

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-502467

(P2018-502467A)

(43) 公表日 平成30年1月25日 (2018.1.25)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H04R 17/00 (2006.01)</b>	H04R 17/00 330H	4C601
<b>A61B 8/14 (2006.01)</b>	A61B 8/14	5D019
<b>G01S 7/521 (2006.01)</b>	G01S 7/521 A	5J083

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2017-518497 (P2017-518497)	(71) 出願人	507364838 クアルコム、インコーポレイテッド アメリカ合衆国 カリフォルニア 921 21 サン ディエゴ モアハウス ドラ イブ 5775
(86) (22) 出願日	平成27年10月15日 (2015.10.15)	(74) 代理人	100108453 弁理士 村山 靖彦
(85) 翻訳文提出日	平成29年4月6日 (2017.4.6)	(74) 代理人	100163522 弁理士 黒田 晋平
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/055825	(72) 発明者	ヒリシケシュ・ヴィジャイクマール・パン チャワグ アメリカ合衆国・カリフォルニア・921 21-1714・サン・ディエゴ・モアハ ウス・ドライブ・5775
(87) 国際公開番号	W02016/061410		
(87) 国際公開日	平成28年4月21日 (2016.4.21)		
(31) 優先権主張番号	62/064, 416		
(32) 優先日	平成26年10月15日 (2014.10.15)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	62/064, 417		
(32) 優先日	平成26年10月15日 (2014.10.15)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	62/064, 418		
(32) 優先日	平成26年10月15日 (2014.10.15)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3ポート圧電超音波トランスデューサ

## (57) 【要約】

圧電微小機械超音波トランスデューサ (PMUT) が、空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、ダイアフラムは、圧電層を含む圧電層スタックと、送受信機回路と電気的に結合された第1の電極と、送受信機回路と電気的に結合された第2の電極とを含む。第1の電極はダイアフラムの第1の部分内に配置されてよく、第2の電極はダイアフラムの第2の別々の部分内に配置されてよい。第1の電極および第2の電極の各々は、圧電層の第1の表面の上または近傍に配置され、第1の表面は空洞の反対側にある。PMUTは、第1の時間期間中に第1の電極を経由して第1の超音波信号を送信し、第2の時間期間中に第2の電極を経由して第2の超音波信号を受信するように構成され、第1の時間期間および第2の時間期間は少なくとも部分的に重複している。

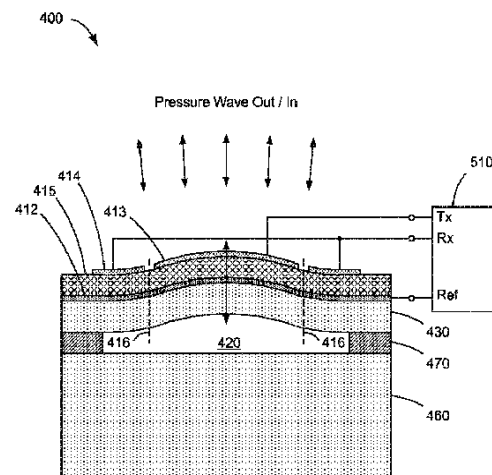


Figure 5

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 の時間期間中に送受信機回路からの信号に応答して第 1 の超音波信号を圧電微小機械超音波トランスデューサ (PMUT) の第 1 の電極を経由して送信するステップであって、前記 PMUT が、空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、前記ダイアフラムが、圧電層を含む圧電層スタック、前記第 1 の電極、および第 2 の電極を含み、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の各々が、前記送受信機回路と電氣的に結合される、送信するステップと、

第 2 の時間期間中に第 2 の超音波信号を前記第 2 の電極を経由して受信するステップとを含み、

前記第 1 の時間期間および前記第 2 の時間期間が、少なくとも部分的に重複している、方法。

**【請求項 2】**

前記 PMUT が、前記第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信することと、前記第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成される、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の各々が、前記圧電層の第 1 の表面の上または近傍に配置され、前記第 1 の表面が前記空洞の反対側にあり、

前記第 1 の電極が前記ダイアフラムの内側部分に配置され、前記第 2 の電極が前記ダイアフラムの外側部分に配置され、前記外側部分が前記空洞の壁に近接して、前記壁と前記第 1 の電極との間にある、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記第 2 の電極の一部が、前記空洞の前記壁を越えて延びる、請求項 3 に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記ダイアフラムが、前記圧電層と前記空洞との間に配置された第 3 の電極を含む、請求項 3 に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記第 3 の電極が、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の各々に共通する基準電極として構成される、請求項 5 に記載の方法。

**【請求項 7】**

前記基準電極の電圧が、接地または他の基準電圧に固定される、請求項 6 に記載の方法。

**【請求項 8】**

前記ダイアフラムが、アンカー構造によって支持され、前記空洞の上に延び、前記ダイアフラムが、たわみ運動および振動の一方または両方を受け、前記 PMUT が超音波信号を受信または送信するときに第 1 のたわみモードで動作するように構成される、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 9】**

前記第 1 のたわみモードにおいて、前記第 1 および前記第 2 の電極の各々が、それぞれ、引張応力および圧縮応力の交互の期間を含む第 1 および第 2 の振動負荷サイクルを経験する、請求項 8 に記載の方法。

**【請求項 10】**

前記第 1 の振動負荷サイクルと前記第 2 の振動負荷サイクルは、ほぼ同相である、請求項 9 に記載の方法。

**【請求項 11】**

前記第 1 の振動負荷サイクルと前記第 2 の振動負荷サイクルは位相がずれている、請求項 9 に記載の方法。

**【請求項 12】**

前記第 1 の振動負荷サイクルと前記第 2 の振動負荷サイクルは  $180^\circ$  位相がずれてい

10

20

30

40

50

る、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記第 2 の電極が、前記第 1 の時間期間中に送信モードであり、前記第 2 の時間期間中に受信モードであるように構成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

圧電微小機械超音波トランスデューサ (P M U T) を備える装置であって、前記 P M U T が、

空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、前記ダイアフラムが、圧電層を含む圧電層スタックと、送受信機回路と電氣的に結合された第 1 の電極と、前記送受信機回路と電氣的に結合された第 2 の電極とを含み、

前記第 1 の電極が前記ダイアフラムの第 1 の部分内に配置され、前記第 2 の電極が前記ダイアフラムの第 2 の部分内に配置され、前記第 1 の部分が前記第 1 の部分から分離されており、

前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の各々が、前記圧電層の第 1 の表面の上または近傍に配置され、前記第 1 の表面が前記空洞の反対側にあり、

前記 P M U T が、第 1 の時間期間中に前記第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信し、第 2 の時間期間中に前記第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信するように構成され、前記第 1 の時間期間および前記第 2 の時間期間が少なくとも部分的に重複している、装置。

【請求項 15】

前記第 2 の電極が、前記空洞の壁に近接して、前記壁と前記第 1 の電極との間に配置される、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 16】

前記第 2 の電極の一部が、前記空洞の前記壁を越えて延びる、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 17】

前記 P M U T が、前記第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信することと、前記第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成される、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 18】

前記ダイアフラムが、前記圧電層と前記空洞との間に配置された第 3 の電極を含む、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 19】

前記第 1 の電極が送信電極であり、前記第 2 の電極が受信電極であり、前記第 3 の電極が前記送信電極および前記受信電極の各々に共通する基準電極として構成される、請求項 18 に記載の装置。

【請求項 20】

前記ダイアフラムが機械層を含み、機械層が、前記圧電層スタックと前記空洞との間に置かれるか、または前記圧電層スタックの、前記空洞の反対の側面上に置かれる、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 21】

基板の上に配置されたアンカー構造をさらに備え、前記ダイアフラムが、前記アンカー構造によって支持されて前記空洞の上に延び、前記ダイアフラムが、前記 P M U T が超音波信号を受信または送信するときにたわみ運動および振動の一方または両方を受けるように構成される、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 22】

前記ダイアフラムが、長さ L の縦寸法と W の幅とを有する細長い矩形として構成され、L が W の少なくとも 2 倍である、請求項 21 に記載の装置。

【請求項 23】

前記アンカー構造が、前記縦寸法の近位端に近接する第 1 の離散位置においておよび前

10

20

30

40

50

記縦寸法の遠位端に近接する前記ダイアフラムの第 2 の離散位置において前記ダイアフラムを支持する、請求項 22 に記載の装置。

【請求項 24】

前記アンカー構造が、前記ダイアフラムの中心部において前記ダイアフラムを支持する、請求項 22 に記載の装置。

【請求項 25】

前記アンカー構造が、前記ダイアフラムの周辺領域において前記ダイアフラムを支持する、請求項 22 に記載の装置。

【請求項 26】

前記ダイアフラムが実質的に円形である、請求項 21 に記載の装置。

10

【請求項 27】

前記アンカー構造が、前記ダイアフラムの中心部において前記ダイアフラムを支持する、請求項 26 に記載の装置。

【請求項 28】

前記空洞が、少なくとも 1 つの放出穴を通して犠牲材料を除去することによって形成される、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 29】

前記放出穴が、前記ダイアフラムを通して配置される、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 30】

前記第 1 の電極および前記第 2 の電極が実質的に同一平面上にある、請求項 14 に記載の装置。

20

【請求項 31】

圧電微小機械超音波トランスデューサ (PMUT) センサのアレイと、音響結合媒体とを備える装置であって、

少なくとも 1 つの PMUT が、空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、前記ダイアフラムが、圧電層を含む圧電層スタックと、送受信機回路と電氣的に結合された第 1 の電極と、前記送受信機回路と電氣的に結合された第 2 の電極とを含み、

前記第 1 の電極が前記ダイアフラムの第 1 の部分内に配置され、前記第 2 の電極が前記ダイアフラムの第 2 の部分内に配置され、前記第 1 の部分が前記第 2 の部分から分離されており、

30

前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の各々が、前記圧電層の第 1 の表面の上または近傍に配置され、前記第 1 の表面が前記空洞の反対側にあり、

前記 PMUT が、第 1 の時間期間中に前記第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信し、第 2 の時間期間中に前記第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信するように構成され、前記第 1 の時間期間および前記第 2 の時間期間が少なくとも部分的に重複しており、

前記音響結合媒体が、前記圧電層スタックの上に配置され、

前記 PMUT が、前記音響結合媒体を介して超音波信号を受信または送信するように構成される、装置。

【請求項 32】

40

PMUT センサの前記アレイがプラテンを含み、前記音響結合媒体が前記 PMUT センサと前記プラテンとの間に配置される、請求項 31 に記載の装置。

【請求項 33】

前記 PMUT が、前記第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信することと、前記第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成される、請求項 31 に記載の装置。

【請求項 34】

前記ダイアフラムが、前記圧電層と前記空洞との間に配置された第 3 の電極を含む、請求項 31 に記載の装置。

【請求項 35】

50

前記第 1 の電極が送信電極であり、前記第 2 の電極が受信電極であり、前記第 3 の電極が前記送信電極および前記受信電極の各々に共通する基準電極として構成される、請求項 3 4 に記載の装置。

【請求項 3 6】

P M U T センサの前記アレイが、超音波指紋センサアレイとして構成される、請求項 3 1 に記載の装置。

【請求項 3 7】

ソフトウェアを記憶する非一時的コンピュータ可読媒体であって、前記ソフトウェアが、

第 1 の時間期間中に送受信機回路からの信号に応答して第 1 の超音波信号を圧電微小機械超音波トランスデューサ ( P M U T ) の第 1 の電極を経由して送信することであって、前記 P M U T が、空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、前記ダイアフラムが、圧電層を含む圧電層スタック、前記第 1 の電極、および第 2 の電極を含み、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の各々が、前記送受信機回路と電気的に結合される、送信することと

10

第 2 の時間期間中に第 2 の超音波信号を前記第 2 の電極を経由して受信することとを装置に行わせるための命令を含み、前記第 1 の時間期間および前記第 2 の時間期間が少なくとも部分的に重複する、コンピュータ可読媒体。

【請求項 3 8】

前記 P M U T が、前記第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信することと、前記第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成される、請求項 3 7 に記載のコンピュータ可読媒体。

20

【請求項 3 9】

前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の各々が、前記圧電層の第 1 の表面の上または近傍に配置され、前記第 1 の表面が前記空洞の反対側にあり、

前記第 1 の電極が前記ダイアフラムの内側部分に配置され、前記第 2 の電極が前記ダイアフラムの外側部分に配置され、前記外側部分が前記空洞の壁に近接して、前記壁と前記第 1 の電極との間にある、請求項 3 7 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 4 0】

前記第 2 の電極が、前記第 1 の時間期間中に送信モードであり、前記第 2 の時間期間中に受信モードであるように構成される、請求項 3 7 に記載のコンピュータ可読媒体。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願の相互参照

本出願は、2014 年 10 月 15 日に出願した「THREE - PORT PIEZOELECTRIC ULTRASONIC TRANSDUCER」と題する米国仮特許出願第 62 / 064 , 416 号、2014 年 10 月 15 日に出願した「ACTIVE BEAM - FORMING TECHNIQUE FOR PIEZOELECTRIC ULTRASONIC TRANSDUCER ARRAY」と題する米国仮特許出願第 62 / 064 , 417 号、2014 年 10 月 15 日に出願した「SUPERPIXEL ARRAY OF PIEZOELECTRIC ULTRASONIC TRANSDUCERS FOR 2 - D BEAMFORMING」と題する米国仮特許出願第 62 / 064 , 418 号、2015 年 10 月 14 日に出願した「INTEGRATED PIEZOELECTRIC MICROMECHANICAL ULTRASONIC TRANSDUCER PIXEL AND READOUT」と題する米国仮特許出願第 62 / 241 , 651 号、2015 年 10 月 14 日に出願した「THREE - PORT PIEZOELECTRIC ULTRASONIC TRANSDUCER」と題する米国特許出願第 14 / 883 , 583 号、2015 年 10 月 14 日に出願した「ACTIVE BEAM - FORMING TECHNIQUE FOR PIEZOELECTR

40

50

IC ULTRASONIC TRANSDUCER ARRAY」と題する米国特許出願第14/883,585号、および2015年10月14日に出願した「SUPERPIXEL ARRAY OF PIEZOELECTRIC ULTRASONIC TRANSDUCERS FOR 2-D BEAMFORMING」と題する米国特許出願第14/883,586号の優先権を主張するものであり、それらの開示の全体が、参照により本出願に組み込まれる。

#### 【0002】

本開示は、圧電トランスデューサ、および圧電トランスデューサを製作し、動作させるための技法に関し、より詳細には、電子センサアレイにおける使用、または、生体感知、撮像、およびタッチ認識もしくはジェスチャ認識のための対話型ディスプレイにおける使用に適した圧電超音波トランスデューサに関する。

10

#### 【背景技術】

#### 【0003】

薄膜圧電音響トランスデューサは、指紋センサ、ジェスチャ検出、マイクロフォンおよびスピーカ、超音波撮像、化学センサなどの、生体センサを含む多くの用途に対する魅力的な候補である。そのようなトランスデューサは、空洞の上に配置された圧電層スタックおよび機械層を含む多層スタックとして構成された圧電微小機械超音波トランスデューサ(PMUT)を含んでよい。圧電層スタックは、圧電材料の層を含んでよい。圧電層の上面および下面の各々の上または近傍に、それぞれの上部および下部電極層が配置されてよい。電極層は、パターニングされても、パターニングされなくてもよい。

20

#### 【0004】

図1Aを参照すると、圧電超音波トランスデューサ100は、空洞120の上でアンカー構造170によって支持されたダイアフラムを形成するように配置された圧電層スタック110および機械層130を含むように構成されてよい。圧電層スタック110は圧電層115を含み、関連する下部電極112および上部電極114がそれぞれ、圧電層115の下および上に配置されている。空洞120は、たとえば、シリコンウェハ、シリコンオンインシュレータ(SOI)ウェハなどの半導体基板160の中に、または薄膜トランジスタ(TFT)回路を有するガラス基板もしくはポリマーの基板として形成されてよい。

#### 【0005】

30

次に図1Bを参照すると、動作中、圧電層スタック110および機械層130は、送受信機回路1010によって下部電極112および上部電極114にわたって印加される時変の励起電圧に応答して振動を引き起こされ得る。その結果、たとえば超音波周波数帯域内の周波数を有する1つまたは複数の超音波圧力波122が、伝搬媒体124中に伝搬し得る。いくつかの実装形態では、伝搬媒体124には、空気、プラテン、カバーガラス、デバイス筐体、または音響結合層もしくは音響整合層が含まれることがある。同様に、圧電層スタック110は、伝搬媒体内の物体から反射した超音波圧力波を受信し、受信された超音波圧力波を、送受信機回路1010によって読み取られ得る電気信号に変換することができる。

