

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4880275号
(P4880275)

(45) 発行日 平成24年2月22日(2012.2.22)

(24) 登録日 平成23年12月9日(2011.12.9)

(51) Int.Cl.

F 1

A61B 8/12 (2006.01)
HO4R 19/00 (2006.01)
HO4R 3/00 (2006.01)

A 6 1 B 8/12
 HO 4 R 19/00 3 3 O
 HO 4 R 3/00 3 3 O

請求項の数 21 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2005-289823 (P2005-289823)
 (22) 出願日 平成17年10月3日 (2005.10.3)
 (65) 公開番号 特開2007-97760 (P2007-97760A)
 (43) 公開日 平成19年4月19日 (2007.4.19)
 審査請求日 平成20年9月3日 (2008.9.3)

(73) 特許権者 304050923
 オリンパスメディカルシステムズ株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 (73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 (74) 代理人 100074099
 弁理士 大菅 義之
 (72) 発明者 安達 日出夫
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパスメディカルシステムズ株式会社内
 (72) 発明者 若林 勝裕
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパスメディカルシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電容量型超音波振動子装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板に形成されている静電容量型超音波振動子と、
 前記半導体基板に設けられ、前記静電容量型超音波振動子への駆動信号に重畳する直流
 高電圧信号を発生させるための直流高電圧発生手段と、

前記駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、

前記駆動信号と前記直流高電圧信号とを重畳させる重畳手段と、

を備え、

前記重畳手段は、前記直流高電圧発生手段から出力された前記直流高電圧信号を分岐させ、該分岐させた一方の直流高電圧信号を前記駆動信号発生手段を介して、分岐させた他方の直流高電圧信号に重畳させる

10

ことを特徴とする静電容量型超音波振動子装置。

【請求項 2】

前記直流高電圧発生手段は、
 低電圧の交流信号が入力される低電圧交流信号入力端子と、
 前記入力端子より入力される前記低電圧交流信号に基づいてON・OFF動作を行うCMOSインバータ回路と、

前記CMOSインバータ回路によるON・OFF動作に基づいて充電される薄膜コンデンサと、

ダイオードと、

20

前記薄膜コンデンサにより得られた直流高電圧信号が出力される直流高電圧信号出力端子と、

を備えることを特徴とする請求項1に記載の静電容量型超音波振動子装置。

【請求項3】

前記薄膜コンデンサは、高誘電率誘電体を用いた薄膜コンデンサであることを特徴とする請求項2に記載の静電容量型超音波振動子装置。

【請求項4】

前記高誘電率誘電体は、強誘電体薄膜からなることを特徴とする請求項3に記載の静電容量型超音波振動子装置。

【請求項5】

前記強誘電体薄膜は、BaTiO₃及びSrTiO₃のうちの少なくともいずれ1つを材料とする固溶体薄膜からなる

ことを特徴とする請求項4に記載の静電容量型超音波振動子装置。

10

【請求項6】

前記高誘電率誘電体は、重金属を含まない誘電体薄膜からなることを特徴とする請求項3に記載の静電容量型超音波振動子装置。

【請求項7】

前記直流高電圧発生手段は、前記低電圧交流信号入力端子、前記CMOSインバータ回路、前記薄膜コンデンサ、前記ダイオード、及び前記直流高電圧信号出力端子を1組とする場合、該1組を複数多段に接続する

20

ことを特徴とする請求項2に記載の静電容量型超音波振動子装置。

【請求項8】

前記CMOSインバータ回路は、2重拡散型MOSFET(DMOSFET)により構成される

ことを特徴とする請求項2に記載の静電容量型超音波振動子装置。

【請求項9】

前記CMOSインバータ回路は、縦型V溝MOSFET(VMOSFET)により構成される

ことを特徴とする請求項2に記載の静電容量型超音波振動子装置。

【請求項10】

30

前記静電容量型超音波振動子装置は、さらに、

前記半導体基板に設けられたチャージアンプと、

前記チャージアンプと前記静電容量型超音波振動子との導通をオン・オフする、前記半導体基板に設けられた半導体スイッチと、

を備えることを特徴とする請求項1に記載の静電容量型超音波振動子装置。

【請求項11】

前記駆動信号発生手段は、第1の半導体スイッチにより形成され、該第1の半導体スイッチは前記直流高電圧信号が入力される入力端子と、該直流高電圧信号が出力される出力端子と、該入力端子と該出力端子との導通状態を切り替える信号が入力されるゲートとを有する

40

ことを特徴とする請求項1に記載の静電容量型超音波振動子装置。

【請求項12】

前記静電容量型超音波振動子装置は、さらに、

前記静電容量型超音波振動子により超音波が発生する場合オン状態になる、前記半導体基板に設けられた、前記第1の半導体スイッチと直列に接続されている、第2の半導体スイッチ

を備えることを特徴とする請求項11に記載の静電容量型超音波振動子装置。

【請求項13】

前記静電容量型超音波振動子は、さらに、

前記直流高電圧発生手段より出力される前記直流高電圧信号の出力レベルを切り替える

50

第 1 の切り替え手段と、

前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、

前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号と前記直流高電圧信号とを重畠させる重畠手段と、

前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号または前記直流高電圧信号が前記重畠手段に入力するのを制御する第 2 の切り替え手段と、

前記半導体基板に設けられ、前記静電容量型超音波振動子により超音波受信信号が電気信号に変換され、該変換された該電気信号を外部への出力を制御する第 3 の切り替え手段と、

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の静電容量型超音波振動子装置。 10

【請求項 14】

前記静電容量型超音波振動子は、さらに、

前記第 1 の切り替え手段、前記駆動信号発生手段、前記第 2 の切り替え手段、及び前記第 3 の切り替え手段の動作を制御する切り替え制御手段

を備えることを特徴とする請求項 1_3 に記載の静電容量型超音波振動子装置。

【請求項 15】

前記静電容量型超音波振動子は、該半導体基板の表面または内部に構成される

ことを特徴とする請求項 1 ~ 1_4 のうちいずれか 1 項に記載の静電容量型超音波振動子装置。 20

【請求項 16】

請求項 1 に記載の静電容量型超音波振動子は、静電容量型振動子エレメントであり、

前記静電容量型振動子エレメントと、

前記直流高電圧発生手段と、

チャージアンプと、

前記駆動信号発生手段と、

前記静電容量型超音波振動子により超音波が発生する時に、オン状態になる第 1 の半導体スイッチと、

前記静電容量型超音波振動子により超音波を受信する時、オン状態になる第 2 の半導体スイッチと、

を 1 組とする場合、該 1 組が前記半導体基板に複数設けられている 30

ことを特徴とする静電容量型超音波振動子アレイ装置。

【請求項 17】

請求項 1_5 に記載の静電容量型超音波振動子アレイ装置を搭載した超音波内視鏡スコープ。 40

【請求項 18】

請求項 1_5 に記載の静電容量型超音波振動子アレイ装置を搭載した体腔内挿入型超音波診断装置。

【請求項 19】

請求項 1_5 に記載の静電容量型超音波振動子アレイ装置を搭載した超音波カテーテル。

【請求項 20】

請求項 1_5 に記載の静電容量型超音波振動子アレイ装置を搭載した超音波カプセル内視鏡。 40

【請求項 21】

半導体基板に形成されている静電容量型超音波振動子と、

前記半導体基板に設けられ、前記静電容量型超音波振動子を駆動させる駆動信号に重畠させるための直流高電圧信号を発生させる直流高電圧発生手段と、

前記直流高電圧発生手段より出力される前記直流高電圧信号の出力レベルを切り替える第 1 の切り替え手段と、

前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、

前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号と前記直流高電圧信号とを重畠させる重畠手 50

段と、

前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号または前記直流高電圧信号が前記重畠手段に入力するのを制御する第2の切り替え手段と、

前記半導体基板に設けられ、前記静電容量型超音波振動子により超音波受信信号が電気信号に変換され、該変換された電気信号を外部への出力を制御する第3の切り替え手段と、

を備える静電容量型超音波振動子装置の制御方法であって、

前記静電容量型超音波振動子装置より超音波を送信させる場合、前記第1の切り替え手段を駆動させて前記直流高電圧信号の前記出力レベルを設定し、

前記駆動信号発生手段を駆動させて前記駆動信号を発生させ、

前記重畠手段に前記駆動信号及び前記直流高電圧信号が入力されるように前記第2の切り替え手段を駆動させ、

前記第3の切り替え手段をオフ状態にし、

前記重畠手段に、前記直流高電圧発生手段から出力された前記直流高電圧信号を分岐させ、該分岐させた一方の直流高電圧信号を前記駆動信号発生手段を介して、分岐させた他方の直流高電圧信号に重畠させる

ことを特徴とする静電容量型超音波振動子装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波スコープ、超音波ミニチュアプローブ、超音波カプセル内視鏡に実装し、マイクロマシンプロセスを用いて製造される超音波振動子とそれを用いた装置に関する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

体腔内壁に向けて超音波を照射し、そのエコー信号から体内の状態を画像化して診断する超音波診断法が普及している。この超音波診断法に用いられる機材の1つに超音波内視鏡スコープがある。

【0003】

超音波内視鏡スコープは、体腔内へ挿入する挿入部の先端に超音波プローブが取り付けてあり、この超音波プローブは電気信号を超音波に変換し体腔内へ照射したり、また体腔内で反射した超音波を受信して電気信号に変換したりするものである。

【0004】

従来、超音波プローブでは、電気信号を超音波に変換させる圧電素子としてセラミック圧電材PZT(ジルコン酸チタン酸鉛)が使用されてきたが、シリコンマイクロマシニング技術を用いてシリコン半導体基板を加工した静電容量型超音波トランステューサ(Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer(以下、cMUTと称する))が注目を集めている。これは、マイクロマシン(MEMS:Micro Electro-Mechanical System、超小型電気的・機械的複合体)と総称される素子の1つである。

【0005】

一方、最近ハーモニッケイメージングという診断モダリティが、従来に無い高精度超音波診断が可能というから脚光を浴びる様になってきた、そのため、体腔内挿入型超音波診断装置において、この診断モダリティの標準装備が不可欠となってきている。したがって、超音波振動子の更なる広帯域化が望まれていた。

【0006】

上述の通り、近年マイクロマシンプロセスを用いた静電容量型超音波振動子(cMUT)が注目されつつある。このcMUTは、単に鉛等の重金属を含まないだけでなく、広帯域特性が容易に得ることができる。そのため、上述したハーモニッケイメージングに適している。

10

20

30

40

50

【0007】

図15は、従来におけるcMUTの一例を示す。同図は、特許文献1に開示されたcMUTである。この超音波振動子は、複数の容量性マイクロマシン超音波振動子(cMUT)によって形成される。cMUTを構成する各セルは、荷電振動板206を有している。この荷電振動板206は、逆に荷電された基板205に容量性をもって対向する。

【0008】

この振動板206は、バイアス荷電によって基板205方向へ屈曲する。また、この基板205には、振動板206の振動の中心においてセルの荷電が最大密度となるように、振動板206の中心へ対して隆起した中心部を有している。高調波による動作のために、セルに供与される駆動パルス波形は、予め歪められている。これは、無歪み信号駆動によって送信超音波に混入する高調波成分を低減するために、装置の非線形動作に鑑みてなされたものである。10

