

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4387987号  
(P4387987)

(45) 発行日 平成21年12月24日(2009.12.24)

(24) 登録日 平成21年10月9日(2009.10.9)

(51) Int.Cl.	F I	
GO 1 P 21/00 (2006.01)	GO 1 P 21/00	
B 8 1 C 5/00 (2006.01)	B 8 1 C 5/00	
GO 1 N 29/00 (2006.01)	GO 1 N 29/00	
HO 1 L 29/84 (2006.01)	HO 1 L 29/84	Z
		請求項の数 29 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2005-160701 (P2005-160701)	(73) 特許権者	502128800 株式会社オクテック 東京都新宿区若葉一丁目2番1
(22) 出願日	平成17年5月31日(2005.5.31)		
(65) 公開番号	特開2006-313137 (P2006-313137A)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成18年11月16日(2006.11.16)	(74) 代理人	100095407 弁理士 木村 満
審査請求日	平成17年7月26日(2005.7.26)	(74) 復代理人	100131152 弁理士 八島 耕司
審査番号	不服2006-22587 (P2006-22587/J1)	(72) 発明者	奥村 勝弥 東京都新宿区若葉一丁目2番1 株式会 社オクテック内
審査請求日	平成18年10月5日(2006.10.5)		
(31) 優先権主張番号	特願2004-174423 (P2004-174423)		
(32) 優先日	平成16年6月11日(2004.6.11)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2005-64876 (P2005-64876)		
(32) 優先日	平成17年3月9日(2005.3.9)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
早期審査対象出願			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微小構造体の検査装置、微小構造体の検査方法および微小構造体の検査プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に構成され、可動部と、前記可動部の動きに応じて、前記可動部が有する互いに異なる複数の可動特性それぞれに応じた信号を出力する複数の感応素子とを有する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、

前記基板上に構成された微小構造体の各前記感応素子の出力信号を取り出すために、前記微小構造体に構成された複数の出力パッドに電気的に接続するプローブ針と、

音波を発生すると共に該音波の周波数を調整する機能を備え、テスト時において前記微小構造体の前記可動部に対してテスト音波を出力する音波発生手段と、

前記音波発生手段により出力されたテスト音波に回答した前記可動部の動きに応じて前記複数の感応素子が出力した複数の信号を前記プローブ針を介して取得して、前記音波発生手段が発生したテスト音波の周波数に対応するテスト結果と予め定められた基準とを比較することにより、前記微小構造体の複数の可動特性をそれぞれ評価する特性評価手段と

を備えることを特徴とする微小構造体の検査装置。

【請求項2】

前記音波発生手段は、空気振動を介して、テスト音波を前記可動部に伝達する、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。

【請求項3】

前記特性評価手段は、音波発生手段の出力する音波の周波数を変化させ、音波の周波数

の変化に伴う信号の変化を評価する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 4】

前記微小構造体は 3 軸加速度センサを備え、

前記各感応素子は、前記可動部の互いに直交する 3 軸方向の加速度に対応する信号を出力し、

前記特性評価手段は、前記プローブ針を介して得られた、前記音波発生手段が発生している音波に対する各軸方向の加速度に対応する信号を評価する、

ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 5】

前記微小構造体は加速度検出用可動部を備える加速度センサと圧力検出用可動部を備える圧力センサとから構成され、

前記複数の感応素子は前記加速度検出用可動部の動きに対応する信号を出力する加速度検出用の感応素子と、前記圧力検出用可動部の動きに対応する信号を出力する圧力検出用の感応素子と、を含み、

前記特性評価手段は、前記プローブ針を介して得られた、前記加速度検出用の感応素子の出力信号と前記圧力検出用の感応素子の出力信号をそれぞれ評価する、

ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 6】

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おり、

前記プローブ針は、前記基板上に構成された複数の微小構造体の出力パッドに電氣的に接続し、

前記音波発生手段は、空気を介して複数の微小構造体の可動部に音波を伝達し、

前記特性評価手段は、複数の前記微小構造体から取得された信号から、複数の前記微小構造体の複数の可動特性を評価する、

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 7】

前記特性評価手段は、前記プローブ針を介して得られる信号から、前記音波発生手段により出力された前記テスト音波に**応答した前記微小構造体の可動部の動きを検出し、検出結果と予め定められた基準とを比較することにより、前記微小構造体の特性を評価する、**

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 8】

前記特性評価手段は、

前記微小構造体の可動部の動きに基づいて変化する変化量を検出するための変化量検出手段と、

前記変化量検出手段により検出された変化量と所定のしきい値となる変化量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 7 記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 9】

前記変化量検出手段は、前記微小構造体の可動部の動きにより変化するインピーダンスの変化量を検出し、

前記判定手段は、前記変化量検出手段により検出されたインピーダンスの変化量と所定のしきい値となるインピーダンスの変化量とを比較して前記微小構造体の特性を評価する、請求項 8 記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 10】

前記判定手段は、前記変化量検出手段により検出された最大の変化量に対応するテスト音波の周波数と、予め定められた周波数とを比較して前記微小構造体の特性を評価する、請求項 8 記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 11】

前記音波発生手段は、

10

20

30

40

50

外部からの入力に応じた音圧の前記テスト音波を出力する音波出力手段と、  
 前記微小構造体の近傍に到達するテスト音波を検出する検出手段と、  
 前記検出手段により検出されたテスト音波の音圧レベルと基準となる所定のテスト音波の音圧レベルとを比較して、前記音波出力手段から出力されるテスト音波を補正する音波補正手段とを含む、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 12】

前記音波発生手段は、外部から前記微小構造体に到達するノイズ音波を除去するためのノイズ除去手段をさらに含む、請求項 11 記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 13】

前記ノイズ除去手段は、テスト前において前記検出手段により検出した前記ノイズ音波に基づいて前記ノイズ音波を打ち消すように前記ノイズ音波と逆位相であり、かつ同一の周波数および音圧を有するアンチノイズ音波を出力する、請求項 12 記載の微小構造体の検査装置。

10

【請求項 14】

前記アンチノイズ音波は、前記テスト時において、前記音波出力手段から前記テスト音波とともに出力される、請求項 13 記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 15】

前記音波発生手段の前記検出手段により検出されたテスト音波の検出結果を受けて、前記特性評価手段は評価結果を出力する、請求項 11 記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 16】

前記特性評価手段は、前記微小構造体の可動部の 2 つ以上の動きを同時に検出し、検出結果に基づいて前記微小構造体の 2 つ以上の特性を同時に評価することを特徴とする、請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査装置。

20

【請求項 17】

前記特性評価手段は、前記微小構造体の可動部の 2 つ以上の方向の動きを同時に検出し、検出結果に基づいて前記微小構造体の 2 つ以上の方向の特性を同時に評価することを特徴とする、請求項 16 記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 18】

前記特性評価手段は、前記微小構造体が 2 つ以上の可動部を有する場合、および/または前記基板上に 2 つ以上の微小構造体を有する場合であって、2 つ以上の可動部の動きを同時に検出し、検出した結果に基づいて 1 または 2 つ以上の前記微小構造体の 2 つ以上の可動部の特性を同時に評価することを特徴とする、請求項 16 記載の微小構造体の検査装置。

30

【請求項 19】

前記特性評価手段は、前記 2 つ以上の可動部が異なる可動特性を有する場合に、該 2 つ以上の可動部の動きを同時に検出し、検出した結果に基づいて前記異なる可動特性を有する 2 つ以上の可動部の特性を同時に評価することを特徴とする、請求項 18 記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 20】

前記音波発生手段は、前記テスト音波として 2 つ以上の異なる周波数の音波を含む合成波を出力する、請求項 1 ~ 19 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査装置。

40

【請求項 21】

前記音波発生手段は、前記テスト音波としてホワイトノイズを出力する、請求項 1 ~ 19 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 22】

前記音波発生手段は、前記テスト音波として所定の周波数範囲でホワイトノイズを出力する、請求項 1 ~ 19 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 23】

前記音波発生手段は、前記特性評価手段の指示に基づいて、発生するテスト音波の周波数を調整し、

50

前記特性評価手段は、前記微小構造体から得られた信号に基づいて、前記音波発生手段が発生する音波を調整するための指示を出力する、

ことを特徴とする請求項 1 ~ 2 2 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 2 4】

前記特性評価手段は、

前記微小構造体から得られた信号が示す可動特性が予め設定されている所望の特性に一致するか否かを判別する判別手段と、

該判別手段が一致しないと判別したときに前記音波発生手段に音波を調整するための指示を出力する指示手段と、

前記判別手段が一致すると判別したときに前記音波発生手段が発生している音波が予め定められている基準に対して許容範囲にあるか否かを判別することにより前記微小構造体の可動特性を評価する手段と、

を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 2 3 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査装置。

【請求項 2 5】

基板上に構成され、可動部と、前記可動部の動きに応じて、前記可動部が有する互いに異なる複数の可動特性それぞれに応じた信号を出力する複数の感応素子とを有する微小構造体の各前記感応素子の出力信号を取り出すために、前記微小構造体に構成された複数の出力パッドにプローブ針を電気的に接続するステップと、

テスト時において前記微小構造体の前記可動部に対してテスト音波を出力するステップと、

出力されたテスト音波に应答した前記可動部の動きに応じて前記複数の感応素子が出力した複数の信号を、前記プローブ針を介して取得し、テスト音波の周波数に対応するテスト結果と予め定められた基準とを比較することにより、前記微小構造体の複数の可動特性をそれぞれ評価するステップと、

を備える微小構造体の検査方法。

【請求項 2 6】

前記評価するステップが、前記微小構造体の可動部の 2 つ以上の動きを同時に検出し、前記検出結果に基づいて、前記微小構造体の 2 つ以上の特性を同時に評価する、ことを特徴とする、請求項 2 5 記載の微小構造体の検査方法。

【請求項 2 7】

前記テスト音波を出力するステップが、テスト音波としてホワイトノイズを出力するステップである、請求項 2 5 または 2 6 記載の微小構造体の検査方法。

【請求項 2 8】

前記テスト音波を出力するステップは、前記微小構造体から得られた信号に基づいて、発生する音波を調整する、

ことを特徴とする請求項 2 5 ~ 2 7 のいずれか一項に記載の微小構造体の検査方法。

【請求項 2 9】

コンピュータを、

基板上に構成され、可動部と、前記可動部の動きに応じて、前記可動部が有する互いに異なる複数の可動特性それぞれに応じた信号を出力する複数の感応素子とを有する微小構造体の各前記感応素子の出力信号を取り出すために、前記微小構造体に構成された複数の出力パッドにプローブ針を電気的に接続するように制御し、

テスト時において前記微小構造体の前記可動部に対してテスト音波を出力するように音波発生手段を制御し、

出力されたテスト音波に应答した前記可動部の動きに応じて前記複数の感応素子が出力した複数の信号を前記プローブ針を介して取得して、前記音波発生手段が発生したテスト音波の周波数に対応するテスト結果と予め定められた基準とを比較することにより、前記微小構造体の複数の可動特性をそれぞれ評価する、

動作を実行させるコンピュータプログラム。

10

20

30

40

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【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、検査方法および検査プログラムに関する。

## 【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。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。

10

## 【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。非特許文献1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。

20

## 【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。従来においては、パッケージ後にデバイスを回転させたり、あるいは振動等の手段を用いてその特性の評価を実行してきたが、微細加工技術後のウェ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歩留りを向上させ製造コストをより低減することが可能となる。

## 【0005】

特許文献1においては、一例としてウェ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。

30

【特許文献1】特開平5-34371号公報

【非特許文献1】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)

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

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。上記特許文献1に示されるような空気の吹き付けによりデバイスに変化を加える場合にも微調整を施して加速度センサの特性を評価しなければならないが、気体の流量を制御するとともに均一にデバイスに気体を吹き付けて精度の高い検査を実行することは極めて困難であり、たとえ実行するとしても複雑かつ高価なテストを設けなければならない。

40

## 【0007】

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検査方法、検査装置および検査プログラムを提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

本発明に係る微小構造体の検査装置は、

50

基板上に構成され、可動部と、可動部の動きに応じて、可動部が有する互いに異なる複数の可動特性それぞれに応じた信号を出力する複数の感応素子とを有する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、基板上に構成された微小構造体の各感応素子の出力信号を取り出すために、微小構造体に構成された複数の出力パッドに電氣的に接続するプローブ針と、音波を発生すると共に該音波の周波数を調整する機能を備え、テスト時において微小構造体の可動部に対してテスト音波を出力する音波発生手段と、音波発生手段により出力されたテスト音波に応答した可動部の動きに応じて複数の感応素子が出力した複数の信号をプローブ針を介して取得して、音波発生手段が発生したテスト音波の周波数に対応するテスト結果と予め定められた基準とを比較することにより、微小構造体の複数の可動特性をそれぞれ評価する特性評価手段と、を備える。

