の接続領域252と、ビームフォーミング電子回路258への結合のための第二の接続領域254とを含んでいる。介在層250の第一の接続領域252及び第二の接続領域254は、ビームフォーミング電子回路258の上の第一及び第二の群の相互接続パッド260、262に対応している。第一の群の相互接続パッド260はビームフォーミング電子回路258の中央部分の内部に配置されてトランスデューサ素子256と関連するが、第二の群の相互接続パッド262はビームフォーミング電子回路258の1又は複数の端辺に沿って配置されて信号入出力（I/O）、電力及び制御の各作用を提供するシステム接続に関連する。

20

【0049】

図3～図7において議論された介在層と同様に、介在層250は非導電性有機基材264で形成される。実施形態の一例によれば、基材264は、約10MRayl未満、好ましくは5MRayl未満の音響インピーダンスを有する非導電性材料で形成される。有機基材264は、例えばポリイミドで構成されており、全厚が約25ミクロン～約500ミクロンの範囲にあり、好ましくは125ミクロンよりも厚い。低音響インピーダンス材料で形成される介在層250は、デマッチング層280、介在層250及び集積回路258が音響反射体としてさらに効率よく作用することを可能にする。デマッチング層280とビームフォーミング電子回路258との間に低音響インピーダンスの介在層250を配置すると、ビームフォーミング電子回路の実効音響インピーダンスが顕著に上昇し、これによりトランスデューサ素子256の前面/上面から音波エネルギーの大半を反射させる。

30

【0050】

図8に示すように、介在層250の基材264は第一の層266及び第二の層268を含んでいるが、他の単層基材又は多層基材も具現化され得ることが認められる。実施形態の一例によれば、第二の接続領域254では、基材264の第一の層266が、ビームフォーミング電子回路258とケーブル・フレックス回路のようなシステム接続（図示されていない）との間で信号を伝える信号I/Oとして作用する。基材264の第二の層268は、システム接続からビームフォーミング電子回路258へ電力/制御信号を供給する電力及び制御層として作用する。

40

【0051】

介在層250の第一の接続領域252は複数のビア270を形成されて含んでおり、ビアは基材の前面から背面まで延在する貫通ビアとして構成されている。図4に関して上で述べたように、ビア270は、トランスデューサ素子256の間隔又はピッチ、及びビームフォーミング電子回路258の群260の相互接続パッド（例えばバンプ接続）のピッ

50

チと同一の間隔又はピッチを有するように基材 264 に形成される。ビア 270 の各々は、導電性充填材 272（例えば銀エポキシ）で又は薄い金属伝導性相互接続及び非導電性エポキシで充填されており、この相互接続が介在層 250 を通してビームフォーミング電子回路 258 の第一の群の相互接続パッド 260 及びトランスデューサ素子 256 の各々に電氣的接続又は経路を設けている。

【0052】

介在層 250 の第二の接続領域 254 は、ケーブル・フレックス回路のようなシステム相互接続からビームフォーミング電子回路 258 へ電力及び制御命令を送信するように作用する。このように、第二の接続領域 254 は、当該領域を走行する伝導性トレース（図示されていない）、並びにビームフォーミング電子回路 258 の上の第二の群の相互接続パッド 262 に対応する一連のパッド接続 274 及びノ又はビア 270（伝導性エポキシ 272 で充填されている）を含んでいる。実施形態の一例によれば、介在層 250 の上の接続パッド 274 は、第一の基材層 266 を第二の群の相互接続パッド 262 の相互接続パッドに電氣的に結合して、ビームフォーミング電子回路 258 に信号 I/O を提供する。ビームフォーミング電子回路 258 に電力及び制御信号を提供するためには、第二の基材層 268 は、第一の基材層 266（導電性材料で充填されている）を通して延在する単層ビア 276（伝導性エポキシ 272 で充填されている）、及び接続パッド 274 を経由して、第二の群の相互接続パッド 262 のもう一つの相互接続パッドに電氣的に結合される。また、第二の群の相互接続パッド 262 のもう一つの相互接続パッドと電氣的接地 278 との間の接地ノ二重電力接続が介在層 250 によって提供される。すなわち、伝導性エポキシ 272 で充填された貫通ビア 270 が基材 264 を通して形成され、第二の群の相互接続パッド 262 の相互接続パッドを導電性のデマッチング層 280 に電氣的に結合し、デマッチング層が電氣的接地 278 にさらに結合される。

