

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4422718号
(P4422718)

(45) 発行日 平成22年2月24日 (2010. 2. 24)

(24) 登録日 平成21年12月11日 (2009. 12. 11)

(51) Int. Cl. F I
H04R 19/00 (2006.01) H04R 19/00 330

請求項の数 47 (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-503208 (P2006-503208) (86) (22) 出願日 平成16年1月29日 (2004. 1. 29) (65) 公表番号 特表2006-519556 (P2006-519556A) (43) 公表日 平成18年8月24日 (2006. 8. 24) (86) 国際出願番号 PCT/US2004/002740 (87) 国際公開番号 W02004/075165 (87) 国際公開日 平成16年9月2日 (2004. 9. 2) 審査請求日 平成19年1月26日 (2007. 1. 26) (31) 優先権主張番号 10/367, 106 (32) 優先日 平成15年2月14日 (2003. 2. 14) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 506408575 シーメンス・メディカル・ソリューションズ ・ユーエスエイ、インコーポレイテッド Siemens Medical Sol utions USA, Inc. アメリカ合衆国、ペンシルバニア州 19 355-1406、マルバーン、バレイ・ ストリーム・パークウェイ 51 51 Valley Stream Pa rkway, Malvern, Pen nsylvania 19355-140 6, U. S. A. (74) 代理人 100058479 弁理士 鈴江 武彦</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バイアス極性ビームプロファイル制御を有する微細加工された超音波トランスデューサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれ 1 対の電極を有する複数の音響トランスデューサセルと、
 複数のバイアス電圧の 1 つを各音響トランスデューサセルの電極対へ与えるように構成
 されている回路とを具備し、

複数のバイアス電圧は正のバイアス電圧と負のバイアス電圧を含み、

前記正のバイアス電圧は前記複数の音響トランスデューサセルの中の少なくとも第 1 の
 音響トランスデューサセルの電極対の電極へ 1 つのバイアス電圧として与えられ、

前記負のバイアス電圧は前記複数の音響トランスデューサセルの中の少なくとも第 2 の
 音響トランスデューサセルの電極対の電極へ 1 つのバイアス電圧として与えられる音響ト
 ランスデューサ素子。

【請求項 2】

各電極対は第 1 の電極と第 2 の電極とを含んでおり、

前記回路は、

各電極対の第 1 の電極を含んでいる第 1 の接続ノードと、

少なくとも 1 つの電極対の第 2 の電極を含んでいる複数の第 2 の接続ノードと、

前記第 1 の接続ノードと前記複数の第 2 の接続ノードとの間にそれぞれバイアス電圧を
 結合するように構成された接続回路とを具備している請求項 1 記載の音響トランスデュー
 サ素子。

【請求項 3】

前記接続回路は、マルチプレクサと、リレーと、トランジスタと、ハードワイヤとのうちの少なくとも1つを具備している請求項2記載の音響トランスデューサ素子。

【請求項4】

前記接続回路は、
複数のバイアス電圧に接続される複数のバイアス電圧入力と、
複数の第2の接続ノードに接続されている複数のバイアス電圧出力と、
指定されたバイアス電圧パターンに接続されている選択入力とを具備している請求項3記載の音響トランスデューサ素子。

【請求項5】

さらに、指定されたバイアス電圧パターンを識別するように構成された選択回路を具備している請求項4記載の音響トランスデューサ素子。

10

【請求項6】

前記選択回路は、少なくとも1つのバイアス電圧パターンを含んでいる検索テーブルを含んでいるメモリ装置と、検索テーブル内から指定されたバイアス電圧パターンを指向する手段とを具備している請求項5記載の音響トランスデューサ素子。

【請求項7】

前記メモリ装置は消去可能でプログラム可能な読取専用メモリ（EPROM）である請求項6記載の音響トランスデューサ素子。

【請求項8】

前記少なくとも1つのバイアス電圧パターンは焦点ゾーン番号に対応し、
前記指向する手段はシステムが生成した焦点ゾーン番号のポインタを含んでいる請求項6記載の音響トランスデューサ素子。

20

【請求項9】

前記正のバイアス電圧は前記負のバイアス電圧とは異なる振幅を有している請求項1記載の音響トランスデューサ素子。

【請求項10】

前記複数のバイアス電圧は音響トランスデューサ素子と別の、ディスクリットな素子よりなる回路によって発生される請求項1記載の音響トランスデューサ素子。

【請求項11】

前記複数のバイアス電圧は音響トランスデューサ素子に対して局部的に発生される請求項1記載の音響トランスデューサ素子。

30

【請求項12】

前記回路は時間の関数として、複数のバイアス電圧の少なくとも1つのバイアス電圧の振幅および極性を変化させる請求項1記載の音響トランスデューサ素子。

【請求項13】

前記振幅および極性は、距離方向における高低角方向の焦点が均一にバイアスされた音響トランスデューサ素子の高低角方向の焦点と異なるように変化される請求項12記載の音響トランスデューサ素子。

【請求項14】

前記振幅および極性は、高低角方向におけるピーク高低角焦点の中心点が高低角方向の音響トランスデューサ素子の方向に対して偏心するように変化される請求項12記載の音響トランスデューサ素子。

40

【請求項15】

それぞれ複数の音響トランスデューサセルを含んでいる複数の音響トランスデューサ素子を具備している音響トランスデューサアレイにおいて、

各音響トランスデューサセルは1対の電極を有し、

音響トランスデューサアレイはさらに、

複数のバイアス電圧の1つを各電極対へ与えるように構成されている回路を具備しており、その回路においては、

複数のバイアス電圧は正のバイアス電圧と負のバイアス電圧を含み、

50

前記正のバイアス電圧は少なくとも第 1 の音響トランスデューサセルの 1 対の電極へ 1 つのバイアス電圧として与えられ、

前記負のバイアス電圧は少なくとも第 2 の音響トランスデューサセルの 1 対の電極へ 1 つのバイアス電圧として与えられるように構成されている音響トランスデューサアレイ。

【請求項 16】

前記各電極対は第 1 の電極と第 2 の電極とを含んでおり、

前記回路は、

少なくとも 1 つの音響トランスデューサ素子の複数の音響トランスデューサセルの第 1 の電極をそれぞれ含んでいる複数の第 1 の接続ノードと、

各音響トランスデューサ素子の少なくとも 1 つの複数の音響トランスデューサセルの第 2 の電極をそれぞれ含んでいる複数の第 2 の接続ノードと、

前記複数の第 1 の接続ノードと前記複数の第 2 の接続ノードとの間に、複数のバイアス電圧を結合するように構成されている接続回路とを具備している請求項 15 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 17】

複数の音響トランスデューサ素子は方位角方向で相互に隣接され、それによって第 1 の音響トランスデューサ素子の連続して番号付けされた音響トランスデューサセルは、全ての他の音響トランスデューサ素子の同様に連続して番号付けされた音響トランスデューサセルと高低角方向で整列され、

各第 2 の接続ノードは、隣接する音響トランスデューサ素子の連続して番号付けされた音響トランスデューサセルの第 2 の電極の隣接サブセットを含んでいる請求項 16 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 18】

