世界知的所有権機関
国 際 事 務 局

PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6		(11) 国際公開番号	WO96/10184
G01P 15/09	A1	(43) 国際公開日	1996年4月4日(04.04.96)

(21) 国際出願番号 PCT/JP95/01939
(22) 国際出願日 1995年9月25日(25.09.95)

(30) 優先権データ
特願平6/258909 1994年9月28日(28.09.94) JP

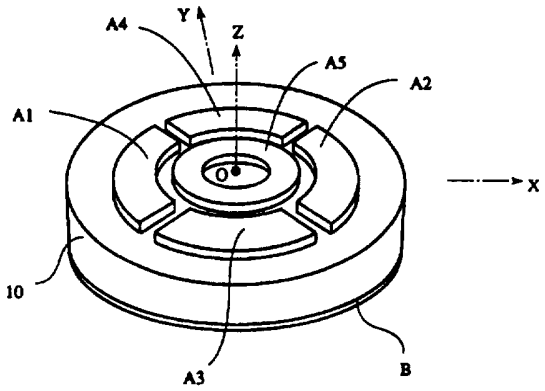
(71) 出願人（米国を除くすべての指定国について）
株式会社 ワコー(WACOH CORPORATION)[JP/JP]
〒362 埼玉県上尾市菅谷四丁目73番地 Saitama, (JP)
(72) 発明者；および
(75) 発明者／出願人（米国についてのみ）
岡田和廣(OKADA, Kazuhiro)[JP/JP]
〒362 埼玉県上尾市菅谷四丁目73番地 Saitama, (JP)
(74) 代理人
弁理士 志村 浩(SHIMURA, Hiroshi)
〒144 東京都大田区南蒲田二丁目6番1号
ベル・シエラビル Tokyo, (JP)

(81) 指定国
US, 欧州特許(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

添付公開書類 国際調査報告書

(54) **Title** : ACCELERATION SENSOR USING PIEZOELECTRIC ELEMENT

(54) 発明の名称 圧電素子を用いた加速度センサ



(57) **Abstract**

Upper electrodes (A1 to A5) are disposed on the upper surface of a disc-like piezoelectric element (10). A ring-like groove encompassing the origin (O) is formed at a position corresponding to the upper electrodes (A1 to A5) in the lower surface of the piezoelectric element (10). The piezoelectric element (10) has a thin flexible portion where this ring-like groove is formed. When the peripheral portion of the piezoelectric element (10) is fixed to a casing, the central portion inside the ring-like groove functions as a weight suspended by the flexible portion. A lower electrode (B) is formed on the lower surface of the piezoelectric element (10). When a force acts on the weight due to acceleration, the flexible portion undergoes deflection, and a predetermined charge develops in the upper electrodes (A1 to A5) with the potential of the lower electrode (B) being a reference potential. Therefore, acceleration can be detected. When a predetermined A.C. signal is supplied between the lower electrode (B) and the upper electrodes (A1 to A5), the weight oscillates in a predetermined direction, and the angular velocity can be detected on the basis of the Coriolis force acting on the weight. Thus, a simple sensor capable of detecting both acceleration and angular velocity in a three-dimensional direction.

（５７）要約

円盤状の圧電素子（１０）の上面に上部電極（Ａ１～Ａ５）が配置されている。圧電素子（１０）の下面には、上部電極（Ａ１～Ａ５）の下方に対応する位置に、原点Ｏを取り囲むような環状溝が形成されている。この環状溝が形成された部分において、圧電素子（１０）は、肉厚の薄い可撓部を形成する。圧電素子（１０）の周囲部を筐体に固定すると、環状溝の内部に位置する中心部は、可撓部によってつり下げられた錘りとして機能する。圧電素子（１０）の下面には、下部電極Ｂが形成されている。加速度により錘りに力が作用すると、可撓部が撓み、上部電極（Ａ１～Ａ５）に下部電極（Ｂ）を基準電位として所定の電荷が発生するので、作用した加速度が検出できる。下部電極（Ｂ）と上部電極（Ａ１～Ａ５）との間に所定の交流信号を供給すると、錘りが所定方向に振動するので、錘りに作用したコリオリ力に基づき角速度を検出できる。こうして、三次元方向の加速度と角速度との双方を検出できる単純なセンサが実現できる。

情報としての用途のみ
ＰＣＴに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にＰＣＴ加盟国を同定するために使用されるコード

AL	アルバニア	DK	デンマーク	LK	スリランカ	PT	ポルトガル
AM	アルメニア	EE	エストニア	LR	リベリア	RO	ルーマニア
AT	オーストリア	ES	スペイン	LS	レソト	RU	ロシア連邦
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SD	スーダン
AZ	アゼルバイジャン	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SE	スウェーデン
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SG	シンガポール
BB	バルバドス	GB	英国	MC	モナコ	SI	スロヴェニア
BE	ベルギー	GE	グルジア	MD	モルドバ	SK	スロヴァキア共和国
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MG	マダガスカル	SL	シエラレオネ
BG	ブルガリア	GN	ギニア	ML	マリ	SN	セネガル
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	MN	モンゴル	TD	チャード
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	TG	トーゴ
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	MW	マラウイ	TJ	タジキスタン
CA	カナダ	IL	イスラエル	MX	メキシコ	TM	トルクメニスタン
CF	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	TR	トルコ
CG	コンゴー	IT	イタリー	NL	オランダ	TT	トリニダード・トバゴ
CH	スイス	JP	日本	NO	ノルウェー	UA	ウクライナ
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド	UG	ウガンダ
CM	カメルーン	KG	キルギスタン	PL	ポーランド	US	米国
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国			UZ	ウズベキスタン共和国
CZ	チェッコ共和国	KR	大韓民国			VN	ヴィェトナム
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン				
		LI	リヒテンシュタイン				

明　細　書

圧電素子を用いた加速度センサ

技　術　分　野

本発明は、圧電素子を用いた加速度センサ、特に、多次元の各成分ごとに加速度を検出することができ、更に角速度も検出することのできるセンサに関する。

背　景　技　術

自動車産業や機械産業などでは、加速度や角速度といった物理量を正確に検出できるセンサの需要が高まっている。特に、二次元あるいは三次元の各成分ごとにこれらの物理量を検出しうる小型のセンサが望まれている。

このような小型のセンサとして、特開平５－２６７４４号公報には、本願と同一発明者によって開発された新規なセンサが開示されている。この新規なセンサは、圧電素子からなる検出子を複数組用意し、これを可撓性基板上に配置したものである。可撓性基板には作用体が取り付けられており、この作用体に外力を作用させると、可撓性基板に撓みが生じるような構造となっている。この撓みは圧電素子へと伝達され、圧電素子では撓みに応じた電荷が発生する。そこで、この発生した電荷に基づいて、作用した外力を検出するのが、この新規なセンサの基本原理である。撓みの生じ方は、作用した外力の方向によって異なるため、所定の各位置に配置された複数の圧電素子についての電荷の発生状態を検出

することにより、作用した外力の大きさと方向とを検出することが可能になる。また、特開平７－４３２２６号公報には、より少ない検出子によって、同様の検出を可能にする技術が開示されている。

一方、特許協力条約に基づく国際公開第ＷＯ９４／２３２７２号公報には、同じく複数の圧電素子を可撓性基板上に配置することにより、三次元の各軸まわりの角速度を検出する角速度センサが開示されている。これは、Ｘ軸まわりの角速度ωｘが作用している状態において、この物体をＹ軸方向に振動させると、Ｚ軸方向にコリオリ力が作用するという原理を利用したものである。すなわち、可撓性基板上に配置された所定の圧電素子に交流電圧を印加し、可撓性基板に取り付けられた作用体をＹ軸方向に振動させる。ここで、Ｘ軸まわりの角速度ωｘが作用していると、作用体にはＺ軸方向にコリオリ力が働くので、作用体はＺ軸方向へ変位することになる。この変位を圧電素子が発生する電荷により検出することにより、作用した角速度ωｘを間接的に検出するのである。

単一のセンサによって三次元方向に関する加速度あるいは角速度を検出する場合、これまで提案されてきた技術では、多数の電極を所定位置に配置する必要があり、全体的に構造が複雑になるという問題があった。このような複雑な構造をもったセンサでは、小形化が困難になり、量産性に欠けるという問題が生じる。

発　明　の　開　示

そこで本発明は、構造が単純で、小形化、量産性に適し、しかも多次元方向に関する加速度あるいは角速度もしくは双方を検出することができる圧電素子を用いた加速度・角速度センサを提供することを目的とす

る。

このような目的を達成するため、本発明に係るセンサは、次のような特徴をもつ。

(1) 本発明の第１の態様は、ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための圧電素子を用いた加速度センサにおいて、

板状の圧電素子と、この圧電素子の上面に形成された５枚の上部電極と、この圧電素子の下面において各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された下部電極と、を設け、圧電素子の上面のほぼ中心位置にＸＹＺ三次元座標系の原点を定義したときに、

圧電素子は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部と、この可撓部の周囲の部分である周囲部とは、可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

中心部および周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

５枚の上部電極は、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもった第１の上部電極と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもった第２の上部電極と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもった第３の上部電極と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもった第４の上部電極と、原点の周囲を取り囲む領域に形成された第５の上部電極と、によって構成され、これらの各上部電極の

少なくとも一部分は、いずれも可撓部に形成されるようにし、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を設けたものである。

(2) 本発明の第２の態様は、上述の第１の態様に係る圧電素子を用いた加速度センサにおいて、

板状の圧電素子の下面に、原点の周囲を取り囲むような環状溝を形成し、この環状溝の形成部分の肉厚が他の部分の肉厚よりも薄くなるようにし、この肉厚の薄い部分を可撓部として用いるようにしたものである。

(3) 本発明の第３の態様は、ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための圧電素子を用いた加速度センサにおいて、

板状の圧電素子と、この圧電素子の上面に形成された５枚の上部電極と、この圧電素子の下面において各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された下部電極と、この下部電極を下方から支持する板状の起歪体と、を設け、起歪体の上面のほぼ中心位置にＸＹＺ三次元座標系の原点を定義したときに、

起歪体は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部と、この可撓部の周囲の部分である周囲部とは、可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

中心部および周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体に固定

され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

可撓部に撓みが生じると圧電素子にこの撓みが伝達し、逆に、圧電素子に撓みが生じると可撓部にこの撓みが伝達するように、圧電素子の板面が起歪体の板面にほぼ平行になるような状態で、起歪体の上面と下部電極の下面とが固着され、

５枚の上部電極は、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもった第１の上部電極と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもった第２の上部電極と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもった第３の上部電極と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもった第４の上部電極と、原点の周囲を取り囲む領域に形成された第５の上部電極と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも可撓部の上方位置に形成されるようにし、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を設けたものである。

(4)　本発明の第４の態様は、上述の第３の態様に係る圧電素子を用いた加速度センサにおいて、

起歪体の少なくとも上面部分を導電性の材料によって構成し、この上面部分によって下部電極を構成するようにしたものである。

(5)　本発明の第５の態様は、上述の第３または第４の態様に係る圧

電素子を用いた加速度センサにおいて、

板状の起歪体の下面に、原点の周囲を取り囲むような環状溝を形成し、この環状溝の形成部分の肉厚が他の部分の肉厚よりも薄くなるようにし、この肉厚の薄い部分を可撓部として用いるようにしたものである。

(6) 本発明の第６の態様は、上述の第１～第５の態様に係る圧電素子を用いた加速度センサにおいて、

ＸＹ平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を定義し、

第１の上部電極を、外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第２象限および第３象限に渡る領域に配置し、

第２の上部電極を、外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第３の上部電極を、外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第３象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第４の上部電極を、外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および第２象限に渡る領域に配置し、

第５の上部電極を、内側環状領域内に配置したものである。

(7) 本発明の第７の態様は、上述の第１～第５の態様に係る圧電素子を用いた加速度センサにおいて、

ＸＹ平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を定義し、

第１の上部電極を、内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第２象限および第３象限に渡る領域に配置し、

第２の上部電極を、内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および

第４象限に渡る領域に配置し、

第３の上部電極を、内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第３象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第４の上部電極を、内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および第２象限に渡る領域に配置し、

第５の上部電極を、外側環状領域内に配置したものである。

(8)　本発明の第８の態様は、上述の第１～第７の態様に係る圧電素子を用いた加速度センサにおいて、

第１の上部電極が形成された圧電素子の部分と、第２の上部電極が形成された圧電素子の部分とでは、逆の分極特性が得られるように、

第３の上部電極が形成された圧電素子の部分と、第４の上部電極が形成された圧電素子の部分とでは、逆の分極特性が得られるように、

圧電素子の各部分に対して所定の分極処理を行うようにしたものである。

(9)　本発明の第９の態様は、上述の第１～第８の態様に係る圧電素子を用いた加速度センサにおいて、

所定の上部電極と下部電極との間に所定の交流電圧を印加することにより、作用部を所定方向に振動させる励振手段を更に設け、

回路手段が、所定軸まわりの角速度検出を行うために、励振手段により、この所定軸に直交する方向に作用部を振動させた状態において、この所定軸方向および振動方向の双方に直交する第３の方向についての力検出手段による検出値を電気信号として出力する機能を果たすようにし、

複数の座標軸方向の加速度成分とともに複数の座標軸まわりの角速度成分を検出できるようにしたものである。

(10) 本発明の第１０の態様は、上述の第９の態様に係る圧電素子を用いた加速度センサにおいて、

第１の上部電極と下部電極との間および第２の上部電極と下部電極との間に交流電圧を印加することにより、作用部をＸ軸方向に振動させるＸ軸方向励振手段と、

第３の上部電極と下部電極との間および第４の上部電極と下部電極との間に交流電圧を印加することにより、作用部をＹ軸方向に振動させるＹ軸方向励振手段と、

第５の上部電極と下部電極との間に交流電圧を印加することにより、作用部をＺ軸方向に振動させるＺ軸方向励振手段と、

の３つの励振手段を設け、

第１の上部電極に発生した電荷および第２の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＸ軸方向の力を検出するＸ軸方向力検出手段と、

第３の上部電極に発生した電荷および第４の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＹ軸方向の力を検出するＹ軸方向力検出手段と、

第５の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＺ軸方向の力を検出するＺ軸方向力検出手段と、

の３つの力検出手段を設けるようにしたものである。

(11) 本発明の第１１の態様は、ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための圧電素子を用いた加速度センサにおいて、

板状の圧電素子と、この圧電素子の上面に形成された５枚の上部電極

と、この圧電素子の下面において各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された下部電極と、を設け、圧電素子の上面のほぼ中心位置にＸＹＺ三次元座標系の原点を定義したときに、

圧電素子は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部と、この可撓部の周囲の部分である周囲部とは、可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

中心部および周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

５枚の上部電極は、ＸＹ座標系の第１象限に配置された第１の上部電極と、第２象限に配置された第２の上部電極と、第３象限に配置された第３の上部電極と、第４象限に配置された第４の上部電極と、原点の周囲を取り囲む領域に配置された第５の上部電極と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも可撓部に形成されるようにし、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を設けるようにしたものである。

(12)　本発明の第１２の態様は、ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための圧電素子を用いた加速度センサにおいて、

板状の圧電素子と、この圧電素子の上面に形成された５枚の上部電極と、この圧電素子の下面において各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された下部電極と、この下部電極を下方から支持する板状の起歪体と、を設け、起歪体の上面のほぼ中心位置にＸＹＺ三次元座標系の原点を定義したときに、

起歪体は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部と、この可撓部の周囲の部分である周囲部とは、可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

中心部および周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

可撓部に撓みが生じると圧電素子にこの撓みが伝達し、逆に、圧電素子に撓みが生じると可撓部にこの撓みが伝達するように、圧電素子の板面が起歪体の板面にほぼ平行になるような状態で、起歪体の上面と下部電極の下面とが固着され、

５枚の上部電極は、ＸＹ座標系の第１象限に配置された第１の上部電極と、第２象限に配置された第２の上部電極と、第３象限に配置された第３の上部電極と、第４象限に配置された第４の上部電極と、原点の周囲を取り囲む領域に配置された第５の上部電極と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも可撓部の上方位置に形成されるようにし、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を設けるようにしたものである。

(13) 本発明の第１３の態様は、上述の各態様における上部電極の代わりに、８枚の上部電極を用い、この８枚の上部電極を、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第１の上部電極と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第２の上部電極と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第３の上部電極と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第４の上部電極と、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第５の上部電極と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第６の上部電極と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第７の上部電極と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第８の上部電極と、によって構成し、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも可撓部に形成されるようにしたものである。

(14) 本発明の第１４の態様は、上述の各態様における上部電極の代わりに、６枚の上部電極を用い、この６枚の上部電極を、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第１の上部電極と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつ

X軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第２の上部電極と、Y軸に関して負の領域に形成されかつY軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第３の上部電極と、Y軸に関して正の領域に形成されかつY軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第４の上部電極と、X軸に関して負の領域に形成されかつX軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第５の上部電極と、X軸に関して正の領域に形成されかつX軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第６の上部電極と、によって構成し、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも可撓部に形成されるようにしたものである。

(15) 本発明の第１５の態様は、上述の各態様における上部電極の代わりに、６枚の上部電極を用い、この６枚の上部電極を、X軸に関して負の領域に形成されかつX軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第１の上部電極と、X軸に関して正の領域に形成されかつX軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第２の上部電極と、Y軸に関して負の領域に形成されかつY軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第３の上部電極と、Y軸に関して正の領域に形成されかつY軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第４の上部電極と、Y軸に関して負の領域に形成されかつY軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第５の上部電極と、Y軸に関して正の領域に形成されかつY軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第６の上部電極と、によって構成し、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも可撓部に形成されるようにしたものである。

(16) 本発明の第１６の態様は、上述の各態様における上部電極の代わりに、４枚の上部電極を用い、この４枚の上部電極を、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第１の上部電極と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち外側環状領域に配置された第２の上部電極と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第３の上部電極と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち内側環状領域に配置された第４の上部電極と、によって構成し、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも可撓部に形成されるようにしたものである。

本発明に係るセンサでは、圧電素子自身もしくはこの圧電素子に接合された起歪体に、可撓性をもった可撓部が形成される。このような可撓部を形成することにより、可撓部に囲まれた部分である中心部と、可撓部の周囲の部分である周囲部とが、可撓部の撓みにより相互に変位を生じるようになる。したがって、中心部を固定した場合は、周囲部が錘りとして機能し、加速度が作用すると可撓部に撓みが生じることになる。逆に、周囲部を固定した場合は、中心部が錘りとして機能し、加速度が作用するとやはり可撓部に撓みが生じることになる。結局、加速度の作用によって、圧電素子に撓みが生じ、特定の上部電極に特定の極性の電荷が発生することになる。こうして発生した電荷を検出することにより、作用した加速度の方向と大きさを測定することが可能になる。

一方、特定の上部電極と下部電極との間に所定の交流電圧を印加すると、圧電素子の内部に特定の撓みが生じ、その結果、錘りとして機能す

る部分が振動子として所定方向に振動することになる。ところが、振動子を第１の軸方向に振動させた状態において、この振動子に第２の軸まわりの角速度が作用すると、この振動子には第３の軸方向のコリオリ力が発生する現象が知られている。このコリオリ力は、圧電素子に別な撓みを生じさせることになり、特定の上部電極に特定の極性の電荷が発生することになる。こうして発生した電荷を検出することにより、作用した角速度の方向と大きさを測定することが可能になる。

本発明に係るセンサは、板状の圧電素子と、その上面に配された複数枚の上部電極と、これらに対向して圧電素子の下面に設けられた１枚の共通下部電極と、からなる単純な構成であるが、上述した原理に基づいて、ＸＹＺ三次元座標系における各軸方向の加速度成分および各軸まわりの角速度成分のすべてを検出することができる。こうして、本発明によれば、構造が単純で、小形化、量産性に適し、しかも三次元方向に関する加速度と角速度との双方を検出することができる圧電素子を用いた加速度・角速度センサを実現することが可能になる。

図面の簡単な説明

第１図は、従来提案されているコリオリ力を利用した一次元角速度センサの基本原理を示す斜視図である。

第２図は、角速度センサにおける検出対象となるＸＹＺ三次元座標系における各軸まわりの角速度を示す図である。

第３図は、本発明に係るセンサを用いてＸ軸まわりの角速度ωｘを検出する基本原理を説明する図である。

第４図は、本発明に係るセンサを用いてＹ軸まわりの角速度ωｙを検

出する基本原理を説明する図である。

第５図は、本発明に係るセンサを用いてＺ軸まわりの角速度ωｚを検出する基本原理を説明する図である。

第６図は、本発明に係るセンサにおける角速度検出を行う構成要素を示すブロック図である。

第７図は、本発明に係るセンサにおける加速度検出を行う構成要素を示すブロック図である。

第８図は、本発明の基本的実施例に係るセンサを斜め上方から見た斜視図である。

第９図は、第８図に示すセンサを斜め下方から見た斜視図である。

第１０図は、第８図に示すセンサの上面図である。

第１１図は、第８図に示すセンサをＸＺ平面で切断した側断面図である。

第１２図は、第８図に示すセンサの下面図である。

第１３Ａ図および第１３Ｂ図は、第８図に示すセンサにおける圧電素子１０の分極特性を示す図である。

第１４図は、第８図に示すセンサの重心Ｐに対してＸ軸方向の変位Ｄｘを誘起した状態を示す側断面図である。

第１５図は、第８図に示すセンサの重心Ｐに対してＺ軸方向の変位Ｄｚを誘起した状態を示す側断面図である。

第１６図は、第８図に示すセンサの重心Ｐに対してＸ軸方向の力ｆｘが作用した状態を示す側断面図である。

第１７図は、第８図に示すセンサの重心Ｐに対してＺ軸方向の力ｆｚが作用した状態を示す側断面図である。

第１８図は、第８図に示すセンサに、加速度に基づく各軸方向の力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚが作用したときの各上部電極Ａ１～Ａ５に発生する電荷の極性を示す表である。

第１９図は、第８図に示すセンサに用いる検出回路の一例を示す回路図である。

第２０図は、本発明に係るセンサを用いてＸ軸まわりの角速度ωｘを検出する別な基本原理を説明する図である。

第２１図は、本発明に係るセンサを用いてＹ軸まわりの角速度ωｙを検出する別な基本原理を説明する図である。

第２２図は、本発明に係るセンサを用いてＺ軸まわりの角速度ωｚを検出する別な基本原理を説明する図である。

第２３Ａ図および第２３Ｂ図は、圧電素子１０とは別な圧電素子２０の分極特性を示す図である。

第２４図は、局在的な分極特性をもった圧電素子２５を利用した実施例に係るセンサの上面図である。

第２５図は、第２４図に示すセンサに、加速度に基づく各軸方向の力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚが作用したときの各上部電極Ａ１～Ａ５に発生する電荷の極性を示す表である。