【0009】

cMUTセルは、従来通りの半導体プロセスによって加工されるため、バイアス荷電レギュレータ201などの補助振動子回路と一体化され得る。cMUTセルは、更に、マイクロステレオリソグラフィによっても加工することができる。そのため、セルは多様なポリマー及び他の物質を用いて形成される。

【0010】

この前記超音波観測装置は、高電圧により動作させるために前記超音波プローブ内に高耐圧スイッチを設けている。前記超音波観測装置内には、パルス発生手段と、制御手段とを設けている。パルス発生手段は、任意の波形で任意の電圧値を持つパルスを出力できる。制御手段は、前記高耐圧スイッチと前記パルス発生手段の出力を前記超音波振動子の走査タイミングに基づいて制御する。20

【0011】

それに対し本発明の出願人は、DC電圧印加のタイミングをrf信号印加のタイミングに合わせた時間だけ印加する方法を提案している(特許文献2)。

図16は、従来における超音波振動子駆動方法の一例(その1)を示す。同図は、特許文献3に開示された試験用プローブである。この試験用プローブは、既知の回路に加えて、試験用プローブと超音波信号評価装置との間の比較的に長い接続用ケーブルに起因して発生する電気的干渉の効果を最小にするために、他の作動回路を含んでいる。なお、特許文献3では、試験用プローブは上述した回路を含んでいるが、その回路が過剰に大きすぎることにならないようにしている。また、超音波試験を遂行するとき操作が困難にならないようにしている。30

【0012】

その試験用プローブのプローブハウジング内には、送信回路210が組み込まれている。送信回路210は、昇圧コイル211、VMOS電界効果型トランジスタ213、制御回路214、コンデンサ215を含んでいる。VMOS電界効果型トランジスタ213は、制御信号212によってON/OFF動作を行う。

【0013】

送信回路210は、次のように動作する。高密度電荷が、昇圧コイル211を経てコンデンサ215に充電されている。そのコンデンサ215の電荷量が最大になると、制御回路214から制御信号がVMOS電界効果型トランジスタ213のスイッチ駆動端子に出力される。そうすると、VMOS電界効果型トランジスタ213は、ON状態になる。そして、このON抵抗と抵抗器216とコンデンサ215による閉回路で放電が発生する。その放電電流によって抵抗器216に発生する電圧を圧電振動子に印加する。40

【0014】

しかしながら、この方法で誘起される電圧を高くしようとすると、昇圧コイル211のインダクタンスを大きくしなければならない。そのため、コンデンサ215とコイル211による共振が起こり、リンギングを含んだ駆動パルスとなる。このリンギング信号は、そのまま圧電振動子に印加され、空間分解能の低下やS/Nの低下につながる。50

【0015】

図17は、従来における圧電式超音波振動子駆動方法の一例（その2）を示す。図17(a)は、特許文献4に開示された超音波診断装置である。図17(b)は、図17(a)を簡略化して表示したものである。特許文献4は、必ずしも上記のリンク対策を意図したものでは無いが、長い接続用ケーブルに起因する電気的干渉の効果を最小にすることが開示されている。

【0016】

図17では、超音波プローブ220と超音波観測装置221とが記載されている。超音波プローブに設けた超音波振動子222から超音波信号を送受信して被検体を超音波走査する。超音波診断装置221では、受信した超音波信号に基づいて超音波断層画像を得ることができる。10

【0017】

前記超音波プローブ220内には、高耐圧スイッチ223が設けられている。前記超音波観測装置内には、パルス発生手段227と、制御手段228とが設けられている。パルス発生手段227は、任意の波形で任意の電圧値を持つパルスを出力できる。制御手段228は、高耐圧スイッチ223とパルス発生手段227の出力を、前記超音波振動子の走査タイミングに基づいて制御する。

【0018】

このような構成にすることにより、超音波プローブ内部の電気回路を小さくしている。また、プローブ内で超音波振動子駆動用の高電圧パルス信号を効率良く発生させることができ。かつ、ケーブルでの干渉の影響を受けない良好な超音波画像を得ることができるとともに、外部に放射する雑音を小さく押さえることが可能である。また回路内に、共振する要素が存在しないので、リンクを起こすことはない。20

【0019】

上述の通り、マイクロ圧電トランスやマイクロ電磁トランスをディスクリートに製造し、cMUTやpMUT（マイクロマシン製造プロセスを用いて製造される圧電振動子）の近傍に実装することが提案されていた。

【特許文献1】特表2004-503313号公報

【特許文献2】特開2004-176039号公報

【特許文献3】特公昭63-026341号公報

30

【特許文献4】特許第3062313号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0020】**

しかしながら、マイクロ圧電トランスやマイクロ電磁トランスをディスクリートに製造し、cMUTやpMUTの近傍に実装するという方法では、小型化に限界があり、配線接続を含む実装の難度が高く、品質的な問題を起こす恐れがあった。

【0021】

一方、マイクロマシンプロセスを用いて製造される超音波振動子と同一のシリコン基板上または内部に、高電圧発生手段を形成することは提案されていなかった。40

上記の課題に鑑み、マイクロマシンプロセスを用いて製造される超音波振動子と同一のシリコン基板上または内部に、マイクロマシンプロセスまたは半導体集積化プロセスを用いて直流高電圧発生手段を形成し、静電容量型超音波振動子装置の小型化を実現する。

【課題を解決するための手段】**【0022】**

上記課題は、特許請求の範囲の請求項1に記載の発明によれば、半導体基板に形成されている静電容量型超音波振動子と、前記半導体基板に設けられ、前記静電容量型超音波振動子への駆動信号に重畠する直流高電圧信号を発生させるための直流高電圧発生手段と、前記駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、前記駆動信号と前記直流高電圧信号とを重畠させる重畠手段と、を備え、前記重畠手段は、前記直流高電圧発生手段から出力され50

た前記直流高電圧信号を分岐させ、該分岐させた一方の直流高電圧信号を前記駆動信号発生手段を介して、分岐させた他方の直流高電圧信号に重畠させることを特徴とする静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。

【0025】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項²に記載の発明によれば、前記直流高電圧発生手段は、低電圧の交流信号が入力される低電圧交流信号入力端子と、前記入力端子より入力される前記低電圧交流信号に基づいてON・OFF動作を行うCMOSインバータ回路と、前記CMOSインバータ回路によるON・OFF動作に基づいて充電される薄膜コンデンサと、ダイオードと、前記薄膜コンデンサにより得られた直流高電圧信号が出力される直流高電圧信号出力端子と、を備えることを特徴とする請求項¹に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。10

【0026】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項³に記載の発明によれば、前記薄膜コンデンサは、高誘電率誘電体を用いた薄膜コンデンサであることを特徴とする請求項²に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。

【0027】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項⁴に記載の発明によれば、前記高誘電率誘電体は、強誘電体薄膜からなることを特徴とする請求項³に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。

【0028】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項⁵に記載の発明によれば、前記強誘電体薄膜は、BaTiO₃及びSrTiO₃のうちの少なくともいずれ1つを材料とする固溶体薄膜からなることを特徴とする請求項⁴に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。20

【0029】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項⁶に記載の発明によれば、前記高誘電率誘電体は、重金属を含まない誘電体薄膜からなることを特徴とする請求項³に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。

【0030】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項⁷に記載の発明によれば、前記直流高電圧発生手段は、前記低電圧交流信号入力端子、前記CMOSインバータ回路、前記薄膜コンデンサ、前記ダイオード、及び前記直流高電圧信号出力端子を1組とする場合、該1組を複数多段に接続することを特徴とする請求項²に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。30

【0031】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項⁸に記載の発明によれば、前記CMOSインバータ回路は、2重拡散型MOSFET(DMOSFET)により構成されることを特徴とする請求項²に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。

【0032】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項⁹に記載の発明によれば、前記CMOSインバータ回路は、縦型V溝MOSFET(VMOSFET)により構成されることを特徴とする請求項²に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。40

【0033】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項¹⁰に記載の発明によれば、前記静電容量型超音波振動子装置は、さらに、前記半導体基板に設けられたチャージアンプと、前記チャージアンプと前記静電容量型超音波振動子との導通をオン・オフする、前記半導体基板に設けられた半導体スイッチと、を備えることを特徴とする請求項¹に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる

【0034】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項¹¹に記載の発明によれば、前記駆動信号発生手50

段は、第1の半導体スイッチにより形成され、該第1の半導体スイッチは前記直流高電圧信号が入力される入力端子と、該直流高電圧信号が出力される出力端子と、該入力端子と該出力端子との導通状態を切り替える信号が入力されるゲートとを有することを特徴とする請求項1に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。

【0035】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項1_2に記載の発明によれば、前記静電容量型超音波振動子装置は、さらに、前記静電容量型超音波振動子により超音波が発生する場合オン状態になる、前記半導体基板に設けられた、前記第1の半導体スイッチと直列に接続されている、第2の半導体スイッチを備えることを特徴とする請求項1_1に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。 10

【0036】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項1_3に記載の発明によれば、前記静電容量型超音波振動子は、さらに、前記直流高電圧発生手段より出力される前記直流高電圧信号の出力レベルを切り替える第1の切り替え手段と、前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号と前記直流高電圧信号とを重畳させる重畠手段と、前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号または前記直流高電圧信号が前記重畠手段に入力するのを制御する第2の切り替え手段と、前記半導体基板に設けられ、前記静電容量型超音波振動子により超音波受信信号が電気信号に変換され、該変換された該電気信号を外部への出力を制御する第3の切り替え手段と、を備えることを特徴とする請求項1に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。 20

【0037】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項1_4に記載の発明によれば、前記静電容量型超音波振動子は、さらに、前記第1の切り替え手段、前記駆動信号発生手段、前記第2の切り替え手段、及び前記第3の切り替え手段の動作を制御する切り替え制御手段を備えることを特徴とする請求項1_3に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。

【0038】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項1_5に記載の発明によれば、前記静電容量型超音波振動子は、該半導体基板の表面または内部に構成されることを特徴とする請求項1～1_4のうちいずれか1項に記載の静電容量型超音波振動子装置を提供することによって達成できる。 30

【0039】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項1_6に記載の発明によれば、請求項1に記載の静電容量型超音波振動子は、静電容量型振動子エレメントであり、前記静電容量型振動子エレメントと、前記直流高電圧発生手段と、チャージアンプと、前記駆動信号発生手段と、前記静電容量型超音波振動子により超音波が発生する時に、オン状態になる第1の半導体スイッチと、前記静電容量型超音波振動子により超音波を受信する時、オン状態になる第2の半導体スイッチと、を1組とする場合、該1組が前記半導体基板に複数設けられていることを特徴とする静電容量型超音波振動子アレイ装置を提供することによって達成できる。 40

【0040】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項1_7に記載の発明によれば、請求項1_5に記載の静電容量型超音波振動子アレイ装置を搭載した超音波内視鏡スコープを提供することによって達成できる。

【0041】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項1_8に記載の発明によれば、請求項1_5に記載の静電容量型超音波振動子アレイ装置を搭載した体腔内挿入型超音波診断装置を提供することによって達成できる。

【0042】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項1_9に記載の発明によれば、請求項1_5に記載の静電容量型超音波振動子アレイ装置を搭載した超音波カテーテルを提供することによって達成できる。

【0043】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項2_0に記載の発明によれば、請求項1_5に記載の静電容量型超音波振動子アレイ装置を搭載した超音波カプセル内視鏡を提供することによって達成できる。