複数の音響トランスデューサ素子は少なくとも 36 個の音響トランスデューサ素子を含み、

各音響トランスデューサ素子は方位角方向において関連する周波数で少なくとも半波長の第 1 の幅を有し、

各第 1 の接続ノードは超音波システムの RF チャンネルに接続され、

隣接するサブセットは高低角方向において隣接する周波数で少なくとも 4 分の 1 波長の第 2 の幅を有している請求項 17 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 19】

前記接続回路は、マルチプレクサと、リレーと、トランジスタと、ハードワイヤ接続部の少なくとも 1 つを具備している請求項 17 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 20】

前記接続回路は、

複数のバイアス電圧に接続された複数のバイアス電圧入力と、

複数の第 2 の接続ノードに接続された複数のバイアス電圧出力と、

指定されたバイアス電圧パターンに接続される選択入力とを具備している請求項 17 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 21】

さらに、指定されたバイアス電圧パターンを識別するように構成された選択回路を具備している請求項 20 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 22】

前記選択回路は、

少なくとも 1 つのバイアス電圧パターンを含んでいる検索テーブルを含んでいるメモリ装置と、

検索テーブル内から指定されたバイアス電圧パターンを指向するための手段とを具備している請求項 21 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 23】

前記メモリ装置は消去可能でプログラム可能な読取専用メモリ (EPROM) である請

10

20

30

40

50

求項 2 2 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 2 4】

少なくとも 1 つのバイアス電圧パターンはさらに焦点ゾーン番号を含み、前記指向する手段はシステムが生成した焦点ゾーン番号のポイントを含んでいる請求項 2 2 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 2 5】

システムが生成した焦点ゾーン番号のポイントは、複数の音響トランスデューサ素子のそれぞれに与えられる励起電圧のタイミングから推定される請求項 2 4 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 2 6】

前記正のバイアス電圧は前記負のバイアス電圧とは異なる振幅を有している請求項 1 5 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 2 7】

複数のバイアス電圧は音響トランスデューサ素子と別の、ディスクリートな素子よりなる回路によって発生される請求項 1 5 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 2 8】

複数のバイアス電圧は音響トランスデューサ素子に対して局部的に発生される請求項 1 5 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 2 9】

前記回路は時間の関数として、複数のバイアス電圧の少なくとも 1 つのバイアス電圧の振幅および極性を变化させる請求項 1 5 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 3 0】

前記振幅および極性は、距離方向における高低角方向の焦点が均一にバイアスされた音響トランスデューサアレイの高低角方向の焦点と異なるように变化される請求項 2 9 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 3 1】

前記振幅および極性は、高低角方向におけるピーク高低角焦点の中心点が高低角方向の音響トランスデューサアレイの方向に対して偏心するように变化される請求項 2 9 記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項 3 2】

それぞれ 1 対の電極を含む複数の音響トランスデューサセルを含んでいる複数の音響トランスデューサ素子を含んだ音響トランスデューサアレイの制御方法において、

複数のバイアス電圧の 1 つを各電極対へ与えるステップを含み、ここで、

複数のバイアス電圧は正のバイアス電圧と負のバイアス電圧とを含み、

前記正のバイアス電圧は少なくとも第 1 の対の電極へ 1 つのバイアス電圧として与えられ前記負のバイアス電圧は少なくとも第 2 の対の電極へ 1 つのバイアス電圧として与えられる方法。

【請求項 3 3】

さらに、少なくとも 1 つの音響トランスデューサ素子の複数の音響トランスデューサセルの各電極対の第 1 の電極を接続して複数の第 1 の接続ノードを形成し、

各音響トランスデューサ素子の少なくとも 1 つの音響トランスデューサセルの各電極対の第 2 の電極を接続して複数の第 2 の接続ノードを形成し、

複数の第 1 の接続ノードと複数の第 2 の接続ノードとの間に複数のバイアス電圧を結合するステップを含んでいる請求項 3 2 記載の方法。

【請求項 3 4】

さらに、複数の音響トランスデューサ素子を方位角方向で相互に隣接して整列させ、それによって第 1 の音響トランスデューサ素子の連続して番号付けされた音響トランスデューサセルは、全ての他の音響トランスデューサ素子の同様に連続して番号付けされた音響トランスデューサセルと高低角方向で整列され、

各第 2 の接続ノード中かには隣接する音響トランスデューサ素子の連続して番号付けさ

10

20

30

40

50

た音響トランスデューサセルの第2の電極の隣接サブセットが含まれている請求項33記載の音響トランスデューサアレイ。

【請求項35】

複数の音響トランスデューサ素子は少なくとも36個の音響トランスデューサ素子を含み、

各音響トランスデューサ素子は方位角方向において関連する周波数で少なくとも半波長の第1の幅を有し、

各第1の接続ノードは超音波システムのRFチャンネルに接続され、

隣接するサブセットは高低角方向において関連する周波数で少なくとも4分の1波長の第2の幅を有している請求項34記載の方法。

10

【請求項36】

前記結合するステップはマルチプレクサを使用する請求項33記載の方法。

【請求項37】

結合するステップは接続回路を使用して行われ、その接続回路は、マルチプレクサと、リレーと、トランジスタと、ハードワイヤ接続部とのうちの少なくとも1つを具備している請求項33記載の方法。

【請求項38】

前記接続回路の使用は、

複数のバイアス電圧をマルチプレクサの複数のバイアス電圧入力に接続し、

複数の第2の接続ノードをマルチプレクサの複数のバイアス電圧出力に接続し、

指定されたバイアス電圧パターンをマルチプレクサの選択入力へ接続するステップを含んでいる請求項37記載の方法。

20

【請求項39】

さらに、前記指定されたバイアス電圧パターンを識別するステップを含んでいる請求項38記載の方法。

【請求項40】

前記指定されたバイアス電圧パターンを識別するステップは、

少なくとも1つのバイアス電圧パターンを含んでいる検索テーブルを含むメモリ装置を選択入力に接続し、

検索テーブル内から指定されたバイアス電圧パターンを指向するステップを含んでいる請求項39記載の方法。

30

【請求項41】

メモリ装置は消去可能でプログラム可能な読取専用メモリ(EPROM)である請求項40記載の方法。

【請求項42】

前記少なくとも1つのバイアス電圧パターンはさらに焦点ゾーン番号を含み、

前記指向するステップはシステムが生成した焦点ゾーン番号のポイントの使用を含んでいる請求項40記載の方法。

【請求項43】

前記システムが生成した焦点ゾーン番号のポイントは、複数の音響トランスデューサ素子のそれぞれに与えられる励起電圧のタイミングから推定される請求項42記載の方法。

40

【請求項44】

前記正のバイアス電圧は前記負のバイアス電圧とは異なる大きさの振幅を有している請求項32記載の方法。

【請求項45】

複数のバイアス電圧を与えるステップは時間の関数として、複数のバイアス電圧の少なくとも1つの振幅および極性を変化させる請求項32記載の方法。

【請求項46】

前記振幅および極性は、距離方向における高低角方向焦点が均一にバイアスされた音響トランスデューサアレイの高低角方向焦点とは異なるように変化される請求項45記載の

50

方法。

【請求項 47】

前記振幅および極性は、高低角方向におけるピーク高低角方向焦点の中心が高低角方向の音響トランスデューサアレイの方向に対して偏心するように変化される請求項 45 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は超音波トランスデューサの分野に関し、特に容量性の微細加工された超音波トランスデューサの高低角ビームプロファイルの制御に関する。