#### 【先行技術文献】

40

#### 【特許文献】

#### 【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第14/569,280号明細書

【特許文献2】米国特許出願公開第14/569,256号明細書

#### 【発明の概要】

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

本開示のシステム、方法、およびデバイスは、いくつかの革新的態様をそれぞれ有し、それらの態様のいずれの1つも、本明細書で開示する望ましい属性を単独では担わない。

#### 【0008】

50

本開示で説明する主題の革新的一態様は、第 1 の時間期間中に送受信機回路からの信号に  
応答して第 1 の超音波信号を圧電微小機械超音波トランスデューサ ( P M U T ) の第 1  
の電極を経由して送信するステップであって、 P M U T は空洞の上に配置されたダイアフ  
ラムを含み、ダイアフラムは圧電層を含む圧電層スタック、第 1 の電極、および第 2 の電  
極を含み、第 1 の電極および第 2 の電極の各々は送受信機回路と電氣的に結合される、送  
信するステップと、第 2 の時間期間中に第 2 の超音波信号を第 2 の電極を経由して受信す  
るステップとを含む方法に関する。第 1 の時間期間および第 2 の時間期間は、少なくとも  
部分的に重複している。

【 0 0 0 9 】

いくつかの例では、 P M U T は、第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信するこ  
とと、第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成  
されてよい。

10

【 0 0 1 0 】

いくつかの例では、第 1 の電極および第 2 の電極の各々は、圧電層の第 1 の表面の上ま  
たは近傍に配置され、第 1 の表面は空洞の反対側にある。第 1 の電極はダイアフラムの内  
側部分に配置され、第 2 の電極はダイアフラムの外側部分に配置され、外側部分は空洞の  
壁に近接して、壁と第 1 の電極との間にある。いくつかの例では、第 2 の電極の一部は、  
空洞の壁を越えて延びてもよい。いくつかの例では、ダイアフラムは、圧電層と空洞との  
間に配置された第 3 の電極を含む。いくつかの例では、第 3 の電極は、第 1 の電極および  
第 2 の電極の各々に共通する基準電極として構成されてよい。いくつかの例では、基準電  
極の電圧は、接地または他の基準電圧に固定されてよい。

20

【 0 0 1 1 】

いくつかの例では、ダイアフラムは、アンカー構造によって支持され、空洞の上に延び  
てよく、ダイアフラムは、たわみ運動および振動の一方または両方を受け、 P M U T が超  
音波信号を受信または送信するときに第 1 のたわみモードで動作するように構成される。  
いくつかの例では、第 1 のたわみモードにおいて、第 1 および第 2 の電極の各々は、それ  
ぞれ、引張応力および圧縮応力の交互の期間を含む第 1 および第 2 の振動負荷サイクルを  
経験することがある。いくつかの例では、第 1 の振動負荷サイクルと第 2 の振動負荷サイ  
クルは、ほぼ同相であってよい。いくつかの例では、第 1 の振動負荷サイクルと第 2 の振  
動負荷サイクルは、位相がずれていてもよい。いくつかの例では、第 1 の振動負荷サイク  
ルと第 2 の振動負荷サイクルは、 $180^{\circ}$  位相がずれていてもよい。

30

【 0 0 1 2 】

いくつかの例では、第 2 の電極は、第 1 の時間期間中に送信モードであり、第 2 の時間  
期間中に受信モードであるように構成されてよい。

【 0 0 1 3 】

いくつかの実装形態によれば、装置は、圧電微小機械超音波トランスデューサ ( P M U  
T ) を含み、 P M U T は、空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、ダイアフラムは、  
圧電層を含む圧電層スタックと、送受信機回路と電氣的に結合された第 1 の電極と、送受  
信機回路と電氣的に結合された第 2 の電極とを含む。第 1 の電極はダイアフラムの第 1 の  
部分内に配置され、第 2 の電極はダイアフラムの第 2 の部分内に配置され、第 1 の部分は  
第 2 の部分から分離されている。第 1 の電極および第 2 の電極の各々は、圧電層の第 1 の  
表面の上または近傍に配置され、第 1 の表面は空洞の反対側にある。 P M U T は、第 1 の  
時間期間中に第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信し、第 2 の時間期間中に第 2  
の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信するように構成され、第 1 の時間期間および第  
2 の時間期間は少なくとも部分的に重複している。

40

【 0 0 1 4 】

いくつかの例では、第 2 の電極は、空洞の壁に近接して、壁と第 1 の電極との間に配置  
されてよい。いくつかの例では、第 2 の電極の一部は、空洞の壁を越えて延びてもよい。

【 0 0 1 5 】

いくつかの例では、 P M U T は、第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信するこ

50

とと、第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成されてよい。

【0016】

いくつかの例では、ダイアフラムは、圧電層と空洞との間に配置された第 3 の電極を含んでよい。いくつかの例では、第 1 の電極は送信電極であり、第 2 の電極は受信電極であり、第 3 の電極は送信電極および受信電極の各々に共通する基準電極として構成される。

【0017】

いくつかの例では、ダイアフラムは機械層を含んでよく、機械層は、圧電層スタックと空洞との間に置かれるか、または圧電層スタックの、空洞と反対の側面上に置かれる。

【0018】

いくつかの例では、装置は、基板の上に配置されたアンカー構造をさらに含んでよく、ダイアフラムは、アンカー構造によって支持されて空洞の上に延び、ダイアフラムは、P M U T が超音波信号を受信または送信するときにたわみ運動および振動の一方または両方を受けるように構成される。いくつかの例では、ダイアフラムは、長さ L の縦寸法と W の幅とを有する細長い矩形として構成されてよく、L は W の少なくとも 2 倍である。いくつかの例では、アンカー構造は、縦寸法の近位端に近接する第 1 の離散位置においておよび縦寸法の遠位端に近接するダイアフラムの第 2 の離散位置においてダイアフラムを支持してよい。いくつかの例では、アンカー構造は、ダイアフラムの中心部においてダイアフラムを支持してよい。いくつかの例では、アンカー構造は、ダイアフラムの周辺領域においてダイアフラムを支持してよい。いくつかの例では、ダイアフラムは、実質的に円形であってよい。いくつかの例では、アンカー構造は、ダイアフラムの中心部においてダイアフラムを支持してよい。

【0019】

いくつかの例では、空洞は、少なくとも 1 つの放出穴を通して犠牲材料を除去することによって形成されてよい。いくつかの例では、放出穴は、ダイアフラムを通して配置されてよい。

【0020】

いくつかの例では、第 1 の電極および第 2 の電極は、ほぼ同一平面上にあってよい。

【0021】

いくつかの実装形態によれば、装置は、圧電微小機械超音波トランスデューサ ( P M U T ) センサおよび音響結合媒体のアレイを含む。少なくとも 1 つの P M U T は、空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、ダイアフラムは、圧電層を含む圧電層スタックと、送受信機回路と電気的に結合された第 1 の電極と、送受信機回路と電気的に結合された第 2 の電極とを含む。第 1 の電極はダイアフラムの第 1 の部分内に配置され、第 2 の電極はダイアフラムの第 2 の部分内に配置され、第 1 の部分は第 2 の部分から分離されている。第 1 の電極および第 2 の電極の各々は、圧電層の第 1 の表面の上または近傍に配置され、第 1 の表面は空洞の反対側にある。P M U T は、第 1 の時間期間中に第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信し、第 2 の時間期間中に第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信するように構成され、第 1 の時間期間および第 2 の時間期間は少なくとも部分的に重複している。音響結合媒体は、圧電層スタックの上に配置される。P M U T は、音響結合媒体を介して超音波信号を受信または送信するように構成される。

【0022】

いくつかの例では、P M U T センサのアレイはプラテンを含んでよく、音響結合媒体は、P M U T センサとプラテンとの間に配置される。

【0023】

いくつかの例では、P M U T は、第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信することと、第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成されてよい。

【0024】

いくつかの例では、ダイアフラムは、圧電層と空洞との間に配置された第 3 の電極を含

10

20

30

40

50



んでよい。いくつかの例では、第 1 の電極は送信電極であってよく、第 2 の電極は受信電極であってよく、第 3 の電極は送信電極および受信電極の各々に共通する基準電極として構成されてよい。

【 0 0 2 5 】

いくつかの例では、PMUT センサのアレイは、超音波指紋センサアレイとして構成されてよい。

【 0 0 2 6 】

いくつかの実装形態によれば、非一時的コンピュータ可読媒体は、その媒体上に記憶されたソフトウェアを有し、ソフトウェアは、第 1 の時間期間中に送受信機回路からの信号に応答して第 1 の超音波信号を圧電微小機械超音波トランスデューサ (PMUT) の第 1 の電極を経由して送信することであって、PMUT は空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、ダイアフラムは、圧電層を含む圧電層スタック、第 1 の電極、および第 2 の電極を含み、第 1 の電極および第 2 の電極の各々は送受信機回路と電気的に結合される、送信することと、第 2 の時間期間中に第 2 の超音波信号を第 2 の電極を経由して受信することとを装置に行わせるための命令を含む。第 1 の時間期間および第 2 の時間期間は、少なくとも部分的に重複している。

【 0 0 2 7 】

本明細書で説明する主題の 1 つまたは複数の実装形態の細部が、本開示および添付図面で述べられる。他の特徴、態様、および利点は、本開示を検討することにより明らかになるであろう。本開示の図面および他の図の相対的な寸法は、一定の縮尺で描かれていない可能性のあることに留意されたい。本開示に図示され、記載された寸法、厚さ、配置、材料などは、単なる例として行われており、限定するものとして解釈されるべきではない。様々な図面における同様の参照番号および指定は、同様の要素を示す。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 8 】

【図 1 A】圧電超音波トランスデューサの一例を示す図である。

【図 1 B】圧電超音波トランスデューサの一例を示す図である。

【図 2 A】PMUT 超音波センサアレイの様々な構成の断面図である。

【図 2 B】PMUT 超音波センサアレイの様々な構成の断面図である。

【図 2 C】PMUT 超音波センサアレイの様々な構成の断面図である。

【図 3】送信および受信された超音波信号を時間の関数として表す信号波形を示す図である。

【図 4 A】いくつかの実装形態による、3 ポート PMUT の断面図である。

【図 4 B】いくつかの実装形態による、3 ポート PMUT の平面図である。

【図 5】送受信機回路と結合された 3 ポート PMUT の配置を示す図である。

【図 6】いくつかの実装形態による、3 ポート PMUT に対する送信および受信の電圧信号のプロットを、時間の関数として示すグラフである。

【図 7】いくつかの実装形態による、3 ポート PMUT の別の配置を示す図である。

【図 8】いくつかの実装形態による、3 ポート PMUT に対する長い矩形ダイアフラムの例示的な構成を示す図である。

【図 9】いくつかの実装形態による、3 ポート PMUT に対する長い矩形ダイアフラムのさらなる例示的な構成を示す図である。

【図 10】いくつかの実装形態による、3 ポート PMUT に対する長い矩形ダイアフラムのさらに別の例示的な構成を示す図である。

【図 11 A】様々な実装形態による、3 ポート PMUT に対する円形ダイアフラムの例示的な構成を示す図である。

【図 11 B】様々な実装形態による、3 ポート PMUT に対する円形ダイアフラムの例示的な構成を示す図である。

【図 11 C】様々な実装形態による、3 ポート PMUT に対する円形ダイアフラムの例示的な構成を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 1 2】いくつかの実装形態による、P M U T センサを動作させるための方法の一例を示す図である。

【図 1 3 A】いくつかの実装形態による、円形ダイアフラムおよび様々な電極構成を有する 3 ポート P M U T の平面図である。

【図 1 3 B】いくつかの実装形態による、円形ダイアフラムおよび様々な電極構成を有する 3 ポート P M U T の平面図である。

【図 1 3 C】いくつかの実装形態による、円形ダイアフラムおよび様々な電極構成を有する 3 ポート P M U T の平面図である。

【図 1 3 D】いくつかの実装形態による、円形ダイアフラムおよび様々な電極構成を有する 3 ポート P M U T の平面図である。

【図 1 4 A】いくつかの実装形態による、様々な電極構成および中央放出穴を有する円形ダイアフラムを有する 3 ポート P M U T の平面図である。

【図 1 4 B】いくつかの実装形態による、様々な電極構成および中央放出穴を有する円形ダイアフラムを有する 3 ポート P M U T の平面図である。

【図 1 4 C】いくつかの実装形態による、様々な電極構成および中央放出穴を有する円形ダイアフラムを有する 3 ポート P M U T の平面図である。

【図 1 4 D】いくつかの実装形態による、様々な電極構成および中央放出穴を有する円形ダイアフラムを有する 3 ポート P M U T の平面図である。

【図 1 5】いくつかの実装形態による、少なくとも 1 つの専用受信電極を有する P M U T センサを動作させるための方法のブロック図である。

【図 1 6】いくつかの実装形態による、少なくとも 1 つの専用受信電極を有する 3 ポート P M U T の送受信機回路および様々な構成の概略図である。

【図 1 7】いくつかの実装形態による、少なくとも 1 つの専用受信電極を有する 3 ポート P M U T に対するプッシュプル送信信号および例示的な受信信号のプロットを、時間の関数として示すグラフである。

【図 1 8】いくつかの実装形態による、少なくとも 1 つの切替可能な送信 / 受信電極を有する P M U T センサを動作させるための方法のブロック図である。

【図 1 9】いくつかの実装形態による、少なくとも 1 つの切替可能な送信 / 受信電極を有する 3 ポート P M U T の送受信機回路および様々な構成の概略図である。

【図 2 0】いくつかの実装形態による、少なくとも 1 つの切替可能な送信 / 受信電極を有する 3 ポート P M U T に対するプッシュプル送信信号および例示的な受信信号のプロットを、時間の関数として示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 9 】

以下の説明は、本開示の革新的態様について説明する目的で、いくつかの実装形態を対象とする。しかしながら本明細書における教示は、多くの異なる方法で適用できることは当業者には容易に認識されよう。説明される実装形態は、超音波センサまたはエミッタを含む任意のデバイス、装置、またはシステムにおいて実装され得る。たとえば、説明する実装形態は、限定はしないが、モバイル電話、マルチメディアインターネット使用可能な携帯電話、モバイルテレビジョン受信機、ワイヤレスデバイス、スマートフォン、B l u e t o o t h (登録商標) デバイス、携帯情報端末 ( P D A )、ワイヤレス電子メール受信機、ハンドヘルドもしくは可搬型コンピュータ、ネットブック、ノートブック、スマートブック、タブレット、手書きディジタイザ、指紋検出器、プリンタ、複写機、スキャナ、ファクシミリデバイス、全地球測位システム ( G P S ) 受信機 / ナビゲータ、カメラ、デジタルメディアプレイヤー ( M P 3 プレイヤなど)、カムコーダ、ゲーム機、腕時計、時計、計算器、テレビジョンモニタ、フラットパネルディスプレイ、電子的な読取りデバイス (たとえば、電子書籍リーダー)、モバイル健康デバイス、コンピュータモニタ、自動車ディスプレイ (走行距離計および速度計ディスプレイなどを含む)、コックピット制御部および / またはディスプレイ、カメラビューディスプレイ (車両の後方視カメラのディスプレイなど)、電子写真、電子掲示板もしくは標示、プロジェクタ、アーキテクチャ構造

10

20

30

40

50

、マイクロ波、冷蔵庫、ステレオシステム、カセットレコーダもしくはプレイヤ、DVDプレイヤ、CDプレイヤ、VCR、ラジオ、可搬型記憶チップ、洗濯機、乾燥機、洗濯機／乾燥機、パーキングメータ、パッケージング（微小電気機械システム（MEMS）用途を含む電気機械システム（EMS）用途、ならびに非EMS用途など）、美的構造（宝石または衣服の1つに対する画像の表示など）、ならびに様々なEMSデバイスなど、様々な電子デバイスに含まれる、または関連付けられ得ることが企図される。本明細書の教示はまた、限定はしないが、電子スイッチングデバイス、無線周波数フィルタ、センサ、加速度計、ジャイロスコープ、動き感知デバイス、指紋感知デバイス、ジェスチャ認識、磁気計、家庭用電子機器用の慣性構成要素、家庭用電子機器製品の部品、バラクタ、液晶デバイス、電気泳動デバイス、駆動方式、製造プロセス、および電子試験機器などの用途で10  
使用することができる。したがって、それらの教示には、単に図に示されている実装形態に限定されることを意図するものではなく、代わりに、当業者には容易に明らかになるように、広範囲にわたる適用例を有している。

