

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2006年3月23日 (23.03.2006)

PCT

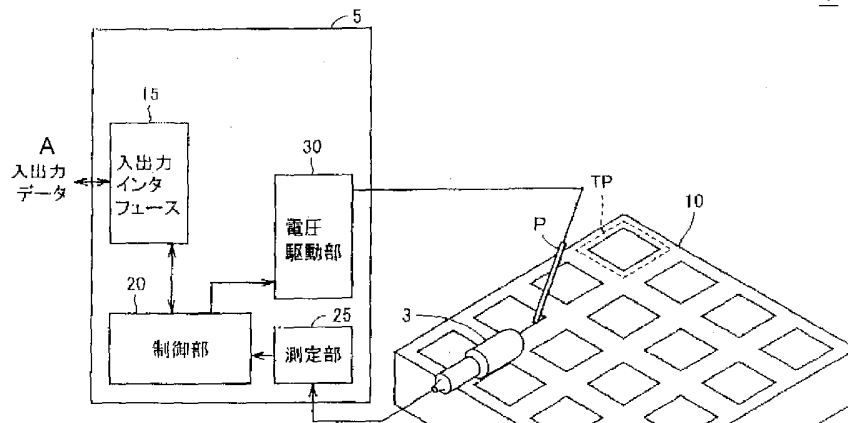
(10) 国際公開番号  
WO 2006/030716 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01N 29/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/016663
- (22) 国際出願日: 2005年9月9日 (09.09.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-265385 2004年9月13日 (13.09.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社オクテック (OCTEC INC.) [JP/JP]; 〒1600011 東京都新宿区若葉一丁目2番地1-103 Tokyo (JP). 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1078481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 八壁 正巳 (YAKABE, Masami) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロンAT株式会社内 Hyogo (JP). 松本 俊行 (MATSUMOTO, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロンAT株式会社内 Hyogo (JP). 池内 直樹 (IKEUCHI, Naoki) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロンAT株式会社内 Hyogo (JP). 奥村 勝弥 (OKUMURA, Katsuya) [JP/JP]; 〒1600011 東京都新宿区若葉一丁目2番地1-103 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 伊藤 英彦, 外 (ITO, Hidehiko et al.); 〒5420082 大阪府大阪市中央区島之内1丁目21番19号 協和島之内ビル アイミー国際特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

[ 続葉有 ]

(54) Title: MICROSTRUCTURE INSPECTING APPARATUS AND MICROSTRUCTURE INSPECTING METHOD

(54) 発明の名称: 微小構造体の検査装置および微小構造体の検査方法



- A... INPUT/OUTPUT DATA
- 15... INPUT/OUTPUT INTERFACE
- 20... CONTROL PART
- 30... VOLTAGE DRIVING PART
- 25... MEASURING PART

(57) Abstract: A voltage is applied to a chip (TP) by a voltage driving part (30) through a probe needle (P) and a movable part of a microstructure is moved. A sound generated in response to the movement of the movable part of the microstructure is detected by a microphone (3). Then, the sound detected by the microphone (3) is measured by a measuring part (25), and characteristics of the detecting chip (TP) are evaluated by a control part (20) based on comparison with a sound detected from an ideal chip (TP).

(57) 要約: 電圧駆動部30よりプローブ針Pを介して電圧をチップTPに印加して、微小構造体の可動部を動かす。微小構造体の可動部の動きに反応して発生する音をマイ

[ 続葉有 ]



WO 2006/030716 A1



DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 微小構造体の検査装置および微小構造体の検査方法

## 技術分野

[0001] 本発明は、微小構造体たとえばMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) を検査する検査装置および検査方法に関する。

## 背景技術

[0002] 近年、特に半導体微細加工技術等を用いて、機械・電子・光・化学等の多様な機能を集積化したデバイスであるMEMSが注目されている。これまでに実用化されたMEMS技術としては、たとえば自動車・医療用の各種センサとしてマイクロセンサである加速度センサや圧力センサ、エアフローセンサ等にMEMSデバイスが搭載されてきている。

[0003] また、インクジェットプリンタヘッドにこのMEMS技術を採用することにより、インクを噴出するノズル数の増加と正確なインクの噴出とが可能となり、画質の向上と印刷スピードの高速化とを図ることが可能となっている。さらには反射型のプロジェクタにおいて用いられているマイクロミラーアレイ等も一般的なMEMSデバイスとして知られている。また、今後MEMS技術を利用したさまざまなセンサやアクチュエータが開発されることにより光通信・モバイル機器への応用、計算機への周辺機器への応用、さらにはバイオ分析や携帯用電源への応用へと展開することが期待されている。技術調査レポート第3号(経済産業省産業技術環境局技術調査室 製造産業局産業機械課 発行 平成15年3月28日)には、MEMSに関する技術の現状と課題という議題で種々のMEMS技術が紹介されている。

[0004] 一方で、MEMSデバイスの発展に伴い、それを適切に検査する方式も重要となってくる。たとえば、加速度センサ等の微小な可動部を有する構造体は、微小な動きに対してもその応答特性が変化するデバイスである。したがって、その特性を評価するためには精度の高い検査をする必要がある。

[0005] 例えば、そのデバイスの特性を評価するために予めテスト用パッドを設けて、所定のテストパターンに従うテスト用パッドからの出力特性を検出し、解析することによって

デバイスの特性を評価する方式が挙げられる。あるいは、レーザ変位計等を用いて、微小構造体の微小な可動部の変位量を検知することによって、その特性を評価することも考えられる。

- [0006] しかしながら、テスト用パッドとして、通常デバイスに予め設けられているパッドのうち使用されていない空きパッドを用いることが想定されるが、レイアウト等の制約によりパッドの個数には制限があるなかで空きパッドを利用することは、近年のデバイスの多機能化に伴いますます難しくなっている。
- [0007] また、テスト用の特別なパッドを新たに設けることも考えられるが、チップ面積が大きくなり製造コストが掛かるという問題もある。
- [0008] また、レーザ変位計等は、レーザ光の照射に応答した測定値によりデバイスの特性を評価するものであるが、レーザ光が照射できない部分に対しては、適用することはできないという問題がある。
- [0009] さらに、デバイスの内部破壊や目視検査が困難な外部破壊等を非破壊検査するという事は非常に困難であり、それを実行する場合においては非常に高価なテストを用いなければならないという問題がある。

#### 発明の開示

- [0010] 本発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであって、簡易な方式で微小な可動部を有する構造体を精度よく検査する微小構造体の検査装置および微小構造体の検査方法を提供することを目的とする。
- [0011] 本発明に係る微小構造体の検査装置は、可動部を有する微小構造体の特性を評価するものであって、微小構造体の可動部に動きを与える電氣的駆動手段と、駆動手段に基づく微小構造体の可動部の動きにより出力される音を検出し、その検出結果に基づいて微小構造体の特性を評価する特性評価手段とを備える。
- [0012] 微小構造体は、例えば、基板上にアレイ状に複数個配置されている。
- [0013] 上記の特性評価手段は、好ましくは、微小構造体の可動部の動きに応答して出力される音を検出するための測定手段と、測定手段により検出された音の信号特性と所定のしきい値となる音の信号特性との比較に基づいて微小構造体の特性を評価する判定手段とを含む。

- [0014] 一つの実施形態では、測定手段は、音の周波数特性を検出するものであり、判定手段は、測定手段により検出された音の周波数特性と、所定のしきい値となる音の周波数特性とを比較して微小構造体の特性を評価する。
- [0015] 他の実施形態では、測定手段は、音の振幅を検出するものであり、判定手段は、測定手段により検出された音の振幅と、所定のしきい値となる音の振幅とを比較して微小構造体の特性を評価する。
- [0016] さらに他の実施形態では、測定手段は、音の位相特性を検出するものであり、判定手段は、測定手段により検出された音の位相特性と、所定のしきい値となる音の位相特性とを比較して微小構造体の特性を評価する。
- [0017] 微小構造体は、例えば、スイッチ、加速度センサ、角速度センサ、圧力センサおよびマイクロホンからなる群から選ばれた少なくとも一つの素子である。加速度センサは、例えば、多軸加速度センサであり、角速度センサは、例えば、多軸角速度センサである。
- [0018] 本発明に係る微小構造体の検査方法は、微小構造体の可動部に電気的手段によって動きを与えるステップと、微小構造体の可動部の動きにより出力される音を検出するステップと、音の検出結果に基づいて微小構造体の特性を評価するステップとを備える。
- [0019] 上記の特性評価ステップは、好ましくは、検出した音の信号特性と、所定のしきい値となる音の信号特性とを比較することを含む。
- [0020] 一つの実施形態では、音検出ステップは、音の周波数特性を検出することを含み、特性評価ステップは、検出した音の周波数特性と、所定のしきい値となる音の周波数特性とを比較することを含む。
- [0021] 他の実施形態では、音検出ステップは、音の振幅を検出することを含み、特性評価ステップは、検出した音の振幅と、所定のしきい値となる音の振幅とを比較することを含む。
- [0022] さらに他の実施形態では、音検出ステップは、音の位相特性を検出することを含み、特性評価ステップは、検出した音の位相特性と、所定のしきい値となる音の位相特性とを比較することを含む。

[0023] 本発明に係る微小構造体の検査装置および微小構造体の検査方法は、微小構造体の可動部の動きにより出力される音を検出し、検出結果に基づいて微小構造体の特性を評価する。したがって、検出用の特別なテストパッド等を設ける必要はなく、簡易にテストを実行することができる。また、非破壊でデバイスの内部破壊や目視検査が困難な外部破壊等を検査することができる。

