

(19) 日本国特許庁(JP)

## 再 公 表 特 許(A1)

(11) 国際公開番号

W02011/111427

発行日 平成25年6月27日 (2013.6.27)

(43) 国際公開日 平成23年9月15日 (2011.9.15)

| (51) Int.Cl.                | F I            | テーマコード (参考) |
|-----------------------------|----------------|-------------|
| <b>H04R 19/00 (2006.01)</b> | H04R 19/00 330 | 2G047       |
| <b>A61B 8/00 (2006.01)</b>  | A61B 8/00      | 4C601       |
| <b>G01N 29/24 (2006.01)</b> | G01N 29/24     | 5D019       |

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 42 頁)

|              |                              |          |                     |
|--------------|------------------------------|----------|---------------------|
| 出願番号         | 特願2012-504352 (P2012-504352) | (71) 出願人 | 000153498           |
| (21) 国際出願番号  | PCT/JP2011/051344            |          | 株式会社日立メディコ          |
| (22) 国際出願日   | 平成23年1月25日 (2011.1.25)       |          | 東京都千代田区外神田四丁目14番1号  |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2010-55270 (P2010-55270)   | (74) 代理人 | 110000888           |
| (32) 優先日     | 平成22年3月12日 (2010.3.12)       |          | 特許業務法人 山王坂特許事務所     |
| (33) 優先権主張国  | 日本国 (JP)                     | (72) 発明者 | 町田 俊太郎              |
|              |                              |          | 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 |
|              |                              |          | 株式会社日立製作所 中央研究所内    |
|              |                              | (72) 発明者 | 竹崎 泰一               |
|              |                              |          | 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 |
|              |                              |          | 株式会社日立製作所 中央研究所内    |
|              |                              | (72) 発明者 | 峰 利之                |
|              |                              |          | 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 |
|              |                              |          | 株式会社日立製作所 中央研究所内    |

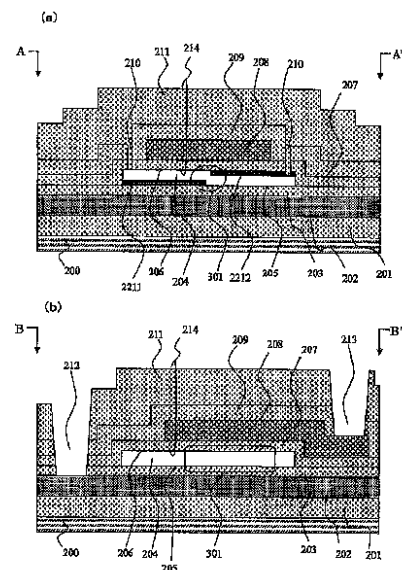
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波トランスデューサおよびそれを用いた超音波診断装置

## (57) 【要約】

第1電極と、第1電極上に配置された第1絶縁膜と、第1絶縁膜上に配置された上面、下面を備える空洞部と、空洞部上に配置された第2絶縁膜と、第2絶縁膜上に配置された第2電極とを備えた超音波トランスデューサにおいて、空洞部の下面側に配置された第1導電膜と、空洞部の上面側に配置された第2導電膜を備え、第1導電膜および第2導電膜が、前記空洞部の上面と下面が駆動時に接触する領域と、上面から見て重なるように配置し、かつ、この領域にて上面から見て重ならないように配置する。これにより、空洞部の上面が空洞部の下面へ接触しても、接触部の絶縁膜への電界や電流の集中を抑制し、絶縁膜への電荷注入や絶縁耐圧の低下を抑制するための好適な構造およびそれを用いた超音波診断装置が提供される。

【図20】



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第一電極と、  
前記第一電極上に配置された第一絶縁膜と、  
前記第一絶縁膜上に配置された空洞部と、  
前記空洞部上に配置された第二絶縁膜と、  
前記第二絶縁膜上に配置された第二電極と、  
前記第一電極と前記第二電極との間に配置され、電氣的に孤立された導電膜と、を備え

、  
前記導電膜は、上面から見て、駆動時に前記空洞部の上面と下面が接触する領域と重なる位置に配置され、

前記導電膜は、前記空洞部に露出していることを特徴とする超音波トランスデューサ。

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
前記導電膜は、上面から見て前記領域よりも大きいことを特徴とする超音波トランスデューサ。

**【請求項 3】**

請求項 1 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
前記導電膜は、前記第一絶縁膜側に配置され、  
前記第一電極は前記第二電極よりも低い電圧が印加されることを特徴とする超音波トランスデューサ。

**【請求項 4】**

請求項 1 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
前記導電膜は、前記第二絶縁膜側に配置され、  
前記第一電極は前記第二電極よりも高い電圧が印加されることを特徴とする超音波トランスデューサ。

**【請求項 5】**

請求項 1 記載の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、  
前記超音波探触子を制御する制御部を備えた超音波診断装置。

**【請求項 6】**

第一電極と、  
前記第一電極上に配置された第一絶縁膜と、  
前記第一絶縁膜上に配置された空洞部と、  
前記空洞部上に配置された第二絶縁膜と、  
前記第二絶縁膜上に配置された第二電極と、  
前記第一電極と前記第二電極との間であって、上面から見て、駆動時に前記空洞部の上面と下面が接触する領域と重なる位置に配置された導電膜と、  
前記導電膜に接続され、前記導電膜と接地電位とのオンオフを制御するスイッチを備えることを特徴とする超音波トランスデューサ。

**【請求項 7】**

請求項 6 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
前記導電膜は前記空洞部に露出していることを特徴とする超音波トランスデューサ。

**【請求項 8】**

請求項 6 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
前記導電膜は前記第一絶縁膜又は前記第二絶縁膜のいずれかに埋め込まれていることを特徴とする超音波トランスデューサ。

**【請求項 9】**

請求項 6 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
前記導電膜は、上面から見て前記領域よりも大きいことを特徴とする超音波トランスデューサ。

## 【請求項 10】

請求項 6 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
前記導電膜は、前記第一絶縁膜側に配置され、  
前記第一電極は前記第二電極よりも低い電圧が印加されることを特徴とする超音波トランスデューサ。

## 【請求項 11】

請求項 6 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
前記導電膜は、前記第二絶縁膜側に配置され、  
前記第一電極は前記第二電極よりも高い電圧が印加されることを特徴とする超音波トランスデューサ。

10

## 【請求項 12】

請求項 6 記載の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、  
前記超音波探触子を制御する制御部を備えた超音波診断装置。

## 【請求項 13】

請求項 6 記載の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、  
前記超音波探触子と前記スイッチを制御する制御部を備え、  
前記制御部は、診断開始時に前記スイッチをオンからオフに切り換えることを特徴とする超音波診断装置。

## 【請求項 14】

第一電極と、  
前記第一電極上に配置された第一絶縁膜と、  
前記第一絶縁膜上に配置され、電氣的に孤立された第一導電膜と、  
前記第一導電膜上に配置された空洞部と、  
前記空洞部上に配置され、電氣的に孤立された第二導電膜と、  
前記第二導電膜上に配置された第二絶縁膜と、  
前記第二絶縁膜上に配置された第二電極と、を備え、  
前記第一導電膜および前記第二導電膜は、駆動時に前記空洞部の上面と下面とが接触する領域に配置され、  
前記第一導電膜および前記第二導電膜は、上面から見て、前記領域で互いに重ならないことを特徴とする超音波トランスデューサ。

20

30

## 【請求項 15】

請求項 14 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
前記第一および第二の導電膜は、前記空洞部に露出していることを特徴とする超音波トランスデューサ。

## 【請求項 16】

請求項 14 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
前記第一導電膜は前記第一絶縁膜に埋め込まれ、  
前記第二導電膜は前記第二絶縁膜に埋め込まれていることを特徴とする超音波トランスデューサ。

## 【請求項 17】

請求項 14 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
前記第一の導電膜は、前記空洞部を含む垂直断面にて、中心より左側に配置され、  
前記第二の導電膜は、前記垂直断面にて、中心より右側に配置されていることを特徴とする超音波トランスデューサ。

40

## 【請求項 18】

請求項 14 記載の超音波トランスデューサにおいて、  
さらに、前記第一導電膜に接続され、前記第一導電膜と接地電位とのオンオフを制御する第一スイッチと、  
前記第二導電膜に接続され、前記第二導電膜と接地電位とのオンオフを制御する第二スイッチとを備えることを特徴とする超音波トランスデューサ。

50

## 【請求項 19】

請求項 14 記載の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、  
前記超音波探触子を制御する制御部を備えた超音波診断装置。

## 【請求項 20】

請求項 18 記載の超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、  
前記超音波探触子、前記第一および前記第二スイッチを制御する制御部を備え、  
前記制御部は、診断開始時に前記第一および第二スイッチをオンからオフに切り換えるこ  
とを特徴とする超音波診断装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

10

## 【0001】

本発明は、超音波トランスデューサ、および、それを用いた超音波診断装置に関するものである。特に、MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術により製造した超音波トランスデューサと、それを用いた超音波診断装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

超音波トランスデューサは超音波を送信、受信することにより、人体内の腫瘍などの診断や、構造物の非破壊検査などに用いられている。これまでは、圧電体の振動を利用した超音波トランスデューサが用いられてきたが、近年のMEMS技術の進歩により、振動部をシリコン基板上に作製した容量検出型超音波トランスデューサ (CMUT: Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer) が実用化を目指して盛んに開発されている。例えば、米国特許第6320239B1号公報 (特許文献1) には、単体のCMUTとアレイ状に配置したCMUTが開示されている。

20

## 【0003】

従来の圧電体を用いたトランスデューサと比較して、CMUTは、使用できる超音波の周波数帯域が広い、あるいは高感度であるなどの利点がある。また、LSI加工技術を用いて作製するので微細加工が可能である。特に、超音波素子をアレイ状に並べて、それぞれの素子を独立に制御を行う場合には、CMUTは必須となると考えられる。何故ならば、各素子への配線が必要になり、アレイ内の配線数は膨大な数になることが考えられるが、CMUTはLSI加工技術を用いて作製するので、それらの配線が容易であるからである。さらには超音波送受信部からの信号処理回路の1チップへの混載も、CMUTでは可能だからである。

30

## 【0004】

ここで、図1を用いて、CMUTの基本的な構造および動作を説明する。下部電極101の上層に絶縁膜103に囲まれた空洞部102が配置されている。空洞部102上には絶縁膜103を介して上部電極104が配置されている。上部電極104と下部電極101の間に直流電圧と交流電圧を重ねると、静電気力が上部電極104と下部電極101の間に働き、空洞部102上の絶縁膜103と上部電極104で構成されるメンブレン105が印加した交流電圧の周波数で振動することで、超音波が発信される。逆に、受信の場合は、メンブレン105の表面に到達した超音波の圧力により、メンブレン105が振動する。すると、上部電極104と下部電極101との間の距離が変化するため、静電容量の変化として超音波が検出される。この動作原理では、上部電極104と下部電極101の間に直流電圧を印加することにより、両電極間に静電力が働き、メンブレンは変形し、変形したことによるバネ復元力と静電力が釣り合う変形量でメンブレンは安定する。

40

## 【0005】

通常は、電極間の静電力とメンブレンのバネ復元力が釣り合う直流電圧で駆動を行うが、メンブレンの変形量が電極間隔の約3分の1となるようなカラプス電圧と呼ばれる電圧よりも大きな直流電圧を印加すると、電極間の静電力がメンブレンのバネ復元力よりも大きくなり、メンブレンが一定位置に安定することができず、空洞部の上面106が空洞部の下面107に接触することになる。この場合、絶縁膜103は空洞部を介さずに上部電極

50

と下部電極に挟まれる構造となる。その結果、接触部では絶縁膜中の電界強度が大きくなり、電極から電荷が注入されることで、絶縁膜中に固定電荷が生じる。そして、直流電圧を遮断後、再度、両電極間に直流電圧を印加しても、絶縁膜中の固定電荷に電極間の電界が遮られ、CMUTを最適に使用する電圧が変動することになる。また、絶縁膜への電荷の注入量により、絶縁膜の絶縁性が低下し、上部電極と下部電極が短絡する恐れもある。したがって、前記特許文献1に開示されたCMUTでは、空洞部の上面が、空洞部下面に接触することを防止するために、通常、カラプス電圧よりもかなり低い電圧で使用するこ

【0006】

一方、特開2009-272824号公報（特許文献2）には、CMUT駆動のための直流電圧の低減あるいは常時印加を不要とするために、電極間の絶縁膜に浮遊電極を埋め込んだ構造が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】米国特許第6320239B1号公報

【特許文献2】特開2009-272824号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

一般的に、超音波の受信感度を向上させるためには、CMUT使用中の両電極の間隔をできるだけ狭くする必要があり、したがって両電極間に印加する電圧をカラプス電圧にできるだけ近くすることが重要である。また、超音波の送信音圧を向上させるためには、メンブレン105の振幅を最大限にすることが望ましい。しかし、振動中に、空洞部の上面106が空洞部の下面107に接触し、絶縁膜へ電荷が注入されることを防止するために、直流電圧に重畳する交流電圧も、空洞部の上面106が空洞部の下面107に接触する電圧よりもかなり低い電圧に設定する必要がある。

【0009】

特許文献2では、上下電極間に挟まれる絶縁膜に浮遊電極を埋め込む構造が開示されている。予め電荷を蓄積した浮遊電極と、上部あるいは下部電極間の電位差によりCMUTを駆動する構成であるが、電荷を蓄積した浮遊電極から電荷が抜けないように、浮遊電極の周囲を絶縁膜で覆う、つまり、浮遊電極を絶縁膜に埋め込む必要がある。そして、空洞部の上面が空洞部の下面に接触した場合は、予め浮遊電極に電荷が蓄積されているため、浮遊電極と、上部あるいは下部電極の間に挟まれた絶縁膜への電荷の蓄積や、絶縁膜の絶縁耐圧の低下は免れない。

【0010】

上述の通り、これまでの技術では、空洞部の上面と下面が接触することに起因する課題があったために、直流電圧や交流電圧を大きくすること、すなわち受信感度の向上や送信音圧の向上を図ることが困難であった。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【0012】

本発明は、第一電極と、第一電極上に配置された第一絶縁膜と、絶縁膜上に配置された空洞部と、空洞部上に配置された第二絶縁膜と、第二絶縁膜上に配置された第二電極と、第一電極と第二電極との間に配置され、電気的に孤立された導電膜と、を備え、導電膜は、上面から見て、駆動時に空洞部の上面と下面が接触する領域と重なる位置に配置され、導電膜は、空洞部に露出している超音波トランスデューサである。

【0013】

10

20

30

40

50

また、別の本発明は、第一電極と、第一電極上に配置された第一絶縁膜と、絶縁膜上に配置された空洞部と、空洞部上に配置された第二絶縁膜と、第二絶縁膜上に配置された第二電極と、第一電極と第二電極との間であって、上面から見て、駆動時に空洞部の上面と下面が接触する領域と重なる位置に配置された導電膜と、導電膜に接続され、導電膜と接地電位とのオンオフを制御するスイッチを備えている超音波トランスデューサである。

【0014】

また、さらに別の本発明は、第一電極と、第一電極上に配置された第一絶縁膜と、第一絶縁膜上に配置され、電氣的に孤立された第一導電膜と、第一導電膜上に配置された空洞部と、空洞部上に配置され、電氣的に孤立された第二導電膜と、第二導電膜上に配置された第二絶縁膜と、第二絶縁膜上に配置された第二電極と、を備え、第一導電膜および第二導電膜は、駆動時に空洞部の上面と下面とが接触する領域に配置され、第一導電膜および第二導電膜は、上面から見て、この領域で互いに重なっていない超音波トランスデューサである。

10

【0015】

また、さらに別の本発明は、上記いずれかの超音波トランスデューサを含む超音波探触子と、超音波探触子を制御する制御部を備えている超音波診断装置である。

【発明の効果】

【0016】

本発明は、CMUTにおいて、空洞部の上面と下面が接触しても、上下電極間に挟まれる絶縁膜の電荷蓄積や絶縁耐圧の低下を抑制する構造およびそれを用いた超音波診断装置を提供するものである。また、本発明は、信頼性を確保した上で、従来よりも、受信感度や送信音圧を向上させることができるCMUTおよびそれを用いた超音波診断装置を提供するものである。

20

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明者らが検討した超音波トランスデューサの断面図である。

【図2】本発明の実施形態1における超音波トランスデューサを示した上面図であり、空洞部の形状が上面からみて六角形の場合である。

【図3】(a)は図2のA-A'線で切断した断面図であり、(b)は図2のB-B'線で切断した断面図である。

30

【図4】実施形態1の超音波トランスデューサの駆動時に、空洞部の上面と下面が接触している状態での接触領域の拡大図であり、(a)は導電膜が配置されていない場合であり、(b)は導電膜221が空洞部に露出するように配置されている場合を示している。

【図5】(a)は図2のA-A'線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図2のB-B'線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図6】(a)は図5(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図5(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図7】(a)は図6(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図6(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

40

【図8】(a)は図7(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図7(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図9】(a)は図8(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図8(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図10】(a)は図9(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図9(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図で

50

ある。

【図 1 1】(a) は図 1 0 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 1 0 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 1 2】(a) は図 1 1 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 1 1 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 1 3】(a) は図 1 2 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 1 2 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

10

【図 1 4】(a) は図 1 3 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 1 3 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 1 5】実施形態 1 における超音波トランスデューサを示した上面図であり、空洞部の形状が上面からみて六角形の場合である。また、上面から見て、導電膜が空洞部よりも小さい構成を示すものである。

【図 1 6】実施形態 1 における超音波トランスデューサを示した上面図であり、空洞部の形状が上面からみて六角形の場合である。また、上面から見て、導電膜が空洞部よりも大きい構成を示すものである。

【図 1 7】実施形態 2 における超音波トランスデューサを示した上面図であり、空洞部の形状が上面からみて六角形の場合である。

20

【図 1 8】(a) は図 1 7 の A - A' 線で切断した断面図であり、(b) は図 1 7 の B - B' 線で切断した断面図である。

【図 1 9】実施形態 3 の第一実施例における超音波トランスデューサを示した上面図であり、空洞部の形状が上面からみて矩形の場合である。

【図 2 0】(a) は図 1 9 の A - A' 線で切断した断面図であり、(b) は図 1 9 の B - B' 線で切断した断面図である。

【図 2 1】(a) は実施形態 3 の超音波トランスデューサの駆動時に空洞部の上面と下面が接触している状態での接触領域の拡大図であり、(b) は本実施例 3 の超音波トランスデューサの駆動時に空洞部の上面と下面が接触している状態での等価回路図である。

