

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5511260号
(P5511260)

(45) 発行日 平成26年6月4日(2014.6.4)

(24) 登録日 平成26年4月4日(2014.4.4)

(51) Int.Cl.	F I				
HO4R 19/00	(2006.01)	HO4R 19/00	330		
HO4R 1/40	(2006.01)	HO4R 1/40	330		
A61B 8/00	(2006.01)	A61B 8/00			
GO1N 29/24	(2006.01)	GO1N 29/24	502		

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2009-189613 (P2009-189613)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成21年8月19日(2009.8.19)	(74) 代理人	100086483 弁理士 加藤 一男
(65) 公開番号	特開2011-44757 (P2011-44757A)	(72) 発明者	藤井 一成 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(43) 公開日	平成23年3月3日(2011.3.3)	(72) 発明者	秋山 貴弘 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
審査請求日	平成24年8月17日(2012.8.17)	(72) 発明者	加藤 綾子 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 容量型電気機械変換装置、及びその感度調整方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の電極と、前記第1の電極と対向し空隙を隔てて配設された第2の電極とを備えるセルを複数有する容量型電気機械変換装置であって、

前記複数のセルの一部のみにおいて、物質の付加と除去のうちの少なくとも一方の加工が施された加工部を有することを特徴とする容量型電気機械変換装置。

【請求項2】

前記複数のセルのいくつかから構成されるエレメントを複数有することを特徴とする請求項1に記載の容量型電気機械変換装置。

【請求項3】

前記加工部は、前記複数のセル又は前記複数のエレメントの弾性波に対する受信感度の調整、或いは前記複数のエレメント間の弾性波に対する受信感度のばらつきを低減を行うことを特徴とする請求項1又は2に記載の容量型電気機械変換装置。

【請求項4】

前記複数のセルの一部において、前記加工部は、前記第2の電極上に振動抑制膜が配置された部分、前記セルを電氣的に接続する接続抵抗を高くした部分、前記セルの一部に穴を空け前記空隙を大気圧にした部分、前記セルの一部を剥離した部分のうちの何れかであることを特徴とする請求項1から3の何れか1項に記載の容量型電気機械変換装置。

【請求項5】

第1の電極と、前記第1の電極と対向し空隙を隔てて配設された第2の電極とを備えるセ

ルを複数有する容量型電気機械変換装置の感度調整方法であって、
前記複数のセルの一部のみに、物質の付加と除去のうちの少なくとも一方を施す加工を行
って、前記セルの弾性波に対する出力信号を調整することを特徴とする感度調整方法。

【請求項 6】

前記容量型電気機械変換装置が、前記複数のセルから構成されるエレメントを複数有し、
予め測定した各々のエレメントの弾性波に対する受信感度に応じて、加工するセルの個数
を決定し、同一の加工手段で当該セルを加工することを特徴とする請求項 5 に記載の感度
調整方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、静電容量型超音波変換装置などの容量型電気機械変換装置、及びその感度調整
方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、マイクロマシニング工程を用いて作製される容量型電気機械変換装置が盛んに研究
されている。通常容量型電気機械変換装置は、下部電極と所定の間隔を保持して支持され
た振動膜と該振動膜の表面に配設される上部電極とを有するセルを含む。これは、例えば
、容量型超音波変換装置（CMUT：Capacitive-Micromachined-Ultrasonic-Transducer
）などとして用いられる。

20

【0003】

前記変換装置は、軽量の振動膜を用いて、電気信号から超音波への変換と超音波から電気
信号への変換のうちの少なくとも一方を行うものであり、液中及び空気中でも優れた広帯
域特性を持つものが容易に得られる。この変換装置を利用すると、従来の医療診断より高
精度な診断が可能となるため、有望な技術として注目されつつある。この変換装置の動作
原理について説明する。超音波を送信する際には、下部電極と上部電極間に、DC 電圧に
微小な AC 電圧を重ねた電圧を印加する。これにより、振動膜が振動し超音波が発生す
る。超音波を受信する際には、振動膜が超音波により変形するので、変形に伴う下部電極
と上部電極間の容量変化により信号を検出する。通常の変換装置は、電氣的に接続された
複数のセルが並列に電氣的に接続されたエレメント（素子）を複数個配置したものが用い
られる。こうした構成では、複数のエレメント間で受信感度がばらつくことがあり、これ
に対して感度補正を行う方法が提案されている（特許文献 1 参照）。この方法では、各超
音波検知素子で変換される出力信号同士の差（感度差）が小さくなる様に制御部で出力信
号を電氣的に調整する。

