

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4958631号
(P4958631)

(45) 発行日 平成24年6月20日(2012.6.20)

(24) 登録日 平成24年3月30日(2012.3.30)

(51) Int.Cl.

H04R 19/00
A61B 8/00
(2006.01)
(2006.01)

F 1

H04R 19/00
A61B 8/00
330

請求項の数 11 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2007-128020 (P2007-128020)
 (22) 出願日 平成19年5月14日 (2007.5.14)
 (65) 公開番号 特開2008-283618 (P2008-283618A)
 (43) 公開日 平成20年11月20日 (2008.11.20)
 審査請求日 平成22年2月16日 (2010.2.16)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (72) 発明者 吉村 保廣
 茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所 機械研究所内
 (72) 発明者 永田 達也
 茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所 機械研究所内

審査官 菊池 充

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】超音波送受信デバイス及びそれを用いた超音波探触子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板、下部電極、ギャップ、第1の絶縁膜、上部電極、第2の絶縁膜、配線層、第3の絶縁膜とが順次積層された積層体を備え、前記下部電極と上部電極との間に電圧を印加するように構成され、前記上部電極と前記配線層とが、貫通配線により電気的に接続された構造を有することを特徴とする超音波送受信デバイス。

【請求項 2】

前記配線層は前記積層体の上記絶縁膜、上下電極及びギャップの積層方向における応力中心面の近傍に配置されることを特徴とする請求項1記載の超音波送受信デバイス。

【請求項 3】

前記貫通配線は、前記積層体の上記絶縁膜、上下電極及びギャップの積層方向と平行な方向におけるに応力中心に対して圧縮応力場と引張応力場の境界近傍に配置されることを特徴とする請求項1又は2記載の超音波送受信デバイス。

【請求項 4】

超音波を送受信する超音波送受信デバイスにおいて、
 半導体基板と、
 前記半導体基板より上に設けられた下部電極と、
 前記下部電極より上に設けられたギャップと、
 前記ギャップの上に設けられた第1の絶縁膜と、
 前記第1の絶縁膜よりも上に設けられる上部電極と、

10

20

前記上部電極よりも上に設けられた第2の絶縁膜と、
 前記第2の絶縁膜の上に設けられた配線層と、
 前記配線層の上に設けられた第3の絶縁膜とを備え、
 前記上部電極と前記配線層が、貫通配線で接続されていることを特徴とする超音波送受信デバイス。

【請求項5】

請求項4において、前記上部電極は、耐クリープ性材料であることを特徴とする超音波送受信デバイス。

【請求項6】

請求項4又は5において、
 前記上部電極は、ポリシリコン、タンゲステンまたはシリコン添加チタンからなることを特徴とする超音波送受信デバイス。

【請求項7】

超音波を送受信する超音波送受信デバイスにおいて、
 半導体基板と、
 前記半導体基板より上に設けられた下部電極と、
 前記下部電極より上に設けられたギャップと、
 前記ギャップの上に設けられた第1の絶縁膜と、
 第1の絶縁膜よりも上に設けられる上部電極と、
 前記上部電極よりも上に設けられた第2の絶縁膜と、
 前記第2の絶縁膜の上に設けられた配線層と、
 前記配線層の上に設けられた第3の絶縁膜とを備え、
 前記上部電極と前記配線層を接続する貫通配線を備え、
 前記下部電極と前記上部電極とに電圧を与えて上部電極を駆動したときに、前記第2の絶縁膜と前記第3の絶縁膜に発生する応力の中心面近傍に、前記配線層を設けたことを特徴とする超音波送受信デバイス。

【請求項8】

請求項7において、
 前記貫通配線は、前記上部電極に対して垂直方向で、応力の中心となる位置に設けられたことを特徴とする超音波送受信デバイス。

【請求項9】

請求項7又は8において、前記貫通配線は、平面面が円形であることを特徴とする超音波送受信デバイス。

【請求項10】

請求項1乃至9のいずれかにおいて、前記貫通配線は、リング形状であることを特徴とする超音波送受信デバイス。

【請求項11】

請求項1乃至10のいずれかの超音波送受信デバイス、整合層及び音響レンズが順次積層して一体化され、かつ前記超音波送受信デバイスに接続された外部端子を備えた超音波探触子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を送受信するための超音波送受信デバイス及びそれを用いた超音波探触子に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の被検体を超音波で検査する分野で適用されている超音波探触子としては、例えば、特許文献1に開示されている。この探触子は、シリコン基板上に支持体、ギャップ(空洞部)、絶縁層、上部電極、保護膜により構成されている。上部電極とシリコン基板間と