#### 【0030】

本開示のシステム、方法、およびデバイスは、それぞれいくつかの革新的な態様を有するが、それらのうちのいずれも、本明細書に開示の所望の属性を単独で担わない。本開示で説明する主題は、圧電微小機械超音波トランスデューサ（PMUT）の中に実装することができ、PMUTのいくつかの態様は、本発明の譲受人に譲渡され、すべての目的のためにその全体が参照により本出願に組み込まれている、2014年12月12日に出願した、「MICROMECHANICAL ULTRASONIC TRANSDUCERS AND DISPLAY」と題する米国特許出願第14/569,280号と、2014年12月12日に出願した、「PIEZOELECTRIC ULTRASONIC TRANSDUCER AND PROCESS」と題する米国特許出願第14/569,256号とにおいて説明されている。本開示で説明する主題の革新的な一態様は、1つの圧電層スタックおよび3つ以上電極を含む多層ダイアフラム構造を含む多層スタックとして構成されたPMUT内に実装され得る。3つの電極は、関連する送受信機回路に送信する信号およびそこから受信する信号の各々に対する別々の電極と、共通の基準電極または接地電極とを含んでよい。その配置は、送信タイミングおよび受信タイミングが互いに無関係であることを可能にし、それによって、たとえば、超音波の同時送受信が可能になる。いくつかの実装形態では、送信および受信の電極は、同じ電極層内に形成されてよい。20  
30

#### 【0031】

いくつかの実装形態では、送信電極および受信電極の各々は、屈曲中に異なる方向の機械的応力またはひずみを経験することがある。たとえば、一方の電極がダイアフラムの内部領域の近傍に配置され、他方の電極がダイアフラムの外部領域の近傍に配置される場合、第2の電極の近傍の圧電層の第2の部分が圧縮を受けるのと同時に、第1の電極の近傍の圧電層の第1の部分は引張を受けることがある。「屈曲域」と呼ばれることがある境界または境界領域は、圧電層のそのような部分の間に位置することがある。典型的な2ポートPMUT構造では、効率的に動作するために、送信電極／受信電極は、圧電層の引張ひずみ領域または圧電層の圧縮ひずみ領域のいずれかをカバーするために置かれ得るが、それらの両方ではない。したがって、PMUTデバイスのダイアフラムの一部は、典型的な2ポート実装形態において使用されない。対照的に、本明細書で後述する3ポートPMUT構造の実装形態では、送信電極および別個の受信電極が屈曲域の両側に置かれる場合、PMUTデバイスのダイアフラムのより大きい部分が使用され、それによってデバイスの効率が改善される。その上、開示される本技法は、2つの電極の間に電氣的分離をもたらすことができ、それによって、送信回路が送信電極に接続され、別個の受信回路が受信電極に接続されてよく、送信モードでの動作と受信モードでの動作との間を時間的に分離する必要がなくなる。40

#### 【0032】

本開示で説明される主題の1つの革新的な態様は、ディスプレイまたは超音波指紋セン

サアレイの背面の下に、そのそばに、それとともに、その上に、またはその上方に 3 ポート圧電微小機械超音波トランスデューサ (PMUT) 要素の 1 次元アレイまたは 2 次元アレイを含む装置において実施され得る。

#### 【0033】

いくつかの実装形態では、PMUTアレイは、複数の周波数範囲に対応するモードで動作するように構成可能であり得る。いくつかの実装形態では、たとえば、PMUTアレイは、低周波数範囲 (たとえば、50 kHz ~ 200 kHz) に対応する低周波数モードで、または高周波数範囲 (たとえば、1 MHz ~ 25 MHz) に対応する高周波数モードで動作するように構成可能であり得る。高周波数モードで動作するとき、装置は、比較的より高い解像度で撮像することが可能であり得る。したがって、装置は、ディスプレイまたはセンサアレイの表面上に置かれた指などの物体から、タッチ、指紋、スタイラス、および生体情報を検出することが可能であり得る。そのような高周波数モードは、本明細書では、指紋センサモードと呼ばれることもある。

10

#### 【0034】

低周波数モードで動作するとき、装置は、装置が高周波数モードで動作しているときよりも、空気中への比較的大きい侵入が可能な音波を放射することが可能であり得る。そのような低周波数の音波は、カバーガラス、タッチスクリーン、ディスプレイアレイ、バックライト、ハウジングもしくは筐体、または超音波送信機とディスプレイもしくはセンサ表面との間に配置された他の層を含む、様々な上側層を介して送信され得る。いくつかの実装形態では、ポートは、PMUTアレイから空気中への音響結合を最適化するために、上側層のうちの 1 つまたは複数を介して開かれ得る。低周波数音波は、ディスプレイまたはセンサ表面の上の空気中を送信され、表面の近くの 1 つまたは複数の物体から反射され、空気中を送信され、上側層を介して戻され、超音波受信機によって検出され得る。したがって、低周波数モードで動作するとき、装置は、ジェスチャ検出モードで動作することが可能であり得、ジェスチャ検出モードでは、ディスプレイの近くであるが必ずしもタッチするとは限らない自由空間ジェスチャが検出され得る。

20

#### 【0035】

代替的にまたは付加的に、いくつかの実装形態では、PMUTアレイは、低周波数範囲と高周波数範囲との間の周波数範囲 (たとえば、約 200 kHz ~ 約 1 MHz) に対応する中周波数モードで動作するように構成可能であり得る。中周波数モードで動作するとき、装置は、高周波数モードよりもいくぶん低い解像度を有するが、タッチセンサ機能を提供することは可能であり得る。

30

#### 【0036】

PMUTアレイは、波面ビーム形成、ビーム操作、受信側ビーム形成、および / または戻ってきた信号の選択的読出しのためにアドレス可能であり得る。たとえば、個々の列、行、センサピクセル、および / またはセンサピクセルのグループは、個別にアドレス可能であり得る。制御システムは、平面状、円形、または円筒形の波面などの特定の形状の波面を生成するように送信機のアレイを制御し得る。制御システムは、所望の位置に強め合い干渉または弱め合い干渉を生成するように、送信機のアレイの振幅および / または位相を制御し得る。たとえば、制御システムは、タッチまたはジェスチャが検出されたかまたは検出されそうな 1 つまたは複数の位置に強め合い干渉を生成するように、送信機のアレイの振幅および / または位相を制御し得る。

40

#### 【0037】

いくつかの実装形態では、PMUTデバイスは、いくつかの例ではシリコン基板、ガラス基板またはプラスチック基板であってよい同じ基板上に薄膜トランジスタ (TFT) 回路で共に製作され得る。TFT基板は、行および列アドレス指定電極と、マルチプレクサと、ローカル増幅段と、制御回路とを含み得る。いくつかの実装形態では、ドライバ段と感知段とを含むインターフェース回路は、PMUTデバイスを励起し、同じデバイスからの応答を検出するために使用され得る。他の実装形態では、第 1 の PMUT デバイスは、音響送信機または超音波送信機として機能し得、第 2 の PMUT デバイスは、音響受信機

50

または超音波受信機として機能し得る。いくつかの構成では、異なるPMUTデバイスは、（たとえば、ジェスチャ検出および指紋検出のための）低周波数動作および高周波数動作が可能であり得る。他の構成では、同じPMUTデバイスは、低周波数動作および高周波数動作のために使用され得る。いくつかの実装形態では、PMUTは、シリコンウェハ内に製作された能動シリコン回路を有するシリコンウェハを使用して製作され得る。能動シリコン回路は、PMUTまたはPMUTアレイを機能させるための電子装置を含み得る。

#### 【0038】

いくつかの実装形態では、PMUTアレイは、超音波センサアレイとして構成されてよい。図2A～図2Cは、PMUT超音波センサアレイの様々な構成の断面図を示す。図2Aは、たとえば、超音波指紋センサ、超音波タッチパッド、または超音波イメージャとして使用され得る送信要素および受信要素としてのPMUTを有する超音波センサアレイ200aを示す。PMUTセンサアレイ基板260上のPMUTセンサ要素262は、超音波を放射および検出し得る。図示のように、超音波264は、少なくとも1つのPMUTセンサ要素262から送信されていてもよい。超音波264は、音響結合媒体265およびプラテン290aを介して、プラテン290aの外面上に置かれた指またはスタイラスなどの物体202に向かって進み得る。超音波264の一部は、プラテン290aを介して物体202内に伝達され得るが、第2の部分は、プラテン290aの表面からセンサ要素262に戻る方向に反射される。反射波の振幅は、物体202の音響特性に部分的に依存することがある。反射波は、センサ要素262によって検出され得、そこから物体202の画像が取得され得る。たとえば、約50ミクロン（1インチあたり約500ピクセル）のピッチを有するセンサアレイでは、指紋の隆線および谷線が検出され得る。接着剤、ゲル、コンプライアント層、または他の音響結合材料などの音響結合媒体265は、センサアレイ基板260上に配置されたPMUTセンサ要素262のアレイと、プラテン290aとの間の結合を改善するために設けられ得る。音響結合媒体265は、センサ要素262との間の超音波の伝達を助け得る。プラテン290aは、たとえば、ガラス、プラスチック、サファイア、金属、金属合金、または他のプラテン材料の層を含み得る。音響インピーダンス整合層（図示せず）が、プラテン290aの外面上に配置され得る。プラテン290aは、外面上に被膜（図示せず）を含むことがある。

#### 【0039】

図2Bは、センサおよびディスプレイ基板260上に共に製作されるPMUTセンサ要素262およびディスプレイピクセル266を有する超音波センサおよびディスプレイのアレイ200bを示す。センサ要素262およびディスプレイピクセル266は、セルのアレイの各セル内に一緒に配置され得る。いくつかの実装形態では、センサ要素262およびディスプレイピクセル266は、同じセル内に並んで製作され得る。いくつかの実装形態では、センサ要素262の一部またはすべては、ディスプレイピクセル266の上方または下方に製作され得る。プラテン290bは、センサ要素262およびディスプレイピクセル266の上に配置され得、カバーレンズもしくはカバーガラスとして機能し得、またはカバーレンズもしくはカバーガラスを含み得る。カバーガラスは、ガラス、プラスチック、またはサファイアなどの材料の1つまたは複数の層を含み得、容量性タッチスクリーンのための設備を含み得る。音響インピーダンス整合層または被膜（図示せず）が、プラテン290bの外面上に配置され得る。超音波264は、カバーガラス290b上に置かれたスタイラスまたは指などの物体202のための撮像能力を提供するために、1つまたは複数のセンサ要素262との間で送受信され得る。カバーガラス290bは、ディスプレイピクセル266のアレイからの光学光がカバーガラス290bを介してユーザによって見られることを可能にするために、実質的に透明である。ユーザは、カバーガラス290bの一部にタッチすることを選択することができ、そのタッチは、超音波センサアレイによって検出され得る。指紋情報などの生体情報は、たとえば、ユーザがカバーガラス290bの表面にタッチすると取得され得る。接着剤、ゲル、または他の音響結合材料などの音響結合媒体265は、センサアレイ基板260とカバーガラスとの間の音響結合

、光学的結合、および機械的結合を改善するために設けられ得る。いくつかの実装形態では、結合媒体 265 は、液晶ディスプレイ (LCD) の一部として機能し得る液晶材料であり得る。LCD の実装形態では、バックライト (図示せず) は、センサおよびディスプレイ基板 260 に光学的に結合され得る。いくつかの実装形態では、ディスプレイピクセル 266 は、発光ディスプレイピクセルを有するアモルファス発光ダイオード (AMOLED) ディ스플레이の一部であり得る。いくつかの実装形態では、超音波センサおよびディスプレイアレイ 200b は、表示目的のため、およびタッチ、スタイラス、または指紋を検出するために使用され得る。

#### 【0040】

図 2C は、ディスプレイアレイ基板 260b の背後に配置されたセンサアレイ基板 260a を有する超音波センサおよびディスプレイのアレイ 200c を示す。音響結合媒体 265a は、センサアレイ基板 260a をディスプレイアレイ基板 260b に音響的に結合するために使用され得る。光学結合および音響結合媒体 265b は、センサアレイ基板 260a およびディスプレイアレイ基板 260b を、指紋検出のためのプラテンとしても機能し得るカバーレンズまたはカバーガラス 290c に光学的および音響的に結合するために使用され得る。音響インピーダンス整合層 (図示せず) が、プラテン 290c の外面上に配置され得る。1 つまたは複数のセンサ要素 262 から送信された超音波 264 は、ディスプレイアレイ基板 260b およびカバーガラス 290c を通って進み、カバーガラス 290c の外面から反射され、反射された超音波が検出されて画像情報が取得され得るセンサアレイ基板 260a に戻る方向に進む。いくつかの実装形態では、超音波センサおよびディスプレイアレイ 200c は、視覚的情報をユーザに提供するため、および、ユーザからのタッチ、スタイラス、または指紋を検出するために使用され得る。代替的には、PMUT センサアレイは、ディスプレイアレイ基板 260b の裏面上に形成され得る。代替的には、PMUT センサアレイを有するセンサアレイ基板 260a は、ディスプレイアレイ基板 260b の裏面に取り付けられ得、センサアレイ基板 260a の裏面は、たとえば、接着剤層または接着剤材料 (図示せず) でディスプレイアレイ基板 260b の裏面に直接取り付けられる。

#### 【0041】

PMUT アレイでは、効率、速度および解像度を改善するため、ならびに集積およびコストの利点を得るために、各 PMUT 要素が、単一のダイアフラムを有しながら、超音波信号の送信機と受信機の両方として機能することが望ましい。

#### 【0042】

特にモバイルデバイスに対して、指紋センサのスタック高さを最小化することも望ましい。その結果、PMUT 要素と撮像される指または他の物体との間の距離は、非常に小さくなり得る。図 3 は、アレイの上面に置かれた約 400 ミクロンの厚さのプラテンを有する PMUT アレイに対して、送信および受信された超音波信号を時間の関数として表した信号波形の例を示す。図 3 は、2 ポート PMUT に印加された一連の 5 つのトーンバースト (TB) サイクル (一番上のグラフ参照) を示す。第 2 のグラフに示されている音響送信電力は、追加のトーンバーストサイクルが印加されるにつれて、センサスタック内に音響エネルギーが集積することを示す。印加された信号が送信 (Tx) モードの終端において停止されると、送信された音響電力は減衰する。送信された超音波の一部は、プラテンの表面から PMUT アレイに戻る方向に反射することがある。第 1 のエコーに対する PMUT アレイにおける音響電力は、第 3 のグラフで示される。典型的な超音波送信機信号は、一連の 1 つまたは複数のトーンバースト (TB) サイクルを含んでよく、第 1 のサイクルからのエコーが、トーンバーストサイクルの終了前に受信機に帰還することがある。望ましくないことに、出力された超音波信号と帰還する超音波信号とが実質的に重複することがある。プラテンを通る音響経路長および音響経路内の材料の音速に大きく依存して、出力された超音波信号と帰還する超音波信号 (第 1 のエコーに対応する) との間の時間間隔は、非常に小さい (約 0.2  $\mu$ s 未満) であることが観測され得る。センサスタック内部の音響波はスタック内で反響するので、第 4 および第 5 のグラフに示すように、追

加のエコーが発生することがある。第 6 の（一番下の）グラフでは、すべての反響による音響出力が組み合わせられ、プラテンの表面に置かれた物体を撮像するために最も適切なピークを検出することが困難であることを示している。送信（Tx）モードと受信（Rx）モードとの間の切り替えを必要とするシステムに対して、小さいけれども限定された時間  $t_s$  が両モード間を切り替えるために必要であり、受信モードが有効になるまで、帰還信号を測定することが妨げられる。これは、第 1 のエコーからのピーク信号の取り込みを困難にすることがある。第 2 のエコーおよび後続のエコーからのピーク信号は引き続き振幅が減衰し、有効信号強度が減少する。