第２６図は、第２４図に示すセンサに用いる検出回路の一例を示す回路図である。

第２７Ａ図、第２７Ｂ図、第２７Ｃ図は、第２４図に示すセンサに用いる励振回路の一例を示す回路図である。

第２８図は、第８図に示すセンサにおいて、上部電極の配置を内外入れ替えた実施例に係るセンサの上面図である。

第２９図は、第２８図に示すセンサの側断面図である。

第３０図は、圧電素子の他に起歪体を用いた実施例に係るセンサの側断面図である。

第３１図は、導電性の起歪体の上面を下部電極として利用した実施例に係るセンサの側断面図である。

第３２図は、電極配置を４５° 回転させた実施例に係るセンサの上面図である。

第３３図は、第３２図に示すセンサに用いる検出回路の一例を示す回路図である。

第３４図は、８枚の上部電極を用いる実施例に係るセンサの上面図である。

第３５図は、第３４図に示すセンサをＸＺ平面で切断した側断面図である。

第３６図は、第３４図に示すセンサに、加速度に基づく各軸方向の力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚが作用したときの各上部電極Ａ４１～Ａ４８に発生する電荷の極性を示す表である。

第３７図は、第３４図に示すセンサに用いる検出回路の一例を示す回路図である。

第３８図は、第３４図のセンサにおいて、局在的な分極特性をもった圧電素子２５を利用した実施例に係るセンサの上面図である。

第３９図は、第３８図に示すセンサに、加速度に基づく各軸方向の力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚが作用したときの各上部電極Ａ４１～Ａ４８に発生する電荷の極性を示す表である。

第４０図は、６枚の上部電極を用いる実施例に係るセンサの上面図で

ある。

第４１図は、第４０図に示すセンサに、加速度に基づく各軸方向の力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚが作用したときの各上部電極Ａ５１～Ａ５６に発生する電荷の極性を示す表である。

第４２図は、６枚の上部電極を用いる別な実施例に係るセンサの上面図である。

第４３図は、第４２図に示すセンサに、加速度に基づく各軸方向の力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚが作用したときの各上部電極Ａ６１～Ａ６６に発生する電荷の極性を示す表である。

第４４図は、４枚の上部電極を用いる実施例に係るセンサの上面図である。

第４５図は、第４４図に示すセンサに、加速度に基づく各軸方向の力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚが作用したときの各上部電極Ａ７１～Ａ７４に発生する電荷の極性を示す表である。

発明を実施するための最良の形態

§１．　角速度および加速度検出の基本原理

まず、本発明に係るセンサにおける角速度検出の基本原理を説明する。本発明に係るセンサでは、二軸あるいは三軸まわりの角速度を検出することが可能であるが、ここでは、はじめに、一軸の角速度検出原理を簡単に説明しておく。第１図は、雑誌「発明（THE INVENTION)」、vol.90, No.3（１９９３年）の６０頁に開示されている角速度センサの基本原理を示す図である。いま、角柱状の振動子１１０を用意し、図示するような方向にＸ，Ｙ，Ｚ軸を定義したＸＹＺ三次元座標系を考える。このよ

うな系において、振動子１１０がＺ軸を回転軸として角速度ωで回転運動を行っている場合、次のような現象が生じることが知られている。すなわち、この振動子１１０をＸ軸方向に往復運動させるような振動Ｕを与えると、Ｙ軸方向にコリオリ力Ｆが発生する。別言すれば、振動子１１０を図のＸ軸に沿って振動させた状態で、この振動子１１０をＺ軸を中心軸として回転させると、Ｙ軸方向にコリオリ力Ｆが生じることになる。この現象は、フーコーの振り子として古くから知られている力学現象であり、発生するコリオリ力Ｆは、

$$F = 2m \cdot v \cdot \omega$$

で表される。ここで、ｍは振動子１１０の質量、ｖは振動子１１０の振動についての瞬時の速度、ωは振動子１１０の瞬時の角速度である。

前述の雑誌に開示された一軸の角速度センサは、この現象を利用して角速度ωを検出するものである。すなわち、第１図に示すように、角柱状の振動子１１０の第１の面には第１の圧電素子１１１が、この第１の面と直交する第２の面には第２の圧電素子１１２が、それぞれ取り付けられる。圧電素子１１１，１１２としては、ピエゾエレクトリックセラミックからなる板状の素子が用いられている。そして、振動子１１０に対して振動Ｕを与えるために圧電素子１１１が利用され、発生したコリオリ力Ｆを検出するために圧電素子１１２が利用される。すなわち、圧電素子１１１に交流電圧を与えると、この圧電素子１１１は伸縮運動を繰り返しＸ軸方向に振動する。この振動Ｕが振動子１１０に伝達され、振動子１１０がＸ軸方向に振動することになる。このように、振動子１１０に振動Ｕを与えた状態で、振動子１１０自身がＺ軸を中心軸として角速度ωで回転すると、上述した現象により、Ｙ軸方向にコリオリ力Ｆ

が発生する。このコリオリ力Ｆは、圧電素子１１２の厚み方向に作用するため、圧電素子１１２の両面にはコリオリ力Ｆに比例した電圧Ｖが発生する。そこで、この電圧Ｖを測定することにより、角速度ωを検出することが可能になる。

上述した従来の角速度センサは、Ｚ軸まわりの角速度を検出するためのものであり、Ｘ軸あるいはＹ軸まわりの角速度の検出を行うことはできない。本発明に係るセンサでは、第２図に示すように、所定の物体１２０について、ＸＹＺ三次元座標系におけるＸ軸まわりの角速度ωｘ、Ｙ軸まわりの角速度ωｙ、Ｚ軸まわりの角速度ωｚ、のそれぞれを別個独立して検出することができる。その基本原理を、第３図～第５図を参照して説明する。いま、ＸＹＺ三次元座標系の原点位置に振動子１３０が置かれているものとする。この振動子１３０のＸ軸まわりの角速度ωｘを検出するには、第３図に示すように、この振動子１３０にＺ軸方向の振動Ｕｚを与えたときに、Ｙ軸方向に発生するコリオリ力Ｆｙを測定すればよい。コリオリ力Ｆｙは角速度ωｘに比例した値となる。また、この振動子１３０のＹ軸まわりの角速度ωｙを検出するには、第４図に示すように、この振動子１３０にＸ軸方向の振動Ｕｘを与えたときに、Ｚ軸方向に発生するコリオリ力Ｆｚを測定すればよい。コリオリ力Ｆｚは角速度ωｙに比例した値となる。更に、この振動子１３０のＺ軸まわりの角速度ωｚを検出するには、第５図に示すように、この振動子１３０にＹ軸方向の振動Ｕｙを与えたときに、Ｘ軸方向に発生するコリオリ力Ｆｘを測定すればよい。コリオリ力Ｆｘは角速度ωｚに比例した値となる。

結局、ＸＹＺ三次元座標系におけるＸ軸まわりの角速度ωｘ、Ｙ軸ま

わりの角速度ωｙ、Ｚ軸まわりの角速度ωｚ、をそれぞれ検出するには、第６図に示すように、振動子１３０にＸ軸方向の振動Ｕｘを与えるＸ軸方向励振手段１４１、Ｙ軸方向の振動Ｕｙを与えるＹ軸方向励振手段１４２、Ｚ軸方向の振動Ｕｚを与えるＺ軸方向励振手段１４３、のそれぞれと、振動子１３０に作用するＸ軸方向のコリオリ力Ｆｘを検出するＸ軸方向力検出手段１５１、Ｙ軸方向のコリオリ力Ｆｙを検出するＹ軸方向力検出手段１５２、Ｚ軸方向のコリオリ力Ｆｚを検出するＺ軸方向力検出手段１５３のそれぞれと、を用意すればよいことになる。

一方、加速度の検出原理はより単純である。すなわち、静止状態の振動子（単なる質量ｍをもった錘りとして機能する）に、所定方向の加速度αが作用すると、この加速度αと同じ方向に、ｆ＝ｍ・αなる力ｆが作用することになる。したがって、静止状態の振動子１３０に作用する各軸方向の力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚを検出すれば、質量ｍを用いた演算により、各軸方向の加速度αｘ，αｙ，αｚを検出することができる。

結局、ＸＹＺ三次元座標系におけるＸ軸方向の加速度αｘ、Ｙ軸方向の加速度αｙ、Ｚ軸方向の加速度αｚ、をそれぞれ検出するには、第７図に示すように、振動子１３０に作用するＸ軸方向の力ｆｘを検出するＸ軸方向力検出手段１５１、Ｙ軸方向の力ｆｙを検出するＹ軸方向力検出手段１５２、Ｚ軸方向の力ｆｚを検出するＺ軸方向力検出手段１５３のそれぞれを用意すればよいことになる。

さて、第６図には三次元角速度センサの構成要素をブロック図として示し、第７図には三次元加速度センサの構成要素をブロック図として示したが、両者を比べてみると、前者の構成は後者の構成を含んでいることがわかる。すなわち、第７図に示す加速度センサに、更に、各軸方向

についての励振手段１４１，１４２，１４３を付加すれば、第６図に示す角速度センサが得られることになり、第６図に示す角速度センサは、第７図に示す加速度センサとしても機能するのである。

§２．　基本的実施例に係るセンサの構造

本発明に係るセンサは、上述した基本原理に基づいて、ＸＹＺ三次元座標系の各軸方向の加速度および各軸まわりの角速度を検出するものである。以下、基本的実施例に基づいて、その具体的な構造の一例を説明する。

第８図は、この基本的実施例に係るセンサを斜め上方から見た斜視図、第９図は、このセンサを斜め下方から見た斜視図である。このセンサは、円盤状の圧電素子１０の上面に５枚の上部電極Ａ１～Ａ５を形成するとともに、下面に１枚の下部電極Ｂを形成したものである。ここでは説明の便宜上、ＸＹＺ三次元座標系の原点Ｏを、円盤状の圧電素子１０の上面の中心位置に定義し、Ｘ軸およびＹ軸をこの圧電素子１０の上面に沿った方向に定義し、Ｚ軸をこの上面に対して垂直上方に向かう方向に定義することにする。したがって、この圧電素子１０の上面は、ＸＹ平面に含まれることになる。

圧電素子１０の構造的な特徴は、第９図に示されているように、下面に環状溝１５が形成されている点である。この実施例では、環状溝１５は原点Ｏを取り囲むような円形をしている。下部電極Ｂは、１枚の単一の電極層であり、この環状溝１５の内部をも含めた圧電素子１０の下面全面に形成されている。

一方、第１０図の上面図に明瞭に示されているように、上部電極Ａ１～Ａ４は、いずれも原点Ｏを中心とした円弧に沿った帯状をしており、

Ｘ軸あるいはＹ軸に関して線対称な形状をしている。すなわち、圧電素子１０の上面にＸＹ平面を定義すれば、上部電極Ａ１は、Ｘ軸に関して負の領域にＸ軸に関して線対象な形状をもつように、ＸＹ座標系の第２象限および第３象限に渡る領域に配置され、上部電極Ａ２は、Ｘ軸に関して正の領域にＸ軸に関して線対象な形状をもつように、ＸＹ座標系の第１象限および第４象限に渡る領域に配置され、上部電極Ａ３は、Ｙ軸に関して負の領域にＹ軸に関して線対象な形状をもつように、ＸＹ座標系の第３象限および第４象限に渡る領域に配置され、上部電極Ａ４は、Ｙ軸に関して正の領域にＹ軸に関して線対象な形状をもつように、ＸＹ座標系の第１象限および第２象限に渡る領域に配置されている。また、上部電極Ａ５は、原点Ｏの周囲を取り囲む領域に形成され、この実施例では、原点Ｏについて点対称な形状をもった電極である。より具体的には、原点Ｏの周囲を取り囲むような環状構造をもった、いわゆるワッシャ状の電極である。もっとも、この上部電極Ａ５は、必ずしもワッシャ状にする必要はなく、中央の開口部を埋めた円盤状のものにしてもかまわない。また、上部電極Ａ５の形状を原点について点対称としているのは、後述するように各座標軸方向の力を検出するときに他軸成分が干渉しないようにするためであり、このような他軸成分の干渉のない形状が実現できれば、必ずしも点対称にする必要はない。

このセンサの構造は、第１１図を参照すると、より明らかになる。第１１図は、このセンサをＸＺ平面で切った側断面図である。圧電素子１０の環状溝１５が形成された部分は、他の部分に比べて肉厚が薄くなっており、可撓性を有する。ここでは、圧電素子１０の中の環状溝１５の上方に位置する部分を可撓部１２と呼び、この可撓部１２によって囲ま

れた中心の部分を中心部１１と呼び、可撓部１２の外周に位置する部分を周囲部１３と呼ぶことにする。これら３つの部分の相対的な位置関係は、第１２図の下面図に明瞭に示されている。すなわち、中心部１１の周囲の環状溝１５が形成された部分に可撓部１２が形成され、この可撓部１２の周囲に周囲部１３が形成されていることになる。

ここで、たとえば、周囲部１３だけをセンサ筐体に固定し、センサ筐体全体を揺らすと、中心部１１にはその質量により加速度に基づく力が作用し、この力により可撓部１２に撓みが生じることになる。すなわち、中心部１１は、可撓性をもった可撓部１２によって周囲から支持された状態になっており、Ｘ軸、Ｙ軸、Ｚ軸方向にある程度の変位を生じることが可能である。結局、このセンサにおける中心部１１は、第６図に示すセンサにおける質量を有する振動子１３０として機能するのである。

なお、第１１図の側断面図に示されているように、５枚の上部電極Ａ１～Ａ５は、いずれもほぼ可撓部１２の上面に形成されている。これは、後述するように、上部電極Ａ１～Ａ５に要求される基本的な機能が、可撓部１２に生じた撓みに基づいて電荷を発生させる機能と、可撓部１２に所定の交流電圧を印加することにより振動を生じさせる機能と、の２つの機能であり、この２つの機能を効率的に果たすためには、これらの上部電極Ａ１～Ａ５を可撓部１２上に形成することが好ましいためである。もちろん、各上部電極は少なくともその一部が可撓部１２上の領域にあれば十分であり、この基本的実施例のセンサでも、各上部電極Ａ１～Ａ５の一部分は可撓部１２上に位置するが、別な一部分は可撓部１２上の領域から食み出している。したがって、上部電極Ａ５の形状も、上述したように必ずしもワッシャ状にする必要はなく、少なくとも一部が

可撓部１２上に存在する構造を有していればよい。

§３．　基本的実施例に係るセンサの動作原理

第６図に示すセンサでは、振動子１３０の他に、各軸方向の励振手段１４１，１４２，１４３と、各軸方向の力検出手段１５１，１５２，１５３が必要である。この基本的実施例に係るセンサでは、励振手段１４１，１４２，１４３および力検出手段１５１，１５２，１５３は、上部電極Ａ１～Ａ５と、下部電極Ｂと、これらの間に挟まれている圧電素子１０と、によって構成されることになる。

このように、上下の電極と、その間に挟まれた圧電素子１０とによって、励振手段や力検出手段を構成できることを説明するために、まず、圧電素子１０の基本的な性質について確認しておく。一般に、圧電素子は、機械的な応力の作用により分極現象を生じる。すなわち、ある特定の方向に応力が加わると、一方には正の電荷が発生し、他方には負の電荷が発生する性質を有する。この実施例のセンサでは、圧電素子１０として、第１３Ａ図および第１３Ｂ図に示すような分極特性をもった圧電セラミックスを用いている。すなわち、第１３Ａ図に示すように、ＸＹ平面に沿って伸びる方向の力が作用した場合には、上部電極Ａ側に正の電荷が、下部電極Ｂ側に負の電荷が、それぞれ発生し、逆に、第１３Ｂ図に示すように、ＸＹ平面に沿って縮む方向の力が作用した場合には、上部電極Ａ側に負の電荷が、下部電極Ｂ側に正の電荷が、それぞれ発生するような分極特性をもっている。逆に、上下の電極に所定の電圧を印加すると、圧電素子１０の内部には機械的な応力が作用することになる。すなわち、第１３Ａ図に示すように、上部電極Ａ側に正の電荷を、下部電極Ｂ側に負の電荷を、それぞれ与えるように電圧を印加すると、ＸＹ

平面に沿って伸びる方向の力が発生し、第１３Ｂ図に示すように、上部電極Ａ側に負の電荷を、下部電極Ｂ側に正の電荷を、それぞれ与えるように電圧を印加すると、ＸＹ平面に沿って縮む方向の力が発生するのである。

上述した基本的実施例に係るセンサは、このような圧電素子の性質を利用して、各励振手段および各力検出手段を構成しているのである。すなわち、上下の電極に電圧を印加することにより圧電素子内部に応力を発生させることができる性質を利用して各励振手段を構成し、圧電素子内部に応力が作用した場合に上下の電極に電荷が発生する性質を利用して各力検出手段を構成している。以下、これらの各手段について、その構成と動作を説明する。

＜Ｘ軸方向励振手段＞

第６図に示す構成要素のうち、Ｘ軸方向励振手段１４１は、上部電極Ａ１，Ａ２と、これに対向する下部電極Ｂの一部分と、これらに挟まれた圧電素子１０の一部分と、所定の交流供給手段と、によって構成されている。いま、下部電極Ｂを基準電位に保ちながら、上部電極Ａ１に正の電圧を与え、上部電極Ａ２に負の電圧を与えた場合を考える。すると、第１４図の側断面図に示すように、電極Ａ１の下の圧電素子には図の左右に伸びる方向の応力が生じ、電極Ａ２の下の圧電素子には図の左右に縮む方向の応力が生じる（第１３図の分極特性を参照）。このため、圧電素子１０全体としては、第１４図に示すように変形することになり、中心部１１の重心Ｐは、Ｘ軸方向にＤｘだけ変位することになる。ここで、上部電極Ａ１，Ａ２に与える電圧の極性を逆転させ、上部電極Ａ１に負の電圧を与え、上部電極Ａ２に正の電圧を与えると、第１４図とは

逆に、電極Ａ１の下の圧電素子には図の左右に縮む方向の応力が生じ、電極Ａ２の下の圧電素子には図の左右に伸びる方向の応力が生じ、結果的に、中心部１１の重心Ｐは、Ｘ軸の方向に－Ｄｘだけ変位することになる。

そこで、下部電極Ｂと上部電極Ａ１との間に第１の交流電圧を印加するとともに、下部電極Ｂと上部電極Ａ２との間には、第１の交流電圧とは逆位相になるような第２の交流電圧を印加するようにすれば、重心Ｐは、Ｘ軸方向に沿って、Ｄｘなる変位と－Ｄｘなる変位とを交互に生じるようになり、中心部１１はＸ軸に沿って振動することになる。既に述べたように、中心部１１は第６図に示す構成要素における振動子１３０に対応するものである。したがって、上述した交流電圧の印加により、振動子１３０に対してＸ軸方向の振動Ｕｘを与えることが可能になる。この振動Ｕｘの周波数は、与える交流電圧の周波数によって制御可能であり、この振動Ｕｘの振幅は、与える交流電圧の振幅値によって制御可能である。結局、上部電極Ａ１，Ａ２、下部電極Ｂ、圧電素子１０、および図示されていない交流電圧を供給する手段、によって、第６図に示すＸ軸方向励振手段１４１が構成されていることになる。

＜Ｙ軸方向励振手段＞

第６図に示す構成要素のうち、Ｙ軸方向励振手段１４２は、上部電極Ａ３，Ａ４と、これに対向する下部電極Ｂの一部分と、これらに挟まれた圧電素子１０の一部分と、所定の交流供給手段と、によって構成されている。その動作原理は、上述したＸ軸方向励振手段１４１の動作原理と全く同様である。すなわち、第１０図の上面図に示されているように、上部電極Ａ１，Ａ２がＸ軸上に配されていたのに対し、上部電極Ａ３，

Ａ４はＹ軸上に配されている。したがって、上部電極Ａ１，Ａ２に互いに位相が逆転した交流電圧を供給することにより、中心部１１（振動子）をＸ軸方向に振動させることができたのと同じ原理により、上部電極Ａ３，Ａ４に互いに位相が逆転した交流電圧を供給することにより、中心部１１（振動子）をＹ軸方向に振動させることができる。

すなわち、上述した交流電圧の印加により、振動子１３０に対してＹ軸方向の振動Ｕｙを与えることが可能になる。この振動Ｕｙの周波数は、与える交流電圧の周波数によって制御可能であり、この振動Ｕｙの振幅は、与える交流電圧の振幅値によって制御可能である。結局、上部電極Ａ３，Ａ４、下部電極Ｂ、圧電素子１０、および図示されていない交流電圧を供給する手段、によって、第６図に示すＹ軸方向励振手段１４２が構成されていることになる。

＜Ｚ軸方向励振手段＞

第６図に示す構成要素のうち、Ｚ軸方向励振手段１４３は、上部電極Ａ５と、これに対向する下部電極Ｂの一部分と、これらに挟まれた圧電素子１０の一部分と、所定の交流供給手段と、によって構成されている。いま、下部電極Ｂを基準電位に保ちながら、上部電極Ａ５に正の電圧を与えた場合を考える。すると、第１５図の側断面図に示すように、電極Ａ５の下の圧電素子には、ＸＹ平面に沿って伸びる方向の応力が生じ（第１３図の分極特性を参照）、この部分が上方へと盛り上がるように変形することになり、中心部１１の重心Ｐは、Ｚ軸方向にＤｚだけ変位することになる。ここで、上部電極Ａ５に与える電圧の極性を逆転させ、負の電圧を与えると、第１５図とは逆に、電極Ａ５の下の圧電素子には図の左右方向に縮む方向の応力が生じ、結果的に、中心部１１の重心Ｐ

は、Ｚ軸の方向に－Ｄｚだけ変位することになる。

そこで、下部電極Ｂと上部電極Ａ５との間に、所定の交流信号を供給するようにすれば、重心Ｐは、Ｚ軸方向に沿って、Ｄｚなる変位を生じたり、－Ｄｚなる変位を生じたりするようになり、中心部１１はＺ軸に沿って振動することになる。既に述べたように、中心部１１は第６図に示す構成要素における振動子１３０に対応するものである。したがって、上述した交流電圧の印加により、振動子１３０に対してＺ軸方向の振動Ｕｚを与えることが可能になる。この振動Ｕｚの周波数は、与える交流電圧の周波数によって制御可能であり、この振動Ｕｚの振幅は、与える交流電圧の振幅値によって制御可能である。結局、上部電極Ａ５、下部電極Ｂ、圧電素子１０、および図示されていない交流電圧を供給する手段、によって、第６図に示すＺ軸方向励振手段１４３が構成されていることになる。