30

【図 2 2】(a) は図 1 9 (a) の A - A' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 1 9 (a) の B - B' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 2 3】(a) は図 2 2 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 2 2 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 2 4】(a) は図 2 3 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 2 3 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 2 5】(a) は図 2 4 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 2 4 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

40

【図 2 6】(a) は図 2 5 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 2 5 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 2 7】(a) は図 2 6 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 2 6 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 2 8】(a) は図 2 7 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 2 7 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面

50

図である。

【図 29】実施形態 3 の第二実施例における超音波トランスデューサを示した図であり、(a) は図 19 の A - A' 線で切断した断面図であり、(b) は図 19 の B - B' 線で切断した断面図である。

【図 30】(a) は図 29 で示した超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 29 で示した超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 31】(a) は図 30 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 30 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

10

【図 32】(a) は図 31 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 31 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 33】(a) は図 32 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 32 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 34】(a) は図 33 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 33 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 35】(a) は図 34 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 34 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

20

【図 36】(a) は図 35 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 35 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 37】(a) は図 36 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 36 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 38】(a) は図 37 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 37 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

30

【図 39】(a) は図 38 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 38 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 40】実施形態 3 の第三実施例における超音波トランスデューサを示した上面図である。

【図 41】(a) は図 40 (a) の A - A' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 40 (a) の B - B' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 42】実施形態 3 の第四実施例における超音波トランスデューサを示した上面図である。

40

【図 43】(a) は図 42 (a) の A - A' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 42 (a) の B - B' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 44】実施形態 4 における超音波トランスデューサをアレイ状に配置したチップの上面図である。

【図 45】実施形態 5 における超音波トランスデューサの模式的な断面図である。

【図 46】実施形態 5 における超音波トランスデューサを用いた超音波診断時の上部電極と下部電極の間の実効的な電位差と、導電膜の電位、直流電圧と交流電圧の ON/OFF の状態、ならびに、スイッチの開閉の状態を示すものである。

50

【図４７】実施形態６における超音波診断装置の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施形態を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【００１９】

以下の実施形態においては、便宜上、その必要があるときは、複数のセクションまたは実施例に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらは互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明等の関係にある。また、以下の実施形態において、要素の数等（個数、数値、量、範囲等を含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でもよい。さらに、以下の実施形態において、その構成要素（要素ステップ等も含む）は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。同様に、以下の実施形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に明らかにそうではないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するもの等を含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。なお、平面図であっても理解を容易にするため、ハッチングを付す場合がある。

10

20

【００２０】

下記の実施形態の記載では、空洞部の上面が空洞部の下面へ接触しても、絶縁膜への電荷注入や絶縁耐圧の低下を抑制するという目的を、空洞部の上面あるいは下面、あるいは上面、下面の両面に露出するように導電膜を配置することで実現している。

【実施形態１】

【００２１】

実施形態１では、駆動時に空洞部の上面が空洞部の下面に接触しても、絶縁膜への電荷注入や絶縁耐圧の低下を抑制する目的を、空洞部の下面に露出するように導電膜を配置することで実現している。

30

【００２２】

図２は、実施形態１における超音波トランスデューサ（ＣＭＵＴ）を示した上面図である。図２では、１つのＣＭＵＴセルを示している。ＣＭＵＴセルは、下部電極２０２と、下部電極２０２上に配置された空洞部２０４と、空洞部２０４上に配置された上部電極２０８などを備えて構成される。２１０は空洞部を形成するためのエッチング孔である。すなわち、エッチング孔２１０は、空洞部２０４に接続されている。２１２は下部電極２０２へ接続する開口部、２１３は上部電極２０８へ接続する開口部である。なお、下部電極２０２と空洞部２０４の間に下部電極２０２を覆うようにシリコン酸化膜による絶縁膜２０３が形成されており、上部電極２０８と空洞部２０４の間に、空洞部２０４と下部電極２０２を覆うようにシリコン酸化膜による絶縁膜２０７が形成されているが、空洞部２０４、下部電極２０２を示すために図示していない。また、空洞部２０４に露出するように導電膜２２１が形成されているが、図示していない。

40

【００２３】

図３（ａ）は図２のＡ－Ａ'線で切断した断面図を示しており、図３（ｂ）は図２のＢ－Ｂ'線で切断した断面図を示している。図３（ａ）および図３（ｂ）に示すように、半導体基板２００上に形成されたシリコン酸化膜による絶縁膜２０１上にＣＭＵＴの下部電極２０２が配置されている。下部電極２０２の上層にはシリコン酸化膜による絶縁膜２０３を介して空洞部２０４が配置されている。また、空洞部２０４に露出するように導電膜２２１が空洞部と上面から見て重なる位置に配置されている。２０５は空洞部の下面、２０６は空洞部２０４の上面である。そして、空洞部２０４、導電膜２２１を囲むようにシリコン酸化膜による絶縁膜２０７が配置され、絶縁膜２０７の上層に上部電極２０８が配

50

置されている。上部電極 208 の上層にはシリコン窒化膜による絶縁膜 209 と絶縁膜 211 が配置されている。また、絶縁膜 207 および絶縁膜 209 には、これらの膜を貫通するエッチング孔 210 が形成され、絶縁膜 211 によって埋め込まれている。このエッチング孔 210 は、空洞部 204 を形成するために形成されたものである。実施形態 1 におけるメンブレン 214 は絶縁膜 207、209、211 と上部電極 208 で構成される。

#### 【0024】

実施形態 1 の特徴を、図 4 を用いて説明する。図 4 は、CMUT セルを駆動して、メンブレン 214 が振動し、空洞部 204 の上面 206 が空洞部 204 の下面 205 に接触している状態の接触部の拡大図である。図 4 (a) は導電膜が配置されていない場合であり、図 4 (b) は本実施形態 1 における導電膜 221 が配置されている場合である。この導電膜 221 は、電氣的に孤立された膜である。

10

#### 【0025】

図 4 (a) において、駆動時に空洞部 204 の上面 206 が空洞部 204 の下面 205 に接触する領域 301 では、絶縁膜 203 と絶縁膜 207 のみが下部電極 202 と上部電極 208 に挟まれる構造となり、その他の領域では、上部電極と下部電極の間に絶縁膜 203、207 に加えて空洞部 204 が挟まれる構造となる。その結果、接触領域 301 での絶縁膜 203、207 中の電界強度が、接触領域 301 を除いた領域の絶縁膜 203、207 中の電界強度より大きくなる。したがって、絶縁膜 203、207 を介して流れる下部電極 202 と上部電極 208 の間の微小なリーク電流が接触領域 301 に集中し、絶縁膜 203、207 とともに絶縁耐性の劣化が生じることになる。

20

#### 【0026】

一方、図 4 (b) に示すように、空洞部 204 に露出するように導電膜 221 を配置した場合、導電膜 221 が電氣的に孤立した導電膜であるため、下部電極 202 と上部電極 208 に挟まれる絶縁膜 203、207 と空洞部 204 の静電容量により、導電膜 221 は、下部電極 202 と上部電極 208 の電位差が分配された電位となり、かつ、導電膜全体が等電位となる。したがって、導電膜 221 と下部電極 202 の間に挟まれる絶縁膜 203 においては、接触領域 301 とその他の領域での電界強度が等しくなり、リーク電流が接触領域 301 に集中することを抑制でき、絶縁膜 203 への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化を抑制できる。一方、接触領域 301 での絶縁膜 207 中の電界強度は、接触領域 301 を除く領域よりも大きいままであるが、電流の流れる方向、つまり上部電極と下部電極の電位の極性を考慮すれば、絶縁膜 207 の劣化も抑制可能である。図 2、図 3 および図 4 (b) に示した実施形態 1 においては、例えば、下部電極、上部電極の材料を金属とした場合、下部電極を上部電極よりも低い電位とすればよい。この場合、リーク電流は電子により生じ、電位が低い電極から高い電極へ電子が流れることになるので、電子の経路は、下部電極 202 から、絶縁膜 203、導電膜 221、絶縁膜 207 を介して上部電極の順となるが、本実施例では、絶縁膜 203 の絶縁耐性が劣化し難いことから、リーク電流となる電子の流れ量自体も低減できる。したがって、絶縁膜 207 中の接触領域 301 での電界強度が、接触領域 301 を除く領域よりも大きいままであっても、接触領域 301 に集中する電子の流れ量（電流量）自体を小さくすることができるので、絶縁膜 207 への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化を抑制できる。すなわち、導電膜が下部電極側に配置されている場合には、上部電極と下部電極との間で、下部電極が上部電極よりも低い電位となるよう直流電圧を印加することにより、絶縁膜 203 および 207 の絶縁耐性の劣化を抑制することができる。また、空洞部の上面と下面とが接触した場合でも絶縁膜 203 および 207 の絶縁耐性の劣化を抑制することができるため、空洞部の上面と下面が接触するまでメンブレンを振動させることができ、つまり、空洞部の厚さの範囲を最大限に活用してメンブレンを振動させることができ、送信音圧を向上させることができる。また、空洞部の厚さを、診断に必要な送信音圧が得られるメンブレンの振幅を確保可能な最低限の厚さまで薄くすることができる、受信感度を向上させたりすることができる。

30

40

#### 【0027】

50

次に、特許文献 2 に開示された従来技術との比較により、実施形態 1 の発明の効果について説明する。従来技術では、浮遊電極を絶縁膜中に埋め込み、この浮遊電極を帯電させることにより、直流電圧を不要または低減させることを開示している。一方、実施形態 1 の発明では、浮遊電極に相当する導電膜を絶縁膜中に完全に埋め込むことはせず、空洞部に露出している構造である。なお、導電膜と空洞部の間には絶縁膜を介しておらず、導電膜は、空洞部に露出する構造となっている。これは、実施形態 1 の発明では、前述の課題を解決するために、帯電していない若しくは帯電し難い導電膜を用いることが必須となるからである。そこで、導電膜が帯電し難くするために、このような構造とし、導電膜に電荷が蓄積されたとしても、蓄積された電荷が空洞部を通じて、放電され易い構造を採用している。

10

#### 【0028】

このように、導電膜に電荷が蓄積され難い構造とすることで、駆動時に空洞部の上面と下面とが接触した場合でも、蓄積された電荷が極めて少ないため絶縁膜 207 側へ流れることを抑制できる。よって、直流電圧を実効的に低減させる程度に帯電された浮遊電極を備えた特許文献 2 の C M U T よりも、浮遊電極と上部電極の間の電界により生じる絶縁膜 207 への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化を抑制できる。また、この従来技術では蓄積された電荷が経時変化により減っていく一方で、実施形態 1 ではこの放電作用により電荷蓄積量の変動が極めて少ないため、予め最適値に設定された直流電圧を必要以上に変更することなく、略最適値である良好な条件で長期間 C M U T を使用することができる。

20

#### 【0029】

次に、図面を用いて本実施形態 1 に記載された C M U T セルの製造方法を説明する。図 5 ~ 図 14 の ( a ) は、図 2 の A - A ' 方向の断面を示しており、図 5 ~ 図 14 の ( b ) は、図 2 の B - B ' 方向の断面を示している。

#### 【0030】

まず、図 5 ( a )、( b ) に示すように、半導体基板 200 上に、プラズマ C V D (Chemical Vapor Deposition) 法でシリコン酸化膜による絶縁膜 201 を 400 nm 堆積する。次に、絶縁膜 201 上に、スパッタリング法で窒化チタン膜とアルミニウム合金膜と窒化チタン膜をそれぞれ 100 nm、600 nm、100 nm 積層した後に、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術によりパターニングすることで、下部電極 202 を形成する (図 6 ( a )、( b ))。

30

#### 【0031】

続いて、図 7 ( a )、( b ) に示すように、下部電極 202 上にプラズマ C V D 法でシリコン酸化膜による絶縁膜 203 を 100 nm 堆積し、その後、絶縁膜 203 の上面に、スパッタリング法で電氣的に孤立された導電膜 221 となるアルミニウム合金膜を 50 nm 堆積し、引き続き、プラズマ C V D 法で多結晶シリコン膜を 100 nm 堆積し、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術により、アルミニウム合金膜と多結晶シリコン膜をパターニングすることで、絶縁膜 203 上に導電膜 221 と多結晶シリコン膜からなる犠牲層 701 を形成する。犠牲層 701 は、その後の工程で空洞部となる。

#### 【0032】

続いて、導電膜 221 と犠牲層 701 と絶縁膜 203 を覆うように、プラズマ C V D 法によりシリコン酸化膜による絶縁膜 207 を 100 nm 堆積する (図 8 ( a )、( b ))。引き続き、C M U T セルの上部電極 208 を形成するため、スパッタリング法により窒化チタン膜とアルミニウム合金膜と窒化チタン膜の積層膜をそれぞれ 50 nm、300 nm、50 nm 堆積する。そして、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術により、上部電極 208 を形成する (図 9 ( a )、( b ))。

40

#### 【0033】

次にプラズマ C V D 法により、シリコン窒化膜による絶縁膜 209 を絶縁膜 207、上部電極 208 を覆うように 500 nm 堆積する (図 10 ( a )、( b ))。続いて、絶縁膜 209 および 207 に、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術を使用して犠牲層 701 に到達するエッチング孔 210 を形成する (図 11 ( a )、( b ))。その後、エ

50

エッチング孔 210 を介して、犠牲層 701 をフッ化キセノン ( $\text{XeF}_2$ ) ガスで等方性エッチングすることにより空洞部 204 を形成する (図 12 (a)、(b))。

#### 【0034】

次に、エッチング孔 210 を埋め込むために、プラズマ CVD 法によりシリコン窒化膜による絶縁膜 211 を 800 nm 堆積する (図 13 (a)、(b))。この工程により、絶縁膜 203、209、211 と上部電極 208 からなるメンブレン 214 が形成される。次に、下部電極 202 へ電気接続するための開口部 212、上部電極 208 へ電気接続するための開口部 213 を、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術を使用して形成する (図 14 (a)、(b))。このようにして、本実施形態 1 における CMUT セルを形成することができる。

10

#### 【0035】

ここで導電膜 221 の上面から見た際のサイズについて言及する。図 2 に示した実施例では、空洞部 204 と導電膜 221 は上面から見て同形状であり、重なるように配置されているが、この実施形態に限定されるものではない。少なくとも駆動時に空洞部の上面 206 と空洞部の下面 205 が接触する領域よりも大きければよい。言い換えれば、静的な状態であれば、メンブレンの垂直方向の変位量が最大となるような、メンブレンの重心を中心とした所定の範囲を含む様、この導電膜を設ければよい。導電膜がない場合に比べ電界集中を抑制することができるためである。仮に、設計上、空洞部の上面と下面とが点で接触する程度の電圧範囲で使用されるのであれば、この点を含む範囲で導電膜を設ければよい。一方、点ではなく面で接触する程度の電圧範囲で使用されるのであれば、この面を含む範囲で導電膜を設ければよい。例えば、導電膜 221 の形状が、図 15 の点線に示すように、上面から見て、空洞部 204 の上面 206 と空洞部 204 の下面 205 が接触する領域 301 よりも大きければよい。一方、導電膜 221 の形状が、図 16 の点線に示すように、上面から見て、空洞部 204 よりも大きくてもよい。この場合は、導電膜 221 が大きい分、接触領域 301 での絶縁膜の電流の集中を一層低減できる。

20

#### 【0036】

なお、図 2 において、CMUT セルの平面形状は六角形の形状をしているが、形状はこれに限らず、例えば、円形形状でも矩形をしていてもよい。また、実施形態 1 として示した CMUT セルを構成する材料は、その組み合わせの一つを示したものである。犠牲層の材料も、犠牲層の周りを囲む絶縁材料と導電膜材料とのエッチング選択性が確保することができればよい。したがって、導電膜は、多結晶シリコン膜の他に、他の金属膜などであってもよい。さらに、CMUT の下部電極は導電膜であればよく、半導体基板でも、図 3 に示したように、半導体基板上に形成した絶縁膜上の導電膜や、信号処理回路を形成した半導体基板上の導電膜であっても良い。

30

#### 【実施形態 2】

#### 【0037】

実施形態 1 では、導電膜が空洞部の下面側から空洞部に露出している形態を示したが、実施形態 2 では、導電膜が空洞部の上面側から空洞部に露出している形態を示す。

#### 【0038】

図 17 は、本実施形態 2 における超音波トランスデューサ (CMUT) を示した上面図である。図 17 では、1 つの CMUT セルを示している。CMUT セルは、下部電極 202 と、下部電極 202 上に配置された空洞部 204 と、空洞部 204 上に配置された上部電極 208 などを備えて構成される。210 は空洞部を形成するためのエッチング孔である。すなわち、エッチング孔 210 は、空洞部となる 204 に接続されている。212 は下部電極 202 へ接続する開口部、213 は上部電極 208 へ接続する開口部である。なお、下部電極 202 と空洞部 204 の間に下部電極 202 を覆うようにシリコン酸化膜による絶縁膜 203 が形成されており、上部電極 208 と空洞部 204 の間に、空洞部 204 と下部電極 202 を覆うようにシリコン酸化膜による絶縁膜 207 が形成されているが、空洞部 204、下部電極 202 を示すために図示していない。また、空洞部に露出するよう導電膜 221 が形成されているが、図示していない。

40

50

## 【 0 0 3 9 】

図 1 8 ( a ) は図 1 7 の A - A ' 線で切断した断面図を示しており、図 1 8 ( b ) は図 1 7 の B - B ' 線で切断した断面図を示している。図 1 8 ( a ) および図 1 8 ( b ) に示すように、半導体基板 2 0 0 上に形成されたシリコン酸化膜による絶縁膜 2 0 1 上に C M U T の下部電極 2 0 2 が配置されている。下部電極 2 0 2 の上層にはシリコン酸化膜による絶縁膜 2 0 3 を介して空洞部 2 0 4 が配置されている。また、空洞部 2 0 4 の上面側から空洞部に露出するよう導電膜 2 2 1 が配置され、かつ、空洞部と上面から見て重なる位置に配置されている。なお、2 0 5 は空洞部の下面、2 0 6 は空洞部の上面である。導電膜 2 2 1、空洞部 2 0 4 を囲むようにシリコン酸化膜による絶縁膜 2 0 7 が配置され、絶縁膜 2 0 7 の上層に上部電極 2 0 8 が配置されている。上部電極 2 0 8 の上層にはシリコン窒化膜による絶縁膜 2 0 9 と絶縁膜 2 1 1 が配置されている。また、絶縁膜 2 0 7、絶縁膜 2 0 9 および導電膜 2 2 1 にはこれらの膜を貫通するエッチング孔 2 1 0 が形成され、絶縁膜 2 1 1 によって埋め込まれている。このエッチング孔 2 1 0 は、空洞部 2 0 4 を形成するために形成されたものである。実施形態 2 におけるメンブレン 2 1 4 は絶縁膜 2 0 7、2 0 9、2 1 1 と上部電極 2 0 8、導電膜 2 2 1 で構成される。

