

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6712917号
(P6712917)

(45) 発行日 令和2年6月24日(2020.6.24)

(24) 登録日 令和2年6月4日(2020.6.4)

(51) Int.Cl.		F I	
A 6 1 B	8/00	(2006.01)	A 6 1 B 8/00
H O 4 R	1/06	(2006.01)	H O 4 R 1/06 3 3 0
H O 1 L	21/822	(2006.01)	H O 1 L 27/04 E
H O 1 L	27/04	(2006.01)	

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2016-139048 (P2016-139048)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成28年7月14日(2016.7.14)	(74) 代理人	110001807 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
(65) 公開番号	特開2018-7850 (P2018-7850A)	(72) 発明者	吉村 保廣 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43) 公開日	平成30年1月18日(2018.1.18)	(72) 発明者	佐光 暁史 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
審査請求日	平成31年3月25日(2019.3.25)	(72) 発明者	山下 尚昭 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体センサチップアレイ、および超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

センサセルが素子部に配列された第1の半導体センサチップと、
センサセルが素子部に配列され、前記第1の半導体センサチップに隣接し、かつ当該センサセルに隣接する前記第1の半導体センサチップのセンサセルとの間がそれぞれボンディングワイヤで電氣的に接続された第2の半導体センサチップと、
を含んで構成される超音波探触子を備える、
ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

前記ボンディングワイヤは、前記第1、第2の半導体センサチップが隣接する辺に対して、斜め方向に配線されている、
ことを特徴とする請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記ボンディングワイヤは、前記第1、第2の半導体センサチップの配列方向に対して、斜め方向に配線されている、
ことを特徴とする請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記第1の半導体センサチップのパッドに対して、当該パッドと電氣的に接続される前記第2の半導体センサチップのパッドは、前記第1、第2の半導体センサチップが隣接する辺の斜め方向に配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記第 1 の半導体センサチップのパッドに対して、当該パッドと電氣的に接続される前記第 2 の半導体センサチップのパッドは、前記第 1、第 2 の半導体センサチップが隣接する辺の直角方向に配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記第 1 の半導体センサチップの各センサセルに対して、当該センサセルのパッドは、前記第 1、第 2 の半導体センサチップが隣接する辺の斜め方向に配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

10

【請求項 7】

前記第 2 の半導体センサチップの各センサセルに対して当該センサセルのパッドは、前記第 1、第 2 の半導体センサチップが隣接する辺の斜め方向に配置されている、

ことを特徴とする請求項 6 に記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

バックングと、

前記バックング上に配列した複数の半導体センサチップと、

前記半導体センサチップのうち隣接する列のセンサセルに接続されるパッド同士を電氣的に接続するワイヤボンディングと、

を備え、

20

複数の前記半導体センサチップは、

センサセルが矩形内にグリッド状に配列された素子部と、

前記素子部の一辺に位置する各前記センサセルに電氣的に接続され、前記センサセルの配列方向に対して斜めに位置するパッドと、

を含んで構成される、

ことを特徴とする半導体センサチップアレイ。

【請求項 9】

複数の前記半導体センサチップは、一列に配置されている、

ことを特徴とする請求項 8 に記載の半導体センサチップアレイ。

【請求項 10】

30

複数の前記半導体センサチップは、グリッド状に配置されている、

ことを特徴とする請求項 8 に記載の半導体センサチップアレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体センサチップアレイおよびそれを用いた超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波素子は、給電配線や信号配線を素子から外部に接続して、これら配線を介して電気信号を伝達している。

40

特許文献 1 の要約書には、「cMUTアレイをパッケージングするための方法の実施形態により、cMUTアレイの側面上に導入される同一パッケージ基板上で、複数のcMUTアレイをパッケージングすることが可能になる。パッケージ基板は、cMUTアレイを外部装置とのインタフェースとなるI/Oパッドに接続するために、導電層を成膜するように上に開口がパターン化される、誘電体層である。補助的なシステム構成要素を、cMUTアレイとともにパッケージングすることができる。複数のcMUTアレイ、および任意選択的に複数の補助的なシステム構成要素は、バッチ製造のためのより大きな支持構造体によって、適所に保持することができる。支持構造体は、安価な材料を使用して、任意の寸法に作製することができる。」と記載されている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特表2011 523544号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

C M U T (Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducer) チップは、薄膜の積層により作製された超音波送受信デバイスである。C M U T チップは、半導体製造技術と M E M S (Micro Electro Mechanical System) 技術とを適用して作製される。この C M U T チップは、半導体製造技術により素子をグリッド状に一括して形成できるため、グリッド状に配列した多数の素子を半導体ウエハから切り出して、1つのチップとしてパッケージングされる。

10

一方、超音波センサとしては、大面積を高精細にセンシングするニーズがある。例えば、人の手を模擬した触覚センサやタッチセンサ、大面積を一度に検出できる超音波探傷子、人や動物の医療診断に使う超音波診断装置用プローブなどである。また、半導体センサは、C M O S センサ (Complementary Metal Oxide Semiconductor sensor) など光学センサとして、ビデオカメラやデジタルカメラに利用されている。このような半導体センサは、センシング部を大面積にすることにより、高精細化 (高画質化) を実現可能である。

【0005】

半導体製造技術では、ウエハプロセス中の異物や、フォトリソグラフィ不良により、チップの歩留まりが低下する。これらの異物や不良は、製造ライン特有のものであり、チップの面積が大きくなってウエハ当たりのチップ取得数が減るほど歩留まりは低下する。経済性を考慮してチップ取得における歩留まりを所定値以上にしようとすると、半導体センサの面積は制約される。

20

そこで、チップ取得における歩留まりを所定値以上としつつ、半導体センサの面積を大きくするためには、小さな半導体チップを複数並べることが有効となる。その際に、複数の半導体チップを電氣的に接続する方法が問題となる。

【0006】

本発明は、センシング面積を大きくして高精細化した半導体センサチップアレイ、および超音波診断装置を提供することを課題とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記した課題を解決するため、本発明の超音波診断装置は、センサセルが素子部に配列された第1の半導体センサチップと、センサセルが素子部に配列され、前記第1の半導体センサチップに隣接し、かつ当該センサセルに隣接する前記第1の半導体センサチップのセンサセルとの間がそれぞれボンディングワイヤで電氣的に接続された第2の半導体センサチップと、を含んで構成される超音波探触子を備える。

その他の手段については、発明を実施するための形態のなかで説明する。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、センシング面積を大きくして高精細化した半導体センサチップアレイ、および超音波診断装置を提供できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】超音波診断装置と超音波探触子の構成を示すブロック図である。