10

【背景技術】

【0002】

音響トランスデューサは音波の放射および受信に使用される電子装置である。超音波トランスデューサは 20 KHz を超える周波数、典型的には 1 - 20 MHz 範囲で動作する超音波トランスデューサである。超音波トランスデューサは医療の画像化、非破壊的評価およびその他の使用されている。最も普通の形状の超音波トランスデューサは piezoelectric トランスデューサである。最近、異なるタイプの超音波トランスデューサである容量性の微細加工された超音波トランスデューサが開発され製造されている。このようなトランスデューサは Haller その他による 1997 年 4 月 9 日出願の米国特許第 5,619,476 号明細書（発明の名称 “Electrostatic Ultrasonic Transducer”）に記載されている。Haller の特許は空気結合されたトランスデューサのような気体の環境で機能できるトランスデューサについて記載している。Ladabaum による 1999 年 4 月 13 日出願の米国特許第 5,894,452 号明細書（発明の名称 “Microfabricated Ultrasonic Immersion Transducer”）は浸漬トランスデューサ（即ち液体の媒体と接触して動作できるトランスデューサ）を開示しており、1999 年 11 月 9 日出願の米国特許第 5,982,709 号明細書（発明の名称 “Acoustic Transducer and Method of Microfabrication”）には改良された構造および浸漬トランスデューサを微細加工する方法について記載している。Ladabaum による 2001 年 8 月 7 日出願の米国特許第 6,271,620 号明細書（発明の名称 “Acoustic Transducer and Method of the Same”）には piezoelectric トランスデューサとの競合的な性能を可能にする微細加工された音響トランスデューサに対する改良について記載されている。

20

30

【0003】

通常容量性の微細加工された超音波トランスデューサの基本的な変換素子は振動キャパシタである。基板は下部電極を含んでおり、薄いダイヤフラムが基板上に懸架され、金属層が上部電極として作用する。DC バイアスが下部および上部電極間に与えられるならば、ダイヤフラム上に入射する音響波はそれを運動させ、このような運動により生じる電極分離の変化が電気信号を発生する。反対に、AC 信号がバイアスされた電極間に与えられるならば、AC の加圧機能はダイヤフラムを運動させ、この運動は関係する媒体中に音響波を放出する。

【0004】

図 1 A 乃至図 1 C は命名規則と、医療画像化応用で使用される典型的なトランスデューサアレイにおける通常の焦点集束および走査方向を示している。図 1 A に示されているように、トランスデューサ 100 は典型的に多数のトランスデューサ素子 110 からなる。各トランスデューサ素子 110 は複数の個々のトランスデューサセルを含んでいる。トランスデューサ素子 110 はその長さが高低軸に沿い、その幅が方位軸に沿うように方向付けされる。トランスデューサ素子 110 は方位軸に沿って相互に隣接する。図 1 B に示されているように、トランスデューサアレイ 100 は通常、適切な時間遅延を各トランスデューサ素子 110 へ与えることにより、距離方向で焦点スポット 150 に焦点を結ばれ、電子的に方位角方向で走査される。図 1 C に示されているように、高低角方向の焦点は通常、機械的レンズ 120 によって行われている。機械的な焦点集束は適切な高低角の焦点が使用可能な距離の比較的小さい部分でのみ得られるので、次善のものである。方位角平面における時間遅延の焦

40

50

点集束は視野全体（例えば線形の小さい部品のプローブでは0.5 - 6 cm）にわたって可能であるが、高低角の焦点集束はピーク焦点130の比較的小さい空間領域にわたってのみ得られる。実現可能な高低角焦点の尺度と、良好な焦点が実現されることのできる焦点深度はしばしば用語“スライスの厚さ”により記述される。

【0005】

伝統的な超音波トランスデューサはスライスの厚さの制御が不十分である。凸レンズ120は使用可能な距離の中間付近に焦点を結び、レンズのピーク焦点130を超えた距離では焦点は発散するか大きくなる。この発散レンズの集束はポリウム平均アーティファクトを発生し、これは小さい腫瘍または他の臨床的な関連物、さらに小さい特性サイズ、情報を曖昧にする。さらに、実際的な物理的レンズはしばしば損失があり、これらが作られている材料の音速は身体の音速よりも遅いので、さらにそれらの効率的な使用は減少する。

10

【0006】

高低角の焦点集束の挑戦は技術でよく知られており、スライスの厚さの改良、即ちスライスの厚さの減少のための種々の方法が教示されている。例えばt' Hoenの米国特許第4,670,683号明細書には高低角方向における異なるサブエレメント間の電子的な位相遅延が機械的レンズ間のスライスの厚さの欠点を補正できることを教示している。しかしながら、高低角での“中心”と“側面”電極間に送信および受信の両者に対する遅延手段を必要とし、さらに方位角遅延手段を要することにより、本発明はシステムおよびトランスデューサの複雑性を著しく増加させる必要がある。

【0007】

20

Millerによる1993年1月19日出願の米国特許5,301,168号明細書（発明の名称“Ultrasonic transducer system”）は素子が多数の高低角開口中にさらに細分割されている多開口トランスデューサシステムがスライスの厚さを改良するために使用されることができるとを教示している。しかしながら、M個の方位角チャンネルを高低角のN個のセグメントに分割し、N個のセグメントがE個の開口にグループ化される実際的な複雑さはこのタイプの設計には本質的な欠点である。M個のチャンネルのそれぞれがE個の開口を有することができるように、スイッチが無線周波数（RF）信号の通路で必要である（Millerの明細書の図8の“結合ネットワーク”を参照）。さらに、機械的に区分された機械的レンズは可変開口に対して良好なスライスの厚さを得るために必要とされる。このような装置の価格と複雑度のために、製造がより簡単な良好なスライスの厚さの超音波プローブを有することが望ましい。また、RF通路に結合ネットワークスイッチを必要とせずに、レンズ損失による損失が最小である超音波プローブを有することも望ましい。

30

【0008】

Hanafyの米国特許第5,651,365号明細書にはインターリーブされた方位角トランスデューサ素子の2つのセットを使用することによりスライスの厚さが改良されることができ、それぞれのセットは異なる高低角の開口を有することを教示している。1つのセットはある距離での最適化された焦点を結ぶために使用され、第2のセットは異なる距離における最適化された走査のために使用される。しかしながら、この方法は効率、横方向の解像度、またはフレーム率の少なくとも1つに悪影響する。

