

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4163067号  
(P4163067)

(45) 発行日 平成20年10月8日(2008.10.8)

(24) 登録日 平成20年8月1日(2008.8.1)

(51) Int. Cl. F I  
 GO 1 C 19/56 (2006.01) GO 1 C 19/56  
 GO 1 P 9/04 (2006.01) GO 1 P 9/04

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2003-274210 (P2003-274210)	(73) 特許権者	00004064
(22) 出願日	平成15年7月14日 (2003.7.14)		日本碍子株式会社
(65) 公開番号	特開2005-37235 (P2005-37235A)		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(43) 公開日	平成17年2月10日 (2005.2.10)	(74) 代理人	100097490
審査請求日	平成18年2月23日 (2006.2.23)		弁理士 細田 益稔
		(74) 代理人	100097504
			弁理士 青木 純雄
		(72) 発明者	菊池 尊行
			愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
			日本碍子株式会社内
		審査官	谷口 智利

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物理量測定方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

振動子を用いて回転角速度を測定する方法であって、

前記振動子が、複数の駆動振動片、第一および第二の検出振動片、前記各駆動振動片に設けられた質量調整膜、および前記各検出振動片に設けられた検出電極を備えており、

前記振動子に駆動振動を励振し、前記回転角速度に応じて前記振動子に励振される検出振動に基づく第一および第二の出力信号を前記検出電極から出力し、前記駆動振動の周波数と前記出力信号の周波数とを対比し、前記第一の検出振動アームからの前記第一の出力信号の大きさと前記第二の検出振動アームからの前記第二の出力信号の大きさとを対比し、前記第一の検出振動アームからの前記第一の出力信号の位相と前記第二の検出振動アームからの前記第二の出力信号の位相とを対比し、前記周波数、前記出力信号の大きさおよび前記出力信号の位相の対比に基づいて前記各質量調整膜の質量を調整することを特徴とする、回転角速度の測定方法。

【請求項2】

前記駆動振動片および前記検出振動片が所定平面に沿って屈曲振動することを特徴とする、請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記振動子がエッチング法によって形成されていることを特徴とする、請求項1または2記載の方法。

【請求項4】

振動子を用いて回転角速度を測定する装置であって、

前記振動子が、複数の駆動振動片、第一および第二の検出振動片、前記各駆動振動片に設けられた質量調整膜、および前記各検出振動片に設けられた検出電極を備えており、

前記振動子に駆動振動を励振し、前記回転角速度に応じて前記振動子に励振される検出振動に基づく第一および第二の出力信号を前記検出電極から出力し、前記駆動振動の周波数と前記出力信号の周波数とを対比し、前記第一の検出振動アームからの前記第一の出力信号の大きさと前記第二の検出振動アームからの前記第二の出力信号の大きさとを対比し、前記第一の検出振動アームからの前記第一の出力信号の位相と前記第二の検出振動アームからの前記第二の出力信号の位相とを対比し、前記周波数、前記出力信号の大きさおよび前記出力信号の位相の対比に基づいて前記各質量調整膜の質量を調整することを特徴とする、回転角速度の測定装置。

10

【請求項 5】

前記駆動振動片および前記検出振動片が所定平面に沿って屈曲振動することを特徴とする、請求項 4 記載の装置。

【請求項 6】

前記振動子がエッチング法によって形成されていることを特徴とする、請求項 4 または 5 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、物理量測定方法および装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

車載用途においては、振動型ジャイロスコープの使用温度範囲がきわめて広く、例えば、 $-40 - +85$  の温度範囲において安定に動作することが要求される。そして、室温において、一对の屈曲振動片の共振周波数を一定値に調節していても、周囲温度が高温や低温に大きく変化したときには、共振周波数の変動やバラツキが大きくなることがある。この結果、いわゆるゼロ点温度ドリフトが発生する。

