

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-309936

(P2007-309936A)

(43) 公開日 平成19年11月29日(2007.11.29)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 P 15/125 (2006.01)	GO 1 P 15/125 Z	2 F 1 0 5
GO 1 C 19/56 (2006.01)	GO 1 C 19/56	3 C 0 8 1
GO 1 P 9/04 (2006.01)	GO 1 P 9/04	
B 8 1 B 3/00 (2006.01)	B 8 1 B 3/00	
B 8 1 B 7/02 (2006.01)	B 8 1 B 7/02	
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L 外国語出願 (全 12 頁)		

(21) 出願番号 特願2007-129227 (P2007-129227)
 (22) 出願日 平成19年5月15日 (2007.5.15)
 (31) 優先権主張番号 11/383, 685
 (32) 優先日 平成18年5月16日 (2006.5.16)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500575824
 ハネウェル・インターナショナル・インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国ニュージャージー州07962-2245, モーリスタウン, コロンビア・ロード 101, ピー・オー・ボックス 2245
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100080137
 弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

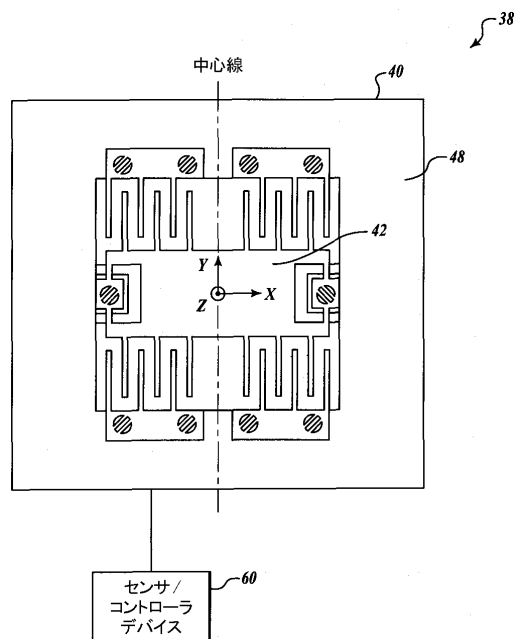
(54) 【発明の名称】 改善された振動性能をもつMEMS垂直櫛形駆動装置

(57) 【要約】

【課題】 非常に低い位置感度を有する静電気MEMS駆動装置を提供する。

【解決手段】 微小電気機械システム (MEMS) 閉ループ慣性デバイス 38 は振動下で改善された性能を示す垂直櫛形駆動部を有する。このデバイスは、ハウジング 48 からハウジングによって形成された空洞内に拡張する 1 つまたは複数のステータ歯 46 を含む。ロータ歯 44 は空洞に配置されたブルーファス 42 から拡張する。ブルーファスは垂直方向に移動することができるフレキシヤによってハウジングに接合される。ロータ歯は移動の方向に第 1 の長さの値を有し、ステータ歯は移動の方向に第 2 の長さの値を有する。第 2 の長さの値は第 1 の長さの値よりも大きい。ステータ歯は 2 つの電氣的に隔てられた部分を含む。ステータ歯に対してロータ歯は長さが短いので、ロータ歯とステータ歯の上半部または下半部との間の引力がロータ垂直位置に依存しない。振動環境でより良好な加速度計精度が生成される。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

囲まれた空洞を画定するハウジング（４８）と、
前記ハウジングから前記空洞に拡張する１つまたは複数のステータ歯（４６）と、
前記空洞に配置されたＭＥＭＳデバイスとを備え、
前記ＭＥＭＳデバイスは、
前記ハウジングに結合されたプルーフマス（４２）と、
各ロータ歯が対応するステータ歯から容量性距離に配置される、前記プルーフマスから
拡張する１つまたは複数のロータ歯（４４）とを備え、
前記プルーフマスは前記対応する歯の間の法線ベクトルにほぼ直角の方向に偏位するよ 10
うに構成され、
前記ロータ歯は偏位の方向に第１の高さの値を有し、前記ステータ歯は偏位の方向に第
２の高さの値を有し、前記第２の高さの値は前記第１の高さの値よりも大きく、
前記ステータ歯は２つの電氣的に隔てられた部分をもつ少なくとも１つの歯に含む、
微小電気機械システム（ＭＥＭＳ）（３８）。