【0009】

40

Hanafyの米国特許第5,415,175号明細書には高低角方向に沿ったピエゾ電気素子の厚さと曲率を変化することにより、周波数依存の高低角焦点集束が実現されることができるとが開示されている。この発明は通常のプローブよりも改良されたスライスの厚さ性能を有する超音波プローブを生成するとして当業者に知られているが、高低角の開口は組織内の深いところから発する信号のように低周波数で比較的狭帯域の信号では問題がある。さらに、これらの屈曲された表面の製造は難しく、結果として高価である。

【0010】

Savordの米国特許第6,381,197号明細書（例えばこの明細書の図5Aおよび5B）には微細加工された超音波トランスデューサ（MUT）の高低角方向のバイアス行がバイアスソースに接続されることができ、選択的に高低角の行を付勢するためこれらのバイアスソ

50

ースを使用することにより、MUTの高低角の開口が制御されることが出来る技術が開示されている。この明細書はさらに高低角の開口アポディゼーションがバイアス行により高低角方向の利得を変化させることにより実現されることを教示し、この明細書の開口アポディゼーションの教示の本質は各異なる電圧振幅における多数のバイアスソースの複雑さであり、それは実際の応用では望ましくはない。この明細書により教示されたように、MUTにおけるバイアスの大きさを変化することにより、開口と開口アポディゼーションの制御は受信動作でしか有効ではない。送信中、MUTはバイアス振幅だけによって実効的にオフに切換えられることができず、その線形範囲外で動作され、そのため送信パルス自体が基本的にトランスデューサをバイアスする。したがって送信および受信の両動作において均等に有効的な開口制御手段を提供することが望ましい。また送信および受信の両動作において効率的であるアポディゼーションのための簡単な手段を提供することもまた望ましい。

10

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0011】**

バイアス電圧の符号の賢明に選択された空間的变化がMUT表面の送信放射を制御する有効な方法であることが本発明により実現された。さらに、バイアス電圧の符号の変化は送信された波頭の180度の位相シフトを生じ、この位相シフトは微細加工された超音波トランスデューサでフレネルレンズ効果を生成するために使用されることが出来ることも本発明により認識されている。前記Savordの明細書はバイアス極性の空間的分布によるこのような制御を教示しておらず、示唆もしていない。

20

【0012】

したがって、バイアスの極性は位相を変調することができ、例えば高低角において送信および受信される超音波波形の位相を変調することができる。このバイアス極性ベースの位相変調は送信および受信された音響エネルギーを正確に消去することによりMUT装置の開口を有効に制御するために使用されることが出来る。このバイアス極性ベースの位相変調は機械的レンズを使用せずに遠距離に焦点を生成し、または他のレンズ手段と組合せられるとき焦点集束を強化するためにも使用されることが出来る。また、優れたスライスの厚さ性能によってプローブの設計および構造を非常に簡単にするために使用されることも出来る。

30

【課題を解決するための手段】**【0013】**

本発明は容量性の微細加工された超音波トランスデューサ(cMUT)上のバイアス電圧の符号の空間的分布を変化させることによりcMUT素子または素子のアレイの位相プロファイルを制御する手段を提供する。

本発明は供給されたバイアスの符号を高低角方向で変化させることにより高低角方向で焦点を結ばれることが出来るcMUTを提供する。本発明の1特徴では、高低角の焦点集束は機械的レンズの助けなしに行われる。本発明のcMUTは複数行のプローブで必要とされる高電圧スイッチの費用と複雑さがなく、RF信号がこれらの損失のある高電圧スイッチを通過するとき生じる信号の劣化のない、強化された複数行の焦点集束性能を提供する。さらに、本発明は送信動作と受信動作の両方で微細加工される超音波トランスデューサの開口を制御するための簡単で効率的な手段を提供する。本発明はまた高低角方向でcMUT送信ビームを操縦する手段も提供する。

40

【0014】

本発明は、cMUTの使用可能な範囲で近距離および遠距離の両者において高低角のスライスの厚さを制御する方法を提供することによってこれらおよびその他の目的を達成する。近距離の改良は有効な放射と受信開口の両者を減少させることにより得られる。遠距離では、位相焦点集束はスライスの厚さを減少するために行われる。多くの医療用の超音波の応用では、表示された画像を個々の送信ファイヤリングから生じる幾つかの“焦点ゾーン”に分割することが有効である。これらの焦点ゾーンの結合により、複合画像はより

50

共焦点システムをより正確に近似する。開口制御と位相焦点集束によって、高低角の焦点距離は画像の各焦点ゾーンの方角焦点と一致するように変更されることができる。

【0015】

両者の効果は高低角開口を横切って複数のバイアスを交番することにより得られる。これは典型的に連続する共通の電極を幾つかの高低角度電極へ分割することにより微細加工されたトランスデューサで実現可能であり、全ての制御がバイアス極性により行われるので、トランスデューサに対して付加的な同軸接続は必要ではない。さらに、切換えられる全てのバイアスラインはRF接地電位であり、これはスイッチがRF信号路にあるとき、複雑さと信号劣化の欠点を除去する。

【0016】

効率的な開口の減少は影響された素子からのフィールドを消去するのに十分微細な空間解像度により高低角電極上でバイアスの極性を交番することにより実行される。遠距離動作に対する焦点ゾーン当りの強化はフレネルゾーンプレートを使用して行う。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明は図面を参照にした以下の詳細な説明から明白になるであろう。同じ参照符号は全体を通して対応している。

本発明を図面を参照して詳細に説明する。これらの図面は当業者が本発明の実施を可能にするために本発明の例示として与えられている。特に、以下説明する図面および例は本発明の技術的範囲を限定するものではない。さらに、本発明のある素子が既知のコンポーネントを使用して部分的または完全に構成される場合に、このような既知のコンポーネントの本発明を理解するために必要な部分だけを説明し、このような既知のコンポーネントの他の部分の詳細な説明は本発明を曖昧にしないために省略する。さらに、本発明は、例示によりこの明細書内で言及されている既知のコンポーネントに対する現在および将来の既知の等価物を含んでいる。

【0018】

本発明はバイアス極性変化による高低角位相の制御を備えた容量性の微細加工された超音波トランスデューサを提供する。このような高低角位相の制御は優れたスライスの厚さ属性を有する簡単な超音波プローブを与える。さらに、位相の厳密な空間的变化は送信および受信の両開口と開口アポディゼーション制御とを実現する有効な方法を与える。さらに、このようなトランスデューサは損失のある機械的レンズを必要とせずに高低角の焦点集束を行うことができる。本発明の例示的な実施形態はcMUTアレイを含んでおり、これはトランスデューサセルを有するトランスデューサ素子から構成される。cMUTアレイはバイアス極性を使用して位相の厳密な空間的变化を行う制御回路に結合されている。

【0019】

図2および3は本発明の1実施形態にしたがって形勢されたcMUTを示している。任意の数のトランスデューサセルがトランスデューサ素子を形成することができ、任意の数のトランスデューサ素子がcMUTアレイを形成することができることが当業者に明白になるであろう。本発明はこの可変性を具体化することを意図し、与えられた例示の実施形態に限定されない。

