

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007年11月8日 (08.11.2007)

PCT

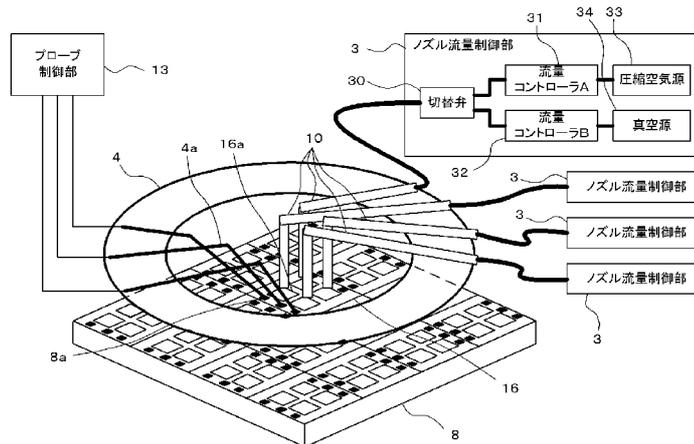
(10) 国際公開番号
WO 2007/125756 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/66 (2006.01) G01R 1/073 (2006.01)
B81C 5/00 (2006.01) G01R 31/28 (2006.01)
G01P 21/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/058069
- (22) 国際出願日: 2007年4月12日 (12.04.2007)
- (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2006-122160 2006年4月26日 (26.04.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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): 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A T株式会社内 Hyogo
- (74) 代理人: 木村 満 (KIMURA, Mitsuru); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町二丁目7番地 協販ビル2階 Tokyo (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, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, 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, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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,

[続葉有]

(54) Title: APPARATUS FOR INSPECTING FINE STRUCTURE AND METHOD FOR INSPECTING FINE STRUCTURE

(54) 発明の名称: 微小構造体の検査装置、及び微小構造体の検査方法



13... PROBE CONTROL SECTION
 3... NOZZLE FLOW QUANTITY CONTROL SECTION
 30... CHANGEOVER VALVE
 31... FLOW QUANTITY CONTROLLER A
 32... FLOW QUANTITY CONTROLLER B
 33... COMPRESSED AIR SOURCE
 34... VACUUM SOURCE

(57) Abstract: Provided is an inspecting apparatus which can perform a dynamic test of characteristics in each direction of degree of freedom, to a fine structure having the degree of freedom in multiple directions, without direct contact with a movable section. The fine structure inspecting apparatus is provided with the movable section (16a) formed on a substrate (8), and evaluates the characteristics of at least one fine structure (16). The inspecting apparatus is provided with a probe (4a) which electrically connects with a pad (8a) formed on the fine structure (16) for extracting the electric signal of the fine structure (16); a plurality of nozzles (10) arranged in the vicinity of the movable section (16a) of the fine structure (16) for blowing out or sucking gas; a nozzle flow quantity control section (3) for controlling the flow quantity of the air to be blown out or sucked from the nozzles (10); and an evaluating means, which detects displacement of the movable section (16a) applied by the gas blown out or sucked from the nozzles (10) by an electric signal obtained through a probe (4a) and evaluates the characteristics of the fine structure (16) based on the detection results.

[続葉有]



WO 2007/125756 A1



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, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, 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

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。

(57) 要約: 多方向の自由度を有する微小構造体について、可動部に直に接触することなく、各自由度方向の特性の動的試験を行うことができる検査装置を提供する。基板(8)上に形成された可動部(16a)を有する、少なくとも1つの微小構造体(16)の特性を評価する微小構造体の検査装置であって、微小構造体(16)の電気信号を取り出すために、微小構造体(16)に形成されたパッド(8a)に電気的に接続するプローブ(4a)と、微小構造体(16)の可動部(16a)の近傍に配置され、気体を噴出又は吸入する複数のノズル(10)と、前記複数のノズル(10)から噴出又は吸入する気体の流量を制御するノズル流量制御部(3)と、ノズル(10)から噴出又は吸入する気体によって印加された可動部(16a)の変位を、プローブ(4a)を介して得られる電気信号によって検出し、検出結果に基づいて微小構造体(16)の特性を評価する評価手段と、を備える。

明 細 書

微小構造体の検査装置、及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、及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・化学等の多用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、たとえば自動車又は医療用の各種センサがあり、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。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が可能となり、画質の向上と印刷スピードの高速化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。

[0003] 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。

[0004] 一方で、MEMSデバイスの発展に伴い、微細な構造等であるがゆえにそれを適正に検査する方式も重要となってくる。従来、MEMSデバイスをパッケージした後にデバイスをパッケージごと回転させたり、あるいは振動させたりしてデバイスの特性の評価を実行してきたが、微細加工後のウエハ状態等の初期段階において適正な検査を実行して不良を検出することにより、製品の歩留りを向上させ、製造コストをより低減することが望ましい。

[0005] 特許文献1においては、一例としてウエハ上に形成された加速度センサに対して、空気を吹き付けることにより変化する加速度センサの抵抗値を検出して加速度センサの特性を判別する検査方式が提案されている。

特許文献1:特開平5-34371号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] 微小な可動部を有するMEMSデバイスはその特性を検査する際には、外部から物理的な刺激を与える必要がある。一般に、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。また、デバイスの可動部に非接触で検査することが望ましい。デバイスの可動部に非接触で検査する方法として、例えば、上記特許文献1の技術がある。
- [0007] 特許文献1の技術は、空気流を噴出するエリアが測定対象チップの可動部に比して大きい、あるいは制御されていないので、可動部の動きを細かく制御することができない。また、可動部裏面が支持部構造と同一高さに製作されている場合は可動部を上方向に変位させる必要があるが、従来の技術では吹き付ける機能だけなので、可動部をウエハの上方向へ変位させることができない。
- [0008] 加速度センサをウエハ状態で検査する方法として、音波をセンサの可動部に加えて可動部の動きを検出する方法がある。しかし、検出感度の小さいセンサでは、音を印加するだけでは入力物理量(エネルギー)が不足して十分な可動部の振動が得られないため、十分な動的試験が行えないことがある。
- [0009] 本発明はこうした状況に鑑みてなされたものであり、多方向の自由度を有する微小構造体について、可動部に直に接触することなく、各自由度方向の特性の動的試験を行うことができる検査装置を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0010] 本発明の第1の観点に係る微小構造体の検査装置は、基板上に形成された可動部を有する、少なくとも1つの微小構造体の特性を評価する微小構造体の検査装置であって、
- 前記微小構造体の電気信号を取り出すために、前記微小構造体に形成された検査用電極に電氣的に接続するプローブと、
- 前記微小構造体の可動部の近傍に配置され、気体を噴出又は吸入する複数のノ

ズルと、

前記複数のノズルから噴出又は吸入する気体の流量を制御する気体流量制御手段と、

前記複数のノズルから噴出又は吸入する気体によって印加された前記微小構造体の可動部の変位を、前記プローブを介して得られる電気信号によって検出し、検出結果に基づいて前記微小構造体の特性を評価する評価手段と、
を備えることを特徴とする。

[0011] 好ましくは、前記評価手段と接続されるプローブカードであって、

前記プローブと、

前記複数のノズルと、

を含むプローブカードを備えることを特徴とする。

[0012] さらに、前記微小構造体の可動部に対してテスト音波を出力するための、少なくとも1つの音波発生手段を備えることを特徴とする。

[0013] なお、フリッピング現象を利用して、前記プローブと前記検査用電極とを導通させる導通手段をさらに備える。

[0014] 前記気体流量制御手段は、前記複数のノズルから噴出又は吸入する気体の流量を制御することにより、前記微小構造体に付着した異物を除去する、ようにしてもよい。

[0015] 前記プローブカードは、前記微小構造体に付着した異物を検出する異物検出手段をさらに含み、前記気体流量制御手段は、前記異物検出手段により前記異物が検出された場合には、前記複数のノズルから噴出又は吸入する気体の流量を制御することにより、前記微小構造体に付着した異物を除去する、ようにしてもよい。

[0016] 前記異物検出手段は、例えば、画像解析手段により前記異物の有無及び位置を判別する。

[0017] 特に、前記微小構造体は、前記基板上に形成された加速度センサであることを特徴とする。

[0018] さらに、前記微小構造体は、半導体ウエハに形成されたデバイスであることを特徴とする。

- [0019] 本発明の第2の観点に係る微小構造体の検査方法は、基板上に形成された可動部を有する、少なくとも1つの微小構造体の電気信号を取り出すために、前記微小構造体に形成されたパッドにプローブを接触させるステップと、
- 前記微小構造体の可動部を変位させるために、気体を噴出又は吸入するノズルを前記微小構造体の近傍に配置させるステップと、
- 前記複数のノズルから気体を噴出又は吸入して前記微小構造体の可動部を変位させるステップと、
- 前記複数のノズルから噴出又は吸入する気体によって印加された前記微小構造体の可動部の変位を、前記プローブを介して得られる電気信号によって検出するステップと、
- 前記電気信号によって検出した可動部の変位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、
- を備えることを特徴とする。

発明の効果

- [0020] 本発明に係る微小構造体の検査装置及び検査方法は、複数のノズルのそれぞれの気体噴出量又は吸入量を個別に制御することによって、可動部の一部にはノズルから離れる方向の変位、可動部の他の一部にはノズルに接近する方向への変位を与えることが可能である。その結果、微小構造体の可動部に直に接触することなく、可動部の変位の方向を変えて微小構造体の特性を検査できる。

図面の簡単な説明

- [0021] [図1]本発明の実施の形態に係る微小構造体の検査装置の概略構成図である。
- [図2]図1の抵抗測定システムの検査制御部とプローバ部の構成を示すブロック図である。
- [図3]3軸加速度センサのデバイス上面から見た図である。
- [図4]3軸加速度センサの概略図である。
- [図5]各軸方向の加速度を受けた場合の重錐体とビームの変形を説明する概念図である。
- [図6]各軸に対して設けられるホイートストンブリッジの回路構成図である。

- [図7]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。
- [図8]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9]本発明の実施の形態に係るノズルとウエハの構成を表す概念図である。
- [図10]ノズルの噴出又は吸入の方向の組み合わせと可動部の変位の方向の例を示す概念図である。
- [図11]4本のノズルから空気を噴出する場合の可動部の変位の方向の例を示す概念図である。
- [図12]1本のノズルから空気を噴出する場合の可動部の変位の方向の例を示す概念図である。
- [図13]2本のノズルから空気を噴出する場合の可動部の変位の方向の例を示す概念図である。
- [図14]4本のノズルから空気を吸入する場合の可動部の変位の方向の例を示す概念図である。
- [図15]1本のノズルから空気を吸入する場合の可動部の変位の方向の例を示す概念図である。
- [図16]2本のノズルから空気を吸入する場合の可動部の変位の方向の例を示す概念図である。
- [図17]ノズルの噴出又は吸入の方向の組み合わせと可動部の変位の方向の例を示す概念図である。
- [図18]本発明の実施の形態に係る検査装置の動作の一例を示すフローチャートである。
- [図19]プローブとノズルの異なる構成を示す図である。
- [図20]本発明の実施の形態の変形例2に従うプローブカードの構造を説明する図である。
- [図21]本発明の実施の形態の変形例3に従う検査装置による異物検出及び除去動作の一例を示すフローチャートである。
- [図22]本発明の実施の形態の変形例3に従うプローブカードの構造を説明する図である。

[図23]本発明の実施の形態の変形例3に従う抵抗測定システムの検査制御部とプローバ部の構成を示すブロック図である。

符号の説明

- [0022]
- 1 検査装置
 - 2 検査制御部
 - 3 ノズル流量制御部(気体流量制御手段)
 - 4 プローブカード
 - 4a プローブ
 - 4b 開口領域
 - 5 フリッピング用回路
 - 6 特性評価部(評価手段)
 - 7 切替部
 - 8 ウエハ(基板)
 - 8a 電極パッド(パッド)
 - 9 スピーカ(音波発生手段)
 - 10 ノズル
 - 13 プローブ制御部
 - 15 プローバ部
 - 16 加速度センサ(微小構造体)
 - 16a 可動部
 - 20 内部バス
 - 21 制御部
 - 22 主記憶部
 - 23 外部記憶部
 - 24 入力部
 - 25 入出力部
 - 26 表示部(表示手段)
 - 70 防振材料

- 81 カメラ(異物検出手段)
- 83 支持部
- 85 カメラ制御部
- 87 画像解析部(画像解析手段)
- AR 重錘体(可動部)
- BM ビーム(可動部)
- TP チップ(微小構造体)

発明を実施するための最良の形態

[0023] 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、その説明は繰り返さない。

[0024] (実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態に係る検査装置1の概略構成図である。図1において、検査装置1は、テスト対象物、例えばウエハ8を搬送するローダ部12と、ウエハ8の電気的特性検査を行うプローバ部15と、プローバ部15を介してウエハ8に形成された加速度センサの特性値を測定する検査制御部2とを備える。

[0025] ローダ部12は、例えば25枚のウエハ8が収納されたカセットを載置する載置部(図示せず)と、この載置部のカセットからウエハ8を一枚ずつ搬送するウエハ搬送機構とを備えている。

[0026] ウエハ搬送機構としては、直交する三軸(X軸、Y軸、Z軸)の移動機構であるX-Y-Zテーブル12A、12B、12Cを介して三軸方向に移動すると共に、Z軸の回りにウエハ8を回転させるメインチャック14とが設けられている。具体的には、Y方向に移動するYテーブル12Aと、このYテーブル12A上をX方向に移動するXテーブル12Bと、このXテーブル12Bの中心と軸芯を一致させて配置されたZ方向に昇降するZテーブル12Cとを有し、メインチャック14をX、Y、Z方向へ移動させる。また、メインチャック14は、Z軸回りの回転駆動機構を介して、所定の範囲で正逆方向に回転する。

[0027] プローバ部15は、プローブカード4とプローブカード4を制御するプローブ制御部13とを備える。プローブカード4は、ウエハ8上に例えば銅、銅合金、アルミニウムなどの導電性金属によって形成された電極パッド8a(図9参照)と検査用プローブ4aとを

接触させ、フリッピング現象を利用して、電極パッド8aとプローブ4aの接触抵抗を低減させて電氣的に導通させる。また、プローバ部15は、ウエハ8に形成された加速度センサ16(図9参照)の可動部16aに対して空気を噴出又は吸入する複数のノズル10(図2参照)を備える。プローブ制御部13は、プローブカード4のプローブ4aとノズル10に接続するノズル流量制御部を制御し、ウエハ8に形成された加速度センサ16に所定の変位を加えて、加速度センサ16の可動部16aの動きをプローブを介して電気信号として検出する。

[0028] プローバ部15は、プローブカード4のプローブ4aとウエハ8との位置合わせを行うアライメント機構(図示せず)を備える。プローバ部15は、複数のノズル10(図9参照)の先端を、ウエハ8の加速度センサ16の可動部16aに対向して配置させ、ノズル10から気体を噴出又は吸入して、加速度センサ16の可動部16aに変位を与える。また、プローバ部15は、プローブカード4のプローブ4aとウエハ8の電極パッド8aを電氣的に接触させてウエハ8に形成された加速度センサ16の特性値の測定を行う。

