

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6616296号  
(P6616296)

(45) 発行日 令和1年12月4日(2019.12.4)

(24) 登録日 令和1年11月15日(2019.11.15)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 B 5/1172 (2016.01)	A 6 1 B 5/1172
G 0 6 T 1/00 (2006.01)	G 0 6 T 1/00 4 0 0 G
A 6 1 B 8/14 (2006.01)	A 6 1 B 8/14

請求項の数 19 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2016-527017 (P2016-527017)	(73) 特許権者	506115514
(86) (22) 出願日	平成26年7月14日 (2014.7.14)		ザ リージェンツ オブ ザ ユニバーシ ティ オブ カリフォルニア
(65) 公表番号	特表2016-533234 (P2016-533234A)		アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94 6 0 7 - 5 2 0 0, オークランド, フラン クリン ストリート 1 1 1 1, 5 番 フ ロア
(43) 公表日	平成28年10月27日 (2016.10.27)	(74) 代理人	100114557
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/046557		弁理士 河野 英仁
(87) 国際公開番号	W02015/009635	(74) 代理人	100078868
(87) 国際公開日	平成27年1月22日 (2015.1.22)		弁理士 河野 登夫
審査請求日	平成29年7月6日 (2017.7.6)		
(31) 優先権主張番号	61/846, 925		
(32) 優先日	平成25年7月16日 (2013.7.16)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 MUT指紋IDシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

三次元の表皮指紋パターン及び真皮指紋パターンの両方を検出することができるMEMS超音波指紋IDシステムであって、

- a) 音波ビームを指に与えるように構成されたマイクロマシン超音波トランスデューサ (MUT) 送受信アレイと、
  - b) 前記MUT 送受信アレイ上に設けられた結合材料と、
  - c) 前記MUT 送受信アレイに電圧を印加するように構成された電圧ドライバと、
  - d) 前記MUT 送受信アレイに接続された回路と、
  - e) データ処理ユニットと
- を備えており、

前記MUT 送受信アレイのマイクロマシン超音波トランスデューサをグループで駆動し、前記マイクロマシン超音波トランスデューサの励起をグループ毎に順次切り替えて音波ビームを走査するように構成されており、

前記グループ内の前記マイクロマシン超音波トランスデューサ間の間隔及び前記グループ内の前記マイクロマシン超音波トランスデューサの周波数により、前記音波ビームの焦点直径が決定されることを特徴とするMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項2】

前記MUT 送受信アレイは、圧電式マイクロマシン超音波トランスデューサ (PMUT)、又は容量式マイクロマシン超音波トランスデューサ (CMUT) を有していることを特徴とする

請求項 1 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項 3】

前記電圧ドライバは、エコー伝搬時間システムとして構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項 4】

ライブスキャンモードで機能すべく構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項 5】

指紋の画像分解能が約 $50\mu\text{m}$  ~ 約 $130\mu\text{m}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 1 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

10

【請求項 6】

指紋の画像分解能が約 $70\mu\text{m}$  ~ 約 $100\mu\text{m}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 5 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項 7】

指紋の画像分解能が約 $75\mu\text{m}$  ~ 約 $90\mu\text{m}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 6 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項 8】

前記結合材料の厚さは約 $50\mu\text{m}$  ~ 約 $2\text{mm}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 1 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項 9】

前記結合材料の厚さは約 $75\mu\text{m}$  ~ 約 $500\mu\text{m}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 8 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

20

【請求項 10】

前記結合材料の厚さは約 $100\mu\text{m}$  ~ 約 $300\mu\text{m}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 9 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項 11】

音波信号の送受信及びデジタル化に必要なエネルギーが約 $50\mu\text{J}$  ~ 約 $200\mu\text{J}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 1 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項 12】

音波信号の送受信及びデジタル化に必要なエネルギーが約 $75\mu\text{J}$  ~ 約 $150\mu\text{J}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 11 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

30

【請求項 13】

音波信号の送受信及びデジタル化に必要なエネルギーが約 $100\mu\text{J}$  ~ 約 $150\mu\text{J}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 12 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項 14】

前記MEMS超音波指紋IDシステムに必要な駆動電圧が約 $1\text{V}$  ~ 約 $50\text{V}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 1 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項 15】

前記MEMS超音波指紋IDシステムに必要な駆動電圧が約 $3\text{V}$  ~ 約 $40\text{V}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 14 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

40

【請求項 16】

前記MEMS超音波指紋IDシステムに必要な駆動電圧が約 $24\text{V}$  ~ 約 $30\text{V}$  の範囲内であることを特徴とする請求項 15 に記載のMEMS超音波指紋IDシステム。

【請求項 17】

請求項 1 乃至 16 のいずれかに記載のMEMS超音波指紋IDシステムを備えていることを特徴とする個人用電気機器。

【請求項 18】

請求項 1 乃至 16 のいずれかに記載のMEMS超音波指紋IDシステムを備えていることを特徴とするインターネット対応の対象物。

【請求項 19】

50

請求項 1 乃至 16 のいずれかに記載のMEMS超音波指紋IDシステムを備えていることを特徴とするエントリ有効化デバイス。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

二次元指紋分析が、刑事裁判事件で個人を識別するために何世紀にも亘って使用されている。最近になって、指紋識別の用途はより広い商業圏での使用に広がって、ニッチな用途、例えば銀行業務のようなセキュリティが重要な用途に有効に利用されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0002】

【特許文献1】米国特許出願公開第2007/0230754号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、自動光学式指紋走査技術には、より広い用途での使用を妨げる多くの制限がある。例えば、自動光学式指紋走査技術は指紋の表皮層のみを感知する。その結果、このような技術は指の汚れによってエラーになる傾向がある。

【0004】

個人用電子デバイスのような広い市場のニーズにおける光学式指紋識別の特徴の制限が市場に反映されている。光学式指紋スキャナが、多くの個人用電子デバイスにおいて識別のための特徴として当初は設けられていたが、光学式指紋スキャナはこれらの制限によりほとんどのより最近のモデルから取り除かれている。光学式指紋スキャナは、このような日常の環境で予想通りに動作するために必要な堅牢性を欠いている。

【0005】

超音波式指紋スキャナは、真皮の指紋を分析することにより、現在利用可能な自動光学式指紋走査の制限を最小限度に抑えて、生じるエラーの一部を防ぐべく開発されている。例えば、このようなシステムは、Schneiderらによって1993年6月29日に発行された米国特許第5224174号明細書に記載されている。しかしながら、現在市販されている超音波式指紋スキャナデバイスの用途は、大きなサイズ、物理的に動く走査デバイスの要件及びコストのために制限されている。

【0006】

最近、マイクロマシン超音波トランスデューサ(MUT)の開発で初期の実験研究が行われた。この研究には、容量式マイクロマシン超音波トランスデューサ(CMUT)、例えば、「[publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/166084](http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/166084)」の前に「http://」を、後に「.pdf」を置くことにより示されるウェブサイト(Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden, 2012年)に記載されているCMUT、及び「[sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424711005528](http://sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424711005528)」の前に「http://www.」を置くことにより示されるウェブサイト(University of Salerno, Italy, 2011年)に更に記載されているCMUTが含まれる。更なる研究では、圧電式マイクロマシン超音波トランスデューサ(PMUT)がカリフォルニア大学デービス校で研究された(「[gradworks.umi.com/15/30/1530021](http://gradworks.umi.com/15/30/1530021)」の前に「http://」を、後に「.html」を置くことにより示されるウェブサイト)に更に記載されているようなThesis, Christine Dempster, 2013年1月)。

【0007】

三次元指紋IDを達成するために、容量式マイクロマシン超音波トランスデューサ(CMUT)及び圧電式マイクロマシン超音波トランスデューサ(PMUT)のようなマイクロマシン超音波トランスデューサ(MUT)を利用可能である場合、指紋識別(指紋ID)に斬新な進歩がもたらされる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

10

20

30

40

50

本発明のマイクロマシン超音波トランスデューサ指紋識別システム（MUT 指紋IDシステム）は、個人認証の分野における革命的な進歩である。かつてないほどの小さなサイズ、堅牢な固体構造、及び現在のシステムより桁違いに低い単位当たりのコストは、個人用電子デバイス、多くの他のユーザ用製品及びエントリ有効化デバイスに対して斬新な影響を与えて個人識別性能の新時代を開く。

【0009】

MUT 指紋IDシステムは、超音波トランスデューサのアレイに基づいた新規の指紋センサである。大量の圧電材料に基づいた既存の超音波指紋センサと比較して、MUT 指紋IDシステムは、小さなサイズ、容易な組立て、電子機器との容易な一体化及び高速の電子走査という利点を有する。これらの特徴は、現在市販されている嵩高く不具合が生じやすい機械式スキャナに対して革新的な進歩を示す。この新規の超音波指紋センサは、初期の超音波指紋センサによって必要とされている機械走査を回避する。

10

【0010】

ユーザ用電子機器の用途で使用される従来の指紋センサは容量式センサであり、湿り気のある指、乾燥している指又は油分の多い指によりエラーが非常に生じ易い。光学式センサは指の汚れに反応し易い。表皮（皮膚表面）の指紋を測定する容量式センサ及び光学式センサ両方とは異なり、MUT 指紋IDシステムの核となる超音波センサは、表皮層及び真皮（皮下）層両方の指紋を検出することができる。

【0011】

正確な指紋パターンを得るために真皮検出及び表皮検出の両方がMUT 指紋IDシステムによって使用されるので、センサは指の汚れ状態及び湿気状態両方に無反応である。対照的に、光学式センサ及び容量式センサは汚れに反応し易い。MUT 指紋IDシステムは、小さなステップサイズ（ $\sim 50 \mu\text{m}$ ）で（数mm～数cmの）大きな距離に亘って集束音波ビームを電子的に走査することができる。

20

【0012】

超音波指紋センサは高忠実度を有し、銀行業務のようなセキュリティが重要な用途に使用される。しかしながら、既存の超音波センサには、機械的に走査される単一の嵩高い超音波トランスデューサが使用されているため、ユーザ用電子機器（例えばラップトップ及びスマートフォン）での使用にはこのようなセンサはあまりに大きくて遅く高価過ぎる。

【0013】

新規のMUT 指紋IDシステムはマイクロマシン超音波トランスデューサアレイを備えており、新しいデジタル式電子走査法は高速応答であり、ライブスキャンモードで動作可能である。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】表皮指紋パターン及び真皮指紋パターンの両方を検出するMUT 指紋IDシステムを示す一般図である。

【図2】トランスデューサのサブグループが走査するMUT 指紋IDシステムのフェーズドアレイの実施形態を示す図である。

【図3】表皮層及び真皮層の両方を検出する音波導波路が使用された非ビーム形成システムを示す図である。

40

【図4】MUT 指紋IDシステムのPMUTアレイの実施形態を示す断面図である。

【図5】MUT 指紋IDシステムの組立てを示す流れ図である。

【図6】CMOSを有する特に有用なシステム構造を示す図である。

【図7】MUT 指紋IDシステムの基本的なASIC構造を示す図である。

【図8】単一のPMUTのシミュレートされた振動モードの形状を示す図である。

【図9】直径の関数としてのPMUTの第1共振周波数を示す図である。

【図10】異なるピッチのPMUTアレイのシミュレートされた音波ビームパターンを示す図である。

【図11】異なるピッチのPMUTアレイの実験的に測定された音波ビームパターンを示す図

50

である。

【図12】140 ミクロンのピッチの15列のPMUTアレイの実験的に測定された音波ビームパターンを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明のMUT 指紋IDシステムは、最小限度の設計修正で既存の個人用電子デバイスに固有の性能を与えて、現在のユーザ用製品に新たな次元の性能を与える。更に、MUT 指紋IDシステムは、完全に新しい個人識別製品及び個人識別性能を開発するための基盤である。

【0016】

嵩高い圧電トランスデューサに基づく従来の超音波指紋センサとは対照的に、MUT 指紋IDシステムは、小さなサイズ、容易な組立て及び電子機器との容易な一体化という利点を有する。更に、MUT 指紋IDシステムは、従来の機械走査を置き換えた電子走査の特徴のために高速な応答時間を有する。更にMUT 指紋IDシステムは、略等方性の音波伝搬の結果、従来のシステムの広い用途を大幅に制限する不十分な指向性が生じる問題を解決する固有の技術設計を特徴とする。

【0017】

MUT 指紋IDシステムの設計選択肢の多くの特徴が、特定のニーズに最適の利点を提供すべく相乗的に作用する。設計選択肢は夫々、システム全体及び特定の用途に最大の利点を与えて作用すべく選択され得る。従って、これらの特徴がある例示的な実施形態と共に以下に個々に説明される一方、これらは、MUT 指紋IDシステムを特徴とする完全なシステム及びデバイスの目標及び必要性を適切に適応させるべく設計技術者によって選択又は変更される。