【0020】

図2は本発明にしたがったcMUTアレイ200の1実施形態の平面図を示している。図2に示されているように、cMUTアレイは2つのトランスデューサ素子210を含んでおり、これらの各トランスデューサ素子は3つのトランスデューサセル201、202、203を含んでいる。cMUTアレイ200は例えばLadabaumによる2001年8月7日出願の米国特許第6,271,620号明細書(発明の名称“Acoustic Transducer and Method of the Same”)に記載されているものと類似している。トランスデューサ素子210Bは3個のトランスデューサセル201B、202B、203Bを含んでいる。各トランスデューサセル201B、202B、203Bはそれぞれ上部電極241B、242B、243Bと、下部電極(図3に示されている)と、中空の領域231B、232B、233Bとを有している。トランスデューサセル201B、202B、203Bは素子間の相互接続

10

20

30

40

50

部251Bと252Bにより高低角方向でそれらの上部電極241B、242B、243Bに沿って相互接続されている。隣接するトランスデューサ素子210A - 210Bの対応するトランスデューサセル201A - 201B、202A - 202B、203A - 203Bは素子間の相互接続部221B、222B、223Bにより方位角方向で相互接続されて高低角行を形成している。図2の断面3 - 3が図3に示されている。

【0021】

図3は本発明の1実施形態のトランスデューサ素子210Bの断面図を示している。図3に示されているように、トランスデューサセル201B、202B、203Bは例えばLadabaumによる2001年7月3日出願の米国特許出願第09/898,035号明細書(発明の名称“Method for Making Acoustic Transducer”)に開示されている方法を使用して形成される。例示すると、トランスデューサセル201Bは以下のような方法で構成されることができる。熱酸化物320の層は基板310上で成長される。第1の導電層がその後、付着されてエッチングされ、下部電極331Bを形成する。その後、下部絶縁層340が付着される。下部絶縁層の上には、犠牲層が付着され、エッチングされ、犠牲部分を生成し、これは最終的に中空領域231Bになる。中間絶縁層350が犠牲部分を覆って付着される。第2の導電層がその後、付着され、エッチングされて上部電極241Bを形成する。上部絶縁層360がその後上部電極241B上に付着される。この時点で、犠牲部分は穴を通してエッチングされて除去され、穴は次に絶縁材料370で充填される。

【0022】

本発明は前述のトランスデューサ素子およびセルの特別な例示的な幾何学形状とその製造方法に限定されない。さらに、トランスデューサセルのサイズと形状は単一の八角形設計に限定されることを意味するものではなく、むしろ各トランスデューサセルは他のそれぞれのトランスデューサセルとは異なるサイズと異なる形状であってもよい。

【0023】

図4は伝統的なcMUTアレイ100の外部回路接続を示している。図示されているように、典型的に1つの方位角素子接続400が、伝統的なcMUTアレイ100のトランスデューサ素子110Aを形成する一連のトランスデューサセルの上部電極に接続されている。cMUTアレイ100の全ての下部電極は共通して410で接続され、それ故共通してバイアスされている。

【0024】

図5は本発明の1実施形態のcMUTアレイ200の外部回路接続を示している。図4の伝統的なアレイのように、各トランスデューサ素子210Aの上部電極は方位角素子接続400に対して外部に接続されている。しかしながら、この例示的な実施形態では、隣接するトランスデューサ素子の対応するトランスデューサセルの下部電極は共に接続されて、高低角行を形成している。各高低角行は510で示されるように外部でN×2マルチプレクサ520の別々の出力チャンネルに接続されている。マルチプレクサ520の入力は正530と負540のバイアス電圧である。マルチプレクサ520の制御信号は焦点ゾーン番号560のポインタを使用してEPROM550の検索テーブルから与えられる。

【0025】

図5に示されている本発明の例示的な実施形態の動作では、高低角行に対するバイアスの符号が幾つかの高低角電極の送信信号を反転するために変更される。これはフレネルゾーンプレートを生成する効果を有する。この焦点集束は送信および受信で実現されることができる。しかしながら、簡単にする目的で、以下、送信に関して説明するが、受信は同様の方法で行われる。

【0026】

マルチプレクサはEPROM550中の検索テーブルに基づいて、N個の高低角行接続に対して正または負のバイアス電圧を供給する。各バイアスラインはRF的には接地電位である。EPROM550のアドレスは例えば励起電圧タイミングに基づいてシステムにより与えられる番号であり、これは使用中である焦点ゾーンと、随意選択的に励起パルスを中心周波数および帯域幅についての情報をプローブに伝える。EPROM550中のデータは

10

20

30

40

50

これを所定の焦点ゾーンに対するバイアス符号構造へ変換し、ゾンプレーットの焦点距離はこれらのバイアス符号により決定される。

【 0 0 2 7 】

本発明のこの実施形態で前述されているゾンプレーットは古典的なフレネルレンズに類似した動作をするが、c M U T 高低角焦点集束に適合している。例えば、高低角電極の中心が y_i に位置されるならば、古典的なフレネルレンズにおける焦点集束に必要な位相 ϕ_i は次式のようになり、

【 0 0 2 8 】

【 数 1 】

$$\phi_i = \frac{2\pi f}{c} \sqrt{r^2 + y_i^2} - r$$

ここで f は周波数、 r は所望の焦点を結ぶ距離、 c は関係する媒体中における音速である。しかしながら、本発明は古典的なフレネルレンズのように連続的な位相シフトを提供しない。むしろ、本発明はディスクリットな 180 度の位相シフトを提供し、これは基本的に c M U T ゾンプレーットである。それ故、理想的な連続的位相の変化は c M U T バイアス電圧、即ち $s_i = \text{sign}(\text{mod}(\phi_i, 2\pi) - \pi)$ を与えるためにディスクリットな符号情報に変換されなければならない。幸いなことに、複数行プローブによる必要な高低角の焦点集束は幾分粗雑であり、したがってこの簡単な構成は不所望な平面外エネルギーを -20 dB レベルへ減少し、これは実際的な複数行トランスデューサ（即ち 5 - 6 行）で可能にされるイメージの全ての改良を示すのに十分である。

【 0 0 2 9 】

正および負のバイアス電圧を本発明の高低角行に接続し、組み合わせることのできる多くの方法および回路が存在することが当業者により理解されるであろう。これらの付加的なバイアス電圧接続方法と回路は本発明の技術的範囲内に含まれる。

特に別の実施形態では、本発明のマルチプレクサ - E P R O M の組合せは任意の普通に知られているスイッチングおよび選択回路の組合せによって置換されることができる。例えばディスクリットなリレー、ディスクリットなトランジスタ、固体トランジスタ、およびその他の固体スイッチのようなこのようなコンポーネントが使用されることができる。同様に、多数の実時間の選択可能な極性パターンを記憶する E P R O M の代わりに、マニュアルのパターン選択回路が使用されることができる。さらに、本発明の正および負のバイアス電圧は直接高低角行または、直接切換えコンポーネントにハードワイヤで接続されることができる。この実施形態では、特定の応用に対する極性パターンが予め選択され、適切なバイアス電圧が予め選択された極性パターンにしたがって、直接的に適切な高低角行に、または高低角行のスイッチに接続される。最後に、この実施形態では本発明の M U T 装置はハードワイヤと切換えられたバイアス電圧との組合せを有することができる。