【請求項 2】

前記電氣的に隔てられた部分は酸化物層（６８）によって隔てられる、請求項 1 に記載
のシステム。

【請求項 3】

前記少なくとも１つのステータ歯の２つの電氣的に隔てられた部分の少なくとも１つと 20
電気通信するコントローラ（６０）をさらに備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記コントローラは、前記プルーフマスが受ける事前に決定された偏位力に基づいて駆
動信号を前記電氣的に隔てられた部分の１つに送るための駆動信号発生器（６０）を含む
、請求項 3 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【０００１】

高性能の微小電気機械システム（ＭＥＭＳ）慣性機器（加速度計およびジャイロ）は閉
ループ動作を必要とする。振動下の良好な性能には、静電気フィードバック力の大きさが 30
零位置を基準とした機器慣性質量の位置に対して極めて低い感度であることが必要である。
力の高い位置依存性のために、ＭＥＭＳアクチュエータで使用されるような一般の静電
気垂直櫛形駆動装置は精密ＭＥＭＳ慣性機器に適用することができない。

【０００２】

図１は固定的加速度下で無難に機能する機器を示す。しかし、振動が固定的加速度に重
畳された場合、時間平均測定加速度に大きな誤差が生じることになる。この誤差は振動整
流と呼ばれ、その性質および原因は当業者によってよく知られている。閉ループ機器にお
ける振動整流誤差の１つの主要原因は、フィードバック力のプルーフマス位置依存性であ
る。ロータ歯およびステータ歯が実質的に整列させられる（同じ高さ）場合、ロータとス
テータの上半部または下半部との間の静電力がロータ歯のわずかな垂直移動で大きく変化 40
する。これらのロータ歯は加えられた外部振動で上下に移動するので、生じる時間平均差
動電圧は固定的加速度入力だけで生じる電圧と異なる。これが加速度計誤差である。力一
位置依存性の２次部分が誤差の主原因であるが、１次成分および２次よりも高い成分も一
因となることがある。誤差への様々な次数の成分からの寄与は設計の細部に依存する。と
にかく、この位置依存性、特に２次依存性を著しく低減する設計が必要である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

したがって、非常に低い位置感度を有する静電気ＭＥＭＳ駆動装置が必要である。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明は、位置変化に関する容量変化を実質的に一定比率に向上させることによって改善された位置非依存力を示す垂直楕形駆動装置を有する微小電気機械システム（MEMS）デバイスを提供する。デバイスは、ハウジングによって形成された空洞にハウジングから拡張する1つまたは複数のステータ歯を含む。1つまたは複数のロータ歯は空洞に配置されたプルームマスから拡張する。2つのグループの歯は、各ロータ歯が2つのステータ歯の間に収まるようにインターリーブされ、逆の場合も同様である。各ロータ歯は、2つのステータ歯（ラインの縁のところを除いて）から容量性距離に配置される。慣性力を受ける場合、機器のプルームマスは対応する歯の間の法線ベクトルにほぼ直角の方向に動く傾向がある。ロータ歯は移動の方向に第1の長さの値を有し、ステータ歯は移動の方向に第2の長さの値を有する。第2の長さの値は第1の長さの値よりも大きい。さらに、ステータ歯は2つの電氣的に隔てられた部分を含む。

【0005】

ロータ歯の電氣的に隔てられた部分は酸化物または他の絶縁層によってほぼ等しい半部に隔てられる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

本発明の好ましい実施形態および代替の実施形態が以降の図面を参照しながら以下で詳細に説明される。

図2は、改善された振動整流性能用のセンサシステム38を示す。本例では、システム38は、垂直すなわちZ軸に沿った加速度による力を感知する加速度計である微小電気機械システム（MEMS）デバイス40を含む。全ての図および説明は加速度計を参照するが、本発明はジャイロにも適用される。