【0018】

本発明をより詳細に述べる前に、本発明は、言うまでも無くそれ自体が変わり得るように、説明された特定の実施形態に限定されないことを理解すべきである。本発明は、当業者によって認識されるような様々な代替例、変更及び等価物を包含する。更に、本発明の範囲は添付の特許請求の範囲によってのみ限定されるため、本明細書に使用されている用語は、単に特定の実施形態を説明するために用いられており、限定することを意図していないことを更に理解すべきである。

【0019】

ある範囲の値が与えられる場合、その範囲の上限及び下限の間の、文脈が別段に明示しない限りは下限の単位の10分の1までの各介在値、及びその記載された範囲内の任意の他の記載された値又は介在する値が本発明の範囲内に包含されることを理解する。これらのより小さい範囲の上限及び下限は、より小さい範囲内に独立して含まれてもよく、記載された範囲内の任意の具体的に除外された限度を条件として本発明の範囲内に更に包含される。記載された範囲が限度の内の方又は両方を含む場合、これらの含まれた限度の方又は両方を除外した範囲も本発明に更に含まれる。

【0020】

ある範囲は、本明細書では用語「約」から始まる数値と共に示されている。用語「約」は、本明細書では「約」から始まる正確な数、及び「約」から始まる数に近い数又は「約」から始まる数に近似した数のための文字通りのサポートを提供するために用いられている。数が具体的に述べられた数に近いか又は近似しているかを判断する際に、述べられていない近い数又は近似した数は、その数が示されている文脈では、具体的に述べられた数に略相当する数であってもよい。

【0021】

尚、単数形の「1つの(a)」、「1つの(an)」及び「その(the)」が、本明細書及び添付の特許請求の範囲に用いられている場合、文脈が別段に明示しない限り、複数の指示対象を含む。更に、特許請求の範囲がいかなる選択的な要素も排除して記載され得ることが留意される。従って、この記述は、請求項の要素の記載に関する「唯一の(solely)」、「のみの(only)」等の排他的用語の使用、又は「否定的な(negative)」限

10

20

30

40

50

定の使用のための先行記載として機能すべく意図される。

【0022】

当業者が本開示を読むと明らかであるように、本明細書に説明され例示された個々の実施形態は夫々、別々の構成要素及び特徴を有しており、別々の構成要素及び特徴は、本発明の範囲又は趣旨から逸脱することなく、他の複数の実施形態のいずれかの特徴から容易に分離され得るか、又はいずれかの特徴と容易に組み合わせられ得る。全ての記載された方法は、記載された事象の順序で、又は論理的に可能な任意の他の順序で実行され得る。

【0023】

本明細書に引用されている全ての刊行物及び特許は、個々の刊行物又は特許が具体的に且つ個別に参照によって組み込まれると示されているかのように参照によって本明細書に組み込まれ、刊行物の引用に関連する方法及び/又は材料を開示して記載すべく参照によって本明細書に組み込まれる。任意の刊行物の引用は、出願日前のその開示に関するものであって、先行発明を理由として、本発明がそのような刊行物に先行する権限がないことを認めるものであるとみなされるべきではない。更に、提供される刊行物の日付は、実際の公開日とは異なる場合があり、個別に確認する必要があるかもしれない。

10

【0024】

特に定義されていない限り、本明細書で使用されている全ての技術的用語及び科学的用語は、本発明が属する技術分野の当業者によって共通して理解されているものと同じ意味を有する。本明細書に記載のものと同様又は同等である全ての方法及び材料を、本発明の実施又は試験に更に使用することができるが、代表的な実例となる方法及び材料を本明細書に記載している。

20

【0025】

マイクロマシン超音波トランスデューサの要素

MUT 指紋IDシステムは、マイクロマシン超音波トランスデューサ(MUT)の設計に採用されている点で現在市販されている超音波指紋センサと区別される。CMUT及びPMUTを含むいずれのMUTも、本MUT指紋IDシステムがない頃は予備調査の試みを越えて指紋感知には使用されていない。

【0026】

現在、2つのタイプのMUT、つまり容量式MUT(CMUT)及び圧電式MUT(PMUT)が一般に入手可能である。これらは、以下のMUT指紋IDシステムの具体例に述べられている。しかしながら、他のMUTが、意図した用途及び他の技術設計の考察に応じてMUT指紋IDシステムでの使用に更に検討される。

30

【0027】

PMUT及びCMUTは同様の外観を有する。CMUT又はPMUTの基本構造は曲げ振動膜である。この小さな膜を振動させることによって、MUTは音を発する。

【0028】

PMUTとCMUTとの区別は、PMUTが圧電層を備えている点にある。この圧電層は、与えられた電場に応じて機械的な運動を発生させる。対照的に、CMUTは2つの導電層を備えている。膜及び固定された対向電極(又はウエハ)の両方は導電性を有する。電圧が膜と対向電極との間に印加される。このため、静電力が生じる。

40

【0029】

従って、CMUT及びPMUTの構造は非常に似ている。しかしながら、PMUTの場合には圧電層が設けられている。CMUTの場合には圧電層が設けられていないが、重なる導電層と置き換えられる。

【0030】

CMUTは様々な医療用撮像及び他の撮像のために使用されている。このようなデバイスは、CMUTのアレイを組み立てることによって典型的に提供され、アレイとして作動する。場合によっては、この検出は比較的低い周波数で達成される。

【0031】

MUT指紋IDシステムのために、医療目的に従来から使用される周波数より高い周波数で

50

この一般的なタイプの超音波撮像を行う。医療用超音波の分野では、MUT 指紋IDシステムの最適化にある手掛かりが与えられる。しかしながら、非常に高い周波数及び非常に短い範囲を使用する非常に異なる手法がMUT 指紋IDシステムによって使用される。

【 0 0 3 2 】

MUT 指紋IDシステムは、医療機器によって必要とされるミリメートル以上の代わりに数百マイクロンしか組織に入り込まないので、従来の医療機器の用途とは異なる。このため、MUT 指紋IDシステムは、指紋画像、例えば場合によっては3D指紋の組織分布的な詳細を含む、皮膚の表面及び皮膚の下両方の様々な構造の画像を与えることが可能になる。

【 0 0 3 3 】

指向性

CMUT及びPMUTの両方は、半導体バッチ組立てを使用して製造された微小電子機械システム(MEMS)デバイスである。各MUTは音波を送受信することができる。音波は以下のように生成される。電圧が底部電極及び頂部電極に印加されると、トランスデューサ膜が振動して周囲の媒質に音波を生成する。逆に、到達する音波はMUTに運動を発生させて電気信号を生成する。

【 0 0 3 4 】

MUTは、測定が行われる音波長に比べて小さい半径 $a$ を有する。その結果、音は多くの方向に広がり、つまり、個々のMUTの指向性が弱い。この特性は、指紋検出を広い規模で提供するにはこのような要素の用途を制限している。

【 0 0 3 5 】

MUT 指紋IDシステムは、指向性の問題を解決するMEMS構造の固有の技術的な設計戦略を有する。以下の例により詳細に述べられているように、本発明者らは指向性を与えるべく2つの特定の設計戦略を開発した。設計戦略におけるこの画期的な進歩により、更なる変形例が当業者によって容易に理解される。

【 0 0 3 6 】

MUT 指紋IDシステムの一実施形態では、背面エッチングによって波制限部として機能する管が形成されている。この手法では、放射される波は、全ての方向に伝搬するのではなく管の内部に制限される。その結果、最初のPMUTでビーム幅がどれほど大きくても、管内に制限される略全ての音波がユーザの指に直接伝搬する。

【 0 0 3 7 】

MUT 指紋IDシステムの別の実施形態では、トランスデューサのフェーズドアレイを使用して、指向性が高い集束音波ビームが達成される。夫々のチャンネルに与えられる信号の位相(遅延)を適切に調節することによって、音波ビームの焦点が所望の深度に合わせられ得る。同一の焦点位置では、より多くのチャンネルを有するアレイが音波ビームの焦点をより小さな直径に合わせるが、あまりにも多くのチャンネルは電子機器をより複雑にしてより高価にする。

【 0 0 3 8 】

所与の数のチャンネルを有するアレイの焦点径を減少させるための代替的な方法は、アレイ内のトランスデューサ間のピッチを増大させ、それによってアレイの開口を増大させることである。指紋を感知するために、約 $50\mu\text{m}$ 以下の焦点径を有することが望ましい。40MHzで作動するトランスデューサアレイでは、トランスデューサのピッチが $150\mu\text{m}$ であるとき、6チャンネルのアレイの焦点径は約 $50\mu\text{m}$ 未満である。指紋画像が指に亘って音波ビームを走査することにより収集される。

【 0 0 3 9 】

MUT 指紋IDシステムのある実施形態では、画像分解能が約 $50\mu\text{m}$ ~ $130\mu\text{m}$ であり、具体的には約 $70\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$ であり、より具体的には約 $75\mu\text{m}$ ~ $90\mu\text{m}$ であり、最も具体的には約 $80\mu\text{m}$ である。

【 0 0 4 0 】

帯域幅

MUT 指紋IDシステムの帯域幅が、当業者によって容易に決定されるように、意図した用

10

20

30

40

50

途及び特定のデバイスの構成に基づいて最適に選択され得る。その範囲は、約10MHz ~ 約100MHz、具体的には約10MHz ~ 約50MHz、より具体的には約10MHz ~ 約20MHz から選択され得る。

#### 【 0 0 4 1 】

現在市販されているトランスデューサでは、約10MHz ~ 約50MHz の範囲が十分な設計範囲である。しかしながら、約100MHzより高い範囲は、ある用途では興味深い設計選択になり得る。このような代替案を検討するとき、この高い範囲内の周波数で十分な信号対雑音比を有するトランスデューサを設計することを考慮に入れなければならない。より高い周波数で結果が改善され得るので、トランスデューサの今後の技術設計の改良はこのような利点を達成することが重要である。

10

#### 【 0 0 4 2 】

システムを設計する際に、100MHzのトランスデューサは、電荷出力が実質的により小さいシステムを構成する。慎重に設計することにより、適切な信号対雑音比を有するトランスデューサが可能になる。予想される進歩により、近い将来、デバイスはこのような高い範囲で作動可能である。医療用トランスデューサの構造及び機能はそのためにより有益である。

#### 【 0 0 4 3 】

エネルギー及び電力の消費

指紋センサの多くの用途、例えば電池式デバイスでの用途は、極めて低い電力消費を必要とする。幸いにも、MUT 指紋IDシステムはこの要件を満たすべく設計され得る。具体的には、MUT 指紋IDシステムは、適切に設計されれば、指紋が得られる毎に1mJ未満のエネルギーを消費し、印刷の解像度（例えば500dpi対300dpi）、使用される方式（例えば、フェーズドアレイのビーム形成が採用されるか否か）及び組立て技術のようなシステムパラメータの関数として変わるより典型的な範囲は10 $\mu$ J ~ 500  $\mu$ Jである。

20

#### 【 0 0 4 4 】

MUT 指紋IDシステムが使用される周波数は、用途に応じて大きく変わる。例えば、MUT 指紋IDシステムは、スマートフォンで使用されるとき、デバイスがユーザによって起動される毎に、典型的には1時間又は1日当たり数回使用され得る。セキュリティが高い用途は、頻繁な再認証、例えば毎分毎の認証を必要とする場合がある。例えば住宅へのアクセスを制御する指紋センサを装備したドア錠は、1日当たり数回しか使用されない場合がある。

30

#### 【 0 0 4 5 】

あらゆる場合において、エネルギー消費を最小限度に抑えるべく、MUT 指紋IDシステムは使用されるときのみ起動され得る。この起動は、容量式センサ又はMUT アレイ自体によって例えばソフトウェアを用いて制御され得る。MUT アレイ自体によって制御される場合、単一の又は少数のMUT 要素のみが周期的に、例えば毎秒10回起動される。僅かな要素のみが起動されるので、この動作の電力消費は非常に低い（典型的には設計に応じて1 $\mu$ W未満又は1 $\mu$ Wより大幅に低い）。指又は他の対象が検出される場合、指紋パターンを得るべくMUT アレイ全体が起動される。その結果、平均電力消費が非常に低いため、指紋センサは、スマートフォンのような多くの用途でオンスイッチの代わりとなることができ、有効な指紋が他のステップを必要とすることなく認識されるときのみ、MUT 指紋IDシステムがオンされる。この動作モードはユーザに最大限の利便性及びセキュリティをもたらす。

40

#### 【 0 0 4 6 】

CR2032リチウムコイン電池バッテリーに貯蔵されるエネルギーは2000 ~ 3000ジュールであり、数百万回の指紋認識を可能にする。例えば、MUT 指紋IDシステムが1時間に一度使用される場合、デバイスの指紋ID要素に電力を供給するためだけに使用されれば、コイン電池は40年に亘って長持ちする。スマートフォンの電池は桁違いに大きいエネルギー容量を有するので、このようなデバイスにMUT 指紋IDシステムを追加しても、1回の充電当たりの実行時間の短縮は無視できる程度である。

50

## 【 0 0 4 7 】

このような状況を実証するために、本発明者らの内の一部は以下に示すように電力消費を推定した。特定の実施による実際の電力消費は、設計の違いのためこの推定から外れる。しかしながら、この推定は有用な指針を与えて、当業者によって他の状況に容易に適合させられ得る。