【 0 0 3 0 】

さらに別の実施形態では、正および負のバイアス電圧は本発明の M U T 装置によりディスクリットに生成されるか、本発明の M U T 装置で局部的に生成されるか、ディスクリットおよび局部的の組合せで生成されることができる。この実施形態の第 1 の特徴では、ディスクリットな生成、バイアス電圧は例えばアプリケーションのプローブバンドルに含まれるか、アプリケーションシステムのどこかで生成されることができる。この特徴では、バイアス電圧は例えばワイヤ、ケーブル、ハーネス、コネクタ等を使用して M U T 装置に結合されることができる。この実施形態の第 2 の特徴では、局部的な生成、すなわちバイ

10

20

30

40

50

アス電圧生成回路はMUT装置に並んで、同一または近接するダイ上またはMUT装置の下、MUT装置の基板内に含まれることができる。

【0031】

さらに別の実施形態では、正および負のバイアス電圧は図5に示されている2つよりも多数であることができる。特に動作において、各MUTの高低角行は、例えばその固有の特定のバイアス電圧を有することができ、そのバイアス電圧は振幅と極性の特定の組合せである。さらに、この実施形態では、バイアス電圧の量は高低角行の量を数量で上回り、幾らかのバイアス電圧はある応用で使用され、その他は異なる応用で使用される。

【0032】

最良の画像品質では、近距離の高低角開口を減少できることが必要である。バイアスの交番は、本発明の1実施形態のように、高低角電極が半波長程度の大きさの波長を横切るとき、音声出力を消去するのに有効な方法であり、開口制御と開口アポディゼーションに対して使用されることができる。図6A-Cはこのような方法の可能性を示している。

【0033】

図6AはcMUTアレイ200の3個の方位角素子210A-Cが送信チャンネルに接続されている実験の特別な設計を示している。全体的なアレイは10MHz中心周波数を有する192個の方位角素子から構成されているが、3個の方位角素子だけが本発明の実験で使用されている。アレイ200は2組の高低角電極220Aと220Bを含んでいる。これらの電極は約100ミクロン幅であり、隣接素子210A、210B、210CのcMUTセルを交互（即ち互いにインターディジタルに）の方法でバイアス電圧V-バイアスL540またはV-バイアスR530に接続する。素子210A-Cはそれぞれ例えば約200ミクロン幅である。

【0034】

図6Bは図6Aのアレイ素子210A-Cが高低角で均一にバイアスされる時およびそれらの高低角のバイアスが100ミクロン毎に交番される時ハイドロホンにより受信された信号の相対的な強度を示している。この実験の送信パルスはV-バイアスの大きさに關して小さい。図6Bに見られるように、cMUT高低角行の交番は装置のそのセクションを効率的にオフに切換え、これは10MHzで約25dBの相対差によって証明される。

【0035】

図6Cは図6Aの実施形態の別の特性の可能性を示しており、送信電圧がV-バイアスの大きさと比較して大きいとき、トランスデューサは非線形で動作する。これらの比較的大きい送信電圧では、異なる大きさの正および負のバイアス電圧を与える必要がある。図6Cで認められるように、それぞれ65Vと120Vの大きさの正と負のバイアス電圧が交番するとき、25dBの隔離が可能である。バイアスの方向の比較的大きい送信電圧により生成される圧力は反対方向のバイアスの比較的大きい送信電圧により生成される圧力とは異なるので、等しい大きさの正と負のバイアス電圧は放射された音の消去には有効ではない。

【0036】

図7のAおよびBは伝統的な1Dプローブと例示的な最新技術の複数行ピエゾ電気トランスデューサアレイに対する本発明の改良を示している。シミュレーションで示されているように、本発明は-30dBと-20dBの両レベルで改良された遠距離ビーム幅を提供する。この改良は本発明のフレネルレンズ属性の使用によって生じる。本発明はまた図6A-6Cで証明されている開口の制御属性の結果である近距離における改良を行う。図7のAおよびBは異なる焦点ゾーンで異なるバイアスパターンで動作するそれぞれ幅が約100ミクロンの52個の高低角行の設計に基づいている。

【0037】

本発明の焦点集束および開口制御は通常ではないので、前述のフレネル方式のような簡単なアルゴリズムによるバイアスパターンの割当ては最適化された性能を与えることができるが可能性は少ない。したがって、EPROMアーキテクチャが導入され、それによって時間を消費する最適化コンピュータ処理から生成されるバイアスパターンは実際的に本物のプローブでアクセスされることができる。例えば図8は図7のAとBでシミュレート

10

20

30

40

50

されているプローブの（距離方向における）15mmと50mmの焦点を強化するために使用されることのできる高低角制御ラインに対するバイアス電圧パターンを示している。しかしながら、極性パターンとバイアス電圧の事実上無限の組合せが存在し、これらの組合せは本発明のMUT装置の技術的範囲内に含まれることを意味していることが理解されるべきである。

【0038】

本発明の1実施形態では、高低角の焦点集束が交番するバイアスを使用して達成されるので、伝統的なポリマーレンズは必要なくなる。このようなプローブはレンズ中の損失がなくなることか利益が得られる。本発明の別の実施形態では、高低角の焦点集束はバイアス極性の開口制御と、幾つかの形態の機械的レンズの両者を使用して実現されることができ
10
この機械的レンズは、同時出願の米国特許出願第10/367,112号明細書（代理人番号016132-0300381、クライアント参照番号SC-010）（発明の名称“Microfabricated Transducers with Curvature and Method of Making the Same”）に開示されているように、通常のポリマーレンズであるかトランスデューサの湾曲であることができる。機械的レンズの焦点ゾーンを超える焦点最適化のためのフレネルレンズがさらに適用されることができ
本発明の別の実施形態では、バイアスパターンは複数行プローブの技術で知られているように、多焦点ゾーン動作が可能であるように送信および受信ビーム間で変化されることができ

【0039】

本発明の別の特徴では、cMUTビームは高低角方向で操縦されることができ
20
バイアス電圧の振幅および極性が変化されるとき、cMUTビームの焦点集束は高低角方向におけるcMUT素子の中心に対して垂直ではない。垂直でないのは高低角方向でのピーク高低角焦点の中心点が高低角方向でのトランスデューサ素子の中心に対して偏心しているようになるためである。

【0040】

本発明を特にその好ましい実施形態を参照して説明したが、その形態および詳細の変化および変更は本発明の技術的範囲を逸脱せずに行われることができることが当業者には容易に明白であろう。例えば、当業者は変更が先に説明した図示されているコンポーネントのタイプ、数、配置において行われることができ、マルチプレクサ-EPRM構造は他のコンポーネントと容易に置換されることができ
30
ことを理解するであろう。さらに、大きさおよび極性の組合せが可変である3以上のバイアス電圧が本発明の技術的範囲内で使用されることが意図されている。特許請求の範囲がこのような変化、変更、組合せを含むことを意図している。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1A】医療画像化用として使用される典型的な多素子アレイトランスデューサにおける命名規則を示す図。