【0007】

MEMSデバイス40は、複数のロータ歯44（または楕形フィンガもしくは歯、すべて交換可能に使用される）を有するプルームマス42を含む。プルームマス42はハウジング48内に配置され、プルームマスの垂直方向の運動は比較的自由であるが一般に他の方向には動かないフレキシャによってこのハウジングに接合される。ステータ歯46は、ハウジング48の一部分から延び、ロータ歯44と交互配置される。ステータ歯46はサーボ／コントローラデバイス60に電氣的に結合される。デバイス60は、ここで説明しない方法および手段によって、プルームマスと支持フレームとの間の垂直相対運動を感知する。一般に、この感知部またはピックアップは容量的に動作するであろう。デバイス60がプルームマスの移動を感知した後、デバイス60はロータ歯44を零位置に強制的に戻すためにステータ歯46に信号を送る。ロータ歯44を零位置に強制的に戻すためにステータ歯46に送られる信号（例えば電圧値）を使用して、プルームマス42が受けている加速度の量が計算される。

【0008】

図2は図1のデバイス40のスライスの側面図を示す。ロータ歯44およびステータ歯46ならびにプルームマスの残りの部分（図示せず）がハウジング48によって形成された空洞50内に配置される。ハウジング48は第1のウェーハ62および第2のウェーハ64ならびに側壁構造66を含む。ロータ歯44は垂直方向にステータ歯46よりも短い。さらに、歯44および46の各々は、歯44および46を2つの電氣的に隔てられた半部に隔てる絶縁層68を含む。絶縁層68はシリコン（Si）の半部の間の電気絶縁体として機能する。一実施形態では、ステータ歯46の半部の各々はサーボ／コントローラデバイス60に電氣的に結合される。酸化物層68はロータ歯44の半部を隔てるが、半部の両方を電氣的に結合するためにデバイスがロータ歯44に適用される。この電氣的結合デバイスは歯44の内部または歯44の外部に配置される。

【0009】

突然の定常状態上向き加速度がフレームおよびステータ歯46に加えられる場合、ロータ歯44をもつプルームマスは初めに遅れをとることになる。この位置の遅れはここでは

説明しないデバイスの要素によって感知され、デバイス60の動作により、適切な差動電圧がステータ歯46の上半部とロータ歯44との間に印加され、プルーフマスが零位置に戻される（コントローラデバイス60が積分器機能を有するとすれば）。

【0010】

初歩静電学理論から、プルーフマス42のロータ歯44が受ける引力の大きさは、上下動をもつロータ歯44とステータ歯46との間にある容量の変化率および差動電圧の2乗に比例することが知られている。コントローラデバイス60の働きは、プルーフマスに加えられた慣性力を正確に相殺するのに必要な電圧を決定することである。必要な差動電圧は加えられた加速度の平方根にほぼ比例し、したがってそれを使用して加速度を決定することができる。下方の加速度では、差動電圧はロータ歯44とステータ歯46の下半部との間に印加される。

10

【0011】

前述の問題は、図3に示されるように、ロータ歯44をその最上部および最低部でステータ歯46から垂直にずらすように配置することにより克服される。分析的には、ロータ歯44が零位置の近くで垂直に移動するとき、任意の所与の歯形状の力-位置関係は一連の容量計算（有限要素法による）を行うことにより決定することができる。任意の位置での力はその位置の容量の一次微分に比例する。位置とともに変わる力に起因する修正誤差は、デバイスの多くの細部ならびに入力加速度に依存し、システムシミュレーションソフトウェア（例えばSimulink）を使用して分析的に計算することができる。

【0012】

20

図4～18は、図2および3に示されたデバイス40の例示的製造の側面破断図を示す。図4および5に示されるように、製造プロセスは、2つのシリコン・オン・インシュレータ（SOI）ウェーハ70および71を使用することによって始まる。ウェーハ70および71の各々はハンドル層（シリコン-Si）72および82、酸化物層74および80、ならびにデバイス層76および78を含み、酸化物層74および80はハンドル層72および82をデバイス層76および78から隔てる。この第一ステップで、酸化物層84がデバイス層78上に成長または堆積される。