【0003】

30

本出願人は、特許文献 1 において、屈曲振動片の両側面の付け根にそれぞれテーパ部を設けることによって、ゼロ点温度ドリフトを抑制することを開示した。

【特許文献 1】特開2000-107725号公報

【発明の開示】

【0004】

しかし、本発明者が更に検討を進めると、振動子の材質などによっては新たな問題点があることが判明してきた。即ち、特許文献 1 に記載されているように、屈曲振動片の両側面の付け根にそれぞれテーパ部を設け、これらのテーパ部の形状をほぼ同じにすることによって、屈曲振動片の振動モードの対称性が高まり、ゼロ点温度ドリフトは減少するものと考えられる。しかし、製造された振動子ごとにゼロ点温度ドリフトを測定すると、各振動子ごとに、ゼロ点温度ドリフトの値にバラツキが発生することがあった。そして、個々の振動子ごとのゼロ点温度ドリフトのバラツキが大きくなり、結果的に不良品の割合が増大することがあった。

40

【0005】

なぜなら、振動子のゼロ点温度ドリフトをゼロにすることはできなくとも、ゼロ点温度ドリフトが一定値であれば、振動型ジャイロスコープの検出回路に温度ドリフトの補正回路を組み込むことによって、ゼロ点温度ドリフトを相殺することが可能である。しかし、製造されたこの振動子のゼロ点温度ドリフトのバラツキが大きくなると、ある振動子において補正回路によってゼロ点温度ドリフトを相殺できたとしても、他の振動子においてはゼロ点温度ドリフトを相殺できず、その振動型ジャイロスコープの動作が不良になってしまう

50

う。

【0006】

本出願人は、特許文献2において、前記の動作不良の主原因が、振動子を作製する際の、振動子用のウエハの表面上のマスクと裏面上のマスクとのアライメントずれにあることを見いだした。この結果、目的とする振動子平面内の屈曲振動だけでなく、振動子平面に対して垂直なZ軸方向の不要な振動が励起されてしまう。この不要なZ軸方向の振動が検出側の屈曲振動アームにも発生し、検出信号中のノイズの原因となっていた。

特許文献2においては、これを防止するために、各屈曲振動アームの横断面を細長い特定形状とすることを開示したが、この方法ではウエハの厚さが大きく制約されてしまう。

【特許文献2】特願2002-68862号

10

【0007】

本発明の課題は、振動子を用いて物理量を測定するのに際して、実際に製造された振動子の形状のアンバランスに基づくノイズおよび温度ドリフトを低減することである。

【0008】

本発明は、振動子を用いて回転角速度を測定する方法であって、

振動子が、複数の駆動振動片、第一および第二の検出振動片、各駆動振動片に設けられた質量調整膜、および各検出振動片に設けられた検出電極を備えており、

振動子に駆動振動を励振し、回転角速度に応じて振動子に励振される検出振動に基づく第一および第二の出力信号を検出電極から出力し、駆動振動の周波数と出力信号の周波数とを対比し、第一の検出振動アームからの第一の出力信号の大きさと第二の検出振動アームからの第二の出力信号の大きさとを対比し、第一の検出振動アームからの第一の出力信号の位相と第二の検出振動アームからの第二の出力信号の位相とを対比し、前記周波数、前記出力信号の大きさおよび前記出力信号の位相の対比に基づいて各質量調整膜の質量を調整することを特徴とする。

20

【0009】

本発明によれば、振動子に駆動振動を励振したときに、物理量に応じて振動子に励振される検出振動に基づく出力信号が、複数の検出手段から出力される。各検出手段からの各出力信号の対比に基づいて、各質量調整膜の質量を調整する。この結果、各駆動振動片の相対的な質量比率が変化するので、駆動振動モードの形態が少し変化し、検出振動の形態も少し変化する。この際、検出手段からの出力信号のノイズが縮小するように各質量調整膜の質量を調整することが可能である。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

最初に、図1を参照しつつ、本実施形態の振動子14の形状および動作について説明する。振動子14は、基部1、一对の駆動振動系30A、30Bおよび一对の検出振動系31A、31Bを備えている。本例の基部1は、振動子の重心GO(振動子が振動していないときの重心)を中心として四回対称の略正方形をなしている。各駆動振動系30A、30B、各検出振動系31A、31Bは、それぞれ、基部1の周縁部1aの各辺から突出している。