【図1B】医療画像化用として使用される典型的な多素子アレイトランスデューサにおける通常の焦点集束および走査方向を示す図。

【図1C】医療画像化用として使用される典型的な多素子アレイトランスデューサにおける命名規則と、通常の焦点集束および走査方向を示す図。
40

【図2】本発明の1実施形態のトランスデューサの平面図。

【図3】本発明の1実施形態のトランスデューサの断面図。

【図4】通常のトランスデューサシステムの電氣的構成の概略図。

【図5】本発明の1実施形態のトランスデューサシステムの電氣的構成の概略図。

【図6A】本発明の開口制御特性を確認する実験的設計を示す図。

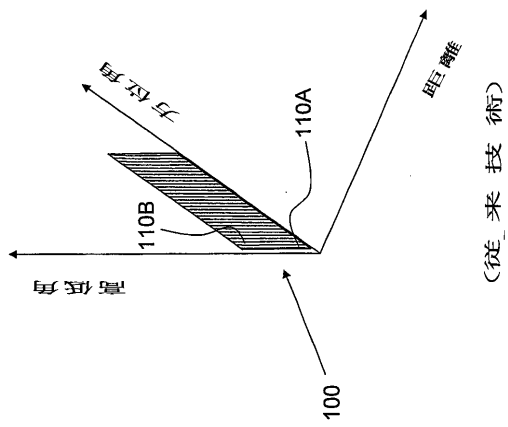
【図6B】本発明の開口制御特性を確認する実験結果を示す特性図。

【図6C】本発明の開口制御特性を確認する実験結果を示す特性図。

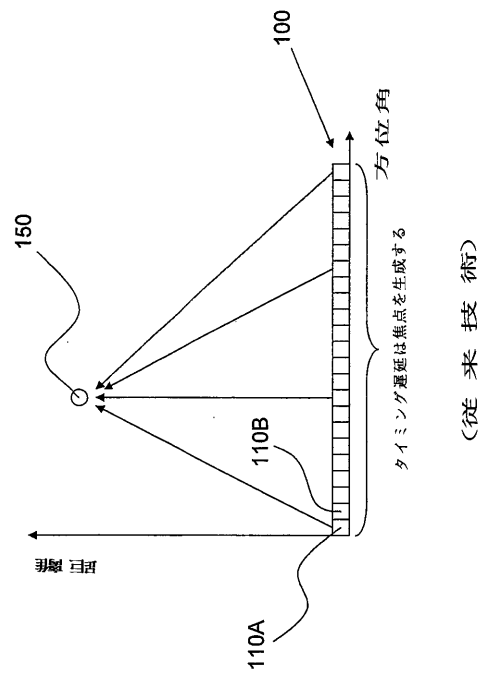
【図7】通常のトランスデューサと本発明とを比較したシミュレーションの結果を示す特性図。
50

【図 8】本発明の 1 実施形態に対応するバイアス電圧パターンの説明図。

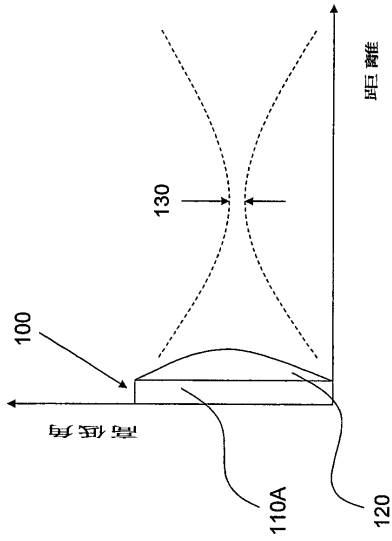
【図 1 A】



【図 1 B】

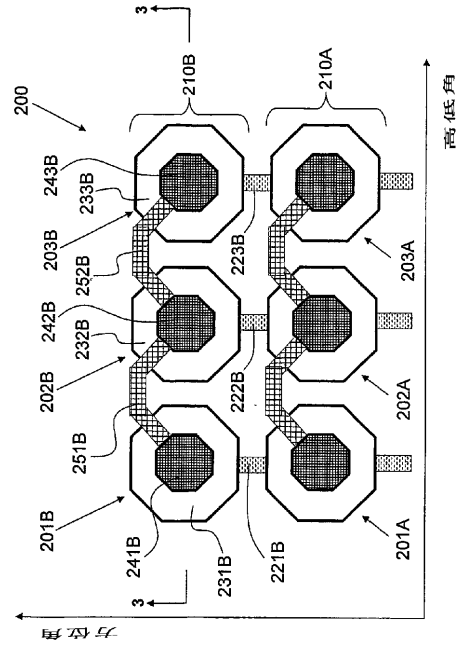


【図1C】

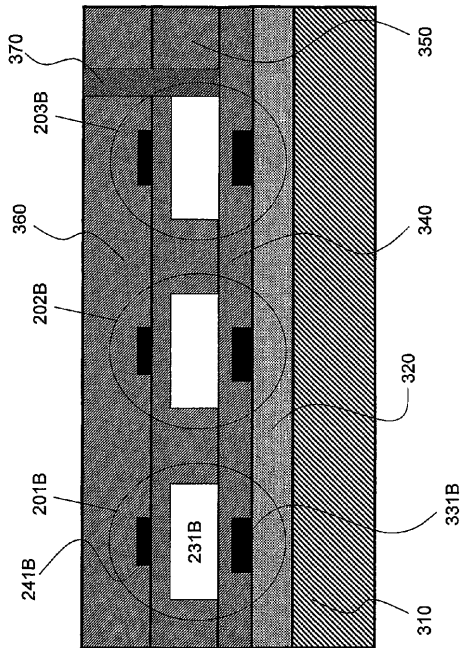


【図2】

(従来技術)