＜Ｘ軸方向力検出手段＞

第６図に示す構成要素のうち、Ｘ軸方向力検出手段１５１は、上部電極Ａ１，Ａ２と、これに対向する下部電極Ｂの一部分と、これらに挟まれた圧電素子１０の一部分と、後述する検出回路と、によって構成されている。いま、このセンサの周囲部１３を筐体８０に固定した状態において、中心部１１（振動子１３０）の重心Ｐに加速度に基く力ｆｘが作用した場合に、どのような現象が起こるかを説明する。まず、重心ＰにＸ軸方向の加速度αｘが加えられた結果、第１６図に示すように、重心Ｐに対してＸ軸方向の力ｆｘが作用した場合を考える。このような力ｆｘの作用により、可撓部１２に撓みが生じ、第１６図に示すような変形が起こる。この結果、Ｘ軸に沿って配置された上部電極Ａ１はＸ軸方向

に伸び、同じくＸ軸に沿って配置された上部電極Ａ２はＸ軸方向に縮むことになる。また、上部電極Ａ５の第１６図における左側部分はＸ軸方向に縮み、同じ上部電極Ａ５の第１６図における右側部分はＸ軸方向に伸びることになる。これらの上部電極の下方に位置する圧電素子は、第１３図に示すような分極特性を有するので、各上部電極には、第１６図に示すような極性の電荷が発生する。ただ、上部電極Ａ５は、原点Ｏに関して点対称な形状をした単一の電極であるから、第１６図の左側部分に「－」、右側部分に「＋」の電荷がそれぞれ発生しても、両者は相殺され、トータルでの電荷の発生はない。同様に、下部電極Ｂは単一の共通電極となっているので、部分的に「＋」または「－」の極性の電荷が発生しても相殺され、トータルでの電荷の発生はない。

そこで、上部電極Ａ１に発生した電荷と上部電極Ａ２に発生した電荷との差を求めれば、Ｘ軸方向に作用した力ｆｘが得られることになる。なお、上述の説明では、加速度に起因して作用した力ｆｘを検出する場合を例にとったが、角速度に起因して作用するコリオリ力Ｆｘも、全く同様にして検出可能である。実際には、重心Ｐに作用したＸ軸方向の力としては、加速度に起因する力ｆｘも角速度に起因するコリオリ力Ｆｘも同等であり、瞬時瞬時に検出される力としては区別できない。

＜Ｙ軸方向力検出手段＞

第６図に示す構成要素のうち、Ｙ軸方向力検出手段１５２は、上部電極Ａ３，Ａ４と、これに対向する下部電極Ｂの一部分と、これらに挟まれた圧電素子１０の一部分と、後述する検出回路と、によって構成されている。その検出原理は、上述したＸ軸方向力検出手段１５１の検出原理と同様である。すなわち、このセンサの周囲部１３を筐体８０に固定

した状態において、中心部１１（振動子１３０）の重心Ｐに加速度に基く力ｆｙが作用した場合に、どのような現象が起こるかを考えればよい。重心ＰにＹ軸方向の加速度αｙが加えられた結果、Ｙ軸方向の力ｆｙが作用すると、上部電極Ａ３には負の電荷が生じ、上部電極Ａ４には正の電荷が生じることになる。そこで、上部電極Ａ３に発生した電荷と上部電極Ａ４に発生した電荷との差を求めれば、Ｙ軸方向に作用した力ｆｙが得られることになる。角速度に起因して作用するコリオリ力Ｆｙの検出も全く同様である。

＜Ｚ軸方向力検出手段＞

第６図に示す構成要素のうち、Ｚ軸方向力検出手段１５３は、上部電極Ａ５と、これに対向する下部電極Ｂの一部分と、これらに挟まれた圧電素子１０の一部分と、後述する検出回路と、によって構成されている。いま、このセンサの周囲部１３を筐体８０に固定した状態において、中心部１１（振動子１３０）の重心Ｐに加速度に基く力ｆｚが作用した場合に、どのような現象が起こるかを説明する。まず、重心ＰにＺ軸方向の加速度αｚが加えられた結果、第１７図に示すように、重心Ｐに対してＺ軸方向の力ｆｚが作用した場合を考える。このような力ｆｚの作用により、可撓部１２に撓みが生じ、第１７図に示すような変形が起こる。この結果、外側環状領域に配置された上部電極Ａ１～Ａ４は縮むために上部電極側に「－」の電荷が発生し、内側環状領域に配置された上部電極Ａ５は伸びるために上部電極側に「＋」の電荷が発生することになる。このとき、下部電極Ｂは単一の共通電極となっているので、部分的に「＋」または「－」の極性の電荷が発生しても相殺され、トータルでの電荷の発生はない。

そこで、上部電極Ａ５に発生した電荷により、Ｚ軸方向に作用した力ｆｚが得られることになる。もちろん、上部電極Ａ１～Ａ４に発生した電荷によっても、力ｆｚを検出することができるが、前述したように、上部電極Ａ１，Ａ２は力ｆｘの検出に用いられ、上部電極Ａ３，Ａ４は力ｆｙの検出に用いられるので、本発明では、上部電極Ａ５を力ｆｚの検出用電極として用いている。なお、角速度に起因して作用するコリオリ力Ｆｚも、全く同様にして検出可能である。

§４．　基本的実施例に係るセンサに用いる検出回路

上述した基本的実施例に係るセンサにおいて、中心部１１に力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚのそれぞれが作用した場合に、各上部電極に発生する電荷の極性をまとめると、第１８図に示す表が得られる。表中「０」と記されているのは、圧電素子が部分的には伸びるが部分的には縮むため、正負が相殺されてトータルとして電荷は発生しないことを示す。前述したように、各上部電極は、Ｘ軸またはＹ軸に関して線対称な形状をしているため、力ｆｘの作用により電荷を発生する上部電極には、力ｆｙが作用しても電荷は発生せず、逆に、力ｆｙの作用により電荷を発生する上部電極には、力ｆｘが作用しても電荷は発生しないのである。このように、他軸干渉を避ける上では、電極形状を線対称にしておくことが重要である。なお、第１８図の表は、いずれも各軸の正方向の力＋ｆｘ，＋ｆｙ，＋ｆｚが作用した場合の極性を示すものであるが、各軸の負方向の力－ｆｘ，－ｆｙ，－ｆｚが作用したときは、それぞれこの表とは逆の極性の電荷が現われることになる。このような表が得られることは、第１６図および第１７図に示す変形状態と、第１０図に示す各上部電極の配置とを参照すれば、容易に理解できよう。また、作用した力の大きさは、

発生した電荷量として検出することが可能である。

このような原理に基いて、力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚ（あるいはコリオリ力Ｆｘ，Ｆｙ，Ｆｚ）の検出を行うためには、たとえば第１９図に示すような検出回路を用意すればよい。この検出回路において、Ｑ／Ｖ変換回路３１～３５は、各上部電極Ａ１～Ａ５に発生する電荷量を、下部電極Ｂの電位を基準電位としたときの電圧値に変換する回路である。この回路からは、たとえば、上部電極に「＋」の電荷が発生した場合には、発生した電荷量に応じた正の電圧（基準電位に対して）が出力され、逆に、上部電極に「－」の電荷が発生した場合には、発生した電荷量に応じた負の電圧（基準電位に対して）が出力される。こうして出力された電圧Ｖ１～Ｖ５は、演算器４１，４２に与えられ、これら演算器４１，４２の出力が端子Ｔｘ，Ｔｙに得られる。ここで、端子Ｔｘの基準電位に対する電圧値が力ｆｘ（またはコリオリ力Ｆｘ）の検出値となり、端子Ｔｙの基準電位に対する電圧値が力ｆｙ（またはコリオリ力Ｆｙ）の検出値となり、端子Ｔｚの基準電位に対する電圧値が力ｆｚ（またはコリオリ力Ｆｚ）の検出値となる。

各出力端子Ｔｘ，Ｔｙ，Ｔｚに得られる電圧値が、力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚの検出値になることは、第１８図の表を参照すればわかる。たとえば、力ｆｘが作用した場合、上部電極Ａ１には「＋」の電荷が発生し、上部電極Ａ２には「－」の電荷が発生する。したがって、Ｖ１は正、Ｖ２は負の電圧となる。そこで、演算器４１によって、Ｖ１－Ｖ２なる演算を行うことにより、電圧Ｖ１，Ｖ２の絶対値の和が求まり、これが力ｆｘの検出値として端子Ｔｘに出力されることになる。同様に、力ｆｙが作用した場合は、上部電極Ａ３には「＋」の電荷が発生し、上部電極

Ａ４には「－」の電荷が発生する。したがって、Ｖ３は正、Ｖ４は負の電圧となる。そこで、演算器４２によって、Ｖ３－Ｖ４なる演算を行うことにより、電圧Ｖ３，Ｖ４の絶対値の和が求まり、これが力ｆｙの検出値として端子Ｔｙに出力されることになる。また、力ｆｚが作用した場合は、上部電極Ａ５には「＋」の電荷が発生する。したがって、Ｖ５は正の電圧となり、これが力ｆｚの検出値としてそのまま端子Ｔｚに出力されることになる。

ここで注目すべき点は、各出力端子Ｔｘ，Ｔｙ，Ｔｚに得られる検出値は、他軸成分を含まないということである。これは、各上部電極が各座標軸について線対称あるいは原点について点対称な形状をしているためである。たとえば、第１８図の表に示されているように、力ｆｘだけが作用した場合、力ｆｙ検出用の上部電極Ａ３，Ａ４や、力ｆｚ検出用の上部電極Ａ５には電荷の発生はなく、端子Ｔｙや端子Ｔｚには検出電圧は得られない。力ｆｙだけが作用した場合も同様に、端子Ｔｙ以外には検出電圧は得られない。また、力ｆｚだけが作用した場合は、上部電極Ａ１～Ａ４にも電荷は発生するが、いずれも同じ極性の同じ量の電荷となるため、演算器４１，４２の演算によって相殺され、端子Ｔｘ，Ｔｙには検出電圧は得られない。こうして、ＸＹＺの３軸方向成分が独立して検出できる。なお、第１８図の表からもわかるように、力ｆｘは、上部電極Ａ１～Ａ４に発生する電荷に基づいて検出することも可能であり、第１９図に示す回路における電圧Ｖ１～Ｖ４の総和に基づいて求めることもできる。

§５．　基本的実施例に係るセンサによる検出手順

以上の説明により、第８図～第１２図に示す基本的実施例に係るセン

サが、第６図のブロック図に示された各励振手段および各力検出手段を備えていることが理解できるであろう。ただし、各電極は、これらの各手段について兼用されている。たとえば、上部電極Ａ１，Ａ２は、Ｘ軸方向励振手段１４１の構成要素でもあるし、Ｘ軸方向力検出手段１５１の構成要素でもある。このセンサは、各軸方向の加速度αｘ，αｙ，αｚと、各軸まわりの角速度ωｘ，ωｙ，ωｚと、を検出する機能を有するが、上述のように個々の電極が複数の手段について兼用されているため、検出対象に応じて各電極を使い分ける必要がある。

まず、各軸方向の加速度αｘ，αｙ，αｚの検出手順を述べる。加速度の検出を行うには、振動子１３０を振動させる必要はなく、第７図のブロック図に示すように、各軸方向の力検出手段１５１～１５３が構成できればよい。したがって、第１９図に示す検出回路を用意しておけば、各軸方向の加速度αｘ，αｙ，αｚの検出が可能になる。第１９図に示す検出回路の端子Ｔｘ，Ｔｙ，Ｔｚに、中心部１１に作用した力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚの検出値が得られることは既に述べたとおりであり、加速度に起因した力ｆと加速度αとの間には、中心部１１の質量ｍに基づいて、ｆ＝ｍ・αの関係があるので、得られた力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚに基づき、各軸方向の加速度αｘ，αｙ，αｚを検出することができる。

次に、Ｘ軸まわりの角速度ωｘの検出手順を述べる。第３図に示す検出原理によれば、振動子１３０に対してＺ軸方向の振動Ｕｚを与えた状態で、Ｙ軸方向に作用するコリオリ力Ｆｙを検出することができれば、Ｆｙ＝２ｍ・ｖｚ・ωｘなる式に基づいて、Ｘ軸まわりの角速度ωｘを得ることができる。ここで、ｍは振動子１３０の質量であり、ｖｚは振動子１３０のＺ軸方向の瞬間速度である。そこで、上部電極Ａ５と下部

電極Ｂとの間に交流電圧を印加して、中心部１１をＺ軸方向に励振した状態にし、このとき上部電極Ａ３，Ａ４に発生する電荷を、第１９図に示す検出回路における端子Ｔｙの出力値（Ｙ軸方向に作用したコリオリ力Ｆｙの検出値）として得れば、Ｘ軸まわりの角速度ωｘを演算により求めることができる。

続いて、Ｙ軸まわりの角速度ωｙの検出手順を述べる。第４図に示す検出原理によれば、振動子１３０に対してＸ軸方向の振動Ｕｘを与えた状態で、Ｚ軸方向に作用するコリオリ力Ｆｚを検出することができれば、Ｆｚ＝２ｍ・ｖｘ・ωｙなる式に基づいて、Ｙ軸まわりの角速度ωｙを得ることができる。ここで、ｍは振動子１３０の質量であり、ｖｘは振動子１３０のＸ軸方向の瞬間速度である。そこで、上部電極Ａ１と下部電極Ｂとの間、および上部電極Ａ２と下部電極Ｂとの間に、それぞれ逆位相の交流電圧を印加して、中心部１１をＸ軸方向に励振した状態にし、このとき上部電極Ａ５に発生する電荷を、第１９図に示す検出回路における端子Ｔｚの出力値（Ｚ軸方向に作用したコリオリ力Ｆｚの検出値）として得れば、Ｙ軸まわりの角速度ωｙを演算により求めることができる。

最後に、Ｚ軸まわりの角速度ωｚの検出手順を述べる。第５図に示す検出原理によれば、振動子１３０に対してＹ軸方向の振動Ｕｙを与えた状態で、Ｘ軸方向に作用するコリオリ力Ｆｘを検出することができれば、Ｆｘ＝２ｍ・ｖｙ・ωｚなる式に基づいて、Ｚ軸まわりの角速度ωｚを得ることができる。ここで、ｍは振動子１３０の質量であり、ｖｙは振動子１３０のＹ軸方向の瞬間速度である。そこで、上部電極Ａ３と下部電極Ｂとの間、および上部電極Ａ４と下部電極Ｂとの間に、それぞれ逆

位相の交流電圧を印加して、中心部１１をＹ軸方向に励振した状態にし、このとき上部電極Ａ１，Ａ２に発生する電荷を、第１９図に示す検出回路における端子Ｔｘの出力値（Ｘ軸方向に作用したコリオリ力Ｆｘの検出値）として得れば、Ｚ軸まわりの角速度ωｚを演算により求めることができる。

以上のように、この基本的実施例に係るセンサは、各軸方向の加速度αｘ，αｙ，αｚと、各軸まわりの角速度ωｘ，ωｙ，ωｚと、のすべてを検出する機能を有する。

§６．　別な原理に基づく角速度検出手順

上述した§５の角速度検出手順は、第３図～第５図に示す原理に基づくものであるが、角速度の別な検出原理として、第２０図～第２２図に示す原理も有効である。すなわち、コリオリ力を利用した角速度の検出は、「第１の座標軸方向に振動を与えたときに、第２の座標軸方向に発生するコリオリ力を検出すれば、第３の座標軸まわりの角速度が得られる」という基本原理に基くものであり、この基本原理における第１，第２，第３の各座標軸を、ＸＹＺ三次元座標系におけるＸ軸，Ｙ軸，Ｚ軸の各座標軸に、どのように対応させてもかまわないのである。したがって、第３図～第５図に示す原理と、第２０図～第２２図に示す原理とを組み合わせれば、次のような合計６とおりの角速度検出手順が可能になり、このうちの３とおりを選択することにより、３軸まわりの角速度の検出が可能になる。

(1)　上部電極Ａ５と下部電極Ｂとの間に交流電圧を印加して、Ｚ軸方向の振動Ｕｚを与えた状態で、上部電極Ａ３，Ａ４に発生する電荷に基づき、Ｙ軸方向のコリオリ力Ｆｙを検出し、Ｘ軸まわりの角速度ωｘ

を求める（第３図の原理）。

(2)　上部電極Ａ１と下部電極Ｂとの間、および上部電極Ａ２と下部電極Ｂとの間に、それぞれ逆位相の交流電圧を印加して、Ｘ軸方向の振動Ｕｘを与えた状態で、上部電極Ａ５に発生する電荷に基づき、Ｚ軸方向のコリオリ力Ｆｚを検出し、Ｙ軸まわりの角速度ωｙを求める（第４図の原理）。

(3)　上部電極Ａ３と下部電極Ｂとの間、および上部電極Ａ４と下部電極Ｂとの間に、それぞれ逆位相の交流電圧を印加して、Ｙ軸方向の振動Ｕｙを与えた状態で、上部電極Ａ１，Ａ２に発生する電荷に基づき、Ｘ軸方向に作用したコリオリ力Ｆｘを検出し、Ｚ軸まわりの角速度ωｚを求める（第５図の原理）。

(4)　上部電極Ａ３と下部電極Ｂとの間、および上部電極Ａ４と下部電極Ｂとの間に、それぞれ逆位相の交流電圧を印加して、Ｙ軸方向の振動Ｕｙを与えた状態で、上部電極Ａ５に発生する電荷に基づき、Ｚ軸方向のコリオリ力Ｆｚを検出し、Ｘ軸まわりの角速度ωｘを求める（第２０図の原理）。

(5)　上部電極Ａ５と下部電極Ｂとの間に交流電圧を印加して、Ｚ軸方向の振動Ｕｚを与えた状態で、上部電極Ａ１，Ａ２に発生する電荷に基づき、Ｘ軸方向のコリオリ力Ｆｘを検出し、Ｙ軸まわりの角速度ωｙを求める（第２１図の原理）。

(6)　上部電極Ａ１と下部電極Ｂとの間、および上部電極Ａ２と下部電極Ｂとの間に、それぞれ逆位相の交流電圧を印加して、Ｘ軸方向の振動Ｕｘを与えた状態で、上部電極Ａ３，Ａ４に発生する電荷に基づき、Ｙ軸方向に作用したコリオリ力Ｆｙを検出し、Ｚ軸まわりの角速度ωｚ

を求める（第２２図の原理）。

§７．　圧電素子に異なる分極処理を行う実施例

本発明に係るセンサによって加速度や角速度を検出するには、各上部電極に所定の交流電圧を印加したり、各上部電極に発生する電荷を検出したりする必要がある。このため、各上部電極に対して電圧供給のための配線を行ったり、第１９図に示すような検出回路を用意したりする必要がある。ところが、このセンサを大量生産する場合、製品の全コストに比べて配線や検出回路のためのコストが無視できなくなる。ここで述べる実施例は、圧電素子の分極特性を部分的に変えることにより、配線や検出回路を単純化し製造コストを低減するようにしたものである。

圧電セラミックスなどでは、任意の分極特性をもった素子を製造することが可能である。たとえば、上述した基本的実施例に係るセンサにおいて用いられている圧電素子１０は、第１３図に示すようなタイプＩの分極特性をもったものであった。これに対して、第２３Ａ図および第２３Ｂ図に示すようなタイプIIの分極特性をもった圧電素子２０を製造することも可能である。すなわち、第２３Ａ図に示すように、ＸＹ平面に沿って伸びる方向の力が作用した場合には、上部電極Ａに負の電荷が、下部電極Ｂに正の電荷が、それぞれ発生し、逆に、第２３Ｂ図に示すように、ＸＹ平面に沿って縮む方向の力が作用した場合には、上部電極Ａに正の電荷が、下部電極Ｂに負の電荷が、それぞれ発生するような分極特性をもった圧電素子２０を製造することが可能である。また、１つの圧電素子の一部分にタイプＩの分極特性をもたせ、別な一部分にタイプIIの分極特性をもたせることも可能である。ここに述べる実施例は、このような局在的な分極処理を施した圧電素子を用いることにより、セン

サの構造を単純化するものである。

第２４図に上面図を示すセンサは、このような局在的な分極処理を施した圧電素子２５を用いたセンサである。この圧電素子２５は、機械的な構造は上述した基本的実施例のセンサにおいて用いられている圧電素子１０と全く同じであり、円盤状の圧電素子の下面に環状溝を設けたものである。しかしながら、その分極特性は圧電素子１０とは異なっている。圧電素子１０は、前述したように、すべての部分がタイプＩの分極特性をもつ素子であった。これに対し、圧電素子２５は、第２４図に示すように、５枚の上部電極Ａ１～Ａ５に対応する各領域においてタイプＩまたはタイプIIのいずれかの分極特性をもつ。すなわち、上部電極Ａ１，Ａ３，Ａ５の領域においてはタイプＩの分極特性を示し、上部電極Ａ２，Ａ４の領域においてはタイプIIの分極特性を示す。

このように、第２４図に示すセンサは、圧電素子１０の代わりに、局在的な分極処理を施した圧電素子２５を用いたセンサであるが、このセンサにおいて、各上部電極に発生する電荷の極性がどのように変わるかを考えてみると、タイプIIの分極特性をもった領域に形成されている上部電極に発生する電荷の極性が前述のセンサとは逆になることがわかる。すなわち、第１８図に示す表のうち、上部電極Ａ２，Ａ４に関する極性が反転することになり、第２５図に示す表のような結果が得られることになる（表中、上部電極の名前の上に付されたバーは、その上部電極の極性が逆転していることを示す）。ここで注目すべき点は、表中太線で囲った部分である。これらの部分は、力ｆｘの検出、力ｆｙの検出、力ｆｚの検出に関与する部分であるが、いずれも上部電極に発生する電荷の極性は「＋」となっている。このため、各上部電極に対して、第２６

図に示すような検出回路を用意しておけば、力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚの検出値を、それぞれ端子Ｔｘｘ，Ｔｙｙ，Ｔｚｚにそのまま得ることができるようになる。別言すれば、第１９図に示したような演算器４１，４２は一切不要になる。

第２６図に示す検出回路において、下部電極Ｂはもともと単一の共通電極であるため、特に外部における配線を行う必要はない。また、上部電極Ａ１～Ａ５については、圧電素子２５の上面に導電パターンを形成しておけば、相互の配線は非常に簡単になる。