10

例えば、音波発生手段は、空気振動を介して、テスト音波を各可動部に伝達する。

例えば、特性評価手段は、音波発生手段の出力する音波の周波数を変化させ、音波の周波数の変化に伴う信号の変化を評価する。

例えば、微小構造体は3軸加速度センサを備え、各感応素子は、可動部の互いに直交する3軸方向の加速度に対応する信号を出力し、特性評価手段は、プローブ針を介して得られた、音波発生手段が発生している音波に対する各軸方向の加速度に対応する信号を評価する。

例えば、微小構造体は加速度検出用可動部を備える加速度センサと圧力検出用可動部を備える圧力センサとから構成され、複数の感応素子は加速度検出用可動部の動きに対応する信号を出力する加速度検出用の感応素子と、圧力検出用可動部の動きに対応する信号を出力する圧力検出用の感応素子と、を含み、特性評価手段は、プローブ針を介して得られた、加速度検出用の感応素子の出力信号と圧力検出用の感応素子の出力信号をそれぞれ評価する。

20

【0009】

好ましくは、微小構造体は、基板上にアレイ状に複数個配置されており、プローブ針は、基板上に構成された複数の微小構造体の出力パッドに電氣的に接続し、音波発生手段は、空気を介して複数の微小構造体の可動部に音波を伝達し、特性評価手段は、複数の微小構造体から取得された信号から、複数の微小構造体の複数の可動特性を評価する。

【0010】

好ましくは、特性評価手段は、プローブ針を介して得られる信号から、音波発生手段により出力されたテスト音波に応答した微小構造体の可動部の動きを検出し、検出結果と予め定められた基準とを比較することにより、微小構造体の特性を評価する。

30

【0011】

特に、特性評価手段は、微小構造体の可動部の動きに基づいて変化する変化量を検出するための変化量検出手段と、変化量検出手段により検出された変化量と所定のしきい値となる変化量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。

【0012】

特に、変化量検出手段は、微小構造体の可動部の動きにより変化するインピーダンスの変化量を検出し、判定手段は、変化量検出手段により検出されたインピーダンスの変化量と所定のしきい値となるインピーダンスの変化量とを比較して微小構造体の特性を評価する。

40

【0013】

特に、判定手段は、変化量検出手段により検出された最大の変化量に対応するテスト音波の周波数と、予め定められた周波数とを比較して微小構造体の特性を評価する。

【0018】

好ましくは、音波発生手段は、外部からの入力に応じた音圧のテスト音波を出力する音波出力手段と、微小構造体近傍に到達するテスト音波を検出する検出手段と、検出手段により検出されたテスト音波の音圧レベルと基準となる所定のテスト音波の音圧レベルとを比較して、音波出力手段から出力されるテスト音波を補正する音波補正手段とを含む。

【0019】

50

特に、音波発生手段は、外部から微小構造体に到達するノイズ音波を除去するためのノイズ除去手段をさらに含む。

【0020】

特に、ノイズ除去手段は、テスト前において検出手段により検出したノイズ音波に基づいてノイズ音波を打ち消すようにノイズ音波と逆位相であり、かつ同一の周波数および音圧を有するアンチノイズ音波を出力する。

【0021】

特に、アンチノイズ音波は、テスト時において、音波出力手段からテスト音波とともに出力される。

【0022】

特に、特性評価手段は、音波発生手段の検出手段により検出されたテスト音波の検出結果を受けて、評価結果を出力する。

【0026】

特に、特性評価手段は、微小構造体の可動部の2つ以上の動きを同時に検出し、検出結果に基づいて微小構造体の2つ以上の特性を同時に評価する。

【0027】

特に、特性評価手段は、微小構造体の可動部の2つ以上の方向の動きを同時に検出し、検出結果に基づいて前記微小構造体の2つ以上の方向の特性を同時に評価する。

【0028】

特に、特性評価手段は、前記微小構造体が2つ以上の可動部を有する場合、および/または前記基板上に2つ以上の微小構造体を有する場合に、2つ以上の可動部の動きを同時に検出し、検出した結果に基づいて1または2つ以上の前記微小構造体の2つ以上の可動部の特性を同時に評価する。

【0029】

さらに、特性評価手段は、例えば、2つ以上の可動部が異なる可動特性を有する場合に、異なる可動特性を有する2つ以上の可動部の動きを同時に検出し、検出した結果に基づいて前記異なる可動特性を有する2つ以上の可動部の特性を同時に評価する。

【0030】

好ましくは、音波発生手段は、テスト音波として2つ以上の異なる周波数の音波を含む合成波を出力する。

【0031】

好ましくは、音波発生手段は、テスト音波としてホワイトノイズを出力する。

【0032】

特に、音波発生手段は、テスト音波として所定の周波数範囲でホワイトノイズを出力する。

また、例えば、音波発生手段は、特定評価手段の指示に基づいて、発生するテスト音波の周波数を調整し、特性評価手段は、微小構造体から得られた信号に基づいて、音波発生手段が発生する音波を調整するための指示を出力する、ように構成してもよい。

また、特性評価手段は、微小構造体から得られた信号が示す可動特性が予め設定されている所望の特性に一致するか否かを判別する判別手段と、該判別手段が一致しないと判別したときに音波発生手段に音波を調整するための指示を出力する指示手段と、判別手段が一致すると判別したときに音波発生手段が発生している音波が予め定められている基準に対して許容範囲にあるか否かを判別することにより微小構造体の可動特性を評価する手段と、を備えても良い。

【0033】

本発明に係る微小構造体の検査方法は、基板上に構成され、可動部と、可動部の動きに応じて、可動部が有する互いに異なる複数の可動特性それぞれに応じた信号を出力する複数の感応素子とを有する微小構造体の各感応素子の出力信号を取り出すために、微小構造体に構成された複数の出力パッドにプローブ針を電気的に接続するステップと、テスト時において微小構造体の可動部に対してテスト音波を出力するステップと、出力されたテス

10

20

30

40

50

ト音波に応答した可動部の動きに応じて複数の感応素子が出力した複数の信号を、プローブ針を介して取得し、テスト音波の周波数に対応するテスト結果と予め定められた基準とを比較することにより、微小構造体の複数の可動特性をそれぞれ評価するステップとを備える。

【0034】

特に、評価するステップが、微小構造体の可動部の2つ以上の動きを同時に検出し、検出結果に基づいて、微小構造体の2つ以上の特性を同時に評価する。

【0035】

好ましくは、テスト音波を出力するステップが、テスト音波としてホワイトノイズを出力するステップである。

また、テスト音波を出力するステップは、例えば、微小構造体から得られた信号に基づいて、発生する音波を調整する。

【0036】

本発明に係る微小構造体の検査プログラムは、コンピュータに、基板上に構成され、可動部と、可動部の動きに応じて、可動部が有する互いに異なる複数の可動特性それぞれに応じた信号を出力する複数の感応素子とを有する微小構造体の各感応素子の出力信号を取り出すために、微小構造体に構成された複数の出力パッドにプローブ針を電氣的に接続するように制御し、テスト時において微小構造体の可動部に対してテスト音波を出力するように音波発生手段を制御し、出力されたテスト音波に応答した可動部の動きに応じて複数の感応素子が出力した複数の信号をプローブ針を介して取得して、音波発生手段が発生したテスト音波の周波数に対応するテスト結果と予め定められた基準とを比較することにより、微小構造体の複数の可動特性をそれぞれ評価する、動作を実行させる。

【発明の効果】

【0039】

本発明に係る微小構造体の検査方法、検査装置および検査プログラムは、微小構造体にテスト音波を与えて、微小構造体の可動部の動きを検出し、その特性を評価する。微小構造体の可動部は、疎密波である音波を用いた空気振動により動かされてその特性が評価されるため、簡易な方式で微小構造体を検査することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

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。

【0041】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1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。

【0042】

図1を参照して、本発明の実施の形態1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。

【0043】

本例においてはテストする微小構造体の一例として、多軸である3軸加速度センサを挙げて説明する。

【0044】

テスト5は、疎密波である音波を出力するスピーカ2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全体を制御する制御部20と、テスト対象物との接触に用いられるプローブ針4と、プローブ針4を介してテスト対象物の特性評価となる測定値を検出するための測定部25と、制御部20からの指示に応答してスピーカ2を制御するスピーカ制御部30と、外部の音を検出するマイク3と、マイク3が検出した音波を電圧信号に変換し、さらに増幅して制御部20に出

10

20

30

40

50

力するための信号調整部 35 とを備える。なお、マイク 3 は、テスト対象物近傍に配置することが可能である。

【0045】

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 軸加速度センサについて説明する。

【0046】

図 2 は、3 軸加速度センサのデバイス上面から見た図である。

【0047】

図 2 に示されるように、基板 10 に形成されるチップ TP 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、クローバ型を形成する 4 つの重錐体 AR が配置されている。

【0048】

図 3 は、3 軸加速度センサの概略図である。

【0049】

図 3 を参照して、この 3 軸加速度センサは piezo 抵抗型であり検出素子である piezo 抵抗素子が拡散抵抗として設けられている。この piezo 抵抗型の加速度センサは、安価な IC プロセスを利用することができるとともに、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。

【0050】

具体的な構成としては、中央の重錐体 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 piezo 抵抗素子を備えている。Z 軸方向検出用の 4 つの piezo 抵抗素子は、X 軸方向検出用 piezo 抵抗素子の横に配置されている。重錐体 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、重錐体 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。

【0051】

この piezo 抵抗型の 3 軸加速度センサの動作原理は、重錐体が加速度（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 piezo 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り出す構成に設定されている。

【0052】

図 4 は、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。

【0053】

図 4 に示されるように piezo 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（piezo 抵抗効果）を持っており、引張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 piezo 抵抗素子  $R_{x1} \sim R_{x4}$ 、Y 軸方向検出用 piezo 抵抗素子  $R_{y1} \sim R_{y4}$  および Z 軸方向検出用 piezo 抵抗素子  $R_{z1} \sim R_{z4}$  が一例として示されている。

【0054】

図 5 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。

【0055】

図 5 (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 軸および Y 軸の出力電圧としてはそれぞれ  $V_{xout}$  および  $V_{yout}$  とする。

【0056】

図 5 (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。

【0057】

10

20

30

40

50

上述したように加えられた歪みによって各軸4つの piezo 抵抗素子の抵抗値は変化し、この変化に基づいて各 piezo 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2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。

【0058】

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。

【0059】

図6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。

10

【0060】

図6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6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。

【0061】

図7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。

【0062】

図7に示される入出力関係は、図6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。

20

【0063】

3軸加速度センサ(の重錘体AR)を例えばそのZ軸に沿って振動させておいて、3軸加速度センサがX軸またはY軸(Z軸以外)のまわりに回転すると、重錘体ARにコリオリの力が働く。コリオリの力の方向と大きさを検出できるので、3軸加速度センサを角速度センサとして用いることができる。3軸加速度センサによって角速度を計測する方法は、詳しくは、例えば、Nobumitsu Taniguchi, et al. "Micromachined 5-axis Motion Sensor with Electrostatic Drive and Capacitive Detection", Technical Digest of the 18th Sensor Symposium, 2001. pp. 377-380に記載されている。

30

【0064】

図8は、3軸加速度センサの周波数特性を説明する図である。

【0065】

図8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。

【0066】

再び図1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軸加速度センサに対して疎密波である音波を出力することによりその音波に基づく微小構造体の可動部の動きを検出してその特性を評価する方式である。

40

【0067】

図9のフローチャート図を用いて、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。

【0068】

図9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、検出チップTPのパッドPDにプローブ針4を接触させる(ステップS1)。具体的には、図5で説明したホイートストンブリッジ回路の出力電圧を検出するために所定のパッドPDにプローブ針4を接触させる。なお、図1の構成においては、一組のプローブ針4を用いた構成が示されているが、複数組のプローブ針を用いた構成とすることも可能である。複数組のプローブ針を用いることにより、1つのチップTPの複数の出

50

力、および/または複数個のチップTPについて、並列に出力信号を検出することができる。

【0069】

次に、スピーカ2から出力するテスト音波を設定する(ステップS2a)。具体的には、制御部20は、入出力インタフェース15を介して外部からの入力データの入力を受ける。そして、制御部20は、スピーカ制御部30を制御し、入力データに基づいて所望の周波数および所望の音圧のテスト音波をスピーカ2から出力するようにスピーカ制御部30に対して指示する。次に、スピーカ2から検出チップTPに対してテスト音波を出力する(ステップS2b)。

【0070】

次に、マイク3を用いてスピーカ2から検出チップTPに対して与えられるテスト音波を検出する(ステップS3)。マイク3で検出したテスト音波は信号調整部35において、電圧信号に変換・増幅されて制御部20に出力される。