## 【 0 0 4 8 】

1 cm × 2 cmの総面積を有する指紋センサを検討する。500dpiの解像度を仮定すると、この指紋センサは200 × 400 の個々のMUT のアレイから構成される。

## 【 0 0 4 9 】

送信段階中のエネルギー消費は、MUT のキャパシタンスの充放電及び電気配線によって決まる。このキャパシタンスは組立て技術の詳細によって決まるが、MUT 毎のキャパシタンスは典型的には1 pF未満であり、1 pFより大幅に低いことが多い。

## 【 0 0 5 0 】

全てのMUT を10Vで4サイクル駆動すると、16 μJ のエネルギーが消費される。用途の要件に応じて、全ての送信器は一度に、順次に又はその中間で起動され得る。エネルギー消費は使用される設計戦略とは無関係である。フェーズドアレイモードでは、複数（例えば21）のMUT が単一のポイントを感知するために起動されるので、エネルギー消費がより高い。

## 【 0 0 5 1 】

受信に必要なエネルギーは、信号の増幅に必要なエネルギー及び信号のアナログデジタル変換に必要なエネルギーから構成される。音波パルスが送信された後の短い期間しか、受信器の起動が必要ないので、エネルギー消費はパワーゲーティングによって著しく下げられ得る。例えば、1500m/s の典型的な音速でトランスデューサから真皮まで300 μm ~ 750 μm進んで戻る音波信号が200 ns ~ 500 ns遅延し、この遅延時間の大部分の間に、受信する増幅器はエコーを受けて増幅する準備ができていなければならない。

## 【 0 0 5 2 】

およそ1GHz の帯域幅の増幅器の平均電力消費が1 mWであると仮定すると、200 × 400 のMUT 全てでエコーを処理するのに必要なエネルギーは40 μJ である。エコーの振幅をデジタル信号に変換するために100MHzで作動する8ビットのアナログデジタル変換器は同様の量のエネルギーを消費する。

## 【 0 0 5 3 】

要約すれば、ビーム形成が使用されない場合、1 cm × 2 cmのMUT アレイで音波信号を送受信してデジタル化するのに必要な総エネルギーは16 μJ + 2 × 40 μJ 、つまり約100 μJ である。ビーム形成では、ビーム当たり起動されるMUT の数に応じてエネルギーは1桁 ~ 2桁大きい。

## 【 0 0 5 4 】

MUT アレイによって得た指紋を処理して識別し、認証するために更なるエネルギーが必要とされる。必要とされるエネルギーのレベルは、使用されるプロセッサ及びアルゴリズムの複雑さによって決まり、効果的に実現するためには典型的には1 mJ未満である。

## 【 0 0 5 5 】

一般化されたシステム設計

最も一般的な場合、MUT 指紋IDシステムは指向性が高い音波パルスを生成し、音波パルスは送信されて異なる音響インピーダンスを有する2つの材料の界面で反射する。超音波トランスデューサとユーザの指が接するセンサの頂面との間に、ヒト組織の音響インピーダンスと同様の音響インピーダンスを有する結合材料が充填される。

## 【 0 0 5 6 】

MUT 指紋IDシステムは指向性が高い音波パルスを生成し、音波パルスは送信されて異なる音響インピーダンスを有する2つの材料の界面で反射する。超音波トランスデューサとユーザの指が接するセンサの頂面との間に、ヒト組織の音響インピーダンスと同様の音響インピーダンスを有する結合材料が充填される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 7 】

ヒトの指紋は、異なる音響インピーダンスを有する隆起及び谷のパターンから構成されているため、反射する超音波の強度に測定可能な差がある。同一のパターンが真皮及び表皮の両方に存在し、表皮の反射はより深い真皮の反射より早く到達し、タイムゲーティングが、センサが真皮の指紋を記録するか表皮の指紋を記録するかを選択するために使用され得る。

## 【 0 0 5 8 】

既存の非超音波指紋センサは表皮の指紋のみを感知し、乾燥している皮膚、湿り気のある皮膚、汚れた皮膚又は油分の多い皮膚によりエラーが生じ易い。MUT 指紋IDシステムは、真皮の指紋が測定可能なことによりこのようなエラー及び制限を回避している。嵩高い圧電トランスデューサに基づく現在市販されている超音波指紋センサと比較して、MUT 指紋IDシステムは、小さなサイズ、容易な組立て、電子機器との容易な一体化、及び機械走査の代わりに電子走査による高速な応答という利点を有する。

10

## 【 0 0 5 9 】

MUT 指紋IDシステムは、以前の超音波指紋センサに必要とされている機械走査を必要としない。センサの一実施形態をPMUTのアレイに基づいて以下に述べる。或いは、CMUTが使用され得る。CMUT及びPMUTの両方は、半導体バッチ組立てを使用して製造される微小電子機械システム(MEMS)デバイスである。

## 【 0 0 6 0 】

各MUT は音波を送受信することができる。音波は以下の通り生成される。電圧が底部電極及び頂部電極に印加されると、トランスデューサ膜が振動して周囲の媒質に音波を生成する。逆に、到達する音波はMUT に運動を発生させて電気信号を生成する。

20

## 【 0 0 6 1 】

図1は、MUT 指紋IDシステムの基本概念を示す。MUT 指紋IDシステムは、検出面2、表皮層23又は真皮層24からのエコーを検出すべく設計されている。

## 【 0 0 6 2 】

表皮層23が、検出面2 に接した表皮隆起4 を有し、表皮隆起接点6 をもたらす場合、検出面2 のこのポイントでは送信波15から戻るエコーは存在しない。従って、表皮隆起4 が検出面2 に接する場合、この検出面から戻るエコーは存在しない(又は非常に弱いエコーのみ存在する)。

30

## 【 0 0 6 3 】

対照的に、検出面2 の上方に表皮谷8 がある場合、表皮谷8 は空気を含んでいる。この場合、送信波15は、検出面2、つまりMEMSチップの表面の空気界面10で非常に強いエコー波16を生成する。

## 【 0 0 6 4 】

空気及び結合材料12間の界面が空気界面10で大きな音響インピーダンスの差をもたらすので、エコー波16が検出面2 で生成される。このポイントでは、送信波14の音は表皮谷8 内の空気を通して伝わらない。その結果、送信波14は、検出面2 で跳ね返りエコー波16として反射して戻る。これは、送信波14がMUT 指紋IDシステム内で機能する第1の方法である。

40

## 【 0 0 6 5 】

検出面2 で選択的に反射する上記の送信波14によって生成される信号に関して、写真用カメラの画像から同様のものを取り出すことができ、そのため、様々な強さのエコー波16がもたらされる。

## 【 0 0 6 6 】

検出面2 の上方に空気がある場合、非常に強いエコーがあるため、この領域は非常に高い信号強度のために、生成される画像で「白く」見える。対照的に、表皮隆起4 が検出面2 に接する場合、この検出面から戻るエコーはないため、この領域は超音波トランスデューサ19によって検出されるように「黒く」見える。

## 【 0 0 6 7 】

50

これらのポイント間に介在する空間、つまり表皮隆起接点6 と表皮 - 空気界面10の頂点との間に介在する空間では、信号は、多くの微細な解剖学的に特有の特徴を含む指紋の三次元組織分布を定める多くの「グレーの濃淡」を生成する。

【0068】

その後、超音波トランスデューサ19によって検出された画像は、上述した三次元画像を生成するために信号処理を受ける。この画像では、表皮 - 空気界面10が高輝度の領域であり、そのため明るく見える。対照的に、音の大部分は表皮隆起接点6 を通って伝わる。音の大部分が表皮隆起接点6 の領域を通して伝わるので、かなり暗くなる。

【0069】

超音波トランスデューサ19によって検出される信号は、隣り合うトランスデューサからの信号をクラスタ化することによりサンプリングされ得る。例として、超音波トランスデューサクラスタ20が、個々では検出すべく十分な信号を受信しない特定の領域をサンプリングし得る。同様に、超音波トランスデューサクラスタ18が、自身に直接戻るエコー波16を完全に調べる。

【0070】

MUT 指紋IDシステムの異なる実施形態では、トランスデューサは異なる方法で音を受ける。しかしながら、MUT 指紋IDシステムの重要な特徴は音源であり、つまりエコーが表面界面から伝わる方法である。従って、表皮を検出するために、トランスデューサが位置する場所は重要ではなく、反射が生じる場所が重要である。

【0071】

図1の右半分を参照して、指紋の三次元撮像のための更なる方法を述べる。MUT 指紋IDシステムを実際に使用する場合、指と検出面2 との間に汚れ22が生じる。例として、この汚れ22は油、ほこり、水又は空気以外のあらゆるものから構成され得る。汚れ22は、指が検出面に置かれる前に検出面2 にある場合があり、検出面2 に置かれる前に指にある場合がある。

【0072】

この場合、音は、汚れ22を含む表皮谷8 を通って真皮層24の反射界面27に達する。隣り合うポイントでは、音は表皮隆起接点6 を通って真皮層24の反射界面25に達する。その結果、表皮層23との第1界面で生成されるエコーはほとんどないか、又は全くない。代わりに、音が真皮層24に伝搬して、真皮ポイントで強いエコー又は弱いエコーが生成される。

【0073】

全体像のために、表皮谷8 の高さは典型的には約75 ~ 150  $\mu\text{m}$  であり、より具体的には約100 ~ 120  $\mu\text{m}$  である。しかしながら、このような寸法は指先の皮膚表面における谷の空気深さを含めて解剖学的構造によって与えられるので、個人によって異なる。真皮と表皮との間の実際の間隔についても同様であるため、このような距離はヒトの身体によって与えられる。

【0074】

トランスデューサアレイとこの第1表面との距離、つまり結合材料の厚さ26は、システムの好ましい目的のために選択されるが、一般的には約50  $\mu\text{m}$  ~ 2 mm、具体的には約50 ~ 500  $\mu\text{m}$ 、より具体的には約100 ~ 300  $\mu\text{m}$  であってもよく、約50 ~ 120  $\mu\text{m}$ 、より具体的には約75 ~ 100  $\mu\text{m}$  のように更に小さくてもよい。

【0075】

場合によってはあらゆる伝搬する音波又は電磁波の分析に、遠距離場領域及び近距離場領域が含まれる。遠距離場撮像が空間に亘る比較的滑らかな変化によって特徴付けられる一方、近距離場撮像は急激な強度変化を示すことが多く、撮像を困難にする。本発明者らの実験で実証されているように、MUT 指紋IDシステムで使用されるトランスデューサは、近距離場領域がない動作波長に対して非常に小さい。このため、MUT アレイの表面に非常に近い集束ビームを形成することが可能になる。

【0076】

図2は、指向性が高い集束音波ビームを達成すべく、トランスデューサのフェーズドア

10

20

30

40

50

レイが使用されたMUT 指紋IDシステムの別の実施形態を示す。夫々のチャンネルに適用される信号の位相遅延を適切に調節することによって、音波ビームの焦点が所望の深度に合わせられる。同一の焦点位置では、より多くのチャンネル、ひいてはより大きな開口を有するアレイが、音波ビームの焦点をより小さな直径に合わせる。しかしながら、あまりにも多くのチャンネルを有するアレイは、電子機器をより複雑にしてより高価にする。

**【 0 0 7 7 】**

MUT 指紋IDシステムのこの実施形態では、トランスデューサのフェーズドアレイを使用して指向性が高い集束音波ビームを達成する。このビーム形成手法では、1グループのトランスデューサが利用されるが、アレイ内のトランスデューサの全てが駆動されるわけではない。代わりに、より小さなグループ、例として1グループ内の10~15のMUT のような約6~16のMUT が駆動される。しかしながら、1つおきのMUT を駆動する(それによって開口を2倍にする)か、又は2つおきのMUT を駆動する(それによって開口を3倍にする)ことによって1グループの開口を増大させて狭い焦点径が達成される。例えばトランスデューサのピッチが150  $\mu\text{m}$  であるとき、40MHz で作動する6つのMUT のアレイの焦点径が50  $\mu\text{m}$  未満であり、750 ミクロンの開口に相当する。しかしながら、場合によっては、以下に述べるように走査のためにMUT 間のピッチをより微細にすることが望ましい。MUT アレイは50ミクロンのピッチで組み立てられることができ、1グループ内の6つのMUT 間の150 ミクロンのピッチが、2つおきのMUT (MUT#: 1, 4, 7, 10, 13, 16) を駆動することにより生成される。或いは、1つおきのPMUT (MUT#: 1, 3, 5, 7, 9, 11) を駆動して1グループを形成する場合、MUT アレイは75ミクロンのピッチを有することができる。

**【 0 0 7 8 】**

従来の超音波指紋スキャナでは、このような走査は機械的である。ここで、MUT 指紋IDシステムの新規の電子走査の実施形態が提供され、この実施形態では、1グループの画素から次のグループの画素に増分的に切り替えてビームを走査する。アレイ内の各MUT 間のピッチは走査運動のステップサイズに等しい。