このような局在的な分極処理を施した圧電素子２５を用いると、励振のための交流電圧供給回路も単純化される。たとえば、前述した基本的実施例のセンサでは、Ｘ軸方向の振動Ｕｘを発生させるためには、上部電極Ａ１とＡ２とに逆位相の交流信号を供給する必要があり、Ｙ軸方向の振動Ｕｙを発生させるためには、上部電極Ａ３とＡ４とに逆位相の交流信号を供給する必要があった。ところが、局在的な分極処理を施した圧電素子２５を用いると、上部電極Ａ２およびＡ４が形成された領域の分極特性が反転しているため、上部電極Ａ１とＡ２とに同一の交流信号を供給するだけでＸ軸方向の振動Ｕｘを発生させることが可能になり、上部電極Ａ３とＡ４とに同一の交流信号を供給するだけでＹ軸方向の振動Ｕｙを発生させることが可能になる。したがって、Ｘ軸方向の振動Ｕｘ，Ｙ軸方向の振動Ｕｙ，Ｚ軸方向の振動Ｕｚを発生させるために、第２７Ａ図，第２７Ｂ図，第２７Ｃ図に示すような単純な回路を用意し、単一の交流電源５０で発生した交流電圧を共通して用いることができる。

以上のように、圧電素子に異なる分極処理を行うことにより、各電極に対する配線を単純化することができるようになる。要するに、上部電

極Ａ１が形成された圧電素子の部分と上部電極Ａ２が形成された圧電素子の部分とでは逆の分極特性が得られるように、また、上部電極Ａ３が形成された圧電素子の部分と上部電極Ａ４が形成された圧電素子の部分とでは逆の分極特性が得られるように、それぞれ圧電素子の各部分に対して所定の分極処理を行うようにすれば、配線を単純化することができる。

§８．　上部電極配置の内外を逆にした実施例

前述した基本的実施例のセンサでは、第１０図の上面図に示されているように、Ｘ軸方向およびＹ軸方向に関する励振や検出を行う上部電極Ａ１～Ａ４が外側環状領域に配され、Ｚ軸方向に関する励振や検出を行う上部電極Ａ５が内側環状領域に配されていた。ここで述べる実施例は、この上部電極配置の内外を逆にしたものである。すなわち、第２８図の上面図および第２９図の側断面図に明瞭に示されているように、Ｘ軸方向およびＹ軸方向に関する励振や検出を行う上部電極Ａ１１～Ａ１４は内側環状領域に配され、Ｚ軸方向に関する励振や検出を行う上部電極Ａ１５が外側環状領域に配されている。ここで、上部電極Ａ１１～Ａ１５は、それぞれ前述した基本的実施例における上部電極Ａ１～Ａ５と全く同じ機能を果たすものである。ただし、内側環状領域と外側環状領域とでは、撓みが生じたときの変形状態（伸縮状態）が異なるため、前述した基本的実施例の励振回路や検出回路を、この実施例に適用するためには、極性を反転させるなど、若干の修正を施す必要がある。

§９．　圧電素子とは別個の起歪体を用いる実施例

これまで述べた実施例は、いずれも圧電素子自身に可撓部を形成することにより撓みが生じるようにしていた。しかしながら、一般に圧電素

子は脆弱であり、大きな応力が加わるとクラックが生じて破損するおそれがある。このため、上述の実施例のセンサは、比較的大きな加速度や角速度が加わった場合に破損する可能性がある。

ここで述べる実施例は、このような大きな加速度や角速度の測定に適した構造を提供するものであり、その側断面図を第３０図に示す。この実施例の大きな特徴は、起歪体６０を用いた点にある。起歪体６０は、この実施例では金属製の円盤であり、下面に環状溝６５が形成されている。この環状溝６５の形成部分は、肉厚の薄い可撓部６２となり、可撓性を有する部分になる。この可撓部６２の撓みにより、内側の中心部６１と外側の周囲部６３との間に変位を生じさせることができる。周囲部６３をセンサ筐体に固定すれば、中心部６１は周囲から宙吊りの状態となり、錘りあるいは振動子として機能することになる。

一方、板状の圧電素子７０は、この実施例では、中央部に開口部７１を有するいわゆるワッシャ状の構造をしており、その上面には５枚の上部電極Ａ２１～Ａ２５が形成され、下面には１枚の下部電極ＢＢが形成されている。ここで、上部電極Ａ２１～Ａ２５の配置パターンは、第１０図に示す基本的実施例における上部電極Ａ１～Ａ５の配置パターンと全く同じである。また、下部電極ＢＢは、この上部電極Ａ２１～Ａ２５のすべてに向かい合うようなワッシャ状の形状をしている。下部電極ＢＢの下面は、起歪体６０の上面に固着されており、起歪体６０の板面と圧電素子７０の板面とはほぼ平行な状態を保っている。したがって、起歪体６０の可撓部６２に撓みが生じると、この撓みは圧電素子７０に伝達され、逆に、圧電素子７０に撓みが生じると、この撓みは起歪体６０の可撓部６２に伝達されるような構造になっている。

この実施例に係るセンサの動作は、前述した基本的実施例の動作と全く同様である。ただし、基本的実施例のセンサでは、圧電素子の一部が錘りや振動子として機能するのに対し、この実施例では、起歪体６０の中心部６１が錘りあるいは振動子としての機能を果たすことになる。すなわち、中心部６１に加速度やコリオリ力が作用すると、可撓部６２に撓みが生じ、この撓みが圧電素子７０まで伝達されて、各上部電極Ａ２１～Ａ２５に所定の電荷が発生することになり、逆に、各上部電極Ａ２１～Ａ２５に所定の交流信号を供給すると、圧電素子７０に撓みが生じ、この撓みが可撓部６２に伝達されて、中心部６１が振動することになる。

起歪体６０は金属などの頑丈な材料で構成することができるので、かなり大きな加速度や角速度が作用しても、破損することはない。また、センサ全体の検出感度は、起歪体６０側の可撓部６２の厚みによって調節することができるので、同一規格の圧電素子７０を大量生産しておき、これに可撓部６２の厚みが異なる種々の起歪体６０を接合することによって、感度の異なる複数種類のセンサを製造することが可能になる。

§１０．　起歪体の上面を下部電極として用いる実施例

上述した第３０図に示すセンサを更に単純化した実施例の側断面図を第３１図に示す。第３０図に示すセンサとの相違点は、下部電極ＢＢを省略した点だけである。前述したように、起歪体６０は金属などの導電性材料によって構成することができるので、あえて下部電極ＢＢを設けなくても、起歪体６０の少なくとも上面部分を導電性材料で構成しておけば、この起歪体６０の上面部分を下部電極ＢＢの代わりに用いることができる。

§１１．　作用部と固定部を逆にした実施例

これまでの説明では、圧電素子の周囲部１３あるいは起歪体の周囲部６３をセンサ筐体に固定し、圧電素子の中心部１１あるいは起歪体の中心部６１を錘りあるいは振動子として用いていた。別言すれば、周囲部を固定部として利用し、中心部を作用部として利用し、作用部の固定部に対する変位として、作用部に作用した力（加速度に基づく力およびコリオリ力）を検出し、作用部の固定部に対する変位として振動を発生させていた。しかしながら、逆に、中心部をセンサ筐体に固定して固定部として用い、周囲部を変位可能な作用部として用いることも可能である。特に、周囲部は中心部に比べて体積を大きく確保することが容易であるため、周囲部を作用部（錘り／振動子）として利用すると、錘りや振動子としての質量を大きく確保することができ、感度の高いセンサを実現することができる。

§１２．　電極配置を４５°回転させた実施例

これまで述べてきた実施例では、Ｘ軸に関して線対称な一対の上部電極を用いて、Ｘ軸方向への励振やＸ軸方向に作用した力検出を行い、Ｙ軸に関して線対称な一対の上部電極を用いて、Ｙ軸方向への励振やＹ軸方向に作用した力検出を行っていた。ここで述べる実施例は、ＸＹ座標系における第１象限～第４象限のそれぞれに第１の上部電極～第４の上部電極を配置し、Ｘ軸方向への励振やＸ軸方向に作用した力検出を行う場合にも、また、Ｙ軸方向への励振やＹ軸方向に作用した力検出を行う場合にも、この４枚の上部電極を用いるものである。

この実施例に係るセンサの上面図を第３２図に示す。このセンサと、第１０図に示した基本的実施例のセンサとの相違は、上部電極の配置だ

けである。この第３２図に示す電極配置を、第１０図に示す基本的実施例の電極配置と比較すると、この実施例の電極配置の特徴が明確になる。この第３２図に示す実施例では、ＸＹ座標系における第１象限の位置に第１の上部電極Ａ３１が、第２象限の位置に第２の上部電極Ａ３２が、第３象限の位置に第３の上部電極Ａ３３が、第４象限の位置に第４の上部電極Ａ３４が、それぞれ配置されている。なお、第５の上部電極Ａ３５については、基本的実施例と同様に、原点を取り囲む位置に配されている。結局、この第３２図に示す実施例の電極配置は、第１０図に示す基本的実施例の電極配置を４５° 回転させたものに他ならない。もっとも、ＸＹＺ三次元座標系における各軸の向きは、概念上定義されたものであって、圧電素子１０や各上部電極自体に各軸方向を示す何らかの物理的な指標があるわけではないので、機械的な構造という意味では、第３２図に示すセンサは、第１０図に示すセンサと全く同じである。ただ、各座標軸の向きが４５° ずれて定義されているため、センサの動作手法は若干異なったものとなる。

すなわち、第３２図に示すセンサにおいて、振動子／錘りとして機能する中心部をＸ軸方向に振動させるには、上部電極Ａ３２，Ａ３３に所定の交流信号を与え、上部電極Ａ３１，Ａ３４に位相が逆の別な交流信号を与えればよい。また、Ｙ軸方向に振動させるには、上部電極Ａ３１，Ａ３２に所定の交流信号を与え、上部電極Ａ３３，Ａ３４に位相が逆の別な交流信号を与えればよい。このように、Ｘ軸方向に励振する場合も、Ｙ軸方向に励振する場合も、４枚の上部電極Ａ３１～Ａ３４のすべてが用いられることになるので、振動エネルギーを効率良く供給することが可能になる。なお、Ｚ軸方向に振動させる場合は、第１０図に示す基本

的実施例のセンサと同様に、上部電極Ａ３５に交流信号を供給することになる。

続いて、第３２図に示すセンサにおける各軸方向の力検出の手法を説明する。まず、振動子／錘りとして機能する中心部に作用したＸ軸方向の力ｆｘを検出する方法を示そう。圧電素子１０は、第１３図に示すタイプＩの分極特性を有するので、Ｘ軸方向の力ｆｘが加わると、上部電極Ａ３２，Ａ３３には正の電荷が発生し、上部電極Ａ３１，Ａ３４には負の電荷が発生する。したがって、上部電極Ａ３２，Ａ３３に発生した電荷の和と、上部電極Ａ３１，Ａ３４に発生した電荷の和と、を求め、これらの絶対値の和（すなわち差）を求めれば、Ｘ軸方向の力ｆｘが検出できる。また、Ｙ軸方向の力ｆｙが加わると、上部電極Ａ３３，Ａ３４には正の電荷が発生し、上部電極Ａ３１，Ａ３２には負の電荷が発生する。したがって、上部電極Ａ３３，Ａ３４に発生した電荷の和と、上部電極Ａ３１，Ａ３２に発生した電荷の和と、を求め、これらの絶対値の和（すなわち差）を求めれば、Ｙ軸方向の力ｆｙが検出できる。なお、Ｚ軸方向の力ｆｚについては、第１０図に示す基本的実施例のセンサと同様に、上部電極Ａ３５に発生した電荷によって検出することができる。

結局、第３２図に示すセンサを用いて各軸方向に作用した力を検出するには、第３３図に示す検出回路を用意しておけばよい。Ｘ軸方向の力ｆｘは、端子Ｔｘｘｘにおいて、電圧（Ｖ２＋Ｖ３）と電圧（Ｖ１＋Ｖ４）との差として検出され、Ｙ軸方向の力ｆｙは、端子Ｔｙｙｙにおいて、電圧（Ｖ３＋Ｖ４）と電圧（Ｖ１＋Ｖ２）との差として検出され、Ｚ軸方向の力ｆｚは、端子Ｔｚｚｚにおいて、電圧（Ｖ５）として検出されることになる。このように、Ｘ軸方向の力ｆｘを検出する場合も、

Ｙ軸方向の力ｆｙを検出する場合も、４枚の上部電極Ａ３１～Ａ３４のすべてが用いられることになるので、作用した力を効率良く検出することが可能になり、第１０図に示した基本的実施例に比べて、検出感度を向上させることができる。

§１３．　電極の枚数を変えた実施例

これまで述べてきた実施例は、いずれも５枚の上部電極を用いているが、電極の枚数は必ずしも５枚にする必要はない。以下に、電極枚数を変えた実施例をいくつか述べておく。

第３４図は、８枚の上部電極Ａ４１～Ａ４８を用いた実施例の上面図である。８枚の上部電極Ａ４１～Ａ４８は、いずれも原点Ｏを中心とした円弧に沿った帯状をしており、Ｘ軸あるいはＹ軸に関して線対称な形状をしており、互いに線対称な位置に配置されている。図３５は、このセンサをＸＺ平面で切った側断面図である。ここで、圧電素子１０および下部電極Ｂは、第８図に示す実施例のものと全く同じである。このようなセンサにおいて、中心部１１に、力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚが作用すると、第３６図の表に示すように、各上部電極に所定の極性の電荷が発生することになり、これらの電荷に基づいて、各軸方向の力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚを検出することができる。具体的には、第３７図に示すような検出回路を用意しておけばよい。また、圧電素子１０の代わりに、第３８図に示すような分極特性をもった圧電素子２５を用いるようにすれば、上部電極Ａ４２，Ａ４３，Ａ４７，Ａ４８に発生する電荷の極性が逆転するため、力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚを検出するための電荷は、第３９図の表に太線で囲って示すように、いずれも正電荷として発生するために配線を単純化することができる。

第４０図は、６枚の上部電極Ａ５１～Ａ５６を用いた実施例の上面図である。上述の実施例では、力ｆｚの検出に４枚の上部電極Ａ４５～Ａ４８を用いていたが、この実施例では、２枚の上部電極Ａ５５，Ａ５６によって力ｆｘの検出を行うことになる。第４１図は、このセンサの中心部１１に、力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚが作用したときに、各上部電極に発生する電荷の極性を示す表である。第４２図は、６枚の上部電極Ａ６１～Ａ６６を用いた実施例の上面図であり、第４０図に示す実施例とは、上部電極の配置が若干異なっている。第４３図は、このセンサの中心部１１に力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚが作用したときに、各上部電極に発生する電荷の極性を示す表である。また、第４４図は、４枚の上部電極Ａ７１～Ａ７４を用いた実施例の上面図であり、第４５図は、このセンサの中心部１１に、力ｆｘ，ｆｙ，ｆｚが作用したときに、各上部電極に発生する電荷の極性を示す表である。各上部電極Ａ７１～Ａ７４と下部電極との間に発生する電圧をそれぞれＶ７１～Ｖ７４とすれば、力ｆｘは、電圧差（Ｖ７１－Ｖ７２）により求まり、力ｆｙは、電圧差（Ｖ７４－Ｖ７３）により求まり、力ｆｚは、和電圧（Ｖ７３＋Ｖ７４）と和電圧（Ｖ７１＋Ｖ７２）との差に相当する電圧（Ｖ７３＋Ｖ７４－Ｖ７１－Ｖ７２）により求まる。

もちろん、以上述べたセンサのいずれにおいても、圧電素子に分極処理を施せば、配線を単純化することができる。また、上述の説明では、各上部電極を各軸方向の「力検出手段」としての機能のみを説明したが、逆に、これら各上部電極に電荷を供給することにより、各軸方向の「励振手段」としての機能をもたせることができる点は、第８図に示す実施例のセンサと全く同じであり、加速度の検出とともに角速度の検出を行

うことができる。更に、この§１３で述べた実施例に示す上部電極パターンはいずれも、§９で述べた起歪体６０を用いるセンサに対しても適用することが可能である。

以上、本発明をいくつかの実施例に基づいて説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではなく、この他にも種々の態様で実施可能である。たとえば、下部電極として金属を用い、その厚みをより厚くすれば、振動子として機能する部分の質量を増大させることができるため、より感度の高いセンサを実現することができる。また、上述の実施例ではいずれも物理的に単一の下部電極を用いているが、同じ機能を果たす複数枚の下部電極を用いてもかまわない。もちろん、これまでに述べたいくつかの実施例を相互に組み合わせれば、用途に適した種々の形態のセンサを実現することができる。

産業上の利用分野

以上のとおり本発明に係るセンサによれば、圧電素子の上面に上部電極を、下面に下部電極を配置し、必要に応じてこれらの電極間に交流電圧を印加し、作用した加速度やコリオリ力をこれらの電極に発生した電荷として検出するようにしたため、単純で、小形化、量産性に適した構造をもちながら、多次元方向に関する加速度と角速度との双方を検出することができる。このようなセンサは、車両、船舶、航空機といった運搬機器や、物体の移動を伴う産業機器の多次元方向に関する運動状態を把握する装置としても広く利用できる。

請 求 の 範 囲

1． ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための加速度センサであって、

板状の圧電素子（１０）と、この圧電素子の上面に形成された５枚の上部電極（Ａ１－Ａ５）と、この圧電素子の下面において前記各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された１枚もしくは複数枚の下部電極（Ｂ）と、を備え、前記圧電素子の上面のほぼ中心位置に前記ＸＹＺ三次元座標系の原点（Ｏ）を定義したときに、

前記圧電素子は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、前記原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部（１２）が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部（１１）と、この可撓部の周囲の部分である周囲部（１３）とは、前記可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

前記中心部および前記周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体（８０）に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

前記５枚の上部電極は、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもった第１の上部電極（Ａ１）と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもった第２の上部電極（Ａ２）と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもった第３の上部電極（Ａ３）と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもった第４の上部電極（Ａ４）と、前記原点の周囲を取り囲む領域に形成された第５の上部電極

（Ａ５）と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも前記可撓部に形成され、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、前記作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段（１５１－１５３）と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての前記力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を更に備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

２．　請求項１に記載のセンサにおいて、

所定の上部電極と下部電極との間に所定の交流電圧を印加することにより、作用部を所定方向に振動させる励振手段（１４１－１４３）を更に備え、

回路手段は、所定軸まわりの角速度検出を行うために、励振手段により、この所定軸に直交する方向に作用部を振動させた状態において、この所定軸方向および振動方向の双方に直交する第３の方向についての力検出手段による検出値を電気信号として出力する機能を有し、

複数の座標軸方向の加速度成分とともに複数の座標軸まわりの角速度成分を検出する機能をもつことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

３．　請求項１に記載のセンサにおいて、

板状の圧電素子の下面に、原点の周囲を取り囲むような環状溝（１５）を形成し、この環状溝の形成部分（１２）の肉厚が他の部分の肉厚よりも薄くなるようにし、この肉厚の薄い部分を可撓部として用いるように

したことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

４．　ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための加速度センサであって、

板状の圧電素子（７０）と、この圧電素子の上面に形成された５枚の上部電極（Ａ２１－Ａ２５）と、この圧電素子の下面において前記各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された１枚もしくは複数枚の下部電極（ＢＢ）と、この下部電極を下方から支持する板状の起歪体（６０）と、を備え、前記起歪体の上面のほぼ中心位置に前記ＸＹＺ三次元座標系の原点を定義したときに、

前記起歪体は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、前記原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部（６２）が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部（６１）と、この可撓部の周囲の部分である周囲部（６３）とは、前記可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

前記中心部および前記周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体（８０）に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

前記可撓部に撓みが生じると前記圧電素子にこの撓みが伝達し、逆に、前記圧電素子に撓みが生じると前記可撓部にこの撓みが伝達するように、前記圧電素子の板面が前記起歪体の板面にほぼ平行になるような状態で、前記起歪体の上面と前記下部電極の下面とが固着され、

前記５枚の上部電極は、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもった第１の上部電極（Ａ２１）と、Ｘ軸に関し

て正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもった第２の上部電極（Ａ２２）と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもった第３の上部電極（Ａ２３）と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもった第４の上部電極（Ａ２４）と、前記原点の周囲を取り囲む領域に形成された第５の上部電極（Ａ２５）と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも前記可撓部の上方位置に形成され、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、前記作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段（１５１－１５３）と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての前記力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を更に備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

５．　請求項４に記載のセンサにおいて、

所定の上部電極と下部電極との間に所定の交流電圧を印加することにより、作用部を所定方向に振動させる励振手段（１４１－１４３）を更に備え、

回路手段は、所定軸まわりの角速度検出を行うために、励振手段により、この所定軸に直交する方向に作用部を振動させた状態において、この所定軸方向および振動方向の双方に直交する第３の方向についての力検出手段による検出値を電気信号として出力する機能を有し、

複数の座標軸方向の加速度成分とともに複数の座標軸まわりの角速度成分を検出する機能をもつことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

6． 請求項４に記載のセンサにおいて、

板状の起歪体の下面に、原点の周囲を取り囲むような環状溝（６５）を形成し、この環状溝の形成部分（６２）の肉厚が他の部分の肉厚よりも薄くなるようにし、この肉厚の薄い部分を可撓部として用いるようにしたことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

7． ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための加速度センサであって、

板状の圧電素子（７０）と、この圧電素子の上面に形成された５枚の上部電極（Ａ２１－Ａ２５）と、この圧電素子を下方から支持する板状の起歪体（６０）と、を備え、前記起歪体の少なくとも上面部分は導電性の材料から構成され、この上面部分によって、前記各上部電極のそれぞれに対して向かい合う下部電極が構成され、前記起歪体の上面のほぼ中心位置に前記ＸＹＺ三次元座標系の原点を定義したときに、

前記起歪体は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、前記原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部（６２）が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部（６１）と、この可撓部の周囲の部分である周囲部（６３）とは、前記可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

前記中心部および前記周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

前記可撓部に撓みが生じると前記圧電素子にこの撓みが伝達し、逆に、前記圧電素子に撓みが生じると前記可撓部にこの撓みが伝達するように、

前記圧電素子の板面が前記起歪体の板面にほぼ平行になるような状態で、前記起歪体の上面と前記圧電素子の下面とが固着され、

前記５枚の上部電極は、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもった第１の上部電極（Ａ２１）と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもった第２の上部電極（Ａ２２）と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもった第３の上部電極（Ａ２３）と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもった第４の上部電極（Ａ２４）と、前記原点の周囲を取り囲む領域に形成された第５の上部電極（Ａ２５）と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも前記可撓部の上方位置に形成され、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、前記作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段（１５１－１５３）と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての前記力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を更に備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