【0013】

図6に示されるように、第1のSOIウェーハ70のデバイス層76の露出した表面は、好ましくは融着接合技法を使用して第2のSOIウェーハ71の酸化物層84に接合される。次に、ハンドル層72が除去され、したがって二重SOIウェーハが生成される。

30

【0014】

図7に示されるように、フォトレジストマスクパターン88が酸化物層74上に施される。次に、図8に示されるように、酸化物層74の保護されていない酸化物がエッチングされ、次にフォトレジストパターン88が除去される。

【0015】

図9に示されるように、Siのディープ反応性イオンエッチング（DRIE）がデバイス層76に事前に画定された深さまで行われる。図10に示されるように、酸化物層74の残りの酸化物は除去され、第1のキャップウェーハ90がデバイス層76に接合される。この接合は融着接合プロセスを使用するSi-Si接合とするか、または共晶接合を使用して行うことができる。キャップウェーハ90は、図9に示されたDRIEプロセスで生成された柱がキャップウェーハ90の表面に接触しないように事前にエッチングされた。

40

【0016】

図11に示されるように、第2のSOIウェーハ71のハンドル層82は、ウェット化学エッチング（KOH、TMAH、およびEDP）またはDRIE、あるいは機械的研削とその後続くウェットまたはドライエッチングによって除去される。酸化物層80が除去され、窒化物（Si₃N₄）層94がデバイス層78の表面に堆積される。次に、図12に示されるように、窒化物層94がフォトレジスト98の塗布パターンに従ってエッチングされる。図13に示されるように、フォトレジスト98が除去され、窒化物がもはや

50

なくなっている場所のデバイス層 78 の表面に酸化物層 100 が成長される。

【0017】

図 14 に示されるように、フォトリソパターン 104 が施され、次に酸化物層 100 および窒化物層 94 の露出された部分がエッチングされる。酸化物層 100 および窒化物層 94 は同時にプラズマエッチングを使用してエッチングすることができる。図 15 に示されるように、次にデバイス層 78 の保護されていない部分が DRIE を使用して酸化物層 84 まで完全にエッチングされる。次に、露出された酸化物層 84 がデバイス層 76 の表面までエッチングされる。

【0018】

図 16 に示されるように、フォトリソパターン 104 が除去され、次に残りの窒化物 94 が熱リン酸によって除去される。次に、図 17 に示されるように、事前に窒化物 94 によって覆われたデバイス層 78 の部分およびデバイス層 76 の残りの露出された部分を除去するために DRIE エッチが行われる。図 18 に示されるように、酸化物層 100 がエッチングされ、第 1 のキャップウェーハ 90 と同様の第 2 のキャップウェーハ 110 がデバイス層 78 の露出された表面に融着接合され、それによって、楕円駆動構造にステータ歯よりも小さいロータ歯が生成される。

【0019】

図 19 ~ 29 は、窒化物 120 の層が酸化物層の代わりにデバイス層 76 の表面に堆積されることを除き、図 5 に示されたステップの後に始まる別の製造プロセスの側面断面スライス図を示す。次に、フォトリソマスク 122 が窒化物層 120 上に施される。次に、図 19 に示されるように、窒化物エッチングが行われ、フォトリソマスク 122 が除去される。

【0020】

図 21 に示されるように、酸化物層 130 がデバイス層 76 の露出された表面に施され、次にフォトリソパターン 132 が酸化物層 130 および窒化物層 120 の部分に施される。

【0021】

次に、図 22 に示されるように、酸化物および窒化物エッチングが下方にデバイス層 76 の表面まで行われ、次に露出されたデバイス層 76 の DRIE が下方に酸化物層 84 まで行われ、別の酸化物エッチングが酸化物層 84 を除去するために行われ、最後に第 2 の DRIE が行われてデバイス層 78 の部分がエッチングされる。

【0022】

図 23 に示されるように、フォトリソパターン 132 が除去される。次に、残りの窒化物層 120 がエッチングされる（例えば、窒化物だけを除去する熱リン酸を使用する）。