【0071】

次に、制御部20は、信号調整部35から入力される電圧信号を解析し、判定して、所望のテスト音波が到達しているかどうかを判定する(ステップS4)。

【0072】

ステップS4において、制御部20は、所望のテスト音波であると判定した場合には、次のステップS5に進み、検出チップの特性値を測定する。具体的には、プローブ針4を介して伝達される電気信号に基づいて測定部25で特性値を測定する(ステップS5)。

【0073】

具体的には、スピーカ2から出力される疎密波であるテスト音波の到達すなわち空気振動により検出チップの微小構造体の可動部は動く。この動きに基づいて変化する微小構造体である3軸加速度センサの抵抗値の変化をプローブ針4を介して与えられる出力電圧に基づいて測定する。

【0074】

一方、ステップS4において、所望のテスト音波でないと判定した場合には、再びステップS2aに戻りテスト音波を再設定する。その際、制御部20は、スピーカ制御部30に対してテスト音波の補正をするようにスピーカ制御部30に対して指示する。スピーカ制御部30は、制御部20からの指示にตอบสนองして所望のテスト音波となるように周波数および/または音圧を微調整してスピーカ2から所望のテスト音波を出力するように制御する。なお、本例においては、テスト音波を検出して、所望のテスト音波に補正する方式について説明しているが、予め所望のテスト音波が検出チップの微小構造体に到達する場合には、特にテスト音波の補正手段およびテスト音波を補正する方式を設けない構成とすることも可能である。具体的には、予めステップS2a~S4に至る処理をテスト開始前に実行し、スピーカ制御部30において、所望のテスト音波を出力するための補正された制御値を記憶する。そして、実際の微小構造体のテスト時には、スピーカ制御部30は、この記録された制御値でスピーカ2への入力を制御することにより、上述したテスト時におけるステップS3およびS4の処理を省略することも可能である。

【0075】

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)。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(ステップS7)であるとし、データの出力および保存を実行する(ステップS8)。そして、ステップS9に進む。たとえば、制御部20において、許容範囲の判定の一例としてスピーカ2から出力されるテスト音波の音圧にตอบสนองして所望の出力電圧が得られるか、より具体的にはスピーカ2から出力されるテスト音波の音圧の変化にตอบสนองして3軸加速度センサの抵抗値が線形に変化していくかどうか、すなわち図7で説明した線形関係が得られるかどうかを判定することにより、そのチップが適正な特性を有しているかどうかを判定することができる。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

10

20

30

40

50

する。

【 0 0 7 6 】

ステップ S 9 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 S 1 0）。

【 0 0 7 7 】

一方、ステップ S 9 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 S 1 に戻り再び上述した検査を実行する。

【 0 0 7 8 】

ここで、ステップ S 6 において、制御部 2 0 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 S 1 1）であるとし、再検査する（ステップ S 1 2）。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、厳しいテスト条件をクリアできないチップであっても補修・補正等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、再検査等により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。

10

【 0 0 7 9 】

なお、本例においては、一例として 3 軸加速度センサの動きにตอบสนองして、3 軸加速度センサに設けられた piezo 抵抗素子の抵抗値の変化を出力電圧により検出し、判定する構成について説明したが特に抵抗素子に限られず容量素子やリアクタンス素子等のインピーダンス値の変化もしくはインピーダンス値の変化に基づく電圧、電流、周波数、位相差、遅延時間および位置等の変化を検出し、判定する構成とすることも可能である。

20

【 0 0 8 0 】

図 1 0 は、スピーカ 2 から出力されたテスト音波にตอบสนองする 3 軸加速度センサの周波数応答を説明する図である。

【 0 0 8 1 】

図 1 0 においては、音圧として 1 P a（パスカル）のテスト音波を与えて、その周波数を変化させた場合に 3 軸加速度センサから出力される出力電圧が示されている。縦軸が 3 軸加速度センサの出力電圧（m V）、横軸がテスト音波の周波数（H z）を示している。

【 0 0 8 2 】

ここでは、特に X 軸方向に対して得られる出力電圧が示されている。

30

【 0 0 8 3 】

図 1 0 に示されるように 2 つの領域 A , B が示されている。具体的には、共振周波数領域 A と、非共振周波数領域 B が示されている。

【 0 0 8 4 】

図 1 0 を参照して、出力電圧が最大であるすなわち共振することにより変化した最大の出力電圧を得られる周波数が共振周波数に相当する。図 1 0 においては、この出力に対応する周波数が約 6 0 0 H z である。すなわち、上述した 3 軸加速度センサの X 軸における周波数特性とほぼ一致する。

【 0 0 8 5 】

したがって、たとえば、音圧を一定としてテスト音波の周波数を変化することにより得られる出力電圧特性から共振周波数を特定することが可能であり、この特定された共振周波数が所望の共振周波数かどうかを比較して、所望の共振周波数かどうかを判定することが可能となる。本例においては、X 軸のみしか図示していないが、同様に Y 軸および Z 軸においても同様の周波数特性を得ることが可能であるため、3 軸それぞれにおいて同時に加速度センサの特性を評価することができる。

40

【 0 0 8 6 】

たとえば、共振周波数である共振点が 6 0 0 H z 以外の周波数で共振するような場合においては、その軸において適性かつ所望の周波数を得ることができないため不良であると判定することも可能である。すなわち、特に微小構造体であるため外観検査は難しく、内

50

部の構造破壊や微小構造体の可動部に存在するクラック等をこれにより検査することができる。なお、ここでは、最大の出力電圧から共振周波数を特定する場合について説明しているが、共振することにより可動部は最大の変位量となる。したがって、最大の変位量が得られる周波数が共振周波数に相当する。これにより、最大の変位量から共振周波数を特定し、上記と同様に所望の共振周波数かどうかを比較して、不良判定することが可能である。

【0087】

また、たとえば領域Bの周波数領域すなわち非共振周波数領域を用いてテスト音波の音圧を変化させて、出力結果から3軸加速度センサの感度、オフセット等の検出検査を実行することも可能である。

10

【0088】

さらに、本例においては、一つのチップTPに対してプローブ針4を介して検査する方式について説明しているが、テスト音波は均一に拡がるため複数のチップに対して並列に同様の検査を実行することも可能である。また、テスト音波の周波数および音圧の制御は比較的容易であるため空気の流量を制御等する構成と比較して、装置の構成を簡易かつ容易な構成とすることができる。

【0089】

以上、説明したように本実施の形態1に従う検査方法および検査装置の構成により、疎密波である音波を制御するという簡易な方式で微小構造体の可動部の動きから微小構造体の特性を高精度に検査することができる。

20

【0090】

なお、図9のフローチャート図で説明した本実施の形態1に従う検査方法をコンピュータに実行させるプログラムを予めFD、CD-ROMあるいはハードディスク等の記憶媒体に記憶しておくことも可能である。この場合には、テスト5に記録媒体に格納された当該プログラムを読み取るドライバ装置を設けて、ドライバ装置を介して制御部20がプログラムを受信して制御部20内のメモリに格納し、上述した検査方法を実行することも可能である。さらに、ネットワーク接続されている場合には、サーバから当該プログラムをダウンロードして制御部20が上述した検査方法を実行することも可能である。なお、以下に示す実施の形態およびそれらの変形例に従う検査方法についても同様にコンピュータに実行させるプログラムを記録媒体に記憶させて、制御部20が上記と同様に検査方法を実行することも可能である。

30

【0091】

なお、上記の特許文献1に記載される検査方式は、気体の吹き付けにより一軸の加速度センサデバイスの特性を検査する構成であり、気体をデバイスに当てる向き(角度)を変えなければ多軸の加速度センサに対してその特性を検査することはできない。しかしながら、本構成の方式においては、空気振動による多軸の加速度センサの可動体の動きにより、各軸同時にその特性を検査することも可能である。

【0092】

(実施の形態1の変形例)

図11は、本発明の実施の形態1の変形例に従う微小構造体の検査システム11を説明する概略構成図である。本発明の実施の形態1の変形例においては、実施の形態1で説明したのとは異なる方式で微小構造体の特性を評価する場合について説明する。

40

【0093】

図11を参照して、本発明の実施の形態1の変形例に従う検査システム11は、テスト5をテスト6に置換した点が異なる。テスト6は、テスト5と比較して、マイク3と、信号調整部35とを削除した点が異なる。その他の点は同様であるのでその詳細な説明は繰り返さない。

【0094】

図12のフローチャート図を用いて、本発明の実施の形態1の変形例に従う微小構造体の検査方法について説明する。

50

## 【 0 0 9 5 】

図 1 2 を参照して、上述したように微小構造体の検査（テスト）を開始し（ステップ S 0 ）、検出チップ T P のパッド P D にプローブ針 4 を接触させる（ステップ S 1 ）。次に、スピーカ 2 から出力するテスト音波を設定し（ステップ S 2 a ）、次に、スピーカ 2 から検出チップ T P に対してテスト音波を出力する（ステップ S 2 b ）。

## 【 0 0 9 6 】

次に、検出チップの特性値を測定する。具体的には、上述したようにプローブ針 4 を介して伝達される電気信号に基づいて測定部 2 5 で特性値を測定する（ステップ S 2 0 ）。

## 【 0 0 9 7 】

次に、制御部 2 0 は、測定部 2 5 により測定された特性値すなわち測定データが、所望の特性値すなわち測定データと一致するかどうかを判定する（ステップ S 2 1 ）。

10

## 【 0 0 9 8 】

ここで、ステップ S 2 1 において、所望の特性値と一致しないと判定した場合には、再びステップ S 2 a に戻りテスト音波を再設定する。その際、制御部 2 0 は、スピーカ制御部 3 0 に対して測定部 2 5 の測定により、検出チップ T P に対して所望の特性値が得られるようなテスト音波の補正をするようにスピーカ制御部 3 0 に対して指示する。スピーカ制御部 3 0 は、制御部 2 0 からの指示に応答して所望の特性値が得られるテスト音波となるように周波数および / または音圧を微調整してスピーカ 2 から所望の特性値が得られるテスト音波を出力するように制御する。

## 【 0 0 9 9 】

20

ステップ S 2 1 において、所望の特性値と一致したと判定した場合には、次のステップ S 2 2 に進み、スピーカ 2 から出力されるテスト音波の出力値を測定する（ステップ S 2 2 ）。具体的には、制御部 2 0 は、スピーカ制御部 3 0 に対して所望の特性値が得られるようなテスト音波をスピーカ 2 から出力するように指示したその音圧、周波数、電圧等のデータを取得する。

## 【 0 1 0 0 】

次に、制御部 2 0 は、取得したデータが、許容範囲であるかどうかを判定する（ステップ S 6 ）。ステップ S 6 において、許容範囲であると判定された場合には合格とし（ステップ S 7 ）、許容範囲ではないと判定された場合には、不合格とする（ステップ S 1 1 ）。以降は、上記の実施の形態 1 の図 9 のフローチャート図で説明したのと同様であるのでその詳細な説明は繰り返さない。

30

## 【 0 1 0 1 】

本発明の実施の形態 1 の変形例に従う微小構造体の検査方法は、合格すなわち良品であるチップから検出される所定の特性値を得るためにスピーカ 2 から出力された予め定まっている所定のテスト音波の音圧等のレベルと、検出チップに対して当該所定の特性値を得るために出力したテスト音波の音圧等のレベルを比較することにより、検出チップの合格あるいは不合格を判定する方法である。

## 【 0 1 0 2 】

本発明の実施の形態 1 の変形例に従う構成により、テスト 6 は、実施の形態 1 で説明したマイク 3 および信号調整部 3 5 を設けることなく、検出チップの特性を評価することができ、部品点数を削減してテストのコストをさらに低減することができる。

40

## 【 0 1 0 3 】

（実施の形態 2 ）

図 1 3 は、本発明の実施の形態 2 に従う微小構造体の検査システム 1 を説明する概略構成図である。本発明の実施の形態 2 においては、さらに精度の高い検査を実行する検査方法および検査装置について説明する。

## 【 0 1 0 4 】

図 1 3 を参照して、本発明の実施の形態 2 に従う検査システム 1 は、検査システム 1 と比較して、テスト 5 をテスト 5 に置換した点が異なる。その他の点は、図 1 で説明した検査システム 1 と同様であるのでその詳細な説明は繰り返さない。

50

## 【0105】

本発明の実施の形態2においては、テスト時において騒音源NSがある場合にその騒音源から発せられるノイズ音波をキャンセルすることにより精度の高い検査を実行する。

## 【0106】

本発明の実施の形態2に従うテスト5は、テスト5と比較して、ノイズ除去制御部40と、スピーカ2と、マイク3とをさらに含む点で異なる。その他の点は同様であるのでその詳細な説明は繰り返さない。