10

## 【 0 0 4 0 】

実施形態 2 の特徴は、前記実施形態 1 とは逆に、導電膜 2 2 1 を空洞部 2 0 4 の上面側から空洞部に露出するように配置したところにある。空洞部 2 0 4 の上面側から空洞部に露出するように導電膜 2 2 1 を配置した場合、実施形態 1 と同様に導電膜は電氣的に孤立された導電膜であるため、下部電極 2 0 2 と上部電極 2 0 8 に挟まれる絶縁膜 2 0 3、2 0 7 と空洞部 2 0 4 の静電容量により、導電膜 2 2 1 は、下部電極 2 0 2 と上部電極 2 0 8 の電位差が分配された電位となり、かつ、導電膜全体が等電位となる。したがって、導電膜 2 2 1 と上部電極 2 0 8 の間に挟まれる絶縁膜 2 0 7 においては、接触領域 3 0 1 とその他の領域での電界強度が等しくなり、リーク電流が接触領域 3 0 1 に集中することを抑制でき、絶縁膜 2 0 7 への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化を低減できる。

20

## 【 0 0 4 1 】

また、このような導電膜の配置とし、C M U T 駆動時に下部電極が上部電極よりも高い電位の場合には、リーク電流となる電子の流れの経路は、上部電極 2 0 8 から、絶縁膜 2 0 7、導電膜 2 2 1、絶縁膜 2 0 3 を介して、下部電極 2 0 2 の順となるが、本実施例では、絶縁膜 2 0 7 の絶縁耐性が劣化しないことから、電子の流れ自体抑制することができ、リーク電流が低減できる。したがって、空洞部の上面 2 0 6 が空洞部の下面 2 0 5 に接触する領域での絶縁膜 2 0 3 中の電界強度が接触領域を除く領域よりも大きいままであっても、接触領域に集中する電子の流れ量（電流量）自体を小さくすることができるので、絶縁膜 2 0 3 への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化も抑制できる。すなわち、導電膜が上部電極側に配置されている場合には、上部電極と下部電極との間で、下部電極が上部電極よりも高い電位となるように直流電圧を印加することにより、絶縁膜 2 0 3 および 2 0 7 の絶縁耐性の劣化を抑制することができる。その他の効果については、実施形態 1 と同様の効果が得られ、必要に応じて上下の関係を逆にし、読み替えればよい。

30

## 【 0 0 4 2 】

本実施形態 2 に記載された C M U T セルの製造方法は、前記実施形態 1 の図 7 で示した導電膜と犠牲層の堆積順序を逆にすればよく、その他の工程は図 5 から図 1 4 で示した工程と同様である。

40

## 【 0 0 4 3 】

図 1 7 に示した実施例では、空洞部 2 0 4 と導電膜 2 2 1 は上面から見て同形状であり、重なるように配置されている。しかし、この実施形態に限られるものではない点、導電膜 2 2 1 の上面から見た形状の大小、C M U T セルの形状、C M U T セルを構成する材料、下部電極が半導体基板でも良いことは実施形態 1 で述べたことと同様であるため省略する。

## 【 実施形態 3 】

## 【 0 0 4 4 】

50

実施形態 1 および 2 では、導電膜が空洞部の上面側あるいは下面側の一方から空洞部に露出している形態を示したが、本実施形態 3 では、空洞部の上面側から露出している導電膜と、空洞部の下面側から露出している導電膜がともに配置されている形態を示す。

#### 【0045】

図 19 は、本実施形態 3 における超音波トランスデューサ (CMUT) の一例 (第一実施例) を示した上面図である。図 19 では、実施形態 1 および 2 とは異なる形状のセルであるが、これらと同様に 1 つの CMUT セルを示している。CMUT セルは、下部電極 202 と、下部電極 202 上に配置された空洞部 204 と、空洞部 204 上に配置された上部電極 208 などを用意して構成される。210 は空洞部を形成するためのエッチング孔である。すなわち、エッチング孔 210 は、空洞部となる 204 に接続されている。212 は下部電極 202 へ接続する開口部、213 は上部電極 208 へ接続する開口部である。なお、下部電極 202 と空洞部 204 の間に下部電極 202 を覆うようにシリコン酸化膜による絶縁膜 203 が形成されており、上部電極 208 と空洞部 204 の間に、空洞部 204 と下部電極 202 を覆うようにシリコン酸化膜による絶縁膜 207 が形成されているが、空洞部 204、下部電極 202 を示すために図示していない。

10

#### 【0046】

空洞部の下面側から空洞部に露出するように導電膜 2211 が配置されており、上面から見た形状を一点鎖線で示してある。また、空洞部の上面側から空洞部に露出するように導電膜 2212 が配置されており、上面から見た形状を点線で示してある。さらに、CMUT セル駆動時に、空洞部 204 の下面が空洞部 204 の上面に接触する領域 301 を二

20

#### 【0047】

図 20 (a) は図 19 の A - A' 線で切断した断面図を示しており、図 20 (b) は図 19 の B - B' 線で切断した断面図を示している。図 20 (a) および図 20 (b) に示すように、半導体基板 200 上に形成されたシリコン酸化膜による絶縁膜 201 上に CMUT の下部電極 202 が配置されている。下部電極 202 の上層にはシリコン酸化膜による絶縁膜 203 を介して空洞部 204 が配置されている。また、空洞部 204 に露出するように導電膜 2211 が配置され、空洞部 204 に露出するように導電膜 2212 が配置されている。導電膜 2211、2212、空洞部 204 を囲むようにシリコン酸化膜による絶縁膜 207 が配置され、絶縁膜 207 の上層に上部電極 208 が配置されている。上部電極 208 の上層にはシリコン窒化膜による絶縁膜 209 と絶縁膜 211 が配置されている。また、絶縁膜 207、絶縁膜 209 および導電膜 2212 にはこれらの膜を貫通するエッチング孔 210 が形成され、絶縁膜 211 によって埋め込まれている。このエッチング孔 210 は、空洞部 204 を形成するために形成されたものである。実施例 3 におけるメンブレン 214 は絶縁膜 207、209、211 と上部電極 208、導電膜 2212 で構成される。

30

#### 【0048】

実施形態 3 の特徴は、空洞部 204 の下面 205 側に配置された導電膜 2211 と、空洞部 204 の上面 206 側に配置された導電膜 2212 の両方を、CMUT セル駆動により、空洞部の下面 205 と上面 206 が接触する領域 301 の範囲において、上面から見て重ならない配置とした点と、接触領域 301 と、導電膜 2211、2212 両方が、上面から見て重なるように配置した点にある。実施形態 3 では、一例として、空洞部を含む垂直断面 (図 20 (a)) にて、導電膜 2211 を空洞部の中心より左側に配置し、この垂直断面にて、導電膜 2212 を空洞部の中心よりも右側に配置し、かつ、これらの導電膜の一部が接触領域 301 まで延存している。

40

#### 【0049】

図 21 (a)、(b) は、実施形態 3 の CMUT セルを駆動して、空洞部の上面 206 が空洞部の下面 205 に接触している状態の接触部 301 の拡大図と等価回路図である。ここで、導電膜 2211、2212 両方が必ずしも空洞部 204 に露出している必要はな

50

く、導電膜と空洞部との間に絶縁膜が配置されていても良いが、説明の便宜上、実施形態 1 および 2 と同様に、導電膜が空洞部に露出している構造を用いて説明する。以下、実施形態 3 の効果について説明する。

#### 【0050】

図 19 および図 20 に示すように、空洞部 204 の下面 205 側から空洞部に露出する導電膜 2211 と、空洞部の上面 206 側から空洞部に露出する導電膜 2212 がともに、接触領域 301 と上面から見て重なるように配置した場合、図 21 (a) に示すように、CMUT セル駆動中の接触領域では、導電膜 2211、2212 はともに下部電極 202 と上部電極 208 に絶縁膜 203 と 207 を介して挟まれた同じ構造となる。その場合、図 21 (b) に示すように、導電膜 2211 と 2212 の電位は、下部電極 202 と上部電極 208 の間に印加される電圧を絶縁膜 203、207 の容量により分割された電位となり、結果的に導電膜 2211 と 2212 は等電位  $V_1$  となる。導電膜 2211 と 2212 が夫々電氣的に孤立された導電膜であるからである。

10

#### 【0051】

このときに、図 21 (b) に示す導電膜 2211 領域では、前記実施形態 1 と同様に、導電膜 2211 と下部電極 202 の間に挟まれる絶縁膜 203 においては、接触領域 301 とその他の非接触領域での電界強度が等しくなり、リーク電流が接触領域 301 に集中することを抑制でき、絶縁膜 203 への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化を低減できる。一方、接触領域 301 での絶縁膜 207 中の電界強度は  $V_2$  を絶縁膜 207 の厚さで割った値となり、接触領域 301 を除いた非接触領域よりも大きい。しかし、導電膜 2211 の電位と同電位になる導電膜 2212 も配置されているので、導電膜 2212 領域の接触領域を除いた非接触領域における絶縁膜 207 中の電界強度も、 $V_2$  を絶縁膜 207 の厚さで割った値となり、導電膜 2211 領域における接触領域の絶縁膜 207 中の電界強度と等しくなる。その結果として、リーク電流が接触領域の絶縁膜 207 に集中することを抑制できる。

20

#### 【0052】

導電膜 2212 領域でも、前記実施形態 2 と同様に、導電膜 2212 と上部電極 208 の間に挟まれる絶縁膜 207 においては、接触領域 301 とその他の非接触領域での電界強度が等しくなり、リーク電流が接触領域 301 に集中することを抑制でき、絶縁膜 207 への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化を低減できる。一方、接触領域 301 での絶縁膜 203 中の電界強度は  $V_1$  を絶縁膜 203 の厚さで割った値となり、接触領域 301 を除いた非接触領域よりも大きい。しかし、導電膜 2212 の電位と同電位になる導電膜 2211 も配置しているため、導電膜 2211 領域の接触領域を除いた非接触領域における絶縁膜 203 中の電界強度も、 $V_1$  を絶縁膜 203 の厚さで割った値となり、導電膜 2212 領域における接触領域の絶縁膜 207 中の電界強度と等しくなる。その結果として、リーク電流が接触領域の絶縁膜 203 に集中することを抑制できる。

30

#### 【0053】

つまり、空洞部の上面と下面とが接触した場合であっても、導電膜 2211 にとっては、導電膜 2212 が絶縁膜 207 に対する電界緩和の機能を果たし、導電膜 2212 にとっては、導電膜 2211 が絶縁膜 203 に対する電界緩和の機能を果たすことになる。したがって、接触領域 301 おける絶縁膜 203、207 へリーク電流が集中することを抑制でき、絶縁膜 203、207 への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化を抑制できる。

40

#### 【0054】

次に、図面を用いて本実施形態 3 に記載された CMUT セルの製造方法を説明する。絶縁膜 203 を形成するまでの工程は、前記実施形態 1 で示した図 5、図 6 と同様である。図 22 ~ 図 28 中の (a) は、図 19 の A - A' 方向の断面を示しており、図 22 ~ 図 28 中の (b) は、図 19 中の B - B' 方向の断面を示している。

#### 【0055】

まず、図 22 (a)、(b) に示すように、絶縁膜 203 上面にスパッタリング法で電氣的に孤立された導電膜 2211 となるアルミニウム合金膜を 50 nm 堆積し、フォトリ

50

ソグラフィ技術とドライエッチング技術により、パターニングを行う。引き続き、プラズマCVD法で多結晶シリコン膜7011を150nm堆積する。次に図23(a)、(b)に示すように、多結晶シリコン膜7011をCMP法(Chemical Mechanical Polishing)により100nmの研磨を行い、電氣的に孤立された導電膜2211となるアルミニウム合金膜2211の表面を露出させる。次に図24(a)、(b)に示すように、プラズマCVD法で多結晶シリコン膜7012を50nm堆積する。

#### 【0056】

引き続き、多結晶シリコン膜7012、アルミニウム合金膜2211の上面にスパッタリング法で導電膜2212となるアルミニウム合金膜を50nm堆積し、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術により、パターニングを行う(図25(a)、(b))。このときに、導電膜2211と2212が上面から見て重ならず、かつ、後の工程で作製される空洞部の上面と下面がCMUTセルの駆動時に接触する領域と、上面から見て重なるようにパターニングを行う。

#### 【0057】

次に図26(a)、(b)に示すように、プラズマCVD法で多結晶シリコン膜7013を150nm堆積する。次に図27(a)、(b)に示すように、多結晶シリコン膜7013をCMP法により100nmの研磨を行い、導電膜2212となるアルミニウム合金膜の表面を露出させる。引き続き、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術により、アルミニウム合金膜2211、2212と多結晶シリコン膜7011、7012、7013をパターニングすることで、絶縁膜203上に導電膜2211、2212と多結晶シリコン膜7011、7012、7013からなる犠牲層を形成する(図28(a)、(b))。犠牲層は、その後の工程で空洞部となる。その後の工程は、前記実施形態1で示した図8から図14と同様の工程により図19、20に示す本実施形態3のCMUTセルを製造することができる。

#### 【0058】

図29は、本実施形態3の第二実施例の超音波トランスデューサを示した断面図である。上面図は図19と同様である。第一実施例との違いは、導電膜2211、2212が、それぞれ絶縁膜2901、2902を介して空洞部204と接している点であり、その他の構造は同じである。このような構成でも、接触領域301へのリーク電流の集中を抑制でき、絶縁膜203、2901、207、2902への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化を低減できる。

#### 【0059】

図30~39に図29で示した超音波トランスデューサの製造方法を示す。絶縁膜203を形成するまでの工程は、前記実施形態1で示した図5、図6と同様である。この場合、上下電極間のシリコン酸化膜による絶縁膜厚さを本実施形態3の第一実施例と同じにするため、50nmとした。まず、図30(a)、(b)に示すように、絶縁膜203上面にスパッタリング法で導電膜2211となるアルミニウム合金膜を50nm堆積し、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術により、パターニングを行う。引き続き、プラズマCVD法でシリコン酸化膜による絶縁膜を50nm堆積する(図31(a)、(b))。

#### 【0060】

続いて、図32(a)、(b)に示すように、プラズマCVD法で多結晶シリコン膜701を200nm堆積し、多結晶シリコン膜701をCMP法により100nmの研磨を行なう(図33(a)、(b))。次に、図34(a)、(b)に示すように、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術により、多結晶シリコン膜701のパターニングを行い、50nmの窪み3401を設ける。

#### 【0061】

引き続き、図35(a)、(b)に示すように、多結晶シリコン膜701を覆うように、プラズマCVD法によりシリコン酸化膜による絶縁膜2902を堆積する。このときに、窪み3401にも絶縁膜2902が堆積する。続いて、絶縁膜2902の上面に、スバ

10

20

30

40

50

ッタリング法で導電膜 2 2 1 2 となるアルミニウム合金膜を 2 0 0 n m 堆積し ( 図 3 6 ( a )、( b ) )、CMP 法で 1 5 0 n m の研磨を行うことで、絶縁膜 2 9 0 2 の表面を露出させる ( 図 3 7 ( a )、( b ) )。

#### 【 0 0 6 2 】

引き続き、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術により、絶縁膜 2 9 0 1、2 9 0 2、アルミニウム合金膜 2 2 1 1、2 2 1 2 と多結晶シリコン膜 7 0 1 をパターンニングすることで、絶縁膜 2 0 3 上に導電膜 2 2 1 1、2 2 1 2 と、多結晶シリコン膜 7 0 1 からなる犠牲層を形成する ( 図 3 8 ( a )、( b ) )。犠牲層は、その後の工程で空洞部となる。最後に、プラズマ C V D 法により、シリコン酸化膜による絶縁膜 2 0 7 を 5 0 n m 堆積する ( 図 3 9 ( a )、( b ) )。その後の工程は、前記実施形態 1 で示した図 8 から図 1 4 と同様の工程により図 2 9 に示す本実施形態 3 の第二実施例の C M U T セルを製造することができる。

#### 【 0 0 6 3 】

ここで、実施形態 3 の特徴について、さらに詳しく説明する。C M U T セル駆動により、空洞部の下面 2 0 5 と上面 2 0 6 が接触する領域 3 0 1 の範囲と、導電膜 2 2 1、2 2 1 2 両方が、上面から見て重なるように配置する効果については、図 2 1 ( b ) を用いて、説明した通りであるが、ここではもう一つの特徴である、空洞部 2 0 4 の下面 2 0 5 側に配置された導電膜 2 2 1 1 と、空洞部 2 0 4 の上面 2 0 6 側に配置された導電膜 2 2 1 2 が、接触領域 3 0 1 の範囲において、上面から見て重ならない配置とする効果について説明する。ここで、仮に、導電膜 2 2 1 1 と 2 2 1 2 が、接触領域 3 0 1 の範囲において、上面から見て重なる配置とした場合、導電膜が夫々絶縁膜に覆われていない場合には、導電膜 2 2 1 1 と 2 2 1 2 が直接接触することになる。接触した際に、導電膜 2 2 1 1 と 2 2 1 2 とは同電位となるが、それぞれの導電膜中に誘起された電荷間の静電引力により吸着して離れなくなってしまうという問題が生じる。

#### 【 0 0 6 4 】

また、仮に、導電膜が夫々絶縁膜に覆われている場合であっても、導電膜が夫々の絶縁膜のみを介して接するようになるため、強力な静電引力により導電膜同士が絶縁膜を介して吸着してしまうという問題がある。そのため、敢えて、このような配置とすることで、この導電膜同士の吸着を抑制している。