【0023】

次に、図 24 に示されるように、別の DRIE が行われ、したがってデバイス層 78 の残りの露出された部分が下方に酸化物層 80 の表面までエッチングされ、デバイス層 76 のちょうど今除去された窒化物層 120 によりこれまで保護されていた部分がエッチングされる。図 25 に示されるように、酸化物層 120 を除去した後にキャップウェーハ 90 がデバイス層 76 に接合される。

【0024】

図 26 に示されるように、ハンドル層 82 が除去され、それによって酸化物層 80 が露出される。フォトリソパターン 138 が酸化物層 80 の部分に施される。次に、図 27 に示されるように、露出されている酸化物層 80 の部分がエッチングされる。図 28 に示されるように、DRIE がデバイス層 78 の露出された領域に行われる。最後に、図 29 に示されるように、フォトリソパターン 138 が酸化物層 80 と同様に除去される。次に、キャップウェーハ 110 がデバイス層 78 に接合される。

【0025】

製造中に、電気リード線がステータの部分およびシステムの他の構成要素に取り付けら

れる。

独占的な権利または特権が請求される本発明の実施形態は、添付の特許請求の範囲のように定義される。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】従来技術で使用される楕円構造のスライスの断面図である。

【図2】本発明の実施形態に従って形成されたセンサシステムのブロック図である。

【図3】図1に示されたシステムの構成要素で使用する楕円構造のスライスの断面図である。

【図4】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。 10

【図5】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図6】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図7】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図8】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図9】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。 20

【図10】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図11】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図12】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図13】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図14】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。 30

【図15】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図16】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図17】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図18】本発明の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する製造プロセスのステップの断面スライス図である。

【図19】本発明の別の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する別の製造プロセスのステップの横断スライス図である。 40

【図20】本発明の別の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する別の製造プロセスのステップの横断スライス図である。

【図21】本発明の別の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する別の製造プロセスのステップの横断スライス図である。

【図22】本発明の別の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する別の製造プロセスのステップの横断スライス図である。

【図23】本発明の別の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する別の製造プロセスのステップの横断スライス図である。

【図24】本発明の別の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する別の製造プロセスの 50

トップの横断スライス図である。

【図 2 5】本発明の別の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する別の製造プロセスのステップの横断スライス図である。

【図 2 6】本発明の別の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する別の製造プロセスのステップの横断スライス図である。

【図 2 7】本発明の別の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する別の製造プロセスのステップの横断スライス図である。

【図 2 8】本発明の別の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する別の製造プロセスのステップの横断スライス図である。

【図 2 9】本発明の別の実施形態に従って垂直楕円構造を生成する別の製造プロセスのステップの横断スライス図である。 10

【符号の説明】

【0 0 2 7】

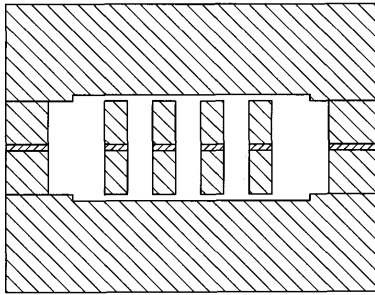
- 3 8 センサシステム
- 4 0 微小電気機械システムデバイス
- 4 2 ブルーフマス
- 4 4 ロータ歯
- 4 6 ステータ歯
- 4 8 ハウジング
- 5 0 空洞
- 6 0 サーボ／コントローラデバイス
- 6 2 第 1 のウェーハ
- 6 4 第 2 のウェーハ
- 6 6 側壁構造
- 6 8 絶縁層
- 7 0 シリコン・オン・インシュレータウェーハ
- 7 1 シリコン・オン・インシュレータウェーハ
- 7 2 ハンドル層
- 7 4 酸化物層
- 7 6 デバイス層
- 7 8 デバイス層
- 8 0 酸化物層
- 8 2 ハンドル層
- 8 4 酸化物層
- 8 8 フォトレジストマスクパターン
- 9 0 第 1 のキャップウェーハ
- 9 4 窒化物層
- 9 8 フォトレジスト
- 1 0 0 酸化物層
- 1 0 4 フォトレジストパターン
- 1 1 0 第 2 のキャップウェーハ
- 1 2 0 窒化物層
- 1 2 2 フォトレジストマスク
- 1 3 0 酸化物層
- 1 3 2 フォトレジストパターン
- 1 3 8 フォトレジストパターン