#### 図面の簡単な説明

- [0024] [図1]本発明の実施の形態に従う微小構造体の検査システム1の概略構成図である。
- [図2A]カンチレバー型のMEMSスイッチが静止している状態を概略的に説明する概念図である。
- [図2B]カンチレバー型のMEMSスイッチが動作している状態を概略的に説明する概念図である。
- [図3]本発明の実施の形態に従う微小構造体の検査方法について説明するフローチャート図である。
- [図4]電子ビーム照射器の照射窓にメンブレン構造が用いられている場合を説明する図である。
- [図5]本発明の実施の形態に従う微小構造体の検査システム1#の一部を説明する概念図である。
- [図6]測定治具45およびその上に載せられた電子ビーム照射器の照射窓80を詳細に説明する図である。
- [図7]測定治具45およびその上に載せられた電子ビーム照射器の照射窓80を詳細に説明する別の図である。
- [図8]3軸加速度センサのデバイスを上面から見た図である。
- [図9]3軸加速度センサの概略図である。
- [図10]各軸方向の加速度を受けた場合の重錘体とビームの変形を説明する概念図である。
- [図11A]X(Y)軸におけるホイートストンブリッジの回路構成図である。
- [図11B]Z軸におけるホイートストンブリッジの回路構成図である。
- [図12A]3軸加速度センサの傾斜角に対する出力応答を説明する図であり、X軸周り

に回転させたときのデータを示している。

[図12B]3軸加速度センサの傾斜角に対する出力応答を説明する図であり、Y軸周りに回転させたときのデータを示している。

[図12C]3軸加速度センサの傾斜角に対する出力応答を説明する図であり、Z軸周りに回転させたときのデータを示している。

[図13]重力加速度(入力)とセンサ出力との関係を説明する図である。

[図14A]3軸加速度センサの周波数特性を説明する図であり、X軸のセンサ出力の周波数特性を示している。

[図14B]3軸加速度センサの周波数特性を説明する図であり、Y軸のセンサ出力の周波数特性を示している。

[図14C]3軸加速度センサの周波数特性を説明する図であり、Z軸のセンサ出力の周波数特性を示している。

[図15]測定治具について、3軸加速度センサのデバイス下側に設けられた図である。

[図16A]3軸加速度センサのテストにおいて、デバイス側面から見た概略図であり、測定治具に設けられた電極を示している。

[図16B]3軸加速度センサのテストにおいて、デバイス側面から見た概略図であり、測定治具に載せられた3軸加速度センサのチップを示している。

[図16C]3軸加速度センサのテストにおいて、デバイス側面から見た概略図であり、電圧印加状態における3軸加速度センサの動きを示している。

[図17]他の測定治具について、3軸加速度センサのデバイス下側に設けられた図である。

### 発明を実施するための最良の形態

[0025] 以下、この発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付し、その説明は繰返さない。

[0026] 図1は、本発明の実施の形態に従う微小構造体の検査システム1の概略構成図である。

[0027] 図1を参照して、本発明の実施の形態に従う検査システム1は、テスト(検査装置)5と、微小な可動部を有する微小構造体のチップTPが複数形成された基板10とを備

える。

- [0028] テスタ5は、検出チップTPから出力される音を検出するマイク3と、外部とテスト内部との間で入出力データの授受を実行するための入出力インタフェース15と、テスト5全体を制御するとともに測定部25により検出された音を解析する制御部20と、マイク3により検出された音を測定する測定部25と、チップTPの可動部に対して動きを与えるための電気信号である電圧を出力する電圧駆動部30とを備える。なお、マイク3はテスト対象物近傍に配置されているものとする。また、図1においては、図示しないチップTPのパッドに電圧駆動部30からプローブ針Pを介して所定の電圧が印加されているものとする。なお、本例においては、電気的作用によりチップTPの可動部を動かす場合について説明するがこれに限られず別の手段たとえば磁気的作用等によりチップTPの可動部を動かすことも可能である。
- [0029] 本例においては、一例としてカンチレバー型のMEMSスイッチ(以下、単にスイッチとも称する)を用いてテストする場合について説明する。
- [0030] 図2Aは、カンチレバー型のMEMSスイッチが静止している状態を概略的に説明する概念図である。スイッチは、基板50と、カンチレバー51と、制御電極52と、カンチレバー接合部53と、接合電極54とで構成される。
- [0031] 図2Bは、スイッチが動作する場合を説明する図である。制御信号が制御電極52に与えられるとカンチレバー51が制御電極52側に引付けられる。これによりカンチレバー接合部53が接合電極54と接触する。これによりスイッチがオン状態となる。一例としてパルス状の「H」レベルあるいは「L」レベルの制御信号が制御電極52に与えられるとすると、カンチレバー接合部53は上下に動作して接合電極54と接合状態／非接合状態を繰り返す。なお、制御信号が「L」レベルの状態において図2Aの状態、制御信号が「H」レベルの状態において図2Bの状態となる。
- [0032] 図3のフローチャート図を用いて、本発明の実施の形態に従う微小構造体の検査方法について説明する。図3を参照して、まず微小構造体の検査(テスト)を開始(スタート)する(ステップS0)。次に検査チップTPに対してテスト信号を入力する(ステップS1)。具体的には図1で示されるように所定のパッドPDにプローブ針Pが接触され、電圧駆動部30により、テスト信号である所定のパルス状の出力電圧が制御電極52



に印加される。なお、テスト信号は、外部から入力される入出力データに基づいて入出力インタフェース15を介して制御部20に入力され、制御部20が所定のテスト信号となる出力電圧を出力するように電圧駆動部30を指示するものとする。

[0033] そして、テスト信号により、検出チップTPの可動部が動作する(ステップS2)。具体的には、図2で説明したように、制御電極52にテスト信号を印加することにより、スイッチが動作して、カンチレバー接合部53と接合電極54とが接合状態となる。この接合状態の際に発生する接触音(打撃音)をマイク3で検出する。すなわち検出チップの可動部であるカンチレバー接合部53の音を検出する(ステップS3)。

[0034] 次に、制御部20は、マイク3により検出された検出音に基づく検出チップの特性値を評価する(ステップS4)。

[0035] 次に、制御部20は、測定された特性値すなわち測定データが許容範囲であるかどうかを判定する(ステップS6)。

[0036] 具体的には、測定部25により検出された検出音の信号特性と予め定められているしきい値となる信号特性とを比較して、比較結果に基づいて評価する。そして、比較結果により許容範囲か否かを判定する。検出音の信号特性の比較方式としては種々の方式が考えられるが、一例として理想的なチップから検出された理想的な検出音を基準音として比較することができる。基準音の音圧、スペクトラムや周波数特性、あるいは振幅および位相特性等を基準すなわちしきい値として、それとの比較により検出チップの検出音を評価することができる。たとえば、検出チップから検出された検出音が基準音の周波数特性と比較して全く異なる周波数特性を示せば検出チップは不良であると判定することができる。あるいは、検出音の振幅と、基準音の振幅とを比較することにより検出チップの特性を評価することができる。さらに、検出音の位相と、基準音の位相とを比較することにより検出チップの特性を評価することができる。また、これらを全て組み合わせて比較し、検出チップの特性を評価することも可能である。

[0037] ステップS6において、許容範囲であると判定された場合には合格であるとし(ステップS7)、データの出力および保存を実行する(ステップS8)。なお、データの保存については図示しないが、制御部20からの指示に基づいてテスト5内部に設けられた

メモリ等の記憶部に記憶されるものとする。また、制御部20は、測定部25からの測定データに基づき検出チップを判定する判定部としての役割も果たしている。

[0038] ステップS9において、次に検査するチップがない場合には微小構造体の検査(テスト)を終了する(ステップS10)。一方、ステップS9において、さらに次の検査すべきチップがある場合には、最初のステップS1に戻り再び上述した検査を実行する。

[0039] ここで、ステップS6において、制御部20は測定された特性値すなわち測定データが許容範囲ではないと判定した場合には不合格(ステップS11)であるとし、再検査する(ステップS12)。具体的には再検査により、許容範囲外であると判定されるチップについては除去することができる。あるいは、許容範囲外であると判定されるチップであっても複数のグループに分けることができる。すなわち厳しいテスト条件にクリアできないチップであっても、保守・補正等を行なうことにより實際上出荷しても問題もないチップも多数存在することが考えられる。したがって、再検査等によるそのグループ分けを実行することによりチップを選別し、選別結果に基づいて出荷することも可能である。

[0040] 本発明の微小構造体の検査方法により、可動部から発生する音を検出して、微小構造体の特性を評価することができるため検出用の特別なテストパッド等を設ける必要はなく、簡易にテストを実行することができる。さらに、可動部の動きにより発生する音を検出して、音の信号特性によりデバイスを評価する方法であるため、デバイスの内部破壊や目視検査が困難な外部破壊等を検査することができる。したがって、レーザが照射されない部分や、デバイスを破壊しなければ検査することができない部分についても検査することができ簡易かつ低コストな検査を実行することができる。

[0041] 次に、検出チップとしてメンブレン構造の微小構造体を検査する場合について説明する。

[0042] 図4は、電子ビーム照射器の照射窓にメンブレン構造が用いられている場合を説明する図である。図4に示されているように、真空管81から大気中に対して電子ビームEBが出射される照射窓80の一部が示されており、その拡大した断面構造に示されるように薄膜のメンブレン構造が採用されている。なお、図4では単一材料にメンブレンが形成され、かつ1つのメンブレン構造のみが図示されているが、複数の材料で多

層膜構造として形成される場合や、あるいは複数のメンブレン構造がアレイ状に配置された照射窓とすることも可能である。このような可動部を有する機械部品であっても、本発明の実施の形態に従う検査方法によって、膜の破損やクラックの有無や膜質の検査等を実行することが可能である。

[0043] 図5は、本発明の実施の形態に従う微小構造体の検査システム1#の一部を説明する概念図である。具体的には、本発明の実施の形態に従う検査システム1#は、テスト5と、測定治具45を含む。テスト5については、図1で説明したのと同様であるのでその詳細な説明は繰返さない。また、電圧駆動部30は、プローブ針Pを介して測定治具45のパッドPD#と電氣的に結合されている。