【0053】

図 8 に示すように、実施形態の一例によれば、トランスデューサ素子 256 を形成する音響積層体は、第一の接続領域 252 及び第二の接続領域 254 の両方をカバーするのに十分な寸法を有する。製造工程時に、成層した音響積層体が介在層 250（第一及び第二の接続領域 252、254 をカバーする）の一方の側面に積層され、図 7 において述べたようなトランスデューサ素子 256 の 2D アレイに加工される。次いで、接合されたトランスデューサ素子及びフレックス回路は、第一の接続領域 252（及びトランスデューサ素子 256）が音響送受波信号に関連する第一の群の相互接続パッド 260 に電氣的に接合され、また第二の接続領域 254 が信号 I/O、電力及び制御作用に関連する第二の群の相互接続パッド 262 に電氣的に接合されるように、ビームフォーミング電子回路 258 の上に接着剤を用いて圧着積層される。有益なこととして、介在層 250 は、トランスデューサ素子のアレイをビームフォーミング電子回路 258 の表面に取り付けることなく構築する（各構成要素を積層し、研磨し、清浄化し、ダイス切断する等）ことを可能にし、これによりビームフォーミング電子回路への損傷の可能性を制限する。加えて、介在層 250 は、トランスデューサ素子 256 並びに介在層の信号 I/O、電力及び制御接続に対するビームフォーミング電子回路 258 の同時接続を可能にし、システム相互接続への容易な接続を提供する。

【0054】

従って、本発明の一実施形態によれば、超音波トランスデューサが、音響素子のアレイを有する音響層と、音響層に結合されており音響層の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有するデマッチング層と、デマッチング層に結合されており基材及び複数の伝導性素子を含む介在層とを含んでおり、介在層はデマッチング層の音響インピーダンスよりも低い音響インピーダンスを有する。この超音波トランスデューサはまた、介在層に結合されておりデマッチング層及び介在層を通して音響素子のアレイに電氣的に接続されている集積回路を含んでいる。

【0055】

本発明のもう一つの実施形態によれば、超音波トランスデューサを製造する方法が、介

10

20

30

40

50

在層を設けるステップと、介在層に複数のビアを形成するステップと、ビアの内部に導電性材料を追加するステップと、音響層をデマッチング層に結合するステップとを含んでおり、デマッチング層は、音響層の音響インピーダンスよりも高く介在層の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有する。この方法はまた、介在層をデマッチング層に結合するステップと、ビームフォーミング電子回路パッケージを介在層に結合するステップとを含んでおり、ビームフォーミング電子回路パッケージは、複数の接続パッドを形成されて有し、介在層を経由して音響層に電氣的に結合される。

【 0 0 5 6 】

本発明のさらにもう一つの実施形態によれば、侵襲型プローブ用に構成された超音波トランスデューサが、音響素子のアレイを有する音響層と、音響層に結合されており音響層の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有するデマッチング層と、音響層に信号を送り音響層から信号を受けるように構成されており複数の接続パッドを形成されて有するビームフォーミング電子回路とを含んでいる。この超音波トランスデューサはまた、デマッチング層に結合された介在層を含んでおり、介在層はさらに、デマッチング層の音響インピーダンスよりも低い音響インピーダンスを有し複数のビアを形成されて有する非導電性基材と、ビームフォーミング電子回路を音響層に電氣的に接続するように構成されており、複数のビアを通して延在する複数の導電性経路を有する第一の接続領域と、ビームフォーミング電子回路を信号入出力接続、電力及び制御接続、並びに接地及び二重電力接続の少なくとも一つを含むシステム接続に電氣的に接続するように構成されている。