20

30

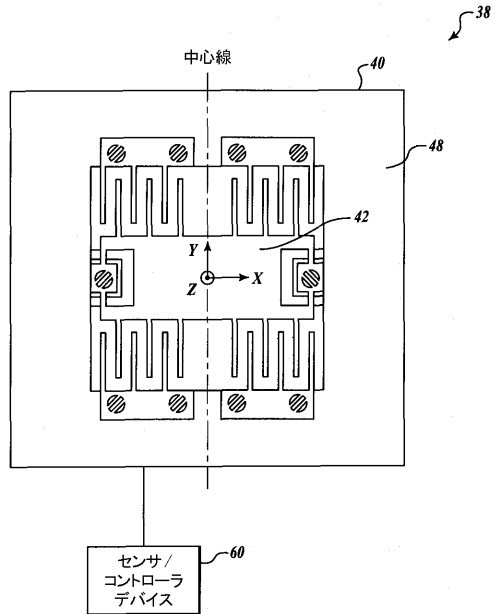
40

【図 1】

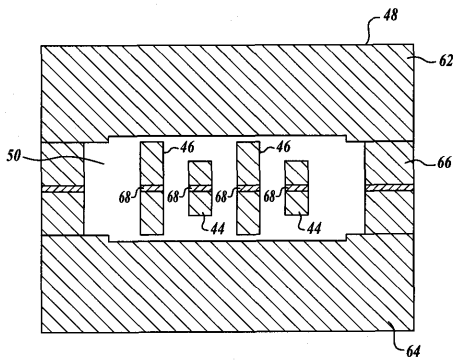


(先行技術)