【図2】超音波診断装置と超音波探触子の外観図である。

【図3】超音波探触子の概略構成を示す図である。

【図4】5列で配列したC M U T チップ近傍の斜視図である。

【図5】超音波探触子の製造方法を示すフローチャートである。

【図6】第1の実施形態におけるC M U T チップが隣接する部分の上面図である。

50

【図 7】第 1 の実施形態の C M U T チップが隣接する部分を拡大した上面図である。
 【図 8】第 2 の実施形態における C M U T チップが隣接する部分の上面図である。
 【図 9】第 2 の実施形態の C M U T チップが隣接する部分を拡大した上面図である。
 【図 10】第 3 の実施形態の C M U T チップが隣接する部分を拡大した上面図である。
 【図 11】第 4 の実施形態における C M U T チップが隣接する部分の上面図である。
 【図 12】第 4 の実施形態の C M U T チップが隣接する部分を拡大した上面図である。
 【図 13】第 5 の実施形態の C M U T チップが隣接する部分を拡大した断面図である。
 【図 14】第 6 の実施形態の C M U T チップが隣接する部分を拡大した断面図である。
 【図 15】第 7 の実施形態の、2 行 5 列で格子状に配列した C M U T チップ近傍の斜視図
 である。
 【図 16】第 8 の実施形態の、3 行 5 列で格子状に配列した C M U T チップ近傍の斜視図
 である。

10

【発明を実施するための形態】

【0010】

以降、本発明を実施するための形態を、各図を参照して詳細に説明する。

図 1 は、超音波診断装置 8 と超音波探触子 1 の構成を示すブロック図である。

【0011】

超音波診断装置 8 は、被検体 9 内に超音波を送信し受診して得られたエコー信号を用いて診断部位の 2 次元超音波画像、3 次元超音波画像あるいは各種ドプラ画像を構成して表示するものである。具体的には、超音波診断装置 8 は、超音波送受信部 8 2 と、超音波画像形成部 8 3 と、表示部 8 5 と、制御部 8 4 と、コントロールパネル 8 1 とを備えて構成される。超音波送受信部 8 2 には、超音波探触子 1 が電氣的に接続されている。

20

【0012】

超音波探触子 1 は、被検体 9 に超音波を送信して反射したエコーを受診するものである。超音波探触子 1 には、C M U T チップが搭載される。C M U T チップとは、半導体製造技術と M E M S (Micro Electro Mechanical System) 技術とを適用して、薄膜の積層により作製された超音波送受信デバイスである。

【0013】

超音波送受信部 8 2 は、被検体 9 に送信する超音波信号を発生するためのパルス状の電気信号を発生するものである。超音波送受信部 8 2 は、発生させた電気信号を超音波探触子 1 に送信する超音波パルス発生部 8 2 1 と、超音波探触子 1 で受診したエコー信号を電気信号に変換する変換部 8 2 2 とを備える。超音波送受信部 8 2 は、例えば市販されている任意の超音波送受信機などであってもよい。

30

【0014】

超音波画像形成部 8 3 は、受信信号から 2 次元超音波画像、3 次元超音波画像あるいは各種ドプラ画像を形成するものである。超音波画像形成部 8 3 は、具体的には例えば C P U (Central Processing Unit) 等により構成される。

【0015】

表示部 8 5 は、超音波画像形成部 8 3 で形成された超音波画像を表示するものである。また、表示部 8 5 には、後記するコントロールパネル 8 1 によって入力された情報や、その他診断に必要な情報等も併せて表示される。表示部 8 5 は、具体的には例えば L C D (Liquid Crystal Display) やモニタ装置等により構成される。

40

【0016】

制御部 8 4 は、後記するコントロールパネル 8 1 で入力される制御情報に基づいて各手段を制御するものである。制御部 8 4 は、具体的には例えば C P U 等により構成される。

【0017】

コントロールパネル 8 1 は、作業者が被検体 9 に対して所望の診断を行えるように、任意の情報が作業者によって入力されるものである。そして、この入力された情報に基づいて、制御部 8 4 が各手段を制御する。コントロールパネル 8 1 は、具体的には例えば押しボタン、タッチパネル等により構成される。

50

【 0 0 1 8 】

図 2 は、超音波診断装置 8 と超音波探触子 1 の外観図である。

超音波診断装置 8 と超音波探触子 1 とを被検体 9 に具体的に適用した様子を示している。

オペレータは、コントロールパネル 8 1 によって診断条件を入力し、超音波探触子 1 を用いて人体である被検体 9 を走査する。

超音波探触子 1 は、ケーブル等を介して超音波診断装置 8 に電氣的に接続されて、超音波信号を人体である被検体 9 に送信し、この被検体 9 からエコーとして反射された超音波信号を受信する。受信した超音波信号は、超音波診断装置 8 によって超音波画像に変換されて、表示部 8 5 に表示される。これにより、被検体 9 の内部を可視化して診断することができる。

10

【 0 0 1 9 】

図 3 は、超音波探触子 1 の概略構成を示す図である。

図 3 に示すように超音波探触子 1 は、バッキング 1 1 の先端に複数の CMUT チップ 2 を備えている。CMUT チップ 2 は、音響レンズ 7 5 を介して被検体 9 に超音波を照射するとともに、被検体 9 から反射された超音波を受信するものである。この点についての詳細は後記する。CMUT チップ 2 は、コネクタ 7 2 に接続される配線を有するフレキシブル基板 7 1 に対して、ボンディングワイヤ 6 で接続されている。コネクタ 7 2 は、回路基板 7 3 と接続している。そして、回路基板 7 3 上の接続端子 7 4 は、超音波診断装置 8 (図 1 参照) と接続する。

20

【 0 0 2 0 】

超音波診断装置 8 (図 2 参照) は、CMUT チップ 2 に電気信号を与えて振動させるとともに、被検体 9 からの受波による信号を画像化させるものである。CMUT チップ 2 の表面には、CMUT チップ 2 から発生した超音波を被検体 9 方向にフォーカスするためのシリコン樹脂の音響レンズ 7 5 を備えている。CMUT チップ 2 は、音響レンズ 7 5 を経て、人体等の被検体 9 に超音波を送受信する。

【 0 0 2 1 】

図 4 は、5 列で配列した CMUT チップ 2 a ~ 2 e 近傍の斜視図である。

超音波探触子 1 の複数の CMUT チップ 2 a ~ 2 e の近傍の構成を詳細に説明する。5 列の CMUT チップ 2 a ~ 2 e は、バッキング 1 1 の上に一列に配置されて、バッキング 1 1 に接着されている。この接着には、例えばシート状接着剤などが使用される。CMUT チップ 2 a ~ 2 e は、内部に矩形の CMUT 素子部 2 1 a ~ 2 1 e をそれぞれ含んでいる。これら CMUT 素子部 2 1 a ~ 2 1 e は、センサセルとして機能する駆動電極がグリッド状に配置されている。CMUT チップ 2 a ~ 2 e には、CMUT 素子部 2 1 a ~ 2 1 e の外側に、この CMUT チップ 2 a の外部との接続のためにパッド (図 3 参照) が備えられている。