[0029] 図2は、図1の検査装置1の検査制御部2とプローバ部15の構成を示すブロック図である。検査制御部2とプローバ部15とによって、加速度センサ評価測定回路が構成される。

[0030] 検査制御部2は、図2に示すように、制御部21、主記憶部22、外部記憶部23、入力部24、入出力部25及び表示部26を備える。主記憶部22、外部記憶部23、入力部24、入出力部25及び表示部26はいずれも内部バス20を介して制御部21に接続されている。

[0031] 制御部21はCPU(Central Processing Unit)等から構成され、外部記憶部23に記憶されているプログラムに従って、ウエハ8に形成されたセンサの特性、例えば抵抗の抵抗値やセンサを構成する回路の電流、電圧などを測定するための処理を実行する。

[0032] 主記憶部22はRAM(Random-Access Memory)等から構成され、外部記憶部23に記憶されているプログラムをロードし、制御部21の作業領域として用いられる。

[0033] 外部記憶部23は、ROM(Read Only Memory)、フラッシュメモリ、ハードディスク、DVD-RAM(Digital Versatile Disc Random-Access Memory)、DVD-RW(Digit

al Versatile Disc Rewritable)等の不揮発性メモリから構成され、前記の処理を制御部21に行わせるためのプログラムを予め記憶し、また、制御部21の指示に従って、このプログラムが記憶するデータを制御部21に供給し、制御部21から供給されたデータを記憶する。

- [0034] 入力部24はキーボード及びマウスなどのポインティングデバイス等と、キーボード及びポインティングデバイス等を内部バス20に接続するインターフェース装置から構成されている。入力部24を介して、評価測定開始や測定方法の選択などが入力され、制御部21に供給される。
- [0035] 入出力部25は、検査制御部2が制御する対象のプローブ制御部13と接続するシリアルインターフェース又はLAN(Local Area Network)インターフェースから構成されている。入出力部25を介して、プローブ制御部13にウエハ8の電極パッド8aとの接触、電氣的導通、それらの切替、及び加速度センサ16の可動部16aに対して噴出又は吸入する気体の流量の制御などを指令する。また、測定した結果を入力する。
- [0036] 表示部26は、CRT(Cathode Ray Tube)又はLCD(Liquid Crystal Display)などから構成され、測定した結果である周波数応答特性などを表示する。
- [0037] プローブ制御部13は、ノズル流量制御部3と、フリッピング用回路5と、特性評価部6及び切替部7を備える。特性評価部6は、プローブカード4に加速度センサ16の電気信号を測定するための電源を供給し、加速度センサ16を流れる電流と端子間の電圧等を測定する。
- [0038] ノズル流量制御部3は、ウエハ8に形成された加速度センサ16の可動部16a(図9参照)に変位を加えるために、ノズル10から噴出又は吸入する気体の流量を制御する。複数のノズル10から噴出又は吸入する気体の流量をそれぞれ制御して、加速度センサ16の可動部16aに所定の変位が加わるようにする。
- [0039] フリッピング用回路5は、ウエハ8の電極パッド8aに接触させたプローブカード4のプローブ4aに電流を供給し、プローブ4aと電極パッド8aの間にフリッピング現象を起こして、プローブ4aと電極パッドの接触抵抗を低減させる回路である。
- [0040] 特性評価部6は、微小構造体の特性を計測して評価する。例えば、可動部16aに静的又は動的な変位を加えて、加速度センサ16の応答を測定し、設計した基準の

範囲に収まっているかどうかを検査する。

- [0041] 切替部7は、プローブカード4の各プローブ4aとフリッピング用回路5又は特性評価部6との接続を切り替える。
- [0042] 本実施の形態に従う検査方法について説明する前にまずテスト対象物である微小構造体の3軸加速度センサ16について説明する。
- [0043] 図3は、3軸加速度センサ16のデバイス上面から見た図である。図3に示されるように、ウエハ8に形成されるチップTPには、複数の電極パッドPDがその周辺に配置されている。そして、電気信号を電極パッドPDに対して伝達、あるいは電極パッドPD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、クローバ型を形成する4つの重錘体ARが配置されている。
- [0044] 図4は、3軸加速度センサ16の概略図である。図4に示す3軸加速度センサ16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16は、安価なICプロセスを利用して製造できる。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。
- [0045] 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で支持され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軸当たり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を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16を実現することが可能である。
- [0046] このピエゾ抵抗型の3軸加速度センサ16の動作原理は、重錘体ARが加速度(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軸それぞれに独立に組み込まれたホイートストンブリッジの出力から取り出す構成に設定されている。

- [0047] 図5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5に示されるようにピエゾ抵抗素子は、加えられたひずみによってその抵抗値が変化する性質(ピエゾ抵抗効果)を有しており、引っ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及びZ軸方向検出用ピエゾ抵抗素子Rz1~Rz4が一例として示されている。
- [0048] 図6は、各軸に対して設けられるホイートストンブリッジの回路構成図である。図6(a)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軸及びY軸の出力電圧としてはそれぞれV_{xout}及びV_{yout}とする。図6(b)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V_{zout}とする。
- [0049] 上述したように、加えられた歪みによって各軸の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、例えば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3で示されるような、金属配線等が連結され、所定の電極パッド8a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。
- [0050] また、この3軸加速度センサ16は、加速度の直流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としても用いることが可能である。本実施の形態では、加速度センサ16を例に説明するが、本発明は可動部16aを備えるあらゆるデバイスに応用することができる。例えば、圧力センサ等の動的な特性の測定に用いることができる。また、薄膜式のデバイス、例えば、ひずみゲージ等に変位を加えて特性の測定に用いることができる。
- [0051] 図7は、3軸加速度センサ16の傾斜角に対する出力応答を説明する図である。図7に示されるように、センサをX、Y、Z軸周りに回転させ、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+5Vを使用している。なお、図7に示される各測定点は、各軸出力のゼロ点オフセットを算術的に減じた値がプロットされている。
- [0052] 図8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8に示さ

れる入出力関係は、図7の傾斜角の余弦からX、Y、Z軸にそれぞれ関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。

- [0053] 再び図1及び図2を参照して、本発明の実施の形態における微小構造体の検査方法は、微小構造体である3軸加速度センサ16に対して、ノズル10によって空気流を加えることにより、その空気流に基づく微小構造体の可動部16aの動きを検出してその特性を評価する方式である。
- [0054] 次に、本発明の実施の形態における加速度センサ16の評価方法について説明する。図9は、ノズル10とウエハ8の構成を表す概念図である。ウエハ8は、可動部16aを備える加速度センサ16が形成されており、ウエハ8の上に加速度センサ16の電気信号を取り出すための電極パッド8aが形成されている。
- [0055] プロブカード4は、電極パッド8aに接続する複数のプロブ4aを備える(図2)。検査装置1のプロバ部15は、加速度センサ16の可動部16aに対して空気流を発生するノズル流量制御部3と、可動部16aの近くに配置されてノズル流量制御部3の空気流を加速度センサ16の可動部16aに噴出又は吸入するノズル10を備える(図9)。
- [0056] 通常、プロブ4aと電氣的に接続する検査用電極である電極パッド8aはセンサの周辺領域に形成される。そこで、センサの中央付近にある可動部16a(重錘体)の近傍にノズル10の先端が配置するように、プロブ4aで囲まれる領域にノズル10を設けることができる。可動部16aは、重錘体AR又はビームBM、あるいはセンサがメンブレン(膜)構造の場合の膜などである。
- [0057] ノズル10は、空気を通す管でノズル流量制御部3の切替弁30に接続している。ノズル流量制御部3は、圧縮空気源33と真空源34を備える。圧縮空気源33と真空源34はそれぞれ流量コントローラA31、流量コントローラB32を経由して切替弁30に接続している。流量コントローラA31は、ノズル10から噴出する空気の流量を制御する。流量コントローラB32は、ノズル10から吸入する空気の流量を制御する。切替弁30は圧縮空気源33と真空源34を切り替えてノズル10に接続する。切替弁30で圧縮空

気源33とノズル10を接続した場合は、ノズル10から空気が噴出する。切替弁30で真空源34とノズル10を接続した場合は、ノズル10から空気を吸入する。

- [0058] 複数のノズル10はそれぞれ別のノズル流量制御部3に接続している。複数のノズル10はそれぞれ独立に、空気の噴出又は吸入の切替えとその流量が制御される。複数のノズル10のそれぞれの噴出又は吸入の方向とその流量を組み合わせ、加速度センサ16の任意の自由度の方向に可動部16aを変位させることができる。ノズル10から噴出又は吸入する空気の流れは、一定に限ることはなく、変動させてもよい。例えば、1つのノズル10について、噴出と吸入を交互に切り替えることができる。また、噴出又は吸入の流量を脈動的に変化させて、可動部16aを振動的に変位させることができる。
- [0059] 図10乃至図17は、ノズル10の噴出又は吸入の方向の組み合わせと可動部16aの変位の方向の例を示す概念図である。
- [0060] 図10乃至図17において、可動部16aの重錘体ARはX軸とY軸の方向にビームBMで支持されている。クローバ型に配置された重錘体ARに対向して、4つのノズル10が配置されている。図中、実線の直線矢印はノズル10から噴出又は吸入する空気の方向を示す。白抜き矢印は、重錘体ARに加わる力を表す。円弧矢印は、ビームBMに加わる振れ方向を表す。図10乃至図17の(b)は、重錘体ARをZ軸の正の方向から見た図である。図10乃至図17の(b)において、円に囲まれた黒丸は、紙面の裏面から表面へ向かう空気の流れを表す。また、円に囲まれた×印は、紙面の表面から裏面へ向かう空気の流れを表す。
- [0061] 図10は、右の2つのノズル10から空気を吸入し、左の2つのノズル10から空気を噴出する場合を示す。重錘体ARの左側はZ軸負方向に変位し、右側はZ軸正方向に変位する。Y軸方向のビームBMは、Y軸を正の方向に見て反時計回りに振れる。
- [0062] 図11は、4本のノズル10から空気を噴出する場合を示す。4本のノズル10から均等に空気を噴出する場合は、重錘体ARは全体としてZ軸負方向に変位する。その場合、ビームBMには振れが加わらない。4本のノズル10から噴出する流量に変化をつけると、重錘体ARは傾きながら全体としてZ軸負方向に変位する。
- [0063] 図12は、1本のノズル10から空気を噴出し、他の3本のノズル10の空気の流量が

ない場合を示す。重錘体ARは全体としてZ軸負方向に変位するが、重錘体ARに対して加わる力が偏るので、Y軸方向のビームBMは、Y軸を正の方向に見て反時計回りに振れ、X軸方向のビームBMは、X軸を正の方向に見て時計回りに振れる。

[0064] 図13は、2本のノズル10から空気を噴出し、他の2本のノズル10の空気の流量がない場合を示す。重錘体ARのX軸負側がZ軸負方向に押されるので、重錘体ARは全体としてZ軸負方向に変位するが、Y軸方向のビームBMは、Y軸を正の方向に見て反時計回りに振れる。

[0065] 図14は、4本のノズル10から空気を吸入する場合を示す。4本のノズル10から均等に空気を吸入する場合は、重錘体ARは全体としてZ軸正方向に変位する。その場合、ビームBMには振れが加わらない。4本のノズル10から吸入する流量に変化をつけると、重錘体ARは傾きながら全体としてZ軸正方向に変位する。

[0066] 重錘体ARの下面がウエハ8の下面と同じ平面にあって、ウエハ8の状態でチップTPを検査するとき、可動部16aをウエハ8の下面方向に変位できない場合がある。その場合、従来の空気を吹き付けて検査する方法では、可動部16aを変位させることができないが、本発明の方法では、ノズル10から空気を吸入して可動部16aを変位させることができる。

[0067] 図15は、1本のノズル10から空気を吸入し、他の3本のノズル10の空気の流量がない場合を示す。重錘体ARは全体としてZ軸正方向に変位するが、重錘体ARに対して加わる力が偏るので、Y軸方向のビームBMは、Y軸を正の方向に見て時計回りに振れ、X軸方向のビームBMは、X軸を正の方向に見て反時計回りに振れる。

[0068] 図16は、2本のノズル10から空気を吸入し、他の2本のノズル10の空気の流量がない場合を示す。重錘体ARのX軸負側がZ軸正方向に吸引されるので、重錘体ARは全体としてZ軸正方向に変位するが、Y軸方向のビームBMは、Y軸を正の方向に見て時計回りに振れる。

[0069] 図17は、重錘体ARの対角線に位置する2本のノズル10で、1本から空気を噴出し、他の1本から吸入する場合を示す。図17の場合、Y軸方向のビームBMは、Y軸を正の方向に見て時計回りに振れ、X軸方向のビームBMは、X軸を正の方向に見て反時計回りに振れる。噴出と吸入の流量を適当に調節すると、重錘体ARの重心は

変位せず、振れ方向の変位を加えることができる。

- [0070] 図10乃至図17は、ノズル10の噴出又は吸入の組み合わせの例であって、これらの組み合わせに限定されるものではない。その他、任意の組み合わせが可能である。また、前述のとおり、ノズル10から噴出又は吸入する方向を切り替えたり、空気の流量を変動させてもよい。なお、1つの可動部16aに対してノズル10は4本に限られない。2本、3本、あるいは5本以上のノズル10を備えていてもよい。
- [0071] 上記のとおり、複数のノズル10から可動部16aに対して気体を噴出又は吸入する方向と流量の組み合わせによって、可動部16aをさまざまな方向に変位させることができる。その結果、検査装置1で加速度センサ16の各自由度方向の特性を検査することができる。
- [0072] 加速度センサ16等のMEMSデバイスのように、可動部16aを有する微小構造体で、ピエゾ抵抗などを用いている場合は特に、プローブ4aの針圧によって応答特性が変化する。従って、センサ等の応答特性のように精度の高い計測を行うためには、可能な限り針圧等の外乱の影響をなくすことが望ましい。
- [0073] プローブ4aと電極パッド8aの電氣的接続には、接触抵抗を低く保ちながら針圧を小さくするためにフリッピング現象を利用する。フリッピング現象を利用するには、2本のプローブ4aを一对として、一つの電極パッド8aに接触させる。一对のプローブ4aと電極パッド8aを接触させたのち、プローブカード4をフリッピング用回路5に接続して、ウエハ8の電極パッド8aに接触させたプローブカード4のプローブ4aに電流を供給し、プローブ4aと電極パッド8aの間にフリッピング現象を起こして接触抵抗を低減させる。そして、切換部7を切り替えて、プローブカード4を特性評価部6に接続する。
- [0074] 前述のとおり、検査装置1の検査制御部2は、プローバ部15のアラインメント機構を制御して、ウエハ8の電極パッド8aにプローブ4aを接触させる。同時に、ノズル10を加速度センサ16の可動部16aの近傍に配置する。
- [0075] ついで、ノズル流量制御部3に指令して、ノズル10から空気を噴出又は吸入させると、空気の流れによって加速度センサ16の可動部16aに変位が加わる。加速度センサ16の可動部16aに変位を与えながら、プローブ4aで加速度センサ16の電気信号