**【 0 0 7 9 】**

例として、50  $\mu\text{m}$  のピッチによって50  $\mu\text{m}$  のステップサイズでビームを走査することができる。一方上述したように、各MUT グループ内のピッチを拡大して狭い音波ビームを得ることができる。最後に、狭い音波ビーム及び小さな走査ステップの両方を得ることができ、これは後で高い感知分解能及び感知精度に寄与する。

**【 0 0 8 0 】**

MUT 指紋IDシステムのMUT アレイの全長に亘ってビームを走査することができ、MUT アレイの全長は、典型的な指紋センサの用途では約5~20mmである。二次元アレイを使用して2つの軸芯でビームを走査する。或いは、多くの容量式指紋センサで行われるように指がアレイに亘ってスワイプすることができる。スワイプする場合、より小さな数の画素がy軸スワイプ方向に必要である。

**【 0 0 8 1 】**

MUT 指紋IDシステムのこの実施形態では、y軸画素に適用される信号の位相が、ビームの焦点をy軸に合わせるために電子的に制御されるか、又は焦点合わせが円筒状の音響集束レンズを使用して達成され得る。位相をy軸に制御する新規の手段は、画素の底部電極が各行でパターンニングされて接続される行列アドレス指定を使用することである。その結果、信号の位相遅延が各チャンネルに適用されることができ、小さな焦点領域がx軸及びy軸の両方で得られる。

**【 0 0 8 2 】**

図2に示されているように、これらの画像を分離するこの更なる設計戦略は、エコーの伝搬時間に基づいており、どのエコーが最初に到達するかを決めることである。図1に戻って参照すると、短い時間遅延では、エコーは表皮谷8の下で識別可能である。真皮層24から到達するエコーを後で受ける。エコーは更に組織内に伝搬する必要があるため、タイムゲーティングを使用することにより受けるべき画像が選択される。

## 【0083】

同一の指の表皮層23及び真皮層24の両方でデータが収集される。収集される真皮画像がより深く、その結果、時間遅延がより長いのでこのような収集が可能になる。対照的に、収集される表皮画像は、皮膚の表面上にあるかのようにより浅く、その結果、時間遅延がより短い。時間遅延が短い記録で画像が収集されるが、両方は基本的に同時に収集され得る。

## 【0084】

これら2つの画像が融合されて、指紋の最良で最も正確な描画が得られる。2つの画像は同一の情報を含んでいるが、欠けているパッチを有する場合があるので、より完全に組み合わせられた最終データセットが両方のデータセットから収集された情報から得られる。

10

## 【0085】

図2は、MUT 指紋IDシステムのビーム形成設計の実施形態を示す。このビーム形成設計は、類似した医療用撮像分野によってもたらされた。この構成はMUT 24のかなり大きなアレイを有する。MUT はグループで配置されており、2つのグループ26及びグループ28が例として図2に示されている。MUT ピッチ30は隣り合うMUT 24間の距離であり、集束音波ビーム25の走査ステップサイズ32と同一である。励起がグループ26からグループ28に切り替えられると、集束ビームは、MUT ピッチ30と等しいステップサイズ32で増分移動する。グループ内ピッチ34は同1グループ内のMUT 間のピッチである。例として、図2では、グループ内ピッチ34はMUT ピッチ30の4倍と等しい。

20

## 【0086】

MUT ピッチ30によって走査ステップサイズ32が決定される。MUT 指紋IDシステムのある実施形態では、MUT ピッチ30は、約 $10\ \mu\text{m}$  ~  $130\ \mu\text{m}$  であり、具体的には約 $30\ \mu\text{m}$  ~  $60\ \mu\text{m}$  であり、より具体的には約 $48\ \mu\text{m}$  ~  $52\ \mu\text{m}$  であることが可能である。ステップサイズ32が $50\ \mu\text{m}$  である場合、このステップサイズは、刑事裁判の要求レベルでの指紋識別のための500dpiの解像度に相当する。しかしながら、250dpiの解像度の達成には $100\ \mu\text{m}$  のステップサイズが必要なだけである。忠実度の後者のレベルはほとんどのユーザ用の用途で十分受け入れ可能である。明瞭化のため、MUT ピッチ30はアレイ内の隣り合うMUT 24間の間隔であり、同1グループ内のMUT 間の間隔はグループ内ピッチ34である。

## 【0087】

グループ内ピッチ34及びトランスデューサの周波数により、焦点直径が決定される。動作周波数を下げる場合、より大きなグループ内ピッチ34が同一の焦点直径を維持するために必要とされる。焦点直径により画像の横方向分解能が決定され、これは典型的には約 $50\ \mu\text{m}$  で有用である。トランスデューサの周波数に応じて、特定のグループのピッチが $50\ \mu\text{m}$  のスポットサイズを達成するために必要とされる。例として、グループ内に11の要素が存在して、グループ内の要素間のピッチが $100\ \mu\text{m}$  であることが可能である。従って、グループ内ピッチ34は $100\ \mu\text{m}$  である。

30

## 【0088】

このようなMUT 指紋IDシステムの実施形態は、用途に適切な場合に縮小され得る。例として、周波数が40MHz から20MHz に下げられた場合、同一の集束ビームの直径を維持するために、グループ内ピッチ34は $100\ \mu\text{m}$  から $200\ \mu\text{m}$  に2倍になる。これは、グループ内の要素の数を同一に、つまり11に維持する場合である。様々な実施形態のこれらの教示を用いて、当業者はMUT 指紋IDシステムを特定の用途にとって最も有利に調節する。

40

## 【0089】

焦点スポットは、パルス信号をトランスデューサに適用して遅延を変えることにより生成される。ビームの焦点が指-チップ界面でのポイントに合わせられるように、様々な時間遅延がアレイ内の要素に与えられる。焦点スポット25が表皮との第1界面及び真皮とのより深い界面で小さいままであるように、このシステムは十分な焦点深度を与える。焦点スポット25が合わせられると、焦点スポット25は走査処理中合わせられたままである。本発明者らの研究によって、公称設計の焦点深度が約 $1.5\ \text{mm}$ であることを示すプロット図が

50

提供され、この情報は図 1 2 に含まれている。

【 0 0 9 0 】

これらの要素はフェーズドアレイとして駆動され、時間遅延を適切に制御することによりビームが形成される。グループ内の全てのトランスデューサ24が信号を受信する。グループ内の 1 1 の要素は共に機能して音を生成し、これら 1 1 の要素はエコーを検出する。これがビーム形成であり、アレイがフェーズドアレイのように作動することを必要とする。

【 0 0 9 1 】

グループ内のトランスデューサに適用される駆動信号の位相を連続的に変えることによって、出力ビームはある範囲の角度に亘って進むことが可能である。別の設計戦略は、図 2 に示されているように、焦点スポット25をグループの上方の中心にあるポイントで維持して、1グループから次のグループに切り替えてスポットの走査を行うことである。システムがグループ1からグループ2、グループ3に移動して、その後再度元に戻るように、トランスデューサが使用され得る。アレイに亘るスポットの増分移動が、グループからグループに切り替えることにより継続し、走査ステップ25, 36及び38などによってビーム（及び画像が撮像されるポイント）を進めることが可能である。

10

【 0 0 9 2 】

図 3 は、その核となる技術設計が音響効果を使用した非ビーム形成システムであるMUT指紋IDシステムの実施形態を示す。この特定の例では、圧電式マイクロマシン超音波トランスデューサ（PMUT）が利用されている。PMUTは、他のMUTと同様に小さなサイズ、容易な組立て及び電子機器との容易な一体化という利点を有する。

20

【 0 0 9 3 】

MUT指紋IDシステムのPMUTの実施形態は高速応答時間を達成する。このMUT指紋IDシステム設計は機械走査の必要性を省くので、電子的に走査されるライブスキャンモードで機能することができる。

【 0 0 9 4 】

MUT指紋IDシステムのPMUTの実施形態の主な特徴は、電子的なフェーズドアレイのビーム集束手法の代わりに、場合によってはこの手法によって拡張された音波導波路を使用することである。この実施形態では、PMUTのアレイが、指向性が高い音波パルスを生成し、音波パルスは送信されて異なる音響インピーダンスを有する2つの材料の界面で反射する。超音波トランスデューサとユーザの指が接するセンサの頂面との間に、ヒト組織の音響インピーダンスと同様の音響インピーダンスを有する結合材料が充填される。

30

【 0 0 9 5 】

指紋は、異なる音響インピーダンスを有する隆起及び谷のパターンから構成されているため、反射した超音波の強度に測定可能な差がある。同一のパターンが真皮及び表皮の両方に存在する。表皮の反射はより深い真皮の反射より早く到達し、センサが真皮の指紋を記録するか表皮の指紋を記録するかを選択するためにタイムゲーティングが使用され得る。この方法によって、MUT指紋IDシステムのPMUTの実施形態は、既存の光学式指紋センサ及び容量式指紋センサにおける主なエラーの原因である指の汚れ及び乾燥している皮膚、湿り気のある皮膚、汚れた皮膚又は油分の多い皮膚により生じるエラーを妨げるか、軽減する。

40

【 0 0 9 6 】

PMUTアレイの微細なピッチ（約50.8  $\mu\text{m}$  未満）の場合、PMUTアレイのピッチは、500dpiの最終画像解像度を達成するために典型的には50.8  $\mu\text{m}$  より小さい。この解像度は、犯罪捜査のためにFBIによって認証指紋センサに確立された規則である。

【 0 0 9 7 】

PMUTの大きな帯域幅（10MHzを超える）が提供され得る。指紋パターンの高さhはおおよそ75~150  $\mu\text{m}$  である。真皮層及び表皮層からの音響エコー間の重複を避けるために、パルス持続時間tは典型的には2h/c未満である。ここでcは1500m/sであって、組織内の音速である。従って、PMUTの帯域幅は通常、1/t = 10MHzより大きく選択される。

50

## 【 0 0 9 8 】

MUT 指紋IDシステムの様々な実施形態では、PMUTアレイが低い駆動電圧で、理想的には10V未満で十分な音波出力を生成することが望ましい場合が多い。駆動電圧は、約1V～32V、具体的には約2V～15V、より具体的には約3V～8Vの範囲内であり得る。

## 【 0 0 9 9 】

MUT 指紋IDシステムのこのPMUTの実施形態では、音波ビームのビーム幅が典型的には約100 μm未満である。集束音波ビームのサイズにより、指紋検出の精度が定められる。指紋パターン寸法の寸法(約100～300 μmの隆起の幅及び500 μm以下の周期)を考慮すると、約100 μm未満の焦点サイズが隆起と谷との差を認識するために使用される。

## 【 0 1 0 0 】

MUT 指紋IDシステムのPMUTの実施形態の概念は、最も現在市販されている超音波トランスデューサの場合、単一のトランスデューサが利用されると、非常に広いビーム幅が生じることである。この実施形態では、各PMUTからのパルスエコーが個々に測定されるように、導波路40が個々のPMUTの音波出力を制限するために設けられている。

## 【 0 1 0 1 】

超音波が導波路40の内部のみを伝搬し得るように、導波路40は超音波を制限すべく機能する。このため、ビーム幅が全方向ではなく非常に小さくなる。各PMUTトランスデューサ48はカメラの個々の画素のように機能し、個々の導波路の頂部と接する組織の分離した画像を撮像する。送信パルス44の信号が一又は複数のPMUTトランスデューサ48から送信される毎に、各PMUTトランスデューサ48は、結合材料46を通して戻る主に自身のエコー42を受ける。

## 【 0 1 0 2 】

管状の導波路40内に、ヒトの身体組織と同一の又は同様の音響インピーダンスを有する結合材料46が設けられている。以下に述べられているように、この機能に水又は他の流体が使用され得る。しかしながら、ほとんどの場合、固体又はゲルがより適切である。例として、このために適切な音響インピーダンスを有する市販の複数種類のポリジメチルシロキサン(PDMS)がある。

## 【 0 1 0 3 】

PDMSは、シリコンと一般に称される高分子有機シリコン化合物群に属する。PDMSは、最も広く使用されているシリコン系の有機高分子であり、特殊なレオロジー特性(つまり流動特性)で特に知られている。PDMSは光学的に透明であり、一般に不活性で、毒性を示さず、不燃性である。PDMSはジメチコンとも称され、複数種類のシリコン油(重合シロキサン)の内の1つである。PDMSの現在の用途として、コンタクトレンズ、医療機器及びエラストマが含まれる。

## 【 0 1 0 4 】

他の材料が結合材料の対象になり得る。例として、水がヒト組織のインピーダンスと十分同様のインピーダンスを有しているため、この目的のために採用され得る。水の音響インピーダンスとヒトの身体の音響インピーダンスとの差は非常に小さい。しかしながら、一般にほとんどの用途で、考えられる漏出による危険性が最小限度に抑えられるため、結合材料用には、固体材料が液状媒体より適切な設計選択である。従って、PDMSは典型的にこのような用途により実用的である。