40

【0011】

各駆動振動系30A、30Bは、それぞれ、基部1の周縁部1aから径方向に突出する細長い支持部15A、15Bと、支持部15A、15Bの長手方向に直交する方向に向かって延びる各一对の駆動振動片16A、16B、16C、16Dとを備えている。本例では、各駆動振動片の先端に幅広の重量部ないしハンマーヘッド17A、17B、17C、17Dが設けられており、各重量部内に貫通孔12が設けられている。

【0012】

各検出振動系31A、31Bは、それぞれ、基部1の周縁部1aから径方向に突出して延びる細長い検出振動片20からなっている。各検出振動片20の先端にはそれぞれ幅広の重量部ないしハンマーヘッド18A、18Bが設けられており、各重量部内に貫通孔13

50

が設けられている。

【 0 0 1 3 】

次に振動子 1 4 の動作について述べる。後述の駆動電極を使用し、駆動振動片 1 6 A と 1 6 B とを同位相で矢印 A のように共振させ、駆動振動片 1 6 C と 1 6 D とを同位相で矢印 A のように共振させる。屈曲振動片 1 6 A - 1 6 D の駆動振動の全体の重心が、振動子の重心 G O 上か、またはその近傍に位置するようにする。

【 0 0 1 4 】

この状態で、振動子 1 4 を所定面 ( X - Y 面 ) 内で のように回転させると、回転中にコリオリ力が振動子 1 4 に作用する結果、各支持部 1 5 A、1 5 B は、矢印 B のように、その基部への付け根 1 5 a を中心として屈曲振動する。この際、支持部 1 5 A と 1 5 B との各屈曲振動の位相は、重心 G O を中心として周方向に見たときに反対向きになる。これに対応して、各検出振動片 2 0 は、矢印 C に示すように、その基部 1 への付け根を中心として屈曲振動する。各検出振動片 2 0 が屈曲振動すると、後述の検出電極に信号電圧が発生するので、この信号電圧から回転角速度を算出する。

10

【 0 0 1 5 】

図 2 は、基部 1 内の電極パターンを示す平面図である。図 3 は、振動子表面上の電極パターンの一部を図示する平面図であり、図 4 は、振動子表面上の全電極パターンを図示する平面図である。

【 0 0 1 6 】

各駆動振動片 1 6 A、1 6 B の表面 ( および図示しない裏面 ) には、それぞれ駆動側接地電極 2 2 が形成されており、側面には駆動側信号電極 1 0 が形成されている。各駆動振動片 1 6 C、1 6 D の表面 ( および図示しない裏面 ) には、それぞれ駆動側信号電極 1 1 が形成されており、側面には駆動側接地電極 3 2 が形成されている。駆動側信号電極 1 0、1 1 と駆動側接地電極 2 2、3 2 との間に交流電圧を印加することによって、各駆動振動片を X - Y 面内で屈曲振動させることができる。

20

【 0 0 1 7 】

各検出振動片 2 0 の表面 ( および図示しない裏面 ) 上には、それぞれ検出側信号電極 8 が形成されており、側面にはそれぞれ検出側接地電極 9 が形成されている。そして、各検出振動片が X - Y 面内で屈曲振動すると、検出側信号電極 8 と検出側接地電極 9 との間で交流の信号電圧が発生する。