30

【0004】

上記セルないしエレメントの感度は、例えば、電極間の間隔（ギャップ）の平方に反比例
する。よって、電極間のギャップがばらつきを持つ場合は、前記変換装置の感度のばらつ
きとなる。容量型電気機械変換装置のギャップの形成方法としては、所望の電極間隔と同
等の厚さの犠牲層を設けて、該犠牲層の上部に振動膜を形成し、犠牲層を除去してギャ
ップを形成する方法が、一般に採用されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2004 - 125514 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

電氣的に接続された複数のセルから成るエレメントを複数個配置した変換装置を用いて超
音波等の弾性波の検出を行う場合、複数のエレメント間の感度のばらつきは測定精度の低
下を招く。よって、エレメント個々に対して感度を補正する必要がある。しかし、特許文

50

献 1 の様に、後段の回路のゲイン調整により感度補正を行う構成では、回路のダイナミックレンジを広くとる必要がある。更に、一定以上のばらつきがある場合は、補正が不可能となる。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題に鑑み、本発明のCMUTなどの容量型電気機械変換装置は、第1の電極と、第1の電極と対向し空隙を隔てて配設された第2の電極とを備えるセルを複数有する。そして、本変換装置では、前記複数のセルの一部のみにおいて、物質の付加と除去のうちの少なくとも一方の加工が施された加工部を有する。

【0008】

また、上記課題に鑑み、第1の電極と、第1の電極と対向し空隙を隔てて配設された第2の電極とを備えるセルを複数有する容量型電気機械変換装置の本発明の感度調整方法は、前記複数のセルの一部のみに、物質の付加と除去のうちの少なくとも一方を施す加工を行って、前記セルの弾性波（典型的には超音波）に対する出力信号を調整することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明では、複数のセルの一部のみに物質の付加と除去のうちの少なくとも一方を施すので、超音波等の弾性波に対するセルないしエレメントの感度の調整（即ち、超音波等に対する出力信号の調整）、エレメント間の感度のばらつきの低減等を行うことができる。例えば、複数のセルを含む構成や、電気的に接続された複数のセルから成るエレメントを複数個配置した構成の容量型電気機械変換装置で、セルないしエレメントの受信感度を均一にすることができる。また、単に物質の付加、除去を行うという加工であるので、比較的簡単に加工を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の第1の実施例に係る調整加工前の容量型電気機械変換装置の基本構造を示す平面図とA-A断面図。

【図2】本発明の第1の実施例に係る調整加工後の容量型電気機械変換装置の基本構造を示す平面図とA-A断面図。

【図3】調整加工前の各エレメントの相対感度と調整加工後の各エレメントの相対感度を示すグラフ。

【図4】本発明の第2の実施例に係る容量型電気機械変換装置の基本構造を示す平面図とA-A断面図。

【図5】本発明の第3の実施例に係る容量型電気機械変換装置の基本構造を示す平面図とA-A断面図。

【図6】本発明の第4の実施例に係る容量型電気機械変換装置の基本構造を示す平面図とA-A断面図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施形態について説明する。本発明の容量型電気機械変換装置及び感度調整方法において重要なことは、少なくとも1つのセルに対して、物質の付加と除去のうちの少なくとも一方の加工を施すことである。この考え方に基づき、本発明の容量型電気機械変換装置及び感度調整方法の基本的な形態は、上記した様な構成を有する。この基本的な形態を基に、次に述べる様な実施形態が可能である。例えば、変換装置は、複数のセルから構成される素子であるエレメントを複数有する（後述の実施例参照）。また、セルは、基板に配設された第1の電極と、第1の電極と対向し空隙を隔てて配設された第2の電極と、第2の電極を支持する振動膜と、振動膜を支持する支持部とで構成できる（後述の実施例参照）。前記加工部は、セルないしエレメントの弾性波に対する受信感度の調整、複数のエレメント間の弾性波に対する受信感度のばらつきの低減等を行うことができる。