[0044] 図5においては1つのパッドPD#とプローブ針Pとが電氣的に結合されている場合が一例として示されている。そして、この測定治具45の表面に、電極EDと照射窓80とが直接接触しないようにスペーサ47が設けられている。

[0045] 図6は、測定治具45およびその上に載せられた電子ビーム照射器の照射窓80を詳細に説明する図である。図6を参照して、測定治具45の表面に電極EDが設けられている。そして電極EDと照射窓80との間において所定間隔Lを確保するためのスペーサ47が設けられている。また、電極PDと外部パッドPD#とは上述したように電氣的に結合されている。

[0046] 検査方法については、図3で説明したのと同様の方式に従って実行される。すなわち、電圧駆動部30からプローブ針Pを介して電圧を印加することにより、メンブレンと電極EDとの間の静電引力に基づいてメンブレンが測定治具45に吸引され、この吸引動作を周期的に実行することによりメンブレン構造を有するデバイスから出力された検出音をマイク3で検出する。そして、測定部25において検出された検出音を測定し、制御部20においてその判定を実行する。

[0047] 図7は、測定治具45およびその上に載せられた電子ビーム照射器の照射窓80を詳細に説明する別の図である。図7を参照して、図6に示される照射窓80と比較して異なる点は、図6に示されるメンブレン構造の照射窓80は下向きとして配置されているのに対し、図7に示されるメンブレン構造の照射窓80は上向きとして配置されている。また電極EDの上にスペーサ48と、サブ電極EDaを設け、スペーサ48を貫通す

るコンタクトホールにより電極EDとサブ電極EDaとが電氣的に結合されている。そして、図6で説明したように電極すなわちサブ電極EDaとメンブレン構造との距離がLとなるように設定されている。この場合においても図6における場合と同様の方式に従って微小構造体の検査を実行することができる。

[0048] 次に、別の微小構造体である3軸加速度センサについて説明する。

[0049] 図8は、3軸加速度センサのデバイスを上面から見た図である。図8に示されるように、基板に形成されるチップには、複数のパッドPDがその周辺に配置されている。そして電気信号をパッドPDに対して伝達あるいはパッドから伝達するために金属配線が設けられている。そして中央部には、クローバー型を形成する4つの重錘体ARが配置されている。

[0050] 図9は、3軸加速度センサの概略図である。図9を参照して、この3軸加速度センサはピエゾ抵抗型であり、検出素子であるピエゾ抵抗素子が拡散抵抗として設けられている。このピエゾ抵抗型の加速度センサは、安価なICプロセスを利用できるとともに、検出素子である抵抗素子を小さく形成しても感度低下がないため、小型化・低コスト化に有利である。

[0051] 具体的な構成としては中央の重錘体ARは4本のビームBMで支持した構造となっている。ビームBMは、X, Yの2軸方向で互いに直交するように形成されており、1軸当りに4つのピエゾ抵抗素子を備えている。Z軸方向検出用の4つのピエゾ抵抗素子は、X軸方向検出用ピエゾ抵抗素子の横に配置されている。重錘体ARの上面形状はクローバー型を形成し、中央部でビームBMと連結されている。このクローバー型構造を採用することにより重錘体ARを大きくすると同時にビーム長も長くすることができるため、小型であっても高感度な加速度センサを実現することが可能である。

[0052] このピエゾ抵抗型の3軸加速度センサの動作原理は、重錘体の加速度(慣性力)を受けると、ビームBMが変形し、その表面に形成されたピエゾ抵抗素子の抵抗値の変化により加速度を検出するメカニズムである。そしてこのセンサ出力は3軸それぞれ独立に組込まれた後述するホイートストンブリッジの出力から取出す構成に設定されている。

[0053] 図10は、各軸方向の加速度を受けた場合の重錘体とビームの変形を説明する概

念図である。図10に示されるように、ピエゾ抵抗素子は、加えられた歪みによってその抵抗値が変化する性質(ピエゾ抵抗効果)を持っており、引張り歪みの場合は抵抗値が増加し、圧縮歪みの場合は抵抗値が減少する。本例においては、X軸方向検出用ピエゾ抵抗素子Rx1~Rx4、Y軸方向検出用ピエゾ抵抗素子Ry1~Ry4およびZ軸方向検出用ピエゾ素子Rz1~Rz4が一例として示されている。

- [0054] 図11Aは、X(Y)軸におけるホイートストンブリッジの回路構成図である。X軸およびY軸の出力電圧としてはそれぞれVxoutおよびVyoutとする。
- [0055] 図11Bは、Z軸におけるホイートストンブリッジの回路構成図である。Z軸の出力電圧としてはVzoutとする。
- [0056] 上述したように加えられた歪みによって各軸4つのピエゾ抵抗素子の抵抗値は変化し、この変化に基づいて各ピエゾ抵抗素子はたとえばX軸、Y軸においては、ホイートストンブリッジで形成される回路の出力各軸の加速度成分が独立に分離された出力電圧として検出される。なお、上記の回路が構成されるように図8で示されるような上述した金属配線等が連結され、所定のパッドから各軸に対する出力電圧が検出されるように構成されている。
- [0057] また、この3軸加速度センサは、加速度のDC成分も検出することができるため、重力加速度を検出する傾斜角センサすなわち角速度センサとしても用いることが可能である。
- [0058] 図12A, 図12B, 図12Cは、3軸加速度センサの傾斜角に対する出力応答を説明する図である。これらの図に示されるように、センサをX, Y, Z軸回りに回転させ、X, Y, Z軸それぞれのブリッジ出力をデジタルボルトメータで測定したものである。センサの電源としては低電圧電源+5ボルトを使用している。なお、図12A, B, Cに示される各測定点は、各軸出力のオフセットを算術的に減じた値がプロットされている。
- [0059] 図13は、重力加速度(入力)とセンサ出力との関係を説明する図である。図13に示されるように入出力関係は図12A, B, Cの傾斜角の余弦からX, Y, Z軸にそれぞれかかわっている重力加速度成分を計算し、重力加速度(入力)とセンサ出力との関係を求めてその入出力の線形性を評価したものである。すなわち加速度と出力電圧との関係はほぼ線形である。

- [0060] 図14A、図14B、図14Cは、3軸加速度センサの周波数特性を説明する図である。これらの図に示されるように、X、Y、Z軸それぞれのセンサ出力の周波数特性は、一例として3軸ともに200Hz付近まではフラットな周波数特性を示しており、X軸においては602Hz、Y軸においては600Hz、Z軸においては883Hzにおいて共振している図が示されている。
- [0061] したがって、例えばこの図14A、B、Cの周波数特性から3軸加速度センサの動きにより共振周波数の際に応答して共振音が検出されるかどうかを評価することによりデバイスの特性を評価することも可能である。
- [0062] この3軸加速度センサについても、図5で説明した検査システム1#と同様の方式により検査することができる。
- [0063] 図15は、測定治具について、3軸加速度センサのデバイス下側に設けられた図である。図15を参照して、3軸加速度センサの下部に図示しない測定治具に設けられた電極ED#が示されている。具体的には、各重錘体ARに対応して電極ED#が設けられている。この電極ED#は、図示しないが図5で説明したのと同様、プローブ針等を介してテスト5の電圧駆動部30と電氣的に結合されているものとする。
- [0064] 図16A、図16B、図16Cは、3軸加速度センサのテストにおいて、デバイス側面から見た概略図である。
- [0065] 図16Aには、測定治具90に設けられた電極ED#a、ED#bが示されている。上述したように電極ED#a、ED#bは、テスト5の電圧駆動部30と電氣的に結合されており、所定の電圧が印加される。
- [0066] 図16Bは、定常状態において、測定治具90に載せられた3軸加速度センサのチップTP#を説明する図である。図16Bに示されるように、重錘体ARの下部領域に電極ED#a、ED#bが配置されている。
- [0067] 図16Cは、電圧印加状態において、測定治具90に載せられた3軸加速度センサの動きを説明する図である。図16Cに示されるように、電極ED#a、ED#bに電圧を印加した場合には、静電引力に基づいて電極側に重錘体ARが吸引される。検査方法については、図3で説明したのと同様の方式に従って実行される。すなわち、電圧駆動部30からの電圧を印加することにより、電極ED#と重錘体ARとの間の静電引力

に基づいて測定治具90に吸引され、この吸引動作を周期的に実行することにより、重錘体ARにおいて出力された検出音をマイク3で検出する。そして、測定部25において検出された検出音を測定し、制御部20においてその判定を実行する。

[0068] 図17は、他の測定治具について、3軸加速度センサのデバイス下側に設けられた図である。図17に示されるように、各重錘体ARに対応して電極を各々設ける必要はなく、一つの電極EDDを用いて同様の方式に従って検査することも可能である。

[0069] 本例では、ピエゾ抵抗型の3軸加速度センサを代表的に用いて説明したが、容量検出型の3軸加速度センサについても、同様の検査を実行することができる。なお、容量検出型の3軸加速度センサの場合については、静電容量を検出するための電極にたとえば重錘体を動かすためのテスト信号を印加する。このテスト信号に応答して重錘体を動かすことにより上記で説明したのと同様の検査を実行し、判定することも可能である。この場合においては、上記で説明した測定治具に設けられた電極等は不要となり、テスト等をより簡易な設計とすることができる。

[0070] なお、上記の音を検出する環境については空気中である場合を想定しているがこれに限られず音が減衰しにくい液体中で検査を実行することにより感度よく音を検出し、精度の高い検査を実行することも可能である。