30

【 0 0 1 8 】

特に図 2 に拡大して示すように、基部 1 の表面上には、駆動側信号パッド 2 B、駆動側接地パッド 3 B、2 つの検出側信号パッド 4 C、4 D および検出側接地パッド 5 C、5 D が形成されている。各駆動側信号電極 1 1 および 1 0 は配線 3 8 を介して、基部 1 上の駆動側信号パッド 2 B に接続されている。各駆動側接地電極 2 2 および 3 2 は、配線 2 1 を介して基部 1 上の検出側接地パッド 3 B に接続されている。本例では、駆動側接地パッド 3 B は、一対の配線 6 A、6 B に接続されており、配線 6 A、6 B は、駆動側信号パッド 2 B を包囲し、基部 1 のエッジ上の配線 6 C、6 D に接続されている。ここで、配線 6 C、6 D は基部 1 の表面上に形成されており、各配線 6 A、6 D は、支持部 1 5 B の側面上の配線 7 および表面上の接地配線 2 3 A、2 3 B に連続している。

40

【 0 0 1 9 】

各検出側信号パッド 4 C、4 D は、それぞれ、各検出側信号電極 8 に接続されている。各検出側接地パッド 5 C、5 D は、それぞれ、検出振動片の側面上の検出側接地電極 9 に接続されている。

【 0 0 2 0 】

本例では、駆動側信号パッド 2 B と駆動側接地パッド 3 B とを結ぶ直線 X に対して、複数の検出側信号パッド 4 C、4 D が互いに線対称の位置に配置されている。この結果、駆動側信号パッドと各検出側信号パッド 4 C、4 D との静電結合を近づけ、相殺することができる。また、本例では、直線 X に対して、複数の検出側接地パッド 5 C、5 D が互いに線対称の位置に配置されている。

50

## 【 0 0 2 1 】

各駆動振動片の各重量部 1 7 A、1 7 B、1 7 C、1 7 D 上には、それぞれ質量調整膜 D 1、D 2、D 3、D 4 が形成されている。

## 【 0 0 2 2 】

ここで、各駆動振動片 1 6 A、1 6 B、1 6 C、1 6 D の質量がアンバランスになると、駆動振動の周波数を調整した後に、例えば図 6（駆動振動モード）に示すような変位の分布が得られる。図 6 においては、変位が大きいほど明度が低くなっている。図 6 の例では、基部 1 内に、変位量の大きな（明度の低い）領域が斜めに伸びている。このような駆動振動に基づく検出振動においては、各検出振動片に Z 方向（紙面垂直方向）の変位が発生し、ノイズとなる。これに対して、各駆動振動片の質量がバランスすると、図 7 に示すように、基部 1 内において、変位量が左右ほぼ対照となる。

10

## 【 0 0 2 3 】

ここで、例えば図 6 に示すようなアンバランスが生ずると、このアンバランスは検出信号のアンバランスとして現れる。従って、複数の検出手段からの出力信号を対比し、その差をモニターし、差が所定値に接近するように、質量調整膜 D 1 ~ D 4 の質量調整を行う。この調整方法の一例を表 1 に示す。

## 【 0 0 2 4 】

【表 1】

検出周波数 > 駆動周波数	スプリアス周波数 > 駆動周波数	P1の信号 > P2の信号	P1の位相が正	除去加工が必要なアーム
		P1の信号 < P2の信号	P1の位相が負	
	スプリアス周波数 < 駆動周波数	P1の信号 > P2の信号	P2の位相が正	
		P1の信号 < P2の信号	P2の位相が負	
検出周波数 < 駆動周波数	スプリアス周波数 > 駆動周波数	P1の信号 > P2の信号	P1の位相が正	
		P1の信号 < P2の信号	P1の位相が負	
	スプリアス周波数 < 駆動周波数	P1の信号 > P2の信号	P2の位相が正	
		P1の信号 < P2の信号	P2の位相が負	

10

20

30

40

例えば図5に示す回路から、駆動側信号パッド2Bと駆動側接地パッド3Bへと電圧信号を印加し、各駆動振動片を励振し、駆動振動モードの振動を出力信号に生じさせる。そして、検出側信号パッド4C、4Dの各検出側接地パッド5C、5Dに対する各電位を出力信号P1、P2とする。