を検出し、加速度センサ16の特性を評価する。

- [0076] 加速度センサ16の特性を評価するには、可動部16aに加える変位の方向と大きさを所定の値になるように制御して、加速度センサ16の応答を検出する。可動部16aに加える変位の方向と大きさを変化させて加速度センサ16の応答を測定することにより、加速度センサ16の応答特性を調べることができる。可動部16aに加える変位に変動成分を加えてもよい。さらに、可動部16aに加える変位として、所定の周波数範囲で擬似的なホワイトノイズを用いてもよい。ホワイトノイズを振動として加えると、加振周波数を変えながら応答を調べなくても、その周波数範囲における応答特性を検査することができる。
- [0077] 次に、本発明の実施の形態1に従う微小構造体の検査方法について説明する。図18は本発明の実施の形態に係る検査装置1の動作の一例を示すフローチャートである。なお、検査制御部2の動作は、制御部21が主記憶部22、外部記憶部23、入力部24、入出力部25及び表示部26と協働して行う。
- [0078] 検査制御部2はまず、ウエハ8がメインチャック14に載置され、測定開始が入力されるのを待機する(ステップS1)。測定開始指令が入力部24から入力されて制御部21に指示されると、制御部21は、入出力部25を介して、プローブ制御部13にプローブ4aをウエハ8の電極パッド8aに接触するよう指令する(ステップS2)。同時に、ノズル10を加速度センサ16の可動部16aの近傍の所定の位置に配置する。ついで、プローブ制御部13にフリッピング用回路5によって、プローブ4aと電極パッド8aを導通させるように指令する(ステップS3)。
- [0079] 本実施の形態では、フリッピング現象を利用して電極パッド8aとプローブ4aの接触抵抗を低減させるが、接触抵抗を低減して導通させる方法としては、フリッピング技術以外の方法を利用してもよい。例えば、プローブ4aに超音波を伝導して、電極パッド8a表面の酸化膜を部分的に破って、電極パッド8aとプローブ4aの接触抵抗を低減させる方法を用いることができる。
- [0080] ついで、測定方法の選択を入力する(ステップS4)。測定方法は、予め外部記憶部23に記憶されていてもよいし、測定の都度、入力部24から入力されてもよい。測定方法が入力されると、入力された測定方法によって用いる測定回路、及び可動部16

aに印加する変位の方向と大きさ(及び周波数など)を設定する(ステップ5)。

[0081] 選択される測定方法としては、例えば、加速度センサ16の各自由度方向の独立した平行変位、各自由度方向の独立した振れ変位、各自由度方向の組み合わせ変位、各自由度方向の振れの組み合わせ変位などがある。また、変位の周波数を順次変化させてそれぞれの周波数での応答を検査する周波数掃引検査(周波数スキャン)、所定の周波数範囲の擬似ホワイトノイズを印加して応答を検査するホワイトノイズ検査、周波数を所定の値に固定して変位の振幅を変化させて応答を検査する直線性検査などがある。

[0082] ついで、設定した測定方法でノズル流量制御部3を制御して、加速度センサ16の可動部16aを変位させながら、プローブ4aから加速度センサ16の応答である電気信号を検出し、加速度センサ16の応答特性を検査する(ステップS6)。そして、検出した測定結果を外部記憶部23に記憶すると同時に、表示部26に測定結果を表示する(ステップS7)。

[0083] 加速度センサ16の可動部16aは、加速度センサ16の近傍に配置される複数のノズル10から噴出又は吸入する気体の流れによって変位されるため、複数の自由度を有するセンサでも、自由度ごとに又は自由度方向を組み合わせることで検査を行うことができる。また、空気を吹き付けて可動部16aの変位を検査する方法に比べて、可動部16aを吸引する方向に変位を加えることができるので、ウエハ8の状態でも可動部16aの変位方向に制約がある場合でも、ウエハ8上で検査することができる。

[0084] (実施の形態1の変形例)

図19は、プローブ4aとノズル10の異なる構成を示す図である。図19の例では、プローブカード4に複数のノズル10を設けた構造になっている。プローブ4aとノズル10の配置を予め調整しておく。プローブ4aを電極パッド8aに接触させるよう位置決めすることによって、同時にノズル10が可動部16aに対して所定の位置に配置される。ノズル10をプローブ4aと独立に位置決め制御する必要がない。その結果、既存の検査装置の位置決め機構を利用して、複数のノズル10による変位を加えて微小構造体の特性を検査することができる。

[0085] (実施の形態1の変形例2)

図20は、本発明の実施の形態1の変形例2に従うプローブカードの構造を説明する図である。

- [0086] 図20に示すプローブカード4は、変形例1のプローブカード4に加えてさらに、テスト音波を出力するスピーカ9を備える。スピーカ9が出力するテスト音波は、開口領域4bを通して、可動部16aに加えられる。テスト音波によって、微小構造体、たとえば加速度センサ16の可動部16aが振動する。テスト音波によって可動部16aを振動させながら、加速度センサ16の信号を検出し、加速度センサ16の周波数特性を検査することができる。
- [0087] ノズル10の空気流を変動させることによって、ある範囲で周波数特性を検査することが可能である。スピーカ9のテスト音波と組み合わせて、一定変位(直流成分)から高い周波数まで連続して周波数特性を検査することができる。あるいは、ノズル10の空気流によって一定変位を与えながら、スピーカ9のテスト音波による振動を加えて、周波数特性の変化を検査するなどの複合検査を行うことができる。
- [0088] スピーカ9は、プローブカード4に対して支持部材により支持されており、支持部材を防振材料(防振材)70で形成することができる。防振材料70の間をノズル10が貫通している。防振材料70で支持することより、スピーカ9からの振動をプローブカード4に伝達するのを防止し、精度の高い検査を実行することができる。防振材料70としては、シリコンゴムあるいは樹脂等を用いることが可能である。
- [0089] さらに、開口領域4bの周辺などにマイク(図示せず)を設けて、スピーカ9から加速度センサ16に対して加えられるテスト音波を検出してもよい。マイクで検出する音響信号が所定の周波数特性になるように、スピーカ9から出力するテスト音波を制御する。それによって、可動部16aに所定の周波数特性のテスト音波を加えることができる。
- [0090] (実施の形態1の変形例3)

図21は、本発明の実施の形態1の変形例3における、本発明の実施の形態に係る検査装置1の動作の一例を示すフローチャートである。該動作は、加速度センサ16にチリやホコリ等の異物が付着している場合に、ノズル10から噴出又は吸入される気体により該異物を吹き飛ばしたり吸い取ったりする動作である。

- [0091] 本フローチャートに示される動作は、図18のフローチャートに示される微小構造体検査(主にステップ6)において、必要に応じて随時実行される。
- [0092] 加速度センサ16に異物が付着している場合、可動部16aが全く又はほとんど動かないときがある。このとき、該センサが元々不良品である可能性と、単に異物による可動部16a近傍の目詰まり等が起きているだけである可能性と、の両方の可能性が考えられる。以下では、前者に対応する加速度センサ16を元来の不良品と呼び、後者に対応するセンサを見かけ上の不良品と呼ぶことにする。
- [0093] 可動部16aが全く又はほとんど動かないことをもって、直ちに一律に、該可動部を有する加速度センサ16は不良品である、とする判別基準が採用された検査においては、実は見かけ上の不良品であっても、元来の不良品と区別されることなく、不良品であると結論されてしまう。
- [0094] 一方、本発明の実施の形態に係る検査装置1はノズル10を備えており、該ノズルにより気体が噴出又は吸入される。既に詳細に述べたとおり、かかる気体の噴出又は吸入は、本来、可動部16aに変位を与えるために行われるものである。しかし、かかる気体の噴出又は吸入のための機構を、加速度センサ16に付着した異物の除去の目的に転用することも可能である。
- [0095] すなわち、本発明の実施の形態に係る検査装置1は、検査と並行して、加速度センサ16に付着した異物の除去という、一種の清掃作業を行うことができる潜在的能力を有している。かかる清掃作業により、見かけ上の不良品のうち、例えばごく軽いホコリが可動部16aの近傍に単にはさまっただけのものは、該ホコリが除去される結果、不良品扱いを免れ得る。換言すれば、本変形例によれば、従来なら元来の不良品と区別されることなく一律に不良品扱いされていた見かけ上の不良品のうち、少なくとも一部は、不良品扱いを免れることが期待される。よって、本変形例によれば、加速度センサ16の製造における歩留まりが向上することが期待される。
- [0096] ここまで、可動部16aが全く又はほとんど動かないときについて述べてきた。これは、より厳密には、可動部16aに変位を与えるための気体の流れがノズル10により生成された(図21のステップS11)にもかかわらず、該可動部に、該流れの強度から予期される程度の変位が生じなかったことを意味する。具体的には、前記流れの強度に

応じて生じるべき変位について、最低値があらかじめ定められていて、該最低値を閾値として、変位についての判別がなされる(ステップS13)。変位が該閾値以下のものは原則としては不良品とされる(ステップS13;YesかつステップS17;No)。一方、変位が該閾値を上回った場合は(ステップS13;No)、少なくとも本動作においては、不良品扱いを免れる。

- [0097] 本変形例の特徴は、ステップS13において可動部16aの変位が所定の閾値以下であると判別(ステップS13;Yes)されて以降の手順にある。すなわち、本変形例の場合、検査制御部2は、可動部16aの周りに、試しに、ノズル10により所定の強度の気体の流れを発生させてみる(ステップS11)。そして、検査制御部2は、プローブ4aを介して、可動部16aに前記気体の流れの強度に見合うだけの変位が生じたか否かを判別する(ステップS13)。その際、判別の基準として、所定の閾値が用いられる。可動部の変位が所定の閾値を上回っていると判別された場合(ステップS13;No)、図21のフローチャートで示される異物検出及び除去の動作の範囲内に限っては、検査対象の加速度センサ16は不良品であるとは判別されないまま、処理は終了する。
- [0098] 一方、可動部16aの変位が所定の閾値以下であると判別された場合(ステップS13;Yes)でも、本変形例においては、検査制御部2は、検査対象の加速度センサ16を直ちには不良品であると判別せず、まずは、該センサに異物が付着している可能性を探る。具体的には、検査制御部2は、例えば後述のカメラ81、カメラ制御部85、及び、画像解析部87を用いて、異物の検出を試みる(ステップS15)。
- [0099] 検査制御部2は、異物を検出したか否かを判別する(ステップS17)。異物を検出なかったと判別された場合(ステップS17;No)、検査制御部2は、検査対象の加速度センサ16が元来の不良品であると判別し(ステップS19)、処理を終了する。
- [0100] 一方、異物を検出したと判別された場合(ステップS17;Yes)、検査制御部2は、異物除去を試みる(ステップS21)。具体的には、検査制御部2は、後述の画像解析部87による解析結果に基づいて、ノズル10により気体の流れを生成して、異物を吹き飛ばしたり吸い取ったりすることを試みる。
- [0101] 特に、本発明の実施の形態に係る検査装置1は、複数のノズルを備えている。よって、画像解析により異物の位置を判定して、該位置に集中的に、しかも様々な向きに

気体の流れを生成して、異物除去を試みる事が可能である。これにより、加速度センサ16に単に漫然と気体を吹き当てる等の手法に比べて、異物を除去する効率が向上する。

[0102] 検査制御部2は、続いて、異物検出を試みる(ステップS23)。この試行は、実質的には、ステップS15の再試行である。検査制御部2はかかる再試行の結果異物を検出したか否かを判別する(ステップS25)。この判別は、ステップS17と同じ判別である。

[0103] なおも異物を検出したと判別された場合とは(ステップS25;Yes)、ノズル10により生成された気体の流れによっては、異物を除去できないということである。よって、検査制御部2は、検査対象の加速度センサ16を、異物除去不可能と判別し(ステップS27)、処理を終了する。

[0104] なお、このステップS27で異物除去不可能と判別された加速度センサは、異物が付着しているもののその除去ができなかったものであるから、元来の不良品であるかそれとも見かけ上の不良品であるかが結論されておらず、この意味で一種の保留状態にあるといえる。よって、ステップS19が意味する、元来の不良品であるとの結論とは、区別されるのが妥当である。また、検査制御部2は、このように区別して例えば外部記憶部23に記録を残しておくことにより、上述の保留状態にある加速度センサ16については、後に別の手法により再度異物除去試行をする余地を残すことができる。

[0105] 一方、もはや異物を検出しないと判別された場合(ステップS25;No)、ステップS11に戻り、可動部16aに変位を与えることを再度試みる。その後再びステップS13で該変位が不十分か否かが判別される。変位が十分であると判別された場合(ステップS13;No)、処理を終了する。これは、異物除去試行(ステップS21)により異物が実際に除去され、その結果加速度センサ16が正常に動作するようになったということである。つまり該センサは当初は見かけ上の不良品であったということである。一方、変位が不十分であると判別された場合(ステップS13;Yes)、念のため3回目の異物検出試行及び判別(ステップS15及びステップS17)が行われるが、既にステップS25で異物を検出しなかったと判別されているため、ステップS25からステップS17に至るごく短い時間に新たな異物が付着した等の特別な事情がない限り、異物を検出しな

いと判別され(ステップS17;No)、元来の不良品であると判別されてから(ステップS19)、処理が終了する。

[0106] 図22に、加速度センサ16aへの異物の付着状況を観察するためのカメラ81の設置方法の一例を模式的に示す。カメラ81は、図20のスピーカ9がカメラ81に置換されたような態様で、プローブカード4に支持部83を介して設置される。

[0107] なお、図22はあくまでも模式図であって、実際にカメラ81の本体が図示するように設置される必要はない。重要なのは開口領域4bを通じて加速度センサ16が観察され得るという点であって、実際に支持部83に接続されるのは例えばファイバースコープであってもよい。あるいは、プローブカード4とは独立して、カメラ81によりウエハ8全体の観察をする態様としてもよい。

[0108] 図23は、本変形例における検査装置1の検査制御部2とプローバ部15の構成を示すブロック図である。描画の都合上一部の機能ブロックの位置をずらしたが、基本的には、図2に示したブロック図に、カメラ81、カメラ制御部85、及び、画像解析部87が追加されたものである。

[0109] カメラ制御部85は、カメラ81と直接的に接続されて、カメラ81の位置決めや、撮影指令送信や、画像取得等を行う。画像解析部87は、カメラ制御部85がカメラ81から取得した画像に基づいて、異物検出のための画像解析を行う。カメラ制御部85及び画像解析部87は、検査制御部2内の入出力部25と、データや命令等の授受を行う。

[0110] なお、図23においては画像解析部87は検査制御部2の外側に描かれているが、画像解析部87は、検査制御部2内の外部記憶部23にプログラムとして格納されてもよい。そして、制御部21が、必要に応じて該プログラムを読み出して実行することにより、画像解析部87として機能するようにしてもよい。