[0071] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

#### 産業上の利用可能性

[0072] この発明は、微小構造体の検査装置および検査方法として有利に利用され得る。

## 請求の範囲

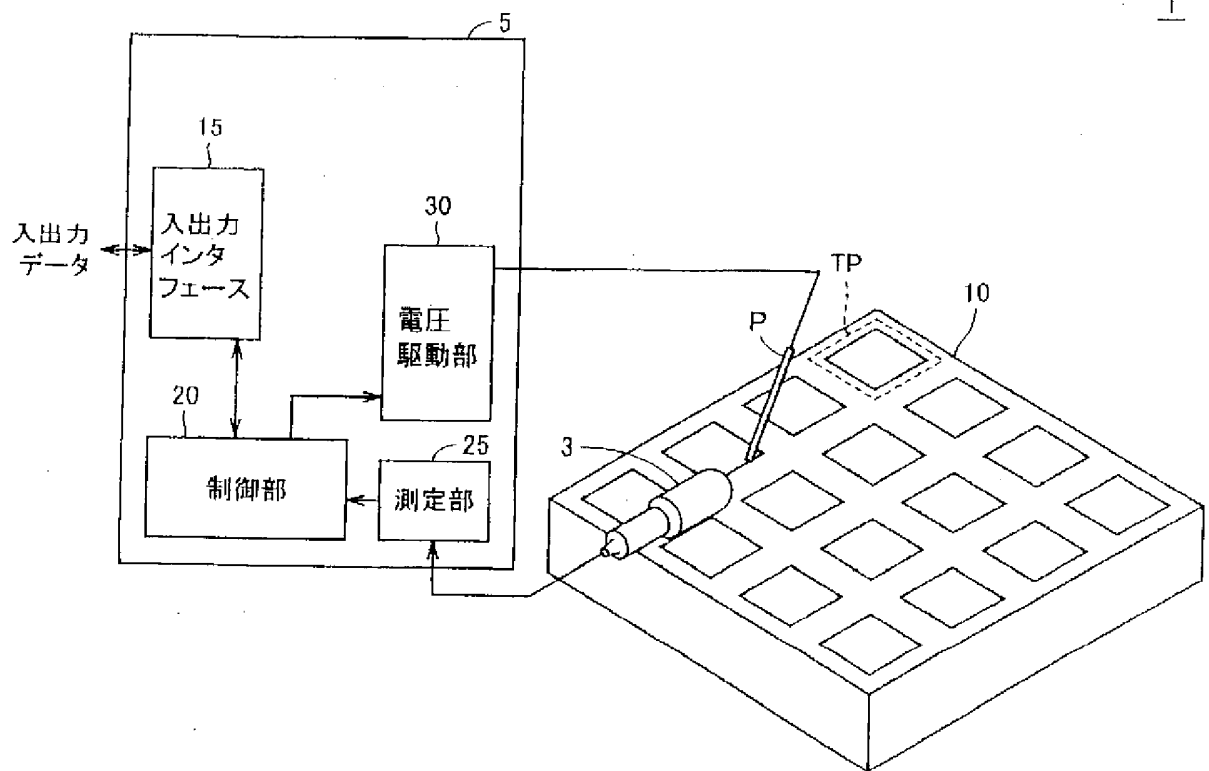
- [1] 可動部を有する微小構造体の特性を評価するための微小構造体の検査装置であつて、  
前記微小構造体の可動部に動きを与える電氣的駆動手段と、  
前記駆動手段に基づく前記微小構造体の可動部の動きにより出力される音を検出し、その検出結果に基づいて前記微小構造体の特性を評価する特性評価手段とを備える、微小構造体の検査装置。
- [2] 前記微小構造体は、基板上にアレイ状に複数個配置されている、請求項1に記載の微小構造体の検査装置。
- [3] 前記特性評価手段は、  
前記微小構造体の可動部の動きに応答して出力される音を検出するための測定手段と、  
前記測定手段により検出された音の信号特性と所定のしきい値となる音の信号特性との比較に基づいて前記微小構造体の特性を評価する判定手段とを含む、請求項1に記載の微小構造体の検査装置。
- [4] 前記測定手段は、音の周波数特性を検出するものであり、  
前記判定手段は、前記測定手段により検出された音の周波数特性と、所定のしきい値となる音の周波数特性とを比較して前記微小構造体の特性を評価する、請求項3に記載の微小構造体の検査装置。
- [5] 前記測定手段は、音の振幅を検出するものであり、  
前記判定手段は、前記測定手段により検出された音の振幅と、所定のしきい値となる音の振幅とを比較して前記微小構造体の特性を評価する、請求項3に記載の微小構造体の検査装置。
- [6] 前記測定手段は、音の位相特性を検出するものであり、  
前記判定手段は、前記測定手段により検出された音の位相特性と、所定のしきい値となる音の位相特性とを比較して前記微小構造体の特性を評価する、請求項3に記載の微小構造体の検査装置。
- [7] 前記微小構造体は、スイッチ、加速度センサ、角速度センサ、圧力センサおよびマ



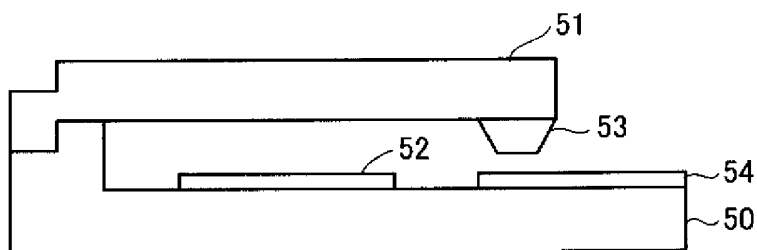
イクロホンからなる群から選ばれた少なくとも一つの素子である、請求項1に記載の微小構造体の検査装置。

- [8] 前記加速度センサは、多軸加速度センサであり、  
前記角速度センサは、多軸角速度センサである、請求項7に記載の微小構造体の検査装置。
- [9] 微小構造体の可動部に電気的手段によって動きを与えるステップと、  
前記微小構造体の可動部の動きにより出力される音を検出するステップと、  
前記音の検出結果に基づいて前記微小構造体の特性を評価するステップとを備える、微小構造体の検査方法。
- [10] 前記特性評価ステップは、検出した音の信号特性と、所定のしきい値となる音の信号特性とを比較することを含む、請求項9に記載の微小構造体の検査方法。
- [11] 前記音検出ステップは、音の周波数特性を検出することを含み、  
前記特性評価ステップは、検出した音の周波数特性と、所定のしきい値となる音の周波数特性とを比較することを含む、請求項9に記載の微小構造体の検査方法。
- [12] 前記音検出ステップは、音の振幅を検出することを含み、  
前記特性評価ステップは、検出した音の振幅と、所定のしきい値となる音の振幅とを比較することを含む、請求項9に記載の微小構造体の検査方法。
- [13] 前記音検出ステップは、音の位相特性を検出することを含み、  
前記特性評価ステップは、検出した音の位相特性と、所定のしきい値となる音の位相特性とを比較することを含む、請求項9に記載の微小構造体の検査方法。

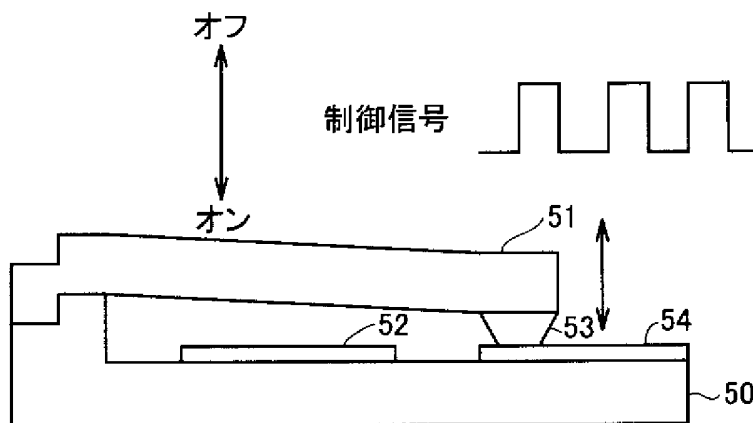
[図1]