【0026】

そして、例えば検出周波数が駆動周波数より大きく、スプリアス周波数が駆動周波数より大きい場合に、出力信号P1がP2より大きくなり、P1の位相が正の場合には、質量調整膜D2の質量を除去する加工を行う。これによって駆動振動片の質量が減り、駆動振動のアンバランスが低減される。検出周波数が駆動周波数より大きく、スプリアス周波数が駆動周波数より大きい場合に、出力信号P1がP2より大きくなり、P1の位相が負の場合には、質量調整膜D4の質量を除去する加工を行う。検出周波数が駆動周波数より大きく、スプリアス周波数が駆動周波数より大きい場合に、出力信号P1がP2より小さくなり、P1の位相が正の場合には、質量調整膜D1の質量を除去する加工を行う。検出周波数が駆動周波数より大きく、スプリアス周波数が駆動周波数より大きい場合に、出力信号P1がP2より小さくなり、P2の位相が負の場合には、質量調整膜D3の質量を除去する加工を行う。その他の場合にも、表1に示すようにして、除去加工すべき質量調整膜を選定する。

【0027】

質量調整膜の材質は、金属膜と金属酸化物膜とが特に好ましい。金属膜と金属酸化物膜との場合には、経時変化によるドリフトが生じにくい点で有利である。質量調整膜を構成する金属膜としては、金膜、金とクロムとの多層膜、金とチタンとの多層膜、銀膜、銀とクロムとの多層膜、銀とチタンとの多層膜、鉛膜、白金膜が好ましい。金属酸化物としては、 $TiO_2$ が好ましい。特に金膜を採用することによって、金の比重が大きいことから、振動に対する制御性能が高くなり、かつ質量調整膜の特性が経時変化しにくい。ただし、金膜と酸化物単結晶、例えば水晶とは密着性が低いので、金膜と振動アーム、特に水晶アームとの間には、下地層、例えば少なくともクロム層またはチタン層を介在させることが好ましい。

【0028】

質量調整膜を製造する方法としては、真空蒸着法、スパッタリング法、電解メッキ法、無電解メッキ法等の公知の方法を採用できる。

【0029】

質量調整膜を振動体に形成した後に、質量調整膜に対してレーザー光を照射することによって、あるいは逆スパッタリングによって、質量調整膜からその材質の一部を除去できる。

【0030】

振動子の材質は特に限定するものでないが、水晶、 $LiNbO_3$ 、 $LiTaO_3$ 、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体( $Li(Nb, Ta)O_3$ )単結晶、ホウ酸リチウム単結晶、ランガサイト単結晶等からなる圧電単結晶を使用することが好ましい。

【0031】

配線、各電極、各パッドは、導電性膜によって構成することができる。こうした導電性膜としては、金膜、金とクロムとの多層膜、金とチタンとの多層膜、銀膜、銀とクロムとの多層膜、銀とチタンとの多層膜、鉛膜、白金膜等の金属膜、 $TiO_2$ 等の金属酸化物膜が好ましい。金膜と酸化物単結晶、例えば水晶とは密着性が低いので、金膜と振動アーム、特に水晶アームとの間には、下地層、例えば少なくともクロム層またはチタン層を介在させることが好ましい。

【0032】

配線、各電極、各パッドを製造する方法としては、真空蒸着法、スパッタリング法、電解メッキ法、無電解メッキ法等の公知の方法を採用できる。

【0033】

本発明において測定されるべき物理量は、回転角速度である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 4 】

本発明は、いわゆる横置き型の振動型ジャイロスコープに対して、特に好適に適用できる。横置き型の振動型ジャイロスコープにおいては、振動子が、回転軸に対して略水平な所定面内に延びている。この場合に特に好ましくは、駆動振動アームと検出振動アームとの両方が、所定面に沿って屈曲振動する。図 1 ~ 図 4 はこの実施形態に係る。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 5 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態に係る振動子 1 4 を示す平面図である。