#### 【 0 0 6 5 】

つまり、導電膜が空洞部に露出する実施例の場合には、導電膜同士が上面から見て重ならない配置であるため、空洞部の上面と下面とが接した場合であっても、導電膜 2 2 1 1 と 2 2 1 2 が接触することはなく、このため、上述の吸着の問題を回避することができる。また、導電膜が空洞部に絶縁膜を介して接する実施例の場合、つまり、導電膜が絶縁膜に埋め込まれている場合でも、導電膜同士が上面から見て重ならない配置であれば、上述の吸着の問題を回避することができる。さらに好ましい実施例は、接触領域 3 0 1 の範囲において、空洞部の上面と下面とが接触する際に、絶縁膜 2 9 0 1 と 2 9 0 2 との間に空洞部が生まれるように、導電膜およびそれを覆う絶縁膜 2 9 0 1 と 2 9 0 2 を形成することである。このような配置にすることで、導電膜間の静電引力をさらに低減でき、静電引力による吸着を抑制することができるためである。

#### 【 0 0 6 6 】

なお、導電膜が空洞部に露出する実施例の場合には、実施形態 1 と同様に電荷が蓄積し難い効果がさらに得られることは言うまでもない。また、絶縁膜 2 9 0 1 と 2 9 0 2 により導電膜は、これらの絶縁膜がない場合に比べ、電荷を蓄積し易い構造になるが、上述の通り、空洞部の上面と下面とが接触した場合であっても、導電膜 2 2 1 1 にとっては、導電膜 2 2 1 2 が絶縁膜 2 0 7 に対する電界緩和の機能を果たし、導電膜 2 2 1 2 にとっては、導電膜 2 2 1 1 が絶縁膜 2 0 3 に対する電界緩和の機能を果たすことになるため、接触領域 3 0 1 おける絶縁膜 2 0 3、2 0 7 ヘリーク電流が集中することを抑制でき、絶縁膜 2 0 3、2 0 7 への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化を抑制できる。

#### 【 0 0 6 7 】

また、図 19 で示した実施形態 3 の C M U T セルの平面形状は矩形の形状をしているが、別の形状でも良い。図 40、図 41 はセル形状が六角形の場合の実施例（第三実施例）の上面図と断面図である。この場合も、空洞部 204 の下面側から空洞部に露出する導電膜 2211 と、空洞部 204 の上面側から空洞部に露出する導電膜 2212 が、上面から見て重ならないように配置し、かつ、C M U T セル駆動により、空洞部の下面 205 と上面 206 が接触する領域 301 と、導電膜 2211、2212 両方が、上面から見て重なるように配置してあり、接触領域 301 へのリーク電流の集中を抑制でき、絶縁膜 203、207 への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化を低減できる。

#### 【0068】

また、図 19 では導電膜 2211、2212 の上面から見た形状が B - B' 線に対して対称であるが、図 42 に示すように非対称であってもよい（第四実施例）。接触領域 301 と導電膜 2211、2212 の両方が、上面から見て重なるように配置されていれば同様の効果が得られる。図 43 (b) は図 42 の B - B' 線での断面図である。なお、図 20 と図 29 の関係と同様に、図 40 ~ 図 43 の実施例において、さらに導電膜が絶縁膜を介して空洞部と接していてもよい。また、いずれの図でも、導電膜の端部が空洞部の端部と同じ位置にあるが、空洞部の端部までである実施例に限定されるものではない。さらに、一方の空洞部のみ空洞部に露出するようにし、他方の導電膜は絶縁膜を介して空洞部と接するようにしてもよい。なお、C M U T セルを構成する材料、下部電極が半導体基板でも良いことは実施形態 1 で述べたことと同様であるため省略する。

#### 【実施形態 4】

#### 【0069】

これまでの実施形態 1 ~ 3 では、C M U T セル単体について説明した。実施形態 4 として、C M U T セルを集積させアレイ状に並べたチップについて説明する。図 44 は実施形態 3 の矩形の C M U T セルをアレイ状に並べたチップの一部を示している。下部電極 2021、2022、2023 と、下部電極上に配置された空洞部 204 と、空洞部 204 上に配置された上部電極 208 などを備えており、210 は空洞部を形成するためのエッチング孔である。すなわち、エッチング孔 210 は、空洞部となる 204 に接続されている。212 は下部電極 2021、2022、2023 へ接続する開口部、213 は上部電極 208 へ接続する開口部である。なお、図 19、図 20 について説明したように、空洞部に露出するように導電膜 2211 が配置され、空洞部に露出するように導電膜 2212 が配置されているが、図示していない。また、上部電極 208 と空洞部 204 の間に、空洞部 204、導電膜 2212、下部電極 202 を覆うようにシリコン酸化膜による絶縁膜 207 が形成されており、下部電極 202 と、空洞部 204 および導電膜 2211 間に、下部電極を覆うようにシリコン酸化膜による絶縁膜 203 が形成されているが、下部電極 202、空洞部 204 を示すために図示していない。図 44 の C M U T セルの断面の膜構成は、図 20 で示す構成と同じである。

#### 【0070】

上部電極と下部電極が直交しており、1 個の交点には 2 つの C M U T セルが配置され、上部電極を結ぶ配線 1001 で、それぞれの上部電極が結ばれている。図 44 では上部電極がアジマス方向に 4 チャンネル分、下部電極がエレベーション方向に 3 チャンネル分のアレイを示しているが、超音波診断装置で使用する探触子では上部電極が、一般的なりニア探触子の場合、例えば 192 チャンネル並ぶことになる。

#### 【0071】

図 44 示すようなエレベーション方向に分割された下部電極を持つ探触子の場合、それぞれの下部電極に印加する電圧を変えることで、上部電極と下部電極の各交点において送信、受信される超音波ビームの形状や強さを制御でき、診断画像の画質向上が望める。上下電極間に印加される電圧差が、それぞれの下部電極に印加される電圧によって異なるが、導電膜の電位はそれぞれの C M U T セルに印加される上部電極と下部電極の間の電位差により決まるので、C M U T セル単体に導電膜を配置したことによる絶縁膜への電荷蓄積や絶縁耐性の劣化の抑制効果は、C M U T セルをアレイ状に配置して、超音波探触子とし

て使用する場合でも有効である。

【0072】

なお、導電膜2211、2212の上面から見た形状は、空洞部の上面206と空洞部の下面205が接触する領域301を含めばよい。上面から見て、空洞部204と同一サイズでなく、空洞部に含まれるサイズでもよい。適宜、絶縁膜の電界集中を低減できるよう大きさを設計すればよい。また、導電膜2211、2212の形状が、上面から見て、空洞部204よりもはみ出してしてもよい。この場合は、導電膜2211、2212が大きい分、接触領域301での絶縁膜の電流の集中を一層低減できる。

【0073】

なお、図19、図40、図42において、CMUTセルの平面形状は矩形や六角形の形状をしているが、形状はこれに限らず、例えば、円形形状でも多角形をしていてもよい。また、CMUTセルを構成する材料、下部電極が半導体基板でも良いことは実施形態1で述べたことと同様であるため省略する。

【実施形態5】

【0074】

実施形態1～4では、超音波トランスデューサを構成するCMUTセルおよびセルアレイを示したが、本実施形態5では、CMUTセルの駆動に関する実施例を示す。

【0075】

図45は実施形態1のCMUTセルの模式的な断面図である。下部電極202の上面に絶縁膜203を介して導電膜221が空洞部に露出するように配置されている。また、空洞部204の上面には絶縁膜207を介して上部電極が配置されている。下部電極と上部電極には、直流電圧3001と交流電圧3002が重畳されており、導電膜221にはスイッチ3003が接続され、スイッチ3003を介して導電膜221は接地が可能な構成となっている。

【0076】

CMUTセルを駆動時に、空洞部の上面206が空洞部の下面205に接触し、絶縁膜203、207を流れる微小なリーク電流により、導電膜が帯電した場合、上下電極間の実効的な電位差が変動してしまう可能性がある。実施例5の特徴は、スイッチ3003の開閉により、導電膜221を接地と浮遊に切り替えられるようにして、導電膜221に帯電した電荷を逃がすことができるようにした点である。このように導電膜から電荷を逃がすことができるスイッチが備わっているため、この実施例においては、図45にて示されているように導電膜が空洞部に露出している場合のみならず、導電膜と空洞部との間に絶縁膜が配置されている場合、つまり、導電膜が絶縁膜に埋め込まれている場合でも同様の効果が得られる。

【0077】

本実施形態のCMUTセルで構成される超音波トランスデューサを用いた探触子によって、超音波診断をする際のスイッチ3003の動作について図46を用いて説明する。図46は、超音波診断時の上部電極208と下部電極202の間の実効的な電位差と、導電膜221の電位、直流電圧3001と交流電圧3002のON/OFFの状態、ならびに、スイッチ3003の開閉(OFF/ON)の状態を示すものである。

【0078】

診断開始前はスイッチ3003を閉状態にしておくことで、導電膜221は接地されている。診断開始時にスイッチ3003を閉状態から開状態にし、導電膜221を浮遊状態、つまり、電氣的に孤立した状態にして、診断が行われる。これにより、前記実施形態1、2、3で示したように、絶縁膜203、207の劣化を抑制できる。診断中に、導電膜221が徐々に帯電し、診断終了時にはV<sub>c</sub>だけ帯電すると、診断に必要な超音波の送信音圧、受信感度を得るために診断開始時に設定した上下電極間の実効的な電位差V<sub>d</sub>がV<sub>c</sub>だけ低下することとなる。引き続き、スイッチ3003を開に保持した状態、つまり、導電膜221が接地できない場合は、次の診断時にも導電膜221への帯電が発生し、実効的な電位差はV<sub>c</sub>よりもさらに低下してしまい、診断に必要な超音波の送信音圧、受信感度

10

20

30

40

50

を得ることができなくなる。しかし、本実施形態では、導電膜 221 がスイッチ 3003 を介して接地することができる構成となっているので、診断終了時にスイッチ 3003 を閉状態にして、導電膜 221 を接地し、帯電した電荷を逃がすことができる。したがって、次の診断時には、上下電極間の実効的な電位差を  $V_d$  に戻すことができるので、診断に必要な超音波の送信音圧、受信感度を得ることができる。

#### 【0079】

スイッチ 3003 を開閉するタイミングは、導電膜の帯電量  $V_c$  により決定すればよく、図 46 では診断と診断の間としたが、 $V_c$  により、診断に必要な超音波の送信音圧、受信感度を得られなくなる時点で、スイッチを開閉すればよい。したがって、さらに短くして、送信と受信の間でも、送信と受信のセットとセットの間でも、あるいは、さらに長くして、1日に1回でもよい。

10

#### 【0080】

また、本実施形態では、実施形態 1 に示した空洞部に導電膜 221 が露出する配置の CMUT セルを用いて示したが、実施形態 2、3、4 で示した CMUT セルやアレイの場合でも、導電膜をスイッチを介して接地できる構成とすることで同様の効果が得られる。なお、実施形態 3、4 のように導電膜が二つある場合には、両方の導電膜の夫々に接地と非接地を制御するスイッチを接続してもよいし、一方のみにスイッチを接続しても構わない。

#### 【実施形態 6】

#### 【0081】

最後に、図 47 を参照しながら、超音波診断装置における本発明の超音波トランスデューサを備えた超音波診断装置の構成とその役割について説明する。超音波診断装置 1201 は、超音波探触子 1202、送受分離部 1203、送信部 1204、バイアス部 1206、受信部 1208、整相加算部 1210、画像処理部 1212、表示部 1214、制御部 1216、操作部 1218 から構成される。

20

#### 【0082】

超音波探触子 1202 は、被検体に接触させて被検体との間で超音波を送受波する装置である。超音波探触子 1202 から超音波が被検体に送波され、被検体からの反射エコー信号が超音波探触子 1202 により受波される。実施形態 1 ~ 5 のいずれかの超音波トランスデューサは、超音波探触子 1202 の内部に収納され、後述する送受分離部 1203 と電氣的に接続される。送信部 1204 及びバイアス部 1206 は、超音波探触子 1202 に駆動信号を供給する装置である。受信部 1208 は、超音波探触子 1202 から出力される反射エコー信号を受信する装置である。受信部 1208 は、さらに、受信した反射エコー信号に対してアナログデジタル変換等の処理を行う。送受分離部 1203 は、送信時には送信部 1204 から超音波探触子 1202 へ駆動信号を渡し、受信時には超音波探触子 1202 から受信部 1208 へ受信信号を渡すよう送信と受信とを切換、分離するものである。整相加算部 1210 は、受信された反射エコー信号を整相加算する装置である。画像処理部 1212 は、整相加算された反射エコー信号に基づいて診断画像(例えば、断層像や血流像)を構成する装置である。表示部 1214 は、画像処理された診断画像を表示する表示装置である。制御部 1216 は、上述した各構成要素を制御する装置である。制御部 1216 では、超音波探触子 1202 を制御する他、実施形態 5 の導電膜の接地、非接地を制御するスイッチのオンオフの制御を行う役割もある。操作部 1218 は、制御部 1216 に指示を与える装置である。操作部 1218 は、例えば、トラックボールやキーボードやマウス等の入力機器である。

30

40

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0083】

本発明の超音波トランスデューサや超音波診断装置は、医療や構造物の診断装置として幅広く利用することができる。

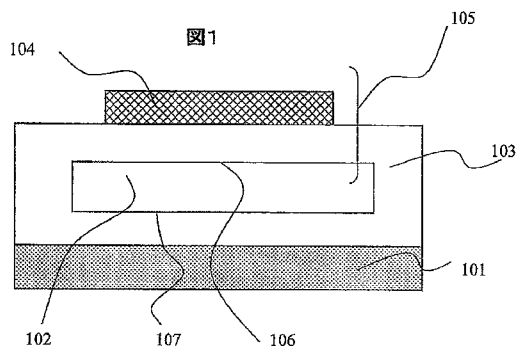
#### 【符号の説明】

#### 【0084】

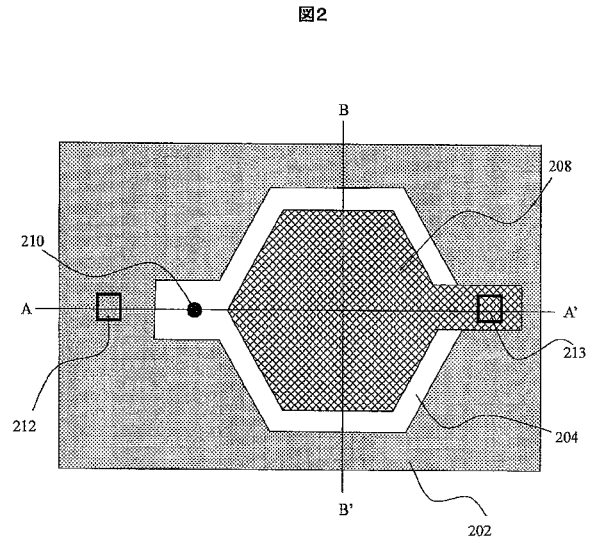
50

|                                                                   |                    |    |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------|----|
| 1 0 1 , 2 0 2 、 2 0 2 1 、 2 0 2 2 、 2 0 2 3                       | 下部電極               |    |
| 1 0 2 , 2 0 4                                                     | 空洞部                |    |
| 2 0 0                                                             | 半導体基板              |    |
| 1 0 3 , 2 0 1 , 2 0 3 , 2 0 7 , 2 0 9 , 2 1 1 , 2 9 0 1 , 2 9 0 2 | 絶縁膜                |    |
| 1 0 4 , 2 0 8                                                     | 上部電極               |    |
| 1 0 5 , 2 1 4                                                     | メンブレン              |    |
| 1 0 6 , 2 0 6                                                     | 空洞部の上面             |    |
| 1 0 7 , 2 0 5                                                     | 空洞部の下面             |    |
| 2 1 0                                                             | エッチング孔             |    |
| 2 1 2                                                             | 下部電極への開口部          | 10 |
| 2 1 3                                                             | 上部電極への開口部          |    |
| 2 2 1 , 2 2 1 1 , 2 2 1 2                                         | 導電膜                |    |
| 3 0 1                                                             | 空洞部の上面と空洞部の下面の接触領域 |    |
| 7 0 1 , 7 0 1 1 , 7 0 1 2 , 7 0 1 3                               | 犠牲層                |    |
| 1 0 0 1                                                           | 上部電極を結ぶ配線          |    |
| 3 0 0 1                                                           | 直流電圧               |    |
| 3 0 0 2                                                           | 交流電圧               |    |
| 3 0 0 3                                                           | 導電膜に接続するスイッチ       |    |
| 3 4 0 1                                                           | 窪み                 |    |
| 1 2 0 1                                                           | 超音波診断装置            | 20 |
| 1 2 0 2                                                           | 超音波探触子             |    |
| 1 2 0 3                                                           | 送受分離部              |    |
| 1 2 0 4                                                           | 送信部                |    |
| 1 2 0 6                                                           | バイアス部              |    |
| 1 2 0 8                                                           | 受信部                |    |
| 1 2 1 0                                                           | 整相加算部              |    |
| 1 2 1 2                                                           | 画像処理部              |    |
| 1 2 1 4                                                           | 表示部                |    |
| 1 2 1 6                                                           | 制御部                |    |
| 1 2 1 8                                                           | 操作部                | 30 |