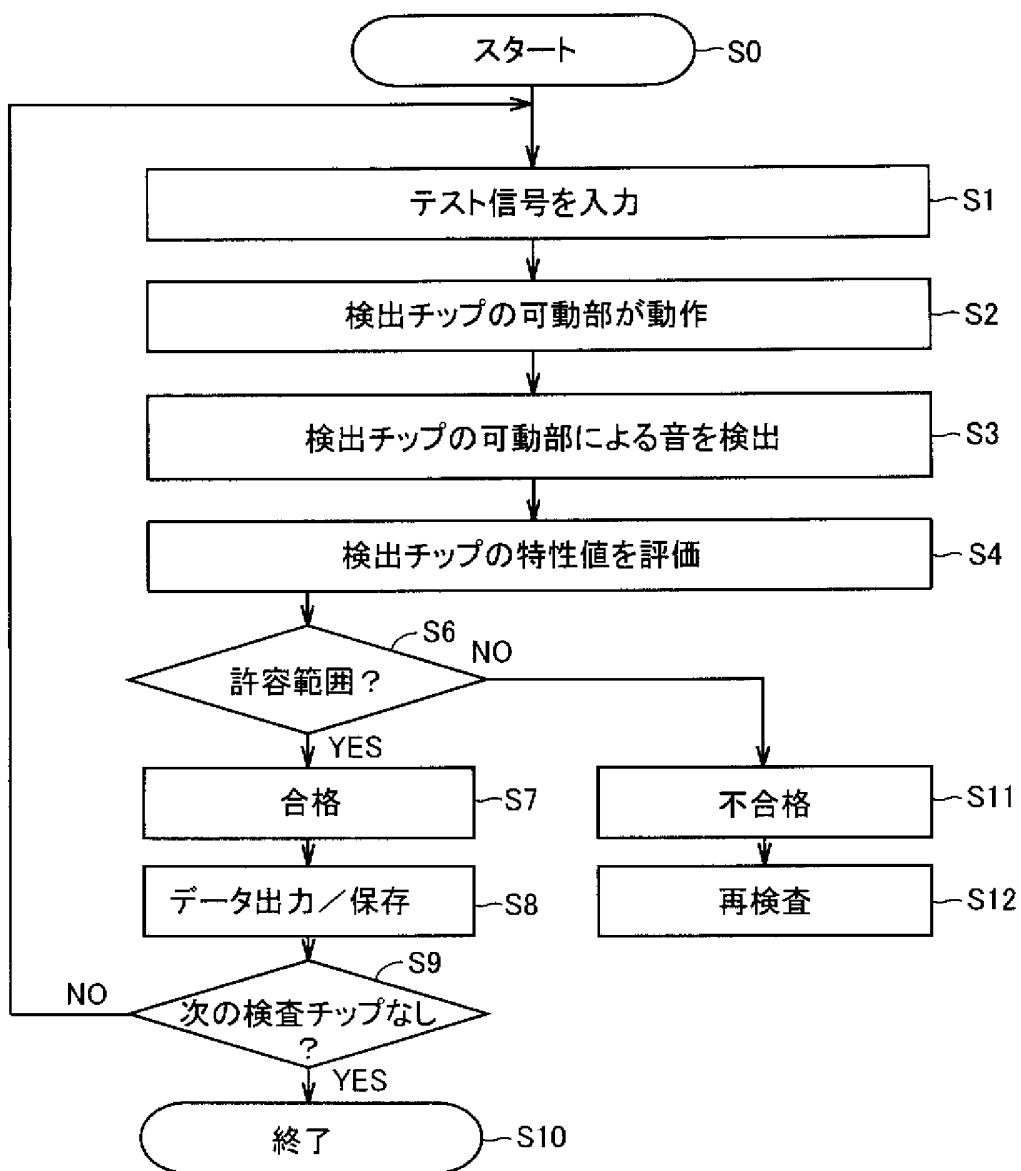
[図2A]



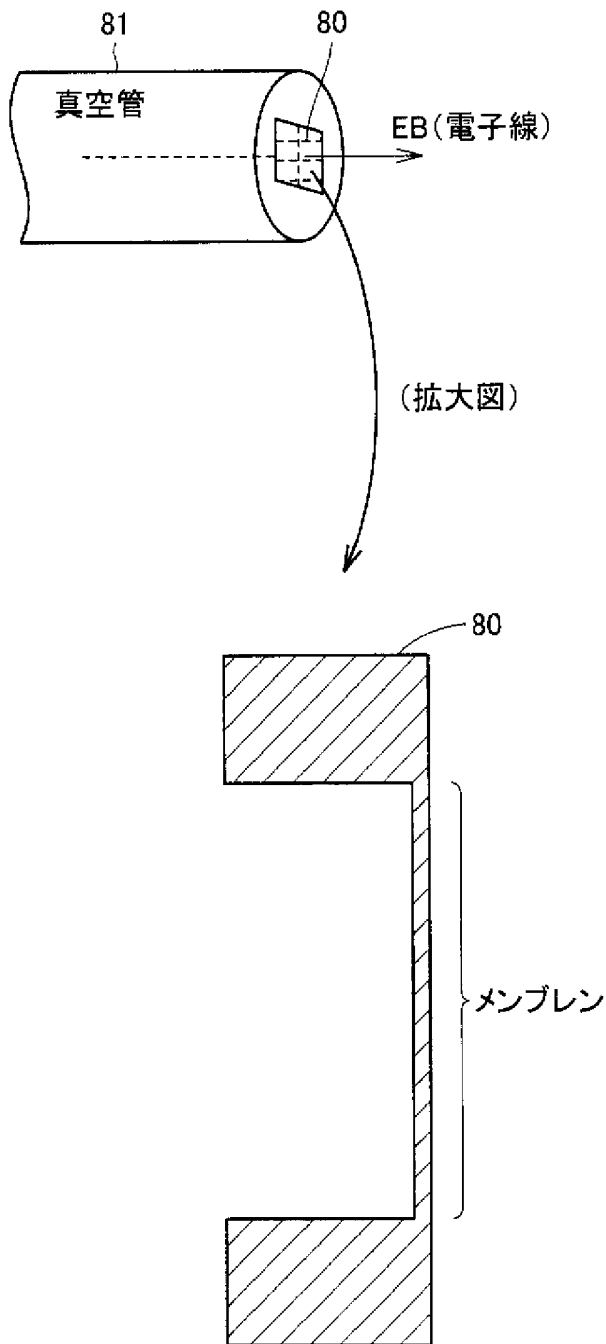
[図2B]



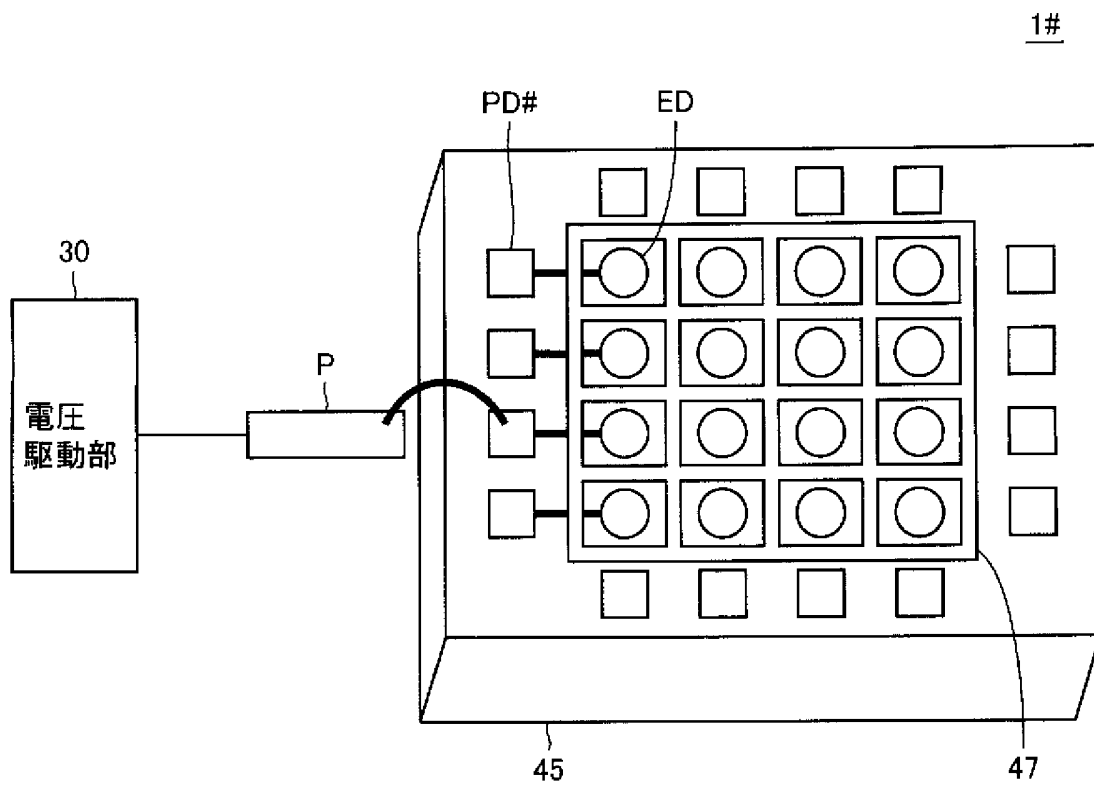
[図3]



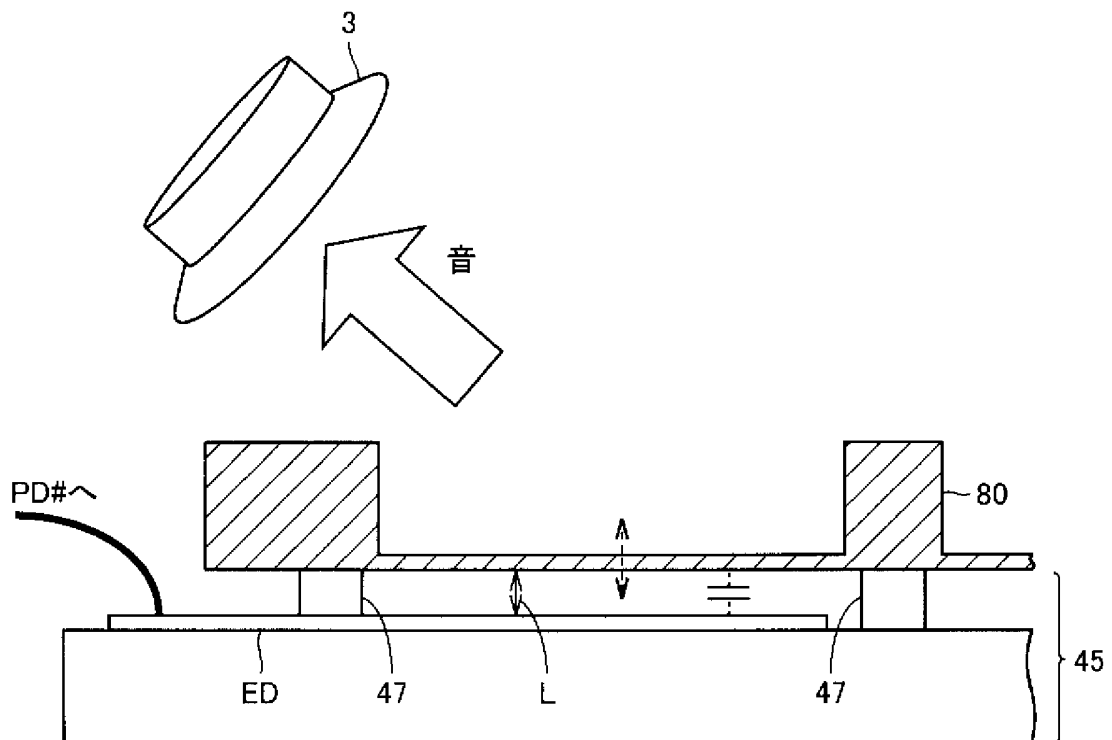
[図4]