【 0 0 5 7 】

この書面の記載は、最適な態様を含めて本書において本発明を開示し、また任意の装置又はシステムを製造して利用すること及び任意の組み込まれた方法を実行することを含めてあらゆる当業者が本発明を実施することを可能にするように実例を用いている。本発明の特許付与可能な範囲は特許請求の範囲によって画定され、当業者に想到される他の実例を含み得る。かかる他の実例は、特許請求の範囲の書字言語に相違しない構造的要素を有する場合、又は特許請求の範囲の書字言語と非実質的な相違を有する等価な構造的要素を含む場合には、特許請求の範囲内にあるものとする。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 8 】

- 1 0 0 超音波システム
- 1 0 2 送波器
- 1 0 4 素子のアレイ
- 1 0 6 超音波トランスデューサ
- 1 0 8 受波器
- 1 1 0 ビームフォーミング電子回路
- 1 1 2 R F プロセッサ
- 1 1 4、1 2 2 メモリ
- 1 1 6 プロセッサ・モジュール
- 1 1 8 表示器
- 1 2 4 ユーザ・インタフェイス
- 1 3 0 3 D 対応小型超音波システム
- 1 3 2 トランスデューサ
- 1 3 4 ユーザ・インタフェイス
- 1 3 6 一体型表示器
- 1 3 8 外部装置
- 1 4 0 有線網又は無線網
- 1 4 2 トランスデューサ・アセンブリ
- 1 4 4 トランスデューサ素子のアレイ
- 1 4 5 所望の素子間間隔又はピッチ

| | | |
|-------------------|---------------|----|
| 1 4 6 | 音響層 | |
| 1 4 8 | 第一のマッチング層 | |
| 1 5 0 | 第二のマッチング層 | |
| 1 5 1 | 導電性薄膜 | |
| 1 5 2 | デマッチング層 | |
| 1 5 4 | 介在層 | |
| 1 5 6 | 集積回路 | |
| 1 5 8 | 基材 | |
| 1 6 0 | 伝導性素子 | |
| 1 6 1 | 相互接続パッド | 10 |
| 1 6 2、1 7 2、1 8 6 | 介在層 | |
| 1 6 3 | 損失性バッキング層 | |
| 1 6 4、1 7 4 | 基材 | |
| 1 6 6、1 8 0、1 9 4 | ビア | |
| 1 6 8、1 8 2、1 9 8 | 充填材 | |
| 1 7 0、1 8 4 | 接続パッド | |
| 1 7 6 | 金属シート | |
| 1 7 8 | 穿孔 | |
| 1 8 8、1 9 0、1 9 2 | 基材層 | |
| 1 9 6 | 金属相互接続 | 20 |
| 2 0 4 | 介在層 | |
| 2 0 6 | 基材 | |
| 2 0 8 | ビア | |
| 2 1 0 | 充填材 | |
| 2 1 2 | 接続パッド | |
| 2 1 6 | 音響層 | |
| 2 1 8 | 第一のマッチング層 | |
| 2 2 0 | 第二のマッチング層 | |
| 2 2 2 | デマッチング層 | |
| 2 2 4 | ダイス切断前の音響積層体 | 30 |
| 2 2 6 | 基材 | |
| 2 3 0 | 鋸切り溝 | |
| 2 3 2 | トランスデューサ素子 | |
| 2 3 6 | 切り溝充填材 | |
| 2 4 0 | ビームフォーミング電子回路 | |
| 2 4 1 | 損失性バッキング層 | |
| 2 4 2 | 相互接続パッド | |
| 2 5 0 | 介在層 | |
| 2 5 2 | 第一の接続領域 | |
| 2 5 4 | 第二の接続領域 | 40 |
| 2 5 6 | トランスデューサ素子 | |
| 2 5 8 | ビームフォーミング電子回路 | |
| 2 6 0 | 第一の群の相互接続パッド | |
| 2 6 2 | 第二の群の相互接続パッド | |
| 2 6 4 | 有機基材 | |
| 2 6 6 | 第一の層 | |
| 2 6 8 | 第二の層 | |
| 2 7 0 | ビア | |
| 2 7 2 | 充填材 | |
| 2 7 4 | パッド接続部 | 50 |