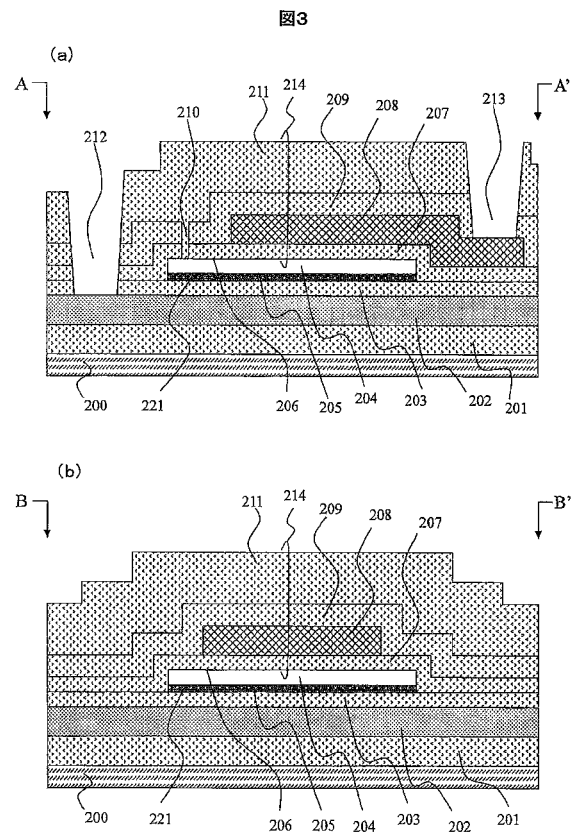
【 図 1 】



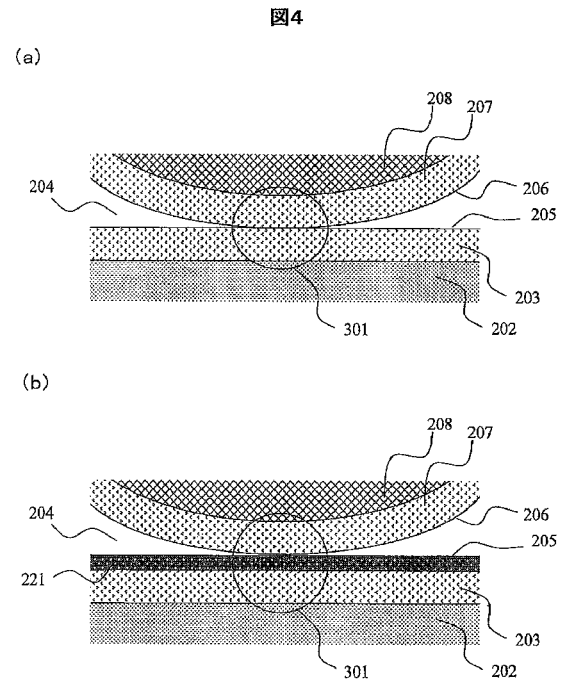
【 図 2 】



【 図 3 】

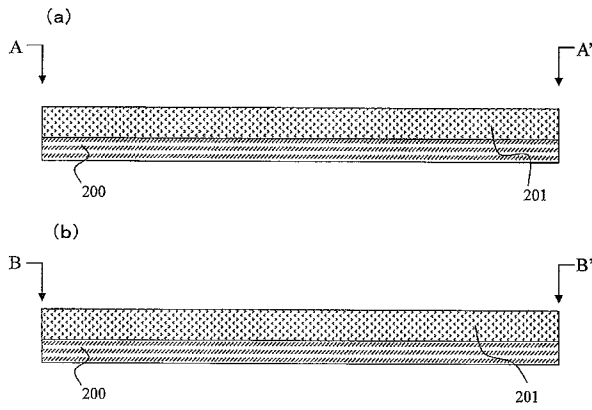


【 図 4 】



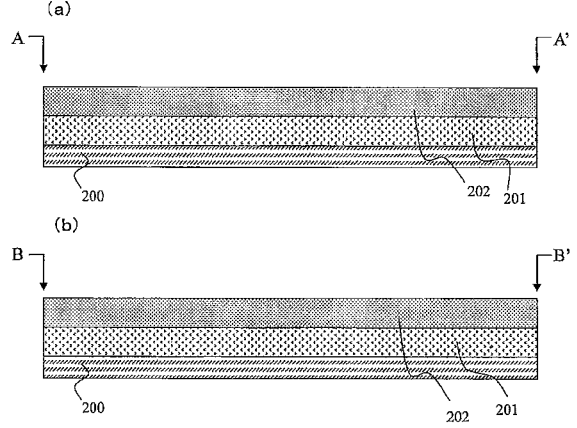
【 図 5 】

図5



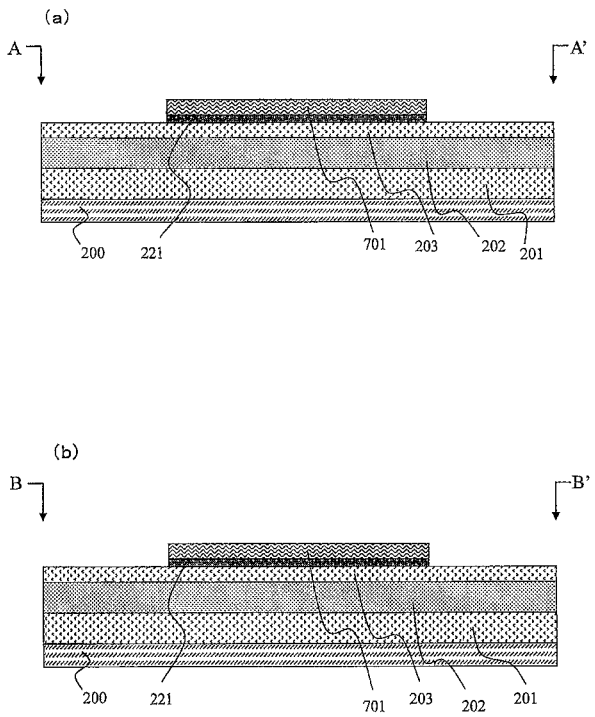
【 図 6 】

図6



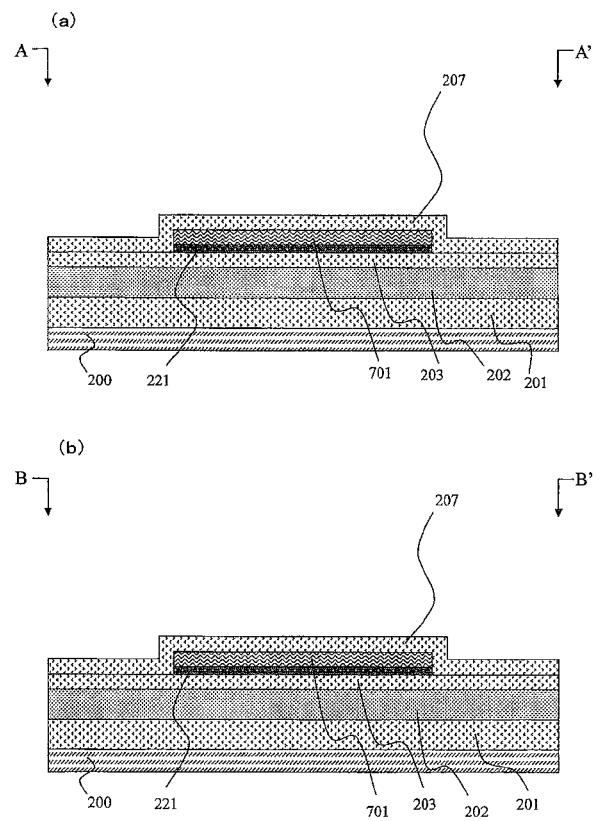
【 図 7 】

図7



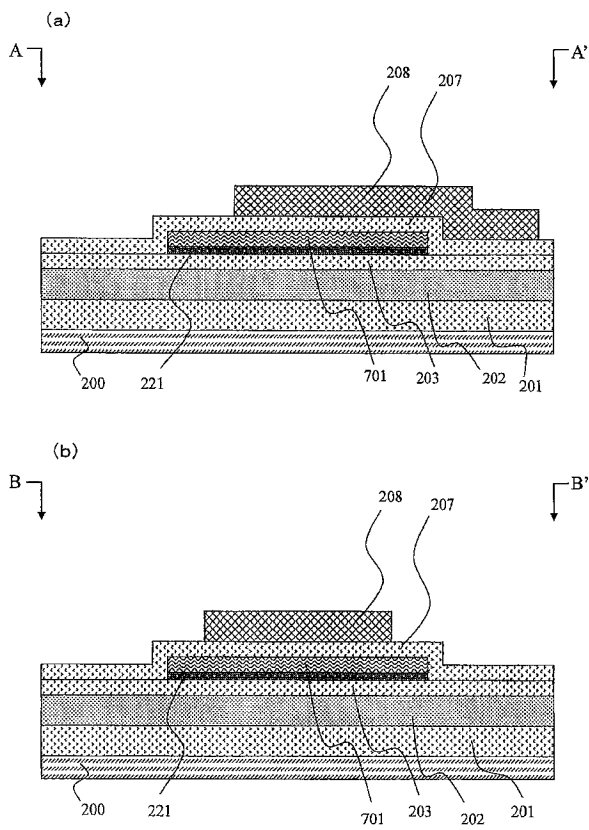
【 図 8 】

図8



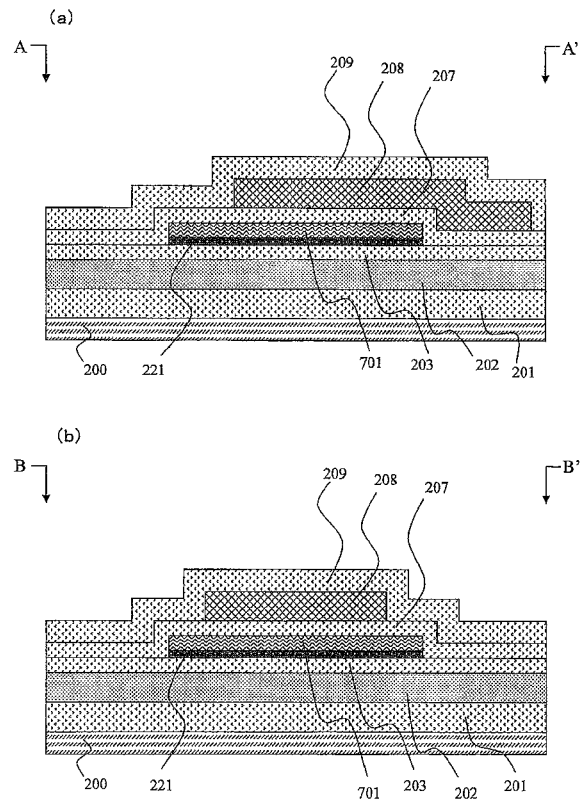
【図 9】

図9



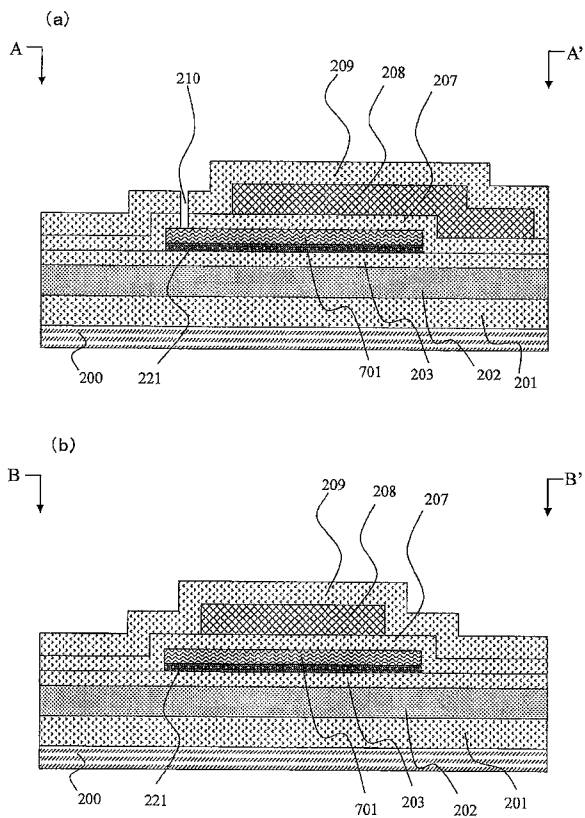
【図 10】

図10



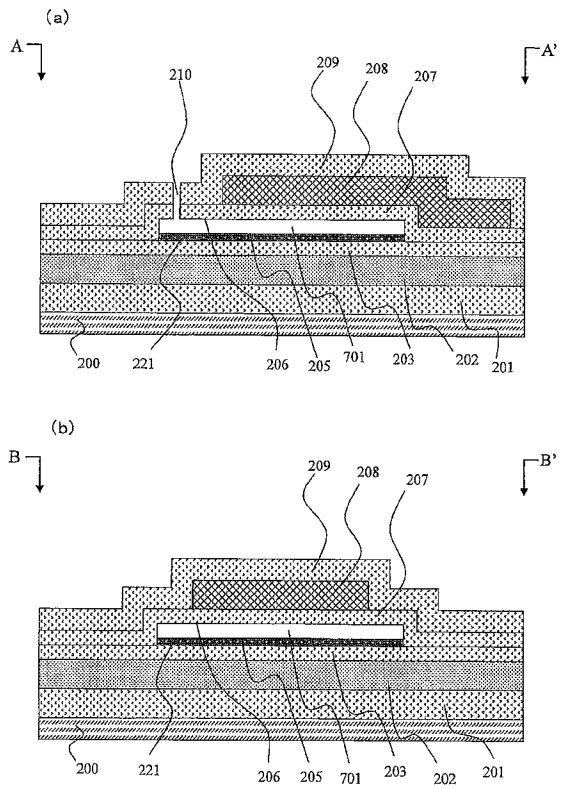
【図 11】

図11



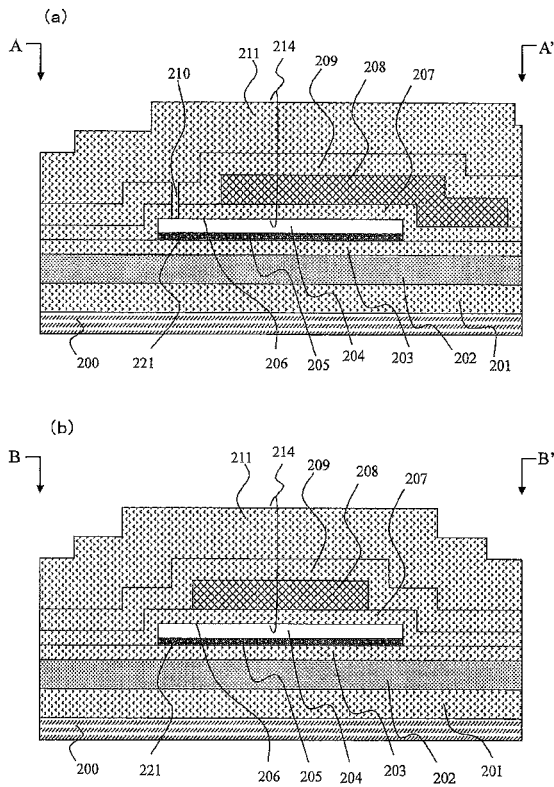
【図 12】

図12



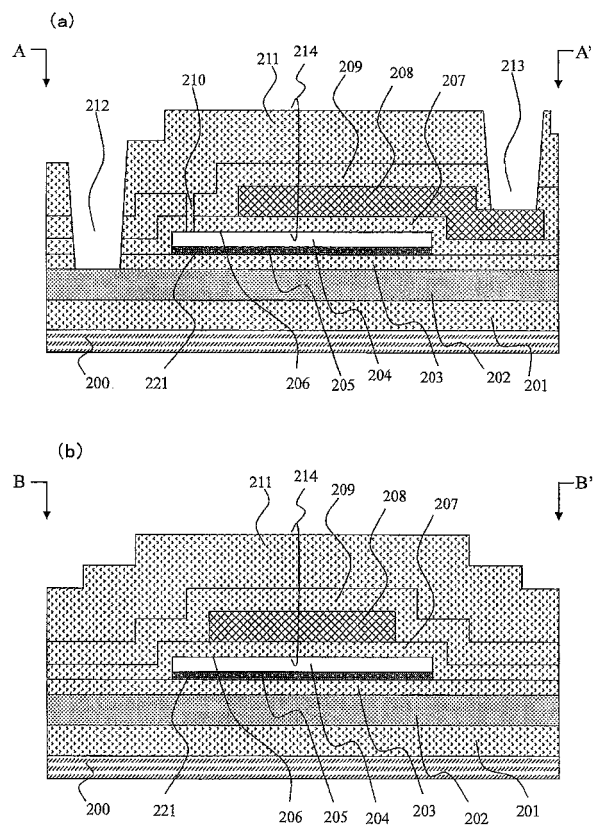
【図 1 3】

図13



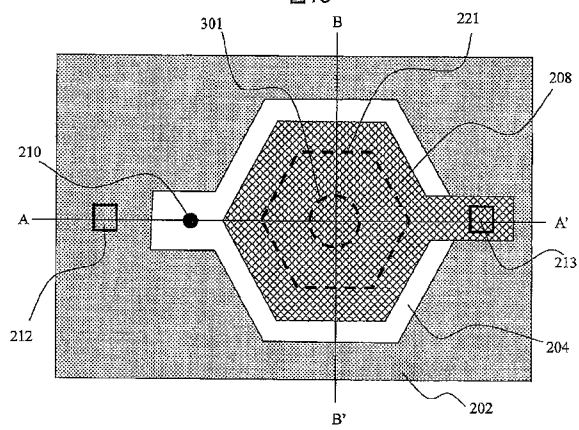
【図 1 4】

図14



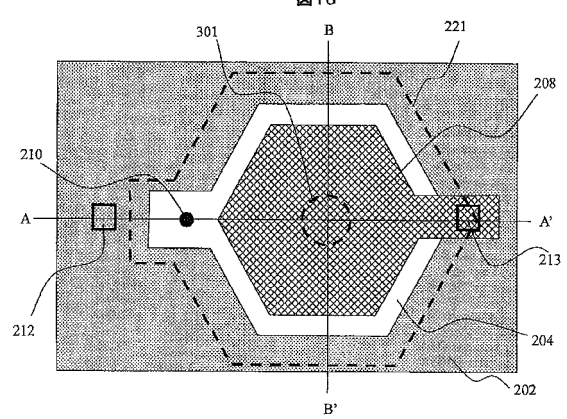
【図 1 5】

図15



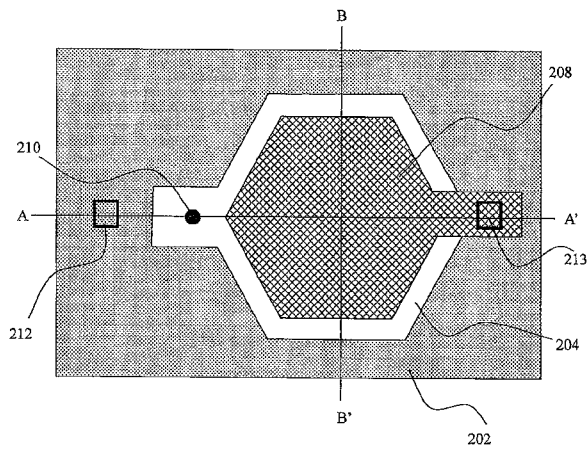
【図 1 6】

図16