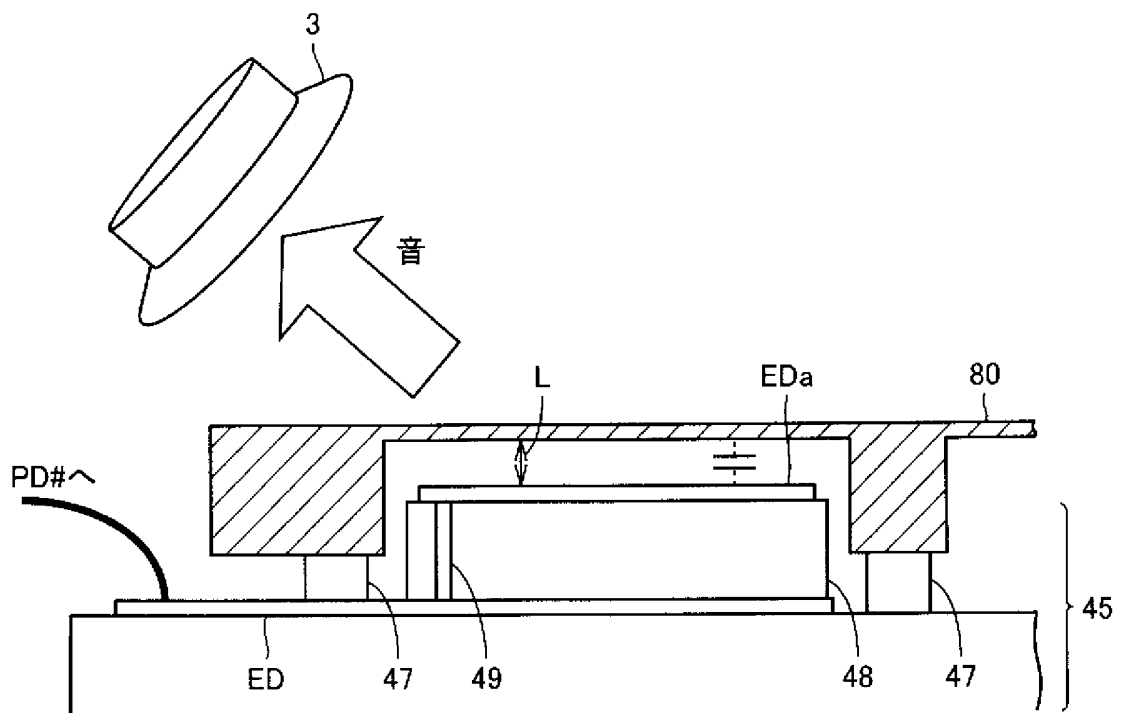
[図5]



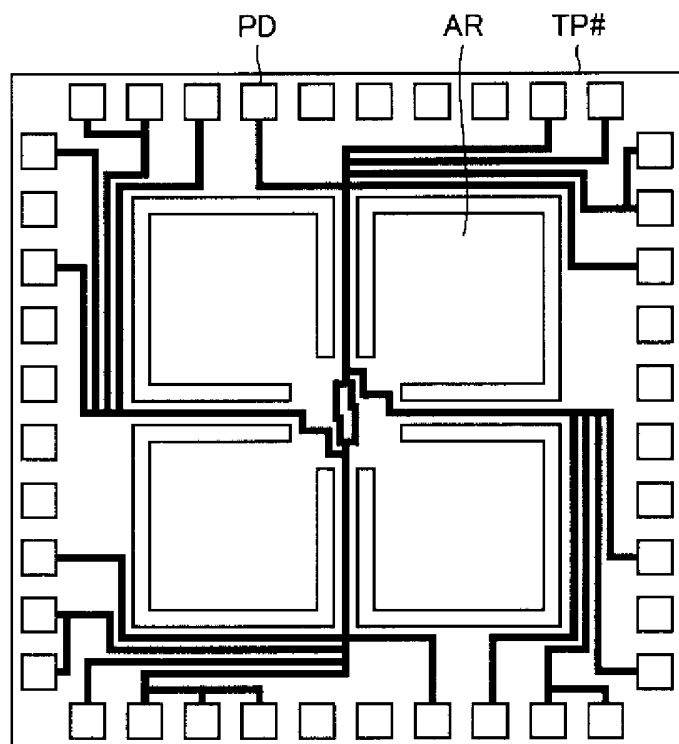
[図6]



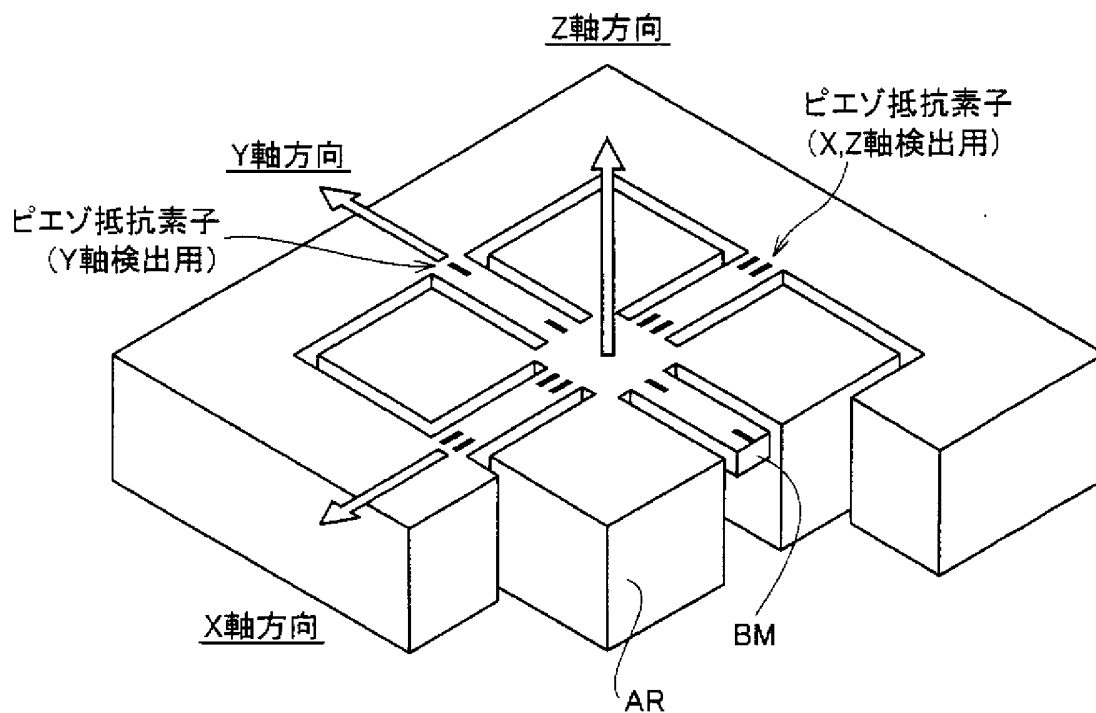
[図7]



[図8]

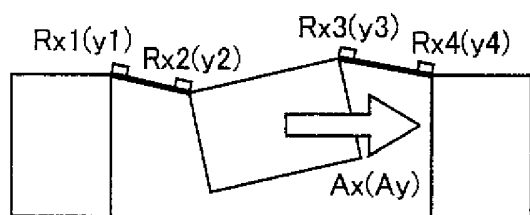


[図9]

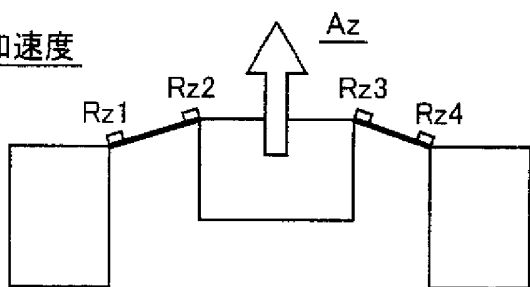


[図10]

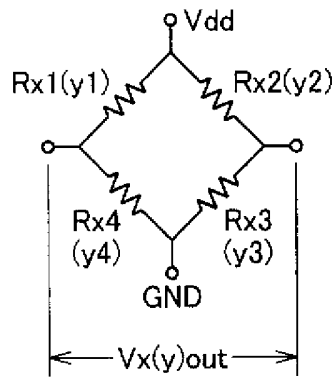
X(Y)軸の加速度



Z軸の加速度

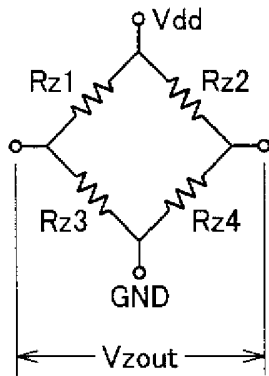


[図11A]  
X(Y)軸出力



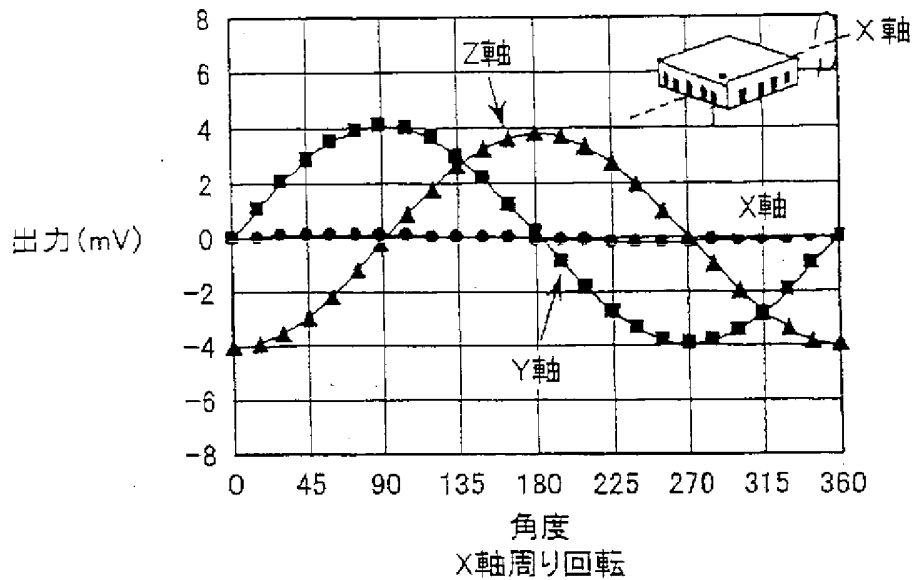
$$V_{xout} = \left[ \frac{R_{x3}}{R_{x2} + R_{x3}} - \frac{R_{x4}}{R_{x1} + R_{x4}} \right] \cdot V_{dd}$$