10

20

30

40

50

本発明において、弾性波とは、音波、超音波、音響波、光音響波と呼ばれるものを示し、被検体内部に近赤外線等の光を照射して被検体内部で発生する弾性波を含む。また、前記加工部は、第2の電極上に振動抑制膜が配置された部分、セルを電氣的に接続する接続抵抗を高くした部分、セルの一部に穴を空け空隙を大気圧にした部分、セルの一部を剥離した部分のうちの何れかとなし得る（後述の各実施例参照）。

【0012】

本発明で用いられる第2の電極は、Al、Cr、Ti、Au、Pt、Cu、Ag、W、Mo、Ta、Ni等から選択される導電体や、Si等の半導体、AlSi、AlCu、AlTi、MoW、AlCr、TiN、AlSiCu等から選択される合金のうちの少なくとも一材料により形成することができる。また、第2の電極は、振動膜の上面、裏面、内部のうちの少なくとも一箇所に設けるか、もしくは振動膜を導電体又は半導体で形成する場合は振動膜が第2の電極を兼ねる構造とすることもできる。本発明で用いられる第1の電極も、第2の電極と同様の導電体や半導体等により形成することができる。また、第1の電極と第2の電極材料は異なっても良い。基板がシリコン等の半導体基板である場合、基板が第1の電極を兼ねることもできる。

10

【0013】

また、容量型電気機械変換装置が、複数のセルから構成されるエレメントを複数有する場合、予め測定した各々のエレメントの超音波等に対する受信感度に応じて、加工するセルの個数を決定し、何らかの加工手段（物質の塗布、レーザー加工などの手段）で当該セルを加工することができる。

20

【0014】

（第1の実施例）

以下、本発明の第1の実施例の加工前（当初の設計に従って作製した段階）の容量型電気機械変換装置を図を用いて説明する。図1（a）及び図1（b）に示す様に、容量型電気機械変換装置100は複数のエレメント101を有し、各エレメント101は複数のセル102が並列に電氣的に接続されている。図1（a）では、素子であるエレメント101内に25個のセル102を配置しているが、セルの数はこれに限らない。エレメント内に1以上のセルがあればよい。また、本変換装置は3個のエレメント101を1次元に配置しているが、複数のエレメントを2次元に配列してもよい。本実施例では、セル102は、基板103に配設された下部電極104と、下部電極と対向し所定の空隙105を隔てて配設された上部電極106と、上部電極を支持する振動膜107と、振動膜を支持する支持部108から成る。支持部108は、振動膜107を支持している部分であれば、振動膜107と同じ工程で一体的に形成された振動膜と同一材料からなる部分も含む。下部電極104は変換装置100内で共通であり、エレメント101内のセル102間の上部電極106は、該上部電極と同一部材の配線により電氣的に接続されている。ただし、電極の接続態様は、こうしたものに限らない。これらの形態は、仕様に応じて適宜決めればよい。

30

【0015】

本実施例において、空隙105の高さは100nmであるが、10nmから500nmの範囲が望ましい。空隙105の一片の長さは10 μ mから200 μ mの範囲が好ましい。振動膜107はSiNにより形成されるが、その他の絶縁材料でもよい。空隙105は大気圧に対して減圧状態に保たれており、振動膜107は凹形状となる（後述する図6（b）参照）。本実施例では、振動膜及び電極を角形としたが、円形、多角形などであっても構わない。セルの空隙105の形状も図示例では角形であるが、その他の形状でもよい。

40

【0016】

セル102は、外部からの弾性波の振動により振動膜107が振動することにより、上下電極106、104間の容量が変化する。各エレメント101の上部電極と下部電極は受信回路（図示しない）に接続されており、受信回路はエレメント内のセルの上下電極間の容量変化を電圧信号に変換する。