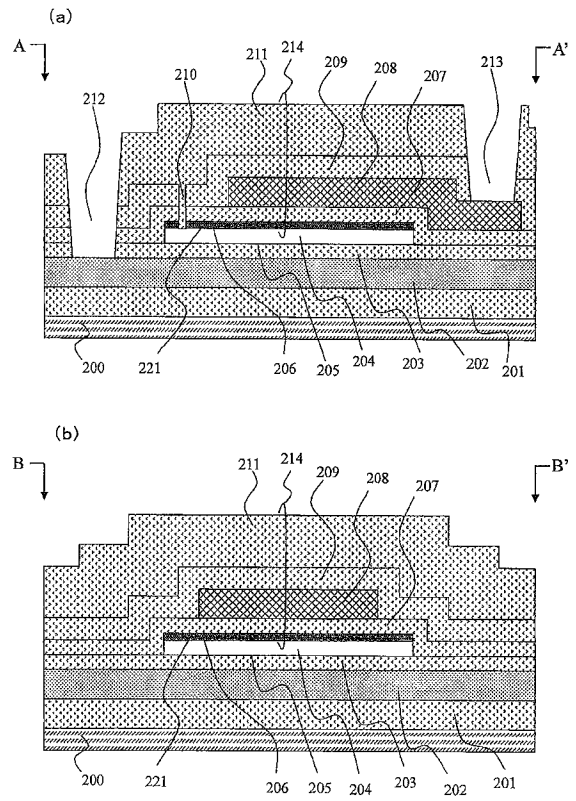
【図 17】

図17



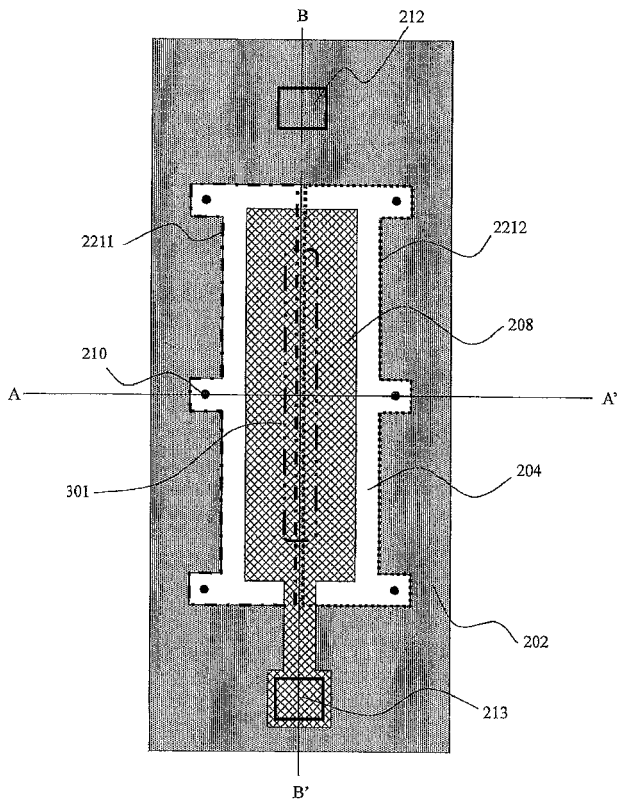
【図 18】

図18



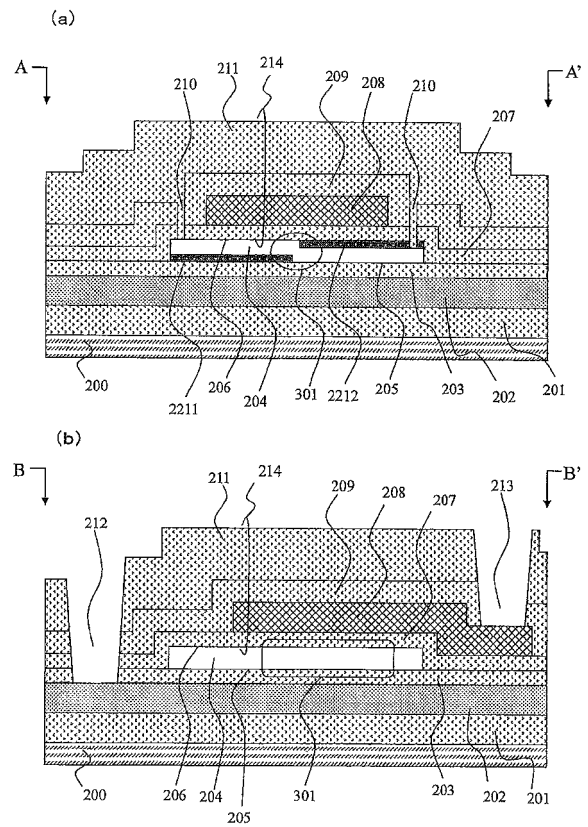
【図 19】

図19

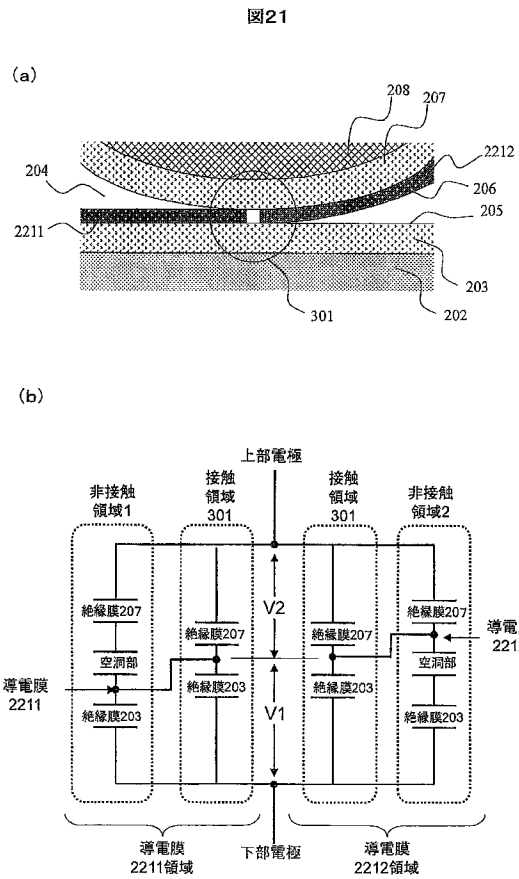


【図 20】

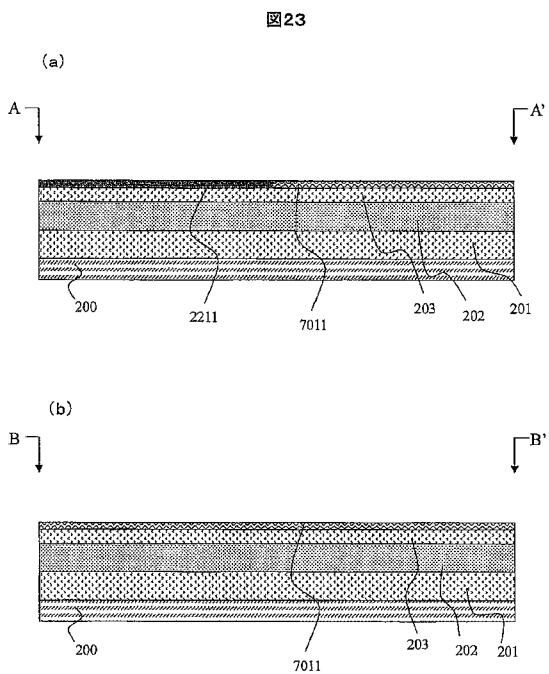
図20



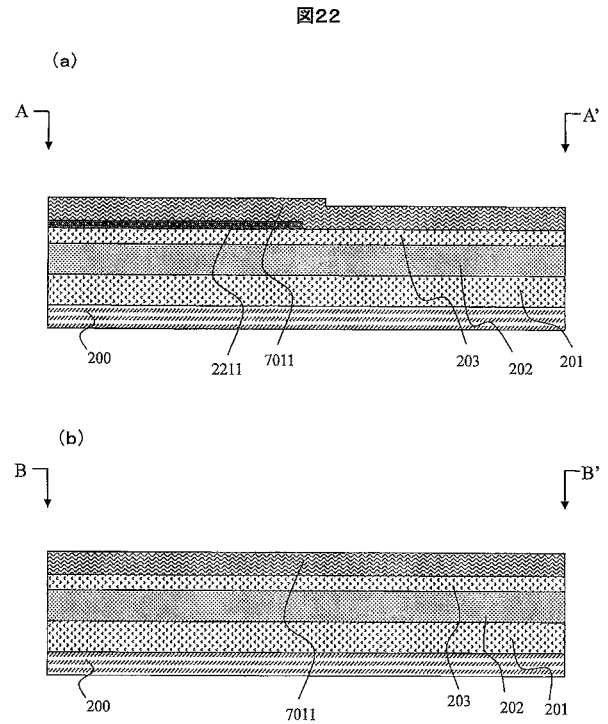
【 図 2 1 】



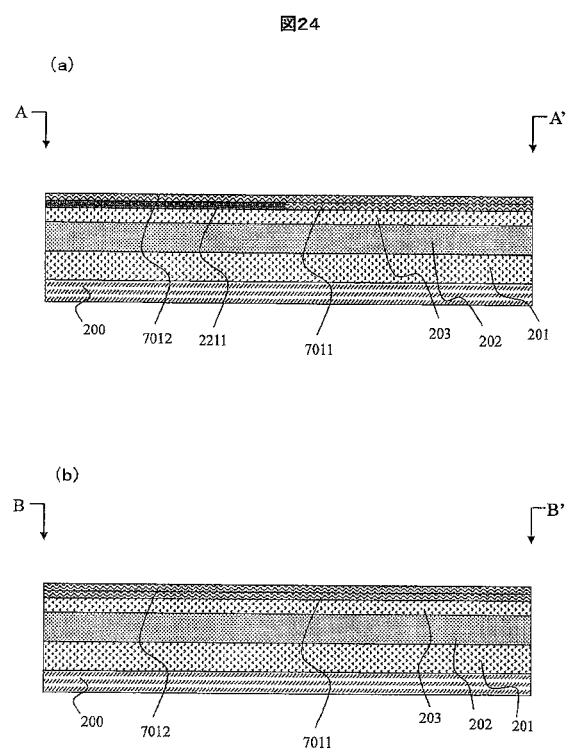
【 ㊦ 2 3 】



【 図 2 2 】

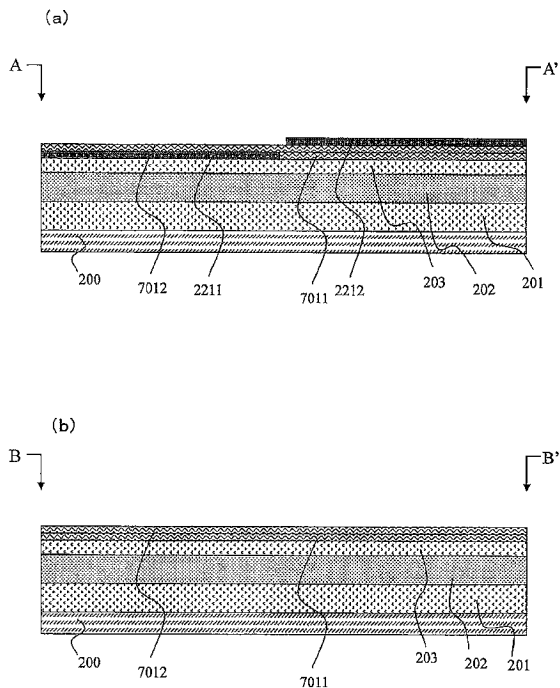


【 ㊦ 2 4 】



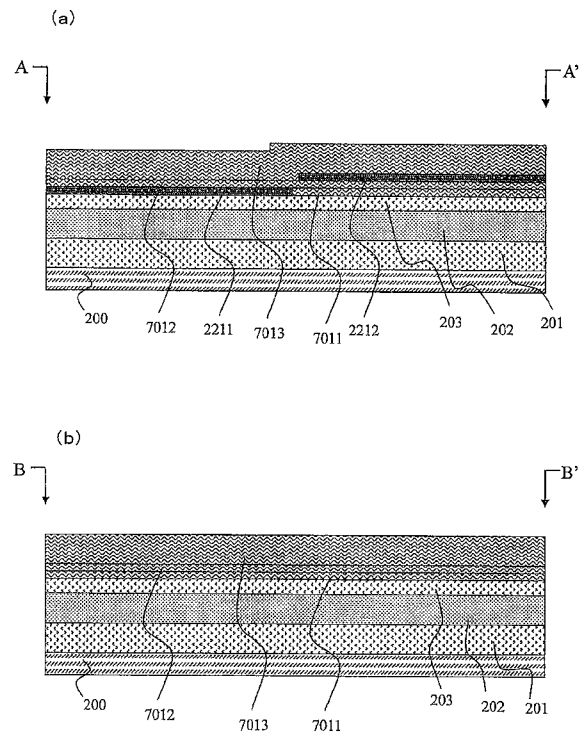
【図 25】

図25



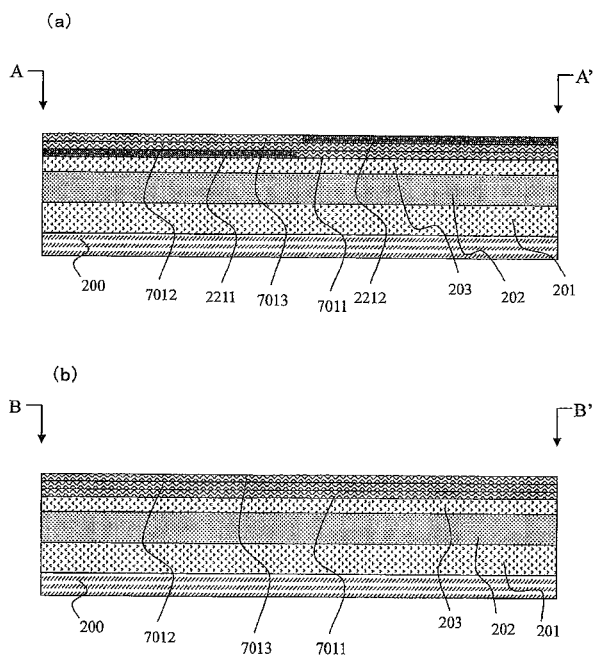
【図 26】

図26



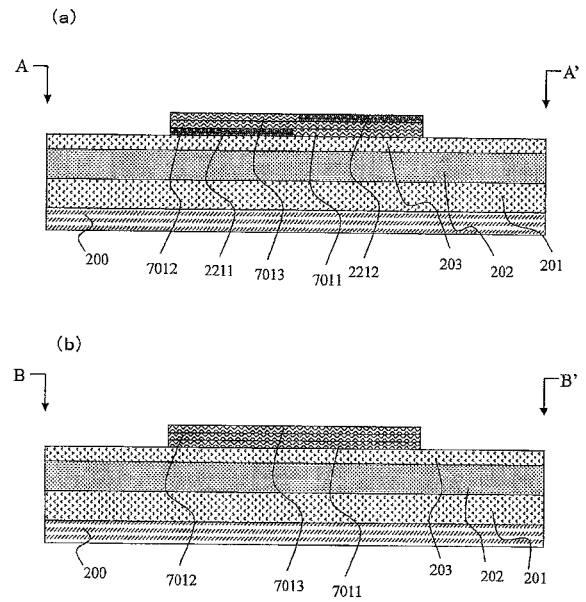
【図 27】

図27



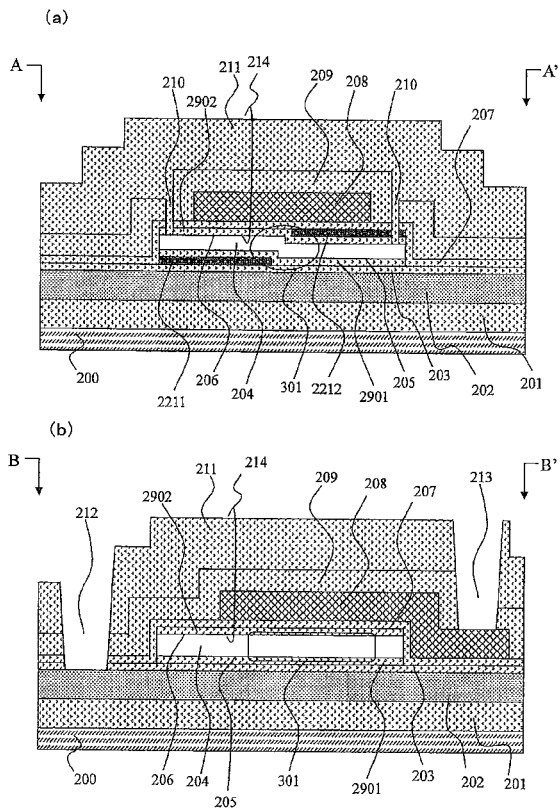
【図 28】

図28



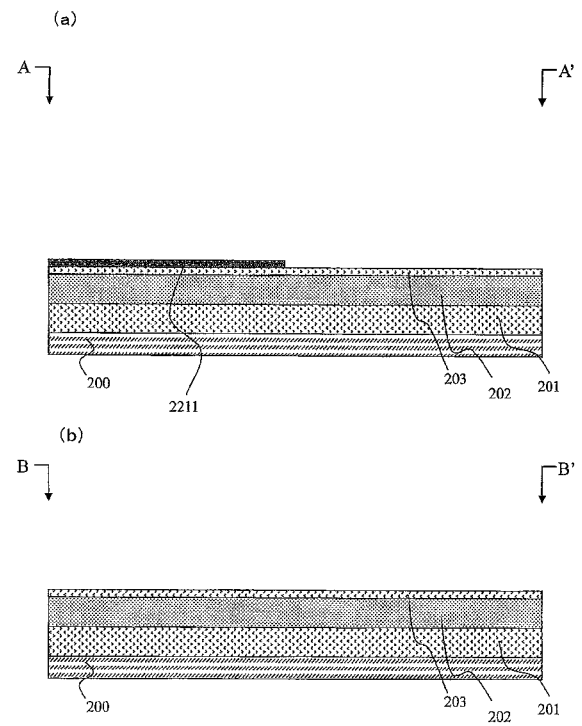
【図 29】

図29



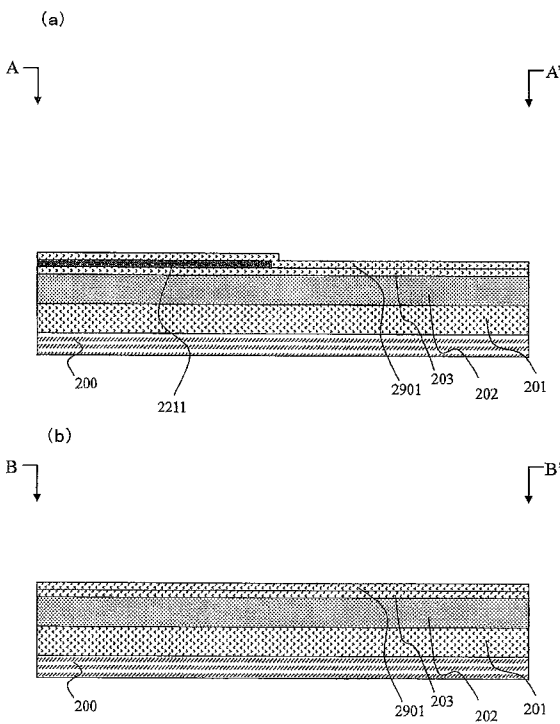
【図 30】

図30



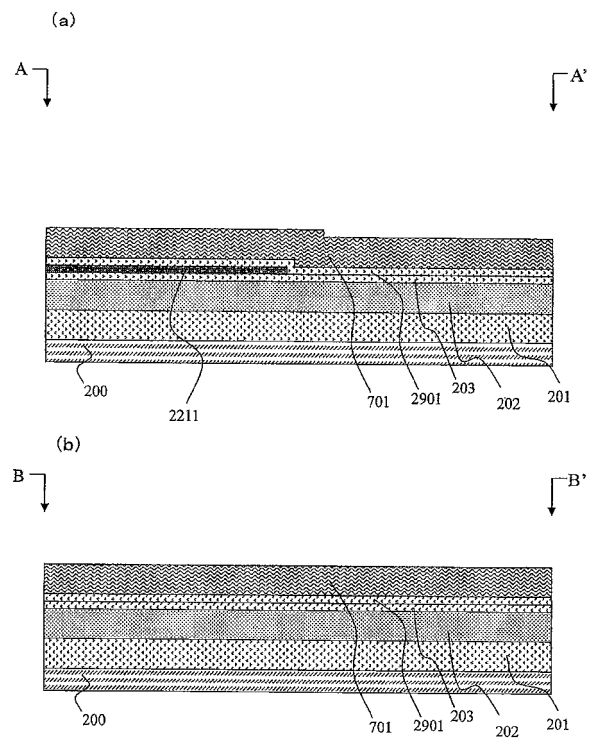
【図 31】

図31



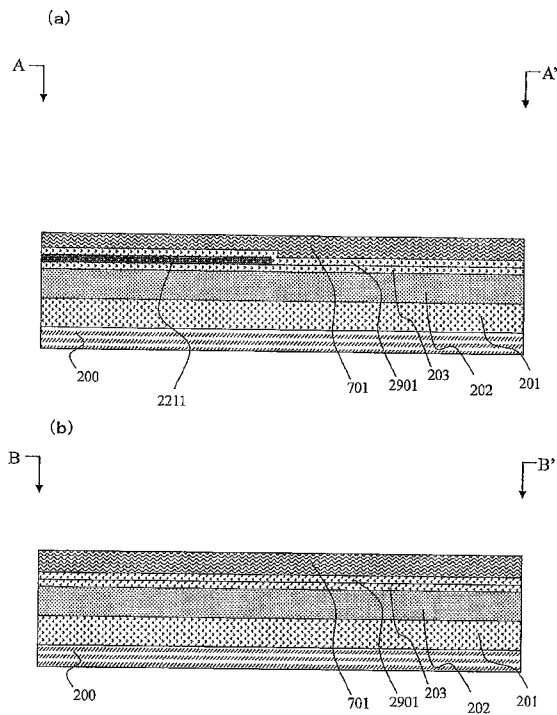