【0044】

上記課題は、特許請求の範囲の請求項2_1に記載の発明によれば、半導体基板に形成されている静電容量型超音波振動子と、前記半導体基板に設けられ、前記静電容量型超音波振動子を駆動させる駆動信号に重畠させるための直流高電圧信号を発生させる直流高電圧発生手段と、前記直流高電圧発生手段より出力される前記直流高電圧信号の出力レベルを切り替える第1の切り替え手段と、前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号と前記直流高電圧信号とを重畠させる重畠手段と、前記半導体基板に設けられ、前記駆動信号または前記直流高電圧信号が前記重畠手段に入力するのを制御する第2の切り替え手段と、前記半導体基板に設けられ、前記静電容量型超音波振動子により超音波受信信号が電気信号に変換され、該変換された電気信号を外部への出力を制御する第3の切り替え手段と、を備える静電容量型超音波振動子装置の制御方法であって、前記静電容量型超音波振動子装置より超音波を送信させる場合、前記第1の切り替え手段を駆動させて前記直流高電圧信号の前記出力レベルを設定し、前記駆動信号発生手段を駆動させて前記駆動信号を発生させ、前記重畠手段に前記駆動信号及び前記直流高電圧信号が入力されるように前記第2の切り替え手段を駆動させ、前記第3の切り替え手段をオフ状態にし、前記重畠手段に、前記直流高電圧発生手段から出力された前記直流高電圧信号を分岐させ、該分岐させた一方の直流高電圧信号を前記駆動信号発生手段を介して、分岐させた他方の直流高電圧信号に重畠させることを特徴とする静電容量型超音波振動子装置の制御方法を提供することによって達成できる。10 20

【発明の効果】

【0045】

本発明を用いることにより、直流高電圧発生手段を備えつつも、静電容量型超音波振動子装置の小型化を図ることができる。30

【発明を実施するための最良の形態】

【0046】

本発明にかかる静電容量型超音波振動子は、半導体基板上の静電容量型超音波振動子の近傍に、直流高電圧発生手段、さらには、半導体スイッチ、チャージアンプ等のデバイスを一体的に配置することにより、静電容量型超音波振動子装置の小型化を実現する。

【0047】

図1は、本実施形態における体腔内挿入型超音波診断装置の構成を示す。体腔内挿入型超音波診断装置1は、少なくとも、超音波観測装置2と、挿入部（挿入部は、主に、湾曲部及び可撓管部3と超音波プローブ4とから構成される）とから構成される。40

【0048】

超音波観測装置2は、制御部2aを備えている。制御部2aは、スイッチ制御信号発生器7の動作を制御したり、湾曲部及び可撓管部3を介して超音波プローブ4より伝送された超音波受信信号を信号処理して画像信号に変換したりする。

【0049】

挿入部は、体腔内に挿入するために細長の管状形状をしている。超音波プローブ4には超音波振動子としてcMUT9が設けられており、このcMUT9により超音波信号の送受信を行う。湾曲部は、超音波プローブ4の後端に位置する湾曲自在な部分である。可撓管部は、その湾曲部の後端に位置して細径かつ長尺で可撓性を有する。挿入部内部には50

c M U T 9を構成する振動子エレメントのそれぞれを駆動させるための同軸ケーブルの束が内包されている。

【 0 0 5 0 】

超音波プローブ4には、スイッチSW1, SW2, SW3, SW4、加算器5、昇圧回路6、スイッチ制御信号発生器7、チャージアンプ8、c M U T 9が内蔵されている。昇圧回路6は、マイクロマシンプロセスを用いて半導体基板上に形成された静電容量型昇圧素子である。この静電容量型昇圧素子と同一の半導体基板上に、さらに、マイクロマシンプロセスやその他の半導体集積化プロセスを用いて、加算器5、スイッチ制御信号発生器7、チャージアンプ8、c M U T 9を形成することも可能である。このようにすることにより、超音波プローブ4を小型化することができる。

10

【 0 0 5 1 】

静電容量型超音波振動子アレイ(c M U T 9)は、駆動制御信号を入出力する最小単位である超音波振動子エレメント(または、単に「エレメント」という)が複数配列されたものから構成される。このエレメントは、振動子セル(または、単に「セル」という)と呼ばれる単位の振動子より構成される。セルは、後述するように、1つのキャビティ(空隙部)を構成する要素をいう。

【 0 0 5 2 】

スイッチ制御信号発生器7は、スイッチSW1～SW4をON/OFFする制御信号を発生させる。すなわち、スイッチ制御信号発生器7は、各スイッチをON/OFFするタイミング及びON/OFFしている時間を決める信号を発生させる。スイッチSW1～SW4は、DMOS(Double Diffused MOS、2重拡散型MOSFET)またはVMOS(V-groove MOS、縦型V溝MOSFET)により作成されている。

20

【 0 0 5 3 】

加算器5は、昇圧回路6により昇圧された直流電圧に、スイッチSW2で発生させられたc M U T 9を駆動させるための駆動パルスを重畠させるためのものである。

チャージアンプ8では、インピーダンス変換を行う機能(高インピーダンス 低インピーダンスへ変換する)、c M U T 9の電極表面の電荷の検出を行う機能、及びアンプとしての機能を備えている。電荷の検出を行う機能とは、c M U T 9はエコー信号を受信すると、エコー信号の強度に応じてメンブレンが振動し、その振動に応じた上部電極上の電荷の変動が起こるので、その電荷を検出する機能をいう。

30

【 0 0 5 4 】

次に、体腔内挿入型超音波診断装置1の動作について説明する。まず、超音波ビーム送信時について説明する。

まず、超音波ビーム送信時には、スイッチ制御信号発生器7はスイッチSW3をON、スイッチSW4をOFFにするように制御する。

【 0 0 5 5 】

次に、昇圧回路6に電圧 V_{in} と電圧 V_{cc} を入力する。ここで、電圧 V_{in} , V_{cc} について説明すると、例えば、挿入部内部の同軸ケーブル内を交流電圧 V_{in} で伝送させ、 V_{in} から昇圧回路6の内部に整流回路を持たせ、それで V_{cc} を作り出す方法と、同軸ケーブル内に直流電圧 V_{cc} を伝送し、昇圧回路6の内部に発振回路を持たせ、それで V_{in} を作り出す方法がある。いずれにせよ同軸ケーブルに伝送する電圧は、c M U T 駆動電圧に比べはるかに小さな電圧である。

40

【 0 0 5 6 】

昇圧回路6は、電圧 V_{in} , V_{cc} を基に昇圧された直流電圧 V_{dc} を発生させ、この直流電圧 V_{dc} をスイッチSW1に出力する。本実施形態では、一例として昇圧の程度の異なる3段階の直流電圧 V_{dc} ($V_{dc1} < V_{dc2} < V_{dc3}$)が昇圧回路6から出力される。

【 0 0 5 7 】

スイッチSW1は、本実施形態では一例として3チャンネルの切り替えができるものである。スイッチSW1は、スイッチ制御信号発生器7の制御信号によりそれらのチャンネ

50

ルを切り替え、昇圧回路 6 から出力される直流電圧 V_{dc} (V_{dc1} , V_{dc2} , V_{dc3}) のうちいずれかの直流電圧 V_{dc} を出力する。

【0058】

また、スイッチ制御信号発生器 7 は、超音波観測装置 2 の制御回路 2a からのケーブル伝送信号に基づいて、cMUT 9 を駆動させるためのパルスを発生させる。それから、スイッチ制御信号発生器 7 はそのパルスをスイッチ SW 2 に出力する。スイッチ SW 2 は、そのパルスに基づいて、ON/OFF 動作を行い、スイッチ SW 3 および加算器 5 を介して直流電圧 V_{dc} にその駆動パルスを重畠する。

【0059】

その重畠された駆動信号は、cMUT 9 へ出力される。cMUT 9 では、上部電極と下部電極の一対の電極に高電圧が印加されることで電極間が引っ張りあい、電圧を 0 にすると元に戻る。この振動動作によってメンブレンが振動した結果、超音波が発生し、上部電極の上方向に超音波が放射される。

【0060】

次に、超音波ビーム受信時について説明する。なお、超音波ビーム受信時には、スイッチ制御信号発生器 7 はスイッチ SW 3 を OFF、スイッチ SW 4 を ON にするように制御する。

【0061】

cMUT 9 より放射された超音波は、体腔内で反射され、その反射波は cMUT 9 で受信される。cMUT 9 では、その受信した反射波を電気信号に変換し、その受信信号は、チャージアンプ 8 を介して、超音波観測装置 2 に送信される。超音波観測装置 2 では、その受信信号に基づいて超音波診断画像を構築する。

【0062】

次に、昇圧回路 6 を図 2 及び図 3 を用いて説明する。

図 2 は、本実施形態における昇圧回路 6 の原理を示す図である。図 2 の回路は、シュミットトリガーインバータ 11、コンデンサ C_1 , C_{out} 、ダイオード D_1 , D_2 、端子 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 から構成される。シュミットトリガーアンバータ 11 は CMOSFET (Complementary Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor) 21 (Q_1), CMOSFET 22 (Q_2) を有している。

【0063】

次に、図 2 の回路の動作原理について説明する。プッシュプル動作をする Q_1 , Q_2 の共通ゲート接続端子 16 に、例えば 7.5 MHz で 10 V_{op} の矩形波 V_{in} を印加する (V_{cc} も 10 V)。

【0064】

共通ゲート接続端子 16 に 10 V が印加されているタイミングでは、 Q_1 が ON、 Q_2 が OFF となる。このとき、ダイオード D_1 は順方向バイアスであり、コンデンサ C_1 (図 2 で、C を C_1 に修正) には $V_{c1} = V_{cc} - V_D$ (V_D はダイオード D_1 の順方向電圧降下であり、 $V_D = \sim 0.7$ V である。) の電圧がかかる。

【0065】

それまでの間、コンデンサ C_{out} が充電され、コンデンサ C_{out} には $V_{out} = V_{cc} - 2 V_D$ の電圧が形成される。なお、ダイオード D_2 もまた順方向バイアスである (ダイオード D_2 の順方向電圧降下も例えば V_D であり、 $V_D = \sim 0.7$ V である。)。

【0066】

次に、 $V_{in} = 0$ とした場合、 Q_1 が OFF、 Q_2 が ON となり、ダイオード D_1 は逆バイアスとなるため、コンデンサ C_1 の負端子に電圧が供給される。そうすると、 C_{out} は順バイアスのダイオード D_2 経由で充電される。すなわち、コンデンサ C_1 の正端子が昇圧された結果、供給電圧 V_{cc} よりも高い電圧を得ることができる。

【0067】

コンデンサ C_{out} の静電容量がコンデンサ C_1 の静電容量より小さい場合、 $V_{out} = V_{out}$

10

20

30

40

50

$V_1 + V_{c1} = 2(V_{in} - V_D)$ となる (V_{out1} は、 Q_1 の順方向電圧降下である)。 $V_{cc} > > V_D$ の場合、 $V_{out} = 2V_{in}$ となり、 図 2 の回路は倍電圧昇圧回路として動作する。