[0111] その他、前記のハードウェア構成やフローチャートは一例であり、任意に変更及び修正が可能である。ノズル10から噴出又は吸入する気体は、空気以外に、検査装置1内部の雰囲気として必要な気体、例えば窒素などを用いてもよい。

[0112] 検査装置1の検査制御部2は、専用のシステムによらず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。例えば、前記の動作を実行するためのコンピュータプログラムを、コンピュータが読みとり可能な記録媒体(フレキシブルディスク、CD-ROM、

DVD-ROM等)に格納して配布し、当該コンピュータプログラムをコンピュータにインストールすることにより、前記の処理を実行する検査制御部2を構成してもよい。また、インターネット等の通信ネットワーク上のサーバ装置が有する記憶装置に当該コンピュータプログラムを格納しておき、通常のコンピュータシステムがダウンロード等することで本発明の検査制御部2を構成してもよい。

- [0113] また、前記の各機能を、OS (オペレーティングシステム)とアプリケーションプログラムの分担、またはOSとアプリケーションプログラムとの協働により実現する場合などには、アプリケーションプログラム部分のみを記録媒体や記憶装置に格納してもよい。
- [0114] また、搬送波に上述のコンピュータプログラムを重畳し、通信ネットワークを介して配信することも可能である。
- [0115] 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の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。
- [0116] 本出願は、2006年4月26日に出願された、日本国特許出願2006-122160号に基づく。本明細書中に日本国特許出願2006-122160号の明細書、特許請求の範囲、図面全体を参照として取り込むものとする。

産業上の利用可能性

- [0117] 複数のノズルを用いて気体の流れを精密に制御することができ、該流れにより微小構造体の可動部を自在に変位させることにより、様々な製造過程にある微小構造体を検査する用途にも適用できる。

請求の範囲

- [1] 基板上に形成された可動部を有する、少なくとも1つの微小構造体の特性を評価する微小構造体の検査装置であって、
- 前記微小構造体の電気信号を取り出すために、前記微小構造体に形成された検査用電極に電氣的に接続するプローブと、
- 前記微小構造体の可動部の近傍に配置され、気体を噴出又は吸入する複数のノズルと、
- 前記複数のノズルから噴出又は吸入する気体の流量を制御する気体流量制御手段と、
- 前記複数のノズルから噴出又は吸入する気体によって印加された前記微小構造体の可動部の変位を、前記プローブを介して得られる電気信号によって検出し、検出結果に基づいて前記微小構造体の特性を評価する評価手段と、
- を備えることを特徴とする微小構造体の検査装置。
- [2] 前記評価手段と接続されるプローブカードであって、
- 前記プローブと、
- 前記複数のノズルと、
- を含むプローブカードを備える請求項1に記載の微小構造体の検査装置。
- [3] 前記微小構造体の可動部に対してテスト音波を出力するための、少なくとも1つの音波発生手段をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の微小構造体の検査装置。
- [4] フリッピング現象を利用して、前記プローブと前記検査用電極とを導通させる導通手段をさらに備える、請求項1に記載の微小構造体の検査装置。
- [5] 前記気体流量制御手段は、
- 前記複数のノズルから噴出又は吸入する気体の流量を制御することにより、前記微小構造体に付着した異物を除去する、
- ことを特徴とする請求項1に記載の微小構造体の検査装置。
- [6] 前記プローブカードは、
- 前記微小構造体に付着した異物を検出する異物検出手段

をさらに含み、

前記気体流量制御手段は、前記異物検出手段により前記異物が検出された場合には、前記複数のノズルから噴出又は吸入する気体の流量を制御することにより、前記微小構造体に付着した異物を除去する、

ことを特徴とする請求項2に記載の微小構造体の検査装置。

[7] 前記異物検出手段は、

画像解析手段により前記異物の有無及び位置を判別する、

ことを特徴とする請求項6に記載の微小構造体の検査装置。

[8] 前記微小構造体は、前記基板上に形成された加速度センサであることを特徴とする請求項1に記載の微小構造体の検査装置。

[9] 前記微小構造体は、半導体ウエハに形成されたデバイスであることを特徴とする請求項1に記載の微小構造体の検査装置。

[10] 基板上に形成された可動部を有する、少なくとも1つの微小構造体の電気信号を取り出すために、前記微小構造体に形成されたパッドにプローブを接触させるステップと、

前記微小構造体の可動部を変位させるために、気体を噴出又は吸入するノズルを前記微小構造体の近傍に配置させるステップと、

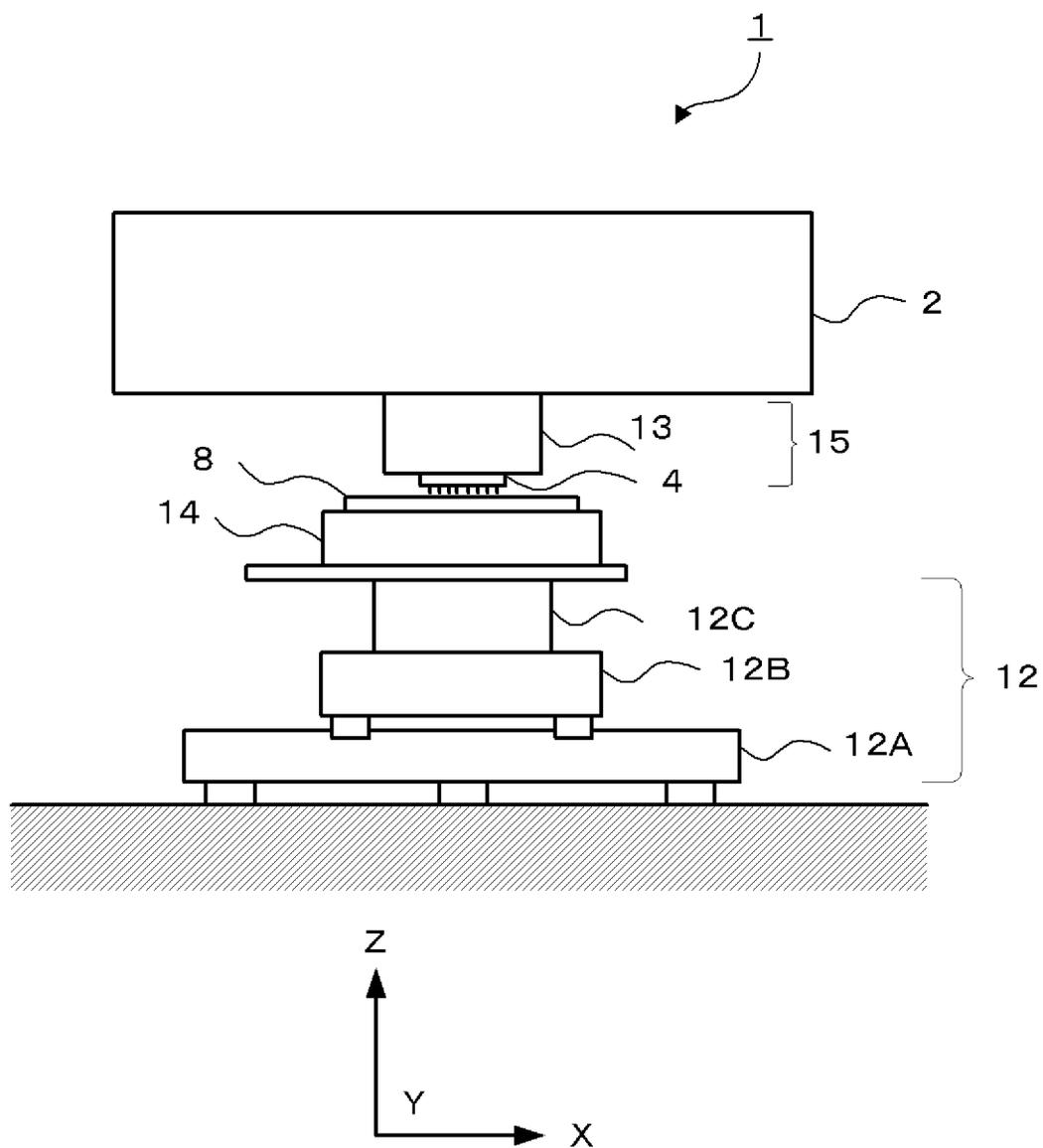
前記複数のノズルから気体を噴出又は吸入して前記微小構造体の可動部を変位させるステップと、

前記複数のノズルから噴出又は吸入する気体によって印加された前記微小構造体の可動部の変位を、前記プローブを介して得られる電気信号によって検出するステップと、

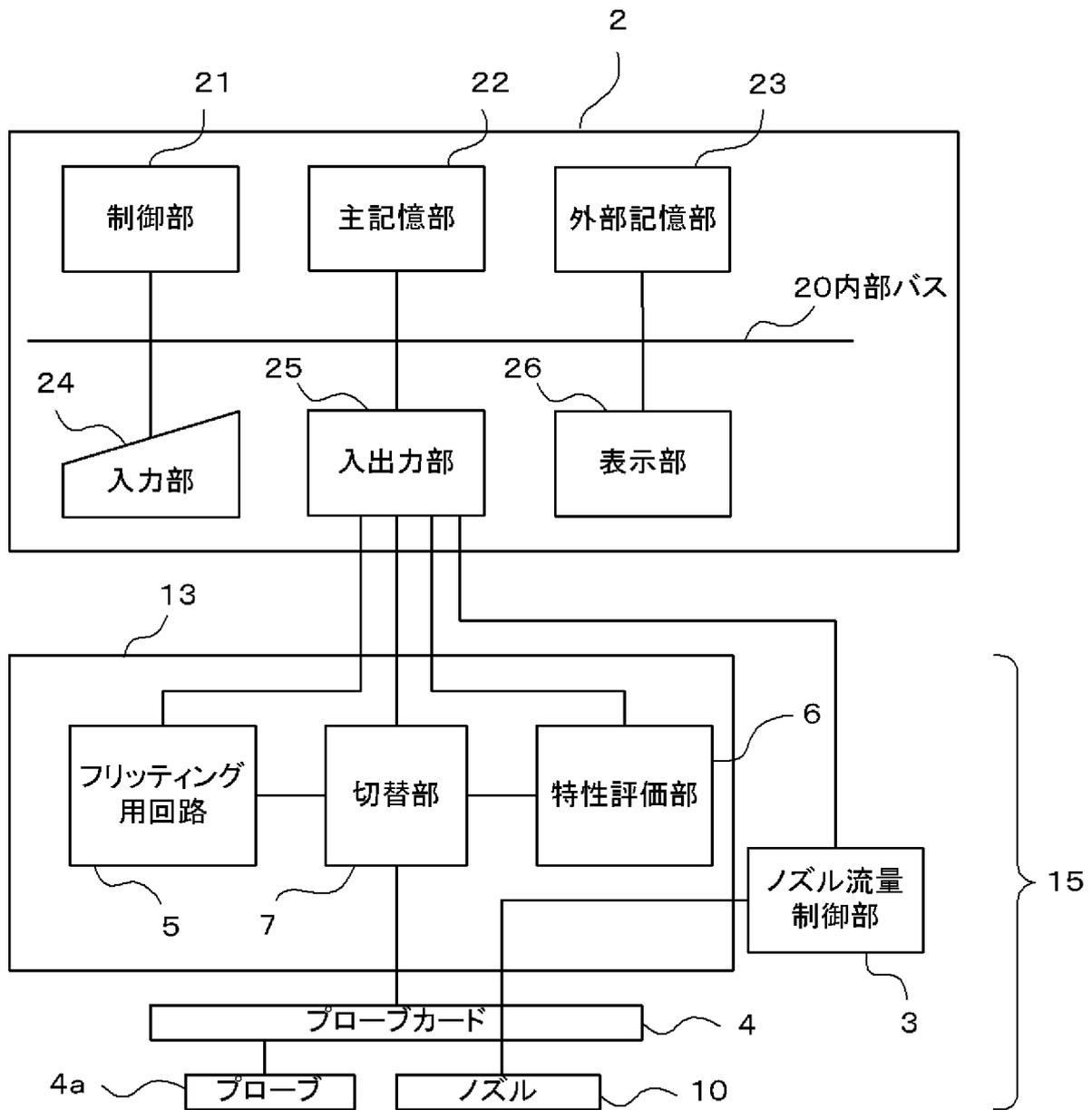
前記電気信号によって検出した可動部の変位に基づいて前記微小構造体の特性を評価するステップと、

を備えることを特徴とする微小構造体の検査方法。

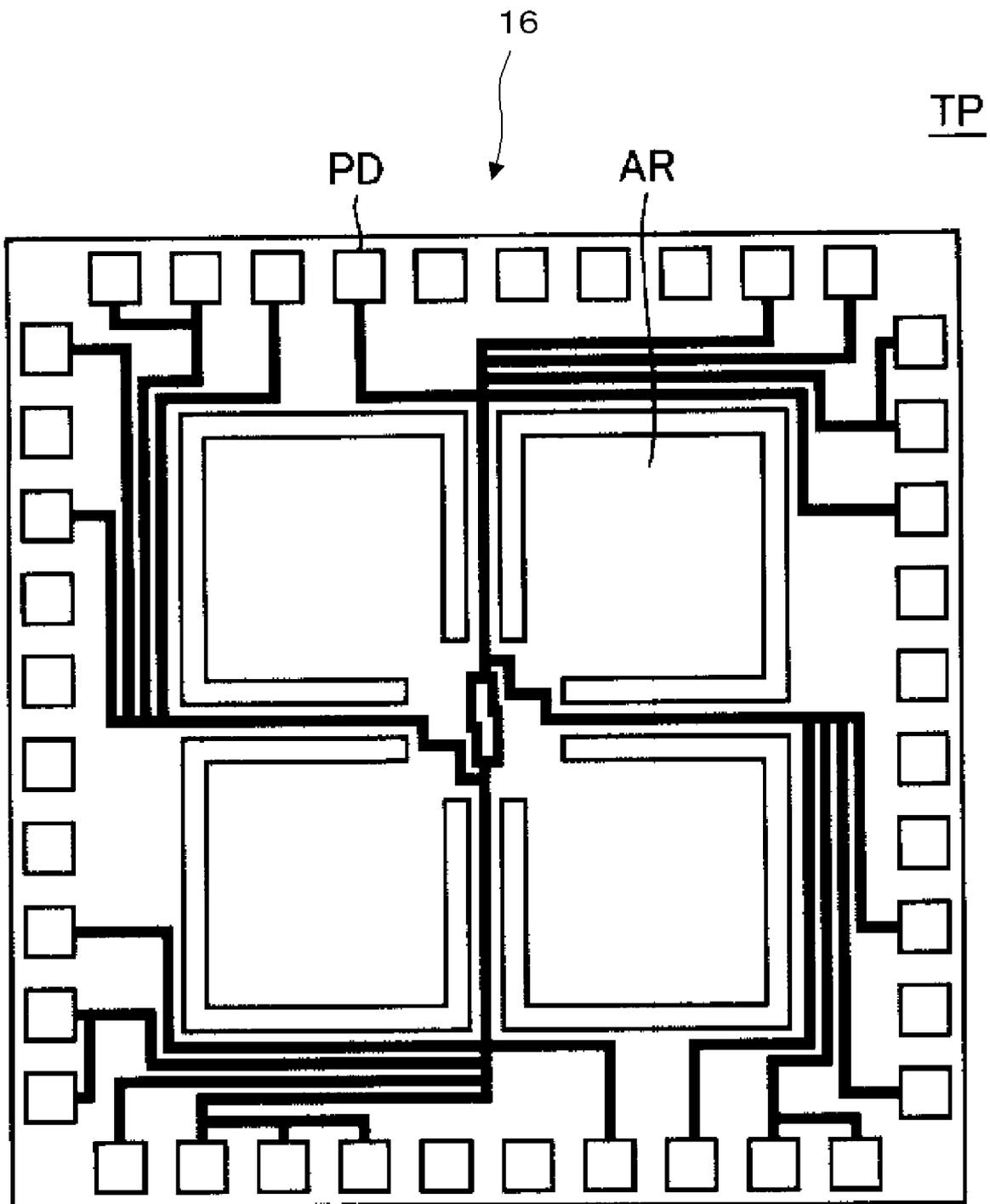
[図1]