【図 32】

図32



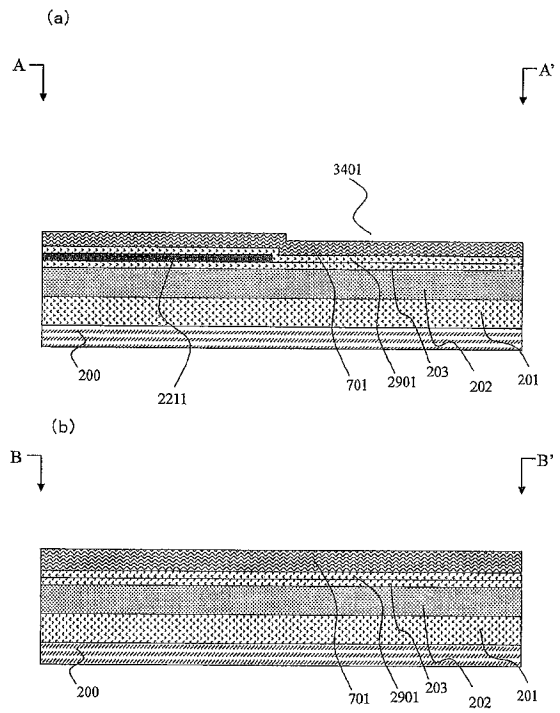
【図 3 3】

図33



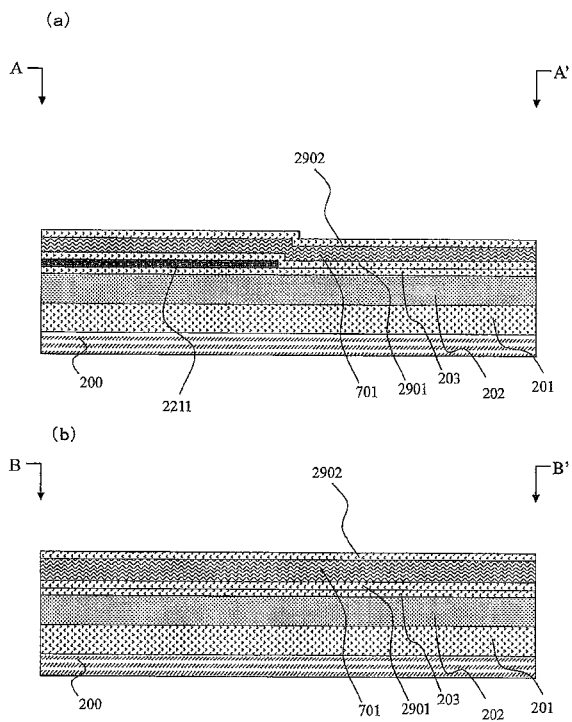
【図 3 4】

図34



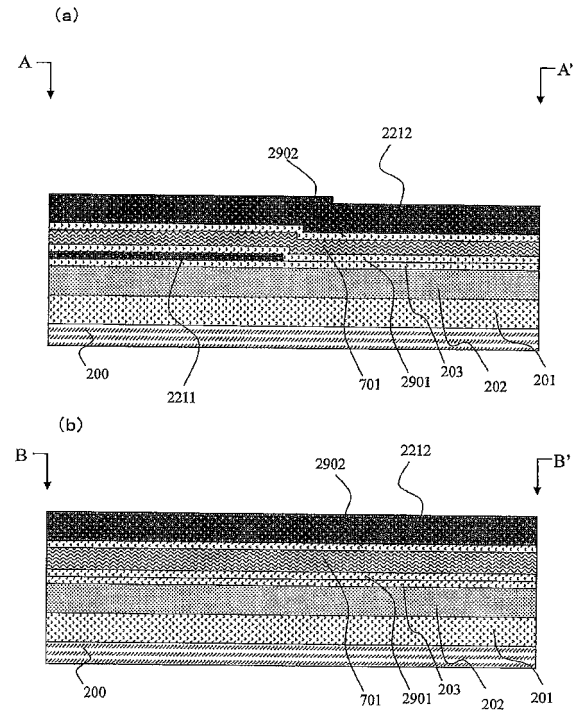
【図 3 5】

図35



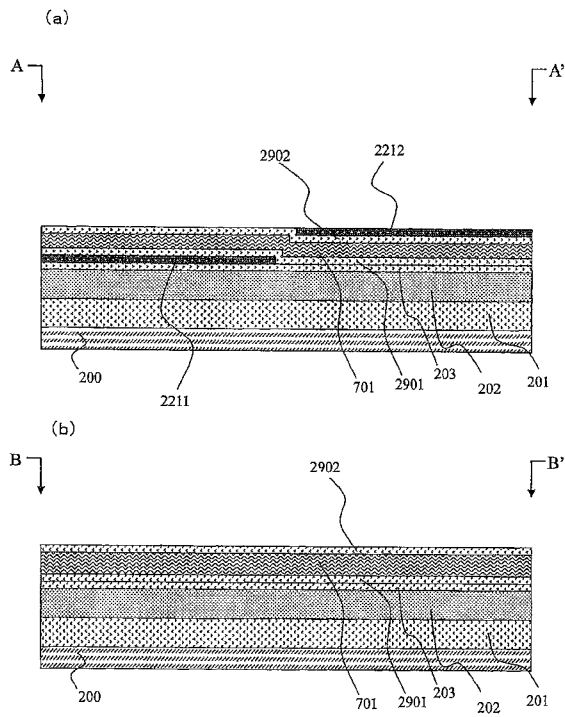
【図 3 6】

図36



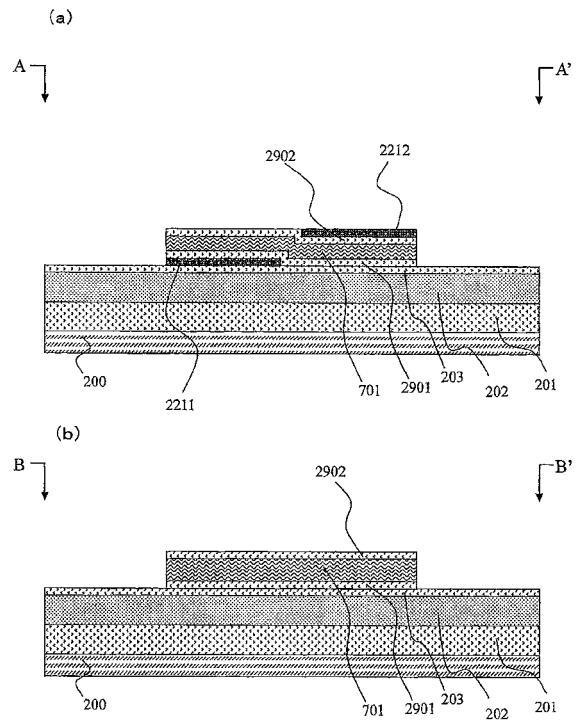
【図 3 7】

図37



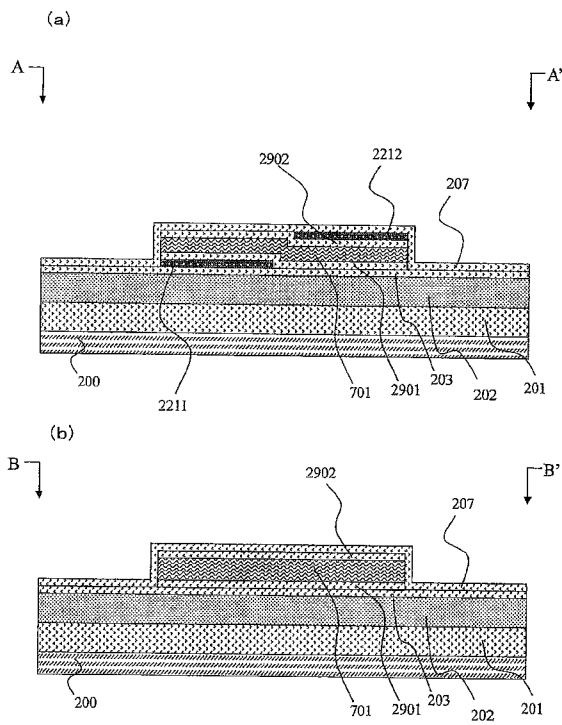
【図 3 8】

図38



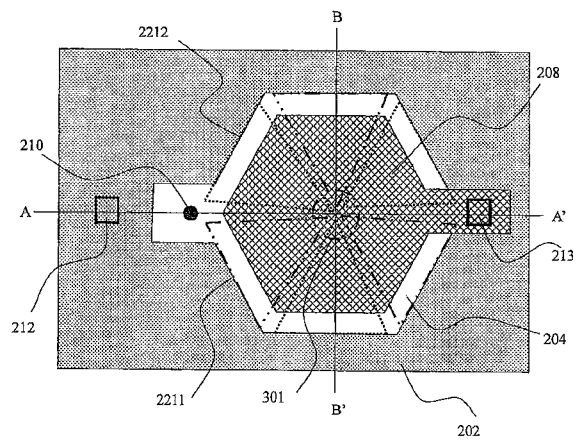
【図 3 9】

図39



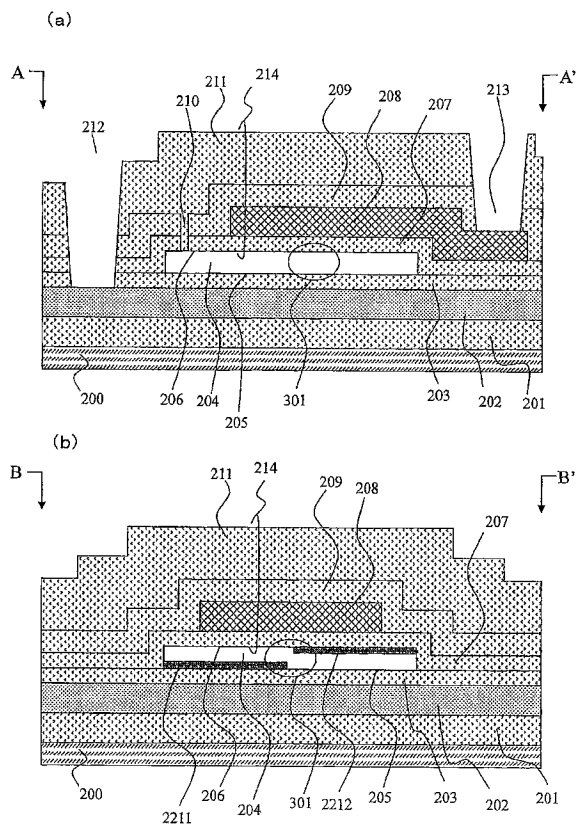
【図 4 0】

図40



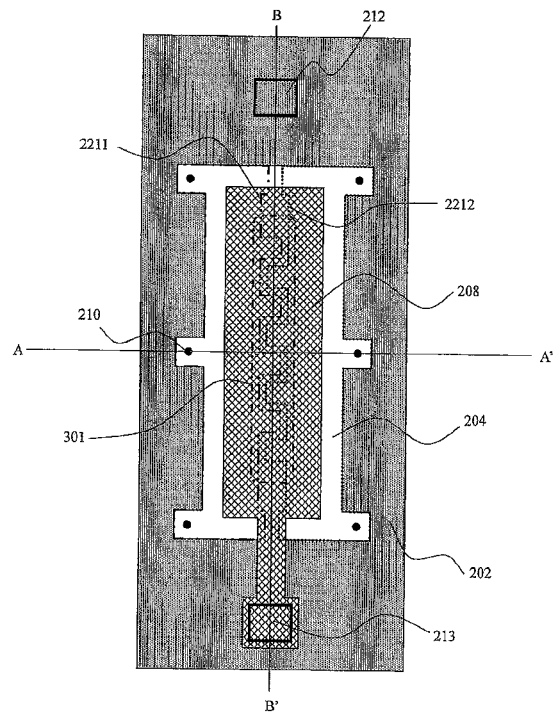
【図 4 1】

図41



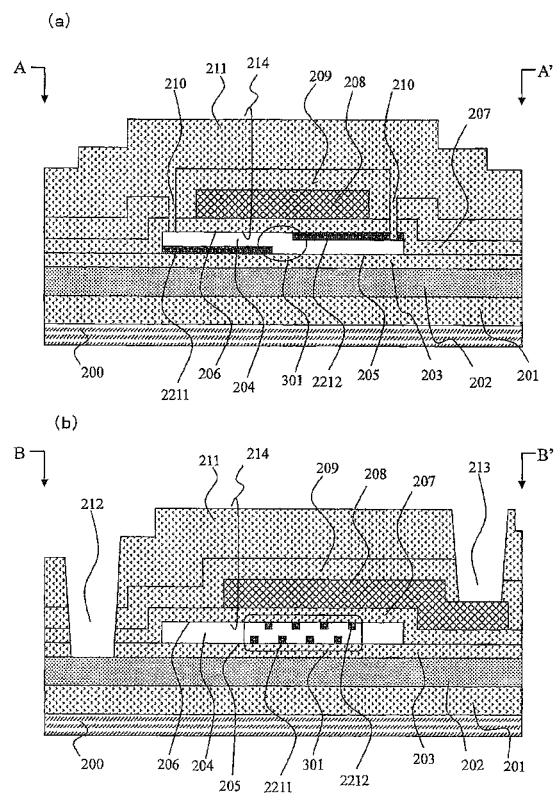
【図 4 2】

図42



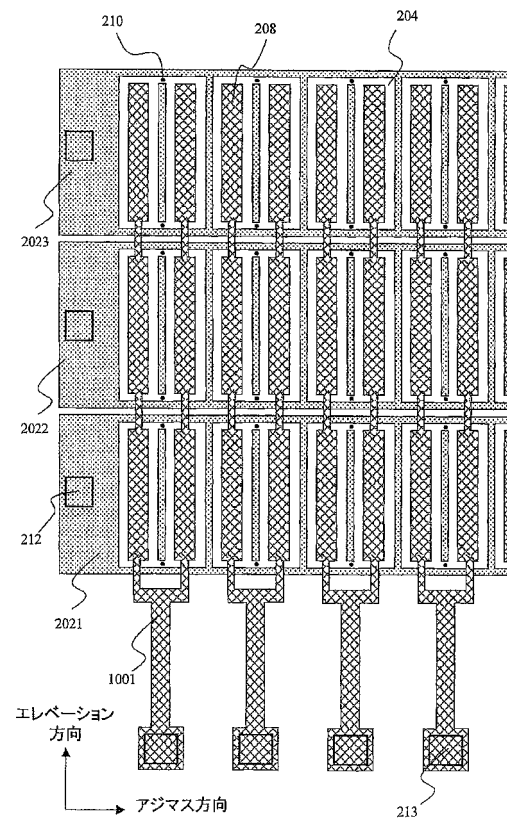
【図 4 3】

図43

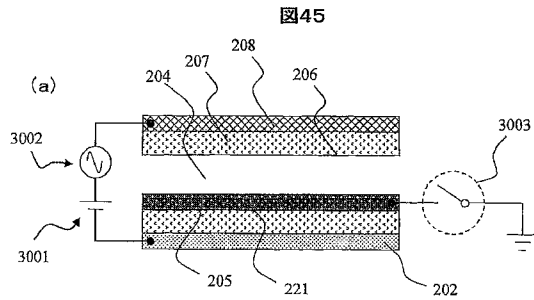


【図 4 4】

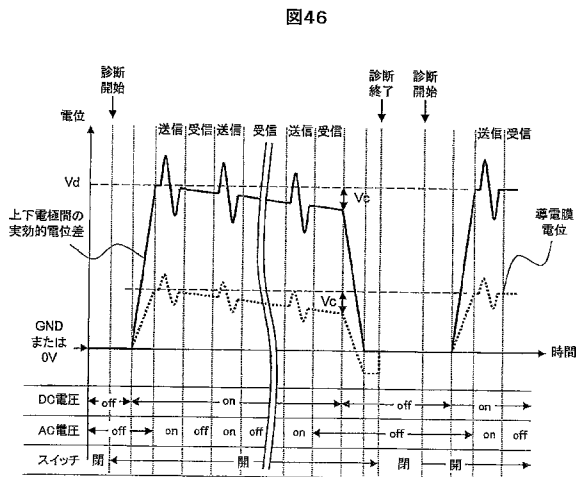
図44



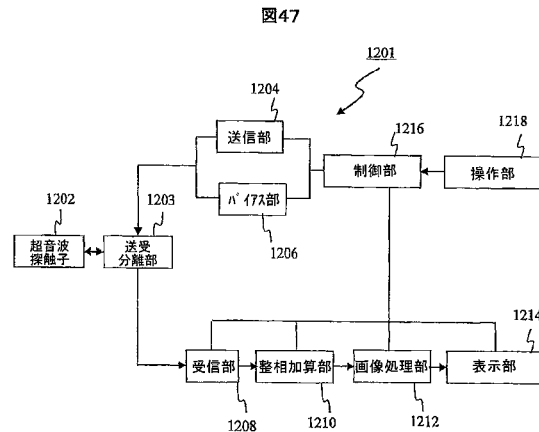
【図 4 5】



【図 4 6】



【図 4 7】



## 【手続補正書】

【提出日】平成24年8月21日(2012.8.21)