30

【 0 0 2 2 】

CMUT チップ 2 a のパッドは、列方向に隣接する CMUT チップ 2 b のパッド (図 3 参照) との間が、ボンディングワイヤ 4 で電氣的に接続されている。CMUT チップ 2 b のパッドは、列方向に隣接する CMUT チップ 2 c のパッドとの間が、ボンディングワイヤ 4 で電氣的に接続されている。CMUT チップ 2 c のパッドは、列方向に隣接する CMUT チップ 2 d のパッドとの間が、ボンディングワイヤ 4 で電氣的に接続されている。CMUT チップ 2 d のパッドは、列方向に隣接する CMUT チップ 2 e のパッドとの間が、ボンディングワイヤ 4 で電氣的に接続されている。

40

【 0 0 2 3 】

図 5 は、超音波探触子 1 の製造方法を示すフローチャートである。製造機器 (不図示) が、この製造方法を実施する。

まず製造機器は、バッキング 1 1 上に一列に CMUT チップ 2 a ~ 2 e を配置し (ステップ S 1 0) 、CMUT チップ 2 a ~ 2 e 相互の位置合わせを行う (ステップ S 1 1) 。製造機器は、バッキング 1 1 にフレキシブル基板 7 1 を貼り付ける (ステップ S 1 2) と

50

、隣接するCMUTチップ2同士をワイヤボンディングする(ステップS13)。製造機器は更に、フレキシブル基板71とCMUTチップ2a~2eとをワイヤボンディングする(ステップS14)。これにより、図3に示したような超音波探触子1の一部が構成される。

【0024】

《第1の実施形態》

図6は、第1の実施形態におけるCMUTチップ2a, 2bが隣接する部分の上面図である。

図6に示した上面図は、列方向に隣接しているCMUTチップ2a, 2bとパッド32、およびボンディングワイヤ4の関係を示している。CMUTチップ2aは矩形であり、内側にCMUT素子部21aを備え、その周辺部に外部との電気接続のためのパッド32が配置されている。各パッド32は、クランク状の内部配線31でCMUT素子部21aと電氣的に接続される。クランク状の内部配線31は、CMUTチップ2aの各辺に対して斜めに配線されており、対向する辺同士で点対称である。

換言すると、個々のCMUTチップ2は、複数のセンサセルが電氣的に接続されて構成される信号の読み出しラインを有する。その読み出しラインに含まれるセンサセル(駆動電極3)のなかで両端に位置するセンサセルからCMUTチップ2の外部への配線が、読み出しラインの延びる概略方向に対して所定の角度を成すように設けられる。なお、所定の角度を成す配線は、直線である必要はなく、図6に示されるように読み出しラインの方向に対して斜め上方へクランク状に配線されていてもよい。

このように各CMUTチップ2を配列して、同じ列の駆動電極に接続されたパッド32同士を接続することにより、広い範囲を一度にセンシングすることができる。更に、各CMUTチップ2をグリッド状に配置して、同じ列の駆動電極に接続されたパッド32同士を接続し、同じ行の駆動電極に接続されたパッド32同士を接続する。これにより、超音波探触子1は、広い範囲を一度にセンシング可能となる。

【0025】

なお、図6、図8、図11では、内部配線31を明瞭に示す為の実線で示しているが、この内部配線31は上面には露出しておらず、絶縁体で被覆されているため、外部からは視認できない。よって図7、図9、図10、図12では、この内部配線31を破線で示している。

【0026】

CMUTチップ2bも、CMUTチップ2aと同様に構成される、CMUTチップ2aと、これに隣接するCMUTチップ2bのパッド32同士が、ボンディングワイヤ4で接続されている。この接続について、後記する図7で詳細に説明する。

【0027】

図7は、第1の実施形態のCMUTチップ2a, 2bが隣接する部分Aを拡大した図である。

CMUTチップ2aには、メンブレン(図示せず)を駆動するための駆動電極3e~3jなどが、CMUT素子部21aの内部に形成されている。以下、各駆動電極3e~3jなどを特に区別しないときには、単に駆動電極3と記載する。CMUT素子部21aの内部には、不図示の駆動電極3がグリッド状に配列されている。

同様にCMUTチップ2bには、メンブレンを駆動するための駆動電極3p~3uなどが、CMUT素子部21bの内部に形成されている。

【0028】

CMUTチップ2aの駆動電極3fは、内部配線31fでパッド32fに接続される。このパッド32fは、紙面の上下位置が駆動電極3fとこれに隣接する駆動電極3eとの間に配置され、かつ駆動電極3e~3iなどで構成されるCMUT素子部21aの外部(紙面右側)に配置されている。他の駆動電極3g~3iも、同様に各内部配線31g~31iで各パッド32g~32iに接続され、同様に配置される。以下、各内部配線31g~31iなどを特に区別しないときには、単に内部配線31と記載する。

10

20

30

40

50

【0029】

CMUTチップ2bの駆動電極3qは、内部配線31qでパッド32qに接続される。このパッド32qは、紙面の上下位置が駆動電極3qとこれに隣接する駆動電極3rとの間に配置され、かつ駆動電極3p~3uなどで構成されるCMUT素子部21bの外部(図の左側)に配置されている。他の駆動電極3p, 3r~3tも、同様に各内部配線31p, 31r~31tで各パッド32p, 32r~32tに接続され、同様に配置される。

【0030】

駆動電極3fと、これに隣接する駆動電極3qとを電氣的に接続するため、パッド32fとパッド32qとがボンディングワイヤ4fで接続される。他の駆動電極3g~3iと、それぞれに隣接する駆動電極3r~3tとを電氣的に接続するため、パッド32g~32iとパッド32r~32tとが、それぞれボンディングワイヤ4g~4iで接続される。以下、ボンディングワイヤ4g~4iなどを特に区別しないときには、単にボンディングワイヤ4と記載する。

【0031】

パッド32fは、駆動電極3fに対して紙面上側にずれており、パッド32qは駆動電極3qに対して紙面下側にずれている。すなわち、パッド32fとパッド32qとは斜めに配置されている。そのため、チップ間隔Bを狭くしても、ボンディングワイヤ4fの長さB1を確保でき、ワイヤボンディング方式で接続することができる。

他のパッド32g~32jの位置も、各駆動電極3g~3jに対して紙面上側にずれており、パッド32p, 32r~32tの位置も、各駆動電極3p, 3r~3tに対して紙面下側にずれている。

【0032】

CMUTチップ2aとCMUTチップ2bとのチップ間隔Bは、超音波画像を繋ぎ合わせて形成する上では狭い方が好ましい。パッド32fは、駆動電極3fに対して斜め右上方向に配置し、内部配線31fで接続している。またパッド32qは、駆動電極3qに対して斜め左下方向に配置し、内部配線31qで接続している。これにより、駆動電極3fと駆動電極3qとを、紙面の上下位置をずれることなく配置した際に、ボンディングワイヤ4fの長さB1を確保でき、ワイヤボンディング方式で接続することができる。