#### 【0043】

PMUT から送受信機回路 1010 に出力される電圧は、PMUT における超音波信号の振幅に関係することがある。図 3 の一番下のグラフに示す受信信号包絡線 310 は、音響信号の集積と、トーンバーストサイクルが停止した後の減衰とを示す。本教示がない場合には、出力された / 送信された超音波信号と帰還する / 受信された超音波信号との間の大幅な重複に起因して、帰還信号を検出するために、送受信機回路が、送信モードから受信モードに切り替えるために必要であることがある。電極の単一のペア（たとえば、図 1 A および図 1 B に示す下部電極 112 および上部電極 114）は送受信機回路 1010 と電氣的に結合されてよいので、切替間隔時間  $t_s$  によって示される時間的分離が、電極ペアからの送信信号と受信信号との間に設けられなければならない。本配置に対する第 1 の測定可能なエコーは、切替間隔時間  $t_s$  の終了後に発生し得る。少なくとも指紋センサに対して寸法決定された PMUT アレイに対する、 $t_s$  および複数のトーンバーストサイクルに対する時間は、超音波信号の往復移動時間を大幅に超え得ることが諒解されよう。

#### 【0044】

図 4 A および図 4 B は、いくつかの実装形態による、3 ポート PMUT の断面図および平面図を示す。PMUT 400 は、空洞 420 の上に配置されたダイアフラム 440 を形成するように構成された、圧電層スタック 410 および機械層 430 を含む。ダイアフラム 440 は、空洞 420 の上でアンカー構造 470 によって支持される。PMUT 400 は、1 つまたは複数のたわみモードを経験するダイアフラム 440 を用いて動作するように構成されてよく、ダイアフラム 440 は、PMUT が超音波信号を送信または受信するときに、たわみ運動および振動の一方または両方を受けることがある。圧電層スタック 410 は圧電層 415 を含み、関連する下部電極 412 が圧電層 415 の下に配置される。内部電極 413 は、ダイアフラム 440 の中心領域内の圧電層 415 の上に配置される。図示の実装形態では、外部電極 414 はまた、圧電層 415 の上に配置される。内部電極および外部電極は、圧電層 415 の表面上に配置され、実質的に同一平面上にあってよい。一例では、外部電極 414 は、外部電極 414 を 3 ポート PMUT 400 の周辺周りに部分的または全体的に延ばすことによって、ともに電氣的に接続されてよい。別の例（図示せず）では、代替として、ダイアフラム 440 上のセグメント化された外部電極 414 が、1 つまたは複数のジャンパを用いて内部的に相互接続されてよく、または 1 つまたは複数の電氣的相互接続を用いて外部的に相互接続されてもよい。接点およびビア構造が、下にあるかまたは外部のピクセル回路と電氣的に接触させるために使用されてよい。空洞 420 は、1 つまたは複数のエッチチャネル 422 および放出穴 424 に接続されてよく、放出穴を通して、犠牲材料（図示せず）が、適切なエッチャントによって取り除かれて空洞 420 が形成され得る。金属材料または他の適切な材料の 1 つまたは複数のプラグ 426 が、放出穴 424 を封止し、PMUT 動作中に空洞 420 内部に制御された圧力（たとえば、真空レベル）を保持するために使用されてよい。図 4 B および他の図に示される PMUT は、1 つまたは複数の行および列（図示せず）を有する PMUT アレイの一部であってよく、平面図の周辺における破線は、共通の基板上に形成される追加の PMUT が、PMUT アレイの一部として PMUT 400 の 1 つまたは複数の側面上に置かれてよいことを示す。

#### 【0045】

電氣的に、3 ポート PMUT は、少なくとも 1 つの送信電極、少なくとも 1 つの受信電

10

20

30

40

50

極、および少なくとも1つの基準電極を有するPMUTとして構成されてよい。多くのこれらの変形態について以下に説明する。3ポートPMUTの代替のまたは時には好ましい解釈として、電気的入力(Tx)ポート、超音波出力ポート(同じく、超音波入力ポートとしての役目を果たす)、および電気的出力(Rx)ポートを有するPMUTがある。そのような実装形態では、電気的入力ポートおよび電気的出力ポートは、それぞれ、物理的および電気的に分離されながら、(たとえば、空洞の上のダイアフラム上の)PMUTのマイクロ構造の同じ部分の上に配置され得る。

#### 【0046】

図5は、送受信機回路510と結合された3ポートPMUTの配置を示す。図示の実装形態では、下部電極412、内部電極413および外部電極414は、送受信機回路510と電気的に結合され、信号送信、信号受信、および共通の基準または接地をそれぞれ提供する別々の電極として機能し得る。この配置は、送信(Tx)信号および受信(Rx)信号のタイミングが互いに無関係であることを可能にする。より詳細には、図示の配置は、圧電超音波トランスデューサ400と送受信機回路510との間の信号の実質的な同時送受信を可能にする。

#### 【0047】

有利なことに、送信電極および受信電極は、たとえば、堆積、マス킹およびエッチングの共通の製作工程中に同じ電極層の中に形成されてよい。いくつかの実装形態では、1つまたは複数の圧電層および関連する電極層が、圧電スタック(図示せず)内に含まれてよい。

#### 【0048】

さらに図5を参照すると、送受信機回路510は、送受信機回路510に関連付けられた3つの入力/出力の端子またはポートと3ポートPMUTに関連付けられた3つの電極412、413および414とを経由して圧電超音波トランスデューサ400と電気的に結合されてよい。図示の実装形態では、第1の端子またはポートは下部(基準)電極412と電気的に結合され、第2の端子またはポートは内部(送信)電極413と電気的に結合され、第3の端子またはポートは外部(受信)電極414と電気的に結合される。

#### 【0049】

図示の配置では、外部電極414の近傍にある圧電層415の部分は、PMUTダイアフラムの振動中に、内部電極413の近傍にある圧電層415の部分と比較して、反対の機械的応力状態にあることに留意されたい。より詳細には、図5に示される瞬間において、外部電極414の近傍にある圧電層415の部分は圧縮状態にある一方で、内部電極413の近傍にある圧電層415の部分は引張状態にある。したがって、この配置は、ダイアフラムの外部領域と比較して、ダイアフラムの内部領域上の異なる機械的ひずみ方向を使用して、送信機および受信機の効率を改善することができる。たとえば、PMUT空洞420が円形である場合、PMUT空洞420の上に配置されたダイアフラム440の一部(ダイアフラム440の「懸架部」)に対して、屈曲域は空洞半径の約60~70%において存在し、すなわち、圧電層スタック410の同一面(たとえば、上部または下部)上の応力方向は、屈曲域の両側において反対方向になる。屈曲域の概略位置が図5の破線416によって示され、内部電極413および外部電極414が屈曲域の両側に示されている。

#### 【0050】

送信機および受信機の効率を最大化するために、常識的な応力(たとえば、引張または圧縮のいずれか)を有する、懸架部上の最大可能領域をカバーすることが望ましい。したがって、送信機および受信機の効率は、内部電極413の外周および外部電極414の内周を屈曲域の近くに置くことによって改善され得る。矩形または正方形のダイアフラムなど、他の形状に対して、同様の手法が電極形状を最適化するために適用されてよい。外部電極414の外部エッジは、空洞420の周辺と実質的にそろえられてよく、または(図示のように)空洞420の壁を超えて延びてもよい。

#### 【0051】

10

20

30

40

50



P M U T ダイアフラムは、ダイアフラムが空洞 4 2 0 の上に伸びることを可能にするアンカー構造 4 7 0 によって支持されてよい。ダイアフラムは、P M U T が超音波信号を受信または送信するときに、たわみ運動を受けることができる。P M U T ダイアフラムは、超音波信号を受信または送信するときに、第 1 のたわみモードで動作することができる。いくつかの実装形態では、第 1 のたわみモードで動作するとき、内部および外部の電極は、それぞれ、引張応力および圧縮応力の交互の期間を含む第 1 および第 2 の振動負荷サイクルを経験することがある。第 1 の振動負荷サイクルと第 2 の振動負荷サイクルは、位相がずれていてもよく、すなわち、図 5 に示すように、屈曲域のそれぞれの側において、一方が引張である一方で他方が圧縮である。第 1 の振動負荷サイクルと第 2 の振動負荷サイクルは、約 1 8 0 ° 位相がずれていてもよい。以下の図 8 ( 詳細 A )、図 9 ( 詳細 D )、図 1 0、図 1 1 A ~ 図 1 1 C、図 1 3 A ~ 図 1 3 D および図 1 4 A ~ 図 1 4 C に示す実装形態など、他の実装形態では、第 1 の振動負荷サイクルと第 2 の振動負荷サイクルは、ほぼ同相であってよい。

10

20

30

40

50

#### 【 0 0 5 2 】

本開示の技法は、T x 電極と R x 電極との間に物理的および電気的分離を提供するので、送信電極が超音波信号を放出している間に、受信電極が超音波信号を受信するように動作可能であり得る。図 6 は、いくつかの実装形態による、3 ポート P M U T に対する送信および受信の電圧信号のプロットを、時間の関数として示す。本開示の技法の利点は、図 6 と図 3 とを比較することによって、よりよく理解され得る。図 3 に示す時間的に分離された送信モードおよび受信モードとは違って、本発明は、電圧信号の実質的な同時送受信を可能にする。その結果、第 1 のエコーが、どれほど時間的に密接にして第 1 のトーンバースト ( T B ) 信号に後続するかにかかわらず、大きいエコー ( たとえば、第 1 のエコー ) が検出され得る。いくつかの実装形態では、指など、撮像されている物体からの超音波の反射は、トーンバースト信号と実質的に重複してよく、受信信号包絡線 6 1 0 によって示されるように、P M U T センサレイの表面上の指紋の隆線または指紋の谷の存在によって変化する音響エネルギーの集積が可能になる。P M U T センサレイを用いて R x 信号を取り込んで隆線と谷との間の信号の振幅の差を決定することで、指紋の超音波画像に対する画像情報を取得することが可能になる。図 6 に示すように、P M U T センサレイを用いて複数回、送信電極を作動させ、帰還信号を受信することによって、画像情報の複数のセットが取得され得る。

#### 【 0 0 5 3 】

本開示の技法のさらなる利点は、2 ポート P M U T と比較して、3 ポート P M U T 送受信機は、送信電極および受信電極の下に置かれ、接地電位などの基準電圧に接続された単一の下部電極を有することができることである。下部電極を接地すること、またはさもないければ下部電極を低インピーダンス電圧源に接続することで、送受信機回路の送信部と受信部との間の電気的クロストークの低減、および / または隣接する P M U T センサ要素間のクロストークの低減が可能になる。同じポートが送信と受信の両機能のために使用される 2 ポート P M U T 設計の場合、送信機の電子機器からの寄生容量が、受信された信号強度を十分の一以下に低下させることがある。本開示の 3 ポート P M U T は、本質的に、送信機を受信機から分離し、それによって信号を分離する必要性を低減し、関連する寄生容量による損失を最小化する。3 ポート P M U T 構成は、送信機が、一般に高い寄生損失を有するより高い電圧回路に接続されながら、受信電極に対して低い寄生容量のピクセル読み出し方式の使用を可能にするので、上記が可能になる。したがって、受信機効率は、3 ポート P M U T 構成によって大幅に改善され得る。

#### 【 0 0 5 4 】

その上、2 ポート P M U T 内のポートは、直接、接地に接続されるのではなく、スイッチを介して接地に接続されるので、電気的クロストークが性能に影響を与えることがある。本開示の 3 ポート P M U T は、一部には、下部電極が十分に接地され得るのでこの問題を回避できる。その結果、送信または受信のいずれかの間に、いかなるクロストーク信号も、隣接するピクセルに影響を与えるのではなく、接地に吸収され得る。

## 【 0 0 5 5 】

再び図 5 を参照すると、図示の実装形態では、機械層 4 3 0 が、空洞 4 2 0 と圧電層 4 1 5 との間に配置されている。そのような配置は、「ボトムメック ( b o t t o m m e c h ) 」配置と呼ばれることがある。

## 【 0 0 5 6 】

図 7 は、いくつかの実装形態による、3 ポート P M U T の別の配置を示す。図示の実装形態では、3 ポート P M U T 7 0 0 は、圧電層 4 1 5 が空洞 4 2 0 と機械層 7 3 0 との間に配置される、「トップメック ( t o p m e c h ) 」配置で構成される。

## 【 0 0 5 7 】

本開示の技法は、上記で説明したように、実質的に円形のダイアフラムを用いて実装されてよい。いくつかの代替構成もまた意図される。図 8 は、いくつかの実装形態による、3 ポート P M U T に対する長い矩形ダイアフラムの例示的な構成を示す。図示の実装形態 (それは、長い矩形プレートまたは「リボン構成」と呼ばれることがある) では、ダイアフラム 8 0 0 の長手寸法  $L$  は、幅寸法  $W$  より少なくとも 2 倍以上長い。「長い」矩形プレートまたはダイアフラムは、少なくとも幅の 2 倍の長さを有するダイアフラムとして定義されてよい。長い矩形ダイアフラムによって、電極の形状はまた、より長い側部を有する矩形になり、ダイアフラムのより短い側部に沿った電極の設置および形状に関する懸念が小さくなる。ダイアフラム 8 0 0 は、たとえば、長手寸法  $L$  の両端の近傍に示すように配置された別々のアンカー構造 8 7 0 によって支持されてよい。その結果、図 B - B および図 C - C に示すように、ダイアフラム 8 0 0 のたわみ運動が、超音波または超音波信号の送信および受信中に発生し得る。送信電極 8 1 3 (  $T_x$  ) および受信電極 8 1 4 (  $R_x$  ) は、様々な配置においてダイアフラム 8 0 0 上に配置されてよく、様々な配置のいくつかは、詳細 A、詳細 B および詳細 C における例として示されている。より詳細には、詳細 A に見られるように、いくつかの実装形態では、送信電極 8 1 3 および受信電極 8 1 4 は、ほぼ等しい寸法であってよく、ダイアフラム 8 0 0 に対して対称的に配置されてよい。詳細 B に見られるように、他の実装形態では、送信電極 8 1 3 および受信電極 8 1 4 は、実質的に異なる寸法であってよく、ダイアフラム 8 0 0 に対して対称的に配置されてよい。最後に、詳細 C に見られるように、送信電極 8 1 3 および受信電極 8 1 4 の非対称的配置が企図されてもよい。詳細 A、B および C に示す構成は、特に  $T_x$  または  $R_x$  とラベル付けられた電極を有するが、本開示を通して図 8 における一般性を失うことなく、 $T_x$  と印された電極が受信電極としての役目を果たしてもよく、 $R_x$  と印された電極が送信電極としての役目を果たしてもよい。図示のダイアフラムの幾何形状はまた、一般性を失うことなく、正方形であってよく、または 2 : 1 未満の  $L : W$  の比を有してもよい。送信電極および受信電極への電氣的接続 (たとえば、電気配線) およびそれらの電極に対する電気接点は、明快のために添付の図面に示していない。

## 【 0 0 5 8 】

図 9 は、いくつかの実装形態による、3 ポート P M U T に対する矩形ダイアフラムのさらなる例示的な構成を示す。図示の長い矩形プレート構成では、ダイアフラム 9 0 0 は、たとえば図示のように、ダイアフラム 9 0 0 の周辺エッジに近接して配置された周辺アンカー構造 9 7 0 によって 4 辺すべての上で支持されてよい。その結果、図 D - D および図 E - E に示すように、ダイアフラム 9 0 0 のたわみ運動は、超音波または超音波信号の送信および受信中に発生し得る。送信電極 9 1 3 (  $T_x$  ) および受信電極 9 1 4 (  $R_x$  ) は、様々な配置においてダイアフラム 9 0 0 上に配置されてよく、様々な配置のいくつかは、詳細 D、詳細 E および詳細 F における例として示されている。より詳細には、詳細 D に見られるように、いくつかの実装形態では、送信電極 9 1 3 および受信電極 9 1 4 は、ほぼ等しい寸法であってよく、ダイアフラム 9 0 0 に対して対称的に配置されてよい。詳細 E に見られるように、他の実装形態では、送信電極 9 1 3 および受信電極 9 1 4 は、実質的に異なる寸法であってよく、ダイアフラム 9 0 0 に対して対称的に配置されてよい。最後に、詳細 F に見られるように、送信電極 9 1 3 および受信電極 9 1 4 の非対称的配置が企図されてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 9 】