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 1 2】

本発明は、第一電極と、第一電極上に配置された第一絶縁膜と、第一絶縁膜上に配置された空洞部と、空洞部上に配置された第二絶縁膜と、第二絶縁膜上に配置された第二電極と、第一電極と第二電極との間に配置され、電氣的に孤立された導電膜と、を備え、導電膜は、上面から見て、駆動時に空洞部の上面と下面が接触する領域と重なる位置に配置され、導電膜は、空洞部に露出している超音波トランスデューサである。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 1 3】

また、別の本発明は、第一電極と、第一電極上に配置された第一絶縁膜と、第一絶縁膜上に配置された空洞部と、空洞部上に配置された第二絶縁膜と、第二絶縁膜上に配置された第二電極と、第一電極と第二電極との間であって、上面から見て、駆動時に空洞部の上面と下面が接触する領域と重なる位置に配置された導電膜と、導電膜に接続され、導電膜と接地電位とのオンオフを制御するスイッチを備えている超音波トランスデューサである。

## 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

【図1】本発明者らが検討した超音波トランスデューサの断面図である。

【図2】本発明の実施形態1における超音波トランスデューサを示した上面図であり、空洞部の形状が上面からみて六角形の場合である。

【図3】(a)は図2のA-A'線で切断した断面図であり、(b)は図2のB-B'線で切断した断面図である。

【図4】実施形態1の超音波トランスデューサの駆動時に、空洞部の上面と下面が接触している状態での接触領域の拡大図であり、(a)は導電膜が配置されていない場合であり、(b)は導電膜221が空洞部に露出するように配置されている場合を示している。

【図5】(a)は図2のA-A'線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図2のB-B'線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図6】(a)は図5(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図5(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図7】(a)は図6(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図6(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図8】(a)は図7(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図7(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図9】(a)は図8(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図8(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図10】(a)は図9(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図9(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図11】(a)は図10(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図10(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図12】(a)は図11(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図11(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図13】(a)は図12(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図12(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図14】(a)は図13(a)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b)は図13(b)に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図15】実施形態1における超音波トランスデューサを示した上面図であり、空洞部の形状が上面からみて六角形の場合である。また、上面から見て、導電膜が空洞部よりも小さい構成を示すものである。

【図16】実施形態1における超音波トランスデューサを示した上面図であり、空洞部の形状が上面からみて六角形の場合である。また、上面から見て、導電膜が空洞部よりも大きい構成を示すものである。

【図 17】実施形態 2 における超音波トランスデューサを示した上面図であり、空洞部の形状が上面からみて六角形の場合である。

【図 18】(a) は図 17 の A - A' 線で切断した断面図であり、(b) は図 17 の B - B' 線で切断した断面図である。

【図 19】実施形態 3 の第一実施例における超音波トランスデューサを示した上面図であり、空洞部の形状が上面からみて矩形の場合である。

【図 20】(a) は図 19 の A - A' 線で切断した断面図であり、(b) は図 19 の B - B' 線で切断した断面図である。

【図 21】(a) は実施形態 3 の超音波トランスデューサの駆動時に空洞部の上面と下面が接触している状態での接触領域の拡大図であり、(b) は本実施形態 3 の超音波トランスデューサの駆動時に空洞部の上面と下面が接触している状態での等価回路図である。

【図 22】(a) は図 19 (a) の A - A' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 19 (a) の B - B' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 23】(a) は図 22 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 22 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 24】(a) は図 23 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 23 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 25】(a) は図 24 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 24 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 26】(a) は図 25 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 25 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 27】(a) は図 26 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 26 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 28】(a) は図 27 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 27 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 29】実施形態 3 の第二実施例における超音波トランスデューサを示した図であり、(a) は図 19 の A - A' 線で切断した断面図であり、(b) は図 19 の B - B' 線で切断した断面図である。

【図 30】(a) は図 29 で示した超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 29 で示した超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 31】(a) は図 30 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 30 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 32】(a) は図 31 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 31 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 33】(a) は図 32 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 32 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 34】(a) は図 33 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 33 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 3 5】(a) は図 3 4 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 3 4 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 3 6】(a) は図 3 5 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 3 5 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 3 7】(a) は図 3 6 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 3 6 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 3 8】(a) は図 3 7 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 3 7 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 3 9】(a) は図 3 8 (a) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 3 8 (b) に続く超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 4 0】実施形態 3 の第三実施例における超音波トランスデューサを示した上面図である。

【図 4 1】(a) は図 4 0 (a) の A - A' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 4 0 (a) の B - B' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 4 2】実施形態 3 の第四実施例における超音波トランスデューサを示した上面図である。

【図 4 3】(a) は図 4 2 (a) の A - A' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図であり、(b) は図 4 2 (a) の B - B' 線で切断した断面での超音波トランスデューサの製造工程を示した断面図である。

【図 4 4】実施形態 4 における超音波トランスデューサをアレイ状に配置したチップの上面図である。

【図 4 5】実施形態 5 における超音波トランスデューサの模式的な断面図である。

【図 4 6】実施形態 5 における超音波トランスデューサを用いた超音波診断時の上部電極と下部電極の間の実効的な電位差と、導電膜の電位、直流電圧と交流電圧の ON/OFF の状態、ならびに、スイッチの開閉の状態を示すものである。

【図 4 7】実施形態 6 における超音波診断装置の構成図である。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0047】

図 20 (a) は図 19 の A - A' 線で切断した断面図を示しており、図 20 (b) は図 19 の B - B' 線で切断した断面図を示している。図 20 (a) および図 20 (b) に示すように、半導体基板 200 上に形成されたシリコン酸化膜による絶縁膜 201 上に C M U T の下部電極 202 が配置されている。下部電極 202 の上層にはシリコン酸化膜による絶縁膜 203 を介して空洞部 204 が配置されている。また、空洞部 204 に露出するように導電膜 2211 が配置され、空洞部 204 に露出するように導電膜 2212 が配置されている。導電膜 2211、2212、空洞部 204 を囲むようにシリコン酸化膜による絶縁膜 207 が配置され、絶縁膜 207 の上層に上部電極 208 が配置されている。上部電極 208 の上層にはシリコン窒化膜による絶縁膜 209 と絶縁膜 211 が配置されている。また、絶縁膜 207、絶縁膜 209 および導電膜 2212 にはこれらの膜を貫通するエッチング孔 210 が形成され、絶縁膜 211 によって埋め込まれている。このエッチング孔 210 は、空洞部 204 を形成するために形成されたものである。実施形態 3 にお

けるメンブレン 2 1 4 は絶縁膜 2 0 7、2 0 9、2 1 1 と上部電極 2 0 8、導電膜 2 2 1 2 で構成される。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 3】

ここで、実施形態 3 の特徴について、さらに詳しく説明する。CMUT セル駆動により、空洞部の下面 2 0 5 と上面 2 0 6 が接触する領域 3 0 1 の範囲と、導電膜 2 2 1 1、2 2 1 2 両方が、上面から見て重なるように配置する効果については、図 2 1 ( b ) を用いて、説明した通りであるが、ここではもう一つの特徴である、空洞部 2 0 4 の下面 2 0 5 側に配置された導電膜 2 2 1 1 と、空洞部 2 0 4 の上面 2 0 6 側に配置された導電膜 2 2 1 2 が、接触領域 3 0 1 の範囲において、上面から見て重ならない配置とする効果について説明する。ここで、仮に、導電膜 2 2 1 1 と 2 2 1 2 が、接触領域 3 0 1 の範囲において、上面から見て重なる配置とした場合、導電膜が夫々絶縁膜に覆われていない場合には、導電膜 2 2 1 1 と 2 2 1 2 が直接接触することになる。接触した際に、導電膜 2 2 1 1 と 2 2 1 2 とは同電位となるが、それぞれの導電膜中に誘起された電荷間の静電引力により吸着して離れなくなってしまうという問題が生じる。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 8】

また、図 1 9 では導電膜 2 2 1 1、2 2 1 2 の上面から見た形状が B - B ' 線に対して対称であるが、図 4 2 に示すように非対称であってもよい（第四実施例）。接触領域 3 0 1 と導電膜 2 2 1 1、2 2 1 2 の両方が、上面から見て重なるように配置されていれば同様の効果が得られる。図 4 3 ( b ) は図 4 2 の B - B ' 線での断面図である。なお、図 2 0 と図 2 9 の関係と同様に、図 4 0 ~ 図 4 3 の実施例において、さらに導電膜が絶縁膜を介して空洞部と接していてもよい。また、いずれの図でも、導電膜の端部が空洞部の端部と同じ位置にあるが、空洞部の端部まである実施例に限定されるものではない。さらに、一方の導電膜のみ空洞部に露出するようにし、他方の導電膜は絶縁膜を介して空洞部と接するようにしてもよい。なお、CMUT セルを構成する材料、下部電極が半導体基板でも良いことは実施形態 1 で述べたことと同様であるため省略する。

## 【 国際調査報告 】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | International application No.<br>PCT/JP2011/051344                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>H04R19/00(2006.01)i, A61B8/00(2006.01)i<br><br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>H04R19/00, A61B8/00<br><br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011<br>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011<br><br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>WO 2009/016606 A2 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS, N.V.),<br/>05 February 2009 (05.02.2009),<br/>entire text; all drawings<br/>(Family: none)</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2009-100460 A (Canon Inc.),<br/>07 May 2009 (07.05.2009),<br/>entire text; all drawings<br/>&amp; WO 2009/041675 A1</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2008-288813 A (Hitachi, Ltd.),<br/>27 November 2008 (27.11.2008),<br/>entire text; all drawings<br/>&amp; US 2008/0283945 A1 &amp; EP 1992421 A1</td> <td>1-20</td> </tr> </tbody> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                 | Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Relevant to claim No. | A | WO 2009/016606 A2 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS, N.V.),<br>05 February 2009 (05.02.2009),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none) | 1-20 | A | JP 2009-100460 A (Canon Inc.),<br>07 May 2009 (07.05.2009),<br>entire text; all drawings<br>& WO 2009/041675 A1 | 1-20 | A | JP 2008-288813 A (Hitachi, Ltd.),<br>27 November 2008 (27.11.2008),<br>entire text; all drawings<br>& US 2008/0283945 A1 & EP 1992421 A1 | 1-20 |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Relevant to claim No.                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | WO 2009/016606 A2 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS, N.V.),<br>05 February 2009 (05.02.2009),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1-20                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2009-100460 A (Canon Inc.),<br>07 May 2009 (07.05.2009),<br>entire text; all drawings<br>& WO 2009/041675 A1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1-20                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2008-288813 A (Hitachi, Ltd.),<br>27 November 2008 (27.11.2008),<br>entire text; all drawings<br>& US 2008/0283945 A1 & EP 1992421 A1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1-20                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
| <table border="0"> <tr> <td>           * Special categories of cited documents:<br/>           "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br/>           "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br/>           "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br/>           "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br/>           "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed         </td> <td>           "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br/>           "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br/>           "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br/>           "&amp;" document member of the same patent family         </td> </tr> </table> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                 | * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
| Date of the actual completion of the international search<br>21 February, 2011 (21.02.11)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Date of mailing of the international search report<br>01 March, 2011 (01.03.11) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japanese Patent Office                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Authorized officer<br><br>Telephone No.                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |
| Facsimile No.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                             |      |   |                                                                                                                 |      |   |                                                                                                                                          |      |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/051344

| C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |                                                                                                                                                            |                       |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Category*                                             | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                         | Relevant to claim No. |
| A                                                     | JP 2007-527285 A (Georgia Tech Research Corp.),<br>27 September 2007 (27.09.2007),<br>entire text; all drawings<br>& US 2005/0200241 A1 & WO 2005/084284 A | 1-20                  |
| A                                                     | JP 2006-122188 A (Olympus Corp.),<br>18 May 2006 (18.05.2006),<br>entire text; all drawings<br>& US 2007/0299345 A1 & WO 2006/046471 A1                    | 1-20                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                           |                                                      |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------|
| 国際調査報告                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                           | 国際出願番号 PCT/JP2011/051344                             |         |
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>Int.Cl. H04R19/00(2006.01)i, A61B8/00(2006.01)i                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                           |                                                      |         |
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））<br>Int.Cl. H04R19/00, A61B8/00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                           |                                                      |         |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの<br>日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2011年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2011年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2011年                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                           |                                                      |         |
| 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                           |                                                      |         |
| C. 関連すると認められる文献                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                           |                                                      |         |
| 引用文献の<br>カテゴリー*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                         | 関連する<br>請求項の番号                                       |         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | WO 2009/016606 A2 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS, N.V.)<br>2009.02.05, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-20                                                 |         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JP 2009-100460 A (キヤノン株式会社) 2009.05.07, 全文, 全図<br>& WO 2009/041675 A1                     | 1-20                                                 |         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JP 2008-288813 A (株式会社日立製作所) 2008.11.27, 全文, 全図<br>& US 2008/0283945 A1 & EP 1992421 A1   | 1-20                                                 |         |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                           |                                                      |         |
| * 引用文献のカテゴリー<br>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの<br>「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの<br>「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）<br>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願<br>の日の後に公表された文献<br>「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの<br>「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの<br>「&」同一パテントファミリー文献 |                                                                                           |                                                      |         |
| 国際調査を完了した日<br>21.02.2011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                           | 国際調査報告の発送日<br>01.03.2011                             |         |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁 (ISA/JP)<br>郵便番号100-8915<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                           | 特許庁審査官（権限のある職員）<br>菊池 充<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3589 | 5Z 4545 |

| 国際調査報告                |                                                                                                              | 国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 1 / 0 5 1 3 4 4 |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                              |                                      |
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                            | 関連する<br>請求項の番号                       |
| A                     | JP 2007-527285 A (ジョージア テック リサーチ コーポレイシ<br>ョン) 2007.09.27, 全文, 全図<br>& US 2005/0200241 A1 & WO 2005/084284 A | 1-20                                 |
| A                     | JP 2006-122188 A (オリンパス株式会社) 2006.05.18, 全文, 全図<br>& US 2007/0299345 A1 & WO 2006/046471 A1                  | 1-20                                 |

## フロントページの続き

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

F ターム(参考) 2G047 EA05 EA11 GB02 GB21 GB32 GF09  
4C601 EE03 EE10 GB02 GB03 GB19 GB41 HH01  
5D019 AA21 DD01 FF04

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

|                |                                                                                                                                                                                 |         |            |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 超声换能器和使用其的超声诊断设备                                                                                                                                                                |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JPWO2011111427A1</a>                                                                                                                                                | 公开(公告)日 | 2013-06-27 |
| 申请号            | JP2012504352                                                                                                                                                                    | 申请日     | 2011-01-25 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 株式会社日立医药                                                                                                                                                                        |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 株式会社日立メディコ                                                                                                                                                                      |         |            |
| [标]发明人         | 町田俊太郎<br>竹崎泰一<br>峰利之                                                                                                                                                            |         |            |
| 发明人            | 町田 俊太郎<br>竹崎 泰一<br>峰 利之                                                                                                                                                         |         |            |
| IPC分类号         | H04R19/00 A61B8/00 G01N29/24                                                                                                                                                    |         |            |
| CPC分类号         | B06B1/0292 A61B8/00                                                                                                                                                             |         |            |
| FI分类号          | H04R19/00.330 A61B8/00 G01N29/24                                                                                                                                                |         |            |
| F-TERM分类号      | 2G047/EA05 2G047/EA11 2G047/GB02 2G047/GB21 2G047/GB32 2G047/GF09 4C601/EE03 4C601/EE10 4C601/GB02 4C601/GB03 4C601/GB19 4C601/GB41 4C601/HH01 5D019/AA21 5D019/DD01 5D019/FF04 |         |            |
| 优先权            | 2010055270 2010-03-12 JP                                                                                                                                                        |         |            |
| 其他公开文献         | JP5355777B2                                                                                                                                                                     |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>                                                                                                                                                       |         |            |

#### 摘要(译)

在一种超声换能器中，包括第一电极，设置在第一电极上的第一绝缘膜，设置在第一绝缘膜上方并设置在该空心部分上方和下方的表面之间的中空部分，设置在该中空部分上方的第二绝缘膜以及 提供设置在第二绝缘膜上的第二电极，设置在中空部分下方的表面侧的第一导电膜和设置在中空部分上方的表面侧的第二导电膜，第一导电膜和第二电极。第二导电膜被布置成使得它们与其中当驱动换能器时从上方观察时空空部分上方和下方的表面彼此接触的区域重叠，并且在从该位置观察时在该区域中彼此不重叠。 以上。