## 【 0 1 0 5 】

導波路40の機能として、送信パルス及びエコーパルスは全てこの導波路によって制限される。この設計戦略を使用することにより、送信パルス44及びエコーパルス42の両方が導波路40内にとどまり伝搬しないか、又は隣り合う超音波トランスデューサ48に非常に減衰して伝搬する。その結果、各トランスデューサ48は、自身のエコーパルス42のみを基本的に受信する。その後、トランスデューサ48の内の一又は全てからの相対的なエコーパルス42の時間を夫々比較することにより決定されるエコーの時間遅延50を使用して指紋の完全な三次元画像を得る。

## 【 0 1 0 6 】

この実施形態の他のパラメータは、図1に示されている一般的な例に記載されているパラメータと同様である。例えば、画素毎の表面反射及び真皮反射は同様である。指紋の谷の幅は約100  $\mu\text{m}$  ~ 300  $\mu\text{m}$  の範囲内である。谷の範囲47は典型的には約100 ~ 300  $\mu\text{m}$  の範囲内であり、隆起のピッチ49を表わす。典型的には、指紋の隆起のピッチは約500  $\mu\text{m}$  である。

【0107】

図4は、MUT指紋IDシステムのPMUTの実施形態におけるPMUTアレイの基本構造を示す。各PMUTは音波を送受信することができる。電圧が底部電極及び頂部電極に印加されると、トランスデューサ膜が振動して周囲の媒質に音波を生成する。逆に、到達する音波はPMUTに運動を発生させて電気信号を生成する。中心周波数が約30MHzより大きく、ピッチが約50  $\mu\text{m}$ より小さいPMUTがある用途では有用である。

10

【0108】

2  $\mu\text{m}$ のSi及び0.5  $\mu\text{m}$ のAlNの積層体から形成されたPMUTに関して本発明者らの一部によって行われたシミュレーション結果が表1に示されている。中心周波数が厚さと直径の逆二乗とに略直線的に比例するので、直径を夫々35  $\mu\text{m}$ 及び42  $\mu\text{m}$ に40%大きくすることによって、同一の周波数が5  $\mu\text{m}$ の厚い膜で達成され得る。

【0109】

【表1】

Siの厚さを2  $\mu\text{m}$ 、AlNの厚さを0.5  $\mu\text{m}$ であると仮定して  
シミュレートされたPMUTの特性

20

	直径 ( $\mu\text{m}$ )	中心周波数 (MHz)	帯域幅 (MHz)	受信感度SR ( $\mu\text{mV/Pa}$ )	送信感度ST ( $\text{kPa/V}$ )
タイプ1	25	46.4	46	0.13	2
タイプ2	30	30.5	26	0.21	2

【0110】

提案された指紋センサを携帯機器に使用するために駆動電圧が小さいことが望ましい。必要な駆動振幅は、以下の通り概算される。(100  $\mu\text{m}$ 以下の)短い音波経路長に亘って、吸収損失及び散乱損失が無視でき(0.5 dB以下)、透過損失は選択された界面の反射率Rによって決まる。真皮層と表皮層との音響インピーダンスの差がより小さいので、表皮-真皮界面は表皮-空気界面より小さな音響エコーを生成する。

30

【0111】

これら2つの層に音速として1595m/s及び1645m/sを使用すると、反射率Rは0.015である。シミュレートされた受信感度及び送信感度が表1に示されており、SRは0.13  $\mu\text{mV/Pa}$ であり、STは2  $\text{kPa/V}$ であり、10Vの駆動入力では真皮エコーからの予想される信号レベルは39  $\mu\text{V}$ である。50MHzの前置増幅器の帯域幅に亘って7  $\mu\text{V}$ のRMS入力に関する雑音を仮定すると、予想されるS/N比はおよそ15dBである。この推定は控えめであり、所望の撮像フレームレート(100fps未満)は、実測帯域幅が第1の増幅段の帯域幅より桁違いに小さいことを意味する。更に、並列に駆動される複数のトランスデューサを使用したフェーズドアレイ技術はS/N比を更に増大させ得る。

40

【0112】

図4は、図3に示されたデバイスのための可能な一構造を示す。ここで、ウエハボンディング52が、トランスデューサのための連結部及び固定部の両方として機能する。ウエハボンディング52はCMOSウエハ54上に設けられている。システムのための回路がCMOSウエハ54内に設けられている。PMUTは、典型的にはシリコンから構成されているMEMSウエハ56に設けられている。トランスデューサ58はCMUTであっても、PMUTであってもよい。導波路が、シリコンのMEMSウエハに管をプラズマエッチングすることによって形成されてもよい。続いて、導波路にPDMS又は他の結合材料を充填するために後製作工程を行う。

【0113】

50

ウエハボンディング52は固定して、CMOSウエハ54及びMEMSウエハ56間の電気接続部として更に機能する。MUT 毎に、典型的に金属から構成されている頂部電極60が設けられている。トランスデューサがCMUTであるとき、頂部電極60及び底部電極62は、空気充填の間隙又は真空充填の間隙によって分離されている。図4は、頂部電極60及び底部電極62間に圧電層66を備えたPMUTを示しており、圧電層66の下に不動層64が設けられている。頂部電極60及び底部電極62に交流電圧を印加することにより、PMUTの膜構造が振動して導波路40内に伝搬する超音波を生成する。

【0114】

図5は、ステップ1～5に示されているMUT 指紋IDシステムのための典型的な組立て工程の流れ図である。参考のために、図5に示されている方向は、同一の特徴の内の多くを共有している図4に示されている方向から反転されている。これは、この方向が使用中ではなく製造中の方向であるためである。

【0115】

組立て工程のステップ1は、空洞70を含む下部構造としての空洞SOI 72を示す。このスタイルのウエハは、予め作られた状態で鋳造所から入手可能である。この場合、このウエハは空洞SOI と称される。

【0116】

代替手法では、空洞を、ウエハボンディングと共に構築工程の一部として形成する。ステップ1の空洞SOI 72の示された要素として、シリコン酸化物層74が、デバイスシリコン層76とシリコン基板層78との間に配置されている。

【0117】

組立て工程のステップ2では、デバイスシリコン層76の表面に、典型的には(BE)Pt/Tiから構成された底部電極62の層及び圧電層66を成膜する。

【0118】

組立て工程のステップ3では、典型的にはウェットエッチングを使用して圧電層66をピアエッチング78し、底部電極62を開口する。

【0119】

組立て工程のステップ4では、圧電層66の縁部にキャパシタンス低下層80の酸化物成膜及びパターニングを行う。このステップでは、もう1つの層のみ、つまり頂部電極をパターニングされた材料から形成する。

【0120】

組立て工程のステップ5では、金属層82のアルミニウム膜を成膜して、頂部電極60及び底部電極62を形成する。この金属層が底部電極に接続して底部電極62の一部になるように、この時点で圧電層を開口していることが重要である。

【0121】

図6は、MUT 指紋IDシステムにCMUTトランスデューサを採用する際に特に有用なシステム構造を示す一般化された図である。しかしながら、この構造には、状況次第でPMUTトランスデューサが採用され得る。図6のデバイスの構造には、図4に示されている実施形態とは対照的に空洞が設けられていない。しかしながら、これらのデバイスの両方の頂部の構造は同様である。

【0122】

先に記載された実施形態と同様に、図6に示されているように、この設計には固定部52、頂部電極60及び底部電極62が含まれている。しかしながら、真空充填の間隙又は空気充填の間隙70が頂部電極60及び底部電極62を分離している。頂部電極60を覆う任意の電気絶縁層68が図6に示されている。交流電圧が頂部電極及び底部電極間に印加される場合、ここでも、頂部電極60と共にこの電気絶縁層68が振動し始める。図4のように、電気絶縁層は振動する活性層である。頂部電極60と共に電気絶縁層68は更に超音波を放射する。その結果、これらの実施形態はほとんど同じように見えるが、MUT の構造において異なる。従って、これらの実施形態は同一の機能を達成するが、異なる手法で達成する。

【0123】

10

20

30

40

50

図7は、異なる位相遅延を有するMUT 指紋IDシステムの電気制御及びシステムの例を示す。同一の列のPMUT全てが同一の頂部電極（青色線）を共有する一方、全てのPMUTの底部電極が局所的な前置増幅器又は緩衝回路72に接続するように、PMUTアレイ71がパターンニングされている。これは、例えば回路ウエハ及びMEMSウエハ間のピン配列のウエハボンディングによって、又は同一のダイス型での回路及びMEMSを可能にする一体式の工程によって行われ得る。

#### 【0124】

送信モードでは、高電圧ドライバ73が、遅延が制御され得る一連のパルスを送信する。一方、アレイの各セル内のスイッチ74が回路を介して閉じられる。従って、PMUT75は励起され、頂部電極での適用された信号の位相遅延によって決定された遅延を有するパルスを送信する。

10

#### 【0125】

方法1では、ビーム形成が必要ではなく、従って、毎回列の内の1つのみ、例えば列jが高電圧ドライバで励起される。従って、その列の全てのPMUTが励起される。受信するとき、列が回路によって選択されて、スイッチ75が列jの全てのセル間で閉じられる。従って、PMUTの信号は緩衝回路76によって増幅されてバッファリングされ、指紋画像を得るべくデータ処理ユニット77に送られる。データ処理ユニットは、指紋画像を生成するために必要なデータ変換器、可変利得増幅器、デジタルビーム形成器及び他のハードウェアを含んでもよい。

#### 【0126】

ビーム形成法では、図2に示されているようなX方向のビーム形成を行うために、異なる位相遅延が異なる列に適用される。増分走査を行うために、適用される遅延が高電圧ドライバ間で変えられる。Y方向のビーム形成は、異なる行からのデータを用いてデータ処理ユニットによって行われる。受信方式及び制御は方法1と同様である。

20

#### 【0127】

MUT 指紋IDシステムを可能にするユーザ製品

MUT 指紋IDシステムは、既存のユーザ製品の設計への組込みに理想的に適しており、後で採用される際には固有の機能性を備えた完全に新しい製品を可能にする。かつてないほどの小さなサイズ、堅牢な固体構造、及び現在の指紋IDシステムより桁違いに低い単位当たりのコストは、個人用電子デバイス、多くの他のユーザ用製品及びエントリ有効化デバイスに対して斬新な影響を与えて個人識別性能の新時代を開く。

30

#### 【0128】

光の相当物とは異なり、超音波は不透明な試料を通して伝搬することができるので、ほとんどの材料は超音波透過性である。従って、MUT 指紋IDシステムは、標準化された外観を維持しながら、既存の個人用電子機器の表面を可能にし得る。場合によっては、デバイスの回路への電気接続を簡素化するために、識別面が、カメラレンズ、スピーカ又はマイクロホンのようなデバイスの他の機能面と対にされる。インターネット対応の対象物が、他のものがデバイスでプログラムされている間に、認証された指紋を遠隔に有することが可能である。

#### 【0129】

コンピュータアクセス認証

MUT 指紋IDシステムは電子認証に斬新的な進歩をもたらし、コンピュータの数値及びアルファベットのパスコードに継ぐものである。MUT 指紋IDシステムは、特にコンピュータのファイルユーザ名、パスワード、パスコード及びパラフレーズの代わりとなる。MUT 指紋IDシステムは、十分高いセキュリティレベルを提供することに加えて、コンピュータ及びインターネットのユーザの負担を大幅に減らす。

40

#### 【0130】

MUT 指紋IDシステムは、オンライン及び他のコンピュータファイルアクセスにかつてないほどの個人認証レベルを提供する。更にユーザは、アクセスを必要とする多くのシステムの多様なパスワード要件の現在の厄介なシステムから解放される。パスワードセキュリティ

50

ティの不確実性のために、あるシステムは、新たなパスワード及び複雑なパラフレーズを定期的に生成することを更に必要とする。その結果、多くのパスワードが物理的なコンピュータに実際に書き込まれて置かれ、パスワードの機密の意図を無効にする。

【 0 1 3 1 】

MUT 指紋IDシステムの生体測定の質により、コンピュータのパスコードより遥かに優れた認証が提供される。フィッシングのような詐欺によってハッキングされ得るか取られ得るコードとは異なり、MUT 指紋IDシステムによって可能になる複雑でスマートな認証は堅牢で安全である。以前の指紋識別システムとは対照的に、MUT 指紋IDシステムは、明瞭な組織分布的なスタイルマップで指紋の隆起の深さ及びピッチを分析する性能を有する。更に、通常真皮層及び表皮層の超音波特性は偽造を企てても再現するのが非常に困難である。従って、MUT 指紋IDシステムに有効な指紋の偽物を生成することが、不可能ではないにしても非常に困難である。

10

【 0 1 3 2 】

セキュリティレベルに適切な様々なレベルのパスワードの複雑さがあるので、指紋認証の等級付けによって、システムのより大きな柔軟性が適切に可能になる。刑法の識別目的に必要なレベルより低いレベルでの部分的な指紋の認識又は解像度が、MUT 指紋IDシステムの多くの用途に適切に提供され得る。

【 0 1 3 3 】

対象物が自由な電子財布

コンピュータの使用用途に加えて、その初期導入中にMUT 指紋IDシステムは、バンクカード及びクレジットカードのような物理的な対象物と協調してピンコード及びパスコードの代わりとなる。より広い採用が進むと、MUT 指紋IDシステムは、個人があらゆるタイプの財布又は鍵を持ち運ぶ必要性を省く。