図 1 0 は、いくつかの実装形態による、3 ポート P M U T に対する矩形ダイアフラムの別のさらなる例示的な構成を示す。図示の実装形態（それは、「マッシュルーム構成」と呼ばれることがある）では、ダイアフラム 1 0 0 0 は、中央に配置されたアンカー構造 1 0 7 0 によって支持されてよい。その結果、図 F - F および図 G - G に示すように、ダイアフラム 1 0 0 0 のたわみ運動は、超音波の送信および受信中に発生し得る。送信電極 1 0 1 3 ( T x ) および受信電極 1 0 1 4 ( R x ) は、様々な配置においてダイアフラム 1 0 0 0 上に配置されてよく、様々な配置のいくつかは、詳細 G、詳細 H および詳細 J における例として示されている。より詳細には、詳細 G に見られるように、いくつかの実装形態では、送信電極 1 0 1 3 および受信電極 1 0 1 4 は、ほぼ等しい寸法であってよく、ダイアフラム 1 0 0 0 に対して対称的に配置されてよい。詳細 H に見られるように、他の実装形態では、送信電極 1 0 1 3 および受信電極 1 0 1 4 は、実質的に異なる寸法であってよく、ダイアフラム 1 0 0 0 に対して対称的に配置されてよい。最後に、詳細 J に見られるように、送信電極 1 0 1 3 および受信電極 1 0 1 4 の非対称的配置が企図されてもよい。

10

## 【 0 0 6 0 】

図 1 1 は、様々な実装形態による、3 ポート P M U T に対する円形ダイアフラムのさらなる例示的な構成を示す。詳細 K、詳細 L および詳細 M に示すマッシュルーム構成の例の各々では、円形ダイアフラム 1 1 0 0 は、中心に配置されたアンカー構造 1 1 7 0 によって支持されている。その結果、図 H - H に示すように、ダイアフラム 1 1 0 0 のたわみ運動は、超音波の送信および受信中に発生し得る。送信電極 1 1 1 3 ( T x ) および受信電極 1 1 1 4 ( R x ) は、様々な配置においてダイアフラム 1 1 0 0 上に配置されてよい。より詳細には、詳細 K および詳細 L に見られるように、いくつかの実装形態では、送信電極 1 1 1 3 および受信電極 1 1 1 4 は、ほぼ等しい寸法であってよい。詳細 M に見られるように、他の実装形態では、送信電極 1 1 1 3 および受信電極 1 1 1 4 は、実質的に異なる寸法であってよい。

20

## 【 0 0 6 1 】

図 1 2 は、いくつかの実装形態による、P M U T センサを動作させるための方法の一例を示す。上記で説明したように、P M U T センサは空洞の上に配置されたダイアフラムを含んでよく、ダイアフラムは圧電層を含む圧電層スタック、第 1 の電極、第 2 の電極、および基準電極を含み、第 1 の電極、第 2 の電極、および基準電極の各々は送受信機回路と電気的に結合される。図示の実装形態では、方法 1 2 0 0 は、送受信機回路からの信号に応答して第 1 の時間期間の間に、第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信するためのステップ 1 2 1 0 を含む。

30

## 【 0 0 6 2 】

方法は進んで、ステップ 1 2 2 0 において、第 2 の時間期間の間に、第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信する。有利なことに、第 1 の時間期間および第 2 の時間期間は、少なくとも部分的に重複する。いくつかの実装形態では、P M U T は、第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信することと、第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成されてよい。

40

## 【 0 0 6 3 】

図 1 3 A ~ 図 1 3 D は、いくつかの実装形態による、円形ダイアフラムおよび様々な電極構成を有する 3 ポート P M U T の平面図を示す。図 1 3 A の 3 ポート P M U T 1 3 0 0 a は、P M U T ダイアフラムの内部領域に置かれた送信電極 1 3 1 3 ( T x ) および受信電極 1 3 1 4 ( R x ) を有する。送信電極 1 3 1 3 および受信電極 1 3 1 4 は、ともに屈曲域内部に位置し、それゆえ、両電極は、ダイアフラムが超音波を放射するかまたは超音波を受信するかのいずれかのために振動するとき、同じ符号の曲げ応力（引張または圧縮）を経験する。下部基準電極 1 3 1 2 が、送受信機回路への接続のための接続電気配線および接点を有する上部送信電極 1 3 1 3 および受信電極 1 3 1 4 とともに示されている。P M U T ダイアフラムが、空洞 1 3 2 0 の上に延びている。3 ポート P M U T 1 3 0 0 a

50

が、PMUTダイアフラムの内部領域（屈曲域内部）において対称的な送信電極および受信電極を示す一方で、図13Bの3ポートPMUT1300bは、屈曲域内部に、より大きい送信電極およびより小さい受信電極を有する非対称的な送信電極および受信電極を示す。より小さい受信電極は、受信側において十分な受信信号レベルを依然として保持しながら、より大きい送信電極に対するより大きい面積（たとえば、同じ寸法のダイアフラムおよび同じ作動電圧に対して、より大きい音響送信出力）を可能にするために有用であり得る。

#### 【0064】

図13Cの3ポートPMUT1300cは、PMUTダイアフラムの外部領域内に置かれた、対称的な送信電極1313（Tx）および受信電極1314（Rx）を有し、送信電極と受信電極の両方は、屈曲域の外側に置かれ、それゆえ、ダイアフラムが振動するときに同じ符号の曲げ応力（圧縮および引張）を経験する。PMUTダイアフラムの外側部分内の非対称的な送信電極および受信電極の配置が企図されてきた。図13Dの3ポートPMUT1300dは、ダイアフラムの外部領域内の非対称的配置の送信電極1313b（Tx-）および受信電極1314（Rx-）と、ダイアフラムの内部領域内に置かれた追加の送信電極1313a（Tx+）とを示す。PMUTダイアフラムの内部領域内に1つの送信電極と外部領域内に1つの送信電極とを有するデュアル送信電極は、以下でより詳細に説明するように、差動的に駆動されるときにより大きい音響出力の生成を可能にする。一般に、送信電極および受信電極の対称的または非対称的配置は、屈曲域の内側または外側にある送信電極および/または受信電極に適用されてよい。

10

20

#### 【0065】

図14A～図14Dは、いくつかの実装形態による、様々な電極構成とダイアフラムを通して配置された中央放出穴1428とを有する円形ダイアフラムを有する3ポートPMUTの平面図を示す。中央放出穴1428は、空洞1420を形成して空洞領域の上でPMUTダイアフラムを懸架するために犠牲材料（図示せず）の除去を可能にするように、PMUTダイアフラムを通して形成されてよい。3ポートPMUT1400aは、基準電極1412とともに対称的な送信電極1413（Tx+）および受信電極1414（Rx+）を有し、送信電極と受信電極の両方は、屈曲域内部のダイアフラムの内側部分内に置かれる。3ポートPMUT1400bは、屈曲域の同一面上に位置する非対称的な送信電極1413（Tx+）および受信電極1414（Rx+）を有する。3ポートPMUT1400cは、PMUTダイアフラムの外部領域内で屈曲域の外側に置かれた対称的な送信電極1413（Tx-）および受信電極1414（Rx-）を示す。3ポートPMUT1400dは、プッシュプル送信電極1413a（Tx+）および1413b（Tx-）ならびに単一の受信電極1414（Rx-）を有する配置を示す。送信電極1413aが屈曲域の内部にある一方で、送信電極1413bおよび受信電極1414は屈曲域の外側にある。対称的または非対称的な配置の送信電極および受信電極を有する3ポートPMUTは、屈曲域の内部または外部にあり、中央放出穴を有するかまたは有さず、円形、正方形、矩形もしくは長い矩形のダイアフラムを有する、1つまたは複数の送信電極および/または受信電極に適用されてよい。

30

#### 【0066】

図15は、いくつかの実装形態による、少なくとも1つの専用受信電極を有するPMUTセンサを動作させるための方法1500のブロック図を示す。ブロック1510に示すように、差分プッシュプル送信電圧信号は、屈曲域の反対側に置かれたPMUT送信電極に適用されてよい。ブロック1520に示すように、PMUTダイアフラムの振動は、1つまたは複数の超音波を放出することができる。ブロック1530に示すように、遠くまたは近くの物体から反射した超音波は、1つまたは複数の専用PMUT受信電極によって検出され得る。ブロック1540に示すように、受信信号は、たとえば、超音波画像を生成するため、ジェスチャを検出するため、スタイラスチップの位置を決定するため、または超音波指紋センサなど、生体センサとして使用されるときにユーザを認証するために処理されてよい。

40

50

## 【0067】

図16は、いくつかの実装形態による、少なくとも1つの専用受信電極を有する3ポートPMUTの送受信機回路1610および様々な構成の概略図を示す。送受信機回路1610は、超音波を生成するためおよび超音波信号を受信するための制御ユニット1620を含んでよい。制御ユニット1620からの信号は、適用できる場合、3ポートPMUTの正の送信電極( $Tx+$ )および負の送信電極( $Tx-$ )に適用され得るプッシュプル送信信号を供給するために、送信機駆動回路1622を用いて増幅、バッファ、またはさもなければ、調整されてよい。PMUTの基準電極は、制御ユニット1620から基準レベル信号を受信し得る基準レベル駆動回路1628を介して基準電圧レベル(接地など)に接続されてよい。PMUT上の1つまたは複数の受信電極からの受信信号は、受信機回路1632を用いて増幅、バッファ、またはさもなければ調整されてよく、信号処理ユニット1630によって処理される前にアナログデジタル(A/D)変換器1634を介してデジタル信号に変換されてよい。処理された信号は、モバイルデバイスのアプリケーションプロセッサを用いることなどで、さらに処理するために1つまたは複数のデジタル出力線1640に供給されてよい。詳細Pは、送受信機回路1610に接続され得る基準電極(Ref)とともに、中央送信電極( $Tx+$ )および外部受信電極( $Rx-$ )を有する3ポートPMUTの断面図を示す。詳細Qは、プッシュプル送信電極( $Tx+$ および $Tx-$ )と単一の専用受信電極( $Rx-$ )とを有する3ポートPMUTを示す。詳細Rは、単一の送信電極( $Tx+$ )と差分受信電極( $Rx+$ および $Rx-$ )のペアとを有する3ポートPMUTの断面図を示す。差分受信電極は、取得可能な出力信号のレベルを高め、両受信電極に共通の温度変動またはノイズ信号など、何らかの共通モード効果を相殺するために、屈曲域の両側に置かれてよい。詳細Sは、送信電極の差分ペア( $Tx+$ および $Tx-$ )と受信電極の差分ペア( $Rx+$ および $Rx-$ )とを有する3ポートPMUTの断面図を示す。

## 【0068】

図17は、いくつかの実装形態による、少なくとも1つの専用受信電極を有する3ポートPMUTに対するプッシュプル送信信号1720、1722および例示的な受信信号1730のプロットを、時間の関数として示す。送信モードで動作するとき、差分送信信号1720および1722のペアは、好適に構成された3ポートPMUT上の送信電極の差分ペアに適用されてよい。反射信号は、超音波の放射直後に発生し、受信信号包絡線1732内の例示的な受信信号1730は、受信モードの間に検出され、処理され得る。いくつかの実装形態では、ピーク検出器(図示せず)は、超音波が放射された後、所定の取得時間遅れ(たとえば、レンジゲート遅延またはRGD)において超音波信号を取得するために使用されてよい。ピーク検出器は、比較的狭い取得時間窓(たとえば、レンジゲート窓またはRGW)を使用することによって比較的短い期間の時間(超音波の一周期未満)にわたって信号を取得することができる。このプロセスは、必要に応じて各PMUTに対して繰り返されてよい。たとえば、指紋画像は、送信モードで動作するPMUTのアレイから1つまたは複数の平面波を放射することによって取得されてよく、次いで、画像の各フレームに対して受信モードで動作するPMUTのアレイを用いて反射された超音波信号が取り込まれる。

## 【0069】

図18は、いくつかの実装形態による、1つまたは複数の切替可能な受信電極を有するPMUTセンサを動作させるための方法1800のブロック図を示す。ブロック1810に示すように、差分プッシュプル送信電圧信号は、PMUT送信電極に印加されてよい。ブロック1820に示すように、PMUTダイアフラムの振動は、1つまたは複数の超音波を放出することができる。ブロック1830に示すように、1つまたは複数の送信電極/受信電極は、少なくとも1つの送信電極によって超音波の放射を継続しながら、送信モードから受信モードに切り替えられ得る。ブロック1840に示すように、物体から反射した超音波は、切り替えられたPMUT送信電極/受信電極によって検出され得る。受信信号は、ブロック1850に示すように処理されてよい。

10

20

30

40

50

## 【0070】

図19は、いくつかの実装形態による、少なくとも1つの切替可能な送信電極/受信電極を有する3ポートPMUTの送受信機回路1910および様々な構成の概略図を示す。送受信機回路1910は、超音波を生成するためおよび超音波信号を受信するための制御ユニット1920を含んでよい。制御ユニット1920からの信号は、適用できる場合、3ポートPMUTの正の送信電極( $Tx+$ )および負の送信電極( $Tx-$ )に適用され得るプッシュプル送信信号を供給するために、送信機駆動回路1922によって増幅、バッファ、またはさもなければ調整されてよい。代替として、制御ユニット1920からの信号は、送信モードの間にプッシュプル送信信号を1つまたは複数の送信電極/受信電極に供給するため、および受信モードに切り替えられたときに1つまたは複数の送信電極/受信電極が受信電極としての役目を果たすことを可能にするために、トライステートバッファ1926または他の適切なスイッチング回路を有する送信機駆動回路1924を用いて増幅、バッファ、またはさもなければ調整されてよい。PMUTの基準電極は、基準レベル駆動回路1928を介して基準電圧レベル(接地など)に接続されてよい。受信信号は、受信機回路1932を用いて増幅、バッファ、またはさもなければ調整されてよく、信号処理ユニット1930によって処理される前にアナログデジタル変換器(A/D)1934を介してデジタル信号に変換されてよい。処理された信号は、モバイルデバイスのアプリケーションプロセッサを用いることなどで、さらに処理するために1つまたは複数のデジタル出力線1940に供給されてよい。詳細Tは、送受信機回路1910に接続され得る基準電極(Ref)とともに、中央送信電極( $Tx+$ )および切替可能な外部送信電極/受信電極( $Tx-/Rx-$ )を有する3ポートPMUTの断面図を示す。内部電極、外部電極のいずれかまたは両方が、送信モードから受信モードに切り替えられてよいことに留意されたい。詳細Uは、送信電極の差分ペア( $Tx+$ および $Tx-$ )および受信電極の差分ペア( $Rx+$ および $Rx-$ )を有する3ポートPMUTの断面図を示し、送信電極または受信電極のうちの1つまたは複数の送信モードと受信モードとの間で切替可能である。

10

20

## 【0071】

図20は、いくつかの実装形態による、少なくとも1つの切替可能な送信電極/受信電極を有する3ポートPMUTに対するプッシュプル送信信号2020、2022および例示的な受信信号2030のプロットを、時間の関数として示す。送信モードで動作するとき、差分送信信号2020および2022のペアは、好適に構成された3ポートPMUT上の送信電極の差分ペアに適用されてよい。反射信号は、超音波の放射直後に発生し、受信信号包絡線2032内の例示的な受信信号2030は、受信モードの間に検出され、処理され得る。このプロセスは、必要に応じてPMUT、PMUTアレイまたはPMUTアレイの一部の各々に対して繰り返されてよい。3ポートPMUTは、屈曲域の内部または外部にあり、中央放出穴を有するかまたは有さず、円形、正方形、矩形もしくは長い矩形のダイアフラムを有する、対称的または非対称的配置の送信電極および受信電極を有する1つまたは複数の専用のまたは切り替えの送信電極/受信電極を用いて、多様なアンカー構造を使用して構成されてよい。

30

## 【0072】

したがって、接地(基準)電極を有し、第1の電極を経由して第1の超音波信号を送信することと、第2の電極を経由して第2の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成された3ポートPMUTを開示してきた。いくつかの代替の構成および製作技法が企図されてよいことが理解されよう。たとえば、図4B、図8、図9、図10、図11A~図11C、図13A~図13D、図14A~図14D、および本開示の他の場所を参照しながら説明した電極配置は、圧電層スタックの下に機械層を有するPMUT構成とともに、すなわち、圧電層スタックと空洞との間の機械層(たとえば、図4A)とともに、または圧電層スタックの上に機械層を有するPMUT構成とともに、すなわち、機械層と空洞との間の圧電層スタック(たとえば、図7)とともに、使用されてよい。いくつかの実装形態では、圧電層スタックは、アンカー構造の上に形成されてよい。圧電層スタックは