【0033】

また、超音波画像を繋ぎ合わせて形成する上では、CMUTチップ2aの駆動電極3fと、CMUTチップ2bの駆動電極3qとの距離は、駆動電極3の幅Uの整数倍であることが望ましい。第1の実施形態では、図7に示したように、CMUTチップ2aの駆動電極3fと、CMUTチップ2bの駆動電極3qとの距離は、幅Uの2倍となっている。このときCMUTチップ2a, 2bは、チップ間隔Bだけ離れて配置されている。

【0034】

《第2の実施形態》

図8は、第2の実施形態におけるCMUTチップ2a, 2bが隣接する部分の上面図である。

図8に示した上面図は、隣接しているCMUTチップ2a, 2bとパッド34, 36、およびボンディングワイヤ4の関係を示している。CMUTチップ2aは矩形であり、内側にCMUT素子部21aを備える。CMUTチップ2aは、上辺と右辺に外部との電気接続のためのパッド34が配置され、下辺と左辺に外部との電気接続のためのパッド36が配置されている。各パッド34は、直線状の内部配線33でCMUT素子部21aと電氣的に接続される。各パッド36は、クランクの内部配線35でCMUT素子部21aと電氣的に接続される。クランク状の内部配線35は、CMUTチップ2aの各辺に対して斜めに配線されている。CMUTチップ2bも、CMUTチップ2aと同様に構成されている。

CMUTチップ2aの各パッド34と、これに隣接するCMUTチップ2bのパッド36とが、ボンディングワイヤ4で接続されている。この接続について、後記する図9で詳細に説明する。

10

20

30

40

50

【0035】

図9は、第2の実施形態のCMUTチップ2a, 2bが隣接する部分を拡大した上面図である。

図9に示すCMUTチップ2a, 2bを隣接配置したところは、図7に示した第1の実施形態と同じである。第1の実施形態と異なるところは、CMUTチップ2aに備えられているパッド34と、CMUTチップ2bに備えられているパッド36とは、駆動電極3に対して、それぞれ並列に配置されているところである。

【0036】

CMUTチップ2aのパッド34fは、駆動電極3fの横に配置され、CMUTチップ2bのパッド36qは、駆動電極3rの横に配置されている。つまり、パッド34fとパッド36qとは、ずれて斜めに配置されている。しかし、パッド36qと駆動電極3qとが内部配線35qで接続されており、パッド36qとパッド34fとがボンディングワイヤ4fで電氣的に接続される。よって、CMUTチップ2aの駆動電極3fとCMUTチップ2bの駆動電極3qとが電氣的に接続され、連動して駆動される。同様に、CMUTチップ2aの駆動電極3e, 3g~3iとCMUTチップ2bの駆動電極3p, 3r~3tも電氣的に接続され、連動して駆動される。したがって、CMUTチップ2a, 2bの横一列の駆動電極3を、同時に駆動することができる。このとき、各ボンディングワイヤ4e~4iは長さC1であり、ボンディングワイヤ4fの最短長以上を確保できるため、ワイヤボンディング方式で接続することができる。

【0037】

また、超音波画像を繋ぎ合わせて形成する上では、CMUTチップ2aの駆動電極3fと、CMUTチップ2bの駆動電極3qとの距離は、駆動電極3の幅Uの整数倍であることが望ましい。第2の実施形態では、図9に示したように、CMUTチップ2aの駆動電極3fと、CMUTチップ2bの駆動電極3qとの距離は、幅Uの2倍となっている。このときCMUTチップ2a, 2bは、チップ間隔Cだけ離れて配置されている。

【0038】

《第3の実施形態》

図10は、第3の実施形態のCMUTチップ2a, 2bが隣接する部分を拡大した上面図である。

第2の実施形態と同様に、パッド34e~34iは、それぞれ駆動電極3e~3jと並列に配置されている。更にパッド34p~34tは、それぞれ駆動電極3p~3tに並列に配置されている。パッド34e~34iと駆動電極3e~3jとが内部配線33e~33iで接続され、パッド34p~34tと駆動電極3p~3tが内部配線33p~33tで接続されている。パッド34e~34iとパッド34p~34tとが、それぞれボンディングワイヤ4e~4iで接続されている。これにより、並列に配置された駆動電極3e~3jと駆動電極3p~3tとを電氣的に接続して連動させることができる。

【0039】

ここで、ボンディングワイヤ4の最短の必要長さとチップ間隔との関係を説明する。図7に示した第1の実施形態では、ボンディングワイヤ4の長さB1を最短長以上に設定することにより、チップ間隔Bを設定することができる。

図9に示した第2の実施形態では、ボンディングワイヤ4の長さD1を最短長以上確保するため、CMUTチップ2a, 2bの間隔は、チップ間隔Dとなる。ボンディングワイヤ4の長さB1と長さD1とは等しいため、チップ間隔Bよりもチップ間隔Dが長くなる。

好ましくは、第1、第2の実施形態に示したように、斜めのパッドに対してボンディングワイヤ4を斜め接続する方が、隣接するCMUTチップの間隔を小さくすることができる。ただし、パッドからチップ端部までの距離が必要な半導体センサやCMUTチップの場合には、図10に示した第3の実施形態におけるボンディングワイヤ4の接続方法でもよい。

【0040】

また、超音波画像を繋ぎ合わせて形成する上では、CMUTチップ2 aの駆動電極3 fと、CMUTチップ2 bの駆動電極3 qとの距離は、駆動電極3の幅Uの整数倍であることが望ましい。第3の実施形態では、図10に示したように、CMUTチップ2 aの駆動電極3 fと、CMUTチップ2 bの駆動電極3 qとの距離は、幅Uの3倍となっている。

【0041】

《第4の実施形態》

図11は、第4の実施形態におけるCMUTチップ2 a, 2 bが隣接する部分の上面図である。

図11に示した上面図は、隣接しているCMUTチップ2 a, 2 bとパッド3 2、およびボンディングワイヤ4の関係を示している。CMUTチップ2 aは矩形であり、上辺と右辺には外部との電気接続のためにパッド3 2が配置され、下辺と左辺には外部との電気接続のためにパッド3 8が配置されている。各パッド3 2は、クランク状の内部配線3 1でCMUT素子部2 1 aと電気的に接続される。各パッド3 8は、クランク状の内部配線3 7でCMUT素子部2 1 aと電気的に接続される。クランク状の内部配線3 1は、CMUTチップ2 aの各辺に対して斜めに配線されている。クランク状の内部配線3 7は、CMUTチップ2 aの各辺に対して、内部配線3 1より更に斜めに配線されている。CMUTチップ2 bも、CMUTチップ2 aと同様に構成されている。