10

20

30

40

50

の間にDC電圧を印加してある一定の位置まで、ギャップを縮めておき、更にAC電圧を印加させて、ギャップを縮めて、電圧印加を停止させてギャップを元に戻すことで超音波を送信する構造である。また、被検体に当たり反射してくる超音波により、上部電極とシリコン基板との間の容量変化を検出する超音波を受信する機能も兼ね備えている。

【0003】

特許文献2においては、第1電極上に形成された空洞層に絶縁膜の突起を形成し、空洞層を取り囲むメンブレン(絶縁膜)が下部電極に接触するのを防止し、メンブレンに電荷が注入されないようにした構造が開示されている。

【0004】

特許文献3においては、上部電極又は下部電極の空洞部側に電極短絡防止膜を形成して、電気・音響変換素子の電気・音響変換特性を安定化させる技術が開示されている。10

【0005】

特許文献4においては、空洞層よりも下部電極を大きくして容量検出型超音波トランスデューサの動作信頼性向上を図る技術が開示されている。

【0006】

特許文献5においては、上部電極と下部電極の間に設けられた空洞層及び前記電極により与えられる電荷を蓄積する電荷蓄積層を設け、電荷蓄積量のモニタを行うことにより、素子特性のドリフトを抑制する技術が開示されている。

【0007】

【特許文献1】特表2003-500955号公報

20

【特許文献2】特開2007-74263号公報

【特許文献3】特開2006-352808号公報

【特許文献4】特開2006-211185号公報

【特許文献5】特開2007-074045号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

静電駆動により、超音波を送受信する超音波探触子では、高密度に超音波トランスデューサを形成する必要がある。そこで、半導体製造技術、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術による微細加工を適用する。これらの微細加工技術は、シリコンをベース基板としたものであり、その上に絶縁膜、金属膜を積層して、フォトリソグラフィー、エッチングによりパターンを形成する。特許文献1にあるように、上部電極は、超音波送受信のときに振動するため、繰返し応力が加わり、疲労破壊やクリープ変形を起こしやすく、超音波送受信デバイスの信頼性への影響が大きい。30

【0009】

本発明の目的は、静電駆動により、超音波を送受信して、被検体を検査する超音波探触子に用いる超音波送受信デバイスの駆動電極の疲労破壊やクリープ変形を低減する構造を提供し、信頼性を向上させることである。

【課題を解決するための手段】

40

【0010】

上記の課題を解決するために、本発明は、半導体基板、下部電極、ギャップ、第1の絶縁膜、上部電極、第2の絶縁膜、配線層、第3の絶縁膜とが順次積層された積層体を備え、前記下部電極と上部電極との間に電圧を印加するように構成され、前記上部電極と前記配線層とが、貫通配線により電気的に接続された構造を有する超音波送受信デバイスを提供するものである。

【0011】

本発明は、上記超音波送受信デバイスの、振動による応力中心面に配線層を配置し、その配線層と上部電極を、上記振動による超音波送受信デバイスの変形による圧縮応力場と引張応力場の境界点近傍に配置した貫通配線によって電気的に接続し、上記送受信デバイ50

ス内に発生する応力を可能な限り低下させ、送受信デバイスの疲労破壊やクリープ変形を低減するものである。

【0012】

その具体的な方法として、以下の方法がある。超音波送受信デバイスにおいて、半導体基板の上に設けられた下部電極と、下部電極より上に設けられたギャップと、ギャップの上に設けられた第1の絶縁膜と、第1の絶縁膜よりも上に設けられる上部電極と、上部電極よりも上に設けられた第2の絶縁膜と、第2の絶縁膜の上に設けられた配線層と、配線層の上に設けられた第3の絶縁膜とを備え、上部電極と前記配線が、貫通配線により電気的に接続した構造とするもので、上記配線層は送受信デバイスの作動変形時の応力中心面（上下電極、絶縁膜及びギャップの積層方向における応力中心面）に配置され、上記貫通配線は送受信デバイスの平面方向に発生する圧縮応力場（平面の中心側）と引張応力（圧縮応力場の外側）の境界点近傍に配置される。なお、平面の圧縮応力場と引張応力場は上部電極の振動に伴って、交互に入れ替わる。10