40

50

、窒化アルミニウム ( A l N )、酸化亜鉛 ( Z n O )、ジルコン酸チタン酸鉛 ( P Z T )、または他の適切な圧電材料などの圧電層を含み得、1つまたは複数の電極層が圧電層に電氣的に結合される。圧電層スタックは、ビア、放出穴および他の特徴部を形成するためにパターン化され、エッチングされてよい。機械層は、S i O<sub>2</sub>、S i O N、窒化ケイ素 ( S i N )、他の誘電体材料、または誘電体材料もしくは誘電層の組合せを含んでよい。いくつかの実装形態では、単一の A l N または P Z T の層が、送信電極と受信電極の両方に結合するための圧電層として使用されてよい。いくつかの実装形態では、同じダイアフラム内で、A l N 層が送信電極とともに使用され、P Z T 層が受信電極とともに使用されてよい。いくつかの実装形態では、同じダイアフラム内で、P Z T 層が送信電極とともに使用され、A l N 層が受信電極とともに使用されてよい。いくつかの実装形態では、P Z T の圧電層および A l N の圧電層は実質的に同一平面上にあってよく、すなわち、多層 P M U T ダイアフラムの同一の表面の上またはその下に形成されてよい。いくつかの実装形態では、同じかまたは異なる圧電材料である圧電層の2層スタックが、上記で説明した3ポート P M U T を形成するために使用されてよい。たとえば、P Z T の第1の層が1つまたは複数の送信電極とともに使用されてよく、A l N の第2の層が1つまたは複数の受信電極とともに使用されてよい。送信および受信の圧電層は、積層構成においてどちらの上であってもよく、他の実装形態では、送信および受信の圧電層は、同じダイアフラムの上または中で互いに並んでいてもよい。基準電極は、1つまたは複数の関連する送信電極または受信電極に共通であってもよい。1つまたは複数の機械層および/または電極層は、様々な圧電層の上、下、または間に置かれてもよい。

#### 【0073】

本明細書で使用する時、項目のリスト「のうちの少なくとも1つ」を指す句は、単一のメンバーを含む、それらの項目の任意の組合せを指す。一例として、「a、b、またはcのうちの少なくとも1つ」は、a、b、c、a - b、a - c、b - c、および a - b - c を包含するものである。

#### 【0074】

本明細書で開示された実装形態に関連して説明した様々な例示的なロジック、論理ブロック、モジュール、回路、およびアルゴリズムプロセスは、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェア、または両方の組合せとして実装され得る。ハードウェアとソフトウェアの互換性は、概して機能の観点から記載され、上述された様々な例示的な構成要素、ブロック、モジュール、回路、およびプロセスにおいて例示されている。そのような機能がハードウェアまたはソフトウェアのどちらで実装されるのかは、システム全体に課される特定の用途および設計制約に依存する。

#### 【0075】

本明細書で開示された態様に関連して説明した様々な例示的なロジック、論理ブロック、モジュール、および回路を実装するために使用されるハードウェアおよびデータ処理装置は、汎用シングルチッププロセッサもしくは汎用マルチチッププロセッサ、デジタル信号プロセッサ ( D S P )、特定用途向け集積回路 ( A S I C )、フィールドプログラマブルゲートアレイ ( F P G A ) もしくは他のプログラマブル論理デバイス、個別のゲートもしくはトランジスタ論理、個別のハードウェア構成要素、または、本明細書に記載の機能を実行するように構成されたそれらの任意の組合せで実装または実行され得る。汎用プロセッサは、マイクロプロセッサもしくは任意の従来のプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、または状態機械であり得る。プロセッサはまた、コンピューティングデバイスの組合せ、たとえば、D S P およびマイクロプロセッサの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、D S P コアと組み合わせた1つもしくは複数のマイクロプロセッサ、または任意の他のそのような構成として実装され得る。いくつかの実装形態では、特定のプロセスおよび方法は、所与の機能に特有の回路によって実行することができる。

#### 【0076】

1つまたは複数の態様では、説明した機能は、本明細書で開示された構造またはそれらの構造的等価物を含む、ハードウェア、デジタル電子回路、コンピュータソフトウェア、

ファームウェア、またはそれらの任意の組合せにおいて実装され得る。本明細書で説明した主題の実装形態はまた、データ処理装置の動作によって実行するため、またはデータ処理装置の動作を制御するためにコンピュータ記憶媒体上に符号化された、1つまたは複数のコンピュータプログラムとして、すなわち、コンピュータプログラム命令の1つまたは複数のモジュールとして実装され得る。

#### 【0077】

ソフトウェアにおいて実装される場合、機能は、非一時的媒体などのコンピュータ可読媒体上で1つまたは複数の命令またはコードとして記憶または伝送され得る。本明細書において開示された方法またはアルゴリズムのプロセスは、コンピュータ可読媒体上に存在することができるプロセッサ実行可能ソフトウェアモジュールにおいて実装することができる。コンピュータ可読媒体は、ある場所から別の場所にコンピュータプログラムを転送できるようにする任意の媒体を含む、コンピュータ記憶媒体と通信媒体との両方を含む。記憶媒体は、コンピュータによってアクセスされる場合がある任意の使用可能な媒体であってもよい。限定ではなく例として、そのような非一時的可読媒体は、RAM、ROM、EEPROM、CD-ROMもしくは他の光ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置もしくは他の磁気記憶デバイス、または、命令もしくはデータ構造の形式で所望のプログラムコードを記憶するために使用される場合があるとともに、コンピュータによってアクセスされる場合がある任意の他の媒体を含んでもよい。また、任意の接続はコンピュータ可読媒体と適切に呼ぶことができる。ディスク(disk)およびディスク(disc)は、本明細書で使用する時、コンパクトディスク(disc)(CD)、レーザーディスク(disc)、光ディスク(disc)、デジタル多用途ディスク(disc)(DVD)、フロッピーディスク(disk)、およびblue-rayディスク(disc)を含み、ディスク(disk)は通常、データを磁氣的に再生し、ディスク(disc)は、レーザーを用いてデータを光学的に再生する。上記の組合せは、コンピュータ可読媒体の範囲内に同じく含まれるものとする。さらに、方法またはアルゴリズムの動作は、コードおよび命令のうちの1つまたは任意の組合せまたはセットとして、コンピュータプログラム製品に組み込まれ得る機械可読媒体およびコンピュータ可読媒体上に存在し得る。

#### 【0078】

本開示で説明する実装形態に対する様々な変更形態が、当業者には容易に明らかになる場合があり、本明細書で規定された一般原理は、本開示の趣旨または範囲から逸脱することなく、他の実装形態に適用できる。したがって、特許請求の範囲は、本明細書で示されている実装形態に限定されることを意図するものではなく、本開示、本明細書で開示する原理および新規の特徴と一致する最も広い範囲を与えられるべきである。加えて、当業者が容易に理解するように、「より上」および「より下」、「上部」および「底部」、「前」および「後」、ならびに、「覆う」、「重なる」、「上」、「下方」、および「下にある」という用語は、時には図面の説明を容易にするために使用され、適切に向けられたページ上の図面の向きに対応する相対的な位置を示し、実装されたデバイスの適切な向きを反映しないことがある。

#### 【0079】

本明細書において別々の実装形態との関連で説明するいくつかの特徴はまた、単一の実装形態において組み合わせて実装され得る。逆に、単一の実装形態の文脈で説明される様々な特徴も、複数の実装形態において別々に、または任意の適切な副組合せにおいて実装され得る。さらに、特徴は、上記では特定の組合せで作用するものとして説明されており、さらには最初にそのようなものとして特許請求される場合があるが、特許請求される組合せからの1つまたは複数の特徴は、場合によっては、組合せから削除することができ、特許請求される組合せは、副組合せまたは副組合せの変形形態を対象とする場合がある。

#### 【0080】

同様に、動作は、特定の順序で図面に示されているが、これは、そのような動作が、示された特定の順序で、もしくは順番に実行されること、またはすべての図示の動作が所望の結果を達成するために実行されることを必要とするものとして理解されるべきではない



。さらに、図面は、フロー図の形態で1つまたは複数の例示的なプロセスを概略的に示すことがある。しかしながら、概略的に示されている例示的なプロセスには、図示されていない他の動作を組み込むことができる。たとえば、図示した動作のうちの任意の動作の前、後、任意の動作と同時に、またはこれらの動作の間に、1つまたは複数の追加の動作を実行することができる。特定の状況では、マルチタスキングおよび並列処理が有利である場合がある。さらに、上記の実装形態における様々なシステム構成要素の分割は、すべての実装形態においてそのように分割する必要があるものと理解すべきではなく、説明されるプログラム構成要素およびシステムは、一般に、単一のソフトウェア製品内にも統合することができるか、または複数のソフトウェア製品にパッケージ化することができることを理解されたい。さらに、他の実装形態も以下の特許請求の範囲内にある。場合によっては、特許請求の範囲に記載されているアクションは、異なる順序で実行され得るが、その場合でも望ましい結果を達成することができる。

10

# 【符号の説明】

## 【0081】

100	圧電超音波トランスデューサ	
110	圧電層スタック	
112	下部電極	
114	上部電極	
115	圧電層	
120	空洞	20
122	超音波圧力波	
124	伝搬媒体	
130	機械層	
160	半導体基板	
170	アンカー構造	
200a	超音波センサアレイ	
200b	超音波センサおよびディスプレイのアレイ	
200c	超音波センサおよびディスプレイのアレイ	
202	物体	
260	圧電微小機械超音波トランスデューサ(PMUT)センサアレイ基板	30
260a	センサアレイ基板	
260b	ディスプレイアレイ基板	
262	PMUTセンサ要素	
264	超音波	
265	音響結合媒体	
265a	音響結合媒体	
265b	音響結合媒体	
266	ディスプレイピクセル	
290a	プラテン	
290b	プラテン	40
290c	カバーレンズまたはカバーガラス	
400	PMUT	
410	圧電層スタック	
412	下部電極	
413	内部電極	
414	外部電極	
415	圧電層	
416	破線	
420	空洞	
422	エッチチャネル	50

4 2 4	放出穴	
4 2 6	プラグ	
4 3 0	機械層	
4 4 0	ダイアフラム	
4 7 0	アンカー構造	
5 1 0	送受信機回路	
7 0 0	P M U T	
7 3 0	機械層	
8 0 0	ダイアフラム	
8 1 3	送信電極	10
8 1 4	受信電極	
8 7 0	アンカー構造	
9 0 0	ダイアフラム	
9 1 3	送信電極	
9 1 4	受信電極	
9 7 0	アンカー構造	
1 0 0 0	ダイアフラム	
1 0 1 0	送受信機回路	
1 0 1 3	送信電極	
1 0 1 4	受信電極	20
1 0 7 0	アンカー構造	
1 1 0 0	円形ダイアフラム	
1 1 1 3	送信電極	
1 1 1 4	受信電極	
1 1 7 0	アンカー構造	
1 3 0 0 a	3ポートP M U T	
1 3 0 0 b	3ポートP M U T	
1 3 0 0 c	3ポートP M U T	
1 3 0 0 d	3ポートP M U T	
1 3 1 2	下部基準電極	30
1 3 1 3	上部送信電極	
1 3 1 4	受信電極	
1 3 2 0	空洞	
1 4 0 0 a	3ポートP M U T	
1 4 0 0 b	3ポートP M U T	
1 4 0 0 c	3ポートP M U T	
1 4 0 0 d	3ポートP M U T	
1 4 1 2	基準電極	
1 4 1 3	送信電極	
1 4 1 3 a	プッシュプル送信電極	40
1 4 1 3 b	プッシュプル送信電極	
1 4 1 4	受信電極	
1 4 2 0	空洞	
1 4 2 8	中央放出穴	
1 6 1 0	送受信機回路	
1 6 2 0	制御ユニット	
1 6 2 2	送信機駆動回路	
1 6 2 8	基準レベル駆動回路	
1 6 3 0	信号処理ユニット	
1 6 3 2	受信機回路	50

1 6 3 4	アナログデジタル ( A / D ) 変換器	
1 6 4 0	デジタル出力線	
1 7 2 0	プッシュプル送信信号	
1 7 2 2	プッシュプル送信信号	
1 7 3 0	受信信号	
1 7 3 2	受信信号包絡線	
1 9 1 0	送受信機回路	
1 9 2 0	制御ユニット	
1 9 2 2	送信機駆動回路	
1 9 2 4	送信機駆動回路	10
1 9 2 6	トリステートバッファ	
1 9 2 8	基準レベル駆動回路	
1 9 3 0	信号処理ユニット	
1 9 3 2	受信機回路	
1 9 3 4	アナログデジタル変換器 ( A / D )	
1 9 4 0	デジタル出力線	
2 0 2 0	プッシュプル送信信号	
2 0 2 2	プッシュプル送信信号	
2 0 3 0	受信信号	
2 0 3 2	受信信号包絡線	20

【図 1 A】

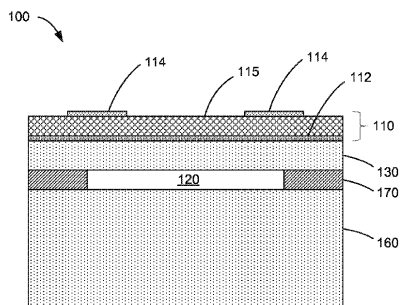


Figure 1A

【図 1 B】

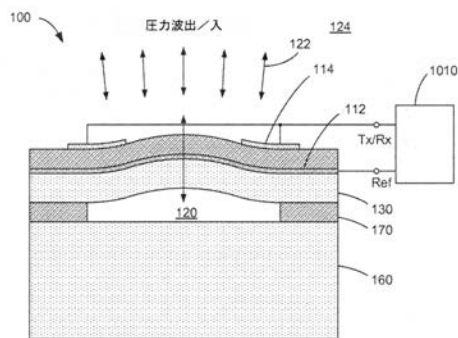


Figure 1B

【図 2 A】

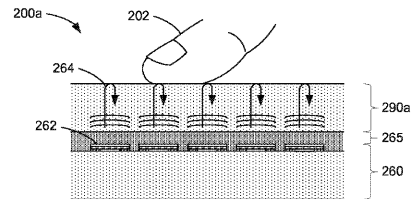


Figure 2A

【図 2 B】

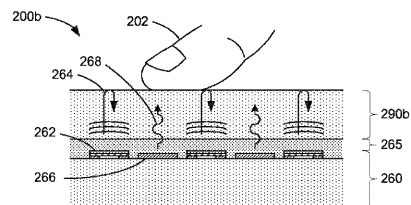


Figure 2B

【図 2 C】

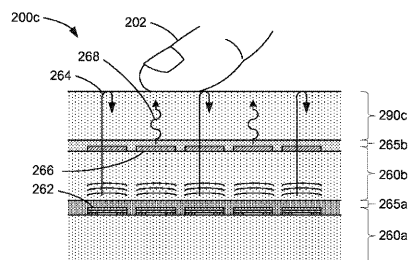


Figure 2C

【図 3】

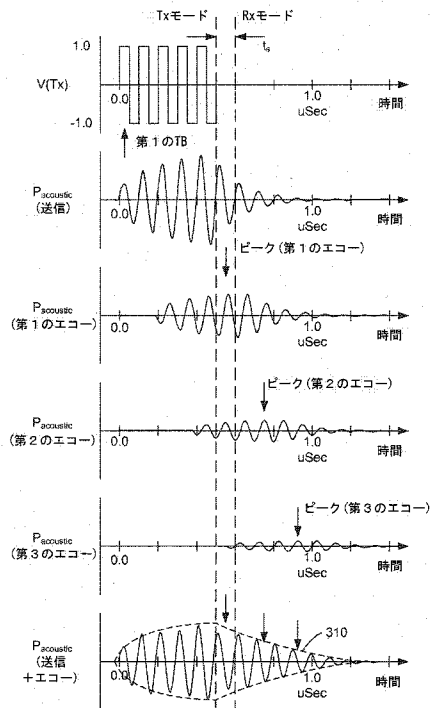


Figure 3

【図 4 A】

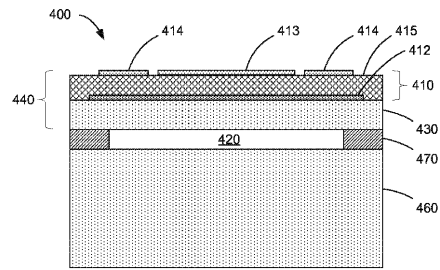
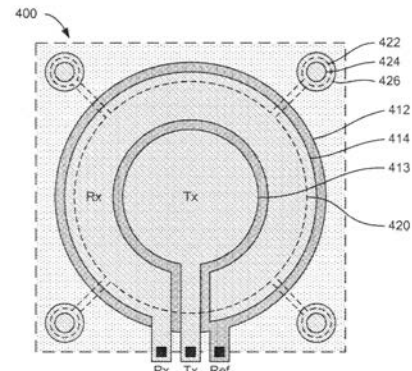