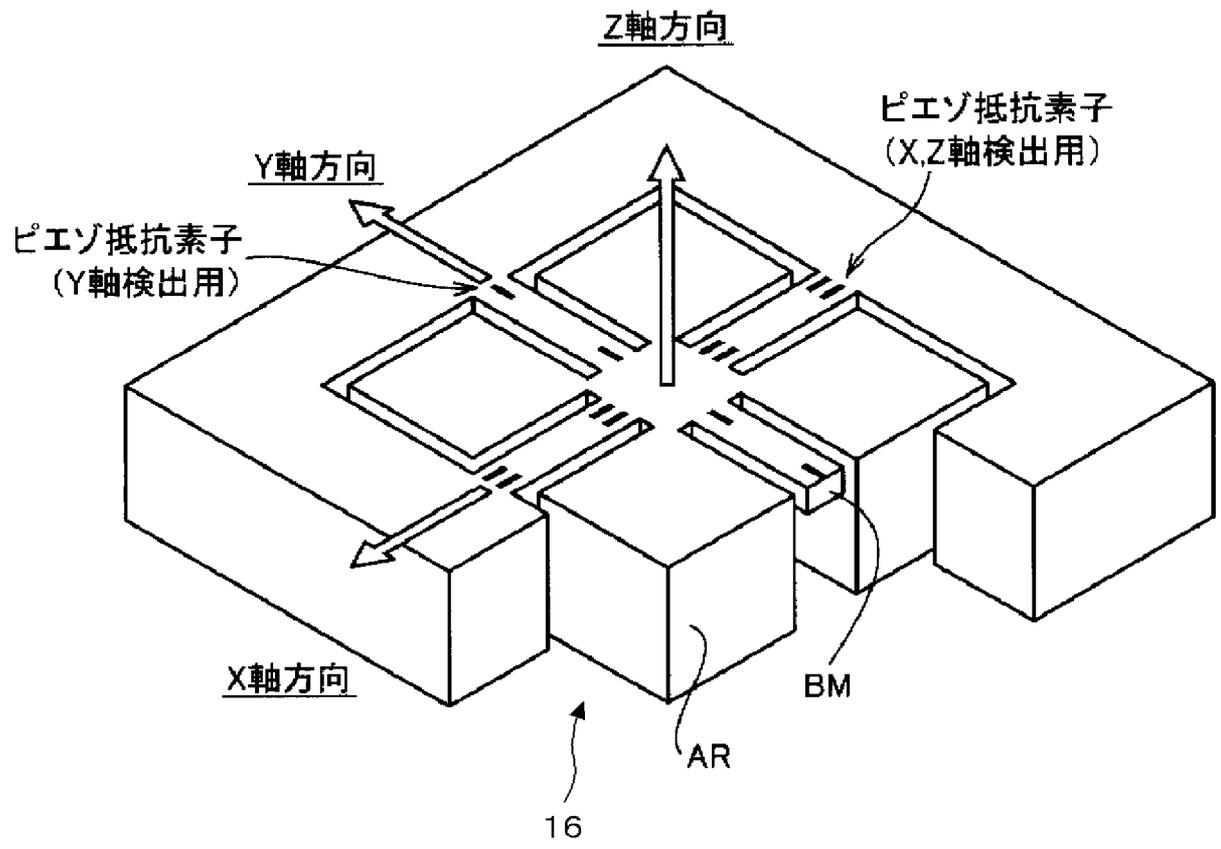
[図2]



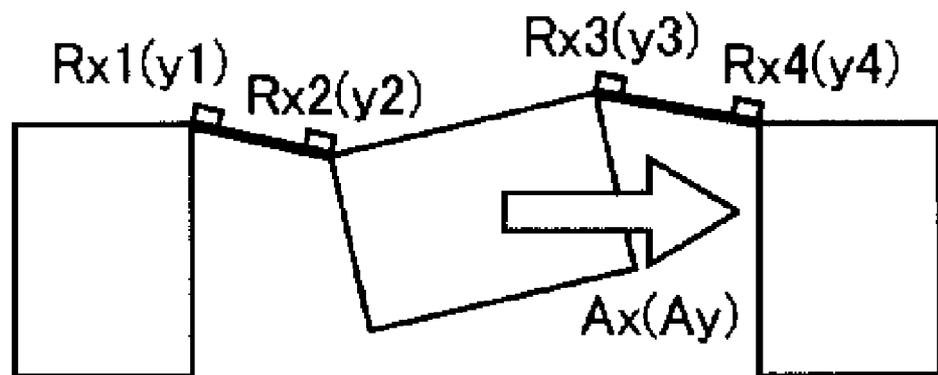
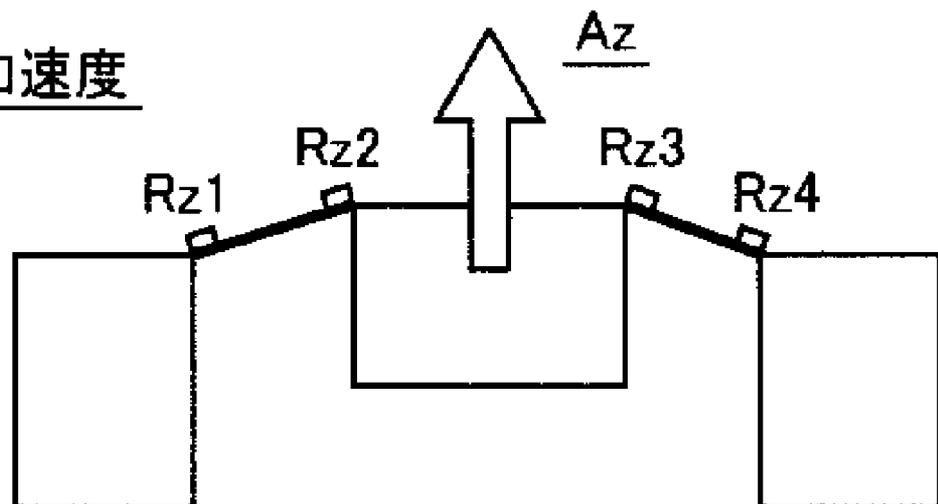
[図3]



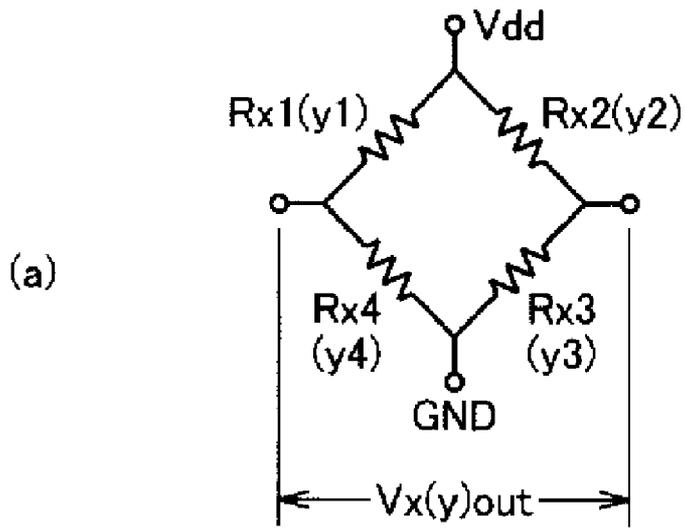
[図4]



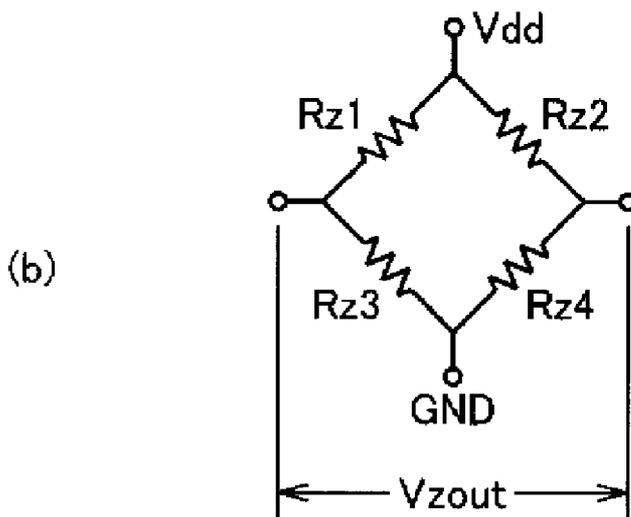
[図5]

X(Y)軸の加速度Z軸の加速度

[図6]