【0068】

上述の通り、 コンデンサ C_1 の静電容量はコンデンサ C_{out} の静電容量より大きくするのが好ましい。そのため、 コンデンサ C_1 として、 高誘電率誘電体コンデンサを用いることにする。この高誘電率誘電体は強誘電体薄膜からなる。強誘電体とは、 外部から電界を加えなくても電気分極を持っている物質のうち、 この分極（自発分極）の向きを外部から加える電界で反転できるものをいう。

【0069】

強誘電性を有する物質の典型的な例としてはペロブスカイト構造を有する結晶がある。 強誘電体に交流電圧を加えると、 分極はヒステリシス曲線を描く。 強誘電体材料としては、 $SrBi_2(Nb_{1-x}Ta_x)_2O_9$ がある。 この $SrBi_2(Nb_{1-x}Ta_x)_2O_9$ は、 高耐久性強誘電体であり、 ビスマス層状構造を有する。

【0070】

また、 強誘電体は、 $BaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ のいずれか、 またはそれらからなる固溶体薄膜から構成してもよい。また、 高誘電率誘電体が重金属を含まない誘電体薄膜から形成されてもよく、 その誘電体薄膜は ZnO 、 AlN 、 Ta_2O_5 等の誘電率が高い材料から形成することができる。これらの誘電体は重金属を含まず環境的にも好ましい材料と言える。

【0071】

図 3 は、 本実施形態における昇圧回路 6 の構成概念図である。 昇圧回路 6 は、 N (N : 正の整数) 個の図 2 の回路 10 を従続接続したものである。 N 個の回路 10 を従続接続した場合、 N 番目の回路から出力される電圧 V_{out} は、

$$V_{out} = (N + 1)(V_{cc} - V_D)$$

$V_{cc} > > V_D$ の場合、

$$V_{out} = (N + 1)V_{cc}$$

と表すことができる。よって、 従続接続する回路 10 の個数を変えることにより、 電圧の昇圧の程度を制御することができる。

【0072】

図 3 において、 スイッチ SW1 には 3 つのチャンネル ($SW1a$, $SW1b$, $SW1c$) が設けられている。 $SW1a = ON$, $SW1b = OFF$, $SW1c = OFF$ の場合、 6 個の回路 10 を従続接続した状態になるので、 $V_{out} = 7(V_{cc} - V_D)$ ($V_{cc} > > V_D$ の場合、 $V_{out} = 7V_{cc}$) となる。 $SW1a = OFF$, $SW1b = ON$, $SW1c = OFF$ の場合、 12 個の回路 10 を従続接続した状態になるので、 $V_{out} = 13(V_{cc} - V_D)$ ($V_{cc} > > V_D$ の場合、 $V_{out} = 13V_{cc}$) となる。 $SW1a = OFF$, $SW1b = OFF$, $SW1c = ON$ の場合、 18 個の回路 10 を従続接続した状態になるので、 $V_{out} = 19(V_{cc} - V_D)$ ($V_{cc} > > V_D$ の場合、 $V_{out} = 19V_{cc}$) となる。

【0073】

このように、 昇圧回路を用いれば、 入力電圧 V_{cc} を約 $(N + 1)$ 倍に昇圧することができ、 低電圧から直流高電圧を発生させることができる。

超音波ビーム送信時、 スイッチ $SW3 = ON$ 、 スイッチ $SW4 = OFF$ であり、 スイッチ $SW2$ により、 この昇圧された直流高電圧に RF 高電圧駆動信号が重畠されて、 c M U T の下部電極にその重畠信号が印加される。ここで、 RF 高電圧駆動信号は、 直流高電圧信号を分岐させ、 この分岐信号に対して $SW2$ を高速で ON / OFF させることによって得られる。そして、 この RF 高電圧駆動信号と前記直流高電圧とを加算器 5 によって加算重畠させ、 c M U T 9 に印加する重畠信号が得られる。なお、 c M U T から送信される超音波の周波数は $SW2$ による ON / OFF 周波数によって決まる。（図 3 の $SW2 \sim 4$ の配置は図 1 と同じにして下さい。）

高電圧重畠信号が印加された c M U T 9 は、 上部電極が設けられているメンブレン表面より超音波を放射する。放射された超音波は、 生体組織により反射され、 その反射波は c

10

20

30

40

50

MUT 9で受信される。

【0074】

超音波ビーム受信時には、スイッチ SW3 = OFF、スイッチ SW4 = ONになる。c MUT 9は、その反射波を電気信号に変換する。その電気信号に変換された受信信号は、チャージアンプ8を介して、超音波観測装置2に送信される。超音波観測装置2では、その受信信号に基づいて超音波診断画像を構築する。

【0075】

このように昇圧回路6を用いることで、ケーブルには低電圧信号のみを伝送し、プローブ内で超音波振動子駆動用のDCバイアス電圧が重畠した高電圧パルスを効率良く発生させることができる。また、ケーブルに起因するノイズの影響を防止することができる。

10

【0076】

図4は、本実施形態におけるスイッチ(SW)動作及び超音波送信駆動電圧信号のタイミングチャートを示す。図1を参照しながら、図4について説明する。図4のタイミングには、超音波送信期間30、エコー信号受信期間31がある。超音波送信期間30とエコー信号受信期間31の合計からなる期間32が繰り返される。T=1~4は超音波送信期間を示す。

【0077】

タイミングT=1のとき、SW3がON状態になる。このとき、SW4はOFF状態である。そして、SW1がONになる(厳密に言えば、SW1a, SW1b, SW1cのうちいずれかがONになる)。そうすると、昇圧回路6にV_{in}, V_{cc}が入力され、昇圧回路6から高電圧の直流電圧V_{dc}が出力される。

20

【0078】

タイミングT=2のとき、SW2がONになる。そうすると、直流電圧V_{dc}に更にSW2のON電圧V_{dc}が加算重畠されて2V_{dc}がcMUT9に印加される。

タイミングT=3のとき、SW2がOFFになる。このとき、SW2のON電圧V_{dc}は遮断されるので、cMUT9に印加される電圧はV_{dc}となる。

【0079】

T=4、T=5はT=1, T=2の繰り返しである。

このようにして、2V_{dc}とV_{dc}の間を高速で変動する、即ち、振幅がV_{dc}、DCバイアス電圧が1.5V_{dc}の高電圧重畠駆動信号電圧V_{drv}が生成され、これがcMUT9に印加されることにより、cMUT9より超音波が放射される。

30

【0080】

T=5~16はエコー信号受信期間である。34はエコー受信信号の波形を示しているが、その周期はSW2をON/OFFする周期にほぼ等しい信号となっている。エコー信号受信期間中、SW3はOFF状態、SW4はON状態であり、cMUT9は生体組織で反射した超音波を受信する。cMUT9により受信された超音波は電気信号に変換され、SW4及びチャージアンプ8を介して超音波観測装置2に出力される。尚、以上はcMUT1エレメント分についての記載であったが、これらのエレメントを1次元または2次元に配列したアレイ型振動子の場合もそのエレメントの数に対応した数の上記に記載の制御チャンネルを構成すれば良い。またそれぞれの制御チャンネルに配置されたSWを駆動するタイミングを制御チャンネルごとに位相差を設けることによって送信ビームフォーミングが可能になり、複数のチャージアンプ8の出力を受信ビームフォーミング処理することにより、高精度のリニア走査やセクター走査が可能になる。

40

【0081】

次に、本実施形態におけるcMUTの構造について説明する。

図5は、本実施形態におけるcMUT9の平面図の一例を示す。同図において、cMUTチップ40には、複数のcMUTエレメント41が並列接続されて配設されている。cMUTエレメント41には、複数のcMUT下部電極42が形成されている。cMUT下部電極42で示される部分はcMUTセルに相当する部分であり、各cMUTセルのメンブレンが振動することで超音波が発生する。各cMUT下部電極42は、cMUT下部電

50

極接続配線 4 3 で相互に接続されている。c M U T チップ 4 0 の端部（同図の上方）には、D C バイアス電圧供給配線 4 4 が配設され、各 c M U T エレメント 4 1 の端部にある c M U T 下部電極 4 2 と接続されている。

【 0 0 8 2 】

同図において、D C バイアス電圧供給配線 4 4 と c M U T エレメント 4 1 との間の領域には、M O S F E T (Metal - O x i d e S e m i c o n d u c t o r F i e l d - E f f e c t T r a n s i s t o r) スイッチ 4 5 (4 5 a , 4 5 b , 4 5 c) 、チャージアンプ 5 1 が設けられている。

【 0 0 8 3 】

M O S F E T スイッチ 4 5 a のドレイン領域と D C バイアス電圧供給配線 4 4 とが配線 5 2 により接続されている。M O S F E T スイッチ 4 5 a のソース領域と M O S F E T スイッチ 4 5 b のドレイン領域とが配線 5 3 により接続されている。M O S F E T スイッチ 4 5 b のソース領域と c M U T 下部電極 4 2 とが配線 5 4 により接続されている。M O S F E T スイッチ 4 5 c のドレイン領域と、D C バイアス電圧供給配線 4 4 及び c M U T 下部電極 4 2 とが配線 5 5 により接続されている。M O S F E T スイッチ 4 5 c のソース領域とチャージアンプ 5 1 とが配線 5 6 により接続されている。また、各 M O S F E T スイッチ 4 5 (4 5 a , 4 5 b , 4 5 c) にはそれぞれ、ゲート信号入力電極パッド 5 0 (5 0 a , 5 0 b , 5 0 c) が設けられている。

【 0 0 8 4 】

なお、M O S F E T スイッチ 4 5 a , 4 5 b , 4 5 c はそれぞれ、図 1 のスイッチ S 2 , S W 3 , S W 4 に対応する。図 5 では図 1 の加算器 5 は不図示である。

図 5 の左側に形成された領域は、図 1 の昇圧回路 6 に相当する部分（昇圧回路領域 6 0 ）である。昇圧回路領域 6 0 には、コンデンサ領域 6 1 （図 2 のコンデンサ C_{out} に相当する）、出力電圧切り替えスイッチ領域 6 2 （図 1 のスイッチ S W 1 に相当する）、高静電容量コンデンサ上部電極 6 3 （図 2 のコンデンサ C₁ に相当する）、高誘電率誘電体薄膜 6 4 （図 2 のコンデンサ C₁ に用いられるに相当する）、入力信号用電極パッド 6 5 （図 2 の V_{in} が入力される電極パッドに相当する）、シュミットトリガーインバータ回路 + ダイオード領域 6 6 （シュミットトリガーインバータ 1 1 及びダイオード D₁ , D₂ に相当する）から構成される。

【 0 0 8 5 】

図 6 は、本実施形態における昇圧回路領域の断面図の一例を示す。図 6 は、図 5 の昇圧回路領域 6 0 の断面図に相当するものである。しかしながら、図 6 は説明の都合上、図 5 とは一部配置が変更されているが、同等の機能を備えるものである。

【 0 0 8 6 】

図 6 において、昇圧回路領域は、シリコン基板 7 1 、表面酸化膜 7 2 、下部電極 7 3 , 7 4 、高誘電率誘電体 7 5 , 7 6 、上部電極 7 7 , 7 8 、C M O S インバータ回路部 (C M O S F E T + ダイオード) 7 9 、接地配線 8 0 、オーミックコントタクト用拡散領域 8 1 , 8 8 、M O S F E T ソース領域 8 2 、M O S F E T ドレイン領域 8 3 、M O S F E T チャンネル領域 8 4 、M O S F E T ゲート配線 8 5 、ダイオード P 拡散領域 8 6 、N 拡散領域 8 7 、ダイオード領域 8 9 から構成される。この構成について詳述する。