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、静電駆動により、超音波を送受信して、被検体を検査する超音波探触子に用いる超音波送受信デバイスの駆動電極の疲労破壊やクリープ変形を低減することができる。また、上部電極に電力を供給する配線と配線を兼用した下部電極との間の絶縁膜を厚膜にした場合には、絶縁耐圧を高める構造が提供され、信頼性を向上させることができる。20

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明の超音波送受信デバイスにおいて、上部電極と下部電極とに印加された駆動電圧によって、上部電極が振動するとき、上部電極とともに、上部電極側の第1、第2、第3の絶縁膜も振動し、繰り返し応力が発生する。特に、前記配線層は、電力ロスを低減するためにある程度の厚みが必要で（例えば100～1000nm、特に300～800μmが好ましい）、構造体として変形する。そのため、配線層を振動変形の応力中心面に形成することで、疲労やクリープ変形を低減することができる。この場合、第1の絶縁膜上の上部電極は、応力が発生するため、耐クリープ性の材料、例えばポリシリコン、タンゲステンまたはシリコン添加チタンで構成するのが好ましい。この中で、ポリシリコンが特に好ましい。30

【0015】

本発明において、上部電極はなるべく薄く、例えば数nm～数十nmが好ましく、これによりクリープ変形や疲労破壊を低減することができる。

【0016】

また、上部電極が金属であっても、十分に薄ければ応力分布が小さくなるため、薄膜電極とすることも良い。また、前記の貫通配線の形成する位置も、振動変形により発生する応力変動の小さい位置に設けることが好ましい。また、上記の電極層の形状は、変形の均一性を考慮して、円形またはリング状が好ましい。

【0017】

以下、本発明の実施の形態について図1～図12を用いて説明する。40

【0018】

（実施例1）

図1は、本発明の一実施形態における超音波探触子の上面図である。図1に示すように、超音波送受信デバイス10は、複数の超音波送受信セル10aを高密度（例えば1万～数万/cm²）に配列して構成される。超音波送受信デバイス10は、上部電極18と下部電極14との間にギャップ16を設けた構造であり、上部電極18と下部電極14との間に電気信号（電圧）を印加して、ギャップ16上の膜を振動させることで超音波を送受信する。上部電極18は、配線13により個々の上部電極18と配線層23が電気的に接続されており、下部電極14は、基板上に大きな膜として、複数の超音波受信セル10a

にまたがって形成されている。

【0019】

図示した8個の超音波送受信セル10aの周囲にも他の超音波送受信セルが配列されているが、図示は省略してある。本実施例では、高密度に配列するために、超音波送受信セル10aを六角形としているが、多角形または円形、その他の形状でも良い。

【0020】

図2(a)、(b)は、それぞれ、本発明の一実施形態における超音波送受信デバイスの図1中A-A断面図、およびB-B断面図である。図2に示すように、超音波送受信デバイス10は、シリコン基板11上にシリコン基板11と下部電極14とを絶縁する第4の絶縁膜12、電気信号を伝達する下部電極14、上部電極18、配線層23および配線13、下部電極14と上部電極18とを絶縁する第5の絶縁膜15、ギャップ上部膜を振動させる、空気または真空を有するギャップ16、下部電極14と上部電極18とを絶縁する第1の絶縁膜17、上部電極18、ギャップ上部膜の変位を低減させる第2の絶縁膜19および第3絶縁膜20、上部電極18に電気信号を伝達する配線13および貫通配線22、超音波送受信デバイス10を保護する保護膜21で構成される。なおここで、第1～第3の絶縁膜(17, 19, 20)及び上部電極18を合わせてギャップ上部膜と称する。