## 【0107】

図14のフローチャート図を用いて、本発明の実施の形態2に従う微小構造体の検査方法について説明する。

10

## 【0108】

図14を参照して、図9で説明した検査方法と異なる点は、ステップS1とステップS2aとの間にステップS13～ステップS16をさらに追加した点異なる。具体的には、ステップS1の次に、マイク3#を用いてノイズ音波を検出する(ステップS13)。具体的には、マイク3は、騒音源NSから発せられるノイズ音波を検知して、その結果をノイズ除去制御部40に出力する。そして、ノイズ除去制御部40は、制御部20からの指示にตอบสนองしてスピーカ2に対して騒音源NSから発せられるノイズ音波を打ち消すアンチノイズ音波を設定し(ステップS14)、スピーカから検出チップTPに対してアンチノイズ音波を出力するように指示する(ステップS15)。具体的には、ノイズ音波と同一周波数であり、かつ同一音圧であり、ノイズ音波の位相と逆位相となるようなアンチノイズ音波を出力する。これにより、図15に示されるようにたとえば騒音源NSから発せられるノイズ音波 $f_{noise}$ と全く逆位相のアンチノイズ音波 $f_{antinoise}$ がスピーカ2から出力されることにより、それが合成されて微小構造体のチップTPに到達するときにはノイズ音波 $f_{noise}$ は打ち消されて殆ど存在しなくなる。

20

## 【0109】

そして、制御部20は、マイク3を介して信号調整部35からの出力結果に基づいてノイズ音波を除去できたかどうかを判定する(ステップS16)。除去できたと判定した場合には、上述した次のステップS2aに進み、後の処理は、図9で説明したのと同様であるのでその詳細な説明は繰り返さない。

## 【0110】

一方、ステップS16において、ノイズ音波を除去できていないと判定した場合には、再びステップS14に戻る。すなわち、アンチノイズ音波を再設定する。その際、制御部20は、スピーカ制御部30に対してアンチノイズ音波の補正をするようにノイズ除去制御部40に対して指示する。ノイズ除去制御部40は、制御部20からの指示にตอบสนองして所望のアンチノイズ音波となるように周波数および/または音圧および/または位相を微調整してスピーカ2#からアンチノイズ音波を出力するように制御する。

30

## 【0111】

本発明の実施の形態2に従う検査方法および検査装置により、テスト音波を出力する前の前処理としてノイズを除去すなわちキャンセルすることができ、テスト時においてノイズのない状況下において精度の高い検査を実行することができる。

40

## 【0112】

なお、本例においても予め所望のテスト音波が検出チップの微小構造体に到達する場合には、特に補正手段および方式を設けない構成とすることも可能である。具体的には、予めステップS2a～S4に至る処理をテスト開始前に実行し、スピーカ制御部30において、所望のテスト音波を出力するための補正された制御値を記憶する。そして、実際の微小構造体のテスト時には、スピーカ制御部30は、この記録された制御値でスピーカ2への入力を制御することにより、上述したテスト時におけるステップS3およびS4の処理を省略することも可能である。

## 【0113】

(実施の形態2の変形例1)

50

図 1 6 は、本発明の実施の形態 2 の変形例 1 に従う検査システム 1 a の概略構成図である。

【 0 1 1 4 】

図 1 6 を参照して、本発明の実施の形態 2 の変形例 1 に従う検査システム 1 # a は、図 1 3 で説明した検査システム 1 # と比較して、テスト 5 をテスト 5 a に置換した点が異なる。具体的には、テスト 5 a は、スピーカ 2 を削除し、ノイズ除去制御部 4 0 をノイズ除去制御部 4 0 # およびスピーカ制御部 3 0 # に置換した点が異なる。その他の点については、図 1 および図 1 3 で説明した検査システムと同様であるのでその詳細な説明は繰り返さない。

【 0 1 1 5 】

本発明の実施の形態 2 の変形例 1 に従うテスト 5 a のノイズ除去制御部 4 0 は、マイク 3 で検出したノイズ音波を除去するための上述したアンチノイズ音波をスピーカ 2 から出力するようにスピーカ制御部 3 0 # に対して指示する。スピーカ制御部 3 0 # は、制御部 2 0 およびノイズ除去制御部 4 0 からの指示にตอบสนองしてスピーカ 2 からテスト音波とともにアンチノイズ音波を出力するように指示する。

【 0 1 1 6 】

これにより、同一のスピーカ 2 を用いてアンチノイズ音波とテスト音波を発生し、図 1 3 に説明したようにノイズ音波とアンチノイズ音波が互いに打ち消し合いテスト音波のみが微小構造体のチップ TP に到達することとなる。

【 0 1 1 7 】

本発明の実施の形態 2 に従う変形例 1 の構成の如くスピーカ 2 を用いてアンチノイズ音波およびテスト音波を発生することにより、さらに部品点数を削減しコストを削減することができる。

【 0 1 1 8 】

なお、上記の実施の形態に従う構成において、スピーカ制御部 3 0 は、スピーカから単一の周波数の正弦波であるテスト音波を出力するが、これに限られず、たとえば図示しない加算器等を用いて複数の異なる周波数の正弦波信号を合成してスピーカから出力することも可能である。これにより、複数の周波数に対する応答を一度に検出できるため、図 1 0 で説明したような周波数応答特性の検査を効率かつ効果的に実施することができる。例えば、検査を行う周波数帯域を高域と低域に分け、高域と低域から 1 波ずつ選択された正弦波信号を合成してスピーカから出力し、応答信号を帯域フィルタで分離すれば、2 つの周波数に対する応答を同時に検出することができる。

【 0 1 1 9 】

また、スピーカから出力されるテスト音波は、正弦波信号あるいはその合成に限られず図示しないファンクションジェネレータ（任意波形発生器）を用いてホワイトノイズ（白色雑音）のような任意の波形のテスト音波を出力してもよい。これにより、例えばホワイトノイズはあらゆる周波数の成分をほぼ同量ずつ含む音であるので、微小構造体は可動部の共振が支配的な応答を示すことになり、その応答を検出することで微小構造体の共振周波数やその振動特性を簡便に検査することができる。その際、たとえばバンドパスフィルタ等を用いてテスト音波の周波数帯域を微小構造体の共振周波数の近傍領域に制限されたホワイトノイズとすることにより、効率かつ効果的に微小構造体の共振特性の検査を実行することも可能である。

【 0 1 2 0 】

図 3 2 は、ある周波数範囲のホワイトノイズをテスト音波として出力して、3 軸の応答を同時に検出した結果を示すグラフである。ホワイトノイズによるテスト音波を出力し、計測時間の 3 軸の出力信号をそれぞれフーリエ変換して、周波数に対してプロットした。図 3 2 は、1 回の測定結果を示す。図 3 2 から把握されるように、X 軸、Y 軸、Z 軸それぞれの共振周波数を示すピークが現れている。X 軸と Y 軸については、1 2 2 0 ~ 1 2 4 0 Hz 付近に共振周波数があり、Z 軸については、1 9 8 0 Hz 付近に共振周波数があることがわかる。計測時間とテスト音波の周波数帯域が限られているので、入力は擬似的なホウ

10

20

30

40

50

イトノイズであるが、共振周波数と平均的な出力レベルを評価することができる。微小構造体の特性をより正しく検査するためには、計測時間のテスト音波をフーリエ変換した結果で、周波数ごとに出力信号の周波数成分を正規化することが好ましい。さらに、測定を複数回行って、周波数ごとの平均をとってもよい。また、適当な周波数区間ごとの移動平均をとって、グラフにプロットすれば、図32のようなグラフの凹凸が均されるので、視覚的に特性を把握しやすい。

**【0121】**

(実施の形態2の変形例2)

本発明の実施の形態2の変形例2においては、上記の図14で説明したノイズを除去する方式とは異なる方式でノイズを除去すなわちノイズキャンセルを実行する方法について説明する。

10

**【0122】**

図17のフローチャート図を用いて、本発明の実施の形態2の変形例2に従う微小構造体の検査方法について説明する。

**【0123】**

図17を参照して、図14で説明した検査方法と異なる点は、ステップS13～S16をS30～S33に置換した点異なる。

**【0124】**

具体的には、ステップS1の次に、プローブ針を介して検出される検出チップの特性値を用いてノイズ音波を検出する(ステップS30)。具体的には、検出チップのパッドにプローブ針を接触させることにより、騒音源NSから発せられるノイズ音波また振動により可動部が動き、プローブ針を介して検出チップから所定の特性値が検出される。測定部25は、その結果を制御部20に出力する。制御部20は、測定部25により測定された所定の特性値に基づきノイズを除去するようにノイズ除去制御部40に指示する。そして、ノイズ除去制御部40は、制御部20からの指示にตอบสนองしてスピーカに対して騒音源NSから発せられるノイズ音波を打ち消すようにアンチノイズ音波を設定(ステップS31)し、スピーカから検出チップTPに対してアンチノイズ音波を出力するように指示する(ステップS32)。具体的には、ノイズ音波と同一周波数であり、かつ同一音圧であり、ノイズ音波の位相と逆位相となるようなアンチノイズ音波を出力する。これにより、上述したように図16に示されるようにたとえば騒音源NSから発せられるノイズ音波fnoiseと全く逆位相のアンチノイズ音波fantinoiseがスピーカ2から出力されることにより、それが合成されて微小構造体のチップTPに到達するときにはノイズ音波fnoiseは打ち消されて殆ど存在しなくなる。

20

30

**【0125】**

そして、制御部20は、ノイズ音波を除去できたかどうかを判定する(ステップS33)。具体的には、プローブ針を介して測定部25により検出される検出チップからの所定の特性値が0となったかすなわち所定の特性値が検出されなくなったかどうかを判定する。

**【0126】**

所定の特性値がプローブ針を介して測定部25により検出されなくなったすなわちノイズ音波を除去できたと判定した場合には、上述した次のステップS2aに進み、後の処理は、図9で説明したのと同様であるのでその詳細な説明は繰り返さない。あるいは、ステップS2aに進み図12で説明したような方式に従って後のテスト処理を実行することも可能である。

40

**【0127】**

一方、ステップS33において、ノイズ音波を除去できていないと判定した場合には、再びステップS31に戻る。すなわち、アンチノイズ音波を再設定する。その際、制御部20は、スピーカ制御部30に対してアンチノイズ音波の補正をするようにノイズ除去制御部40に対して指示する。ノイズ除去制御部40は、制御部20からの指示にตอบสนองして所望のアンチノイズ音波となるようにすなわち測定部25によりプローブ針を介して測定

50

される所定の特性値が0となるように周波数および/または音圧および/または位相を微調整してスピーカからアンチノイズ音波を出力するように制御する。

【0128】

本発明の実施の形態2の変形例2に従う検査方法においても上記の実施の形態2および変形例1の検査方法と同様、テスト音波を出力する前の前処理としてノイズを除去すなわちキャンセルすることができ、テスト時においてノイズのない状況下において精度の高い検査を実行することができる。

【0129】

さらに、本発明の実施の形態2の変形例2に従う検査方法においては、マイクを用いてノイズ音波を検出する必要がなく、上記で説明したテスト5 および5 a からマイク3 #を削減することができる、すなわち部品点数を削減しテストのコストを低減することができる。

10

【0130】

また、本発明の実施の形態2の変形例2に従う検査方法においては、テスト音波を出力する前処理としてプローブ針を介して検出される検出チップの特性値を0にしてからテスト音波を出力してテストする方法である。すなわち、実際の測定結果についてノイズの影響をより完全に除去した状態でテストする方法であるため上記の実施の形態2および変形例1で説明した方法よりも精度の高い検査を実行することができる。

【0131】

上記の実施の形態においては、微小構造体の一例として3軸加速度センサについて説明したが、上述したようにMEMS技術は多種多様であり、本技術の対象とする微小構造体は多軸加速度センサに限られるものではない。本技術は以下に例示するアクチュエータや微小機械部品の動作特性や機械特性の性能検査に利用可能である。

20

【0132】

図18は、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）を概略的に説明する概念図である。

【0133】

図18(a)は、スイッチが静止している場合を説明する図である。図18(a)を参照して、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。制御信号が入力されていない状態においては、スイッチは動作しない。

30

【0134】

図18(b)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側に引き付けられる。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。このスイッチは、微小であり、かつ高速に周波数を変更するスイッチとして利用されている。

【0135】

図19は、薄膜のメンブレン構造を有するMEMSスイッチを概略的に説明する概念図である。

40

【0136】

図19(a)は、信号配線および電極を説明する図である。

【0137】

図19(a)を参照して、信号が入力される信号配線72と、出力される信号配線73とが示されている。そして、中央部付近において信号配線間において溝が設けられており、電氣的に絶縁された状態が示されている。また、その両側には、電極70および71が設けられた構成となっている。