【 0 0 8 7 】

同図において、高誘電率誘電体又は強誘電体を用いた大容量薄膜コンデンサ 7 5 （図 2 のコンデンサ C₁ に相当する） , 7 6 （図 2 のコンデンサ C_{out} に相当する）と、表面酸化膜 7 2 を形成したシリコン基板 7 1 、その上に形成した下部電極 7 3 , 7 4 及び上部電極 7 7 , 7 8 が形成されている。

【 0 0 8 8 】

シリコン基板 7 1 には倍電圧昇圧回路を構成するためのシュミットトリガーインバータ領域 7 9 （図 2 のシュミットトリガーインバータ 1 1 に相当する）とダイオード領域 8 9 （図 2 のダイオード D₁ , D₂ に相当する）が形成されている。

【 0 0 8 9 】

10

20

30

40

50

シユミットトリガーインバータ領域 7 9 は、ソース領域 8 2 、ドレイン領域 8 3 、及びチャンネル領域 8 4 からなるMOSFET(図2のCMOSFET21(Q₁) , CMOSFET22(Q₂)に相当する)が相補的に図2の通りに接続されている(図6では片方CMOSFET21(Q₁)を省略している)。

【0090】

CMOSFET22(Q₂)に相当するMOSFETチャンネル領域 8 4 は、ソース側が基板 7 1 のオーミックコンタクト拡散層 8 1 を経て同電位となる様に接続してある。一方のコンデンサの上部電極 7 8 はオーミックコンタクト拡散層 8 8 を経てシリコン基板 7 1 に同電位接続されている。

【0091】

シリコン基板 7 1 が接地されると、接地配線 8 0 、上部電極 7 8 も接地されることになる。MOSFETゲート配線 8 5 には図2に示したV_{in}が入力される。更に、上部電極 7 8 が最終段の倍電圧昇圧部でない場合、上部電極 7 8 は基板 7 1 と同電位にするのではなく、図3に示した様に、次段のシユミットトリガーインバータの出力部に接続される。

【0092】

図7は、本実施形態における昇圧回路領域の平面図の一例を示す。同図は、図5の破線で囲まれた領域 6 7 の拡大図である。シリコン基板 1 0 1 には複数の強誘電体薄膜コンデンサ(FEC) 1 0 2 が形成されている。また、シリコン基板 1 0 1 には、p+拡散領域 1 3 4 が形成され、そこにさらに複数のn拡散領域 1 3 0 が形成されている。各n拡散領域 1 3 0 にはCMOSインバータ 1 1 0 とpn接合ダイオード 1 2 4 が形成されている。以下では、図8～図10を用いて、強誘電体薄膜コンデンサ 1 0 2 、CMOSインバータ 1 1 0 、pn接合ダイオード 1 2 4 を説明する。

【0093】

図8は、強誘電体薄膜コンデンサ(FEC) 1 0 2 の断面図(Aa - Ab面)である。この強誘電体薄膜コンデンサ(FEC) 1 0 2 は、シリコン基板 1 0 1 の上面に絶縁膜(表面酸化膜) 1 0 3 を形成し、その絶縁膜の上面に下部電極 1 0 5 、強誘電体薄膜 1 0 6 、上部電極 1 0 4 を形成することにより構成される。下部電極 1 0 5 はバッファー層となるTiやCrを介したPtやAu薄膜が用いられる。

【0094】

図9は、CMOSインバータ 1 1 0 の断面図(Ba - Bb面)である。CMOSインバータ 1 1 0 は、次のように構成されている。シリコン基板 1 0 1 に、p+拡散領域 1 3 4 が形成され、さらにn拡散領域 1 3 0 が形成されている。n拡散領域 1 3 0 にはpウェル拡散領域(p型井戸拡散領域) 1 1 1 が形成され、pウェル拡散領域 1 1 1 にはn+拡散領域 1 1 3 (1 1 3 a , 1 1 3 b)が形成されている。また、n拡散領域 1 3 0 にはp+拡散領域 1 1 5 (1 1 5 a , 1 1 5 b)が形成されている。

【0095】

CMOSインバータ 1 1 0 は、pチャンネルMOSFET(p-MOS)(図2のQ₁に相当する)とnチャンネルMOSFET(n-MOS)(図2のQ₂に相当する)とで構成される。n-MOSをn形基板内に形成するので、n形基板にp形領域(pウェル)を形成し、n-MOS(Q₂)が形成されている。この場合、寄生MOSFETが生じない様にするため、n-MOSのソース電極 1 4 0 の下方部 1 4 8 a や出力電極となるブリッジ電極の下方部 1 4 8 b にp+領域を設けている。同様に、p-MOS(Q₁)に於いても、寄生MOSFETが生じない様にするため、ソース電極 1 2 0 の下方部 1 4 8 d と出力電極となるブリッジ電極の下方部 1 4 8 c 、n+領域を設ける。

【0096】

n拡散領域 1 3 0 の上面には絶縁膜 1 4 2 が形成されているが、n+拡散領域 1 1 3 (1 1 3 a , 1 1 3 b)及びp+拡散領域 1 1 5 (1 1 5 a , 1 1 5 b)の上面は絶縁膜 1 4 2 から露出している。

【0097】

その露出したn+拡散領域 1 1 3 a の上面に電極 1 4 0 が形成されている。その露出し

10

20

30

40

50

た n + 拡散領域 113b の上面と p + 拡散領域 115a の上面とはブリッジ電極 114 で導通している。その露出した p + 拡散領域 115b の上面に電極 143 が形成されている。また、ゲート電極 112, 116 が絶縁膜 142 の上面に形成されている。

【 0098 】

電極 140 には CMOS インバータの直流電圧供給端子 144 が設けられている。ゲート電極 112, 116 には CMOS インバータの入力端子 145 が設けられている。ブリッジ電極 114 には CMOS インバータの出力端子 146 が設けられている。電極 143 には CMOS インバータの接地端子 147 が設けられている。

【 0099 】

ここで、出力端子 146 は図 2 の端子 16 に相当するものである。直流電圧供給端子 144 は、図 2 の端子 12 に相当するものである。接地端子 147 は、図 2 の端子 13 に相当するものである。10

【 0100 】

図 10 は、pn 接合ダイオード 124 の断面図 (Ca - Cb 面) である。pn 接合ダイオード 124 は、次のように構成されている。シリコン基板 101 に、p + 拡散領域 134 が形成され、さらに n 拡散領域 130 が形成されている。n 拡散領域 130 には p 拡散領域 120, 122、n + 拡散領域 121, 123 が形成されている。また、n 拡散領域 130 と、p + 拡散領域 134 の一部とに、p + アイソレーション領域 154, 156 が形成されている。n 拡散領域 130 の上面には絶縁膜 150 が形成されているが、p 拡散領域 120, 122、n + 拡散領域 121, 123 の上面は絶縁膜 150 から露出している。20

【 0101 】

その露出した p 拡散領域 120 の上面に電極 151 が形成されている。その露出した n + 拡散領域 121 の上面と p + 拡散領域 122 の上面とはブリッジ電極 152 で導通している。その露出した n + 拡散領域 123 の上面に電極 153 が形成されている。

【 0102 】

電極 151 には入力端子 157 が設けられている。ブリッジ電極 152 には共通端子 158 が設けられている。電極 153 には出力端子 159 が設けられている。

ここで、入力端子 157 は図 2 の端子 17 に相当するものである。共通端子 158 は、図 2 の端子 19 に相当するものである。出力端子 159 は、図 2 の端子 18 に相当するものである。30

【 0103 】

図 7 に戻って説明する。強誘電体薄膜コンデンサ 102 の上部電極 104 と pn 接合ダイオード 124 のゲート電極 152 は FEC 上部電極配線 125 により導通している。pn 接合ダイオード 124 の n + 拡散領域 123 は、次段の pn 接合ダイオード 124 の p 拡散領域 120 と接続配線 132 により導通している。

【 0104 】

CMOS インバータ 110 のブリッジ電極 114、ゲート電極 112, 116 は下部電極 105 と接続配線 118, 133 により導通している。CMOS インバータ 110 の直流電圧供給端子 144 と直流電圧接続配線 135 とが接続されている。CMOS インバータ 110 の接地端子 147 と接地配線 131 とが接続されている。40

【 0105 】

以下では、複数の cMUT エレメントの集積させた cMUT ユニット群を円筒状に配置した場合について図 11 ~ 図 14 を用いて説明する。なお、図 11 ~ 図 14 の配置の形態は一例であり、これらに限定されない。

【 0106 】

図 11 は、円筒状に配設した cMUT ユニット群の上面図である。図 12 は、図 11 の円筒状に配設した cMUT ユニット群の側面図である。cMUT 振動子ユニット 161 は、複数（例えば 48 個）の cMUT エレメントからなり、その各エレメントは複数の cMUT セルからなる。50

【0107】

cMUT振動子ユニット161は、スルーホールフレキシブルプリント基板（スルーホールFPC）上に設けられており、その反対の面側には各cMUT振動子ユニット161に対応する制御回路ユニットが設けられている。スルーホールFPCは各エレメントの電極が制御回路ユニットの信号入出力用ターミナルパッドに接続される様、スルーホールが形成されている。先ずそれぞれ平面構造のcMUTアレイユニットをMEMS技術を用いて形成、制御回路ユニット集積回路を接合し、cMUTアレイユニットと制御回路ユニット集積回路をそれぞれダイシングし、ユニット分割した後、まるめて円筒状にする。

【0108】

図13は、cMUTユニット161の拡大図である。cMUT振動子ユニット161は、フレキシブルプリント基板（FPC）172に設けられた複数のcMUTエレメント171より構成される。10

【0109】

図14は、cMUTエレメント171の拡大図である。cMUTエレメント171は複数の振動子セル180から構成され、各振動子セル180には電極181が設けられている。電極181は昇圧回路に接続されている。

【0110】

以上より、本実施形態におけるcMUTは、同一半導体基板に、低電圧の交流信号入力端子、CMOSインバータ回路、薄膜コンデンサ、ダイオード、直流高電圧信号出力端子等から構成される直流高電圧手段を形成することができるので、超音波振動子の小型化を実現することができる。さらに、この半導体に、加算器、チャージアンプ、半導体スイッチ、半導体スイッチ制御手段等も形成することもできるので、より小型化を図ることができる。20

【0111】

また、本実施形態では、体腔内挿入型超音波診断装置に搭載されるcMUTに高電圧発生手段を形成した場合について説明したが、これに限定されず、超音波カテーテル、超音波カプセル内視鏡等の装置に組み込むことも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0112】