10

【0021】

超音波送受信デバイス10を備えた超音波探触子1を図12に示す。超音波探触子1は、医療機関における人体の検査(心臓、血管などの循環器検査、腹部検査など)に用いられる。超音波探触子1は、パッキング材料からなる本体90の先端に超音波送受信デバイス10を備えており、超音波送受信デバイス10からは、コネクタ91につながる配線92が接続されている。コネクタ91は、超音波送受信デバイス10から配線92を有するフレキシブル基板96とを接続し、フレキシブル基板96のコネクタ91を介して、外部接続システム(図示せず)と接続する。外部接続システム(図示せず)は、超音波送受信デバイス10に電気信号を与えて駆動させるとともに被検体95からの受波を画像化させるものである。超音波送受信デバイス10の先には、被検体と音響インピーダンスをマッチングさせるシリコーンゴム又はシリコーン樹脂からなる整合層93を備えている。

20

【0022】

超音波送受信デバイス10のシリコンと被検体との間の音響インピーダンスが大きいため、その界面で反射が大きくなる。整合層93は、この反射を小さくするために、音響インピーダンスをマッチングさせるシリコーンゴム又はシリコーン樹脂を入れている。

30

【0023】

整合層93の先には、超音波送受信デバイス10から発生した超音波を被検体方向にフォーカスするためのシリコン樹脂の音響レンズ94を備えている。超音波送受信デバイス10は、整合層93、音響レンズ94を経て、人体等の被検体95に超音波を送受信する。超音波送受信デバイス10、整合層93、音響レンズ94を一体に積層し、これをケース(図示せず)に収納して、超音波探触子1を構成する。なお、音響レンズ94の一部(先端部)は被検体95に接触するため、露出する。

40

【0024】

超音波の送受信の動作について、図3を用いて説明する。超音波の送信を行うためには、まず下部電極14と上部電極18の間に電源27より供給された直流電圧を印加(25)して静電力によりギャップ16を一定位置まで縮めた状態にする。この状態で、電源27は、さらに両電極14、18間に交流電圧を印加し、振幅の大きさが振動する静電力28を発生させ、ギャップ16上部の第1、第2、第3の絶縁膜17、19、20および上部電極18、配線層23を振動させることによって、超音波26を発生させる。

【0025】

一方、超音波の受信を行うためには、あらかじめ直流電圧印加25により、ギャップ16を変形させておき、被検体から反射した超音波29をギャップ16に入射することでギャップ16が伸縮し、上部膜17、19、20、上部電極18、配線層23に振動を誘起

50

する。この際に、下部電極 14 と上部電極 18 との間隔が変化して静電容量が変化し、これによって生じた交流電流を検出回路（図示せず）でとらえることを行う。

【0026】

図4は、本発明の一実施形態における超音波送受信デバイスの1個の超音波送受信セル10aの上面の部分分解図である。配線層23は、上部電極18と同様六角形である。貫通配線22は円柱状である。貫通配線の平断面の直径は、5~6 μm程度が好ましい。

【0027】

ここで、図11を用いて、配線層23および貫通配線22の設置位置を説明する。特許文献2の図3(b)には、上部電極307と下部電極302に駆動電圧を印加し、電極間に形成されたギャップの変形を利用して、ギャップを取り囲む絶縁膜305、上部電極を取り囲む絶縁膜308、下部電極を取り囲む絶縁膜301を変形させるが、ギャップが小さくなったときに、上部電極の上下にある絶縁膜308, 305には応力が発生する。この変形は比較的厚みのある構造体の変形であるため、その厚さ方向の中心部（応力中心面）の上部では圧縮応力場62が、下部では引張応力場61が発生する。

【0028】

上部電極は上下に振動するため、圧縮応力場と引張応力場は、振動にあわせて交互に入れ替わる（図面では、応力中心面の貫通配線の左右）ことになる。また、引張応力場に上部電極及び配線が配置されているため、上部電極の駆動による応力の変動が大きく、電極材の疲労破壊やクリープ変形が発生しやすい。

【0029】

図11は、本発明の実施形態による超音波送受信デバイスの構成・作用を説明するための断面略図である。図において、応力中心面63に配線層23を形成しているため、上部電極18の駆動による応力変動が小さく、疲労破壊やクリープ変形の影響を軽減できる。

【0030】

なお、上部電極18は耐クリープ性の材料が良く、製造プロセスを考慮するとポリシリコンやタンゲステンが好ましいが、その他の材料、例えばシリコンを添加したチタンなどでも良い。