【0017】

50

複数のエレメントの信号を用いて医療診断を行う場合、各エレメントの感度のばらつきは少ない方が望ましい。よって、本実施例では、事前に測定した各エレメントの感度に応じて変換装置のエレメント101内の幾つかのセル102の上面に振動抑制剤を塗布する。こうした加工により、セルの超音波などに対する出力信号が抑制ないし調整され、複数のエレメント101の音波等に対する受信感度を均一にすることができる。

【0018】

図2に、こうした感度調整加工により受信感度を調整した容量型電気機械変換装置の上面図及び断面図を示す。本実施例では、一例として、振動抑制剤110はアクリル系の樹脂であり、ディスペンサにより所望のセルの上面に塗布される。振動膜107のばね定数よりも高いばね定数の振動抑制剤110を塗布することで、外部からの音波等の振動による振動膜107の振動を抑制することができる。また、エレメント101内において振動抑制剤110を塗布するセル102の数を変えることで、エレメントの感度を調整できる。例えば、図2(a)の上段、中段、下段の感度調整加工前のエレメントが、下段、上段、中段の順で感度が高いと分かった場合、次の様にする。即ち、図2(a)に示す様に、中段、上段、下段の順で、エレメント101内の振動抑制剤110を塗布するセル102の数を多くすることで、複数のエレメントの音波等の受信感度を均一にできる。調整加工前の上段のエレメントの受信感度を1とし、中段の相対受信感度が0.95、下段の相対受信感度が1.05と分かった場合、調整加工前の感度ばらつきは10%である。ここで、図2(a)に示す様に下段の2個、上段の1個、中段の0個のセル102の上面に、所定の厚さまで振動抑制剤110を塗布する。これにより、上段のエレメントの相対受信感度が0.96、中段のそれが0.95、下段のそれが0.97となり、調整加工前の感度ばらつき10%が1.7%に低減される。ここでは、上段のエレメントに25個のセル102があるので、1つのセル102に振動抑制剤110を塗布する毎に、相対受信感度が0.04低下することになる。下段のエレメントの場合は、1つのセル102に振動抑制剤110を塗布する毎に、相対受信感度が0.042低下することになる。調整前の各エレメント101の相対感度を図3(a)に、調整後の各エレメント101の相対感度を図3(b)に示す。

【0019】

感度補正の細かさは、各エレメント内にあるセルの個数に依る。よって、エレメント内にあるセルの数を増やすことにより高精度な調整が可能となる。本実施例では、所定の厚さの振動抑制剤を塗布することによりセルの出力信号が完全に抑制されることを前提としている。アクリル系の樹脂の場合、完全に振動を抑制する為には数ミリメートル程度の厚さとすることが好ましい。振動抑制剤の厚さによる抑制率に応じて、加工するセルの数を調整することで同様の効果が得られる。例えば、出力信号の抑制率が50%である場合(これは予めの測定から分かる)は、下段の4個、上段の2個、中段の0個のセル102の上面に振動抑制剤を塗布することにより、同様の効果が得られる。また、振動抑制剤はアクリル系の樹脂に限らず、振動膜の振動を抑制する材料であればよく、異なる材料を用いて多層構造としても良い。この様に、本実施例によれば、加工するセルの数を調整して各エレメントの受信感度を調整することにより、簡便で高精度に受信感度を調整できる。

【0020】

また、加工するセルのエレメント内での位置を考慮に入れることも可能である。例えば、出力信号の抑制率がエレメントの中心部からのセルの距離に依存することが予め分かれば、数と共に位置を考慮して加工セルを決め、複数のエレメントの音波等に対する受信感度を調整することができる。前記容量型電気機械変換装置は、外部に弾性波の発信をも行える様に構成されてもよい。受信、発信は背景技術のところで説明した様に行われる。本実施例では、少なくともエレメントの受信感度が調整できればよいので、上述した様な調整加工を施したが、当然のこととして、加工後にはエレメントの発信効率も変化することになる。