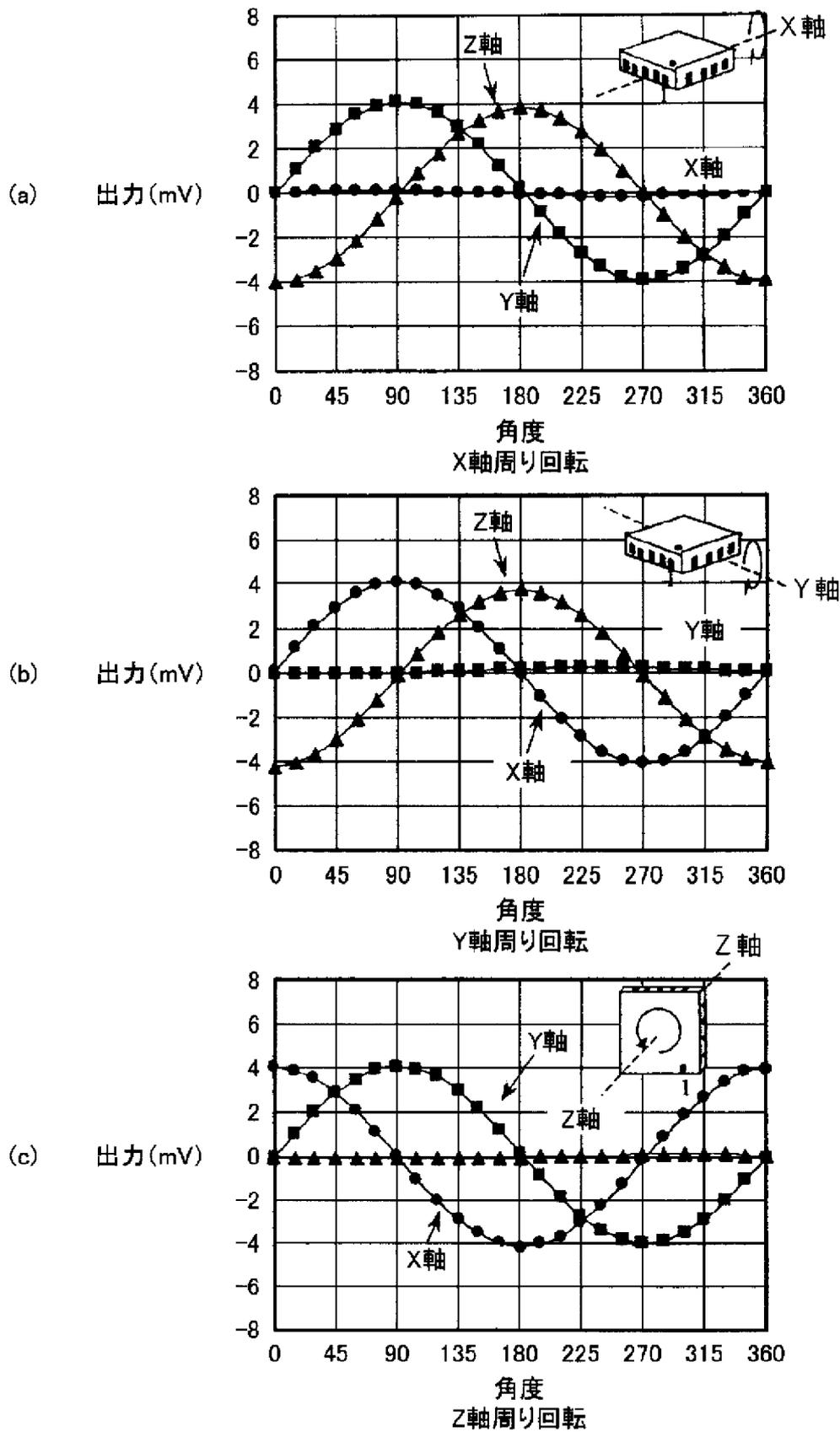
X(Y)軸出力

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

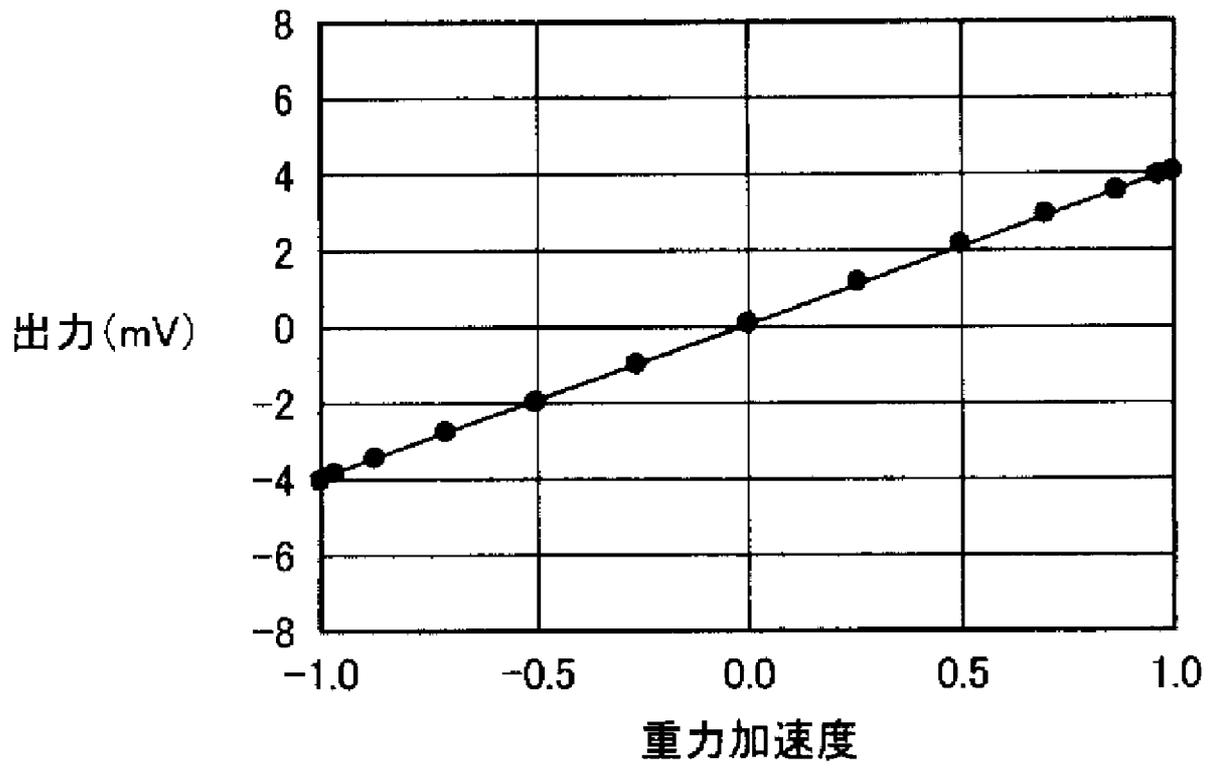
Z軸出力

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

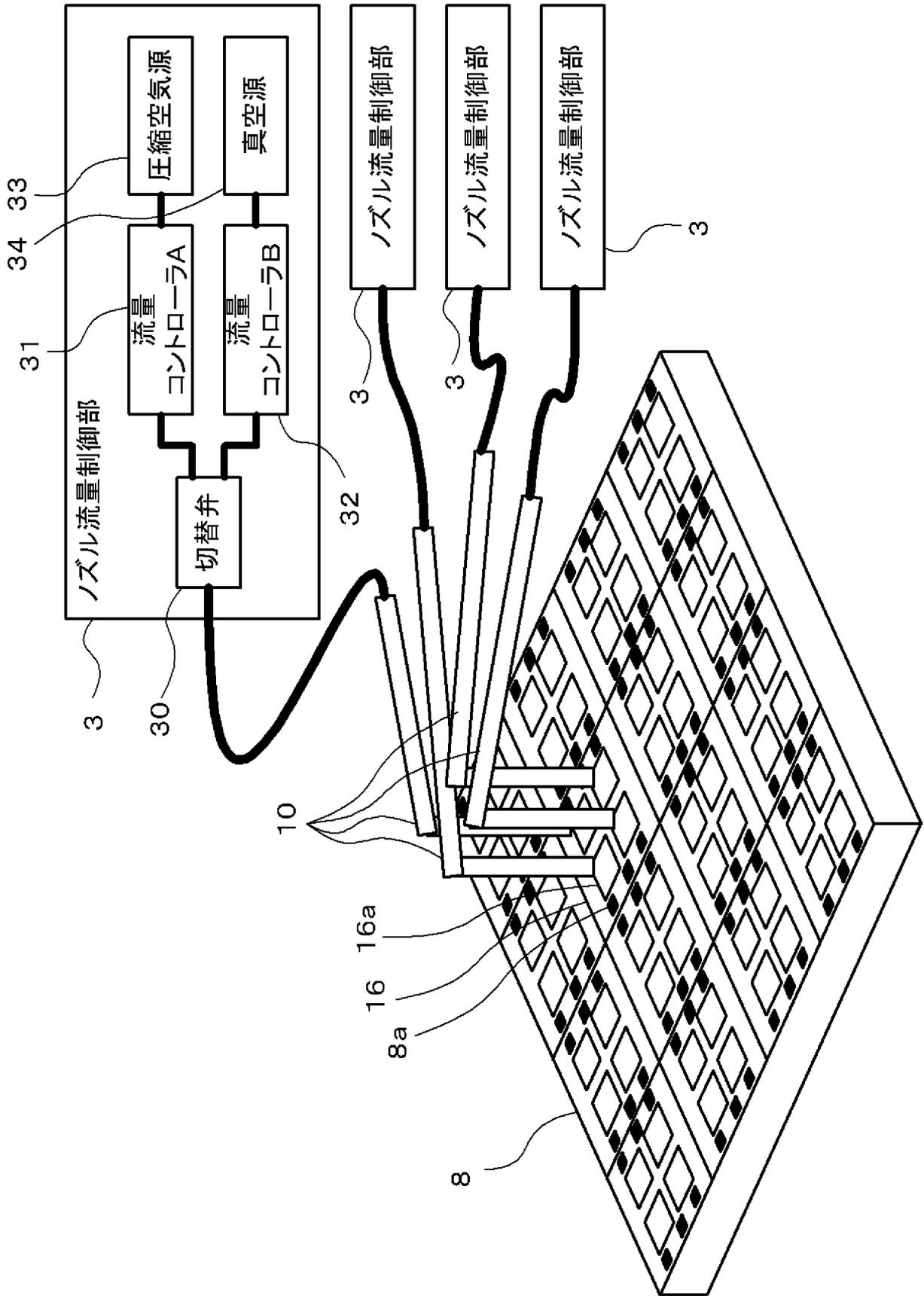
[図7]



[図8]

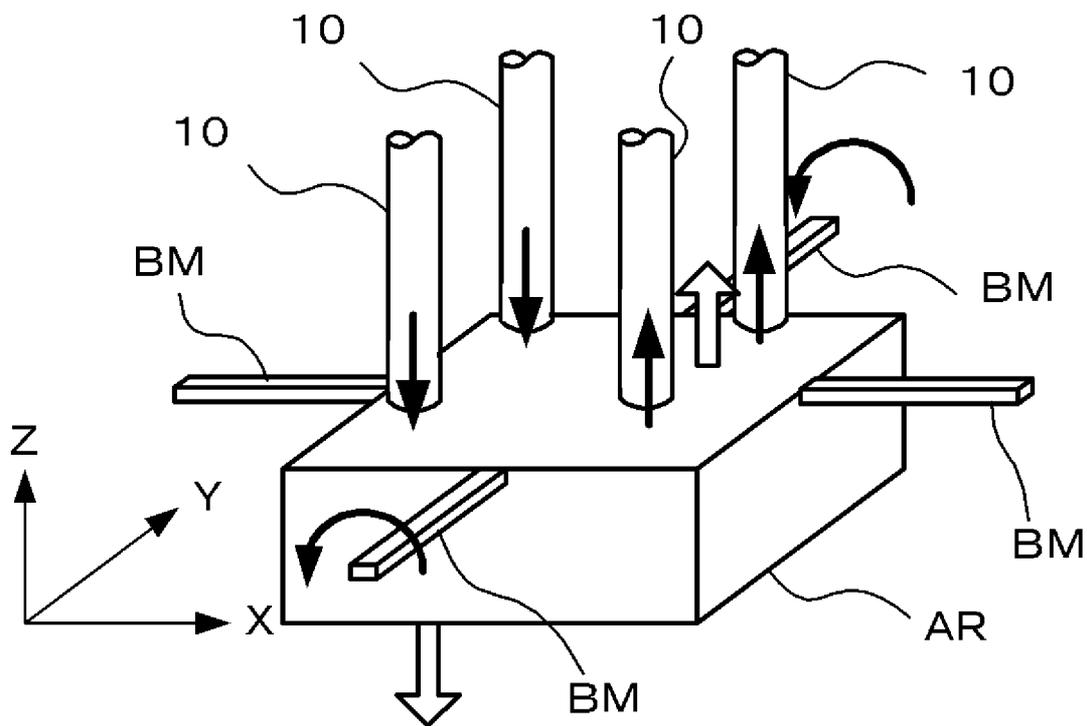


[図9]

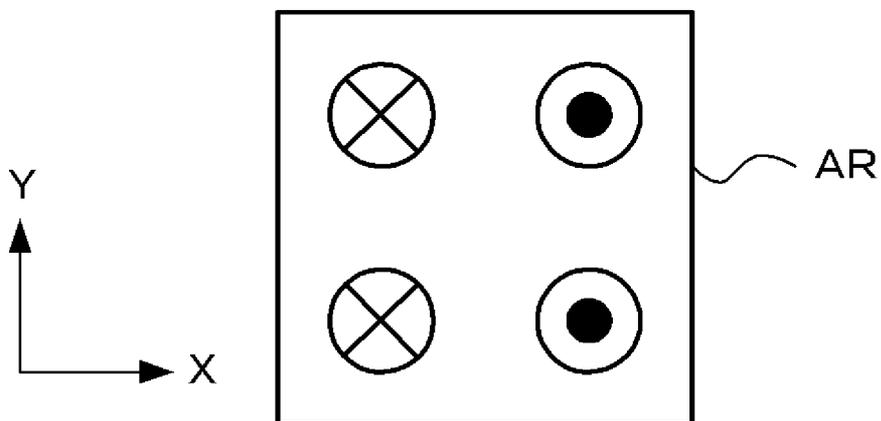


[図10]

(a)

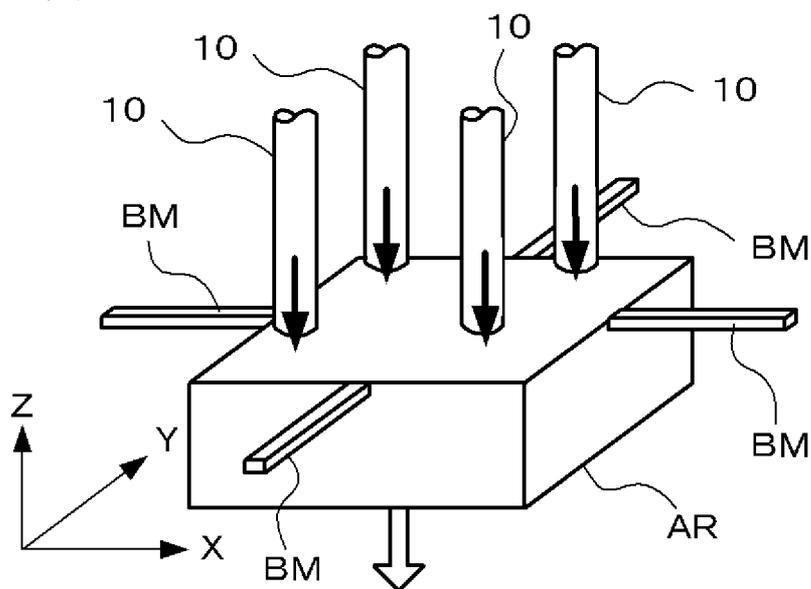


(b)

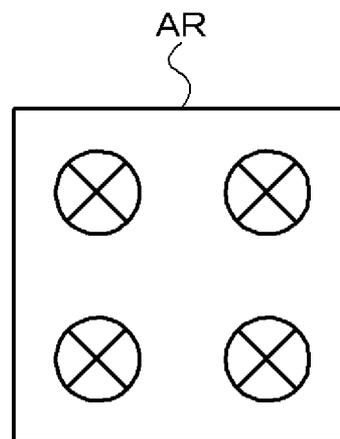


[図11]

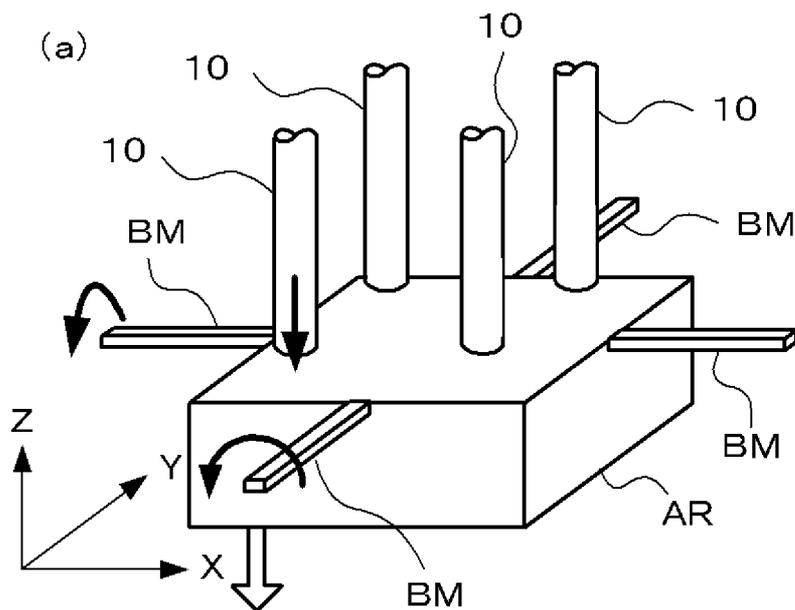
(a)



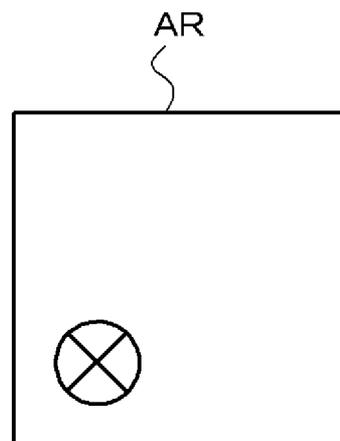
(b)



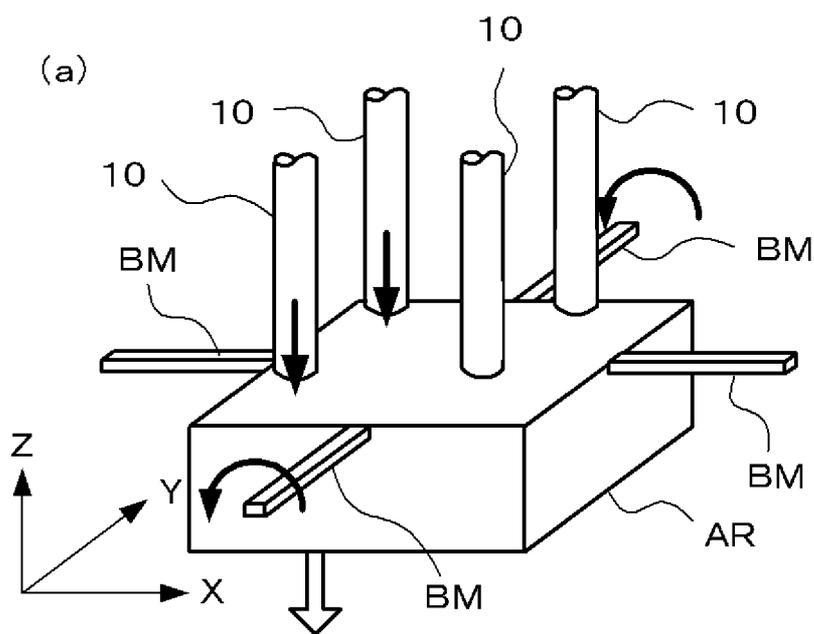
[図12]