【0031】

次に、貫通配線22の設置場所を説明する。特許文献2の図3(b)に示すように、超音波送受信セルの中央から上下方向に離れた場所付近は、応力変動が大きいため、貫通配線の設置には不適である。そのため、超音波送受信セルの中心から平面方向に離れた場所にも、図11に示すように、引張応力場72と圧縮応力場71が交互に発生する。そのため、貫通配線22は、引張応力場72と圧縮応力場71の中間点73（又は引張応力場72と圧縮応力場71の境界近傍）に形成することが良い。なお、圧縮応力場71と引張応力場72は上部電極18、絶縁膜17、20、配線層23及びギャップ16の変形によって形成される。

【0032】

図13は、図11で説明した前記ギャップ上部膜の応力場の状態を模式的に示した図である。ギャップ上部膜が下部電極14側に接近した状態を示しており、応力中心面100に対して、圧縮応力場101、103、引張応力場102、104が発生する。従って、貫通配線23は応力が最も小さい応力の中心位置に存在する。

【0033】

（実施例2）

図5には、本発明の第2の実施例を示す。配線層33の大きさが、上部電極18よりも小さく、貫通配線22が内接するまで、後退した程度の大きさである。上部電極の駆動に寄与しない配線層を削除した構造である。その結果、配線層や絶縁膜に対する余分な拘束力が無くなり、クリープ疲労が少なくなる。

【0034】

（実施例3）

図6には、本発明の第3の実施例を示す。配線層34の形状が、貫通配線22を頂点と

10

20

30

40

50

する六角形である。図5で示した配線層33の不要な部分を更に削除した構造である。この場合も、実施例2と同様な効果が期待できる。

【0035】

(実施例4)

図7には、本発明の第4の実施例を示す。配線層35の平断面形状が、円形である。上部電極と上部電極上下の絶縁膜の駆動による変形が均一となりやすい。そのため、駆動によるギャップの変動が安定し、超音波送受信特性も良好となる。

【0036】

(実施例5)

図8には、本発明の第5の実施例を示す。図10は、図8のC-C断面図である。配線層35の形状は円形であるが、さらに、貫通配線52がリング状となっている。このため、上部電極の駆動による変形がさらに安定し、超音波送受信特性も良好となる。また、超音波送受信デバイスの製造が容易になる。

【0037】

(実施例6)

図9には、本発明の第6の実施例を示す。貫通配線52はリング状であるが、さらに、配線層36もリング状である。上部電極の駆動に寄与しない部分を全て削除した構造である。

【0038】

以上、本発明の実施の形態を説明したが、本発明の実施形態によれば、上部電極18に信号を伝達し、電力を供給する配線13と配線を兼用している下層電極14との間の第2の絶縁膜の厚みが厚くなるため、絶縁耐圧が向上する効果もある。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明の実施形態による超音波探触子の上面図。

【図2】本発明の一実施形態による超音波送受信デバイスの断面図で、(a)は図1のA-A線に沿った断面図、(b)は図1のB-B線に沿った断面図。

【図3】本発明の実施形態における超音波送受信デバイスの駆動方法の説明図。

【図4】本発明の一実施形態による超音波送受信デバイスの上面部分の分解図。

【図5】本発明の他の実施形態による超音波送受信デバイスの上面部分の分解図。

【図6】本発明の更に他の実施形態による超音波送受信デバイスの上面部分の分解図。

【図7】本発明のそして他の実施形態による超音波送受信デバイスの上面部分の分解図。

【図8】本発明のそして更に他の実施形態による超音波送受信デバイスの上面部分の分解図。

【図9】本発明の他の実施形態による超音波送受信デバイスの上面部分の分解図。

【図10】本発明の一実施形態による超音波送受信デバイスの図8のC-C線に沿った断面図。

【図11】本発明の実施形態による超音波送受信デバイスの駆動時の応力状態を示す図。

【図12】本発明の一実施形態による超音波送受信デバイスを用いた超音波探触子の展開斜視図。

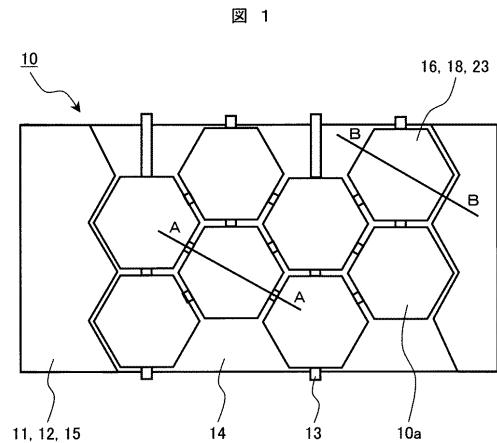
【図13】本発明の実施形態による超音波送受信デバイスの駆動時の応力状態を示す断面模式図。