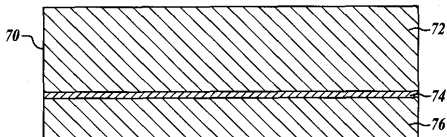
【図 2】



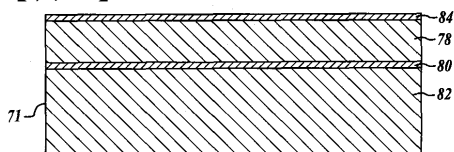
【図 3】



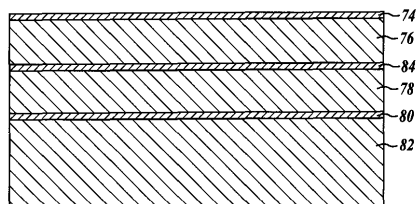
【図 4】



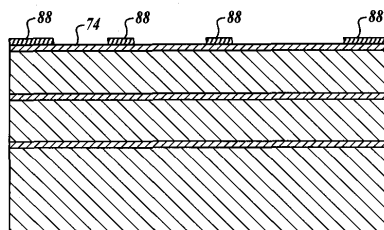
【図 5】



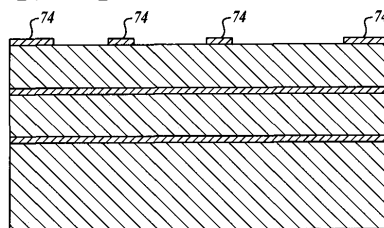
【図 6】



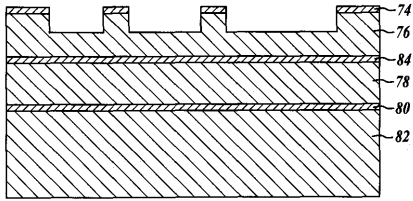
【図 7】



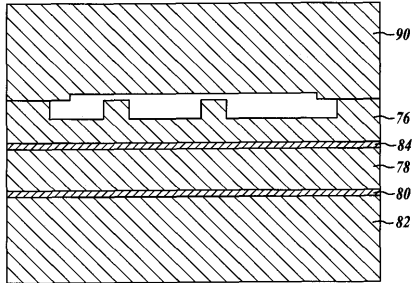
【図 8】



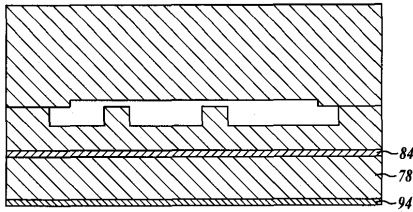
【図 9】



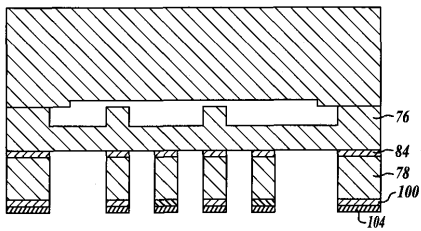
【図 10】



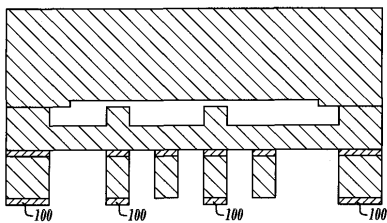
【図 11】



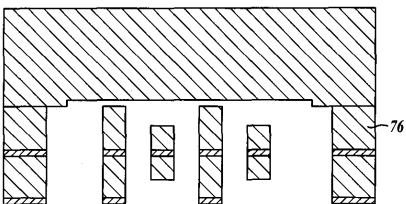
【図 15】



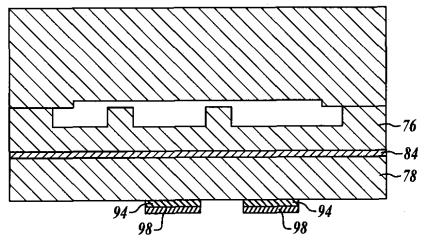
【図 16】



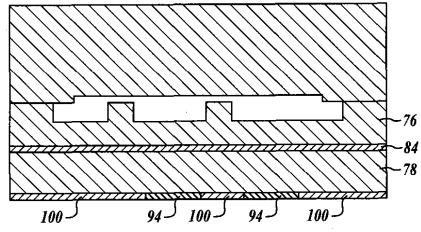
【図 17】



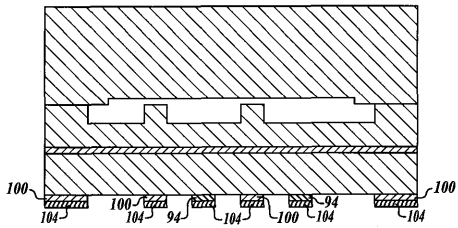
【図 12】



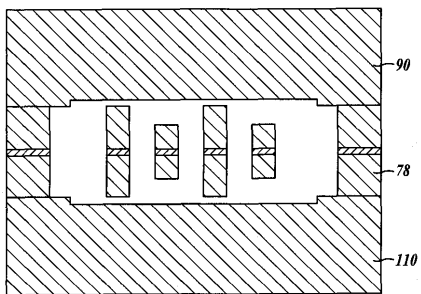
【図 13】



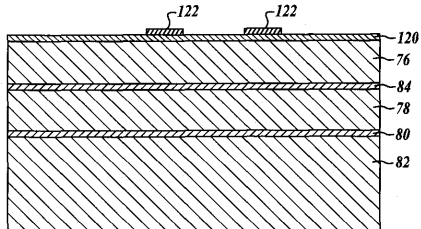
【図 14】



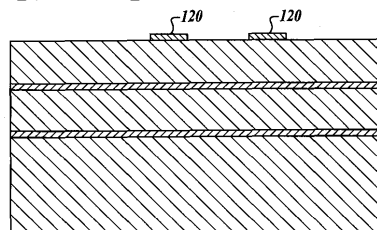
【図 18】



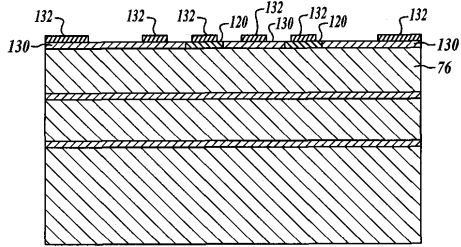