【0138】

図19(b)は、メンブレン構造をスイッチとして用いる場合を説明する図である。図

50

19 (b) に示されるように信号配線 72 および 73 の上部にメンブレンが配置されている。薄膜ビーム (梁) がフレキシブルなスプリング (ばね) になっている。これがメンブレン 74 を支えている。電極 70 および 71 に駆動電圧を印加することにより静電引力によりメンブレン 74 がたわんで下方に引っ張られ、その下に設けられた信号配線と接触する。これにより、信号配線間の溝を埋めることになり、導通状態 (オン) になる。すなわち、信号配線 72 および 73 が導通状態となり、入力した信号が出力される。一方、メンブレンと信号配線とが非接触の場合には、非導通状態 (オフ) となる。

【0139】

上記においては、スイッチにメンブレン構造を用いた例について説明したが、このメンブレン構造は、スイッチに限られず、温度センサ等のセンサ部品としても用いられている。また、メンブレン構造の可動部たる薄膜部を製品使用時はあえて動かさず、薄膜の性質を利用した電子/イオン通過薄膜あるいは電子ビーム照射器の照射窓等種々の機械部品も本技術で性能検査が可能である。

10

【0140】

図 20 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 20 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 20 では、単一材料でメンブレンが形成され、かつ、一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もあるし、また、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される場合もある。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技術によって、膜の破損やクラックの有無や膜質の検査が可能である。

20

【0141】

図 21 は、インクジェットプリンタヘッドを説明する概略構成図である。

【0142】

図 21 (a) は、インクジェットプリンタヘッドが静止している場合を説明する図である。図 21 (a) を参照して、インクジェットプリンタヘッドは、ノズル 60 と、圧電アクチュエータ 61 と、被覆部材 62 と、圧電アクチュエータ 61 を支持する支持部材 64 と、制御電極 63a と、圧電アクチュエータ 61 と接合されている制御電極 63b と、基板 65 と、スイッチ 66 とで構成される。スイッチ 66 がオフの場合には、インクジェットプリンタヘッドは動作しない。なお、被覆部材 62 と圧電アクチュエータ 61 との間には、インクが充填されているものとする。

30

【0143】

図 21 (b) は、インクジェットプリンタヘッドが動作する場合を説明する図である。

【0144】

図 21 (b) を参照して、インクジェットプリンタヘッドは、スイッチ 66 がオンすると、制御電極 63a と、圧電アクチュエータ 61 との間に静電引力が働く。これに伴い、圧電アクチュエータ 61 が図示されるように撓むことになる。

【0145】

図 21 (c) は、図 21 (b) の後にスイッチをオフした場合を説明する図である。

40

【0146】

図 21 (c) に示されるように、撓んでいた圧電アクチュエータ 61 が元の状態に戻る。このとき得られる反発力により内部に充填されているインクがノズル 60 から噴射される。このインクジェットプリンタヘッドは、上記動作を実行することにより、微小かつ高速なプリンタヘッドとして利用されている。

【0147】

インクジェットプリンタヘッドに適当な大きさの音波を当てると、圧電アクチュエータ 61 が変形し、制御電極 63a と 63b の間の静電容量が変化する。この静電容量の変化を検出することによって、インクジェットプリンタヘッドを検査することができる。

【0148】

50

図33は、圧力センサを説明する概念構成図である。図33(a)は圧力センサの平面図、図33(b)は図33(a)のA-A線断面図である。図33に示されるように、シリコン基板Siの中央部にほぼ正方形に、肉厚が薄い部分であるダイヤフラムDが形成されている。ダイヤフラムDの4辺の中央にそれぞれ、ピエゾ抵抗R1、R2、R3、R4が形成されている。ダイヤフラムDの両面にかかる圧力の差によって、ダイヤフラムDが変形すると、ピエゾ抵抗R1～R4に応力が発生する。応力によって、ピエゾ抵抗R1～R4の電気抵抗値が変化するので、その変化を検出することによって、ダイヤフラムDの両面にかかる圧力差を測ることができる。

【0149】

圧力センサについても、本発明の方法によって、圧力センサが基板上(例えばウエハ上)に形成された状態で、圧力センサの動作を確認することができる。実際に圧力をかけて動作を確認する方法では、ウエハの両面に圧力差を発生させることが必要であり、圧力センサがウエハ上に形成されている状態で検査することは困難である。

【0150】

これら、上述したRFスイッチやインクジェットプリンタヘッド等のMEMSデバイスに対しても、上記で説明したのと同様の方式に従って検査することが可能である。

【0151】

本発明の方法によれば、上述の加速度センサ(または角速度センサ)、MEMSスイッチ、メンブレン構造、インクジェットプリンタヘッド、圧力センサなど、特性の異なる可動部が組み合わされて微小構造体を形成している場合、例えば加速度センサと圧力センサが組み合わされて1つの微小構造体を形成している場合に、それらの複数の可動部の特性を同時に検査することが可能である。また、MEMS技術では、基板上に複数の微小構造体が形成される場合が多いが、本発明の方法によれば、1つの基板上に形成された複数の微小構造体を同時に検査することが可能である。複数の可動部、もしくは異なる特性を有する複数の可動部、または複数の微小構造体を同時に検査することによって、MEMSの製造工程を短縮することができる。また、基板上に微小構造体が形成された状態で検査することができるので、不良品についてその後のパッケージング工程などを省略することができる。

【0152】

(実施の形態3)

上記の実施の形態1および2に示される方式においては、主に微小構造体のチップのパッドに対してプローブ針を接触させることにより微小構造体から出力される電気信号を検出して微小構造体の特性を検査する方式について説明してきた。

【0153】

本発明の実施の形態3においては、特に微小構造体から出力される電気信号を直接用いることなく、微小構造体の特性を検査することが可能な方式について説明する。具体的には、メンブレン構造である電子ビーム照射器の照射窓を用いて説明する。

【0154】

図22は、本発明の実施の形態3に従う測定部25#を説明する概念図である。

【0155】

具体的には、本発明の実施の形態3に従う測定部25#は、測定ユニット46と、測定治具45とを含む。また、測定ユニット46と、測定治具45とは、端子TPを介して電氣的に結合されている。測定ユニット46は、テスト時において電極EDと測定対象物との静電容量を検出する。

【0156】

測定治具45は、外側領域周辺に設けられた複数のパッドPD#と、その内側領域に設けられた複数の電極EDとを含む。なお、本例においては、複数のパッドPD#のうちの一つのパッドPD#に対応して一つの電極EDが設けられて、互いに電氣的に結合されているものとする。

【0157】

10

20

30

40

50

また、図 2 2 においては、一つのパッド P D # と端子 T 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。

【 0 1 5 8 】

そして、この測定治具 4 5 の上に微小構造体であるメンブレン構造の電子ビーム照射器の照射窓 8 0 が一例として載せられている。なお、本実施の形態 3 のテストは、プローブ針 4 を除去するとともに、図 1 で説明したテストの測定部 2 5 を測定部 2 5 # に置換した構成であり、その他の制御部、スピーカ等については同様の構成であるのでその詳細な説明は繰り返さない。

【 0 1 5 9 】

図 2 3 は、測定治具 4 5 およびその上に載せられた電子ビーム照射機の照射窓 8 0 を詳細に説明する図である。

10

【 0 1 6 0 】

図 2 3 を参照して、測定治具 4 5 の表面に電極 E D が設けられている。そして、電極 E D と照射窓 8 0 との間において所定間隔 L を確保するためのスペーサ 4 7 が設けられている。また、電極 E D と外部パッド P D # とは、上述したように電氣的に結合されている。

【 0 1 6 1 】

図 2 4 のフローチャート図を用いて、本発明の実施の形態 3 に従う微小構造体の検査方法について説明する。

【 0 1 6 2 】

上述したように微小構造体の検査（テスト）を開始する（ステップ S 0 ）。この時、検査対象である微小構造体である電子ビーム照射機の照射窓 8 0 は、測定治具 4 5 の上に載せられているものとする。次に、スピーカ 2 から出力するテスト音波を設定し（ステップ S 2 a ）、次に、スピーカ 2 から照射窓 8 0 に対してテスト音波を出力する（ステップ S 2 b ）。ステップ S 3 および S 4 は、実施の形態 1 で説明した図 9 のステップ S 3 および S 4 と同様である。

20

【 0 1 6 3 】

次に、検出チップの特性値を測定する。本例においては、スピーカ 2 から出力される疎密波により動く可動部の変位に基づいて変化する静電容量値を測定部 2 5 # の測定ユニット 4 6 で測定する（ステップ S 5 a ）。

【 0 1 6 4 】

30

次に、制御部 2 0 は、測定部 2 5 # により測定された特性値すなわち測定データが、所望の特性値であるかすなわち許容範囲であるかどうかを判定する（ステップ S 6 ）。

【 0 1 6 5 】

後の処理については、図 9 で説明したのと同様の方式であるのでその詳細な説明は繰り返さない。

【 0 1 6 6 】

本発明の実施の形態 3 に従う微小構造体の検査方法は、図 9 で説明した如く可動部の動きにより直接微小構造体から得られる電気信号等に基づいて微小構造体の特性を検査する方法ではなく、微小構造体の動きから間接的に測定される特性値に基づいて検査する方法である。

40

【 0 1 6 7 】

図 2 5 は、測定治具 4 5 およびその上に載せられた電子ビーム照射機の照射窓 8 0 を詳細に説明する別の図である。

【 0 1 6 8 】

図 2 5 を参照して、図 2 3 に示される照射窓 8 0 と比較して異なる点は、図 2 3 に示されるメンブレン構造の照射窓 8 0 は、下向きとして配置されているのに対して、図 2 5 に示されるメンブレン構造の照射窓 8 0 は、上向きとして配置されている。また、電極 E D の上にスペーサ 4 8 と、サブ電極 E D a を設け、スペーサ 4 8 を貫通するコンタクトホールにより電極 E D とサブ電極 E D a とが電氣的に結合されている。そして、図 2 3 で説明したように電極すなわちサブ電極 E D a とメンブレン構造との距離が L となるように設定

50

されている。

【0169】

図25における場合においても図24で説明したのと同様の方式にしたがって微小構造体の検査を実行することができる。

【0170】

また、上記で説明した微小構造体の3軸加速度センサについても同様の方式に従って検査することができる。

【0171】

図26は、3軸加速度センサのパッドにプローブ針を当てた際の共振周波数を説明する図である。本例に示されるようにパッドに当てるプローブ針の針圧を大きくするほど、共振周波数が下がる傾向にある。したがって、プローブ針を用いることなく、上記で説明したスピーカから出力される疎密波により動く可動部の変位に基づいて変化する静電容量値を検出して検査することにより所定の共振周波数を変化させることなく、簡易に検査することができる。

10

【0172】

図27は、本発明の他の測定部25#aを説明する概念図である。

【0173】

図27(a)を参照して、ここでは、測定部25#a上に3軸加速度センサのチップTPが載置されている。測定部25#aは、容量検出回路CS1、CS2と、電極EDbと、測定ユニット46#とを含む。なお、上記と同様の本例のテストは、プローブ針4を除去するとともに、図1で説明したテストの測定部25を測定部25#aに置換した構成であり、その他の制御部、スピーカ等については同様の構成であるのでその詳細な説明は繰り返さない。

20

【0174】

2つの電極EDbは、3軸加速度センサの重錘体ARの下部に設けられ、それぞれ容量検出回路CS1、CS2と電氣的に結合されている。そして、容量検出回路CS1、CS2は、測定ユニット46#と接続され、検出した容量値を出力する。測定ユニット46#は、変化する静電容量値を測定する。

【0175】

図27(b)は、測定部25#aにおける容量検出を説明する回路構成図である。

30

【0176】

本例で示されているように、重錘体ARと電極EDbとの間には、初期値の静電容量Cd1およびCd2を容量検出回路CS1、CS2のそれぞれで検出する。そして、それら検出結果は、測定ユニット46#に出力されている。

【0177】

図28は、チップTPの可動部が変位した場合を説明する図である。

【0178】

図28(a)を参照して、スピーカ2からの疎密波により可動部である重錘体ARが変位する。

【0179】

図28(b)に示されるように重錘体ARが変位することにより、容量検出回路CS1、CS2は、検出した容量値を測定ユニット46#に出力する。本例においては、可動部の変位に伴い、静電容量値がCd1からCd1+C1に変位し、Cd2からCd2+C2に変位した場合が示されている。この変化量を測定ユニット46#が検出し、制御部20に出力し、3軸加速度センサの特性の検査を実行することができる。なお、この場合の微小構造体の検査方法については、図24のフローチャート図で説明したのと同様の方式であるのでその詳細な説明は繰り返さない。