８．　請求項７に記載のセンサにおいて、

所定の上部電極と下部電極との間に所定の交流電圧を印加することにより、作用部を所定方向に振動させる励振手段（１４１－１４３）を更に備え、

回路手段は、所定軸まわりの角速度検出を行うために、励振手段により、この所定軸に直交する方向に作用部を振動させた状態において、この所定軸方向および振動方向の双方に直交する第３の方向についての力

検出手段による検出値を電気信号として出力する機能を有し、

複数の座標軸方向の加速度成分とともに複数の座標軸まわりの角速度成分を検出する機能をもつことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

9. 請求項7に記載のセンサにおいて、

板状の起歪体の下面に、原点の周囲を取り囲むような環状溝（65）を形成し、この環状溝の形成部分（62）の肉厚が他の部分の肉厚よりも薄くなるようにし、この肉厚の薄い部分を可撓部として用いるようにしたことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

10. 請求項1に記載のセンサにおいて、

XY平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を定義し、

第1の上部電極（A1）を、前記外側環状領域内の、XY座標系の第2象限および第3象限に渡る領域に配置し、

第2の上部電極（A2）を、前記外側環状領域内の、XY座標系の第1象限および第4象限に渡る領域に配置し、

第3の上部電極（A3）を、前記外側環状領域内の、XY座標系の第3象限および第4象限に渡る領域に配置し、

第4の上部電極（A4）を、前記外側環状領域内の、XY座標系の第1象限および第2象限に渡る領域に配置し、

第5の上部電極（A5）を、前記内側環状領域内に配置したことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

１１．　請求項４に記載のセンサにおいて、

ＸＹ平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を定義し、

第１の上部電極（Ａ１）を、前記外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第２象限および第３象限に渡る領域に配置し、

第２の上部電極（Ａ２）を、前記外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第３の上部電極（Ａ３）を、前記外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第３象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第４の上部電極（Ａ４）を、前記外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および第２象限に渡る領域に配置し、

第５の上部電極（Ａ５）を、前記内側環状領域内に配置したことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

１２．　請求項７に記載のセンサにおいて、

ＸＹ平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を定義し、

第１の上部電極（Ａ１）を、前記外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第２象限および第３象限に渡る領域に配置し、

第２の上部電極（Ａ２）を、前記外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第３の上部電極（Ａ３）を、前記外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第３象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第４の上部電極（Ａ４）を、前記外側環状領域内の、ＸＹ座標系の第

１象限および第２象限に渡る領域に配置し、

第５の上部電極（Ａ５）を、前記内側環状領域内に配置したことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

１３．　請求項１に記載のセンサにおいて、

ＸＹ平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を定義し、

第１の上部電極（Ａ１１）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第２象限および第３象限に渡る領域に配置し、

第２の上部電極（Ａ１２）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第３の上部電極（Ａ１３）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第３象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第４の上部電極（Ａ１４）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および第２象限に渡る領域に配置し、

第５の上部電極（Ａ１５）を、前記外側環状領域内に配置したことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

１４．　請求項４に記載のセンサにおいて、

ＸＹ平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を定義し、

第１の上部電極（Ａ１１）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第２象限および第３象限に渡る領域に配置し、

第２の上部電極（Ａ１２）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の

第１象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第３の上部電極（Ａ１３）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第３象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第４の上部電極（Ａ１４）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および第２象限に渡る領域に配置し、

第５の上部電極（Ａ１５）を、前記外側環状領域内に配置したことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

１５．　請求項７に記載のセンサにおいて、

ＸＹ平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を定義し、

第１の上部電極（Ａ１１）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第２象限および第３象限に渡る領域に配置し、

第２の上部電極（Ａ１２）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第３の上部電極（Ａ１３）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第３象限および第４象限に渡る領域に配置し、

第４の上部電極（Ａ１４）を、前記内側環状領域内の、ＸＹ座標系の第１象限および第２象限に渡る領域に配置し、

第５の上部電極（Ａ１５）を、前記外側環状領域内に配置したことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

１６．　請求項１に記載のセンサにおいて、

第１の上部電極が形成された圧電素子の部分と、第２の上部電極が形

成された圧電素子の部分とでは、逆の分極特性が得られるように、

第３の上部電極が形成された圧電素子の部分と、第４の上部電極が形成された圧電素子の部分とでは、逆の分極特性が得られるように、

圧電素子（２５）の各部分に対して所定の分極処理を行うようにしたことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

１７．　請求項４に記載のセンサにおいて、

第１の上部電極が形成された圧電素子の部分と、第２の上部電極が形成された圧電素子の部分とでは、逆の分極特性が得られるように、

第３の上部電極が形成された圧電素子の部分と、第４の上部電極が形成された圧電素子の部分とでは、逆の分極特性が得られるように、

圧電素子（２５）の各部分に対して所定の分極処理を行うようにしたことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

１８．　請求項７に記載のセンサにおいて、

第１の上部電極が形成された圧電素子の部分と、第２の上部電極が形成された圧電素子の部分とでは、逆の分極特性が得られるように、

第３の上部電極が形成された圧電素子の部分と、第４の上部電極が形成された圧電素子の部分とでは、逆の分極特性が得られるように、

圧電素子（２５）の各部分に対して所定の分極処理を行うようにしたことを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

１９．　請求項２に記載のセンサにおいて、

第１の上部電極と下部電極との間および第２の上部電極と下部電極と

の間に交流電圧を印加することにより、作用部をＸ軸方向に振動させるＸ軸方向励振手段（１４１）と、

第３の上部電極と下部電極との間および第４の上部電極と下部電極との間に交流電圧を印加することにより、作用部をＹ軸方向に振動させるＹ軸方向励振手段（１４２）と、

第５の上部電極と下部電極との間に交流電圧を印加することにより、作用部をＺ軸方向に振動させるＺ軸方向励振手段（１４３）と、

の３つの励振手段を備え、

第１の上部電極に発生した電荷および第２の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＸ軸方向の力を検出するＸ軸方向力検出手段（１５１）と、

第３の上部電極に発生した電荷および第４の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＹ軸方向の力を検出するＹ軸方向力検出手段（１５２）と、

第５の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＺ軸方向の力を検出するＺ軸方向力検出手段（１５３）と、

の３つの力検出手段を備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

２０．　請求項５に記載のセンサにおいて、

第１の上部電極と下部電極との間および第２の上部電極と下部電極との間に交流電圧を印加することにより、作用部をＸ軸方向に振動させるＸ軸方向励振手段（１４１）と、

第３の上部電極と下部電極との間および第４の上部電極と下部電極と

の間に交流電圧を印加することにより、作用部をＹ軸方向に振動させるＹ軸方向励振手段（１４２）と、

第５の上部電極と下部電極との間に交流電圧を印加することにより、作用部をＺ軸方向に振動させるＺ軸方向励振手段（１４３）と、

の３つの励振手段を備え、

第１の上部電極に発生した電荷および第２の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＸ軸方向の力を検出するＸ軸方向力検出手段（１５１）と、

第３の上部電極に発生した電荷および第４の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＹ軸方向の力を検出するＹ軸方向力検出手段（１５２）と、

第５の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＺ軸方向の力を検出するＺ軸方向力検出手段（１５３）と、

の３つの力検出手段を備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

２１．　請求項８に記載のセンサにおいて、

第１の上部電極と下部電極との間および第２の上部電極と下部電極との間に交流電圧を印加することにより、作用部をＸ軸方向に振動させるＸ軸方向励振手段（１４１）と、

第３の上部電極と下部電極との間および第４の上部電極と下部電極との間に交流電圧を印加することにより、作用部をＹ軸方向に振動させるＹ軸方向励振手段（１４２）と、

第５の上部電極と下部電極との間に交流電圧を印加することにより、

作用部をＺ軸方向に振動させるＺ軸方向励振手段（１４３）と、

の３つの励振手段を備え、

第１の上部電極に発生した電荷および第２の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＸ軸方向の力を検出するＸ軸方向力検出手段（１５１）と、

第３の上部電極に発生した電荷および第４の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＹ軸方向の力を検出するＹ軸方向力検出手段（１５２）と、

第５の上部電極に発生した電荷に基づいて、作用部に加えられたＺ軸方向の力を検出するＺ軸方向力検出手段（１５３）と、

の３つの力検出手段を備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

２２．　ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための加速度センサであって、

板状の圧電素子（１０）と、この圧電素子の上面に形成された５枚の上部電極（Ａ３１－Ａ３５）と、この圧電素子の下面において前記各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された１枚もしくは複数枚の下部電極（Ｂ）と、を備え、前記圧電素子の上面のほぼ中心位置に前記ＸＹＺ三次元座標系の原点（Ｏ）を定義したときに、

前記圧電素子は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、前記原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部（１２）が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部（１１）と、この可撓部の周囲の部分である周囲部（１３）とは、前記可撓部の撓みにより相互に変位を生じる

ように構成され、

前記中心部および前記周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体（８０）に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

前記５枚の上部電極は、ＸＹ座標系の第１象限に配置された第１の上部電極（Ａ３１）と、第２象限に配置された第２の上部電極（Ａ３２）と、第３象限に配置された第３の上部電極（Ａ３３）と、第４象限に配置された第４の上部電極（Ａ３４）と、前記原点の周囲を取り囲む領域に配置された第５の上部電極（Ａ３５）と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも前記可撓部に形成され、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、前記作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段（１５１－１５３）と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての前記力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を更に備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

２３．　ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための加速度センサであって、

板状の圧電素子（７０）と、この圧電素子の上面に形成された５枚の上部電極（Ａ３１－Ａ３５）と、この圧電素子の下面において前記各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された１枚もしくは複数枚の下部電極（ＢＢ）と、この下部電極を下方から支持する板状の起歪体（６０）と、を備え、前記起歪体の上面のほぼ中心位置に前記ＸＹＺ三次元座標系の原点を定義したときに、

前記起歪体は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、前記原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部（６２）が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部（６１）と、この可撓部の周囲の部分である周囲部（６３）とは、前記可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

前記中心部および前記周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体（８０）に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

前記可撓部に撓みが生じると前記圧電素子にこの撓みが伝達し、逆に、前記圧電素子に撓みが生じると前記可撓部にこの撓みが伝達するように、前記圧電素子の板面が前記起歪体の板面にほぼ平行になるような状態で、前記起歪体の上面と前記下部電極の下面とが固着され、

前記５枚の上部電極は、ＸＹ座標系の第１象限に配置された第１の上部電極（Ａ３１）と、第２象限に配置された第２の上部電極（Ａ３２）と、第３象限に配置された第３の上部電極（Ａ３３）と、第４象限に配置された第４の上部電極（Ａ３４）と、前記原点の周囲を取り囲む領域に配置された第５の上部電極（Ａ３５）と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも前記可撓部の上方位置に形成され、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、前記作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段（１５１－１５３）と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての前記力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を更に備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

２４．　ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための加速度センサであって、

板状の圧電素子（７０）と、この圧電素子の上面に形成された５枚の上部電極（Ａ３１－Ａ３５）と、この圧電素子を下方から支持する板状の起歪体（６０）と、を備え、前記起歪体の少なくとも上面部分は導電性の材料から構成され、この上面部分によって、前記各上部電極のそれぞれに対して向かい合う下部電極が構成され、前記起歪体の上面のほぼ中心位置に前記ＸＹＺ三次元座標系の原点を定義したときに、

前記起歪体は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、前記原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部（６２）が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部（６１）と、この可撓部の周囲の部分である周囲部（６３）とは、前記可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

前記中心部および前記周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

前記可撓部に撓みが生じると前記圧電素子にこの撓みが伝達し、逆に、前記圧電素子に撓みが生じると前記可撓部にこの撓みが伝達するように、前記圧電素子の板面が前記起歪体の板面にほぼ平行になるような状態で、前記起歪体の上面と前記圧電素子の下面とが固着され、

前記５枚の上部電極は、ＸＹ座標系の第１象限に配置された第１の上部電極（Ａ３１）と、第２象限に配置された第２の上部電極（Ａ３２）と、第３象限に配置された第３の上部電極（Ａ３３）と、第４象限に配置された第４の上部電極（Ａ３４）と、前記原点の周囲を取り囲む領域

に配置された第５の上部電極（Ａ３５）と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも前記可撓部の上方位置に形成され、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、前記作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段（１５１－１５３）と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての前記力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を更に備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

２５．　ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための加速度センサであって、

板状の圧電素子（１０）と、この圧電素子の上面に形成された８枚の上部電極（Ａ４１～Ａ４８）と、この圧電素子の下面において前記各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された１枚もしくは複数枚の下部電極（Ｂ）と、を備え、

前記圧電素子の上面のほぼ中心位置に前記ＸＹＺ三次元座標系の原点（Ｏ）を定義し、ＸＹ平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を定義したときに、

前記圧電素子は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、前記原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部（１２）が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部（１１）と、この可撓部の周囲の部分である周囲部（１３）とは、前記可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

前記中心部および前記周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体（８０）に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

前記８枚の上部電極は、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第１の上部電極（Ａ４１）と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第２の上部電極（Ａ４２）と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第３の上部電極（Ａ４３）と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第４の上部電極（Ａ４４）と、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第５の上部電極（Ａ４５）と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第６の上部電極（Ａ４６）と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第７の上部電極（Ａ４７）と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第８の上部電極（Ａ４８）と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも前記可撓部に形成され、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、前記作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段（１５１～１５３）と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての前記力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を更に備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

２６．　ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための加速度センサであって、

板状の圧電素子（１０）と、この圧電素子の上面に形成された６枚の上部電極（Ａ５１～Ａ５６）と、この圧電素子の下面において前記各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された１枚もしくは複数枚の下部電極（Ｂ）と、を備え、

前記圧電素子の上面のほぼ中心位置に前記ＸＹＺ三次元座標系の原点（Ｏ）を定義し、ＸＹ平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を定義したときに、

前記圧電素子は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、前記原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部（１２）が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部（１１）と、この可撓部の周囲の部分である周囲部（１３）とは、前記可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

前記中心部および前記周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体（８０）に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

前記６枚の上部電極は、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第１の上部電極（Ａ５１）と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第２の上部電極（Ａ５

２）と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第３の上部電極（Ａ５３）と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第４の上部電極（Ａ５４）と、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第５の上部電極（Ａ５５）と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第６の上部電極（Ａ５６）と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも前記可撓部に形成され、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、前記作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段（１５１～１５３）と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての前記力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を更に備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

２７．　ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための加速度センサであって、

板状の圧電素子（１０）と、この圧電素子の上面に形成された６枚の上部電極（Ａ５１～Ａ５６）と、この圧電素子の下面において前記各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された１枚もしくは複数枚の下部電極（Ｂ）と、を備え、

前記圧電素子の上面のほぼ中心位置に前記ＸＹＺ三次元座標系の原点（Ｏ）を定義し、ＸＹ平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を

定義したときに、

前記圧電素子は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、前記原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部（１２）が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部（１１）と、この可撓部の周囲の部分である周囲部（１３）とは、前記可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

前記中心部および前記周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体（８０）に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

前記６枚の上部電極は、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第１の上部電極（Ａ５１）と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第２の上部電極（Ａ５２）と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第３の上部電極（Ａ５３）と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第４の上部電極（Ａ５４）と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第５の上部電極（Ａ６５）と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第６の上部電極（Ａ６６）と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも前記可撓部に形成され、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、前記作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段（１５１～１５３）と、

所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての前記力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を更に備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

28. ＸＹＺ三次元座標系における複数の座標軸方向の加速度成分を検出するための加速度センサであって、

板状の圧電素子（１０）と、この圧電素子の上面に形成された４枚の上部電極（Ａ７１～Ａ７４）と、この圧電素子の下面において前記各上部電極のそれぞれに対して向かい合う位置に形成された１枚もしくは複数枚の下部電極（Ｂ）と、を備え、

前記圧電素子の上面のほぼ中心位置に前記ＸＹＺ三次元座標系の原点（Ｏ）を定義し、ＸＹ平面上に、原点を周囲から囲むような内側環状領域と、この内側環状領域を更に周囲から囲むような外側環状領域と、を定義したときに、

前記圧電素子は、その上面がＸＹ平面に沿って延び、前記原点の周囲を取り囲むように可撓性をもった可撓部（１２）が形成され、この可撓部に囲まれた部分である中心部（１１）と、この可撓部の周囲の部分である周囲部（１３）とは、前記可撓部の撓みにより相互に変位を生じるように構成され、

前記中心部および前記周囲部のいずれか一方は固定部としてセンサ筐体（８０）に固定され、他方は作用部として各座標軸方向に加えられた力により変位可能な状態に支持され、

前記４枚の上部電極は、Ｘ軸に関して負の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第１の上部電

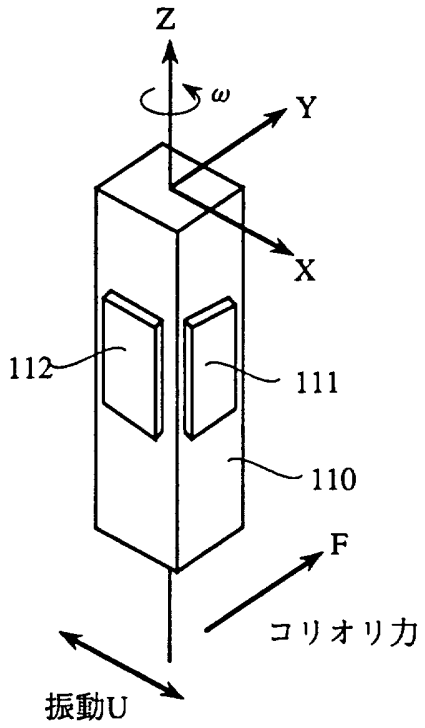
極（Ａ７１）と、Ｘ軸に関して正の領域に形成されかつＸ軸に関して線対称な形状をもち前記外側環状領域に配置された第２の上部電極（Ａ７２）と、Ｙ軸に関して負の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第３の上部電極（Ａ７３）と、Ｙ軸に関して正の領域に形成されかつＹ軸に関して線対称な形状をもち前記内側環状領域に配置された第４の上部電極（Ａ７４）と、によって構成され、これらの各上部電極の少なくとも一部分は、いずれも前記可撓部に形成され、

所定の上部電極に発生した電荷に基づいて、前記作用部に加えられた所定方向の力を検出する力検出手段（１５１～１５３）と、

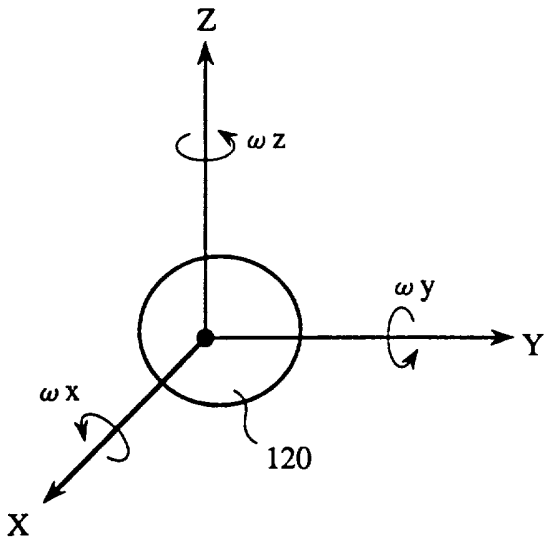
所定軸方向の加速度検出を行うために、この所定軸方向についての前記力検出手段による検出値を電気信号として出力する回路手段と、