【符号の説明】

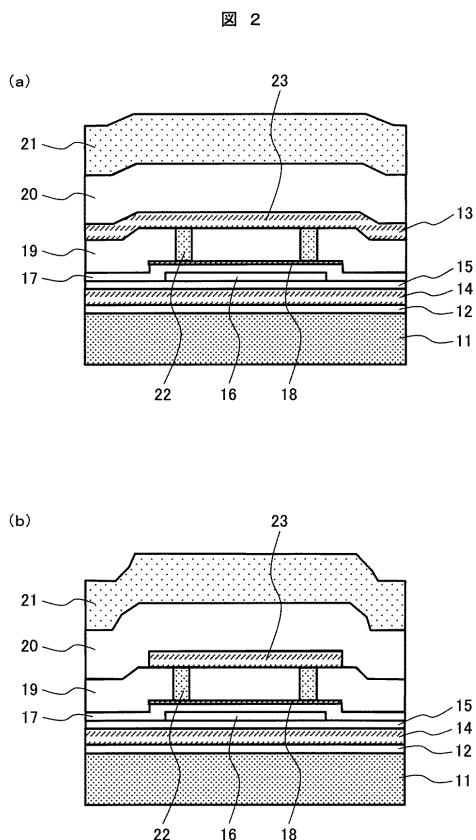
【0040】

1...超音波探触子、10...超音波送受信デバイス、11...シリコン基板、12...第4の絶縁膜、13...配線、14...下部電極、15...第5の絶縁膜、16...ギャップ、17...第1の絶縁膜、18...上部電極、19...第2の絶縁膜、20...第3の絶縁膜、21...保護膜、22...貫通配線、23...配線層、61, 102, 104...引張応力場、62, 101, 103...圧縮応力場、63, 100...応力中心面。