40

【0180】

図29は、3軸加速度センサの下部に設けられる検出電極を説明する図である。

【0181】

50

図 29 ( a ) は、上記したように各重錘体 A R に対応してそれぞれ電極 E D b を設けた場合が示されているが、図 29 ( b ) に示されるように各重錘体 A R に対応して一つの電極 E D # を設けて上記で説明したのと同様の方式に従って検査することも可能である。あるいは、図 29 ( c ) に示されるように図 29 ( a ) で示した電極 E D b よりも検出面積が大きい本例では重錘体 A R の底面積よりも大きな電極 E D # a を設けて検査することも可能である。

【 0 1 8 2 】

なお、本願図 2 4 に示される方式は、実施の形態 1 の図 9 で説明したステップ S 1 を除いた場合と同様の方式である。すなわちスピーカ 2 から与えられるテスト音波に応じて所望の特性データが検出されたかどうかにより微小構造体の特性を評価する方式である。同様にステップ S 1 を除いた、実施の形態 1 の変形例の図 1 2、実施の形態 2 およびその変形例の図 1 4、1 7 で説明した方式に従って特性を評価することも可能である。すなわち、所望の特性データを得るためのテスト音波を調整して、得られたテスト音波の音圧等のデータが許容範囲内か否かにより微小構造体の特性を評価することや、ノイズ音波等が発生する場合においても、アンチノイズ音波を出力することにより、所望のテストを実行することも可能である。なお、テストとしては、上述したように図 1、1 1、1 3、1 6 のプローブ針 4 を削除するとともに測定部 2 5 を上記した測定部 2 5 # あるいは 2 5 # a に変更することにより実現することが可能である。

【 0 1 8 3 】

なお、疎密波である音波を与えて、肉眼で微小構造体の可動部の動きからその特性を評価することも可能である。あるいは、疎密波である音波を微小構造体に与えて、いわゆるレーザ変位計、変位センサあるいは近接センサ等を用いて微小構造体の可動部の動きの変位を検出して、その検出した変位量が所望の変位量であるかどうかを判定手段等を用いて比較判定することにより、その特性を評価することも可能である。

【 0 1 8 4 】

図 3 0 は、測定部であるレーザ変位計 L Z により微小構造体の可動部の動きの変位を検出することにより、その特性を評価する場合を説明する図である。

【 0 1 8 5 】

本場合においても、所望の変位を検出できたか否かに応じて電子ビーム照射機の照射窓 8 0 の特性をテストすることができる。

【 0 1 8 6 】

また、電子ビーム照射機の照射窓に限らず、図 3 1 に示されるように、測定部であるレーザ変位計 L Z により加速度センサの可動部の動きの変位を検出し、特性をテストすることも可能である。

【 0 1 8 7 】

本実施の形態 3 においても、複数の可動部、もしくは異なる特性を有する複数の可動部、または複数の微小構造体を同時に検査することが可能である。また、テスト音波として、ホワイトノイズまたは所定の周波数範囲のホワイトノイズを微小構造体に与えることによって、テスト音波の周波数をスキッピングしなくても、微小構造体の特性を検査することが可能である。

【 0 1 8 8 】

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。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 8 9 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態 1 に従う微小構造体の検査システムの概略構成図である。

【 図 2 】 3 軸加速度センサのデバイス上面から見た図である。

【 図 3 】 3 軸加速度センサの概略図である。

10

20

30

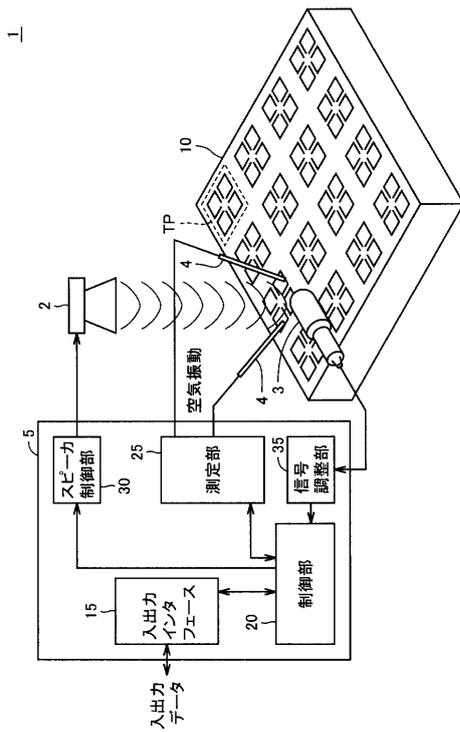
40

50

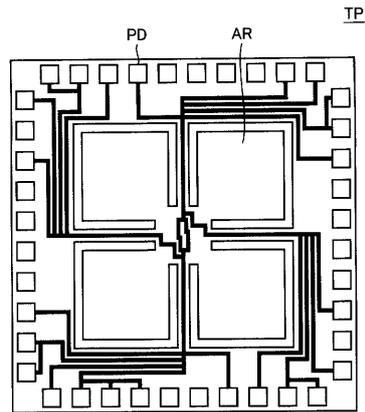
- 【図 4】各軸方向の加速度を受けた場合の重錐体とビームの変形を説明する概念図である。
- 【図 5】各軸に対して設けられるホイートストンブリッジの回路構成図である。
- 【図 6】3軸加速度センサの傾斜角に対する出力応答を説明する図である。
- 【図 7】重力加速度（入力）とセンサ出力との関係を説明する図である。
- 【図 8】3軸加速度センサの周波数特性を説明する図である。
- 【図 9】本発明の実施の形態 1 に従う微小構造体の検査方法について説明するフローチャート図である。
- 【図 10】スピーカから出力されたテスト音波に応答する 3 軸加速度センサの周波数応答を説明する図である。 10
- 【図 11】本発明の実施の形態 1 の変形例に従う微小構造体の検査システムを説明する概略構成図である。
- 【図 12】本発明の実施の形態 1 の変形例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 13】本発明の実施の形態 2 に従う微小構造体の検査システムを説明する概略構成図である。
- 【図 14】本発明の実施の形態 2 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 15】騒音源から発せられるノイズ音波と全く逆位相のアンチノイズ音波の合成を説明する図である。 20
- 【図 16】本発明の実施の形態 2 の変形例 1 に従う検査システムの概略構成図である。
- 【図 17】本発明の実施の形態 2 の変形例 2 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 18】カンチレバー型の MEMS スイッチを概略的に説明する概念図である。
- 【図 19】薄膜のメンブレン構造を有する MEMS スイッチを概略的に説明する概念図である。
- 【図 20】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 21】インクジェットプリンタヘッドを説明する概略構成図である。
- 【図 22】本発明の実施の形態 3 に従う測定部を説明する概念図である。 30
- 【図 23】測定治具およびその上に載せられた電子ビーム照射機の照射窓を詳細に説明する図である。
- 【図 24】本発明の実施の形態 3 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 25】測定治具およびその上に載せられた電子ビーム照射機の照射窓を詳細に説明する別の図である。
- 【図 26】3軸加速度センサのパッドにプローブ針を当てた際の共振周波数を説明する図である。
- 【図 27】本発明の他の測定部を説明する概念図である。
- 【図 28】チップの可動部が変位した場合を説明する図である。 40
- 【図 29】3軸加速度センサの下部に設けられる検出電極を説明する図である。
- 【図 30】測定部であるレーザ変位計により微小構造体の可動部の動きの変位を検出することにより、その特性を評価する場合を説明する図である。
- 【図 31】測定部であるレーザ変位計により加速度センサの可動部の動きの変位を検出し、その特性を評価する場合を説明する図である。
- 【図 32】ある周波数範囲のホワイトノイズをテスト音波として出力して、3軸加速度センサの3軸の応答を同時に検出した結果を示すグラフである。
- 【図 33】圧力センサを説明する概念構成図である。
- 【符号の説明】
- 【0190】 50

1, 1#, 1#a, 11 検査システム、2, 2# スピーカ、3, 3# マイク、4  
 プローブ針、5, 5#, 5#a, 6 テスタ、10 基板、15 入出力インタフェース、  
 20 制御部、25, 25#, 25#a 測定部、30, 30# スピーカ制御部、  
 35 信号調整部、40, 40# ノイズ除去制御部。

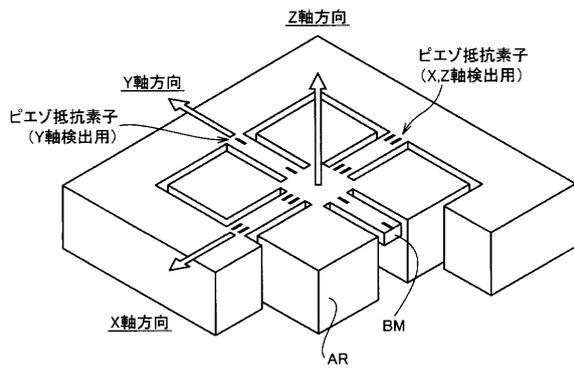
【図1】



【図2】

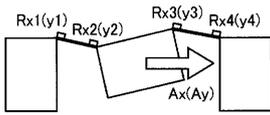


【図3】

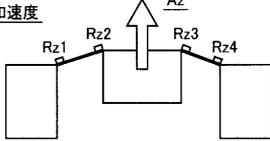


【 図 4 】

X(Y)軸の加速度

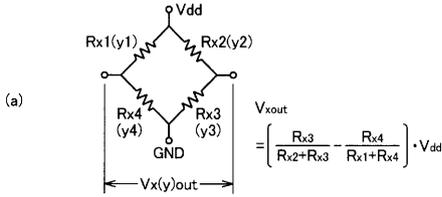


Z軸の加速度

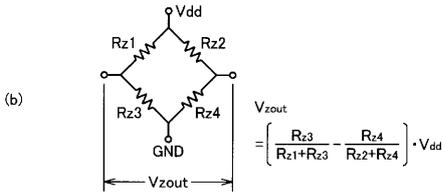


【 図 5 】

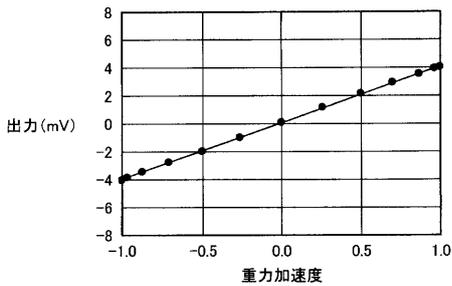
X(Y)軸出力



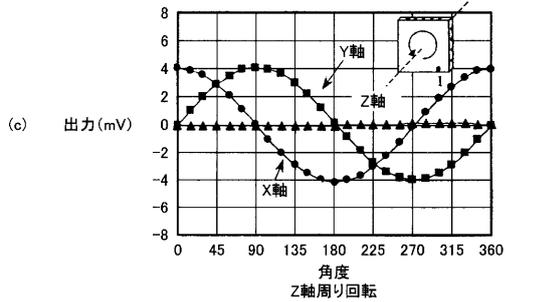
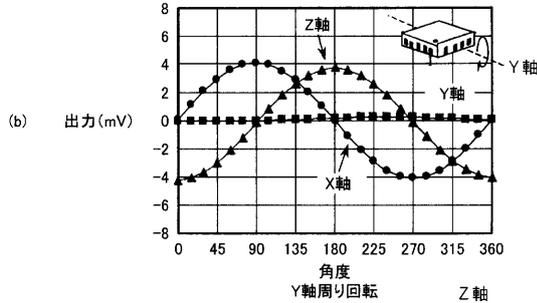
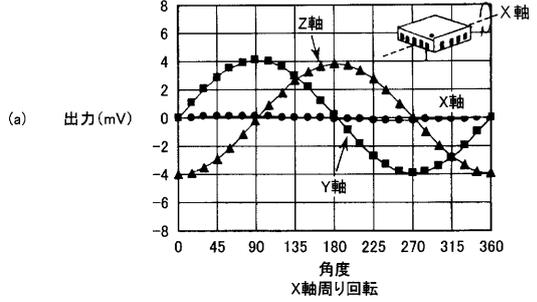
Z軸出力



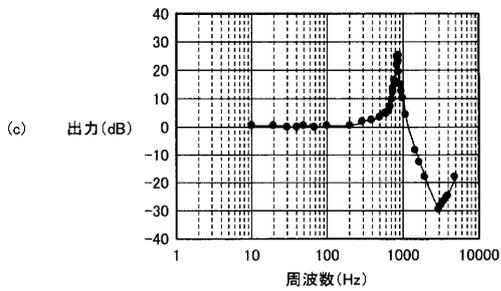
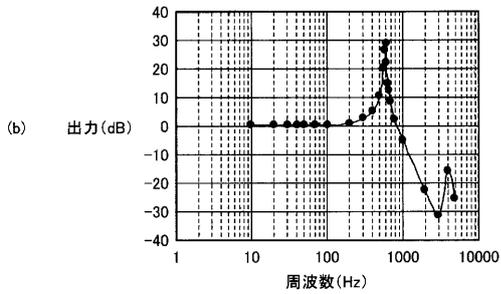
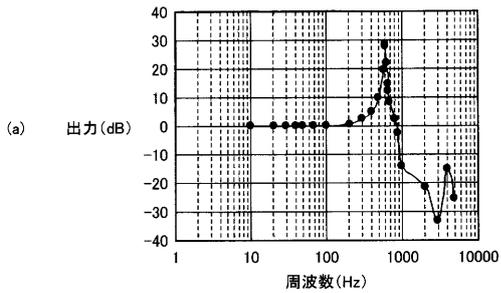
【 図 7 】