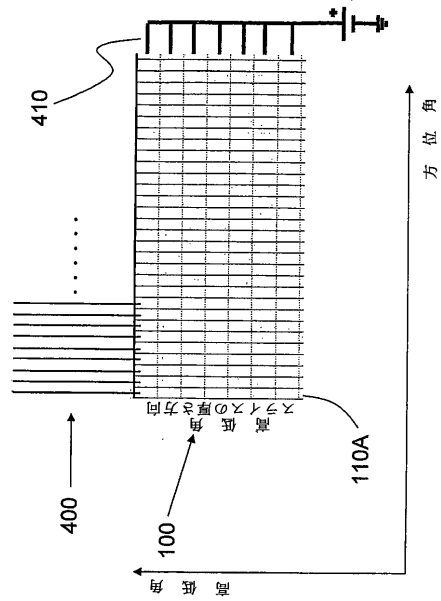


【図3】

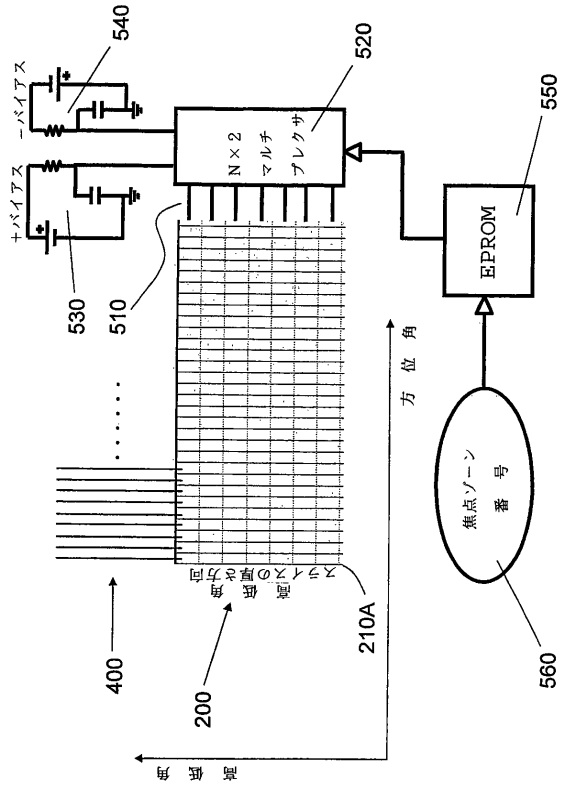


【図4】

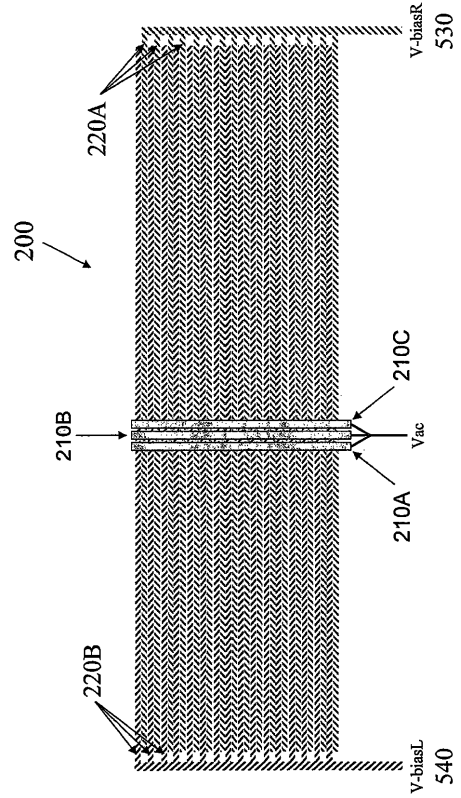
(従来技術)



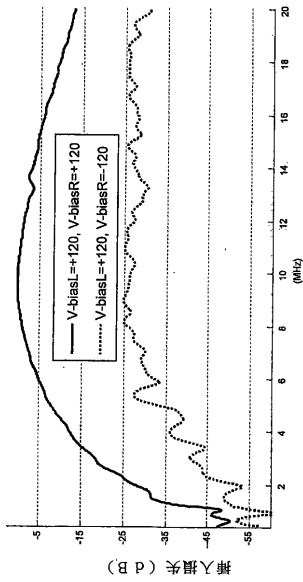
【図5】



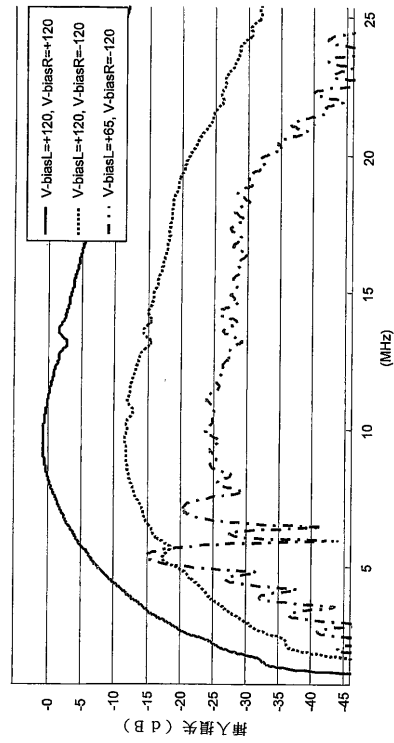
【図6A】



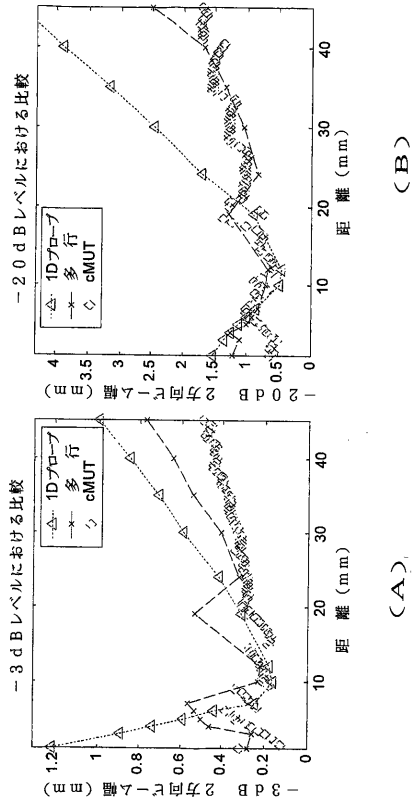
【図6B】



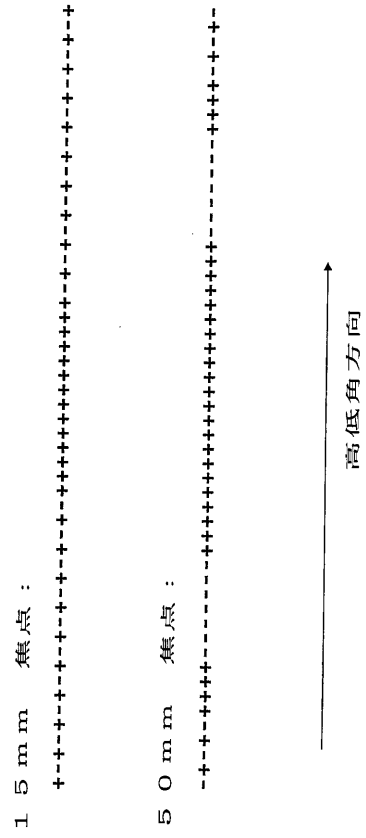
【図6C】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100091351
弁理士 河野 哲
- (74)代理人 100088683
弁理士 中村 誠
- (74)代理人 100108855
弁理士 蔵田 昌俊
- (74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司
- (74)代理人 100109830
弁理士 福原 淑弘
- (74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人
橋本 良郎
- (74)代理人
風間 鉄也
- (72)発明者 ダフト、クリストファー・エム．、ダブリュ．
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 4 5 6 6、プレサントン、ブラック・アベニュー 4 6 5
9
- (72)発明者 ワグナー、ポール・エー．
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 4 7 0 4、バークレイ、マーティン・ルーサー・キング・
ウェイ 2 4 1 2
- (72)発明者 ラダバウム、イガル
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 4 0 7 0、サン・カルロス、ベイトゥリー・ロード 1 2
1

審査官 大野 弘

(56)参考文献 特表2003-500955(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 19/00

A61B 8/00