を更に備えることを特徴とする圧電素子を用いた加速度センサ。

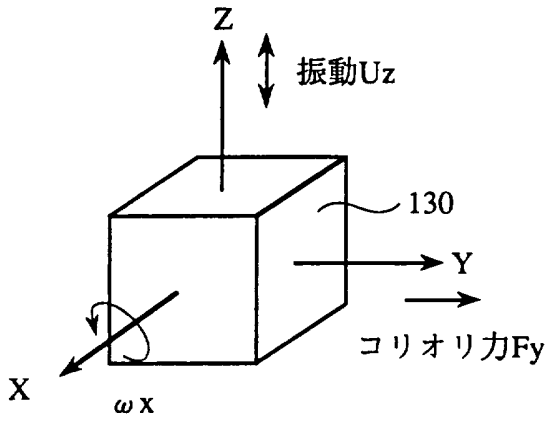
第１図



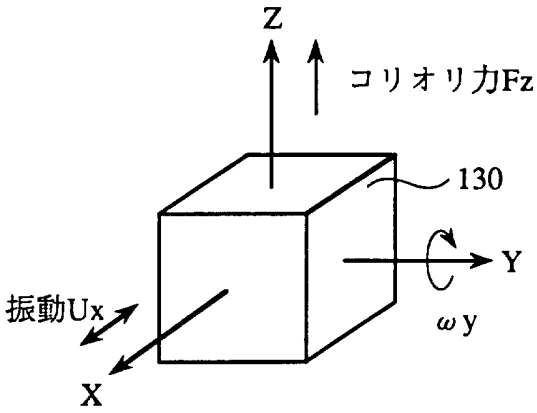
第２図



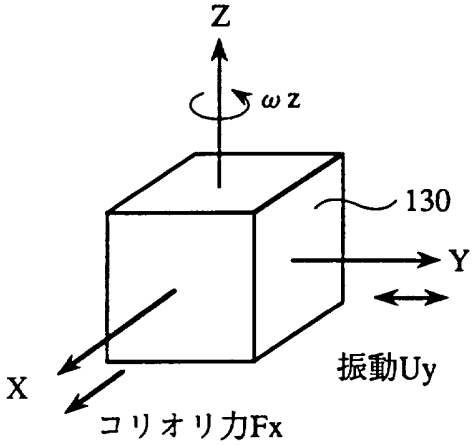
第3図


Z
振動Uz
130
Y
コリオリ力Fy
X
ωx

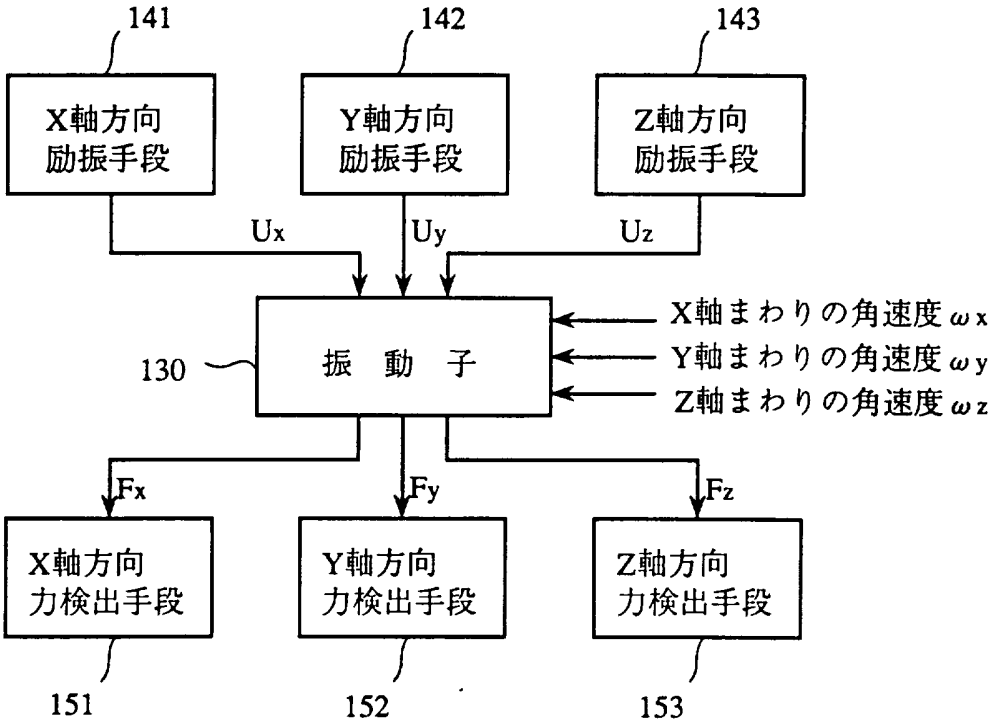
第4図


Z
コリオリ力Fz
130
Y
振動Ux
ωy
X

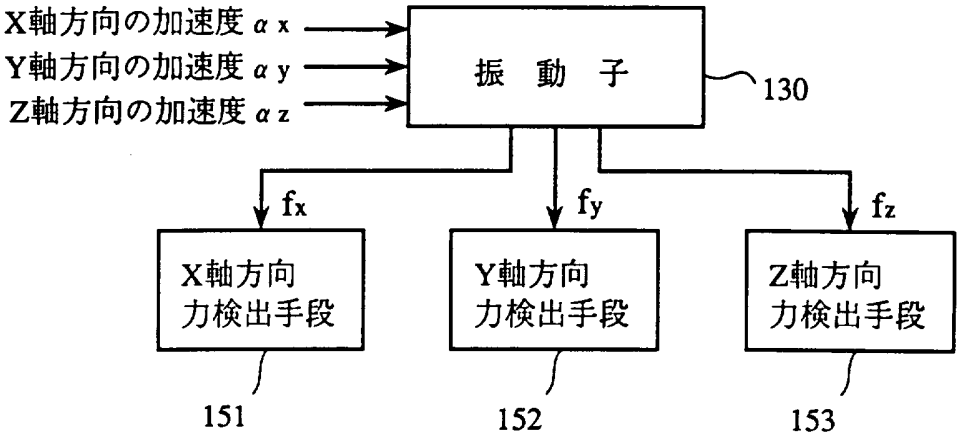
第5図


Z
ωz
130
Y
振動Uy
X
コリオリ力Fx

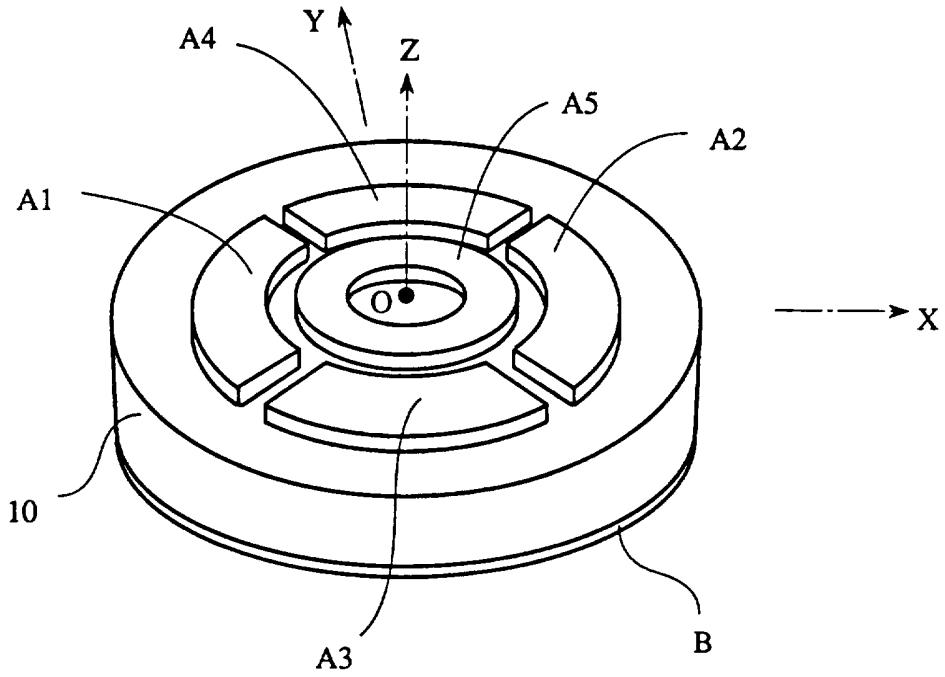
第6図


141
142
143
X軸方向
励振手段
Y軸方向
励振手段
Z軸方向
励振手段
Ux
Uy
Uz
振　動　子
130
X軸まわりの角速度 ωx
Y軸まわりの角速度 ωy
Z軸まわりの角速度 ωz
Fx
Fy
Fz
X軸方向
力検出手段
Y軸方向
力検出手段
Z軸方向
力検出手段
151
152
153

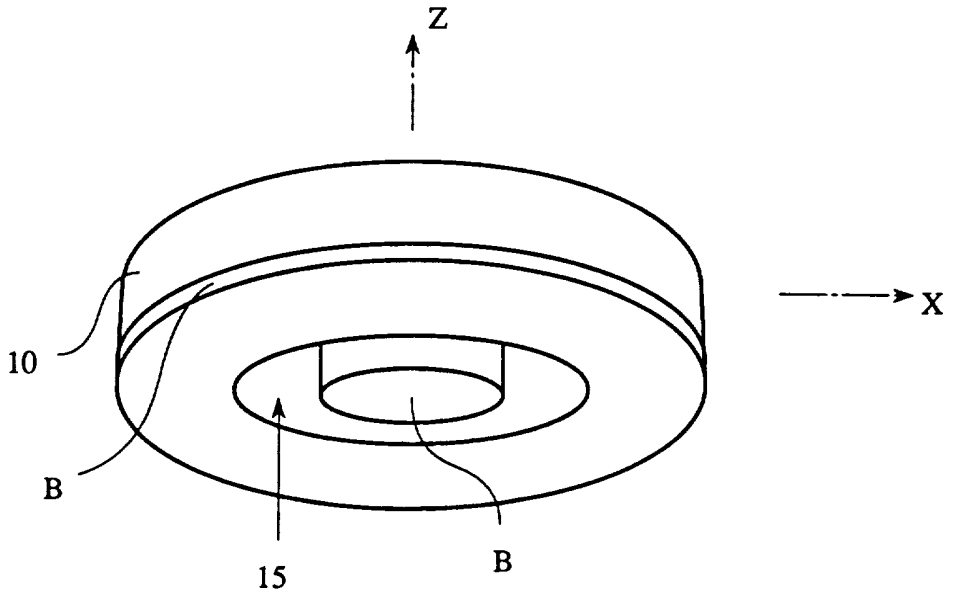
第7図


X軸方向の加速度 αx
Y軸方向の加速度 αy
Z軸方向の加速度 αz
振　動　子
130
fx
fy
fz
X軸方向
力検出手段
Y軸方向
力検出手段
Z軸方向
力検出手段
151
152
153