【0021】

(第2の実施例)

10

20

30

40

50

第2の実施例の容量型電気機械変換装置を説明する。本実施例の変換装置の基本構造は、第1の実施例と同様である。本実施例では、事前に測定した各エレメントの感度に応じて、エレメント内の幾つかのセルの振動膜及び上部電極を除去することで、セルの超音波等に対する出力信号を抑制し、複数のエレメントの受信感度を均一にする。図4に、本実施例の感度調整加工方法により受信感度を調整した変換装置の上面図及び断面図を示す。レーザー加工、エッチング加工等により振動膜107及び上部電極106を除去し、選択的にセル102を加工する。加工されたセルでは、外部からの音波等の振動による容量変化を無くすることができる。よって、エレメント内の振動膜及び上部電極を除去するセルの数を減らすことで、エレメントの感度を調整することができる。ここでも、図4(a)に示す様に、下段の2個、上段の1個、中段の0個のセルの振動膜及び上部電極を除去している。これにより、上段のエレメントの相対受信感度が0.96、中段のそれが0.95、下段のそれを0.97となり、調整加工前の感度ばらつきが1.7%に低減される。調整前の各エレメントの相対感度を図3(a)に、調整加工後の各エレメントの相対感度を図3(b)に示す。

10

【0022】

本実施例では、上部電極と共に振動膜も除去しているが、例えば、上部電極のみの除去でもよい。その他の点は、第1の実施例と同様である。

【0023】

(第3の実施例)

第3の実施例の容量型電気機械変換装置を説明する。本実施例の変換装置の基本構造も、第1の実施例と同様である。本実施例では、事前に測定した各エレメントの感度に応じて、エレメント内の幾つかのセルの上部電極の電氣的接続を切断する。このことで、セルの超音波等に対する出力信号を抑制し、複数のエレメントの音波等に対する受信感度を均一にする。図5に、本実施例の感度調整加工方法により受信感度を調整した変換装置の上面図及び断面図を示す。レーザー加工、エッチング加工等により上部電極106の電氣的接続を選択的に切断する。加工されたセル102では、エレメント101内の他のセルとの電氣的接続が切られるため、外部からの音波等の振動による出力信号を抑制することができる。よって、エレメント101内の上部電極106の電氣的接続を切断するセル102の数を減らすことで、エレメント101の感度を調整できる。ここでも、図5(a)に示す様に、下段の2個、上段の1個、中段の0個のセル102の上部電極106の電氣的接続を切断する。これにより、上段のエレメントの相対受信感度が0.96、中段のそれが0.95、下段のそれが0.97となり、調整加工前の感度ばらつきが1.7%に低減される。調整前の各エレメントの相対感度を図3(a)に、調整加工後の各エレメントの相対感度を図3(b)に示す。

20

30

【0024】

本実施例では、上部電極の電氣的接続を切断するセルの出力信号が完全に抑制されることを前提としている。しかし、上部電極間の配線の抵抗を上げることで同様の効果が得られる場合、その抑制率に応じて、加工するセルの数を調整することで、同様の効果が得られる。例えば、配線の抵抗を上げることによる出力信号の抑制率が50%である場合は、下段の4個、上段の2個、中段の0個の配線の抵抗を上げることで同様の効果が得られる。抵抗を上げる方法としては、配線の幅を細くする、厚さを薄くする等の方法がある。その他の点は、第1の実施例と同様である。

40

【0025】

(第4の実施例)

第4の実施例の容量型電気機械変換装置を説明する。本実施例の変換装置の基本構造も、第1の実施例と同様である。本実施例では、事前に測定した各エレメントの感度に応じて、エレメント内の幾つかのセルの振動膜の一部に穴を開ける。このことで、セルの超音波等に対する出力信号を抑制し、複数のエレメントの音波等の受信感度を均一にする。図6に、本実施例の感度調整加工方法により受信感度を調整した変換装置の上面図及び断面図を示す。加工前のセル102の空隙105は減圧状態となっているため、図6(b)の