[図11B]  
Z軸出力



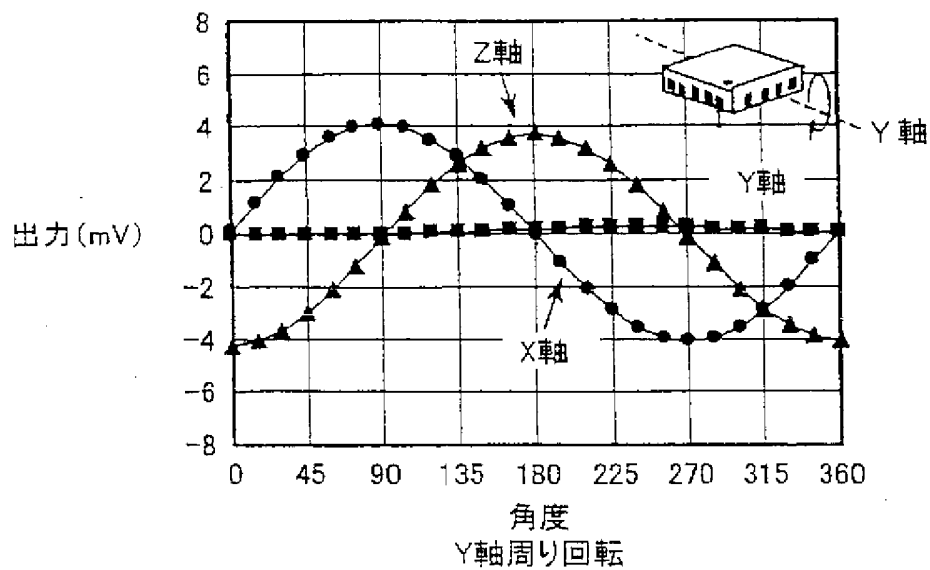
$$V_{zout} = \left[ \frac{R_{z3}}{R_{z1} + R_{z3}} - \frac{R_{z4}}{R_{z2} + R_{z4}} \right] \cdot V_{dd}$$

[図12A]

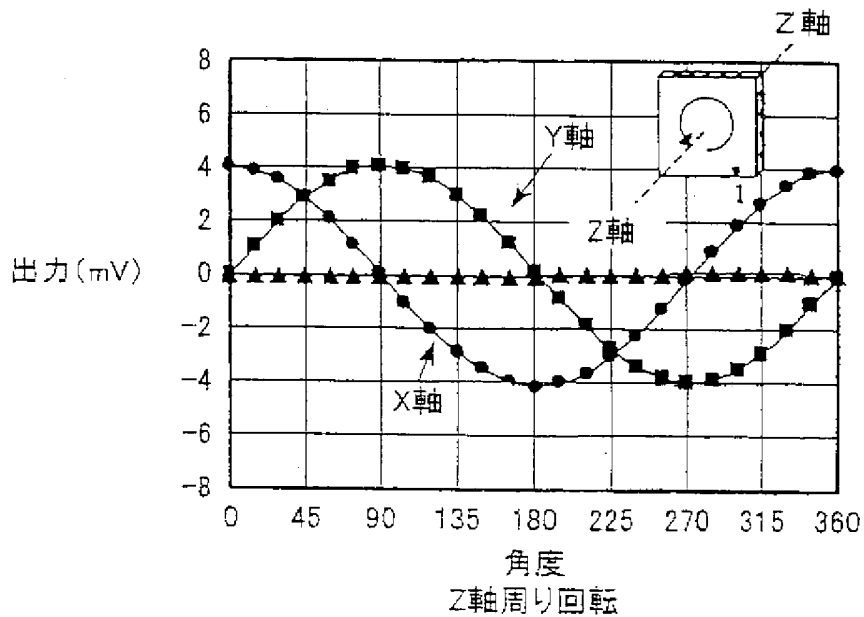




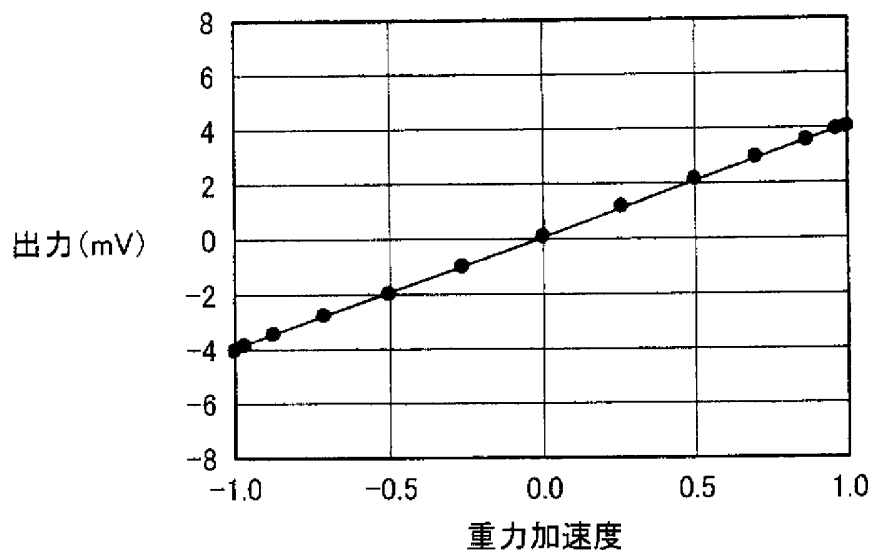
[図12B]



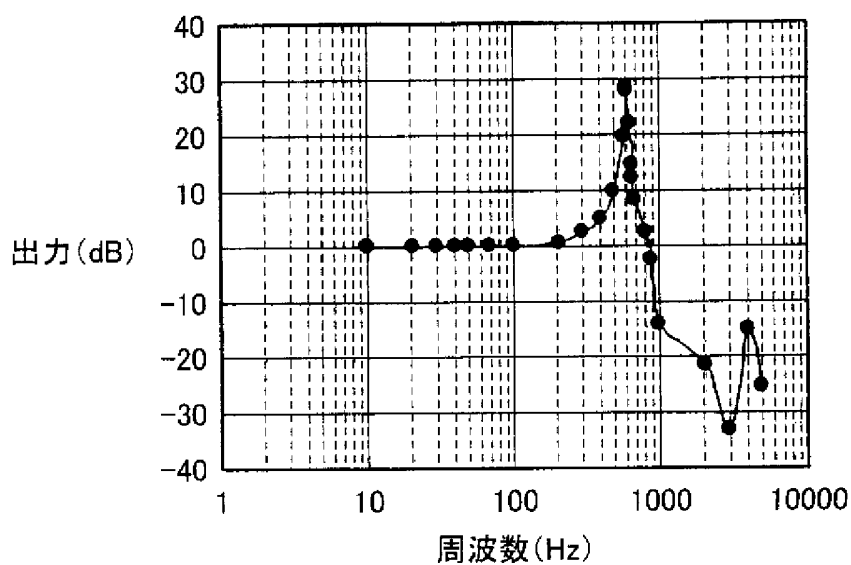
[図12C]



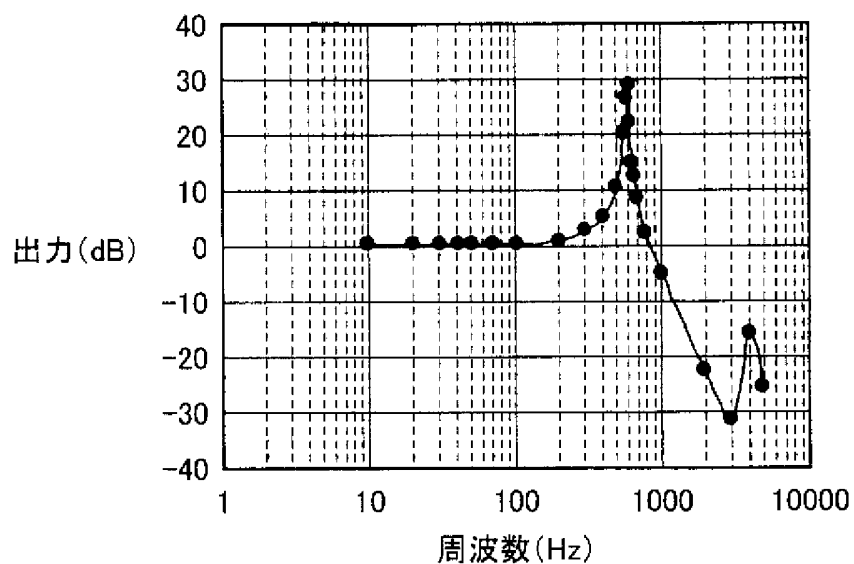
[図13]