CMUTチップ2 aの各パッド3 2と、これに隣接するCMUTチップ2 bのパッド3 8とが、ボンディングワイヤ4で接続されている。この接続について、後記する図12で詳細に説明する。

【0042】

図12は、第4の実施形態のCMUTチップ2 a, 2 bが隣接する部分を拡大した上面図である。

パッド3 2 f ~ 3 2 iは、駆動電極3 f ~ 3 iに内部配線3 1 f ~ 3 1 iでそれぞれ接続される。パッド3 8 p ~ 3 8 sは、駆動電極3 p ~ 3 sに内部配線3 7 p ~ 3 7 sでそれぞれ接続される。これらパッド3 2 f ~ 3 2 iと、パッド3 8 p ~ 3 8 sとは、それぞれボンディングワイヤ4 f ~ 4 iで電気的に接続されている。

すなわち、パッド3 2 fは、斜め右下のパッド3 2 pを飛ばして、更に下側のパッド3 8 qに接続されている。パッド3 2 gは、斜め右下のパッド3 2 qを飛ばして、更に下側のパッド3 8 rに接続されている。これは、第1の実施形態のボンディングワイヤ4の長さB 1よりも、更にボンディングワイヤ4の長さE 1を大きくしなければならない場合に有効な方法である。

【0043】

また、超音波画像を繋ぎ合わせて形成する上では、CMUTチップ2 aの駆動電極3 fと、CMUTチップ2 bの駆動電極3 qとの距離は、駆動電極3の幅Uの整数倍であることが望ましい。第4の実施形態では、図12に示したように、CMUTチップ2 aの駆動電極3 fと、CMUTチップ2 bの駆動電極3 qとの距離は、幅Uの2倍となっている。このときCMUTチップ2 a, 2 bは、チップ間隔Eだけ離れて配置されている。

【0044】

《第5の実施形態》

図13は、第5の実施形態のCMUTチップ2 a, 2 bが隣接する部分を拡大した断面図である。

この断面図は、隣接しているCMUTチップ2 a, 2 bとパッド3 2、およびボンディングワイヤ4の関係を示している。CMUTチップ2 aは、内側(紙面左側)にCMUT素子部2 1 aを備え、その周辺部(紙面右側)には、電気接続のためのパッド3 2 aが配置されている。パッド3 2 aは、内部配線3 1 aでCMUT素子部2 1 aの駆動電極3と電気的に接続される。

【0045】

CMUTチップ2 bは、内側(紙面右側)にCMUT素子部2 1 bを備え、その周辺部(紙面右側)には、外部との電気接続用のパッド3 2 bが配置されている。パッド3 2 b

10

20

30

40

50

は、内部配線 3 1 b で C M U T 素子部 2 1 b の駆動電極 3 と電氣的に接続される。

C M U T チップ 2 a のパッド 3 2 a と、これに隣接する C M U T チップ 2 b のパッド 3 2 b とが、ボンディングワイヤ 4 で電氣的に接続されている。第 5 の実施形態の C M U T チップ 2 b のパッド 3 2 b は、C M U T チップ 2 a のパッド 3 2 a よりも低い位置に配置されているので、ボンディングワイヤ 4 の長さを確保することができる。

【 0 0 4 6 】

《第 6 の実施形態》

図 1 4 は、第 6 の実施形態の C M U T チップ 2 a , 2 b が隣接する部分を拡大した断面図である。

この断面図は、隣接している C M U T チップ 2 a , 2 b とパッド 3 2、およびボンディングワイヤ 4 の関係を示している。C M U T チップ 2 a は、内側（紙面左側）に C M U T 素子部 2 1 a を備え、その周辺部（紙面右下側）には、電気接続のためのパッド 3 2 a が横向きに配置されている。パッド 3 2 a は、内部配線 3 1 a で C M U T 素子部 2 1 a の駆動電極 3 と電氣的に接続される。

【 0 0 4 7 】

C M U T チップ 2 b は、内側（紙面右側）に C M U T 素子部 2 1 b を備え、その周辺部（紙面右側）には、外部との電気接続用のパッド 3 2 b が横向きに配置されている。パッド 3 2 b は、内部配線 3 1 b で C M U T 素子部 2 1 b の駆動電極 3 と電氣的に接続される。

C M U T チップ 2 a と、これに隣接する C M U T チップ 2 b のパッド 3 2 同士が、ボンディングワイヤ 4 で電氣的に接続されている。第 6 の実施形態の C M U T チップ 2 b のパッド 3 2 b は、C M U T チップ 2 a のパッド 3 2 a よりも高い位置に配置されているので、第 6 の実施形態と同様に、ボンディングワイヤ 4 の長さを確保することができる。

【 0 0 4 8 】

《第 7 の実施形態》

図 1 5 は、第 7 の実施形態の、二列で格子状に配列した C M U T チップ 2 a ~ 2 j 近傍の斜視図である。

C M U T チップ 2 a ~ 2 j は、チップ列 2 2 a とチップ列 2 2 b とで二列に配置されている。チップ列 2 2 a を構成する C M U T チップ 2 a ~ 2 e と、チップ列 2 2 b を構成する C M U T チップ 2 f ~ 2 j とは、ボンディングワイヤ 6 により電氣的に接続されている。チップ列 2 2 a 内の C M U T チップ 2 a ~ 2 e のうち隣接するもの同士は、ボンディングワイヤ 4 で電氣的に接続される。またチップ列 2 2 b 内の C M U T チップ 2 f ~ 2 j のうち隣接するもの同士も同様に、ボンディングワイヤ 4 で電氣的に接続される。

【 0 0 4 9 】

つまり、各 C M U T チップ 2 a ~ 2 j は、ボンディングワイヤ 4 およびボンディングワイヤ 6 で電氣的に接続されている。ボンディングワイヤ 4 で接続された一列の駆動電極 3 と、ボンディングワイヤ 6 で接続された一行の駆動電極 3 とは、連動して C M U T のメンブレンを駆動することができる。このように 5 個のチップ列 2 2 a , 2 2 b を二列でグリッド状にアレイ化することにより、図 4 に示した第 1 の実施形態よりも広い面積の超音波送受信面を持つ超音波探触子 1 を提供できる。超音波探触子 1 による診断範囲が広いため、高精細な超音波情報を 1 度で検出することができる。

【 0 0 5 0 】

《第 8 の実施形態》

図 1 6 は、第 8 の実施形態の、三列で格子状に配列した C M U T チップ 2 a ~ 2 o 近傍の斜視図である。

C M U T チップ 2 a ~ 2 o は、チップ列 2 2 a ~ 2 2 c の三列で格子状に配置されている。チップ列 2 2 a を構成する C M U T チップ 2 a ~ 2 e と、チップ列 2 2 b を構成する C M U T チップ 2 f ~ 2 j とは、ボンディングワイヤ 6 により電氣的に接続されている。チップ列 2 2 b を構成する C M U T チップ 2 f ~ 2 j と、チップ列 2 2 c を構成する C M U T チップ 2 k ~ 2 o とは、ボンディングワイヤ 6 により電氣的に接続されている。