50

断面図に示す左側のセル 102 の様に振動膜 107 は凹形状をしている（ただし、誇張して示している）。空隙が減圧状態のセルの振動膜 107 の一部に、レーザー加工、エッチング加工等により貫通穴 140 を開け、大気圧にする。このことで、図 6 (b) の断面図に示す右側のセル 102 の様に振動膜 107 の凹形状は平面に近づく。これにより、加工前の形状と比べ、外部からの音波等の振動による出力信号を抑制することができる。よって、エレメント内において振動膜の一部に穴 140 を開けるセルの数を考えることで、エレメントの感度を調整できる。

【0026】

図 6 (a) では、セルの出力信号の抑制率が 20% である場合の感度調整法を示している。この場合、下段の 10 個、上段の 5 個、中段の 0 個のセルの振動膜の一部に穴 140 を開ける。これにより、上段のエレメントの相対受信感度が 0.96、中段のそれが 0.95、下段のそれが 0.97 となり、調整加工前の感度ばらつきが 1.7% に低減される。調整前の各エレメントの相対感度を図 3 (a) に、調整加工後の各エレメントの相対感度を図 3 (b) に示す。本実施例では、セルの中央に穴を設けたが、空隙 105 の大気開放が可能な加工であれば、同様の効果を得られる。その他の点は、第 1 の実施例と同様である。

10

【0027】

上記各実施例において、例えば、受信感度の測定を次の様に行うことができる。変換装置のエレメントと測定装置の超音波送波素子とを所定の関係で対向させて配置し、変換装置のエレメントを受波可能な状態とする。測定装置は該エレメントから出力信号を受ける様にもしておく。測定作業を開始すると、超音波送波素子から所定の超音波を送波する。この超音波は変換装置のエレメントで受波され、測定装置は、該エレメントから出力信号を受け、各エレメントの感度の測定を行う。こうした測定値に基づいて、上述した様にセルの加工の態様を決定し、加工を実行する。可能であれば、測定しつつ、測定値に基づいてセル加工をフィードバック制御して実施することもできる。また、上記実施例は、原理的に可能であれば、組み合わせることもできる。例えば、第 1 の実施例の振動抑制剤の付加と第 3 の実施例の上部電極間の配線の抵抗を上げる加工を合わせて行うことなども可能である。

20

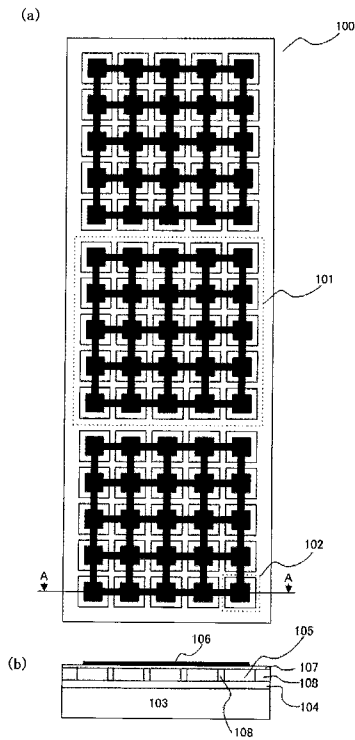
【符号の説明】

【0028】

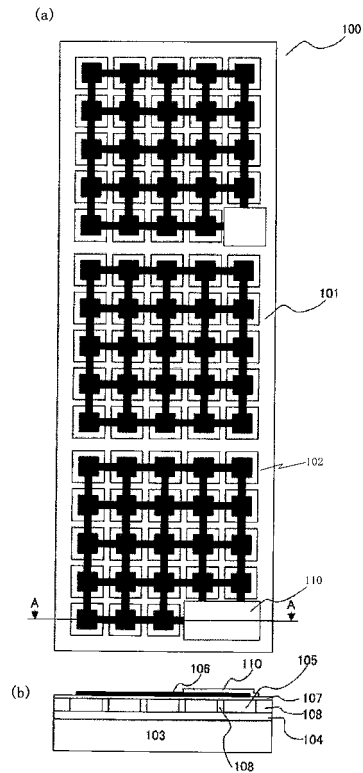
100 容量型電気機械変換装置、101 エレメント(素子)、102 セル、103 基板、104 下部電極(第1の電極)、105 空隙、106 上部電極(第2の電極)、107 振動膜、108 支持部、110 振動抑制剤(加工部)、140 穴(加工部)