20

【 0 1 3 4 】

このようなMUT 指紋IDシステムが採用される後期段階では、バンクカード、クレジットカード、運転免許証、パスポート及び他の物理的な識別/アクセスデバイスがクラウドコンピュータの形態で保持されて、MUT 指紋IDシステムによって可能になるより安全なバイオメトリック認証によってアクセスされる。公共輸送機関のアクセスカードが指タッチと置き換えられる。

【 0 1 3 5 】

対象物が自由な電子鍵

MUT 指紋IDシステムは、鍵を全く必要としない認証エントリの性能を初めて提供する。MUT 指紋IDシステムが広く採用されるにつれて、住宅及びオフィスへのエントリ並びに自動車へのエントリ及び操作も、指タッチにより適切な人物にこれらの領域が開放されるので、物理的な「鍵」を必要としない。MUT 指紋IDシステムのこの固有の性能は、財布又は鍵を忘れたか、置き忘れたか又は盗まれた場合に特に有利である。

30

【 0 1 3 6 】

MUT 指紋IDシステムは、従来の金属の鍵又は電子鍵のいずれも必要としない。現在市販されているシステムに特有の不正なエントリを提供する紛失又は盗難の危険性が著しく低下するか又は排除される。悪天候における利便性のために、指先のクローキング解除を有する手袋又は薄い超音波透過性の手袋の指先が採用され得る。

40

【 0 1 3 7 】

MUT 指紋IDシステムの一実施形態では、エントリを可能にするために、認証された個人が使用可能キーパッドに触れる。採用の初期段階では、MUT 指紋IDシステムは、最初に改造することにより現在の電子鍵パッドを置き換えて、最も安全な建物エントリがこのように提供される。

【 0 1 3 8 】

採用の後期段階では、施錠された領域への個人のエントリが、MUT 指紋IDシステム対応のドアの取っ手を単につかむことにより達成される。この実施形態では、MUT 指紋IDシステムの検出面は、規格のドアの取っ手の表面に埋め込まれ得るか、又はハンドル本体と

50

同様の装飾的な金属の薄い層で覆われ得る。しかしながら、MUT 指紋IDシステムの検出面は摩耗及び天候の問題に対して非常に堅牢であり、薄い金属のベニヤ板又は塗料の被覆層が好ましいテクスチャの外観のためにのみ設けられる。

【 0 1 3 9 】

電子的に起動するドアの場合、認証された個人は、MUT 指紋IDシステムのキーパッドを含むドア面に単に触れて、ドアが電子的に起動して開くことによりエントリが可能になる。認証及びエントリは単一の動作で提供され、従来の金属の鍵又は電子鍵のいずれも必要としない。

【 0 1 4 0 】

個人の手がエントリハンドルをつかむと、システムは個人を自動的に認証して、ハンドルが回されるまでにドアは解除されて開かれる。このように、エントリは単一の動作で許可される。建物への隔離されたエントリ又は深夜のエントリのために、エントリに必要な時間の削減が犯罪活動の危険性を最小限度に抑える。

10

【 0 1 4 1 】

認証された個人が建物に入ると、室内のドアが同様に有効化してエントリを許可し得る。従って、建物内の様々な部屋へのエントリレベルが適切に割り当てられ得る。例として、保守管理人が電源室へのエントリ認証を有し、清掃人がユーティリティ室へのエントリ認証を有し、幹部が特定のオフィス及びファイル室へのエントリ認証を有する。認証された個人が正確な階へのアクセスのために適切なエレベータボタンに触れると、特定の階へのエレベータでのアクセスが認証された個人に同様に制限され得る。必要に応じて、遠隔認証が提供され得る。

20

【 0 1 4 2 】

信頼された個人の電子鍵認証

MUT 指紋IDシステムは、選ばれた個人による対象物の以前には利用不可能なレベルのアクセス認証を提供する。インターネット対応の対象物の場合、MUT 指紋IDシステムによって可能にされるような内密で特定の限られた期間を指定する選択肢を有して、信頼された個人へのエントリが遠隔で提供される。

【 0 1 4 3 】

場合によっては、アクセスされる対象物がインターネット対応である必要がない。この場合、必要な指示をエントリ特徴に与えるために物理的接触が必要である。これは、MUT 指紋IDシステムを初期に採用する際の主な用途である。

30

【 0 1 4 4 】

しかしながら、インターネット対応の対象物は、MUT 指紋IDシステムによって非常に広い範囲の認証性能を提供する。例として、テスラ自動車はインターネット対応の対象物である。いずれは、インターネット対応の性能は、より標準的な個人用自動車の将来のモデルで利用可能になるであろう。

【 0 1 4 5 】

以前、車両ドアに触れる又はスティックシフトハンドルをつかむなどの自動車のエントリ及び操作のために同様の性能を有する努力が、視覚的な指紋ID技術を使用して試みられている。上述したような制限により、これらは広く採用されていない。

40

【 0 1 4 6 】

この実施形態では、アクセス認証者は、信頼された個人から直接又はインターネット送信を介して電子指紋を電子的に受信する。その後、アクセス認証者は、信頼された個人の指紋識別を受けてインターネット対応の対象物へのアクセスを受信することができる。認証された指紋はインターネット対応の対象物に遠隔で送信される。このようにして、信頼された個人は、インターネット対応の対象物への適切なレベルでのアクセスが可能になる。アクセスの場所及び時間の両方が制限され得る。

【 0 1 4 7 】

MUT 指紋IDシステムによって可能になる例として、親が、特定の目的のために十代の子供にファミリーカーへのアクセスを与えることができる。このような認証は、特定の期間

50

内に頼んだ雑用を完了できるようにすべく与えられてもよい。階層化されたアクセスを提供することができ、つまり、自動車に入るための認証、イグニッションを開始して自動車を運転するための認証を提供することができる。許可された時間の後、親が許可したアクセスが失効するように設定することが可能である。必要な場合、子供は親に時間延長を電子要求することができる。ノンドライバー又は運転すべきではない人には、自動車本体を利用可能にすることなく、個人の物を取るためにトランクへのアクセスが提供され得る。

#### 【0148】

同様にMUT 指紋IDシステムは、家主が、予定の期間に修理又は他の仕事を完了するために特定の保守管理人に、時間が制限された特定の個人エントリ資格を与えることを可能にする。予め認証された建物エントリの時間が、必要に応じて遠隔で延長され得る。或いは、仕事の完了のための設定期間及び後でのエントリ資格の失効と共に、最初のエントリのためのより長い期間が提供され得る。必要に応じて、アクセスが遠隔で延長され得る。例として、配送者に、小包を安全に置くために家のエントランスホールへの一時的なアクセスが提供され得る。

10

#### 【0149】

ここでも、セキュリティレベルに適切な様々なレベルのパスワードの複雑さがあるので、指紋認証の等級付けによって、システムのより大きな柔軟性が適切に可能になる。刑法の識別に必要なレベルより低いレベルでの部分的な指紋の認識が、MUT 指紋IDシステムの多くの用途に適切に提供され得る。

#### 【0150】

個人の安全性強化及び犯罪抑止

スマートフォンの盗難は今や都市部の主な懸念事項であり、例として、アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サンフランシスコでの盗難の半分以上を示している。これらの電話が正しい指紋認証の際にのみ使用できるようにすれば、これらの犯罪発生率は50%下がる。MUT 指紋IDシステム対応のスマートフォンは泥棒には価値がなく、犯罪発生率を大幅に下げる。

20

#### 【0151】

子どもの安全性のための用途では、清掃用品、薬物及びアルコール飲料/たばこのキャビネットの扉がMUT 指紋IDシステム対応であり得る。このようにして、幼い子どもが危険物へのアクセスから保護され、安全性のレベルが改善される。MUT 指紋IDシステムの使用によって、未成年の家族の一員は、家族のたばこ及びアルコール品へのアクセスを与えられない。

30

#### 【0152】

MUT 指紋IDシステムは、火器への適切に制限されたアクセスを提供すべく、First Alert 6742DF, Fire Resistant Executive Gun Safe, Homak Electronic Lock Pistol Box及びElite Jr. Executive Fire Resistant Gun Safeのようなデジタル式銃器庫の設計に含まれ得る。多くの火器による死がこれらの武器にアクセスする子ども達によるものであるので、MUT 指紋IDシステムはこのような死の低下に寄与する。更に、MUT 指紋IDシステムの要素は、未登録の火器を無秩序に犯罪に使用することを付随して減らして盗難に対するより大きな安全装置を構成する。

40

#### 【0153】

火器がインターネット対応の対象物として設計されているので、火器の事故を制限するMUT 指紋IDシステムの安全面が拡張される。現在、そのためにXシステムが、特にRrarmsによるcatmedwid/10000LOCKのようなデジタル式引き金ロックに含まれ得る。更なるインターネットの接続性がthe Tracking PointXactSystem Precision Guided Firearmのような銃に提供されるので、銃の不正使用を制限する機会が更に多くなる。

#### 【0154】

MUT 指紋IDシステムは、引き金の指紋からユーザの身元を検出することによりフェールセーフ用心金として使用され、銃の使用をロックし得る。より伝統的な使用では、「ブラックボックス」が飛行機の墜落後に情報を得るために使用されるように、犯罪活動中の銃

50

のユーザを識別するための指紋ファイルが夫々の銃に与えられ得る。

【 0 1 5 5 】

出入口が開いた解錠状態にある間、無許可の人物が建物に入ってくる時、MUT 指紋IDシステムは適切な機関及び予想される被害者に警告するために使用され得る。例えば、家庭内暴力の状況では、裁判所の接近禁止命令下の乱暴な配偶者がドア面への接触から建物に入ることが識別され得る。その後、起こり得る差し迫った脅威を知らせるために、電子警報が予想される被害者及び建物のセキュリティに送信される。侵入者の位置が、室内ドアへの接触を通じて追跡され得る。同様に、デイケア施設では、養育権を持たない家族の一員がドアで識別されて、子供の誘拐が起こり得る脅威に関する電子警報が保育者に送信され得る。

10

【 0 1 5 6 】

使用可能な個人用電子デバイス

MUT 指紋IDシステムの感知面が組み込まれ得る個人用電子デバイスには複数の表面が存在する。個人用電子デバイスのケースは、MUT 指紋IDシステムの感知面として最適な位置である。個人用電子デバイスの他の目的では十分に利用されていないこのような外部領域は、MUT 指紋IDシステムを設置するための表面利用可能鍵を提供する。

【 0 1 5 7 】

カメラポート、タッチキー、ピュースクリーン及び他の個人用電子インターフェース要素とは異なり、MUT 指紋IDシステムのタッチパッド表面は、摩耗、流体、ほこり、掻き傷に対して十分堅牢であり、汚れたフィルム及び他の汚れを介しても有効に機能し得る。通常の使用による摩耗及び掻き傷は、機能性にほとんど影響を与えないか又は全く与えない。表面の構造的統合性及びその引張強さにより、表面が設けられているデバイスケースの全体的な統合性の妥協が回避される。

20

【 0 1 5 8 】

MUT 指紋IDシステムのタッチパッドをあるレベルで保護するために、場合によっては、この表面がケースの全面から僅かに内部に窪んでいてもよい。ケース材料の大部分と調和させるように、MUT 指紋IDシステムの表面に美観性に優れた薄い被覆層が設けられる場合、この僅かな窪みはタッチパッドの場所に関してユーザに手掛かりを与える。

【 0 1 5 9 】

多くの設計では、MUT 指紋IDシステムの認証はユーザがデバイスを単に手に取るだけで達成される。そのため、デバイスが使用のために自然につかまれる場所に感知面が有用に設けられる。場合によっては、このような感知面は、ユーザがデバイスを開くか保持するためにつかむ面である。

30

【 0 1 6 0 】

現在のiPad, iMac及び他のアップル製品のような金属の外側ケースを有する個人用電子デバイスの場合、MUT 指紋IDシステムは表面に取り付けられることができ、制御チップへの接続性は導電性のケース材料によって達成される。硬質プラスチック又は他の非導電性のケース材料が個人用電子デバイスのケースに採用される場合、回路を有効にするマザーボード又はインターネットへの接続が必要であるが、この接続は、共に設けられる表面デバイスの特徴と共に容易に達成され得る。

40

【 0 1 6 1 】

個人用電子機器は広く様々な製品を表す。更に、携帯電話の性能を備えたタブレット、小型タブレットとして機能する大きな画面を有する携帯電話、携帯電話の構成及びタブレットの構成の両方におけるブラックベリー型の性能のように製品のタイプは交差する。単一のデバイスに組み合わせられる場合又は別々に設けられる場合の両方でこのような実質的に全ての製品は、MUT 指紋IDシステムがこれらの設計に組み込まれるときに価値及び多様性を大幅に高める。

【 0 1 6 2 】

MUT 指紋IDシステムは、入力を要求して、形式及び複雑さについて独自の固有の要件を夫々有する複数のパスワードを思い出すという現在の不便さ無しに、複数のソフトウェア