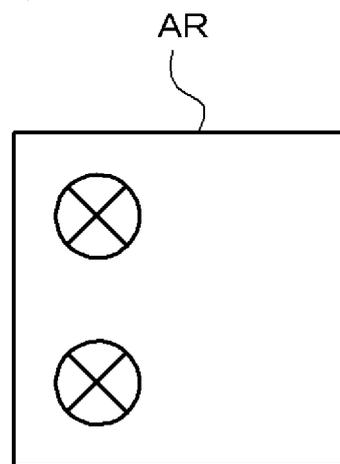
(b)



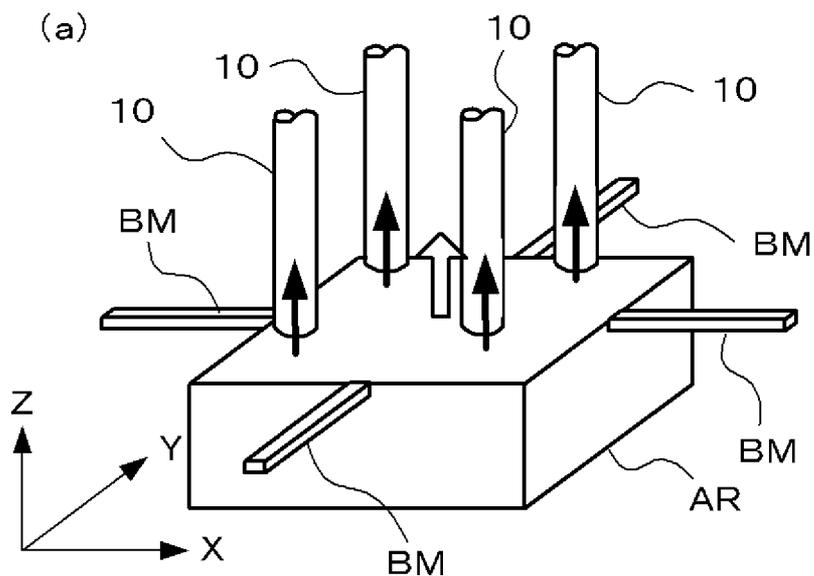
[図13]



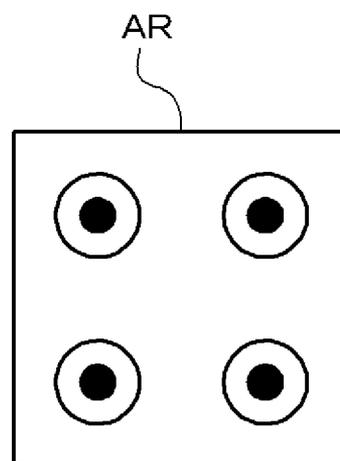
(b)



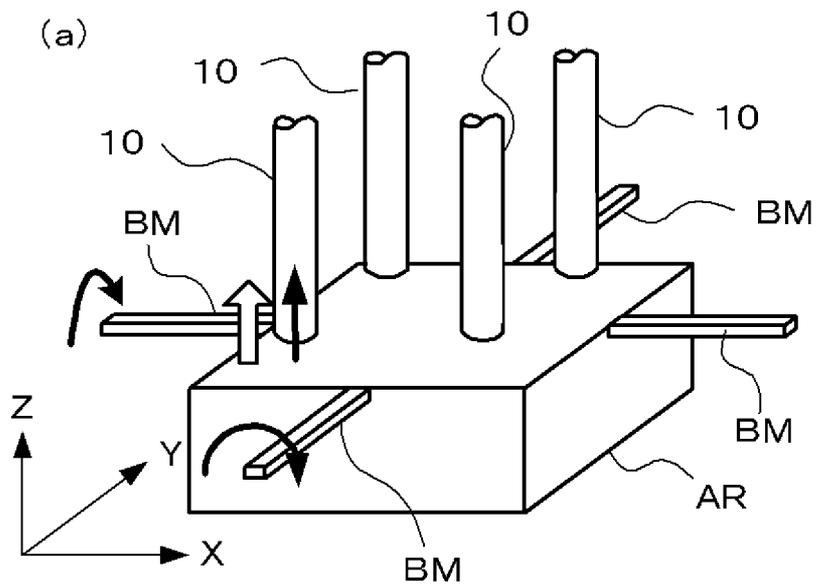
[図14]



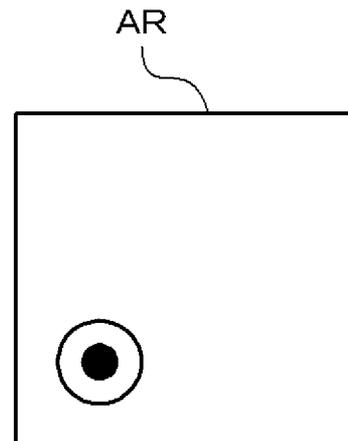
(b)



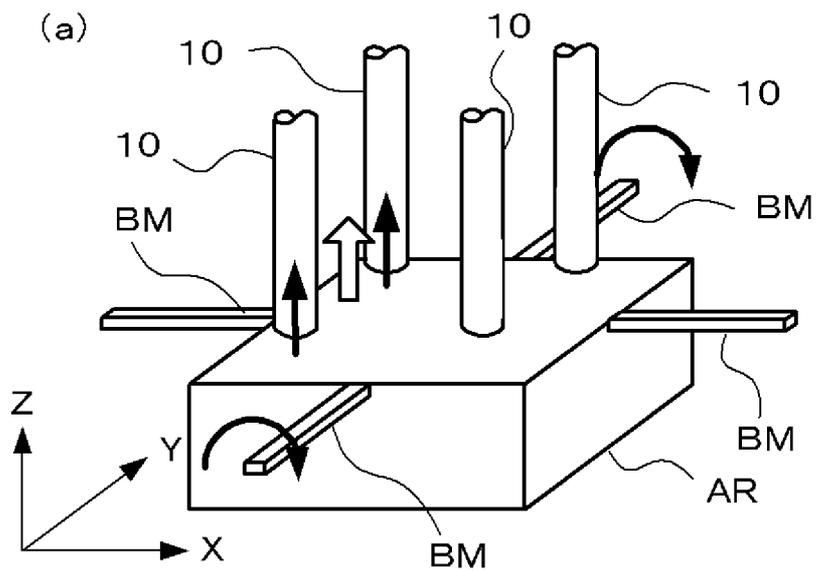
[図15]



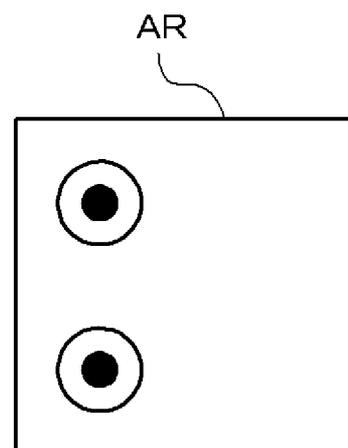
(b)



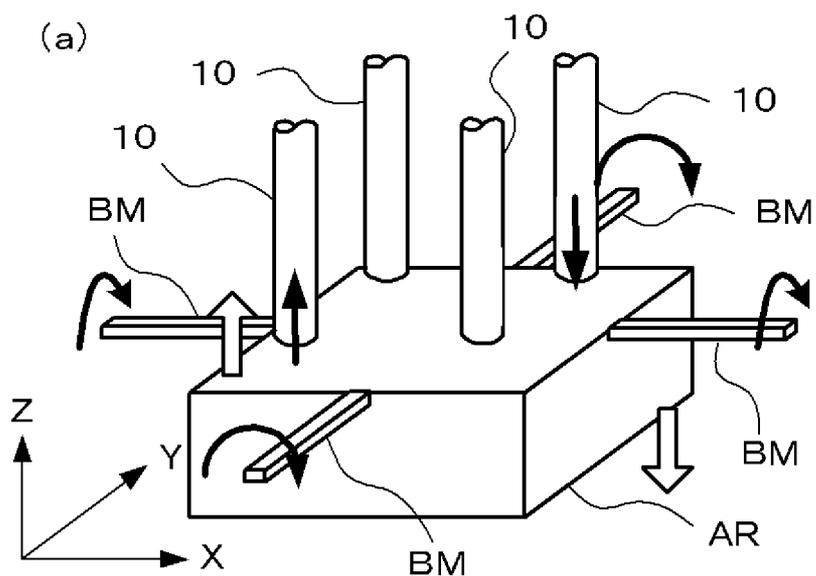
[図16]



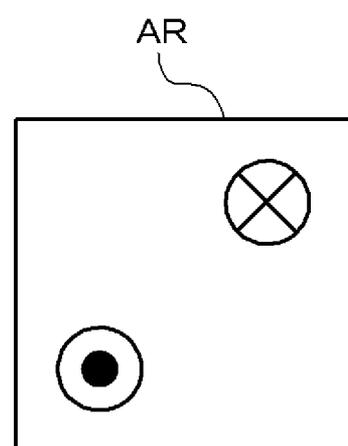
(b)



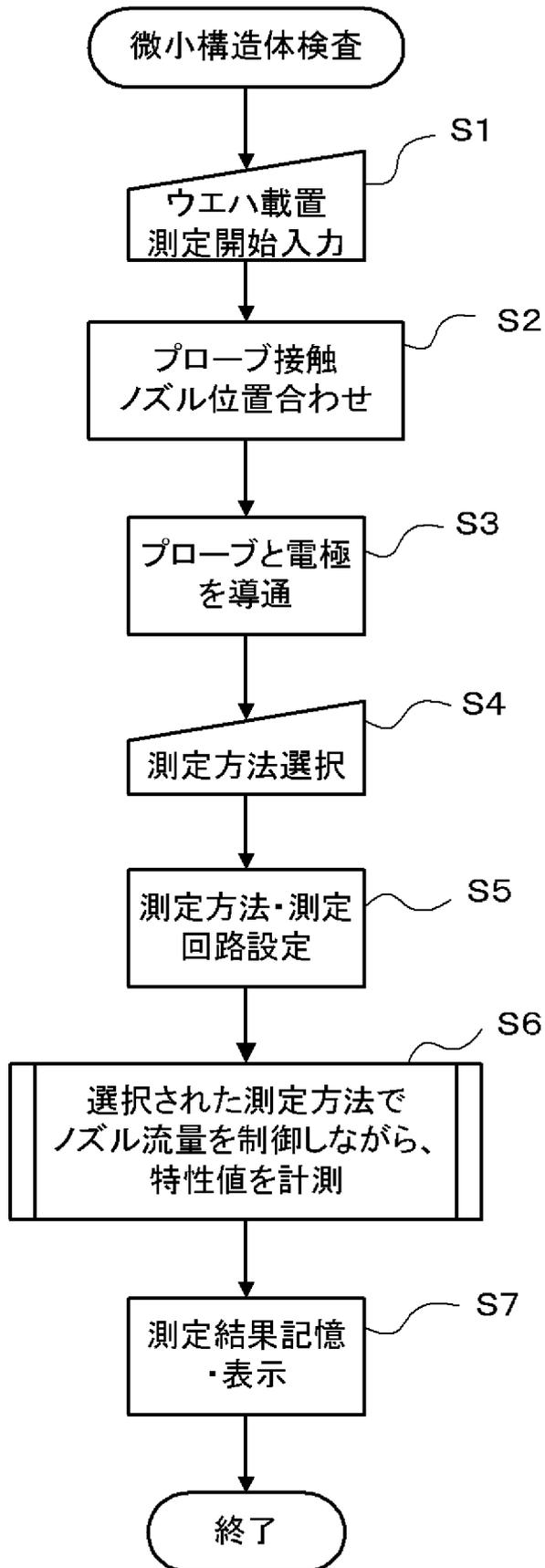
[図17]



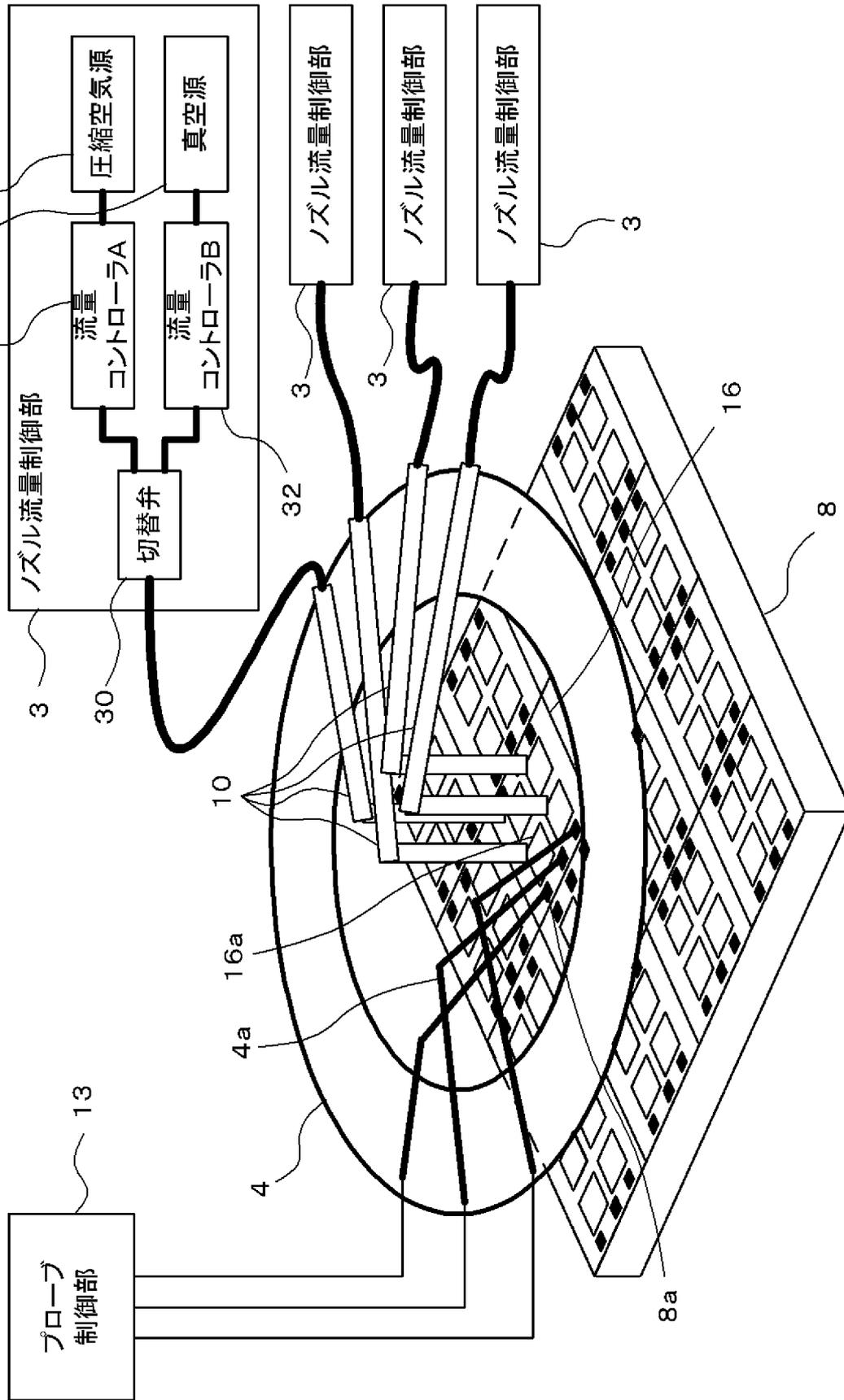
(b)