30

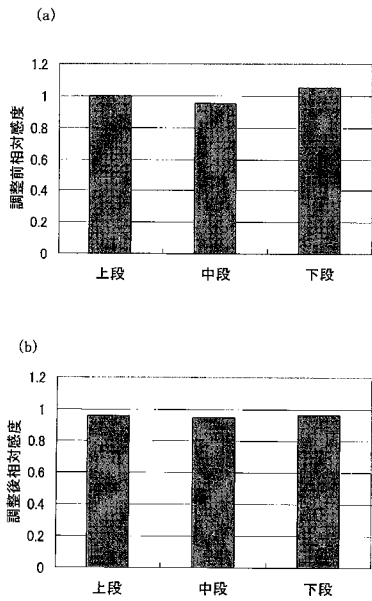
【図1】



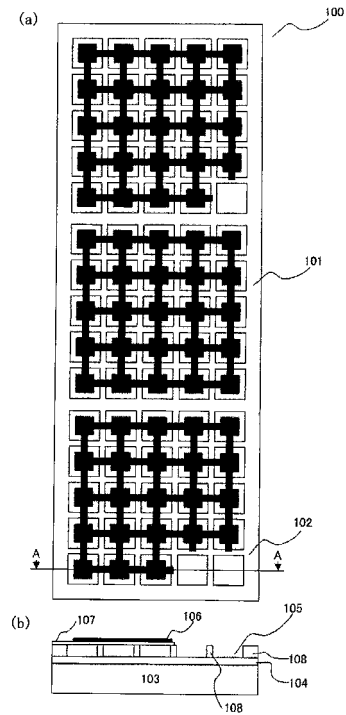
【図2】



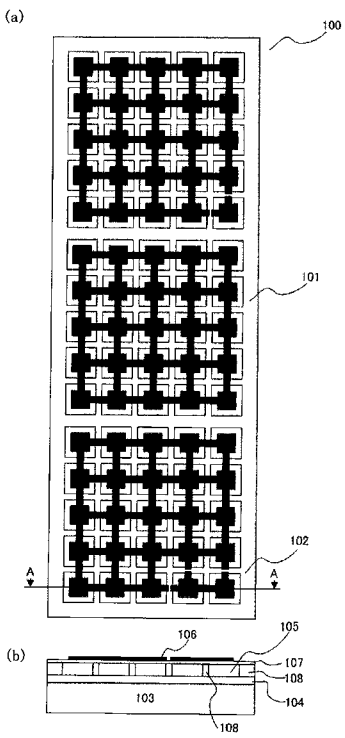
【図3】



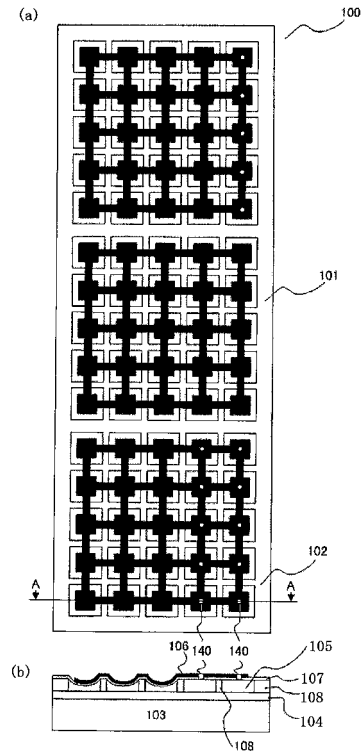
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

審査官 吉澤 雅博

(56)参考文献 米国特許出願公開第2005/0203397(US,A1)
米国特許出願公開第2007/0215964(US,A1)
国際公開第2005/120355(WO,A1)
特開2007-040704(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H04R 19/00

H04R 1/40

A61B 8/00

G01N 29/24