Figure 4A

【図 4 B】



ピクセル回路へ／  
ピクセル回路から

Figure 4B

【図 5】

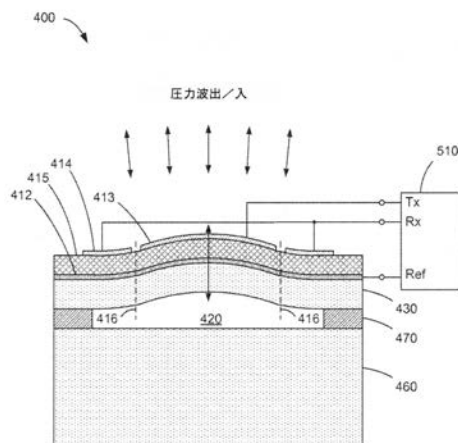


Figure 5

【図 6】

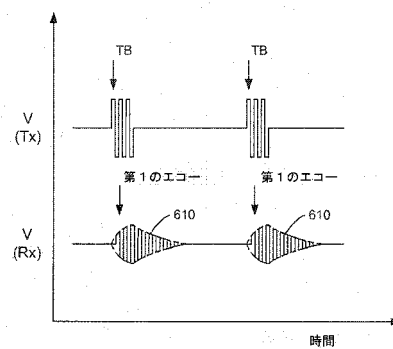


Figure 6

【図 7】

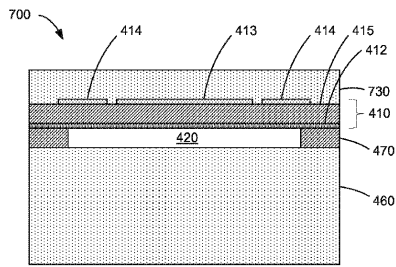


Figure 7

【図 8】

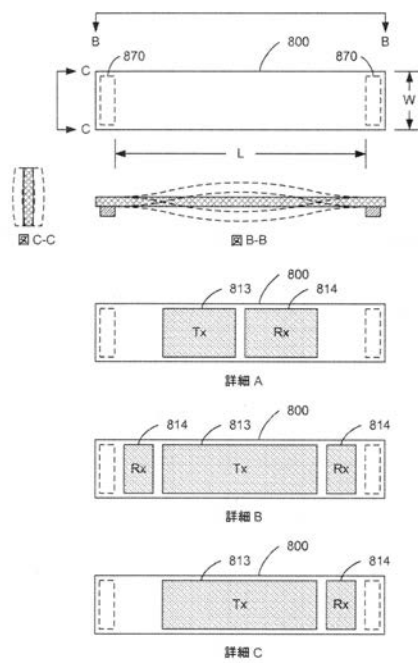


Figure 8

【図 9】

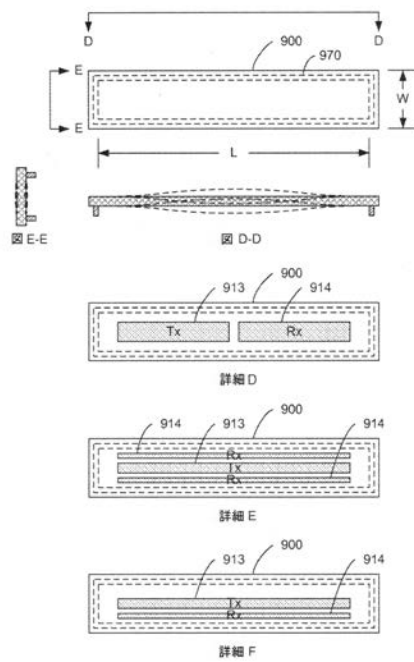


Figure 9

【図 10】

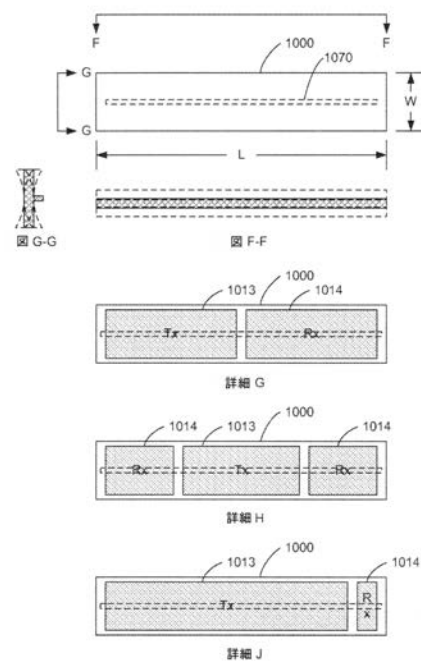
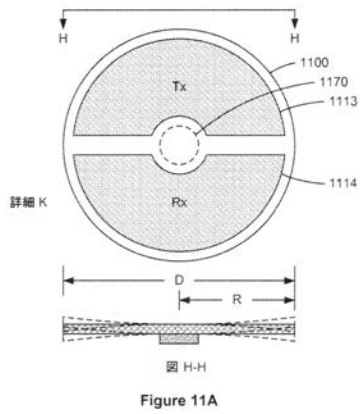
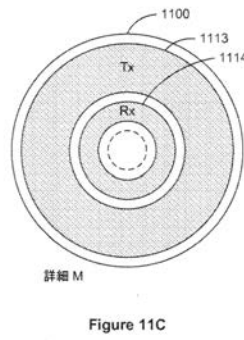


Figure 10

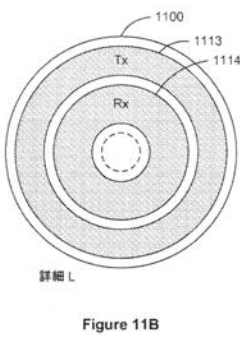
【図 1 1 A】



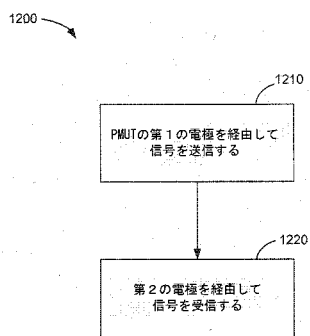
【図 1 1 C】



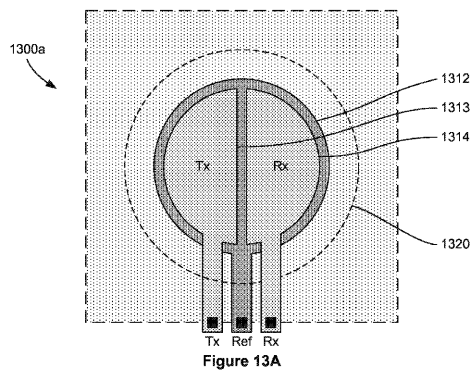
【図 1 1 B】



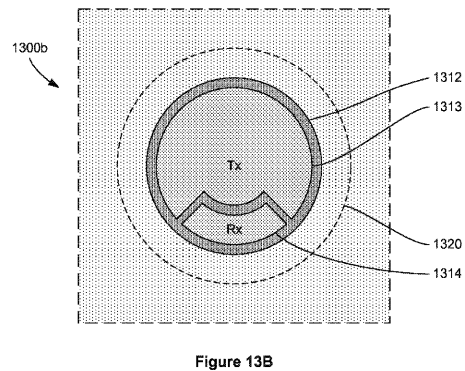
【図 1 2】



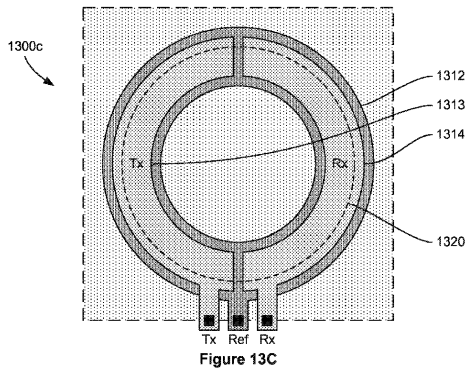
【図 1 3 A】



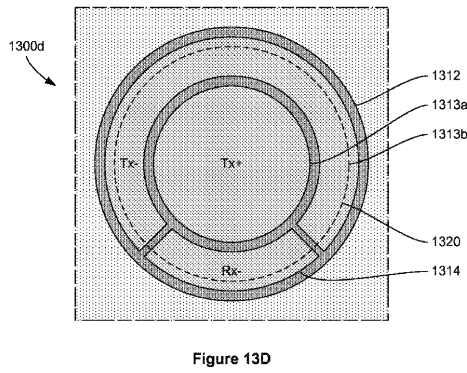
【図 1 3 B】



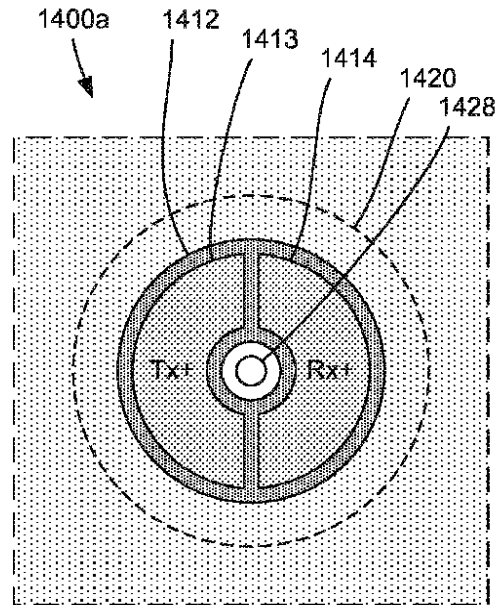
【図 13C】



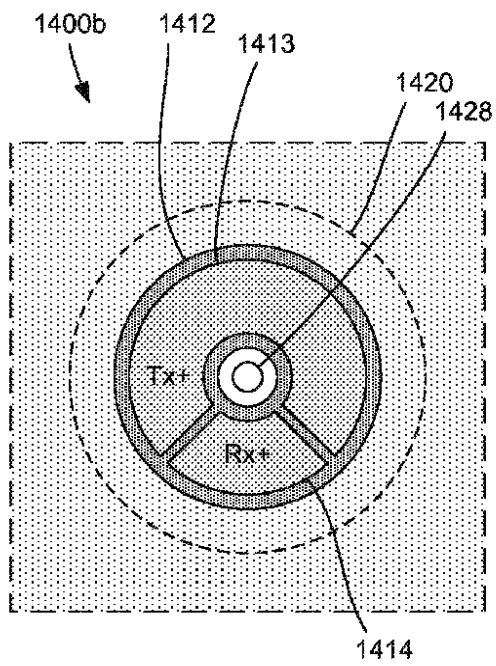
【図 13D】



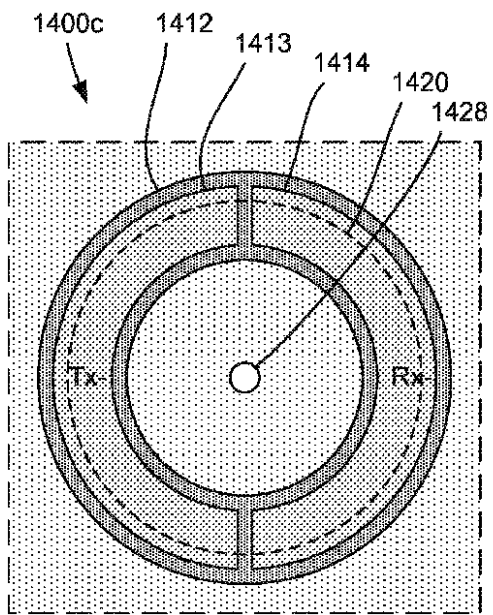
【図 14A】



【図 14B】



【図 14C】



【図14D】

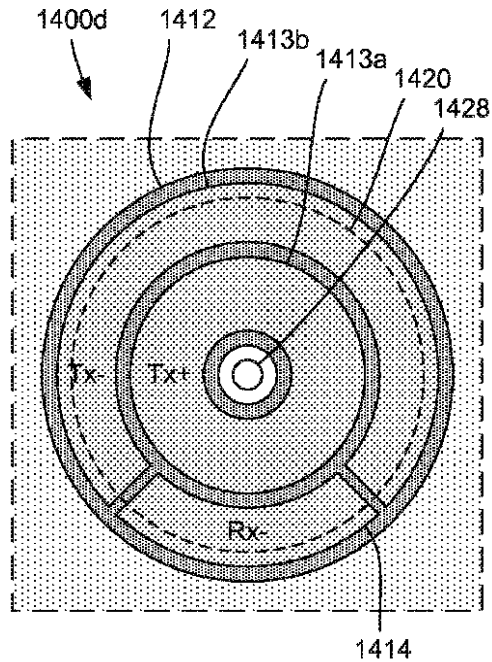


Figure 14D

【図15】

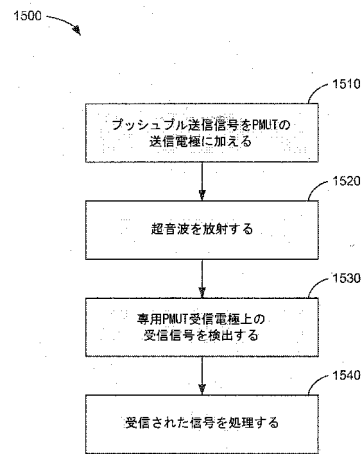


Figure 15

【図16】

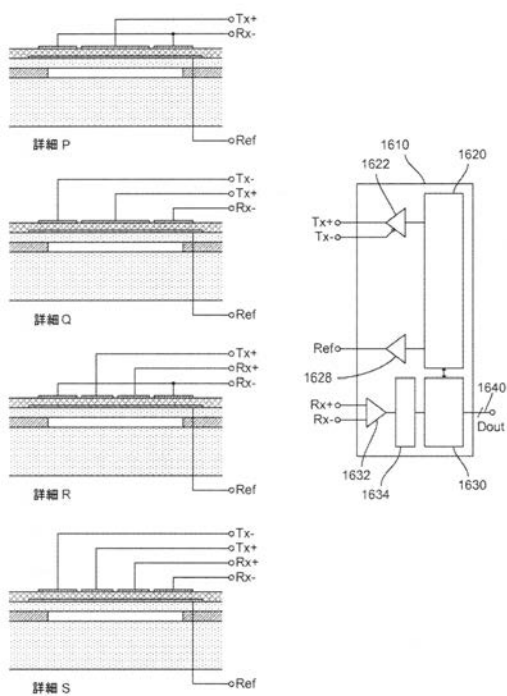


Figure 16

【図17】

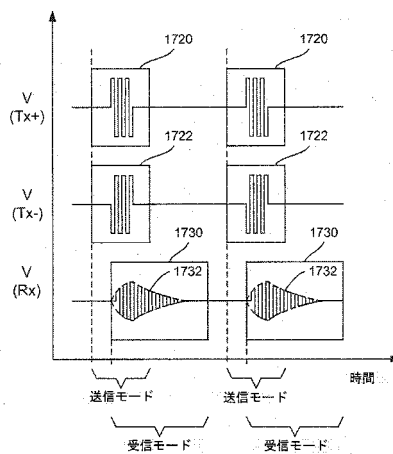


Figure 17



【図 18】

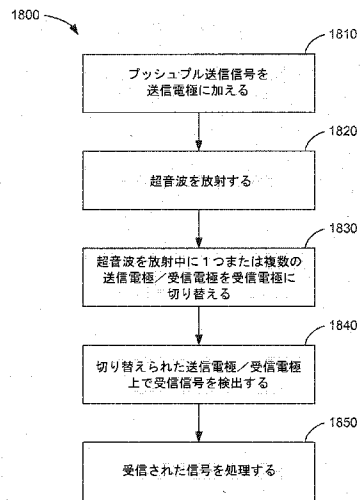


Figure 18

【図 19】

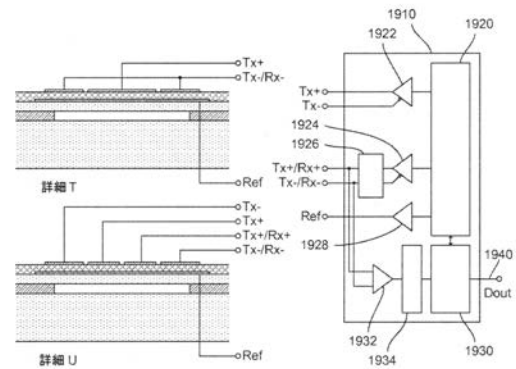


Figure 19

【図 20】

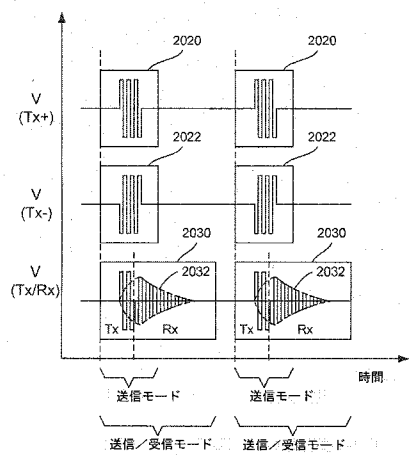


Figure 20

## 【手続補正書】

【提出日】平成29年4月18日(2017.4.18)