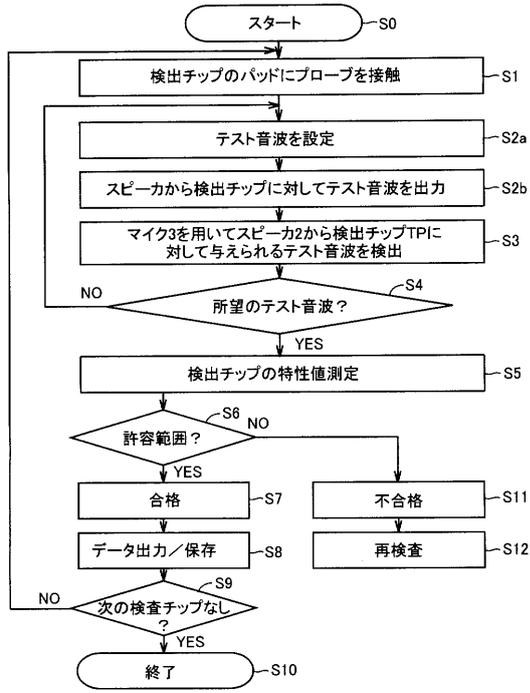
【 図 6 】



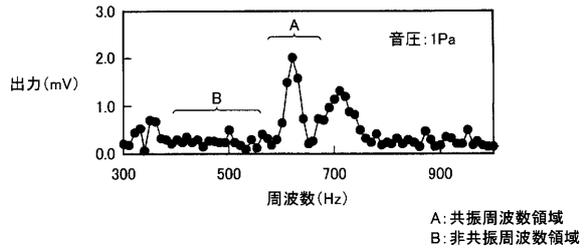
【 図 8 】



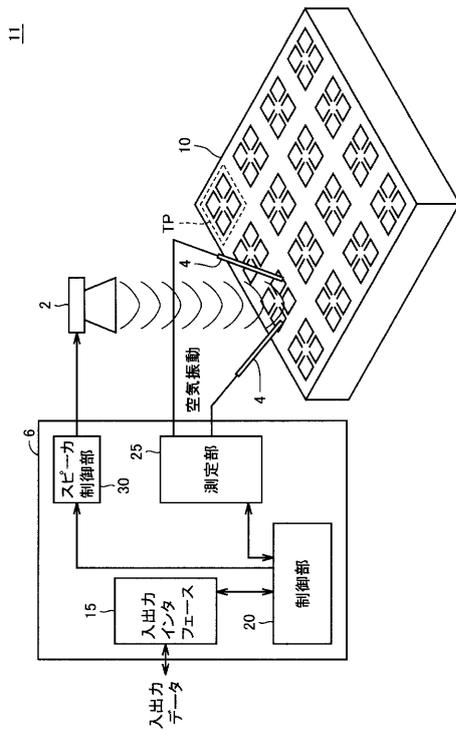
【図9】



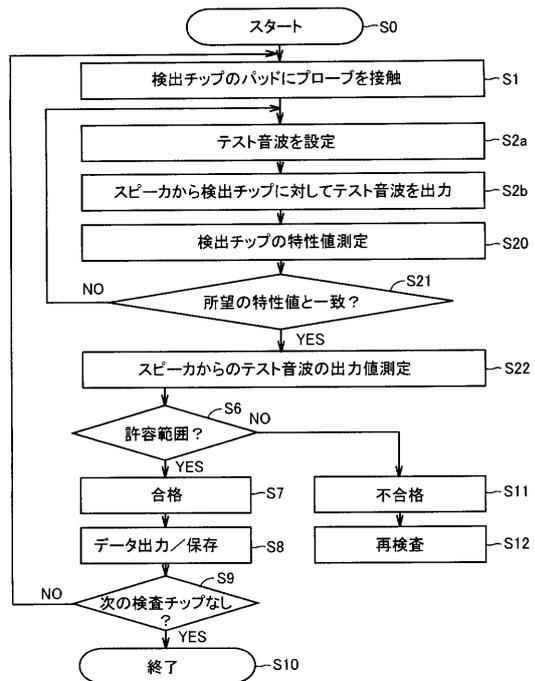
【図10】



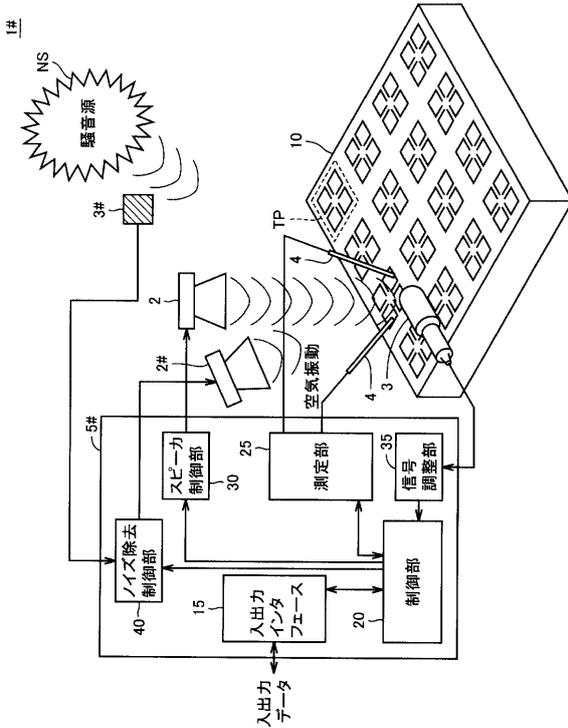
【図11】



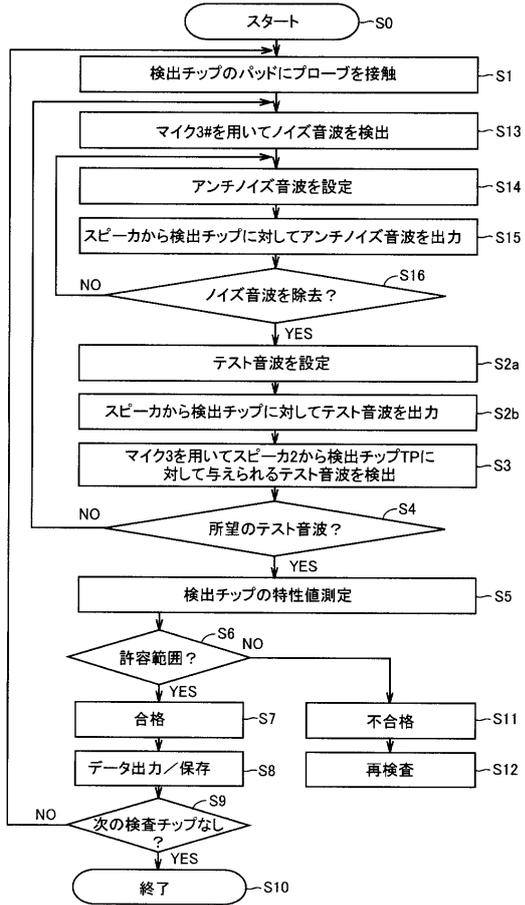
【図12】



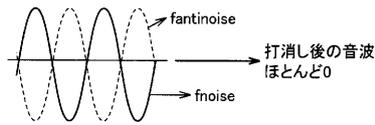
【図13】



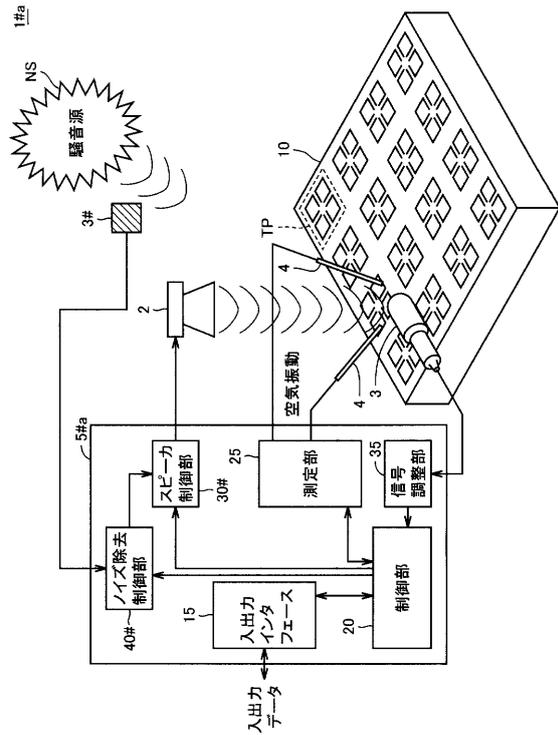
【図14】



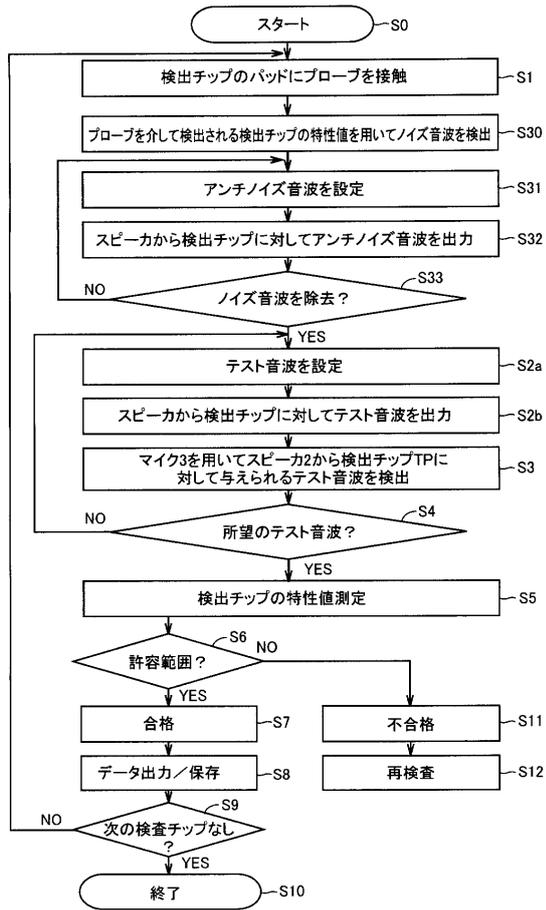
【図15】



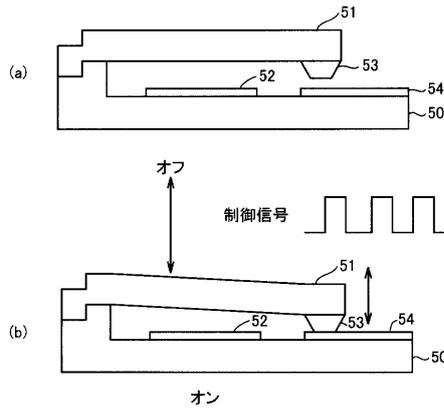
【図16】



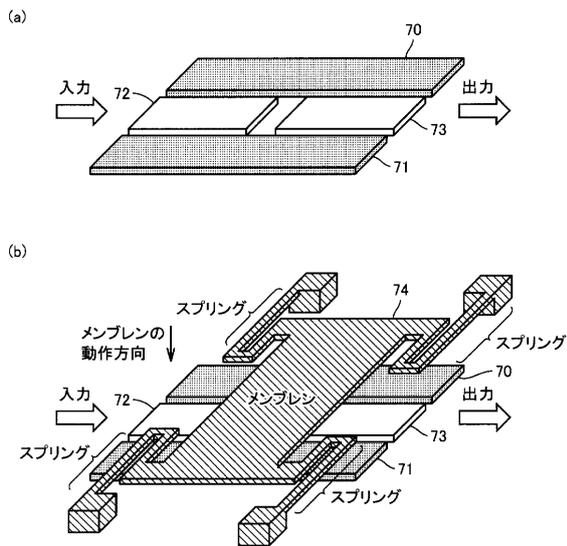
【図17】



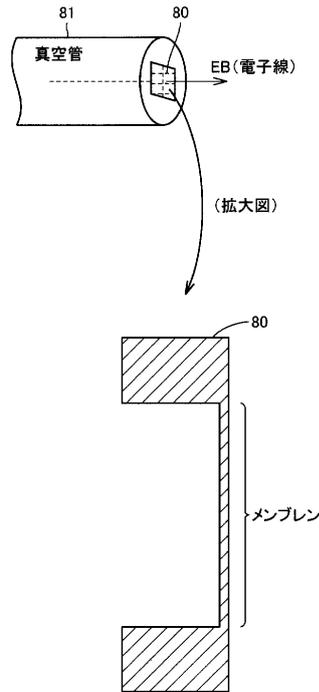
【図18】



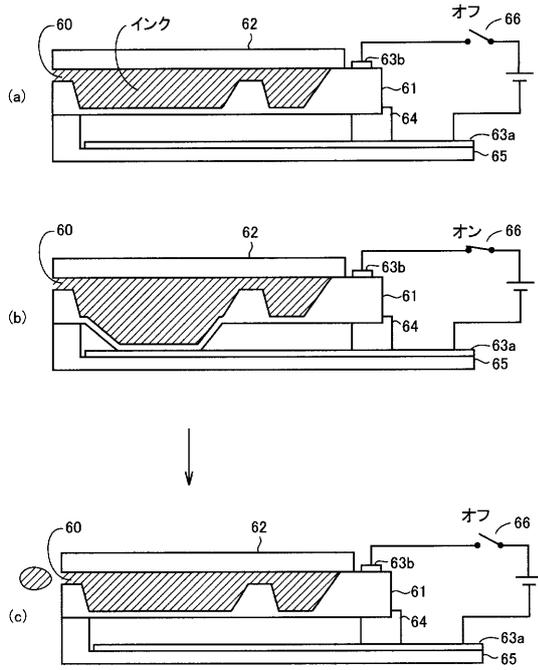
【図19】



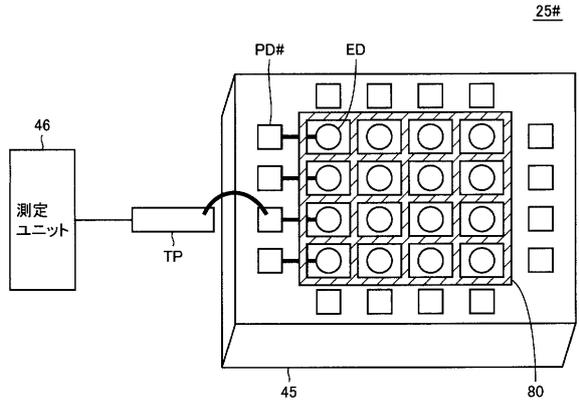
【図20】



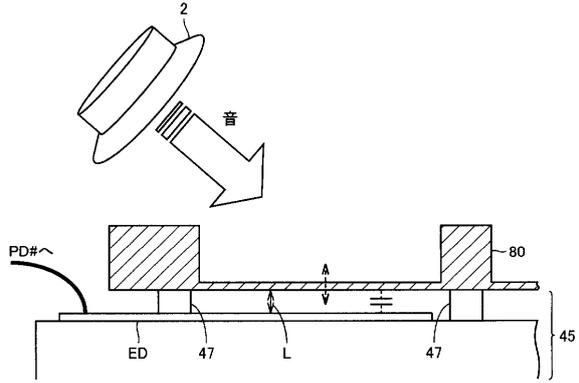
【図21】



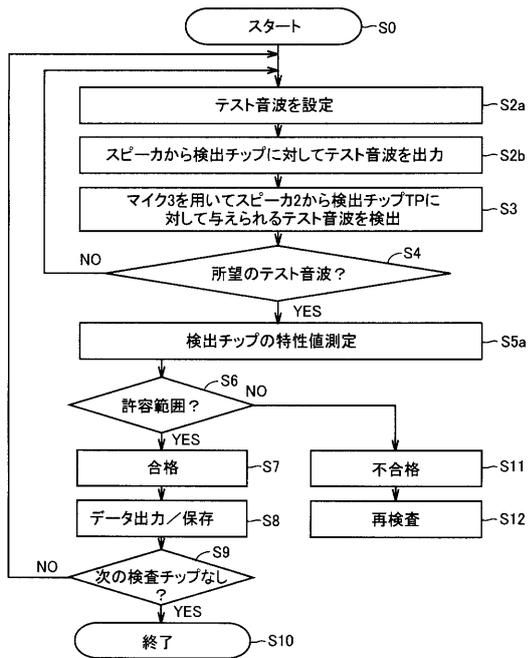
【図22】



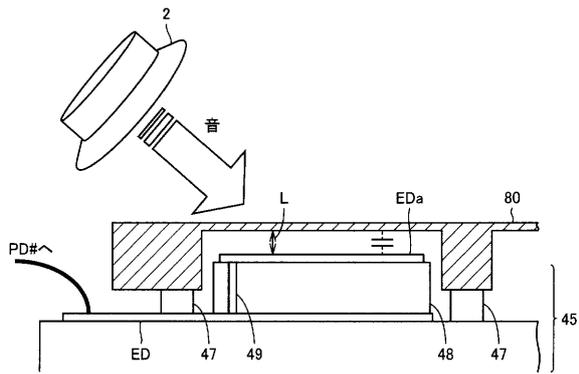
【図23】



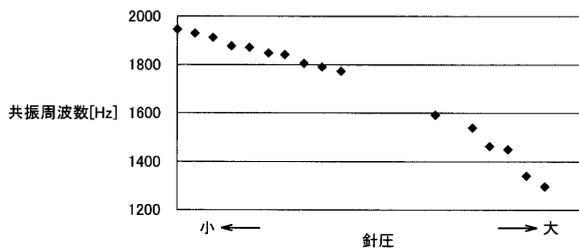