【図 19】



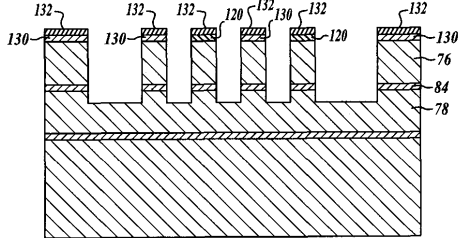
【図 20】



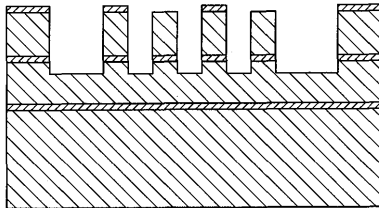
【図 2 1】



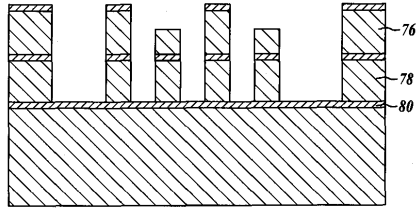
【図 2 2】



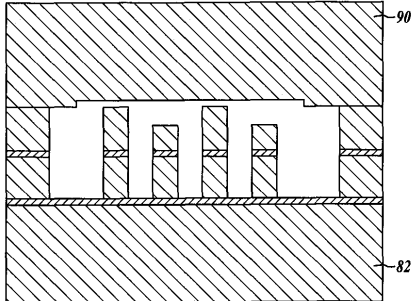
【図 2 3】



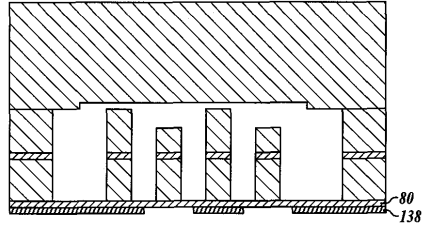
【図 2 4】



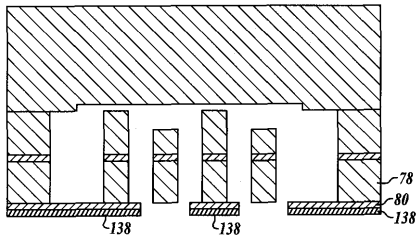
【図 2 5】



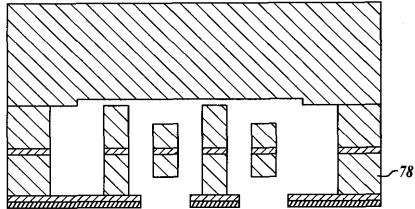
【図 2 6】



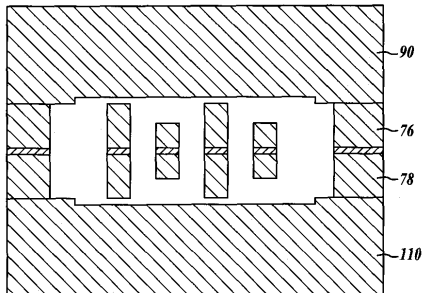
【図 2 7】



【図 2 8】



【図 2 9】



フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100107696

弁理士 西山 文俊

(72)発明者 ピーター・エイチ・ラフォンド

アメリカ合衆国ワシントン州 9 8 0 5 2 - 5 2 6 2, レッドモンド, ワンハンドレッドアンドフィ
フティナインス・アベニュー・ノースイースト 4 8 1 2

(72)発明者 リャンチョン・ユ

アメリカ合衆国ワシントン州 9 8 0 5 3, レッドモンド, トゥハンドレッドアンドトゥエンティフ
ィフス・テラス・ノースイースト 1 0 1 1 2

Fターム(参考) 2F105 BB13 BB15 CC04 CD03 CD13

3C081 BA07 BA33 BA44 BA48 CA02 CA14 CA15 CA26 CA32 DA04

EA02

【外国語明細書】
2007309936000001.pdf