【図1】本実施形態における体腔内挿入型超音波診断装置の構成を示す。30

【図2】本実施形態における昇圧回路6の原理を示す図である。

【図3】本実施形態における昇圧回路6の構成概念図である。

【図4】本実施形態におけるスイッチ（SW）動作及び超音波送信駆動電圧信号のタイミングチャートを示す。

【図5】本実施形態におけるcMUT9の平面図の一例を示す。

【図6】本実施形態における昇圧回路領域の断面図の一例を示す。

【図7】本実施形態における昇圧回路領域の平面図の一例を示す。

【図8】強誘電体薄膜コンデンサ（FEC）102の断面図（Aa-Ab面）である。

【図9】CMOSインバータ110の断面図（Ba-Bb面）である。

【図10】pn接合ダイオード124の断面図（Ca-Cb面）である。40

【図11】円筒状に配設したcMUTユニット群の上面図である。

【図12】図11の円筒状に配設したcMUTユニット群の側面図である。

【図13】cMUTユニット161の拡大図である。

【図14】cMUTエレメント171の拡大図である。

【図15】従来におけるcMUTの一例を示す。

【図16】従来における超音波振動子駆動方法の一例（その1）を示す。

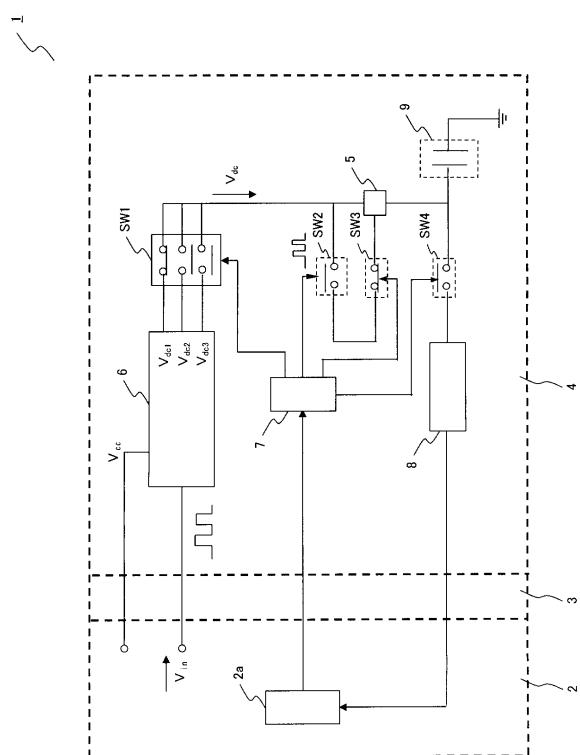
【図17】従来における超音波振動子駆動方法の一例（その2）を示す。

【符号の説明】

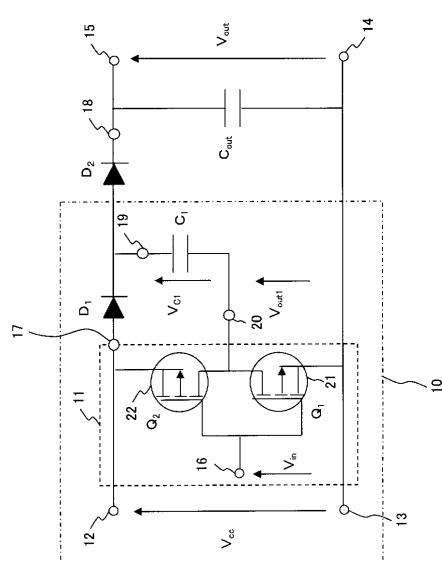
【0113】

2 超音波観測装置
 2 a 制御部
 3 湾曲部及び可撓管部
 4 超音波プローブ
 5 加算器
 6 昇圧回路
 7 スイッチ制御信号発生器
 8 チャージアンプ
 9 c M U T
 SW1, SW2, SW3, SW4 スイッチ 10
 11 シュミットトリガーアンペア
 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 端子
 21 (Q₁) CMOSFET
 22 (Q₂) CMOSFET 22
 C₁, C_{out} コンデンサ
 D₁, D₂ ダイオード

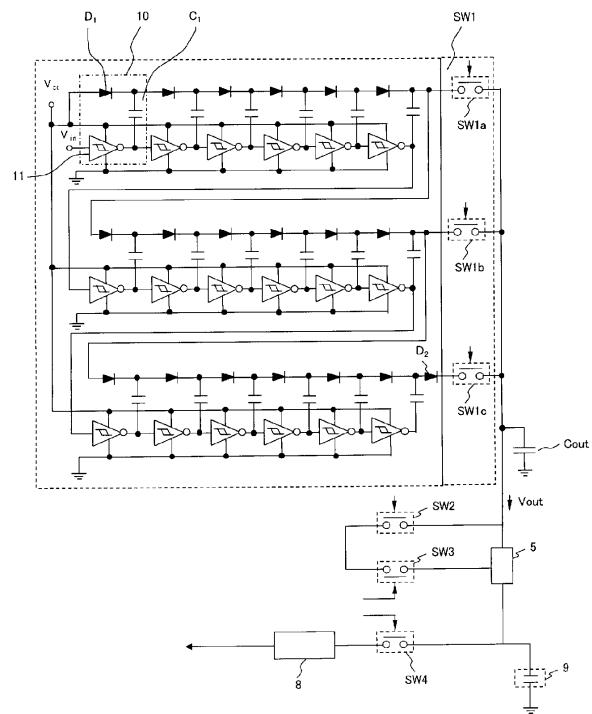
【図1】



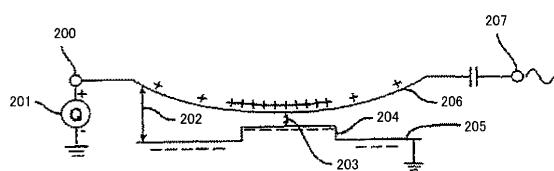
【図2】



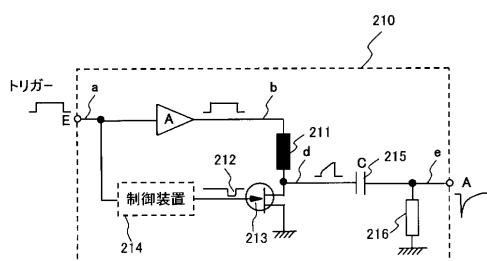
【図3】



【図15】

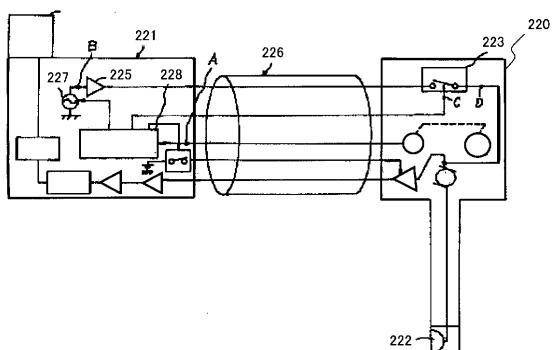


【図16】

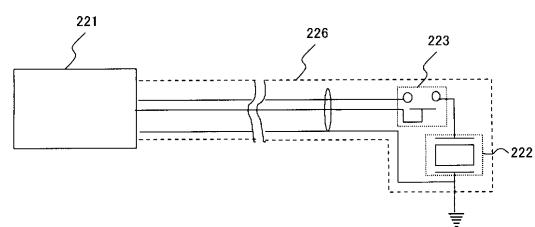


【図17】

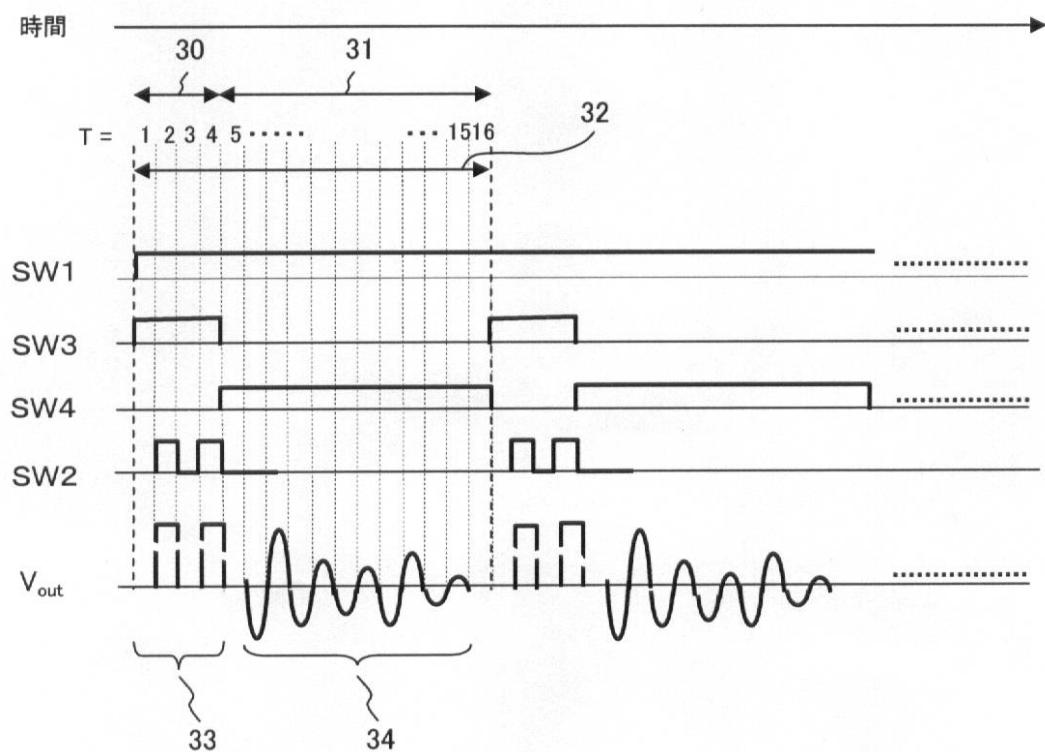
(a)



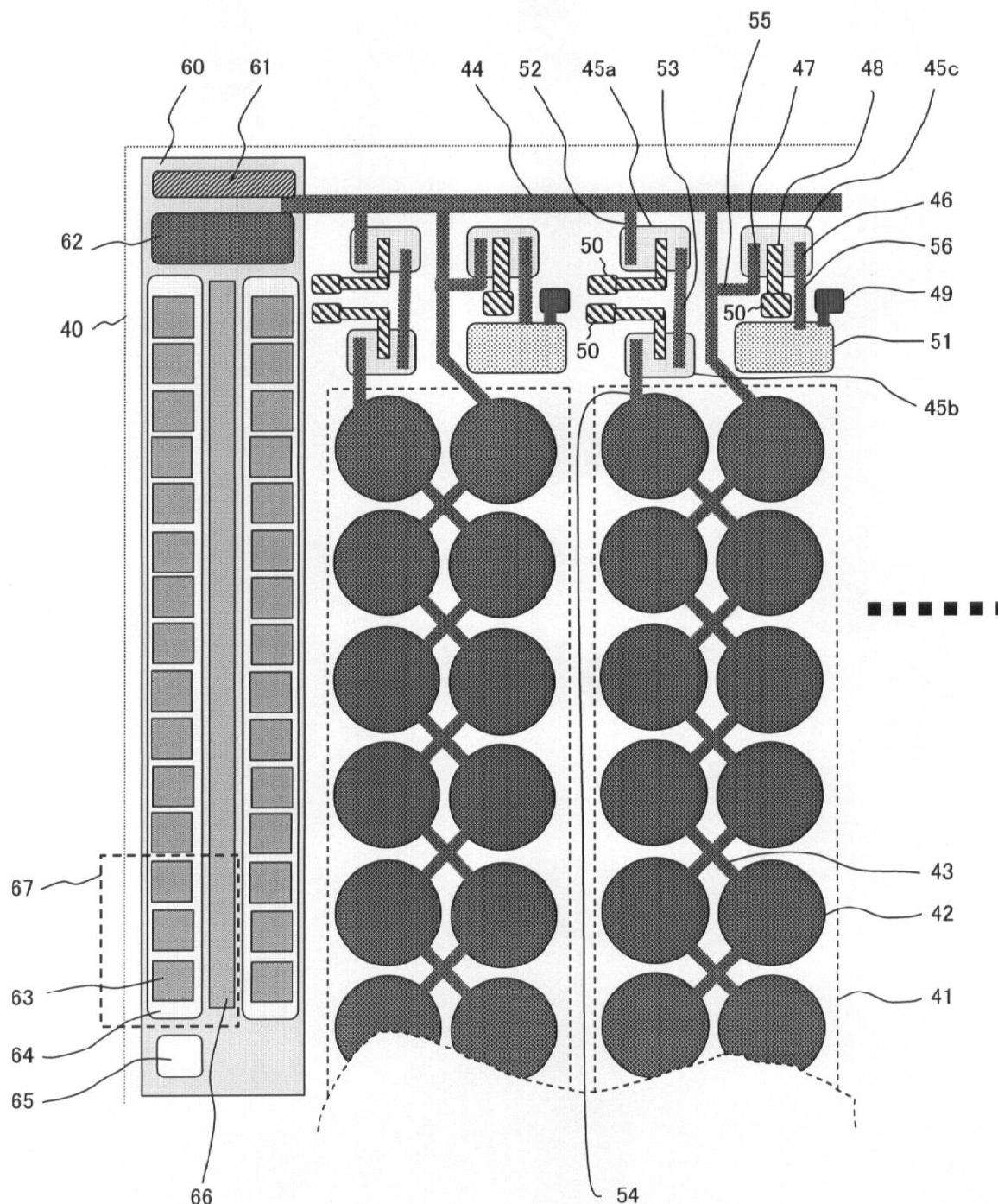
(b)