【 図 2 】 振動子 1 4 の基部 1 における電極パッドパターンを示す平面図である。

10

【 図 3 】 振動子 1 4 の表面上の電極配線パターンの一部を示す平面図である。

【 図 4 】 振動子 1 4 上の電極配線パターンを示す平面図である。

【 図 5 】 駆動および検出電極パッドの配線関係を示す模式図である。

【 図 6 】 振動子 1 4 における駆動振動モードの振動時の変位分布を示す図であり、変位にアンバランスが見られる。

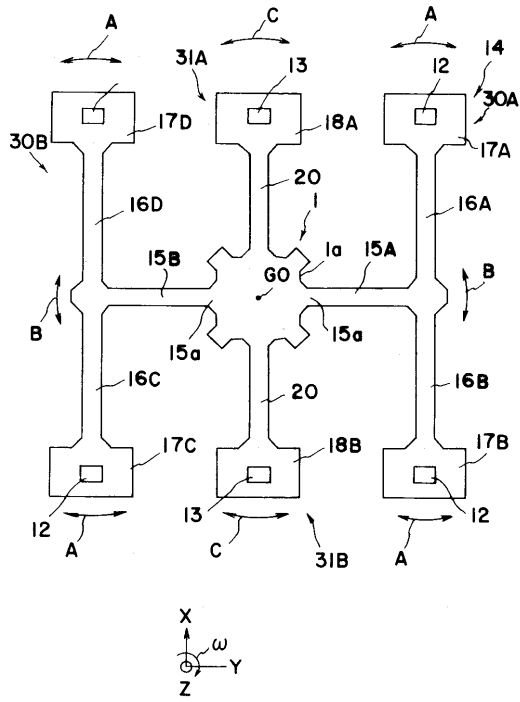
【 図 7 】 振動子 1 4 における駆動振動モードの振動時の変位分布を示す図であり、図 6 に見られるアンバランスが調整されている。

## 【 符号の説明 】

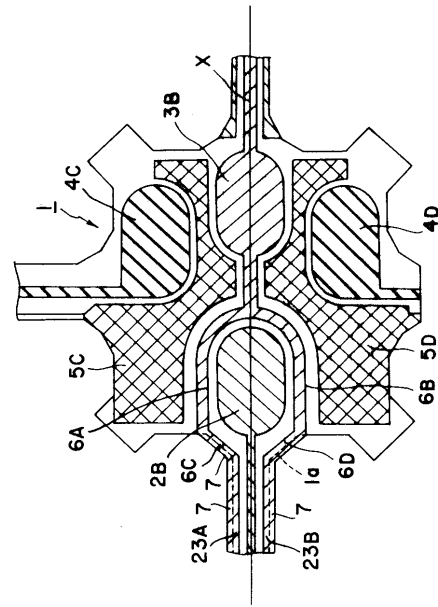
## 【 0 0 3 6 】

1 基部	1 4 振動子	2 B 駆動側信号パッド	3 B 駆動側接	20
地パッド	4 C、4 D 検出側信号パッド	5 C、5 D 検出側接地パッド		
8 検出側信号電極	9 検出側接地電極	1 0、1 1 駆動側		
信号電極	1 5 A、1 5 B 支持部	1 6 A、1 6 B、1 6 C、1 6 D 駆		
動振動片	1 7 A、1 7 B、1 7 C、1 7 D 重量部ないしハンマーヘッド			
2 0 検出振動片	2 2、3 2 駆動側接地電極	3 0 A、3 0 B 駆動		
振動系	3 1 A、3 1 B 検出振動系	3 2 駆動側接地電極	D 1	
、D 2、D 3、D 4 質量調整膜	P 1、P 2 検出電極からの出力信号			