- 276 単層ビア
- 278 電氣的接地
- 280 デマッチング層

【図1】

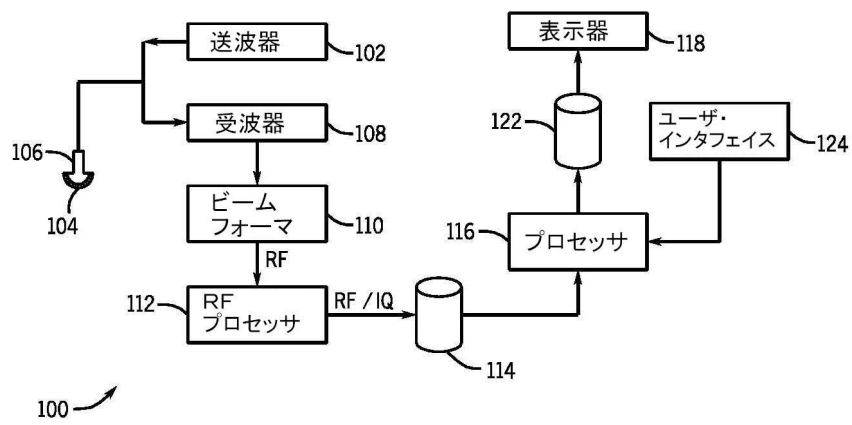
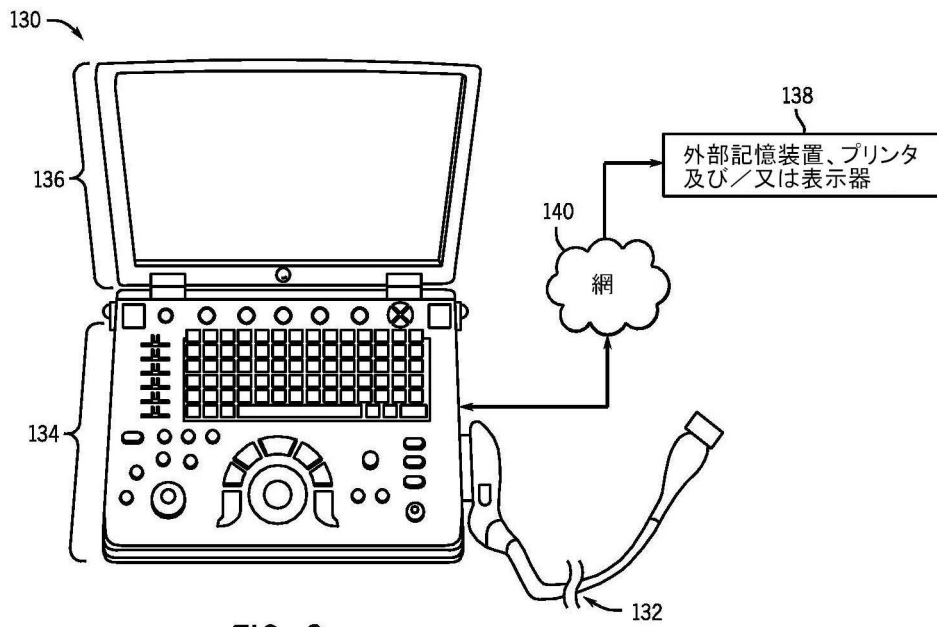
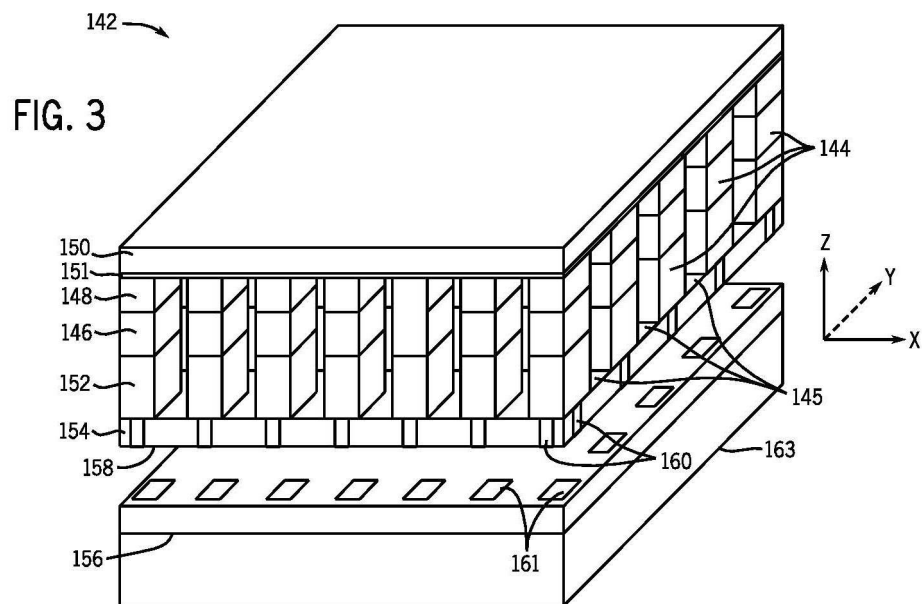