このように、チップ列 22a ~ 22c を三列でグリッド状にアレイ化することにより、図 15 に示した第 7 の実施形態よりも、更に広い範囲を一度にセンシングすることができる。

【0051】

(変形例)

本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば上記した実施形態は、本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることも可能である。

10

【0052】

各実施形態に於いて、制御線や情報線は、説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には、殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【0053】

上記した実施形態の超音波探触子 1 は、CMUT チップ 2 を一列、二列、三列に配置しているが、これに制限することなく、任意の列数に配置してもよい。また、図 4、図 15、図 16 に示した実施形態では、それぞれ 5 個の CMUT チップ 2 を並べて配置しているが、これに限定することなく、任意の個数を配置してもよい。

20

【0054】

本発明における複数の CMUT チップを一列、または複数列に配置することは、CMUT チップに限定するものではなく、半導体センサチップにおいても有効である。隣接する半導体センサチップ間のパッド同士をボンディングワイヤで接続する場合に、斜め方向のパッドに対して接続すると、ボンディングワイヤの長さを確保することができる。そのため、隣接するチップの間隔を狭めることが可能となり、複数の半導体センサチップの設置面積を低減することができる。

【0055】

半導体センサチップや CMUT チップは、半導体製造プロセスを使用して製造するが、チップの大きさは、歩留まりに影響する。半導体製造プロセスにおいて、ウエハの任意の箇所不良が発生することがある。複数の不良がウエハ面内に点在している場合、チップの面積が大きく、1 枚のウエハからのチップ取れ数の総量が少ないと、不良率も増大する。例えば、8 インチのウエハから 100 チップとれる場合に、不良が 5 箇所点在了した場合、残りの 95 チップが良品で、良品率は、95% となる。一方、8 インチウエハから 500 チップ取れる場合、不良が 5 箇所であれば、495 チップが良品となり、良品率は 99% となる。したがって、チップサイズの小さい方が、歩留まりは向上する。

30

【0056】

また、本発明のように小さいチップを並べるメリットについて説明する。半導体プロセスで製造したウエハは、成膜した膜の特性や膜厚により面内において分布が発生する。CMOS センサでは、検出感度がウエハ面内からの切り出し位置によって異なることがある。CMUT チップでは、上下 2 つの電極に挟まれた空洞の高さにおいて、ウエハ面内のばらつきがある。CMUT の場合、上下の電極は、駆動電極と固定電極に対応し、直流電圧を印加して、駆動電極側のメンブレンを撓ませる。この状態で交流電圧を印加して、駆動電極側のメンブレンを振動させて超音波を発生させる。そのため空洞の高さは、CMUT 素子の特性に重要である。したがって、空洞の高さは、上下の電極の静電容量で測定できる。空洞の高さは更に、電圧をスイープ印加したときの静電容量の最大値でも評価することができる。そのため静電容量を測定して、各 CMUT チップのばらつきを測定し、静電容量特性の近い CMUT チップを選定して配列することにより、更に均一な特性を有する CMUT チップアレイを提供できる。

40

【0057】

50

CMOSセンサやCMUTチップのウエハ面内ばらつきにより、各チップの特性が異なる場合がある。このような場合には、本発明の複数のチップを並べて接続する方法を使えば、特性の近いチップを選別して配置するとよい。これにより、ひとつのセンサとして安定した特性を提供できる。また、上記のばらつきは、ウエハ面内ばらつきに特定するものではなく、各ウエハのバッチごとや、ロットごとであっても適用できる。

【0058】

さらに、本発明を適用することにより、駆動周波数特性のことなるCMUTチップを並列して配置し、同時に異なる周波数の超音波送受信が可能となり、2波長診断などに適用できる。

【0059】

また、本発明によると、小さいチップを並べることにより、大きいチップの代替えができるため、半導体センサチップやCMUTチップを用いた計測器や超音波探触子の歩留まりを向上することができる。

【符号の説明】

【0060】

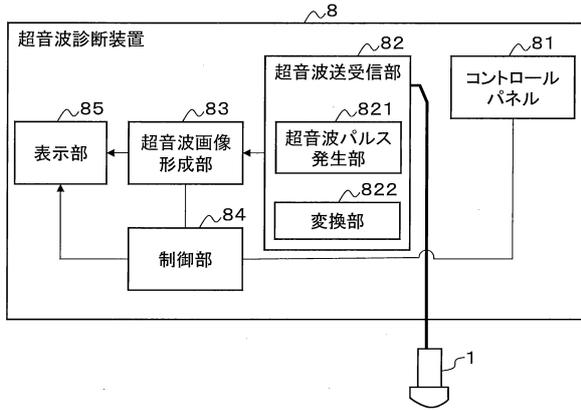
- 1 超音波探触子
- 11 バッキング
- 2, 2a~2o CMUTチップ
- 21, 21a~21e CMUT素子部
- 22a~22c チップ列
- 3, 3e~3j, 3p~3u 駆動電極 (センサセル)
- 32, 34, 36, 38 パッド
- 31, 33, 35, 37 内部配線
- 4, 6 ボンディングワイヤ
- 71 フレキシブル基板
- 72 コネクタ
- 73 回路基板
- 74 接続端子
- 75 音響レンズ
- 8 超音波診断装置
- 81 コントロールパネル
- 82 超音波送受信部
- 821 超音波パルス発生部
- 822 変換部
- 83 超音波画像形成部
- 84 制御部
- 85 表示部
- 9 被検体