【図24】



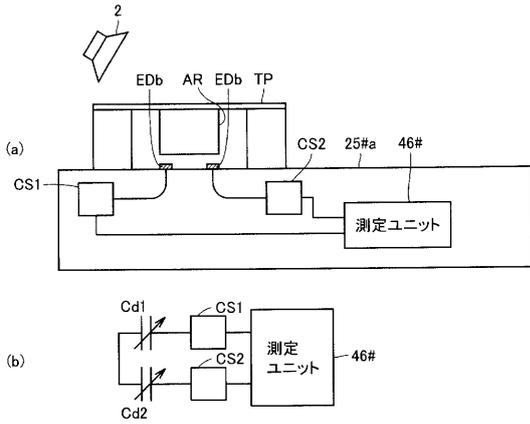
【図25】



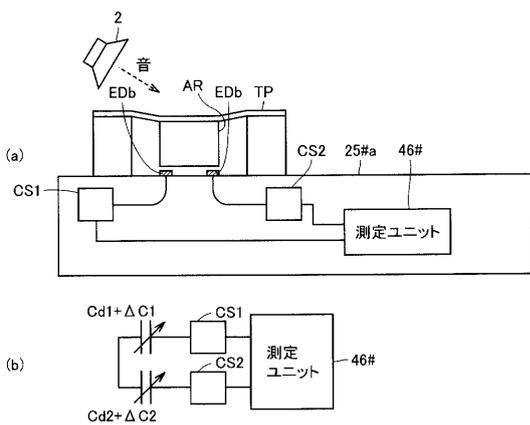
【図26】



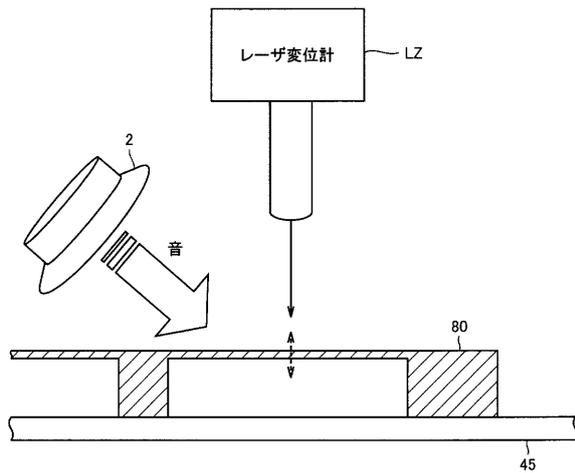
【図 27】



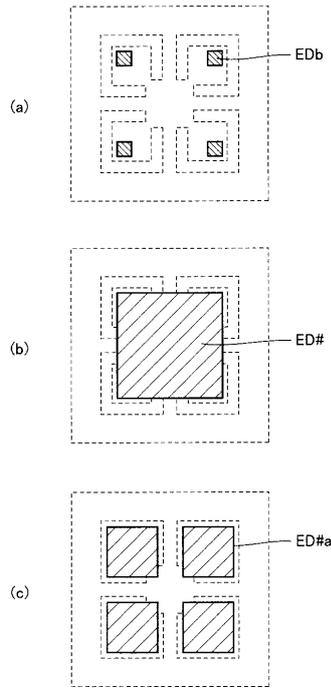
【図 28】



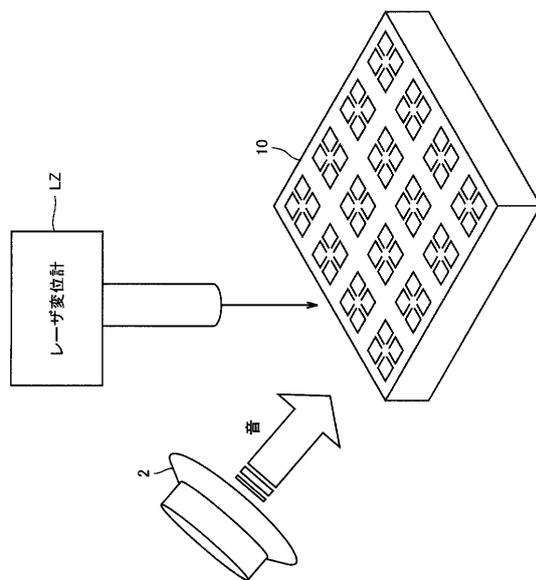
【図 30】



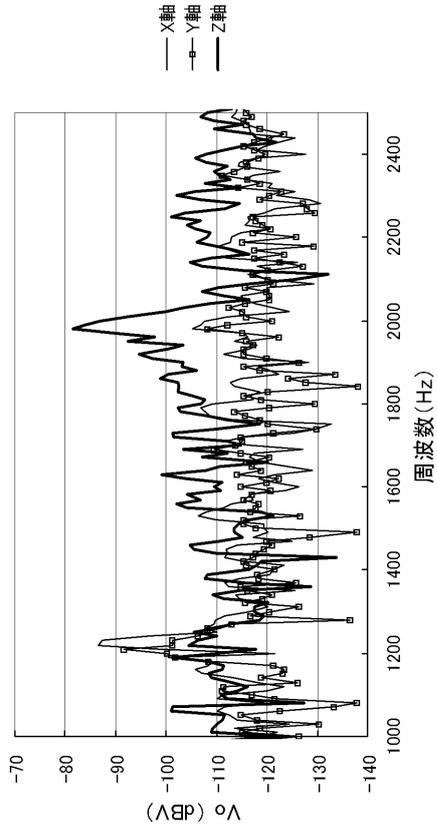
【図 29】



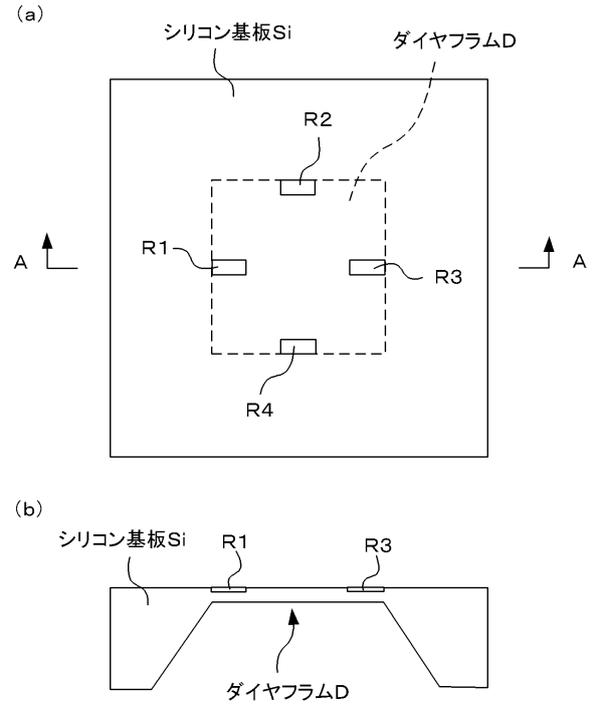
【図 31】



【図 3 2】



【図 3 3】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 松本 俊行  
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
- (72)発明者 池内 直樹  
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
- (72)発明者 八壁 正巳  
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

合議体

- 審判長 江塚 政弘  
審判官 森口 正治  
審判官 山川 雅也

- (56)参考文献 特開平5 - 34371 (JP, A)  
特開平9 - 33567 (JP, A)  
特開平1 - 502581 (JP, A)  
特開平2 - 67956 (JP, A)  
特開平6 - 313785 (JP, A)  
特開平11 - 2643 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01P21/00