50

性能及びファイルへのエントリを許可することができる。代わりに、このようなシステムは、システムへの正当なユーザアクセスを妨げずに十分高いレベルの認証を行う。現在、ソフトウェアウイルスは通常の煩雑なアクセスコードを復号することが多い。従って、セキュリティ及び使用の容易さの両方がMUT 指紋IDシステムによって可能になる。

【 0 1 6 3 】

MUT 指紋IDシステムは、標準的な携帯電話に有用に組み込まれる。「スマートフォン」に組み込まれるときにも、MUT 指紋IDシステムは重要な特徴になる。MUT 指紋IDシステムの小さなサイズ、非常に低いコスト及び堅牢なソリッドステート構造のため、MUT 指紋IDシステムはスマートフォンでの使用に特に有利である。

【 0 1 6 4 】

MUT 指紋IDシステムの特徴のコストは用途及び単位数に応じて変わる。場合によっては、MUT 指紋IDシステムが他のデバイスの特徴と共に実施される場合、コストは無視できる。場合によっては、単位当りのコストは、現在の約0.03USドル～2 USドル、具体的には現在の約0.05USドル～1 USドル、より具体的には現在の約0.10USドル～0.50USドルである。

【 0 1 6 5 】

携帯電話

MUT 指紋IDシステムを組み込むことにより改良され得る現在市販されている広く使用されるスマートフォンの例として、特に、BlackBerry Q10, BlackBerry Z10, Sony Xperia Z, Samsung Galaxy Nexus, Samsung Galaxy S3, Samsung Galaxy Note 2, Samsung Galaxy S4, HTC First, HTC Windows Phone 8X (Windowsは登録商標である), HTC Evo 4G LTE, HTC One X, HTC One X+, HTC Droid DNA, HTC OneApple iPhone 4S, iPhone 5, LG Optimus G, Nexus 4, Nokia Lumia 920, Motorola Droid Razr Maxx HDがある。

【 0 1 6 6 】

MUT 指紋IDシステムが設けられるべく変更され得る他のスマートフォンとして、特に、Acer Allegro, Acer beTouch E110, Acer beTouch E130, Acer beTouch E140, Acer DX900, Acer neoTouch, Acer X960, Adaptxt, Android Dev Phone, Baidu Yi, BenQ P30, BlackBerry Porsche Design P'9981, BlackBerry Torch, BlackBerry Torch 9800, BlackBerry Charm, BlackBerry Electron, BlackBerry OS, BlackBerry Pearl, BlackBerry Q10, BlackBerry Q5, BlackBerry Quark, BlackBerry Storm, BlackBerry Storm 2, BlackBerry Style, BlackBerry Tour, BlackBerry Z10, Carrier IQ, Casio G'zOne Commando, Celio Technology Corporation, Comparison of Android devices, Curzon Memories App, CyanogenMod, Dell Streak, Dell Venue Pro, Digital Ocean, Droid Charge, Droid Incredible, Droid Pro, Droid X, FairPhone, Neo 1973, Neo FreeRunner, Find My Phone, Fujitsu Toshiba IS12T, Galaxy Nexus, Garmin Nuvifone, GeeksPhoneKeon, GeeksPhone One, GeeksPhone Peak, Genwi, Google Experience device, Google Nexus, Greenphone, H1droid, Helio Ocean, Hiptop Included Software, Hookflash, HP Veer, HTC 7 Mozart, HTC 7 Pro, HTC 7 Surround, HTC 7 Trophy, HTC Advantage X7500, HTC Butterfly S, HTC Desire, HTC Desire 600, HTC Desire HD, HTC Desire S, HTC Desire Z, HTC Dream, HTC Explorer, HTC HD7, HTC Hero, HTC Legend, HTC Magic, HTC One, HTC Radar, HTC Raider 4G, HTC Rhyme, HTC Sensation, HTC Sensation XL, HTC Smart, HTC Tattoo, HTC Titan, HTC Titan II, HTC Touch 3G, HTC Touch Viva, HTC Wildfire, HTC Wildfire S, HTC Windows Phone 8S, HTC Windows Phone 8X, Huawei IDEOS U8150, Huawei Sonic, Huawei STREAM X GL07S, Huawei U8230, Huawei U8800, Huawei u8860, I-mate 810-F, IBM Notes Traveler, IBM Simon, Intel AZ210, IOS, iPhone, Iris 3000 Videophone, JavaFX Mobile (Javaは登録商標である), Jolla (携帯電話), Kyocera 6035, Kyocera Echo, Kyocera Zio, LG enV Touch, LG eXpo, LG GT540, LG GW620, LG Intuition, LG LU2300, LG Optimus 7, LG Optimus Chat, LG Optimus Chic, LG Optimus One, LG Optimus Vu, LG Quantum, LG VS740, LiMo Foundation, LiMo Platform, Mobilinux, MeeGo, Meizu M8, Meizu M9, Meizu MX, Micromax Canvas 2 A110, Micromax Canvas 2 Plus A110Q, Micromax Canvas HD A116, Micromax Ninja A89, Momentem, Motodext, Motorola

10

20

30

40

50

a A1000 , Motorola A760 , Motorola A780 , Motorola A910 , Motorola A925 , Motorola Atrix 2 , Motorola Atrix 4G , Motorola Backflip , Motorola Calgary , Motorola Defy , Motorola Devour , Motorola Flipout , Motorola i1 , Motorola Milestone XT720 , Motorola Ming , Motorola Photon , Motorola Photon Q , N-Gage QD , N100 ( 携帯電話 ) , Nexus 4 , Nexus One , Nexus S , Ninetology Black Pearl II , Ninetology Insight , Ninetology Outlook Pure , Ninetology Pearl Mini , Ninetology Stealth II , Nirvana Phone , Nokia 3230 , Nokia 3250 , Nokia 3600/3650 , Nokia 500 , Nokia 5230 , Nokia 5250 , Nokia 5500 Sport , Nokia 5530 XpressMusic , Nokia 5800 XpressMusic , Nokia 603 , Nokia 6110 Navigator , Nokia 6210 Navigator , Nokia 6290 , Nokia 6600 , Nokia 6620 , Nokia 6630 , Nokia 6650 fold , Nokia 6670 , Nokia 6680 , Nokia 6700 slide , Nokia 6710 Navigator , Nokia 6760 Slide , Nokia 700 , Nokia 701 , Nokia 7610 , Nokia 7650 , Nokia 7700 , Nokia 7710 , Nokia 808 PureView , Nokia 9210 Communicator , Nokia 9300 , Nokia 9500 Communicator , Nokia Asha 302 , Nokia Asha 303 , Nokia Asha 311 , Nokia Asha 501 , Nokia C5-00 , Nokia C5-03 , Nokia C6-01 , Nokia C7-00 , Nokia Communicator , Nokia E5-00 , Nokia E50 , Nokia E51 , Nokia E52 , Nokia E6 , Nokia E60 , Nokia E63 , Nokia E65 , Nokia E66 , Nokia E7-00 , Nokia E70 , Nokia E72 , Nokia E75 , Nokia E90 Communicator , Nokia Lumia , Nokia Lumia 620 , Nokia Lumia 800 , Nokia Lumia 810 , Nokia Lumia 820 , Nokia Lumia 822 , Nokia Lumia 900 , Nokia Lumia 920 , Nokia Lumia 925 , Nokia N70 , Nokia N71 , Nokia N72 , Nokia N73 , Nokia N75 , Nokia N76 , Nokia N78 , Nokia N79 , Nokia N8 , Nokia N80 , Nokia N81 , Nokia N82 , Nokia N85 , Nokia N86 8MP , Nokia N9 , Nokia N90 , Nokia N900 , Nokia N91 , Nokia N92 , Nokia N93 , Nokia N93i , Nokia N95 , Nokia N950 , Nokia N96 , Nokia N97 , Nokia X5 , Nuvifone A50 , O2 Xda , Ogo ( 携帯機器 ) , OpenEZ , Openmoko Linux ( Linuxは登録商標である ) , OPhone , Palm (PDA) , Palm Centro , Palm Pixi , Palm Pre , Pantech Vega Racer , Pogo Mobile and nVoy , Samsung Ativ S , Samsung B7610 , Samsung Behold II , Samsung Focus , Samsung Focus 2 , Samsung Focus S , Samsung Galaxy , Samsung Galaxy Ace , Samsung Galaxy Ace Plus , Samsung Galaxy Core , Samsung Galaxy Fit , Samsung Galaxy Gio , Samsung Galaxy Mini , Samsung Galaxy Note , Samsung Galaxy Note II , Samsung Galaxy Note III , Samsung Galaxy Pocket , Samsung Galaxy Prevail , Samsung Galaxy S Duos , Samsung Galaxy Y DUOS , Samsung Galaxy Y Pro DUOS , Samsung GT-B7320 , Samsung GT-B7330 , Samsung i5500 , Samsung i5700 , Samsung i5800 , Samsung i7500 , Samsung i8000 , Samsung i8910 , Samsung Minikit , Samsung Omnia 7 , Samsung Omnia W , Samsung Replenish , Samsung SGH-i300 , Samsung SGH-i900 , Samsung SPH-i300 , Samsung SPH-i500 , Samsung SPH-M810 , Samsung SPH-M900 , Samsung Wave 575 , Shots On-Line , Siemens SX1 , Siemens SX45 , Smartphone , Smartphone addiction , Smartphone wars , Soft Input Panel , Sony Ericsson Live with Walkman , Sony Ericsson P1 , Sony Ericsson P800 , Sony Ericsson P900 , Sony Ericsson P910 , Sony Ericsson P990 , Sony Ericsson Satio , Sony Ericsson Vivaz , Sony Ericsson Xperiacro , Sony Ericsson Xperia Arc , Sony Ericsson Xperia arc S , Sony Ericsson Xperia mini , Sony Ericsson Xperia Mini Pro , Sony Ericsson Xperia neo , Sony Ericsson Xperia neo V , Sony Ericsson Xperia pro , Sony Xperia , Sony Xperia E , Sony Xperia M , Sony Xperia SP , Sony Xperia Z , Sony Xperia ZL , Spice MI-335 (Stellar Craze) , Spice Stellar Nhande Mi-435 , Super LCD , Symbian , T-Mobile myTouch 4G , T-Mobile myTouch 4G Slide , T-Mobile myTouch Q by LG及びT-Mobile myTouch by LG , T-Mobile Pulse , Tizen , Treo 600 , Treo 650 , Treo 680 , Treo 755p , Trium Mondo , Ubuntu Touch , UIQ , Vibo A688 , Videophone , Videotelephony , Windows Mobile Smartphone , Windows Phone , Xiaomi MI-One , Xiaomi Phone 2 , Xiaomi Phone 2S , Xplore G18 , Xplore M98 , ZTE Taniaがある。

【 0 1 6 7 】

電子タブレット

MUT 指紋IDシステムは、電子タブレットのための新しい特徴として特定の利点を有する

10

20

30

40

50

。MUT 指紋IDシステムは、パスコードのタイピングを用いる必要なく容易なユーザアクセスを可能にする。例えば、タイピングの精度を妨げる相当な動きを引き起こす公共輸送機関にユーザがいる場合、又はデバイスが複数回のリエントリーによって迅速にアクセスされる必要がある場合、パスコードには制限がある。更に、所有者識別のためのMUT 指紋IDシステム対応の指紋認証は、盗難の意欲を失わせる重要な要因である。

【 0 1 6 8 】

MUT 指紋IDシステムが有用に設けられ得る電子タブレットの例として、特に、iPadApple A4, Apple A5, Apple A5X, Apple A6X及びmini Apple A5, HP Slate 7 8G Tablet, Samsung GALAXY NOTE 8.0, Samsung GALAXY NOTE 10.1がある。

【 0 1 6 9 】

以下の例は、例示のために記載されており、制限するために記載されているわけではない。

【 0 1 7 0 】

実験

本発明者らの一部によって、市販のソフトウェア (COMSOL) を使用した有限要素法 (FEM) を用いてPMUTの一次共振モードを得た。

【 0 1 7 1 】

図8は、PMUTの振動モードの形状の有限要素分析シミュレーション結果を示す。図8に示されているように、空気中のPMUT (0.5  $\mu\text{m}$  のAIN / 2  $\mu\text{m}$  のSiの積層体及び25  $\mu\text{m}$  の直径を有する) の共振周波数は約64.8MHzであった。共振周波数は膜の厚さに比例し、膜の直径の二乗に反比例する。

【 0 1 7 2 】

図9は、直径の関数としてPMUT (0.5  $\mu\text{m}$  のAIN / 2  $\mu\text{m}$  のSiの積層体) の第1共振周波数を示す図である。より高い動作周波数がより小さな音波長を生成し、その結果、より高い解像度の指紋画像がもたらされる。

【 0 1 7 3 】

図10は、異なるピッチのPMUTアレイのシミュレートされた音波ビームパターンを示す。本発明者らの内の一部はトランスデューサのフェーズドアレイを使用して、図10に示されているような指向性が高い集束音波ビームを達成した。