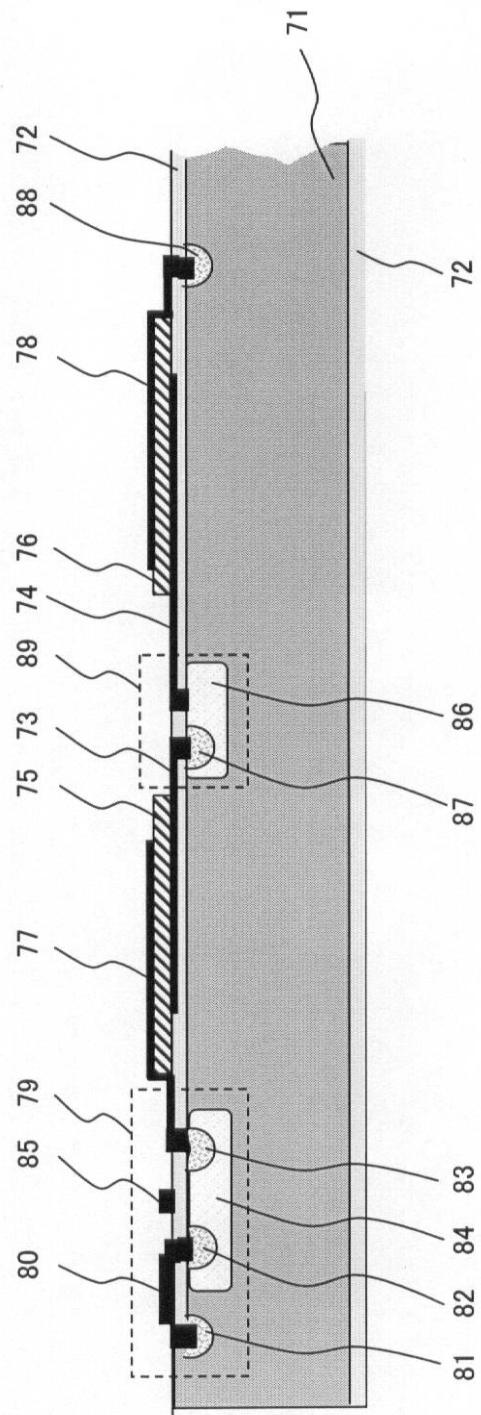
【図4】



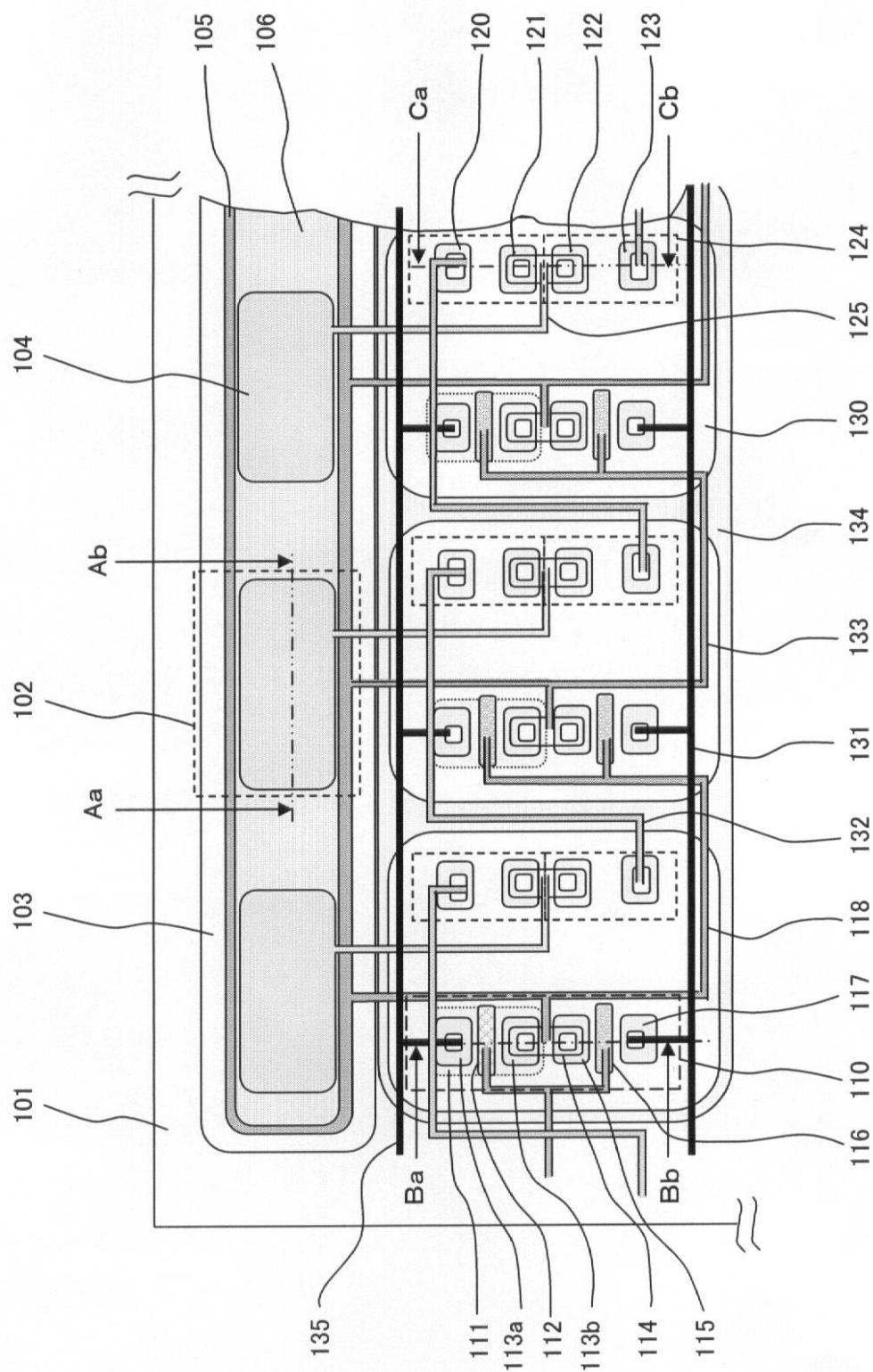
【図5】



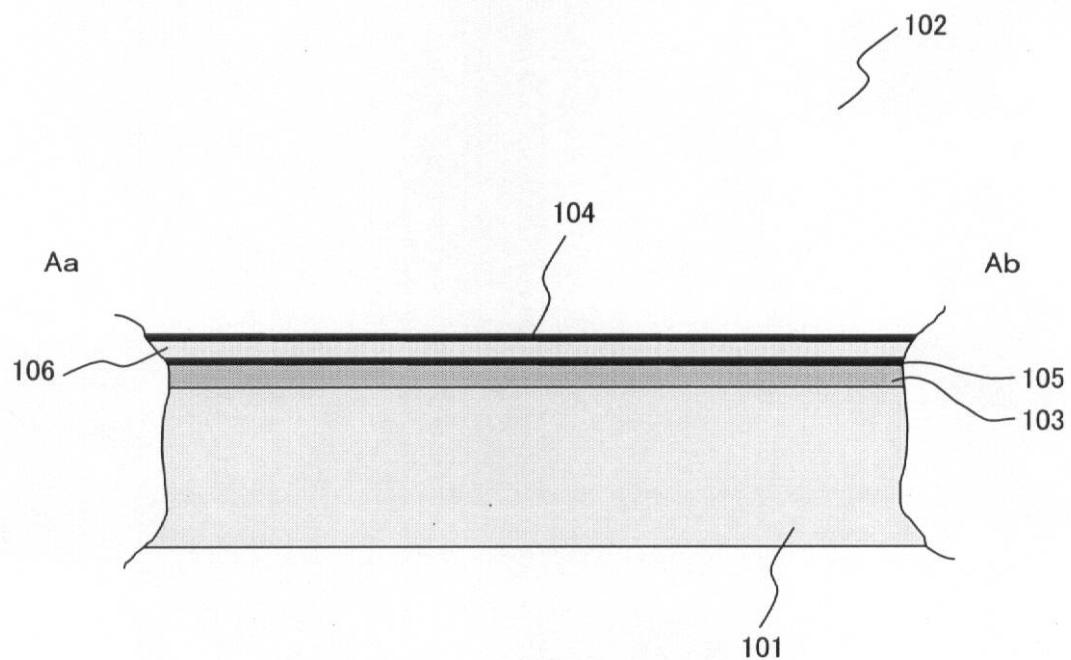
【 四 6 】



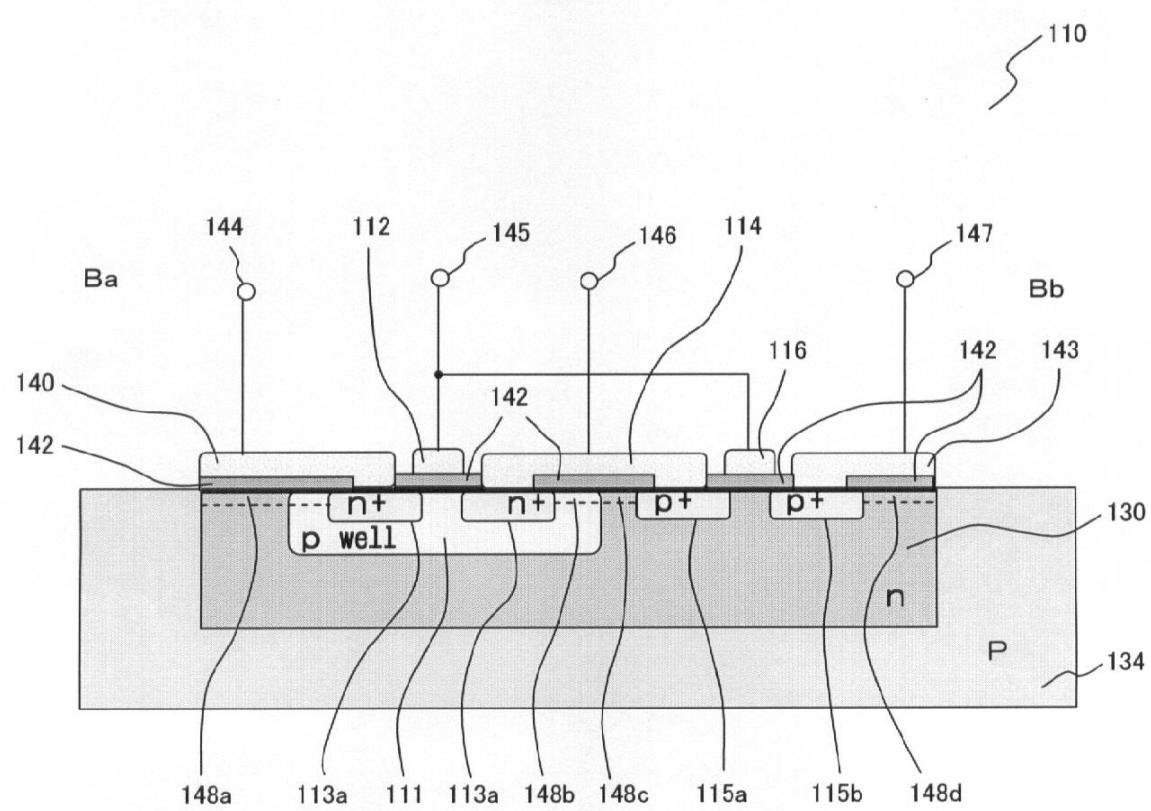
【図7】



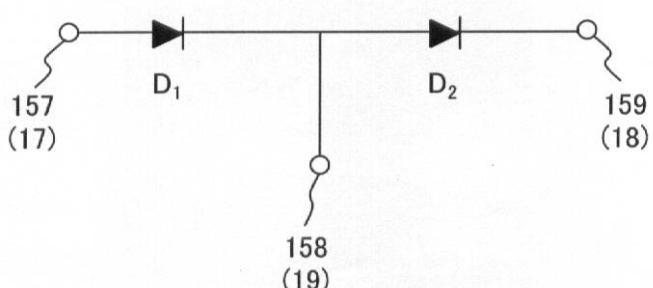
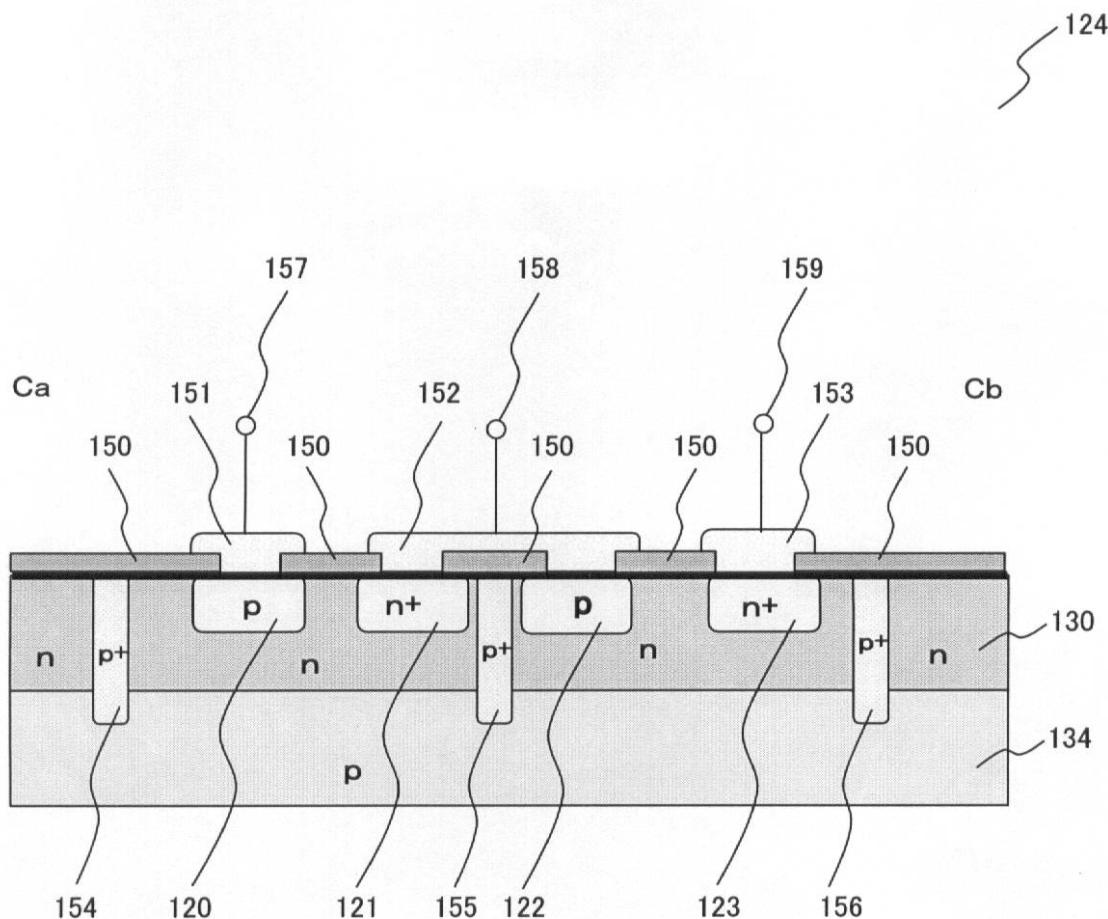
【図8】



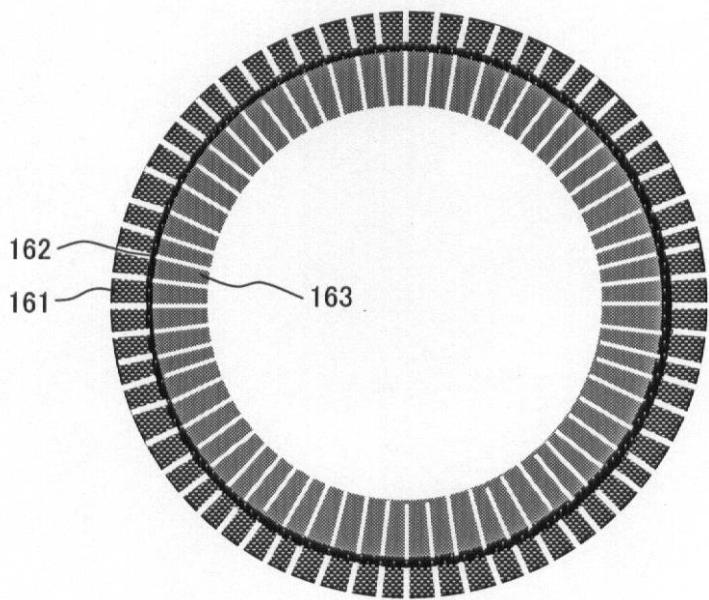
【図9】



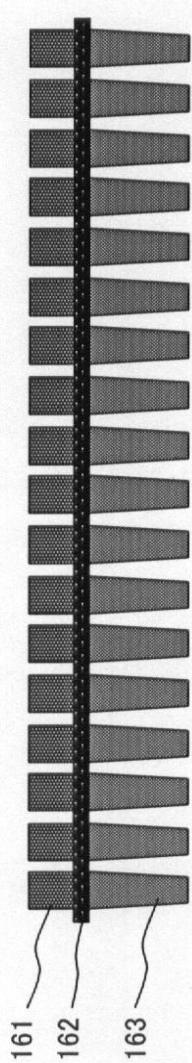
【図10】



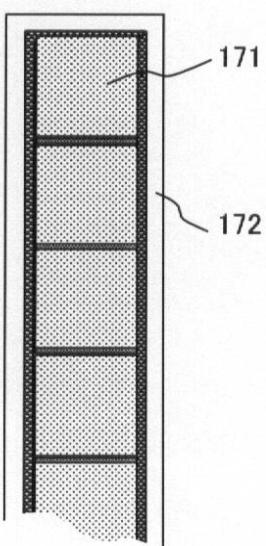
【図11】



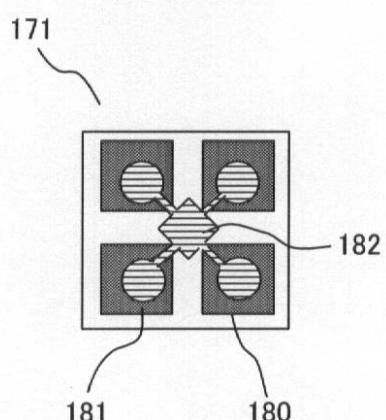
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 田宮 公成
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
(72)発明者 綱倉 正明
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
(72)発明者 松本 一哉
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
(72)発明者 太田 亮
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
(72)発明者 長谷川 守
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
(72)発明者 伊藤 寛
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

審査官 右 高 孝幸

(56)参考文献 特表2004-503313 (JP, A)
特表2004-274756 (JP, A)
国際公開第2005/120359 (WO, A1)