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の時間期間中に送受信機回路からの信号に応答して第 1 の超音波信号を、プラテンの下に配置された圧電微小機械超音波トランスデューサ(PMUT)の第 1 の電極を経由して送信するステップであって、前記 PMUT が、空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、前記ダイアフラムが、圧電層を含む圧電層スタック、前記第 1 の電極、および第 2 の電極を含み、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の各々が、前記送受信機回路と電気的に結合されて前記圧電層の第 1 の表面の上または近傍に配置され、前記第 1 の表面が、前記空洞の反対側にあり、音響結合媒体を経由して前記プラテンと音響的に結合される、送信するステップと、

第 2 の時間期間中に第 2 の超音波信号を前記第 2 の電極を経由して受信するステップとを含み、

前記第 1 の時間期間および前記第 2 の時間期間が、少なくとも部分的に重複している、方法。

【請求項 2】

前記 PMUT が、前記第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信することと、前記第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 の電極が前記ダイアフラムの内側部分に配置され、前記第 2 の電極が前記ダイアフラムの外側部分に配置され、前記外側部分が前記空洞の壁に近接して、前記壁と前記第 1 の電極との間にある、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 2 の電極の一部が、前記空洞の前記壁を越えて延びる、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ダイアフラムが、前記圧電層と前記空洞との間に配置された第 3 の電極を含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 3 の電極が、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の各々に共通する基準電極として構成される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記基準電極の電圧が、接地または他の基準電圧に固定される、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記ダイアフラムが、アンカー構造によって支持され、前記空洞の上に延び、前記ダイアフラムが、たわみ運動および振動の一方または両方を受け、前記 PMUT が超音波信号を受信または送信するときに第 1 のたわみモードで動作するように構成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 1 のたわみモードにおいて、前記第 1 および前記第 2 の電極の各々が、それぞれ、引張応力および圧縮応力の交互の期間を含む第 1 および第 2 の振動負荷サイクルを経験する、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 1 の振動負荷サイクルと前記第 2 の振動負荷サイクルは、ほぼ同相である、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 1】

前記第 1 の振動負荷サイクルと前記第 2 の振動負荷サイクルは位相がずれている、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記第 1 の振動負荷サイクルと前記第 2 の振動負荷サイクルは  $180^\circ$  位相がずれている、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記第 2 の電極が、前記第 1 の時間期間中に送信モードであり、前記第 2 の時間期間中に受信モードであるように構成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

プラテンの下に配置された圧電微小機械超音波トランスデューサ (PMUT) を備える装置であって、前記 PMUT が、

空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、前記ダイアフラムが、圧電層を含む圧電層スタックと、送受信機回路と電氣的に結合された第 1 の電極と、前記送受信機回路と電氣的に結合された第 2 の電極とを含み、

前記第 1 の電極が前記ダイアフラムの第 1 の部分内に配置され、前記第 2 の電極が前記ダイアフラムの第 2 の部分内に配置され、前記第 1 の部分が前記第 1 の部分から分離されており、

前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の各々が、前記圧電層の第 1 の表面の上または近傍に配置され、前記第 1 の表面が前記空洞の反対側にあり、音響結合媒体を経由して前記プラテンと音響的に結合され、

前記 PMUT が、第 1 の時間期間中に前記第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信し、第 2 の時間期間中に前記第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信するように構成され、前記第 1 の時間期間および前記第 2 の時間期間が少なくとも部分的に重複している、装置。

【請求項 1 5】

前記第 2 の電極が、前記空洞の壁に近接して、前記壁と前記第 1 の電極との間に配置される、請求項 1 4 に記載の装置。

【請求項 1 6】

前記第 2 の電極の一部が、前記空洞の前記壁を越えて延びる、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 7】

前記 PMUT が、前記第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信することと、前記第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成される、請求項 1 4 に記載の装置。

【請求項 1 8】

前記ダイアフラムが、前記圧電層と前記空洞との間に配置された第 3 の電極を含む、請求項 1 4 に記載の装置。

【請求項 1 9】

前記第 1 の電極が送信電極であり、前記第 2 の電極が受信電極であり、前記第 3 の電極が前記送信電極および前記受信電極の各々に共通する基準電極として構成される、請求項 1 8 に記載の装置。

【請求項 2 0】

前記ダイアフラムが機械層を含み、機械層が、前記圧電層スタックと前記空洞との間に置かれるか、または前記圧電層スタックの、前記空洞の反対の側面上に置かれる、請求項 1 4 に記載の装置。

【請求項 2 1】

基板の上に配置されたアンカー構造をさらに備え、前記ダイアフラムが、前記アンカー

構造によって支持されて前記空洞の上に延び、前記ダイアフラムが、前記PMUTが超音波信号を受信または送信するときにたわみ運動および振動の一方または両方を受けるように構成される、請求項14に記載の装置。

【請求項22】

前記ダイアフラムが、長さLの縦寸法とWの幅とを有する細長い矩形として構成され、LがWの少なくとも2倍である、請求項21に記載の装置。

【請求項23】

前記アンカー構造が、前記縦寸法の近位端に近接する第1の離散位置においておよび前記縦寸法の遠位端に近接する前記ダイアフラムの第2の離散位置において前記ダイアフラムを支持する、請求項22に記載の装置。

【請求項24】

前記アンカー構造が、前記ダイアフラムの中心部において前記ダイアフラムを支持する、請求項22に記載の装置。

【請求項25】

前記アンカー構造が、前記ダイアフラムの周辺領域において前記ダイアフラムを支持する、請求項22に記載の装置。

【請求項26】

前記ダイアフラムが実質的に円形である、請求項21に記載の装置。

【請求項27】

前記アンカー構造が、前記ダイアフラムの中心部において前記ダイアフラムを支持する、請求項26に記載の装置。

【請求項28】

前記空洞が、少なくとも1つの放出穴を通して犠牲材料を除去することによって形成される、請求項14に記載の装置。

【請求項29】

前記放出穴が、前記ダイアフラムを通して配置される、請求項28に記載の装置。

【請求項30】

前記第1の電極および前記第2の電極が実質的に同一平面上にある、請求項14に記載の装置。

【請求項31】

圧電微小機械超音波トランスデューサ(PMUT)センサのアレイと、  
プラテンと、

音響結合媒体とを備える装置であって、

少なくとも1つのPMUTが、空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、前記ダイアフラムが、圧電層を含む圧電層スタックと、送受信機回路と電氣的に結合された第1の電極と、前記送受信機回路と電氣的に結合された第2の電極とを含み、

前記第1の電極が前記ダイアフラムの第1の部分内に配置され、前記第2の電極が前記ダイアフラムの第2の部分内に配置され、前記第1の部分が前記第2の部分から分離されており、

前記第1の電極および前記第2の電極の各々が、前記圧電層の第1の表面の上または近傍に配置され、前記第1の表面が前記空洞の反対側にあり、前記音響結合媒体を経由して前記プラテンと音響的に結合され、

前記PMUTが、第1の時間期間中に前記第1の電極を経由して第1の超音波信号を送信し、第2の時間期間中に前記第2の電極を経由して第2の超音波信号を受信するように構成され、前記第1の時間期間および前記第2の時間期間が少なくとも部分的に重複しており、

前記音響結合媒体が、前記圧電層スタックの上に配置され、

前記PMUTが、前記音響結合媒体を介して超音波信号を受信または送信するように構成される、装置。

【請求項32】

P M U T センサの前記アレイがプラテンを含み、前記音響結合媒体が前記 P M U T センサと前記プラテンとの間に配置される、請求項 3 1 に記載の装置。

【請求項 3 3】

前記 P M U T が、前記第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信することと、前記第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成される、請求項 3 1 に記載の装置。

【請求項 3 4】

前記ダイアフラムが、前記圧電層と前記空洞との間に配置された第 3 の電極を含む、請求項 3 1 に記載の装置。

【請求項 3 5】

前記第 1 の電極が送信電極であり、前記第 2 の電極が受信電極であり、前記第 3 の電極が前記送信電極および前記受信電極の各々に共通する基準電極として構成される、請求項 3 4 に記載の装置。

【請求項 3 6】

P M U T センサの前記アレイが、超音波指紋センサアレイとして構成される、請求項 3 1 に記載の装置。

【請求項 3 7】

ソフトウェアを記憶する非一時的コンピュータ可読媒体であって、前記ソフトウェアが、

第 1 の時間期間中に送受信機回路からの信号に応答して第 1 の超音波信号を、プラテンの下に配置された圧電微小機械超音波トランスデューサ ( P M U T ) の第 1 の電極を経由して送信することであって、前記 P M U T が、空洞の上に配置されたダイアフラムを含み、前記ダイアフラムが、圧電層を含む圧電層スタック、前記第 1 の電極、および第 2 の電極を含み、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の各々が、前記送受信機回路と電氣的に結合されて前記圧電層の第 1 の表面の上または近傍に配置され、前記第 1 の表面が、前記空洞の反対側にあり、音響結合媒体を経由して前記プラテンと音響的に結合される、送信することと、

第 2 の時間期間中に第 2 の超音波信号を前記第 2 の電極を経由して受信することとを装置に行わせるための命令を含み、前記第 1 の時間期間および前記第 2 の時間期間が少なくとも部分的に重複する、コンピュータ可読媒体。

【請求項 3 8】

前記 P M U T が、前記第 1 の電極を経由して第 1 の超音波信号を送信することと、前記第 2 の電極を経由して第 2 の超音波信号を受信することとを同時に行うように構成される、請求項 3 7 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 3 9】

前記第 1 の電極が前記ダイアフラムの内側部分に配置され、前記第 2 の電極が前記ダイアフラムの外側部分に配置され、前記外側部分が前記空洞の壁に近接して、前記壁と前記第 1 の電極との間にある、請求項 3 7 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 4 0】

前記第 2 の電極が、前記第 1 の時間期間中に送信モードであり、前記第 2 の時間期間中に受信モードであるように構成される、請求項 3 7 に記載のコンピュータ可読媒体。

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2015/055825

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B06B1/06  
ADD.

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06K B06B A61B G10K H01L

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

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

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2013/134838 A1 (YUN CHANGHAN HOBIE [US] ET AL) 30 May 2013 (2013-05-30) paragraphs [0002], [0008], [0038], [0039], [0040], [0043], [0045], [0046], [0047], [0075] figure 1 -----	1-40
Y	US 3 800 270 A (BAILEY J) 26 March 1974 (1974-03-26) abstract column 3, line 65 - column 4, line 2 column 4, line 34 - line 41 column 3, line 31 - line 33 -----	1-40
Y	US 4 523 471 A (LEE PAUL P [US]) 18 June 1985 (1985-06-18) column 2, line 3 - line 16 figure 1 -----	3-7, 15, 16, 39
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier application or patent but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 January 2016

Date of mailing of the international search report

08/02/2016

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Mirkovic, Olinka

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2015/055825

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2010/168583 A1 (DAUSCH DAVID [US] ET AL) 1 July 2010 (2010-07-01) paragraph [0004] -----	8-12, 21-27
Y	US 2008/122317 A1 (FAZZIO R SHANE [US] ET AL) 29 May 2008 (2008-05-29) paragraph [0034] -----	9-12
Y	US 2012/245408 A1 (SHEN I-YEU [US] ET AL) 27 September 2012 (2012-09-27) paragraph [0023] -----	10-12
Y	US 2012/188849 A1 (MATSUDA HIROSHI [JP] ET AL) 26 July 2012 (2012-07-26) paragraphs [0059], [0062], [0064] figure 2 -----	13,20,40
Y	US 2005/023937 A1 (SASHIDA NORIKAZU [JP] ET AL) 3 February 2005 (2005-02-03) paragraphs [0031], [0056], [0092], [0093] figures 9A,9B,9C -----	22-25, 27,31-36
Y	US 2008/258580 A1 (SCHNEIDER JOHN K [US] ET AL) 23 October 2008 (2008-10-23) abstract paragraphs [0005], [0006], [0017] -----	32,36

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2015/055825

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013134838 A1	30-05-2013	US 2013134838 A1 WO 2013085737 A1	30-05-2013 13-06-2013
US 3800270 A	26-03-1974	AU 5468573 A JP S4965253 A US 3800270 A	24-10-1974 25-06-1974 26-03-1974
US 4523471 A	18-06-1985	NONE	
US 2010168583 A1	01-07-2010	AU 2006350241 A1 CA 2667751 A1 CN 101662989 A EP 2076180 A1 JP 5204116 B2 JP 2010508888 A KR 20090087022 A KR 20130014618 A KR 20130014619 A US 2010168583 A1 WO 2008054395 A1	08-05-2008 08-05-2008 03-03-2010 08-07-2009 05-06-2013 25-03-2010 14-08-2009 07-02-2013 07-02-2013 01-07-2010 08-05-2008
US 2008122317 A1	29-05-2008	GB 2448571 A JP 2008271559 A US 2008122317 A1	22-10-2008 06-11-2008 29-05-2008
US 2012245408 A1	27-09-2012	NONE	
US 2012188849 A1	26-07-2012	JP 5754145 B2 JP 2012152319 A US 2012188849 A1 US 2015288401 A1	29-07-2015 16-08-2012 26-07-2012 08-10-2015
US 2005023937 A1	03-02-2005	CN 1578537 A CN 101656905 A EP 1501074 A2 JP 2005045691 A KR 20050012126 A US 2005023937 A1 US 2007013270 A1	09-02-2005 24-02-2010 26-01-2005 17-02-2005 31-01-2005 03-02-2005 18-01-2007
US 2008258580 A1	23-10-2008	CA 2684788 A1 GB 2463177 A US 2008258580 A1 WO 2009017853 A2	05-02-2009 10-03-2010 23-10-2008 05-02-2009



## フロントページの続き

(31)優先権主張番号 62/241,651  
 (32)優先日 平成27年10月14日(2015.10.14)  
 (33)優先権主張国 米国(US)  
 (31)優先権主張番号 14/883,583  
 (32)優先日 平成27年10月14日(2015.10.14)  
 (33)優先権主張国 米国(US)  
 (31)優先権主張番号 14/883,585  
 (32)優先日 平成27年10月14日(2015.10.14)  
 (33)優先権主張国 米国(US)  
 (31)優先権主張番号 14/883,586  
 (32)優先日 平成27年10月14日(2015.10.14)  
 (33)優先権主張国 米国(US)

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

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. レーザーディスク
2. Blu-ray

(72)発明者 ハオ・イエン・タン  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775  
 (72)発明者 イベン・ル  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775  
 (72)発明者 コスタディン・ディミトロフ・ジョルジェフ  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775  
 (72)発明者 スールヤプラカーシュ・ガンティ  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775  
 (72)発明者 デイヴィッド・ウィリアム・バーンズ  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775  
 (72)発明者 ラヴィンドラ・ヴァマン・シェノイ  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775  
 (72)発明者 ジョン・ブラッドリー・ラシター  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775  
 (72)発明者 ナイ・クエイ・クオ  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775

ヴ・ 5 7 7 5

(72)発明者 フィラス・サムモウラ

アメリカ合衆国・カリフォルニア・ 9 2 1 2 1 - 1 7 1 4 ・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ

ヴ・ 5 7 7 5

F ターム(参考) 4C601 GB50

5D019 AA13 BB26 FF01 FF04

5J083 AA02 AB20 AC29 AD05 AE08 BA01 CA01 CA12 CB03