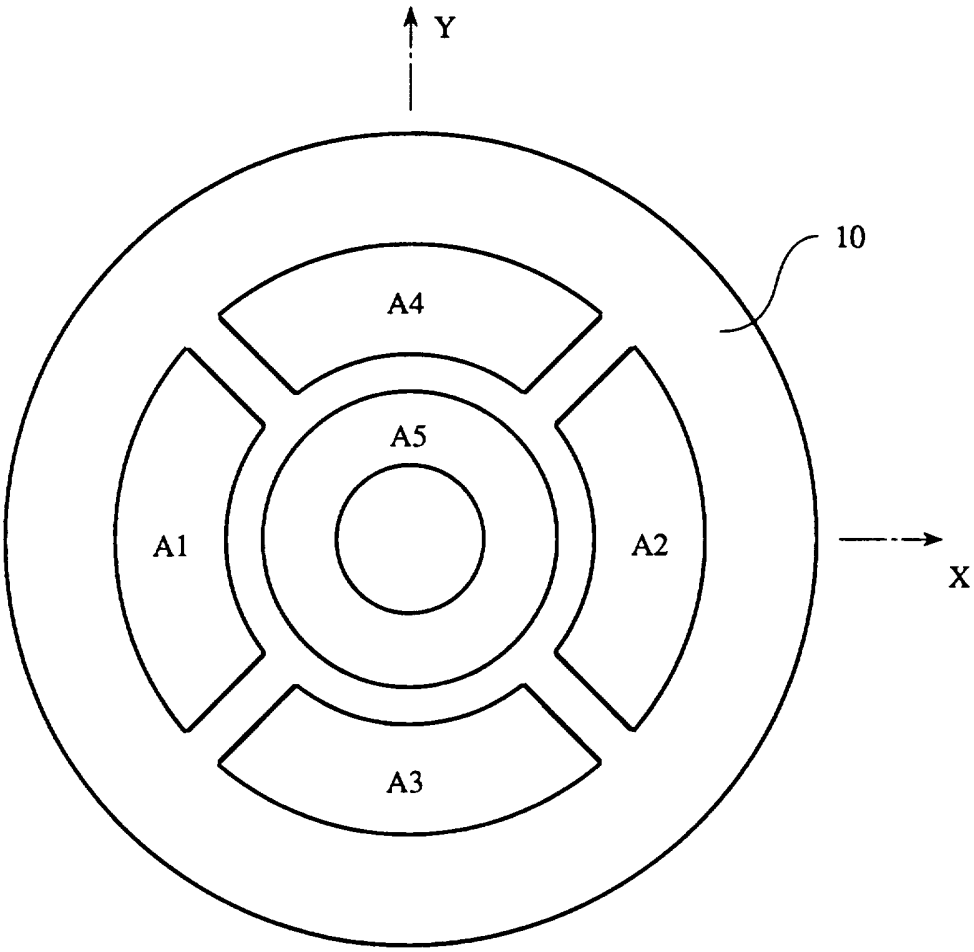
第8図



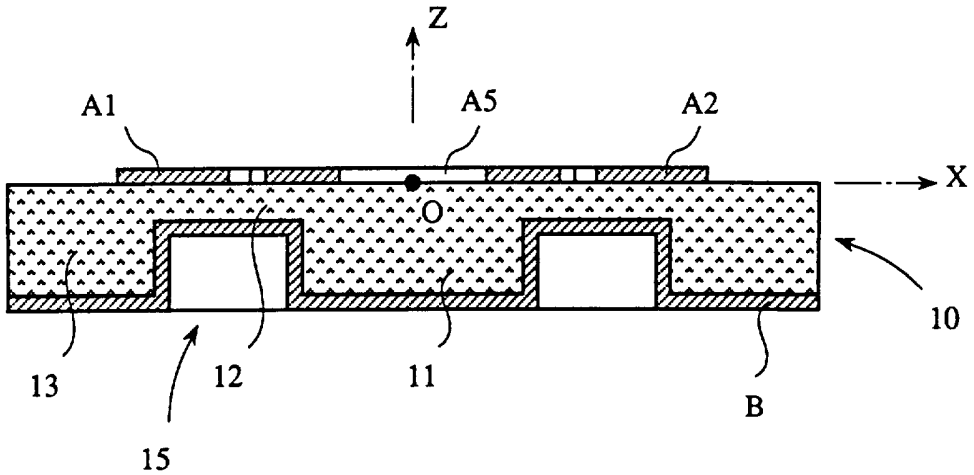
第9図



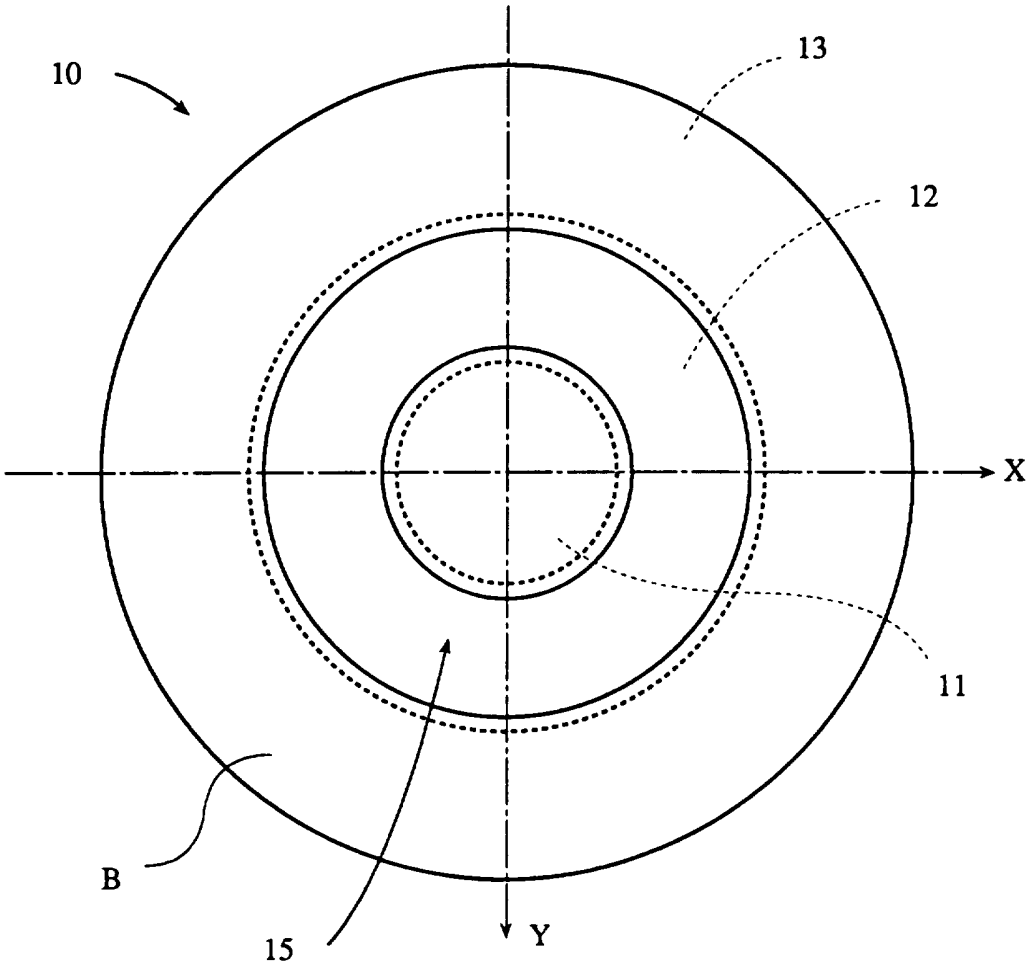
第１０図



第１１図

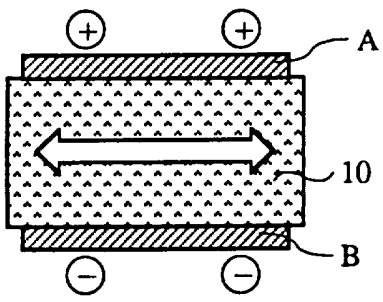


第１２図

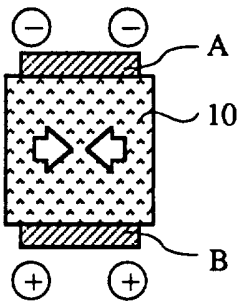


第１３Ａ図

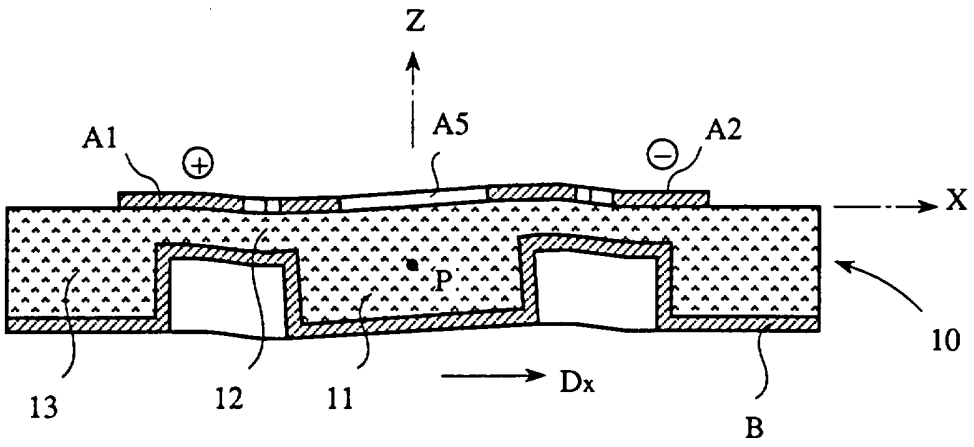
タイプＩ



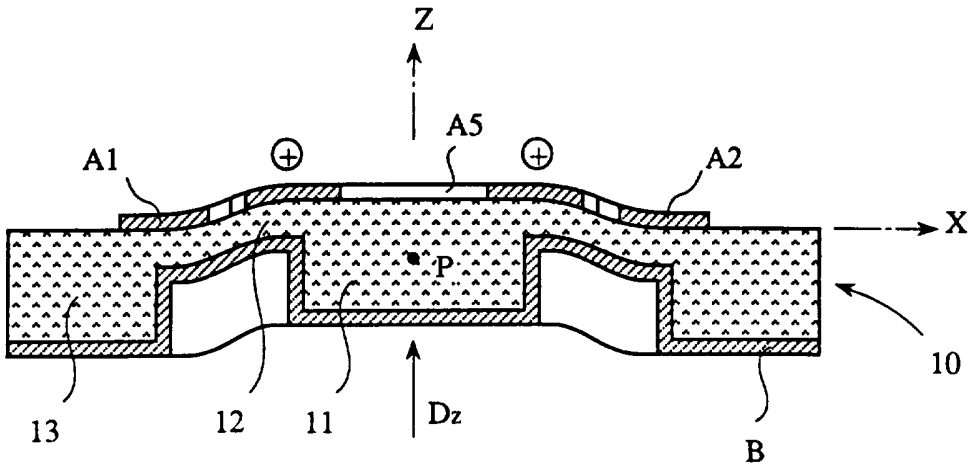
第１３Ｂ図



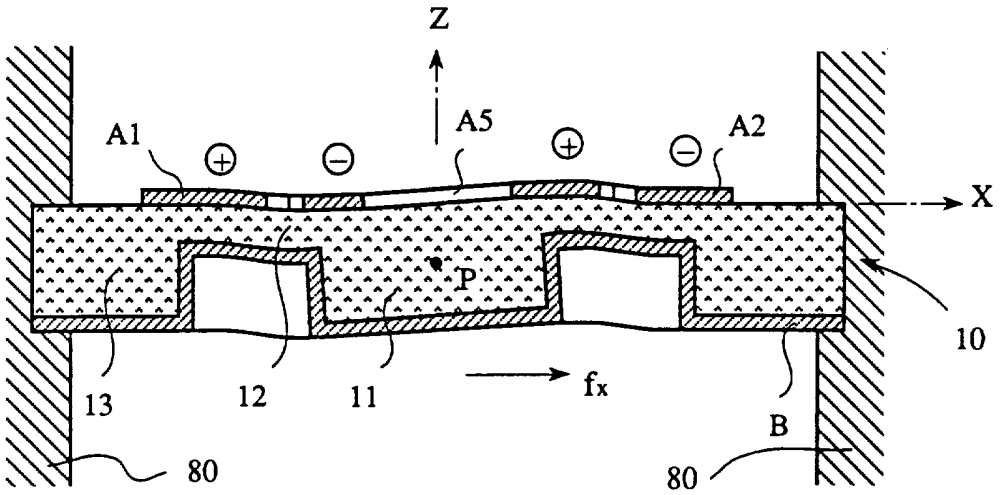
第１４図



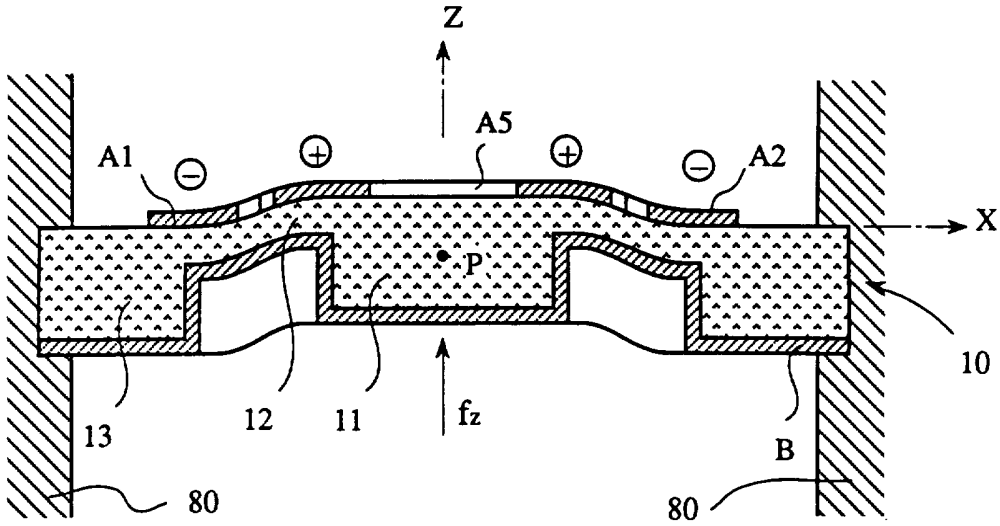
第１５図



第１６図



第１７図

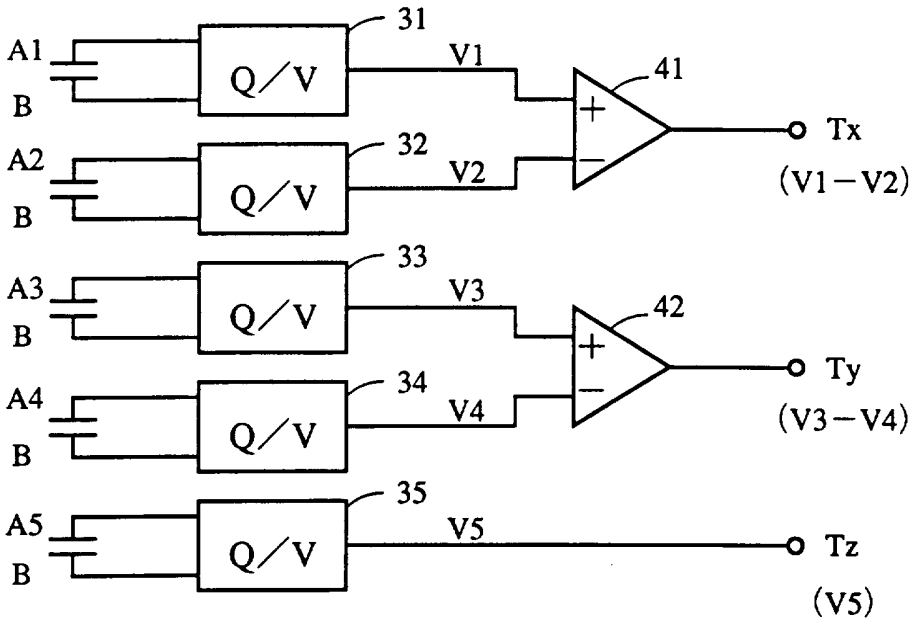


第１８図

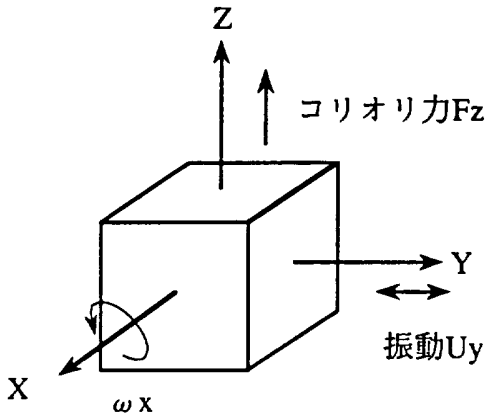
上部電極に発生する電荷の極性

	fx検出用		fy検出用		fz検出用
	A1	A2	A3	A4	A5
fx	＋	－	0	0	0
fy	0	0	＋	－	0
fz	－	－	－	－	＋

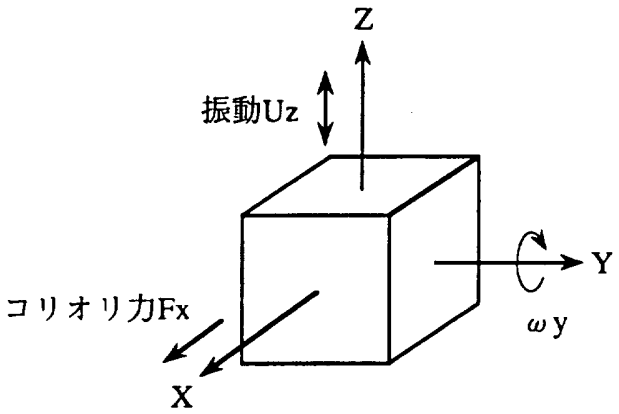
第１９図



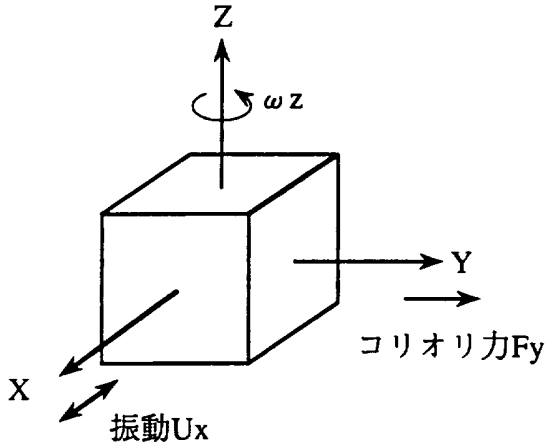
第２０図



第２１図

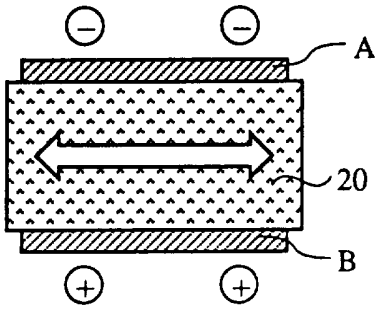


第２２図

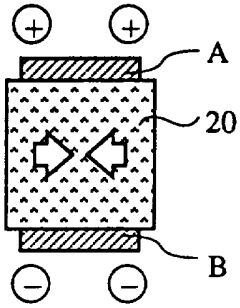


第２３Ａ図

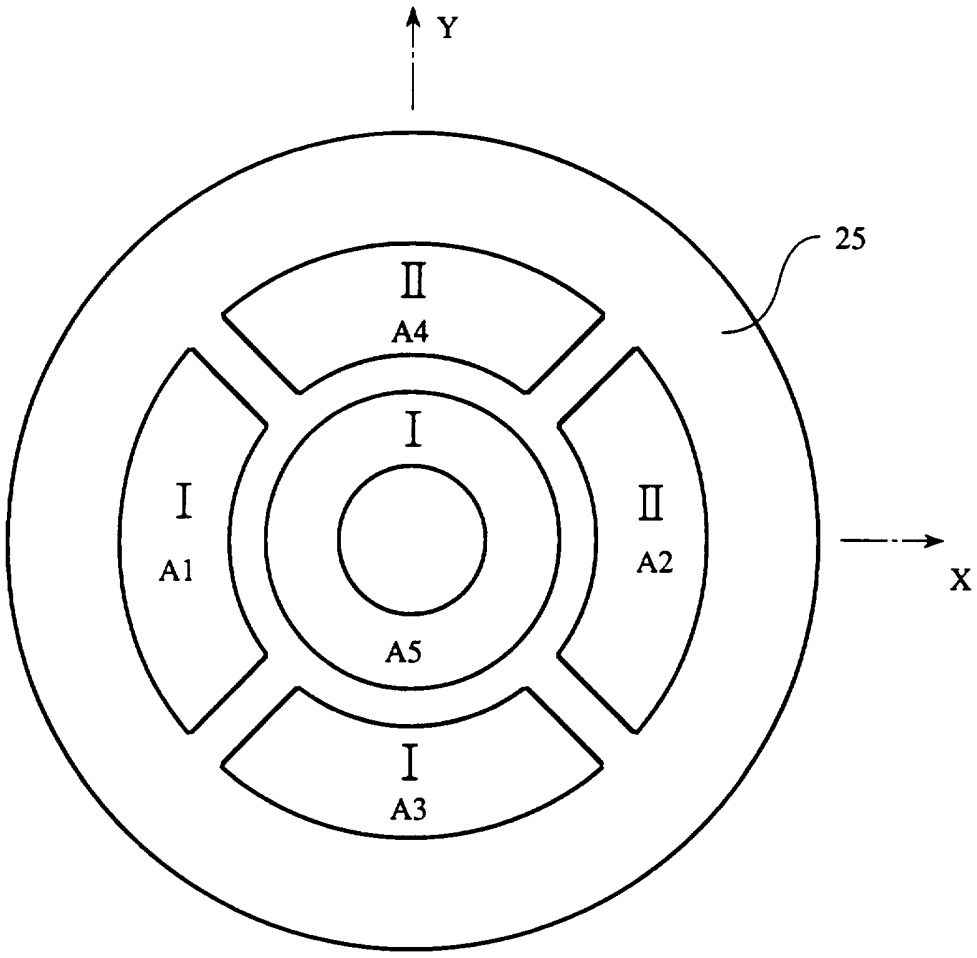
タイプⅡ



第２３Ｂ図



第２４図

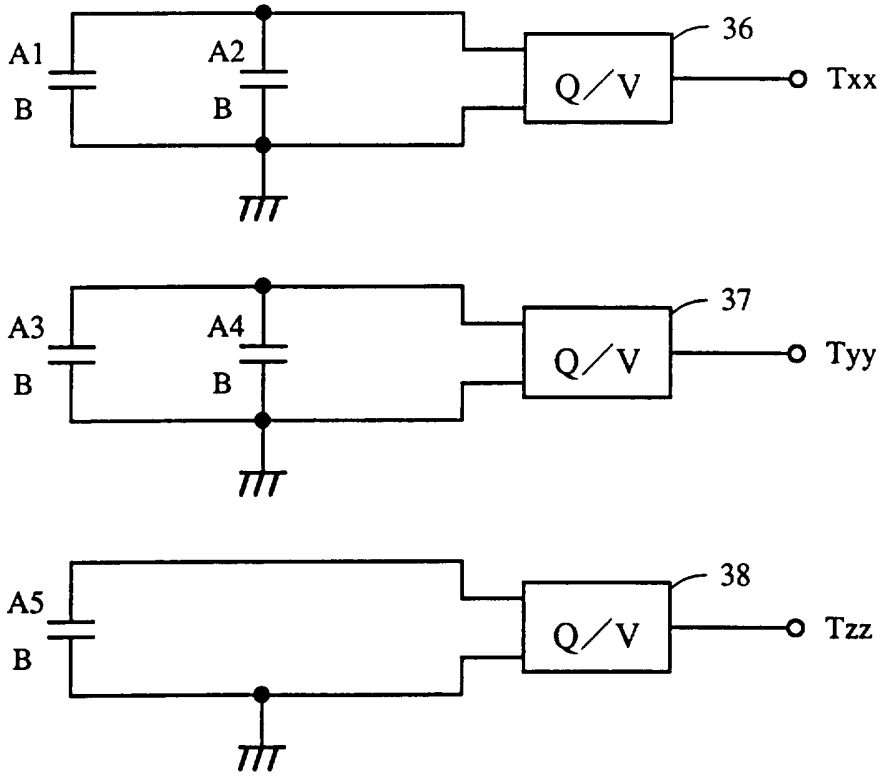


第２５図

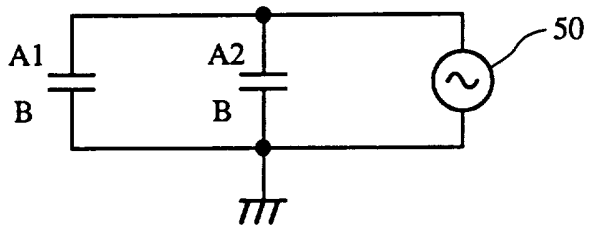
上部電極に発生する電荷の極性

	fx検出用		fy検出用		fz検出用
	A1	$\overline{A2}$	A3	$\overline{A4}$	A5
fx	＋	＋	0	0	0
fy	0	0	＋	＋	0
fz	－	＋	－	＋	＋