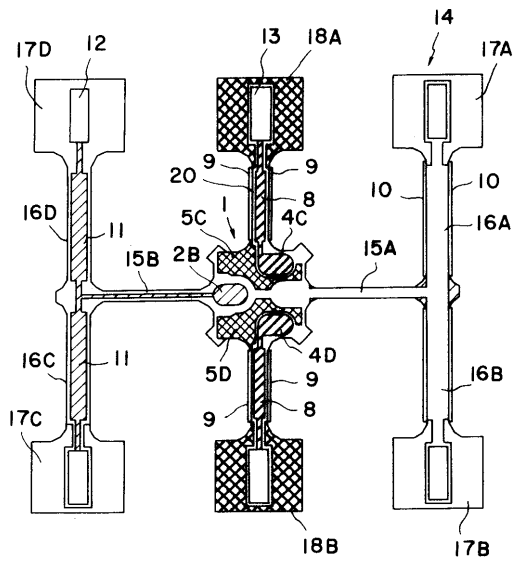
【 図 1 】



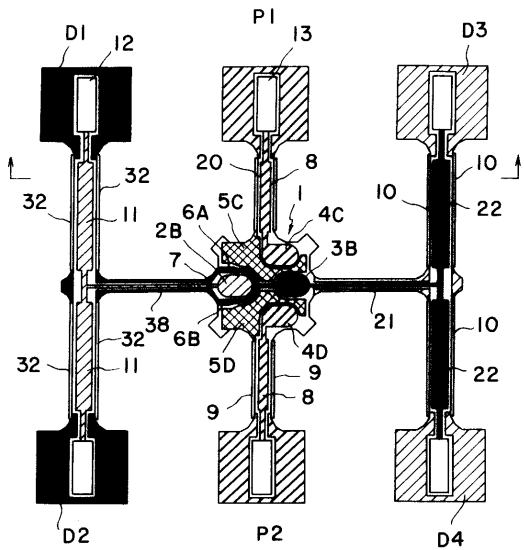
【 図 2 】



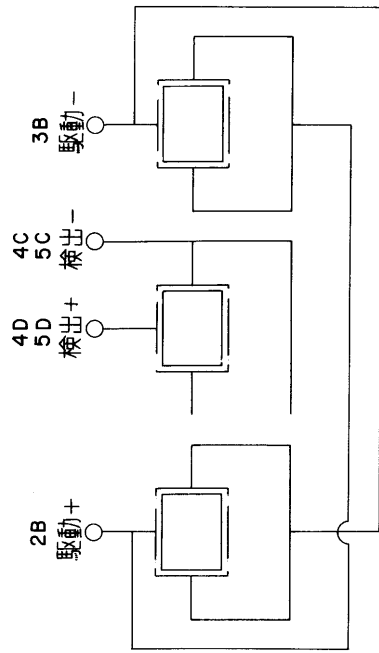
【 図 3 】



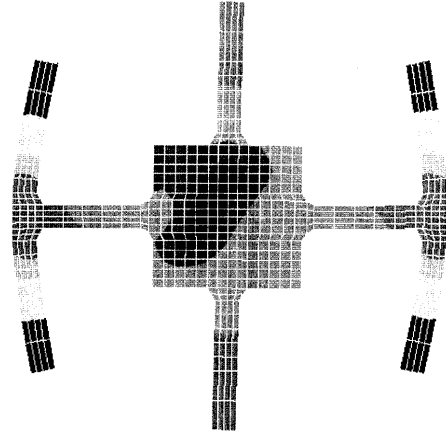
【 図 4 】



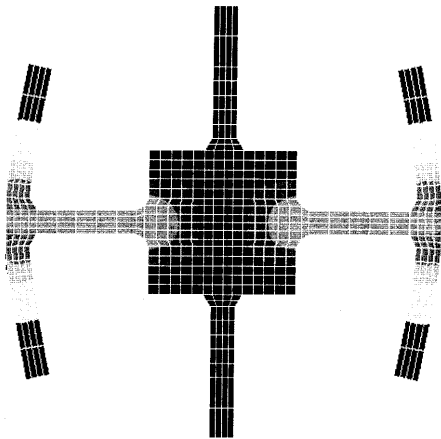
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 2 5 7 9 6 8 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 3 2 7 3 6 7 ( J P , A )  
特開平 0 3 - 2 7 6 0 1 3 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 2 8 0 8 6 8 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 3 2 5 7 2 8 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 1 6 0 4 7 9 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 1 C     1 9 / 5 6  
G 0 1 P     9 / 0 4