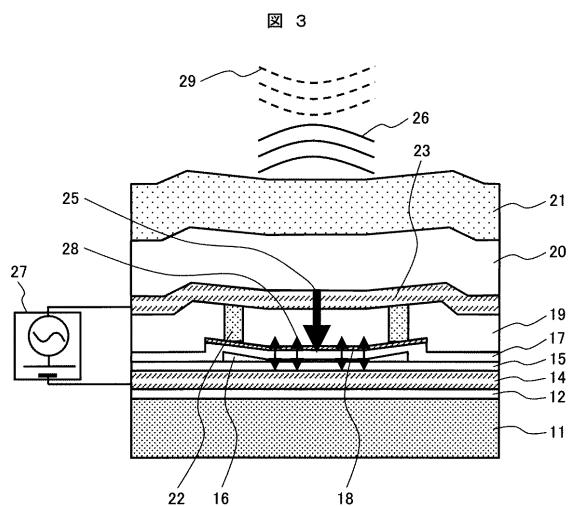
【図1】



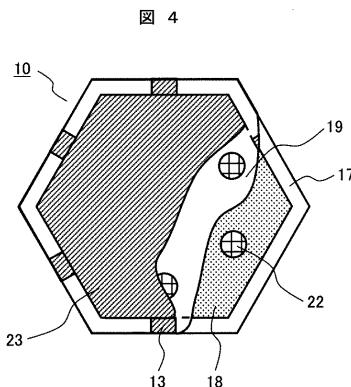
【図2】



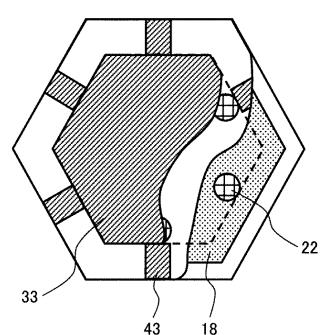
【図3】



【図4】

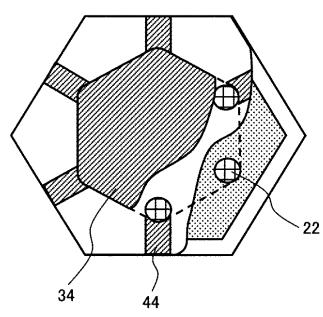


【図5】



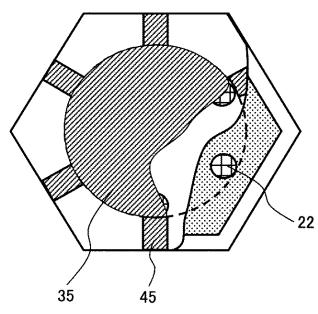
【図 6】

図 6



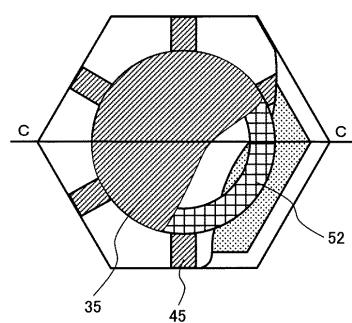
【図 7】

図 7



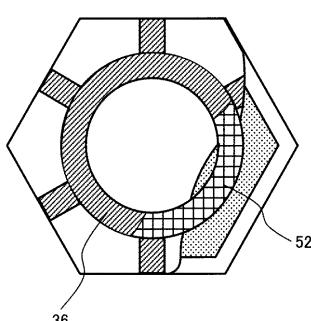
【図 8】

図 8



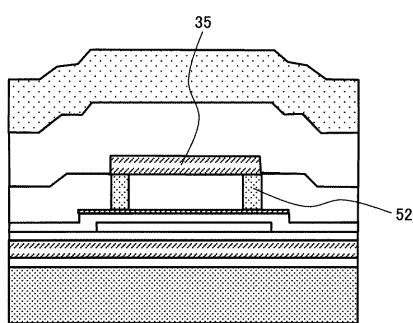
【図 9】

図 9



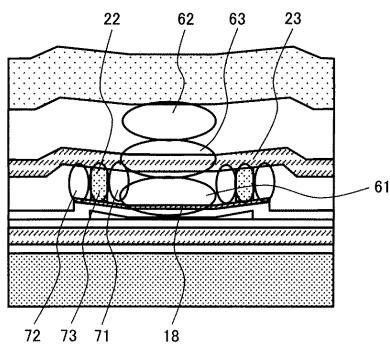
【図 10】

図 10



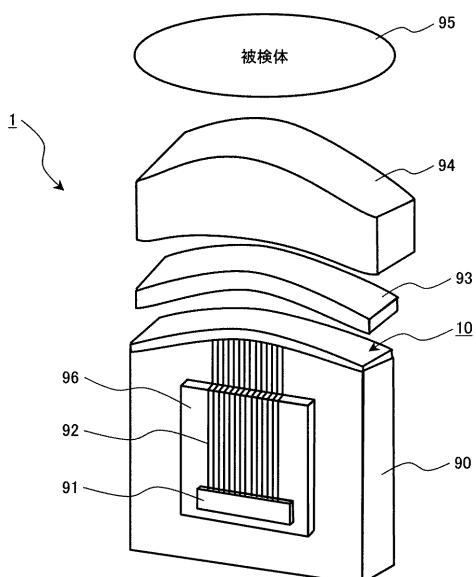
【図 11】

図 11



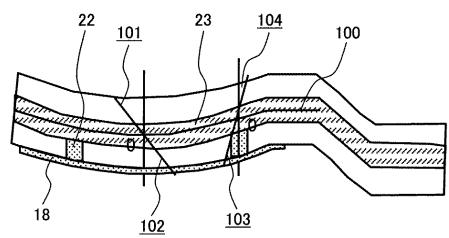
【図 12】

図 12



【図 1 3】

図 13



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-074263(JP,A)
国際公開第2007/046180(WO,A1)
特開2004-247520(JP,A)
特開2006-094459(JP,A)
特開昭61-220596(JP,A)
特開2006-015137(JP,A)
特表2003-500955(JP,A)
特開2007-074045(JP,A)
特開2006-211185(JP,A)
特開2006-352808(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 15/00 - 19/00
A61B 8/00 - 8/14