10

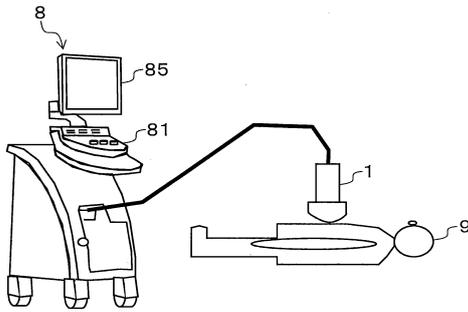
20

30

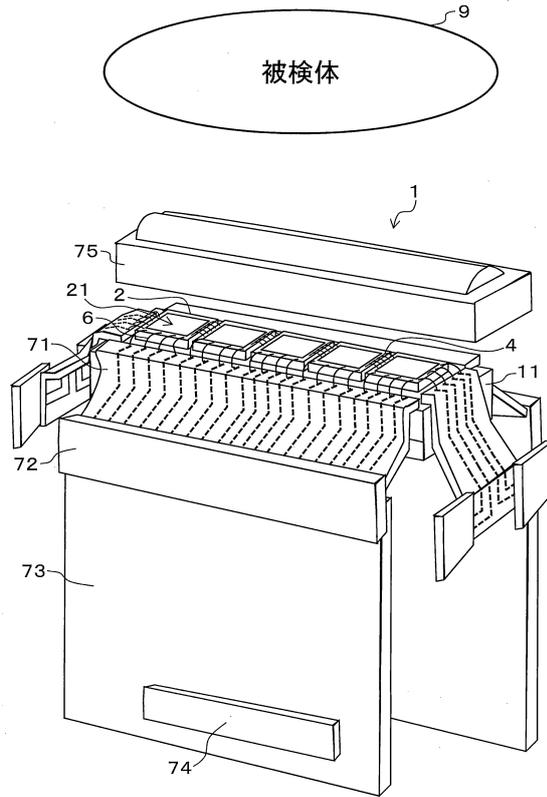
【図1】



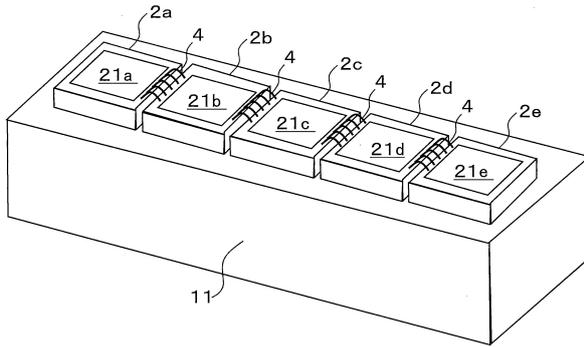
【図2】



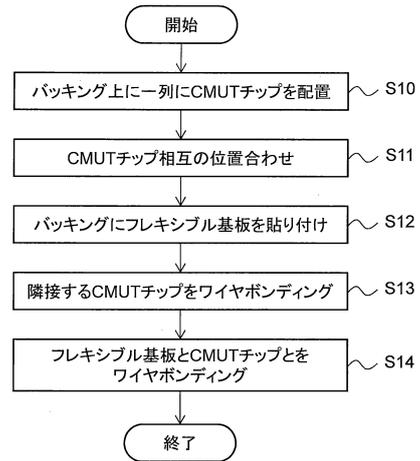
【図3】



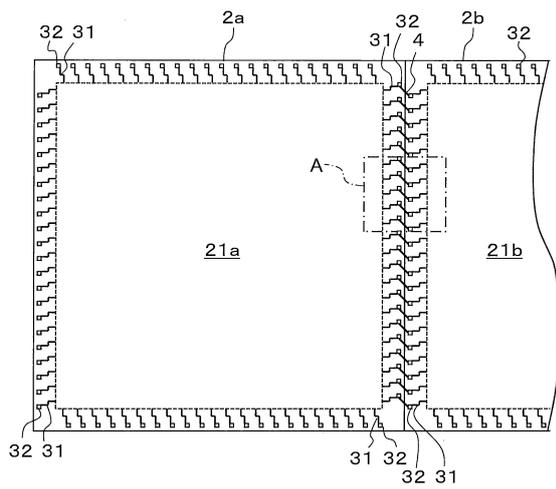
【図4】



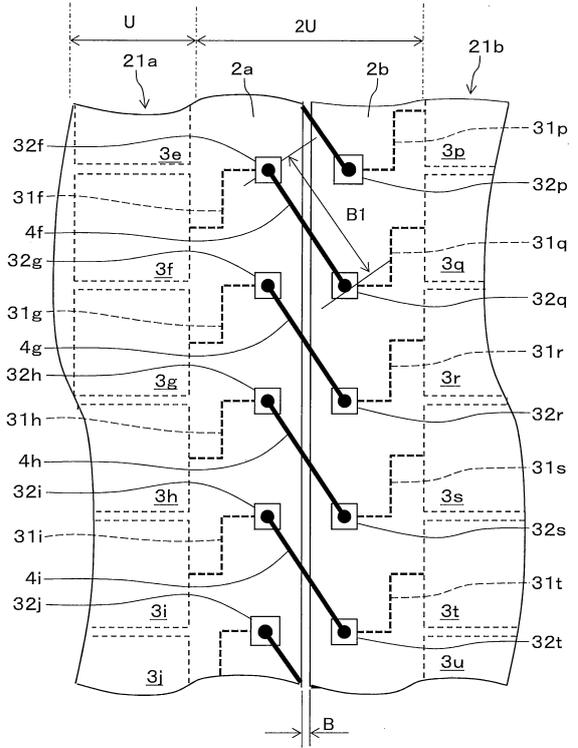
【図5】



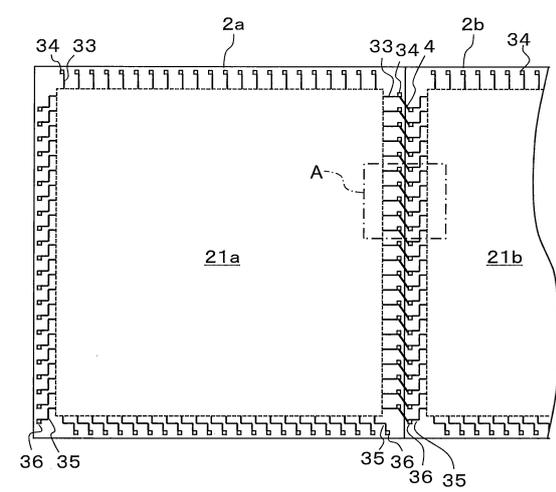
【図6】



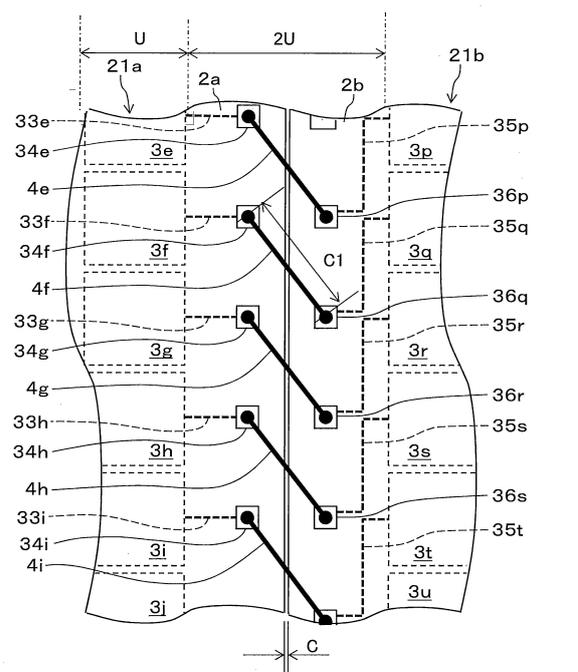
【図7】



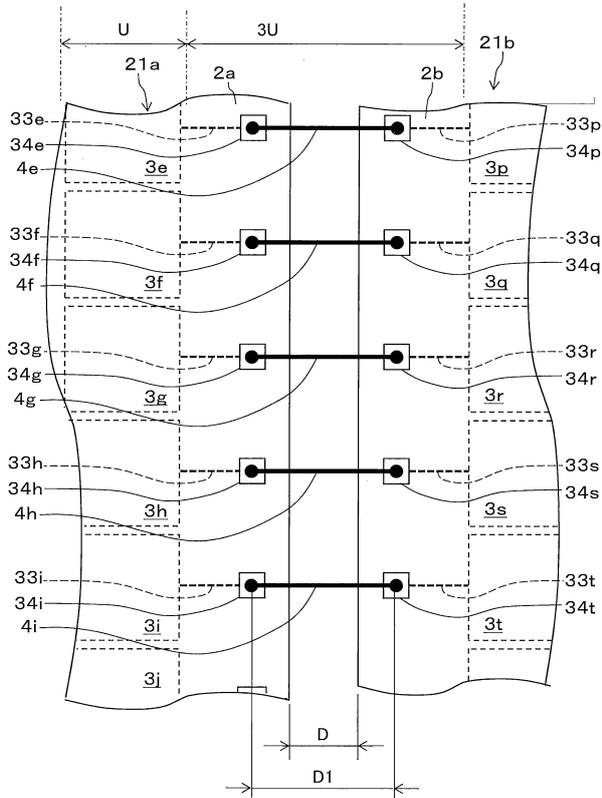
【図8】



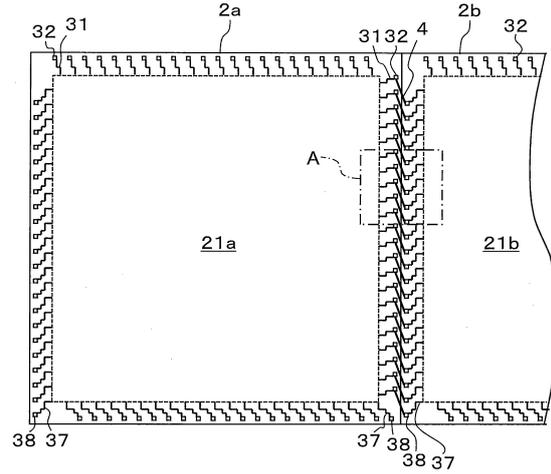
【図9】



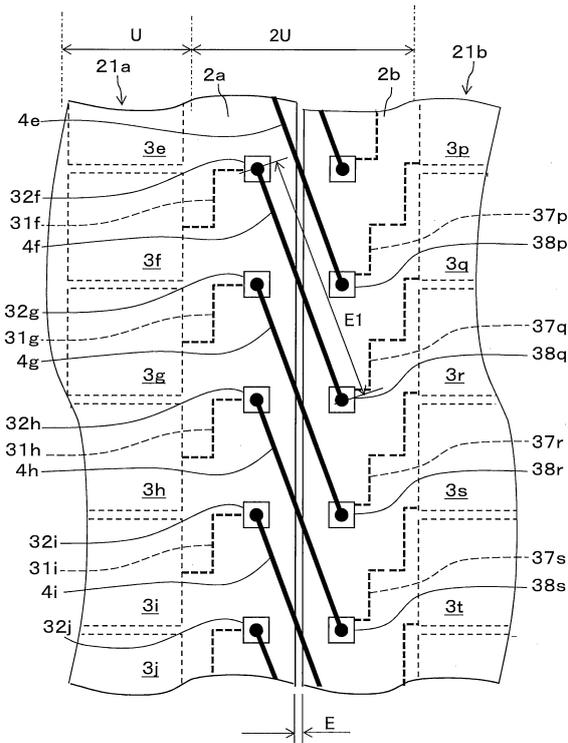