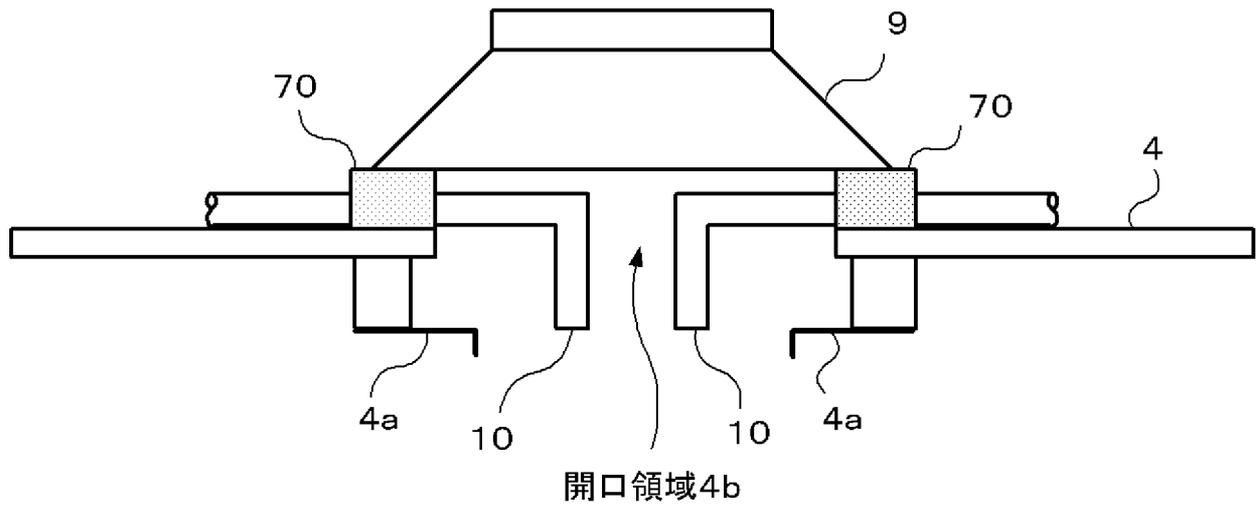
[図18]



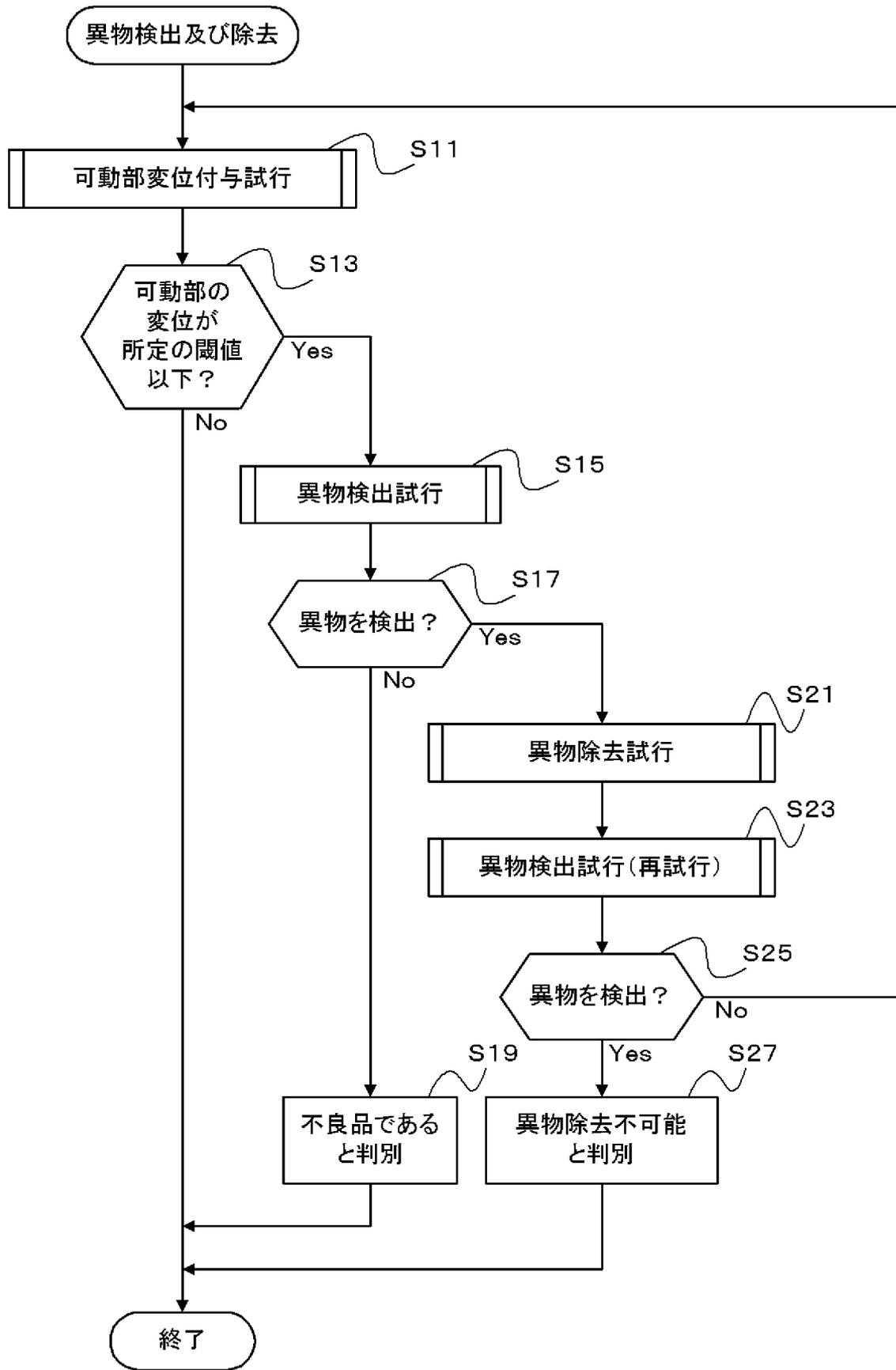
[図19]



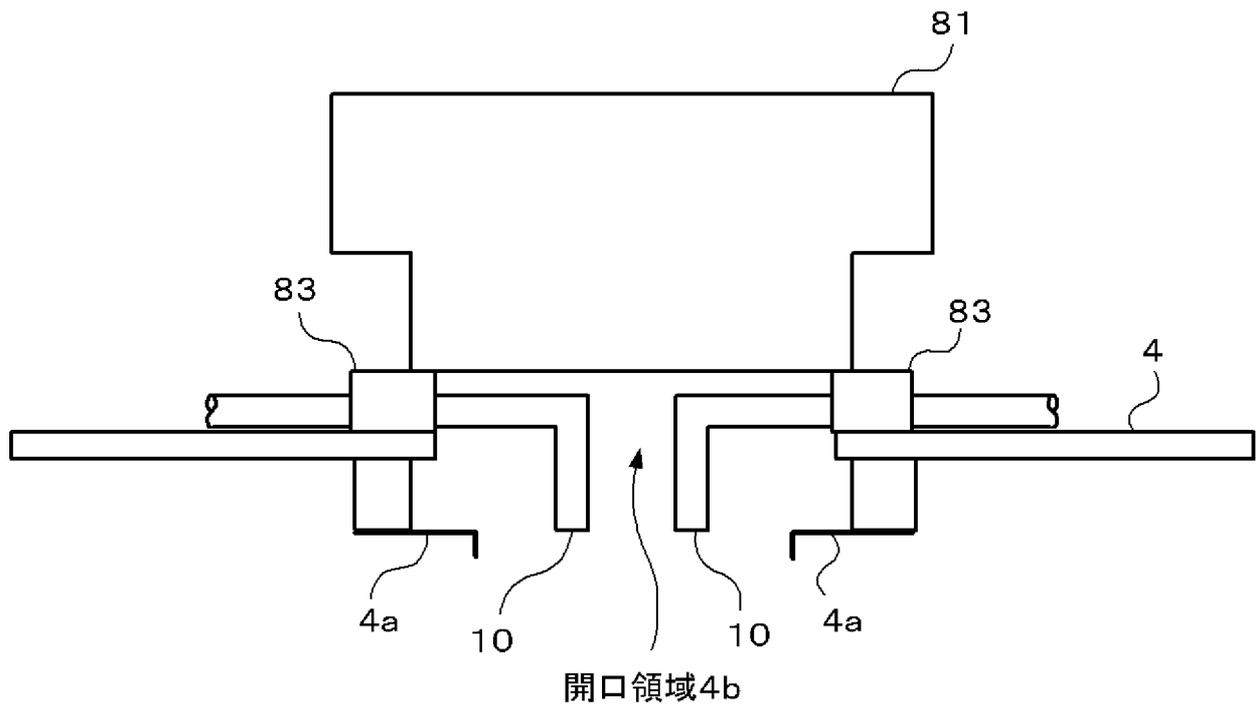
[図20]



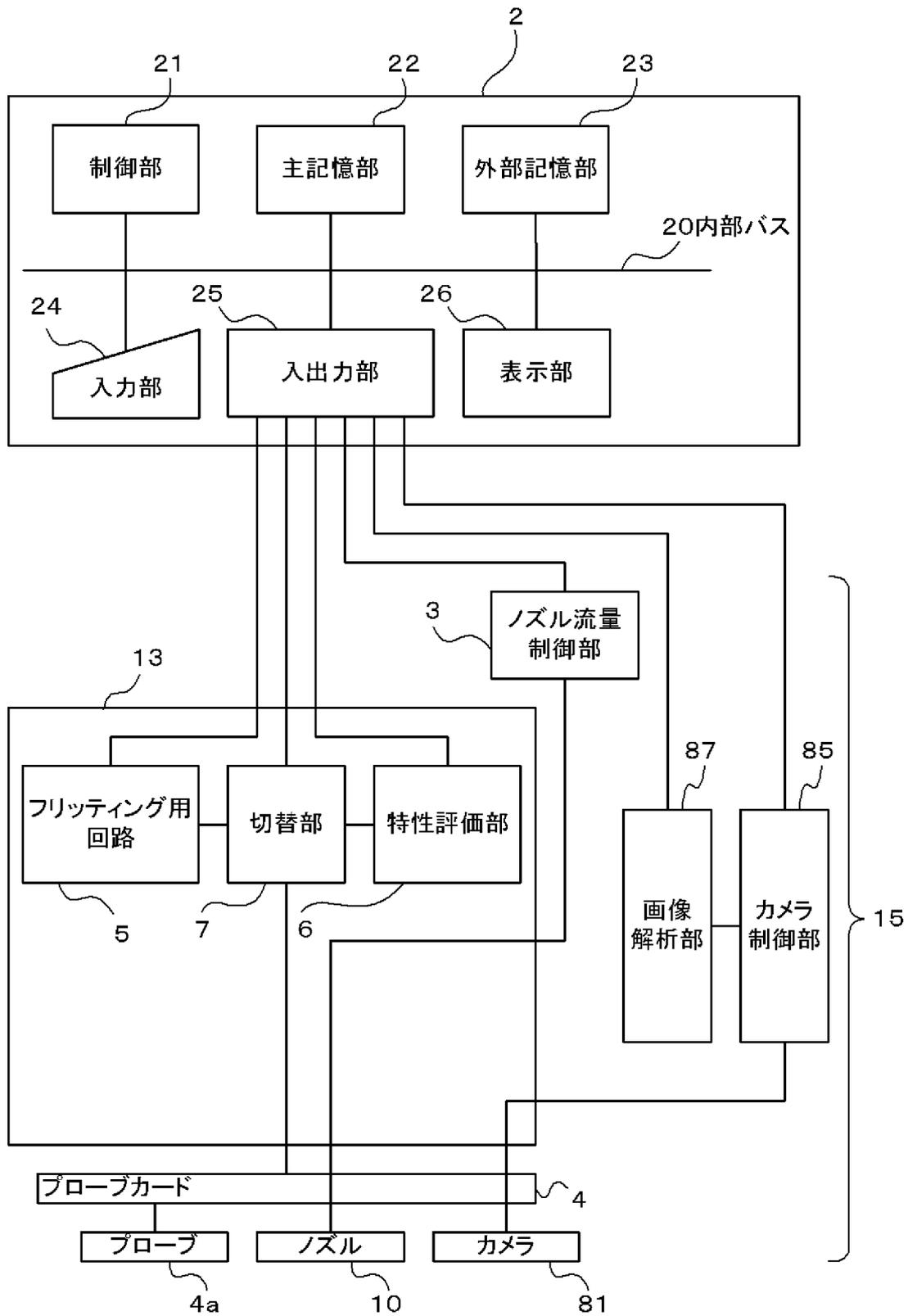
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/058069

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/66(2006.01)i, B81C5/00(2006.01)i, G01P21/00(2006.01)i, G01R1/073(2006.01)i, G01R31/28(2006.01)i

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)
H01L21/66, B81C5/00, G01P21/00, G01R1/073, G01R31/28

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-34371 A (Tokai Rika Co., Ltd.), 09 February, 1993 (09.02.93), (Family: none)	1-10
A	JP 9-33567 A (Akebono Brake Industry Co., Ltd.), 07 February, 1997 (07.02.97), (Family: none)	1-10
A	JP 10-123172 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 05 May, 1998 (05.05.98), (Family: none)	1-10
A	JP 11-218548 A (Mitsubishi Electric Corp.), 10 August, 1999 (10.08.99), (Family: none)	1-10

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
25 June, 2007 (25.06.07)

Date of mailing of the international search report
03 July, 2007 (03.07.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/058069

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 2001-33506 A (Hioki E.E. Corp.), 09 February, 2001 (09.02.01), (Family: none)	1-10
A	JP 2003-273174 A (Seiko Instruments Inc.), 26 September, 2003 (26.09.03), (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01L21/66(2006.01)i, B81C5/00(2006.01)i, G01P21/00(2006.01)i, G01R1/073(2006.01)i, G01R31/28(2006.01)i			
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. H01L21/66, B81C5/00, G01P21/00, G01R1/073, G01R31/28			
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 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007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 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	
A	JP 5-34371 A (株式会社東海理化電機製作所) 1993.02.09 (ファミリーなし)	1-10	
A	JP 9-33567 A (曙ブレーキ工業株式会社) 1997.02.07 (ファミリーなし)	1-10	
A	JP 10-123172 A (富士電機株式会社) 1998.05.05 (ファミリーなし)	1-10	
<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 25.06.2007		国際調査報告の発送日 03.07.2007	
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) 菅野 智子	4R 9545 電話番号 03-3581-1101 内線 3471

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
A	JP 11-218548 A (三菱電機株式会社) 1999.08.10 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2001-33506 A (日置電機株式会社) 2001.02.09 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2003-273174 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 2003.09.26 (ファミリーなし)	1-10