I. O. Wygant et al, Integrated Ultrasonic Imaging Systems Based on CMUT Arrays: Recent Progress, Proceedings of 2004 IEEE International Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control Joint 50th Anniversary Conference, 2004年 8月23日, vol.1, pp.39 1-394

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 B	8 / 1 2
H 0 4 R	3 / 0 0
H 0 4 R	1 9 / 0 0

专利名称(译)	静电容量型超音波振动子装置		
公开(公告)号	JP4880275B2	公开(公告)日	2012-02-22
申请号	JP2005289823	申请日	2005-10-03
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社 奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社 奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社 奥林巴斯公司		
[标]发明人	安達日出夫 若林勝裕 田宮公成 網倉正明 松本一哉 太田亮 長谷川守 伊藤寛		
发明人	安達 日出夫 若林 勝裕 田宮 公成 網倉 正明 松本 一哉 太田 亮 長谷川 守 伊藤 寛		
IPC分类号	A61B8/12 H04R19/00 H04R3/00		
CPC分类号	A61B8/00 A61B8/12 B06B1/0207 B06B1/0292 B06B2201/51 G01N29/2406		
FI分类号	A61B8/12 H04R19/00.330 H04R3/00.330		
F-TERM分类号	4C601/EE13 4C601/GB02 4C601/GB03 4C601/GB41 4C601/GB48 4C601/HH01 4C601/HH02 5D019 /AA25 5D019/DD01 5D019/EE06 5D019/FF04		
其他公开文献	JP2007097760A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：通过在硅基板上或内部提供直流高压产生装置来使电容型超声波振动器装置小型化，这与使用微机械工艺制造的超声波振动器相同。ŽSOLUTION：该电容式超声波振动器装置的特征在于包括形成在半导体基板上的电容型超声波振动器，以及用于产生叠加在驱动信号上的直流高压信号到电容型的直流高压产生装置超声波振动器。Ž

【 図 1 】