【 0 1 7 4 】

図11は、15列のPMUTアレイからの実験的に測定された圧力パターンを示す。PMUTアレイからおよそ1.5 mm離れてPMUTアレイに亘って40ミクロンのハイドロフォンを走査することにより圧力を測定した。全てのPMUT (70ミクロンのピッチ) 及び1つおきのPMUT (140 ミクロンのピッチ) を駆動して測定した。

【 0 1 7 5 】

図12は、15列のPMUTアレイからの実験的に測定された圧力パターンを示す。x方向及びz (軸) 方向の両方にPMUTアレイに亘って40ミクロンのハイドロフォンを走査することにより圧力を測定した。PMUTのピッチは140 ミクロンであり、ビーム形成を使用し、各列の位相を制御して集束音波ビームを生成した。

【 0 1 7 6 】

上記の発明は、理解の明瞭化のために図示及び例示によりある程度詳しく説明されているが、ある変更及び調整が、本発明の趣旨又は添付の特許請求の範囲から逸脱することなく本発明になされてもよいことが、本発明の教示を考慮すると当業者に容易に明らかとなる。

【 0 1 7 7 】

従って、前述の内容は本発明の原理を単に示しているに過ぎない。本明細書に明示的に説明されていないか又は示されていないが、本発明の本質を具体化して本発明の趣旨及び範囲に含まれる様々な構成を当業者が考案し得ることが明らかである。更に、本明細書に述べられている全ての例及び条件的な用語は、本発明の本質と、本技術分野を進展させるために本発明者らによりもたらされた概念とを理解する際に読者を支援することを本質的

10

20

30

40

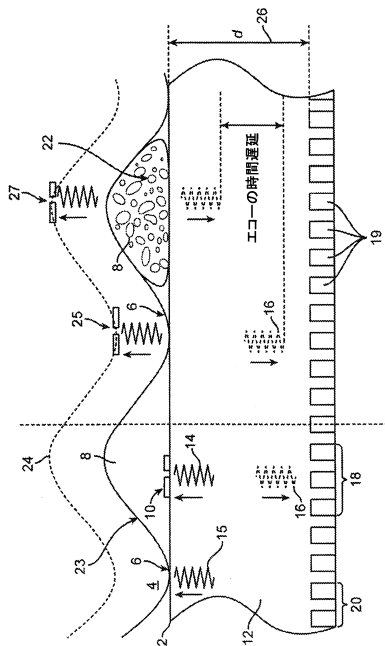
50

に意図するものであり、このように具体的に述べられた例及び条件に限定するものではないと解釈されるべきである。更に、本発明の本質、態様及び実施形態だけでなく、本発明の具体的な例を述べている本明細書における全ての記載は、本発明の構造的且つ機能的な均等物の両方を含むことを意図するものである。加えて、このような均等物は、現時点で既知の均等物及び今後開発される均等物の両方、すなわち構造に関わらず同一の機能を行う開発された全ての要素を含むことを意図するものである。従って、本発明の範囲は、本明細書に示され説明された例示的な実施形態に制限されることを意図するものではない。むしろ、本発明の範囲及び趣旨は添付の特許請求の範囲により具体化される。

【 0 1 7 8 】

本出願は、米国特許法第119条(e)に従って、2013年7月16日に出願された米国仮特許出願第61/846925号明細書の出願日の優先権を主張しており、その開示内容が参照によって本明細書に組み込まれる。

【 図 1 】



【 図 2 】

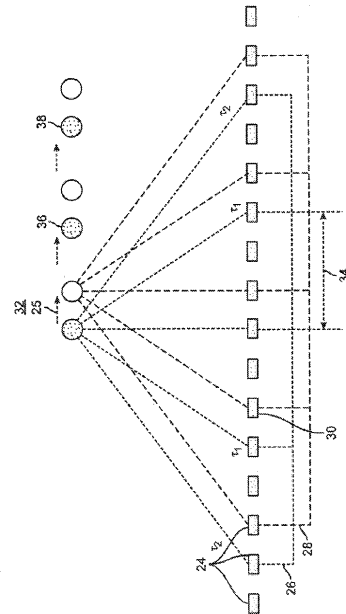


FIG. 2

【図3】

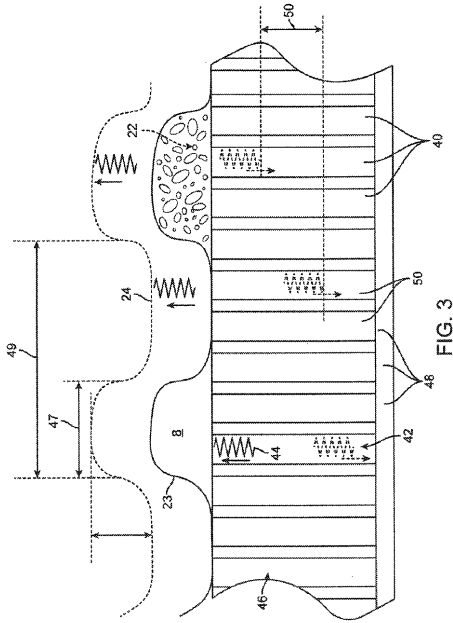


FIG. 3

【図4】

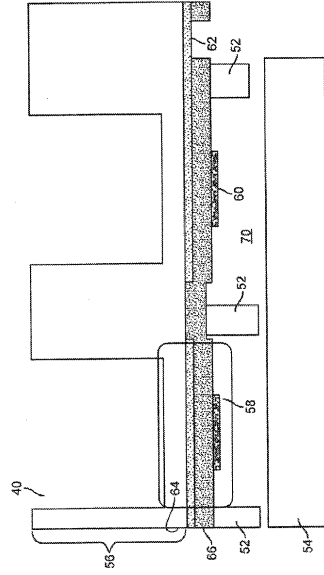
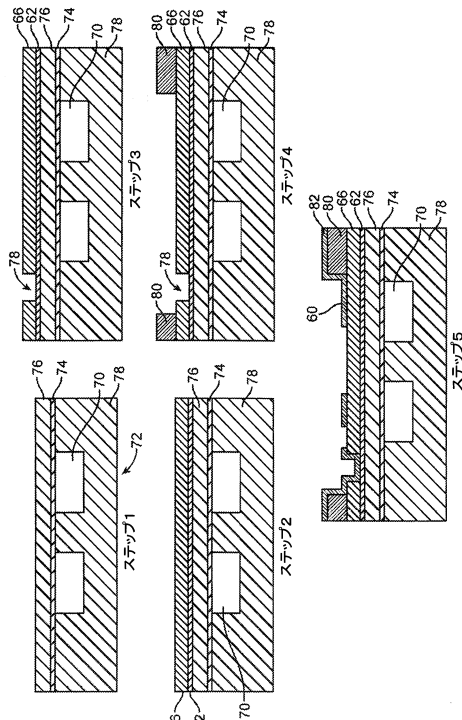


FIG. 4

【図5】



【図6】

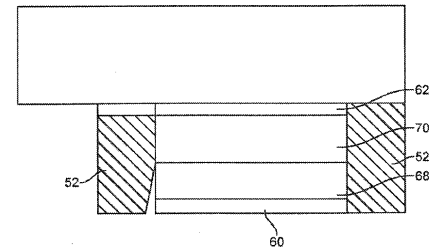
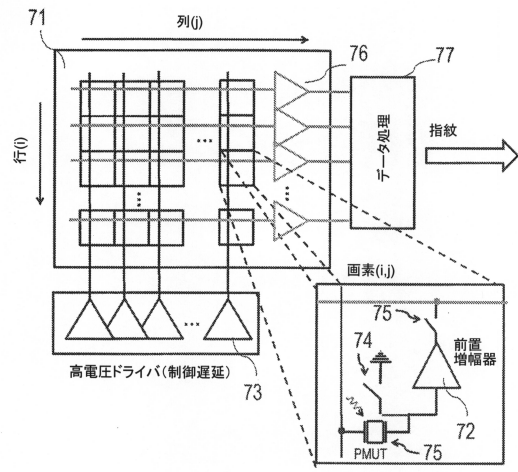
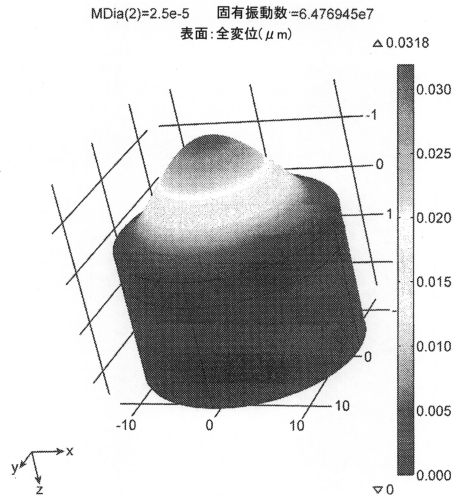


FIG. 6

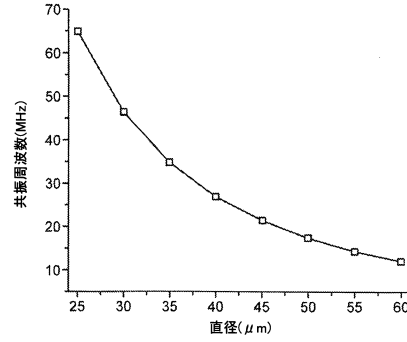
【図7】



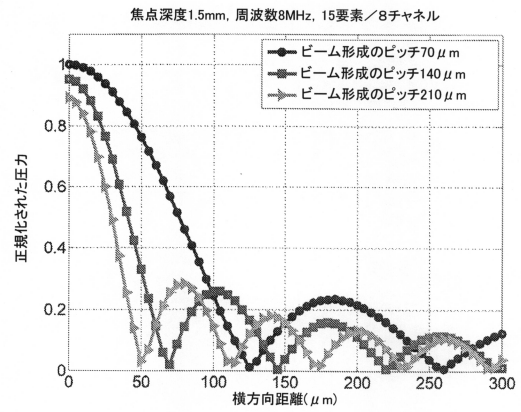
【図 8】



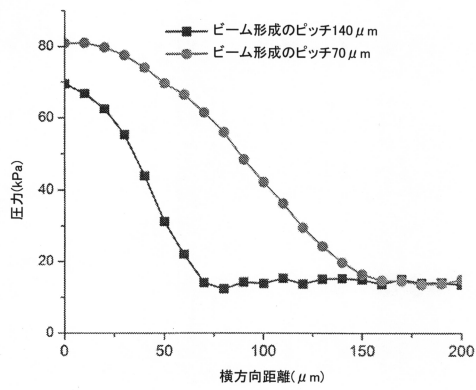
【図 9】



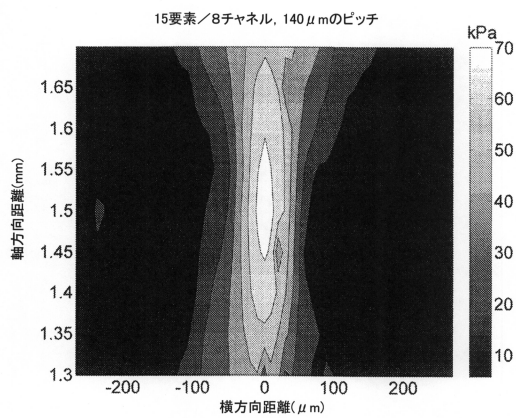
【図 10】



【図 11】



【図 12】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ルー, イーベン  
 アメリカ合衆国 95016 カリフォルニア, デイビス, ベイナー ホール 2132, ユニバーシティ オブ カルフォルニア
- (72)発明者 ホーズリー, デイビッド  
 アメリカ合衆国 94706 カリフォルニア, オールバニー, ポートランド アベニュー 1452
- (72)発明者 タン, ハオ-イェン  
 アメリカ合衆国 94709 カリフォルニア, バークリー, デラウェア ストリート 2120, ユニバーシティ オブ カルフォルニア アット バークリー
- (72)発明者 ボセル, ベルンハルト  
 アメリカ合衆国 94708 カリフォルニア, バークリー, クレストンロード 955

審査官 牧尾 尚能

- (56)参考文献 特開2005-144186(JP, A)  
 特表平11-500033(JP, A)  
 特表2003-527906(JP, A)  
 特開2012-204874(JP, A)  
 特開2005-110934(JP, A)  
 米国特許第05224174(US, A)  
 特表2008-527681(JP, A)  
 米国特許出願公開第2007/0272020(US, A1)  
 特表平9-507031(JP, A)  
 特表2011-522573(JP, A)  
 米国特許出願公開第2010/0251824(US, A1)  
 A SAVOIA ET AL, DESIGN AND FABRICATION OF A CMUT PROBE FOR ULTRASOUND IMAGING OF FINGERPRINTS, 2010 IEEE INTERNATIONAL ULTRASONICS SYMPOSIUM PROCEEDINGS, 2010年10月, P 1877 - 1880, URL, [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5935836&tag=1](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5935836&tag=1)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 5/06 - 5/22  
 G06T 1/00  
 G06T 7/00