【図10】



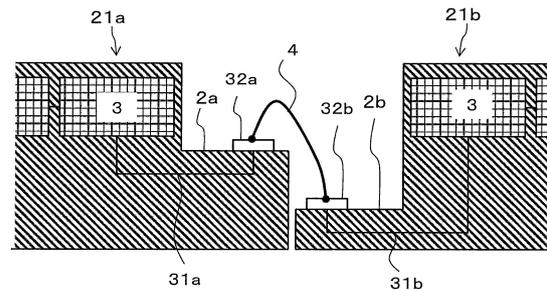
【図11】



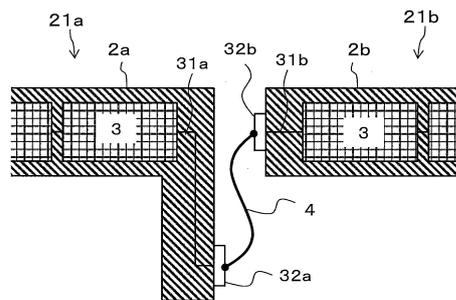
【図12】



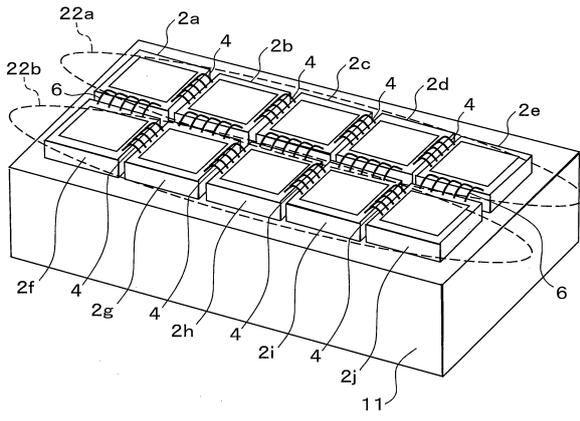
【図13】



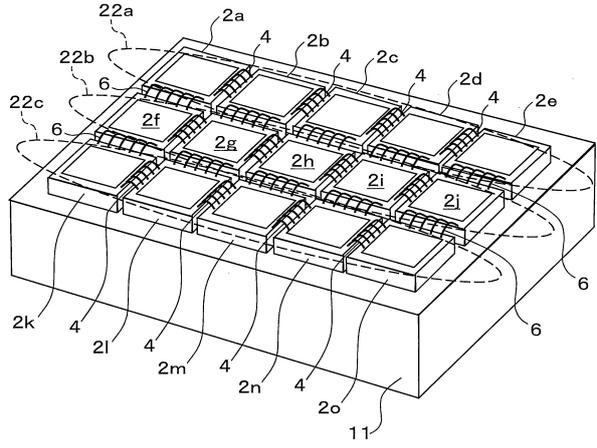
【図14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 永田 達也

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

審査官 門田 宏

(56)参考文献 特開2012-169793(JP, A)

米国特許出願公開第2014/0355381(US, A1)

特開2017-148258(JP, A)

国際公開第2009/154091(WO, A1)

国際公開第2012/023619(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00 - 8/15

H01L 27/04

H04R 1/06