FIG. 1

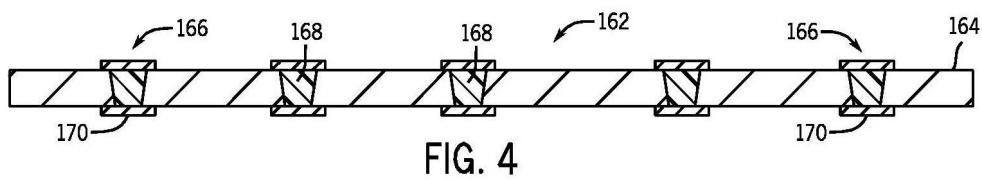
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

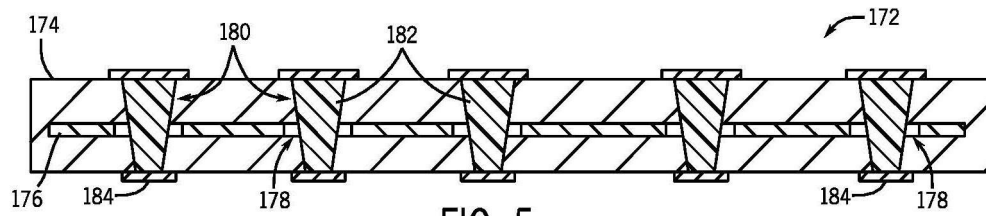


FIG. 5

【図 6】

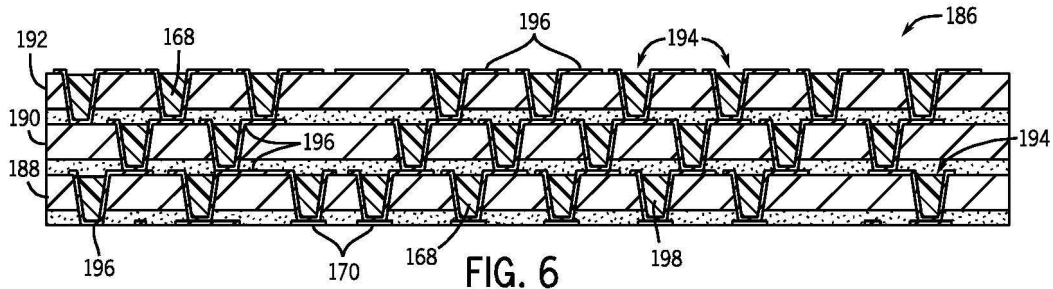
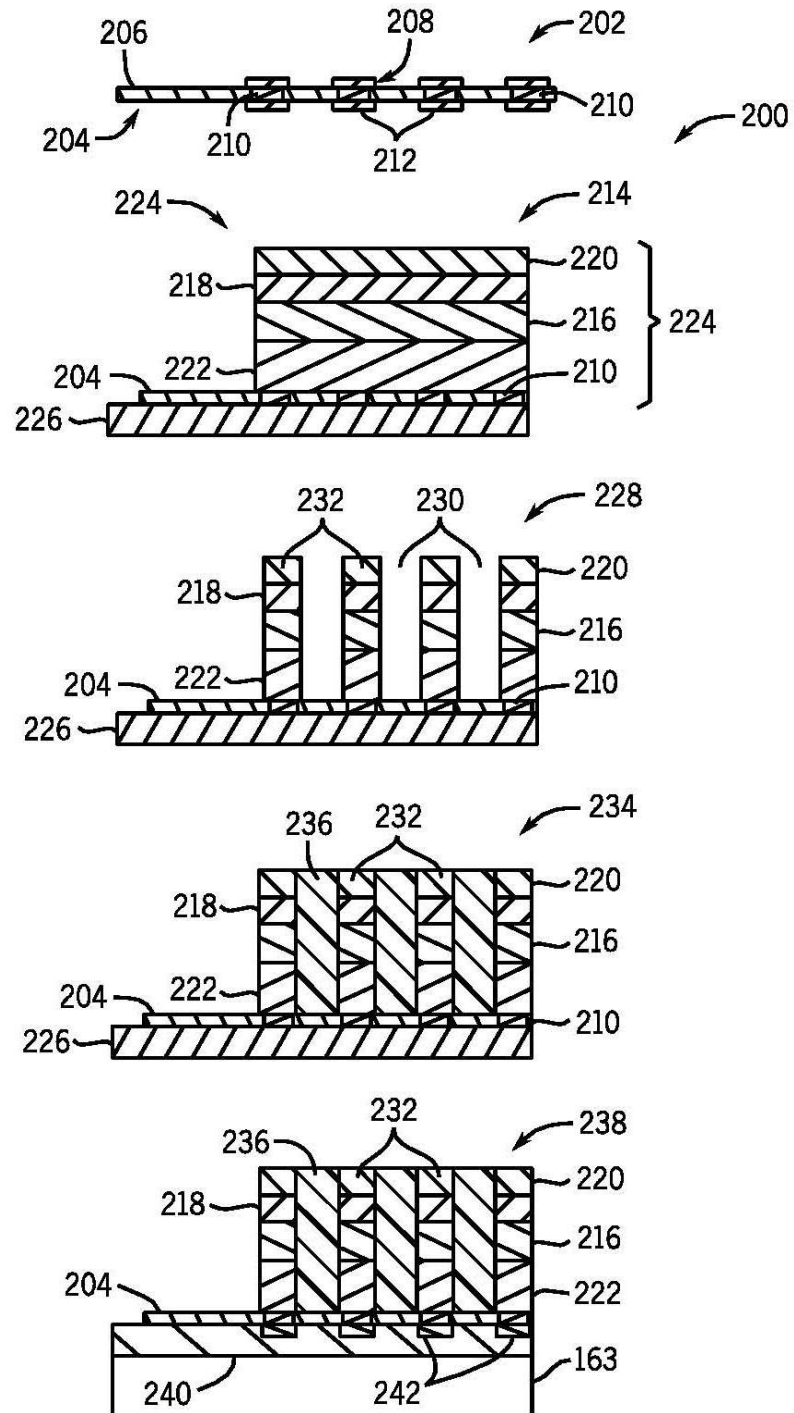


FIG. 6

【図 7】

FIG. 7



フロントページの続き

- (72)発明者 ジャン - フランソワ・ジェリ
フランス、ムギンス、シェミン・ド・シャトー、1122番
- (72)発明者 ロウウェル・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
- (72)発明者 チャールズ・ジー・ウォイチック
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、キャサリンズ・ウッド・ドライヴ、1011番
- (72)発明者 フレデリック・ランテリ
フランス、06110、ルカネ、ルート・ド・ヴァルボンヌ、48番、ル・センチュリB
- (72)発明者 ステファン・エドワルドセン
ノルウェイ、レヴェタル、ラスタッド、48番
- (72)発明者 ロバート・エス・リワンドウスキ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、アムスターダム、カウンティ・ハイウェイ、978番

審査官 武田 裕司

- (56)参考文献 国際公開第2008/038183(WO, A1)
特表2009-515439(JP, A)
特開2006-319145(JP, A)
特表2007-513563(JP, A)
特開2004-056504(JP, A)

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