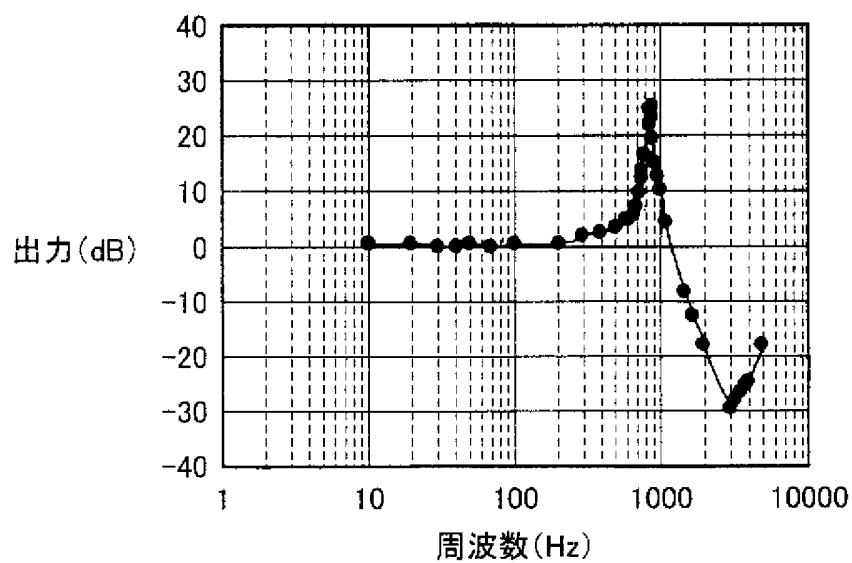
[図14A]



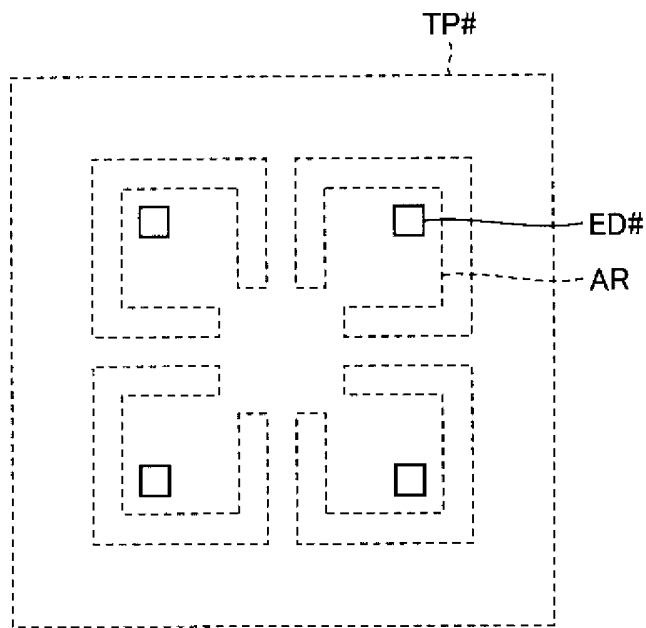
[図14B]



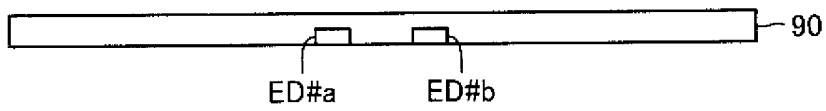
[図14C]



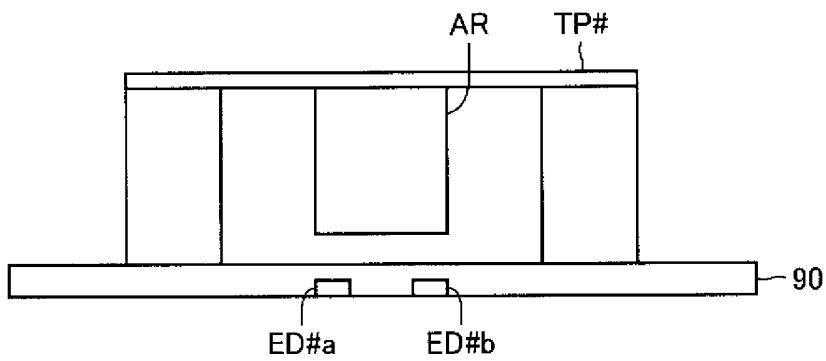
[図15]



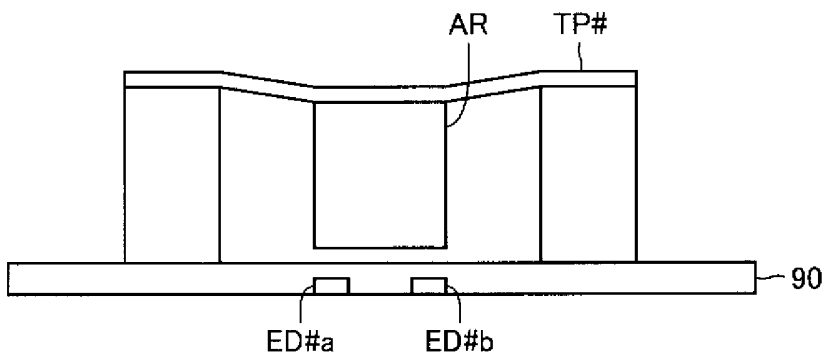
[図16A]



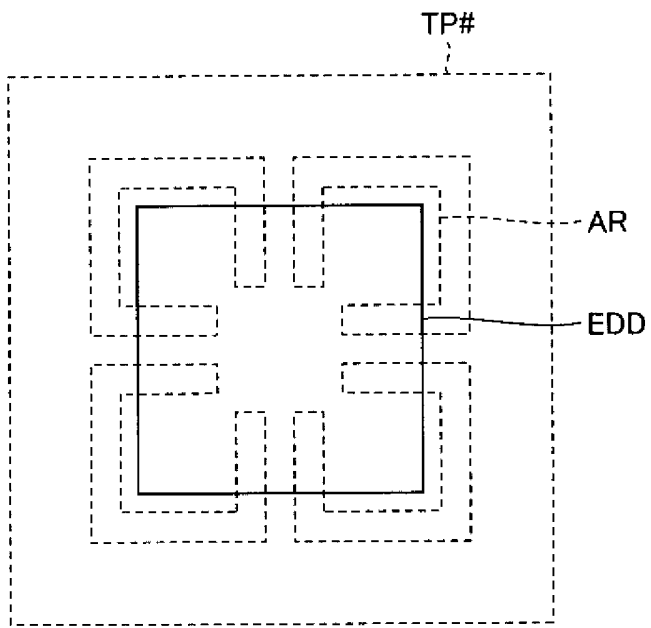
[図16B]



[図16C]



[図17]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/016663

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**G01N29/12** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

**G01N29/00-29/52** (2006.01), **G01H1/00-17/00** (2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JOIS)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-174373 A (Meidensha Corp.), 26 June, 1998 (26.06.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
Y	JP 10-90050 A (Toshiba Corp.), 10 April, 1998 (10.04.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
Y	JP 4-506176 A (The United States of America), 29 October, 1992 (29.10.92), Page 5, lines 2 to 4 & WO 91/05618 A1	3-6, 10-13

 Further documents are listed in the continuation of Box C.
  See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"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

"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

"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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
28 November, 2005 (28.11.05)Date of mailing of the international search report  
13 December, 2005 (13.12.05)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/016663

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-311724 A (Sato Kogyo Co., Ltd.), 09 November, 2001 (09.11.01), Par. No. [0022] (Family: none)	3-6, 10-13
A	JP 8-278292 A (Sumitomo Sitix Corp.), 22 October, 1996 (22.10.96), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 11-248619 A (Akira KAWAI), 17 September, 1999 (17.09.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 60-80759 A (Showa Electric Wire & Cable Co., Ltd.), 08 May, 1985 (08.05.85), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	Osamu TABATA, "Micro Electro Mechanical System (MEMS) to Zairyo Shiken", The Japan Society of Mechanical Engineers 1999 Nendo Nenji taikai Koen Ronbunshu, 1999, pages 467 to 497	1-13
A	US 6567715 B1 (Sandia Corp.), 20 May, 2003 (20.05.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	US 6629448 B1 (Seagate Technology LLC), 07 October, 2003 (07.10.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. <sup>7</sup> <b>G01N29/12</b> (2006.01)			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. <sup>7</sup> <b>G01N29/00-29/52</b> (2006.01)、 <b>G01H1/00-17/00</b> (2006.01)			
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 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005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) JSTPlus(JOIS)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の 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 請求の範囲の番号	
Y	JP 10-174373 A (株式会社明電舎) 1998.06.26, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13	
Y	JP 10-90050 A (株式会社東芝) 1998.04.10, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13	
Y	JP 4-506176 A (アメリカ合衆国) 1992.10.29, 第5頁第2~4行 & W091/05618 A1	3-6, 10-13	
<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 「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 「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 「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) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「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 「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 「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 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 28.11.2005		国際調査報告の発送日 13.12.2005	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 田中 洋介	2W 3009 電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の 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 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-311724 A (佐藤工業株式会社) 2001. 11. 09, 【0022】段落 (ファミリーなし)	3-6, 10-13
A	JP 8-278292 A (住友シチックス株式会社) 1996. 10. 22, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 11-248619 A (河合晃) 1999. 09. 17, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 60-80759 A (昭和電線電纜株式会社) 1985. 05. 08, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13
A	田畑修, マイクロエレクトロメカニカルシステム (MEMS) と材料試験, 日本機械学会 1999年度年次大会講演論文集, 1999, pp. 496-497	1-13
A	US 6567715 B1 (Sandia Corporation) 2003. 05. 20, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13
A	US 6629448 B1 (Seagate Technology LLC) 2003. 10. 07, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13