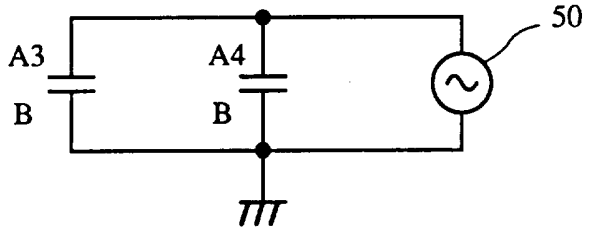
第２６図



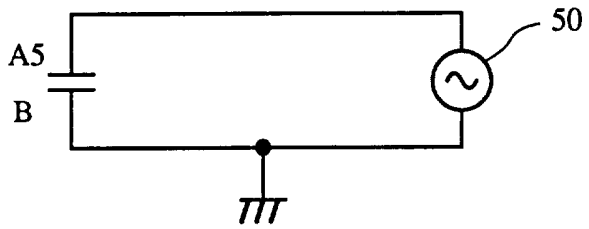
第２７Ａ図



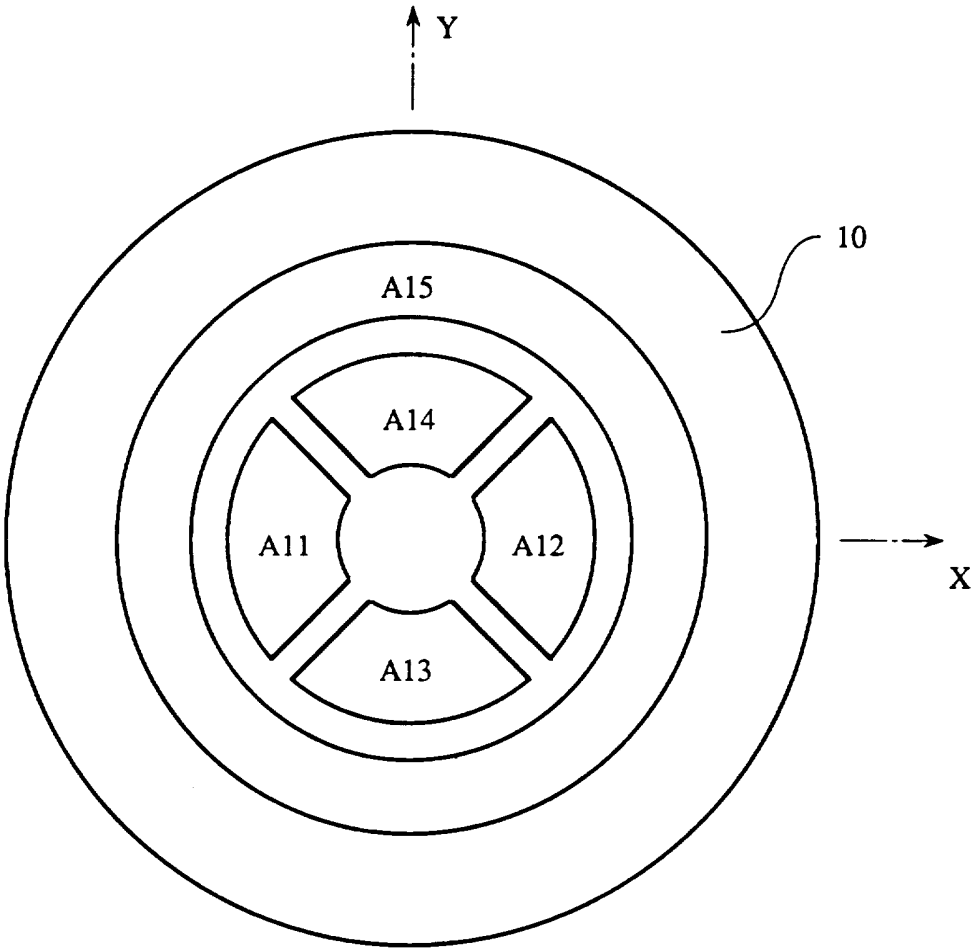
第２７Ｂ図



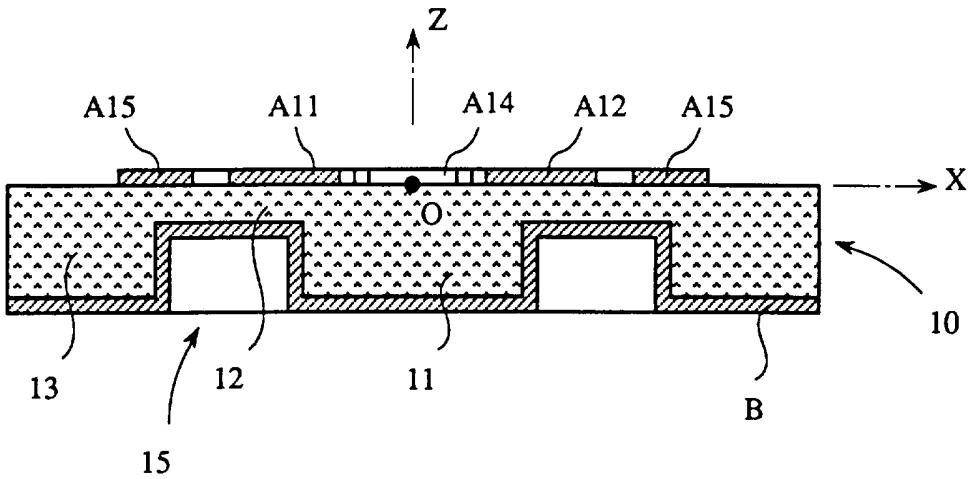
第２７Ｃ図



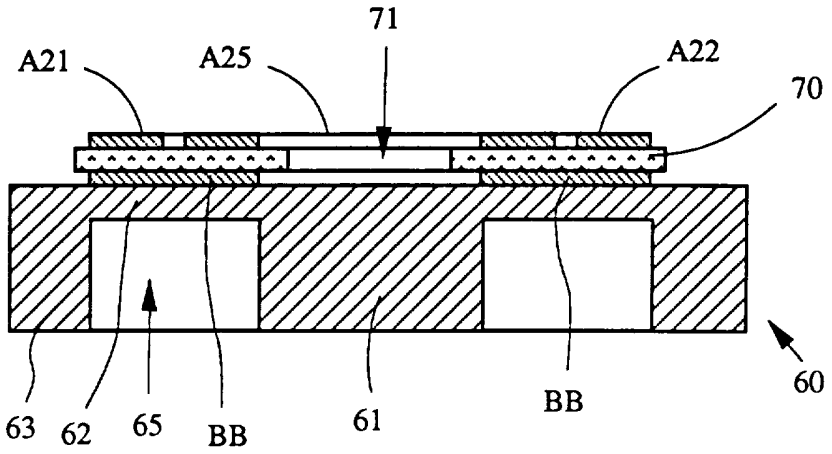
第２８図



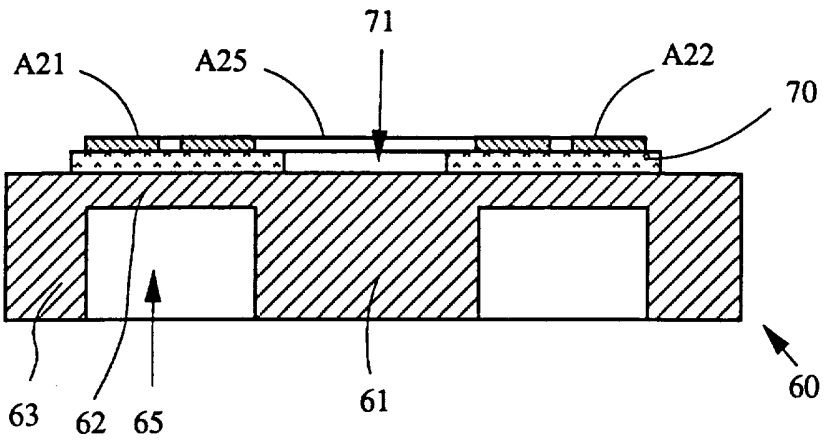
第２９図



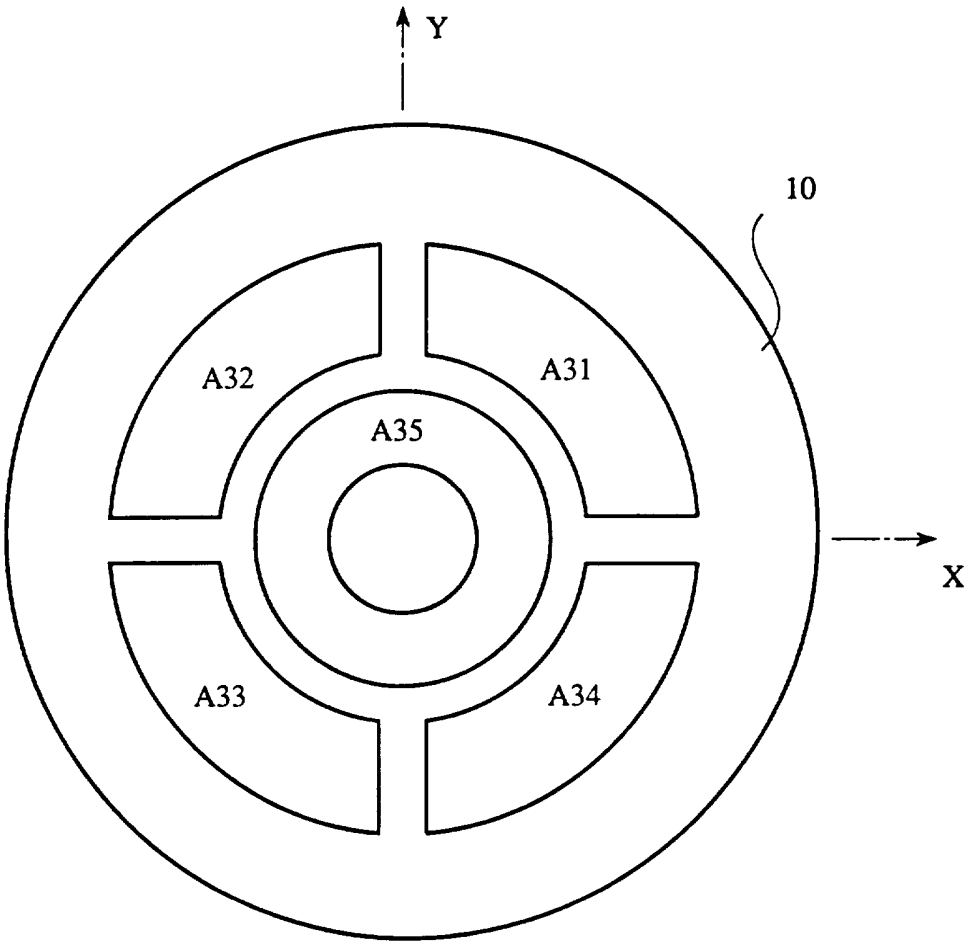
第３０図


71
A21
A25
A22
70
63
62
65
BB
61
BB
60

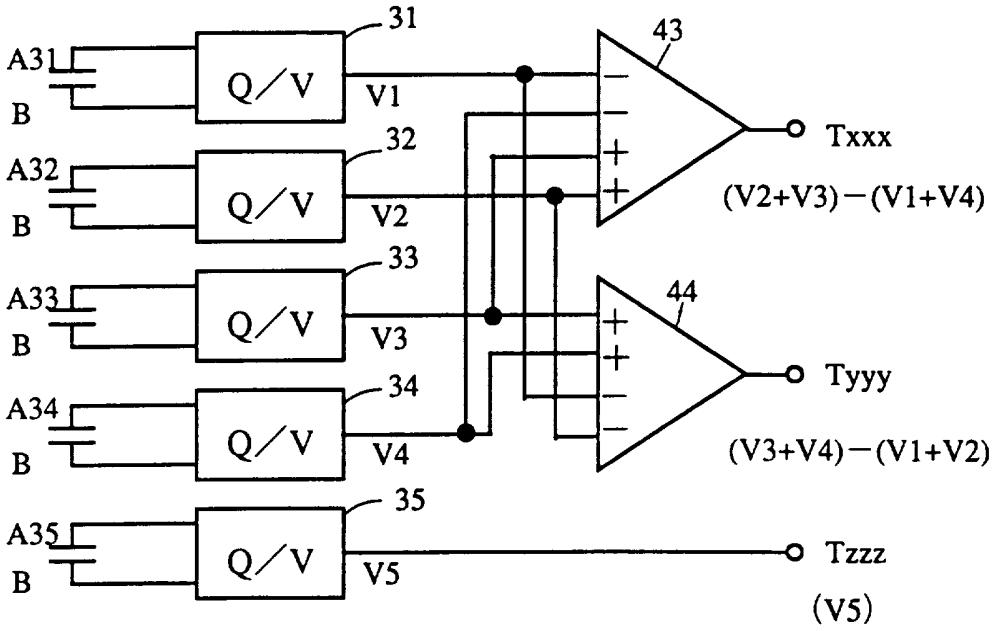
第３１図


71
A21
A25
A22
70
63
62
65
61
60

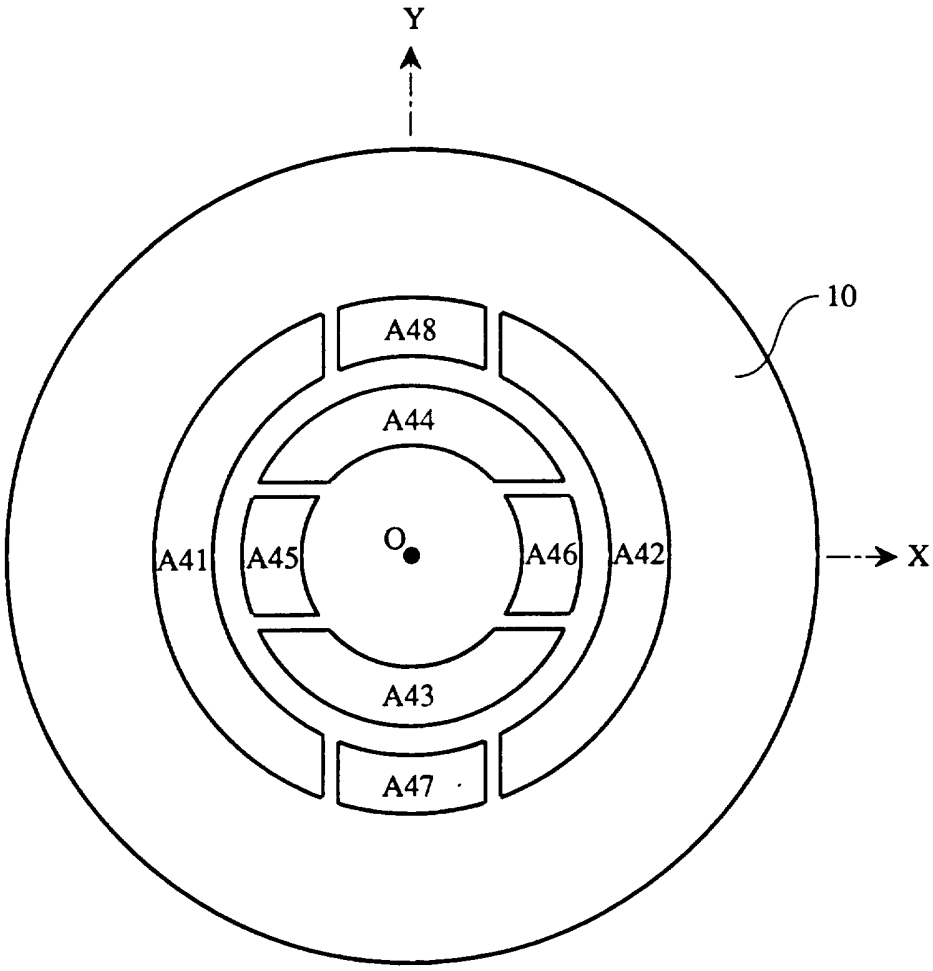
第３２図


Y
10
A32
A31
A35
X
A33
A34

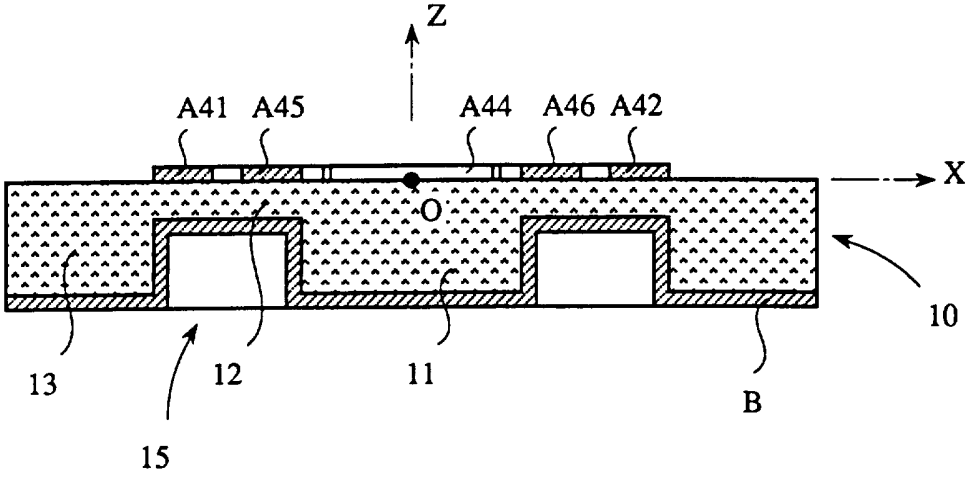
第３３図


31
A31
B
Q／V
V1
32
A32
B
Q／V
V2
33
A33
B
Q／V
V3
34
A34
B
Q／V
V4
35
A35
B
Q／V
V5
43
Txxx
(V2+V3)－(V1+V4)
44
Tyyy
(V3+V4)－(V1+V2)
Tzzz
(V5)

第３４図


Y
10
A48
A44
A41
A45
O
A46
A42
X
A43
A47

第３５図

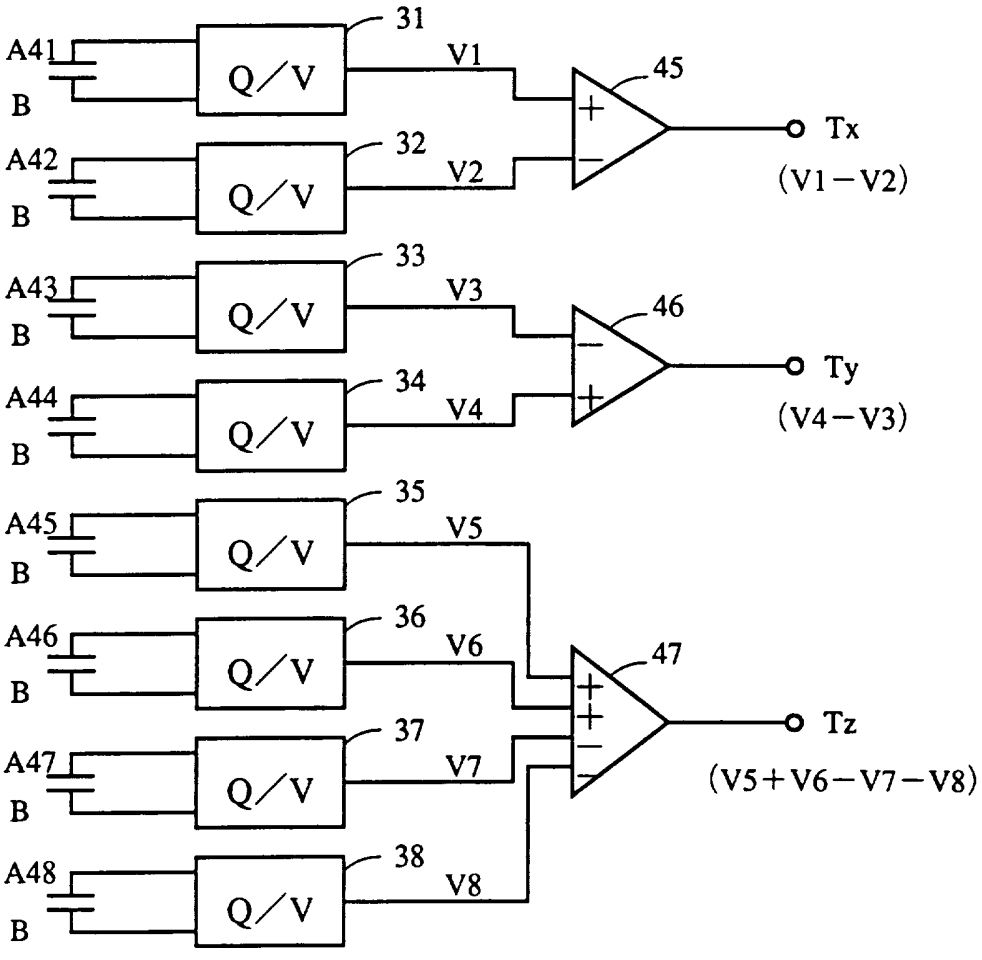

Z
A41
A45
A44
A46
A42
X
O
10
13
12
11
B
15

第３６図

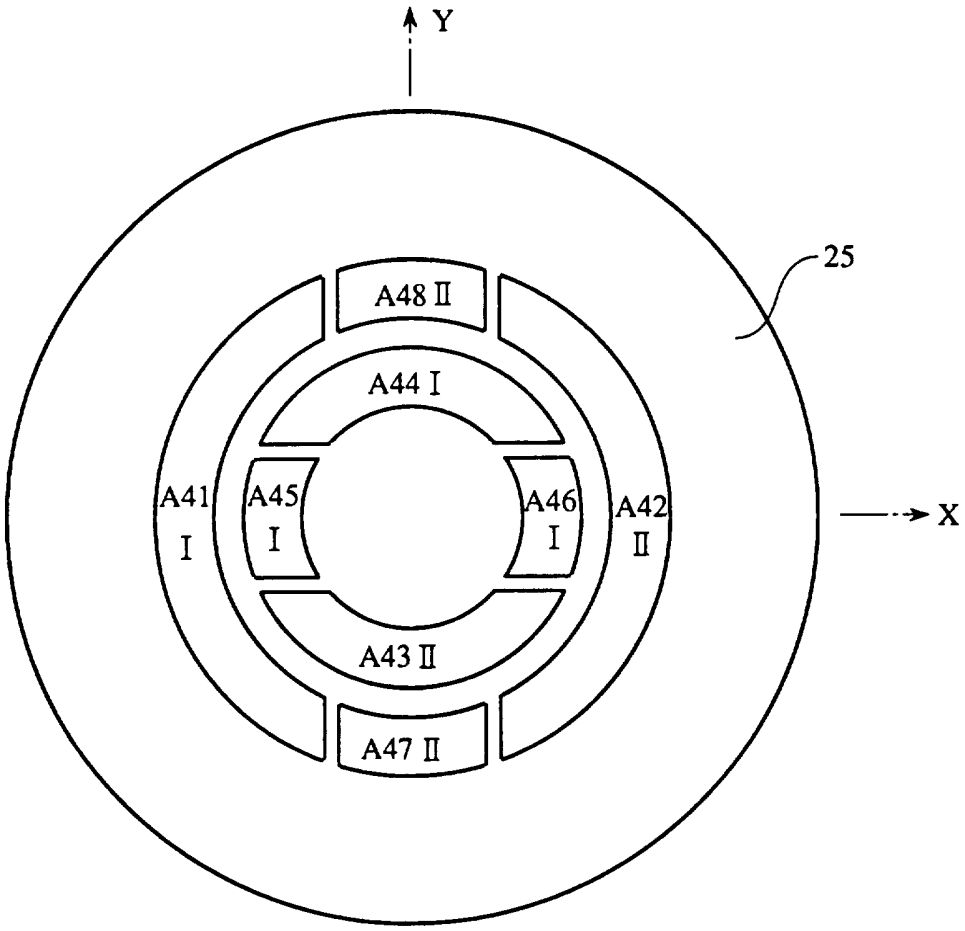
上部電極に発生する電荷の極性

	fx検出用		fy検出用		fz検出用			
	A41	A42	A43	A44	A45	A46	A47	A48
fx	＋	－	0	0	－	＋	0	0
fy	0	0	－	＋	0	0	＋	－
fz	－	－	＋	＋	＋	＋	－	－

第３７図



第３８図

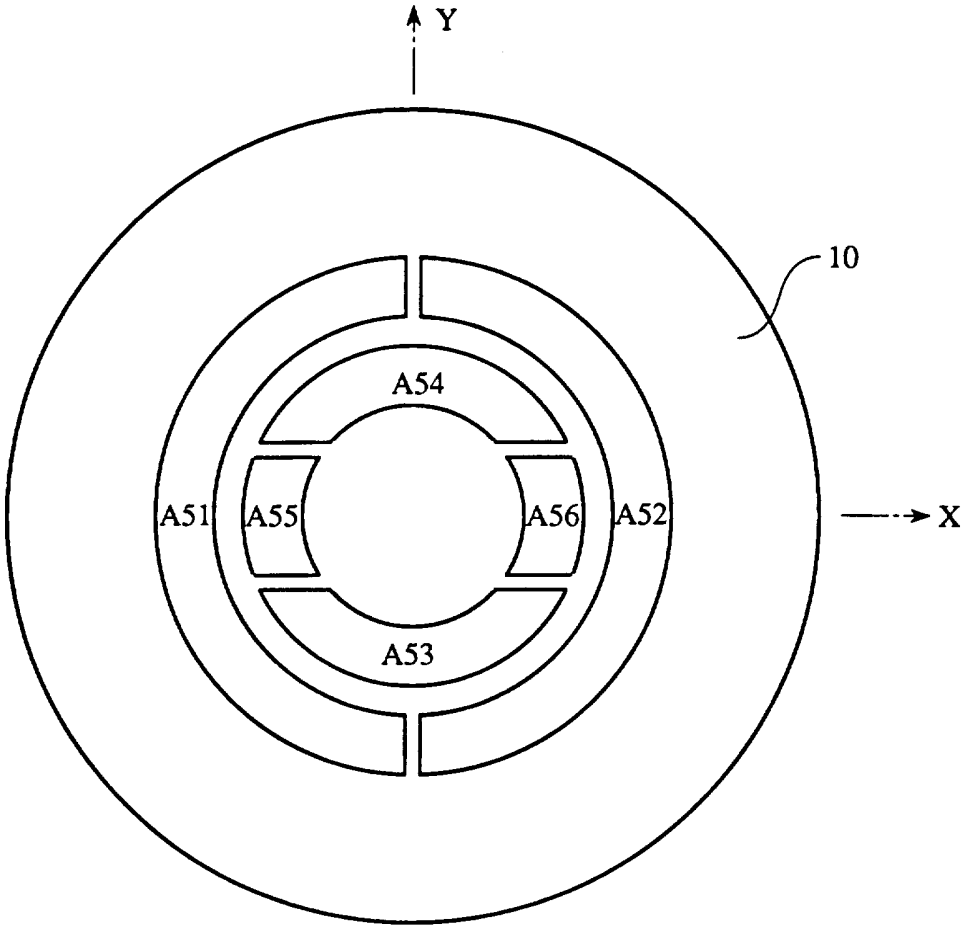


第３９図

上部電極に発生する電荷の極性

	fx検出用		fy検出用		fz検出用			
	A41	$\overline{A42}$	$\overline{A43}$	A44	A45	A46	$\overline{A47}$	$\overline{A48}$
fx	+	+	0	0	−	+	0	0
fy	0	0	+	+	0	0	−	+
fz	−	+	−	+	+	+	+	+

第４０図

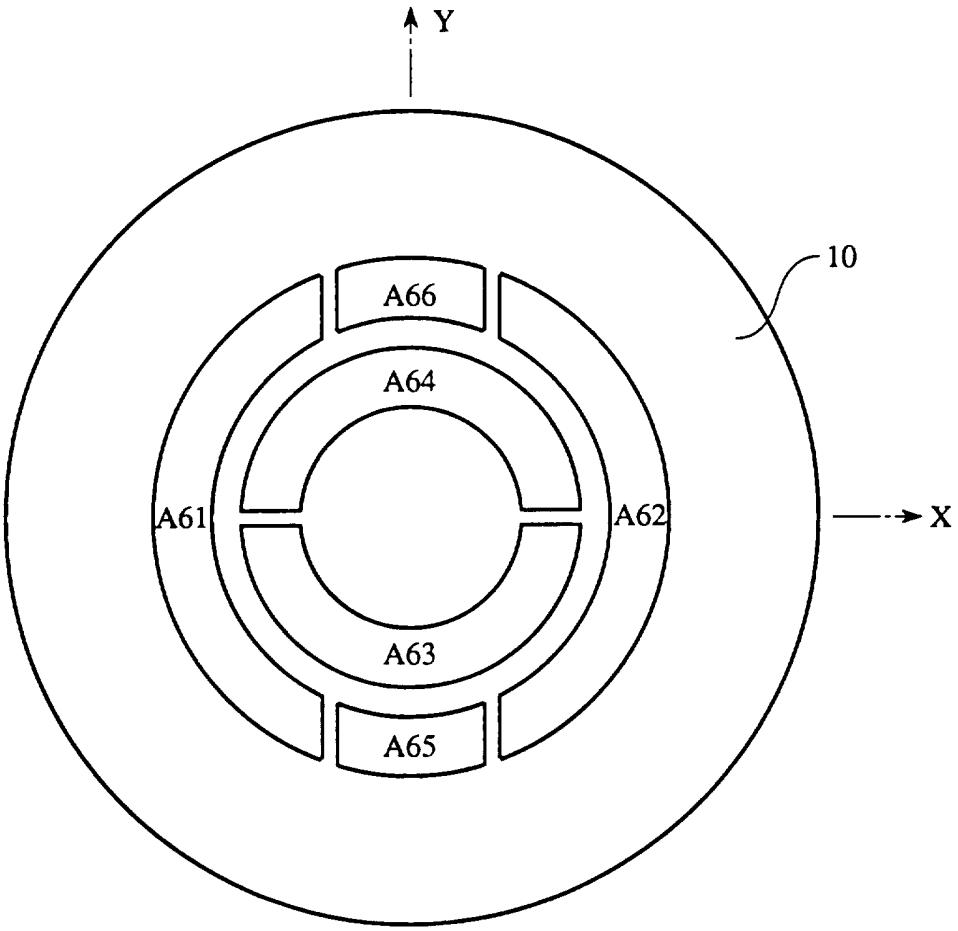


第４１図

上部電極に発生する電荷の極性

	fx検出用		fy検出用		fz検出用	
	A51	A52	A53	A54	A55	A56
fx	＋	－	0	0	－	＋
fy	0	0	－	＋	0	0
fz	－	－	＋	＋	＋	＋

第４２図

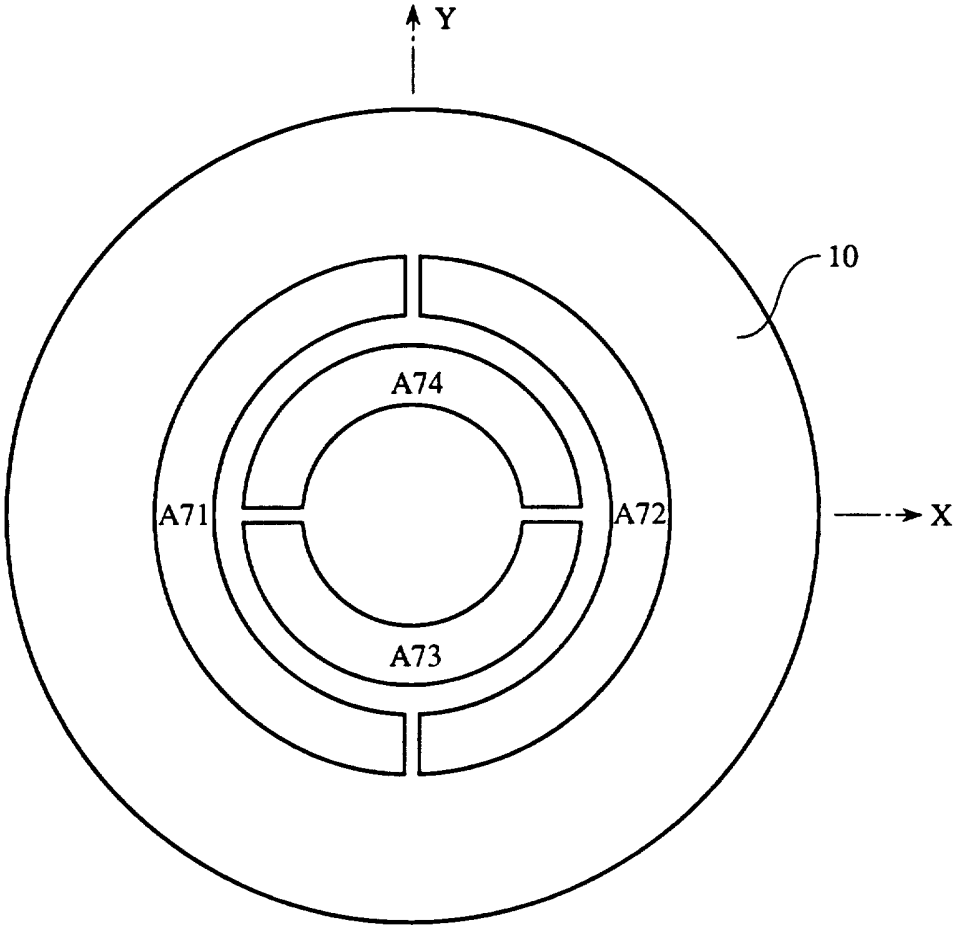


第４３図

上部電極に発生する電荷の極性

	fx検出用		fy検出用		fz検出用	
	A61	A62	A63	A64	A65	A66
fx	＋	－	0	0	0	0
fy	0	0	－	＋	＋	－
fz	－	－	＋	＋	－	－

第４４図



第４５図

上部電極に発生する電荷の極性

	fx検出用		fy検出用	
	A71	A72	A73	A74
fx	＋	－	0	0
fy	0	0	－	＋
fz	－	－	＋	＋

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP95/01939

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl^6 G01P15/09

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)

Int. Cl^6 G01P15/09, G01P9/04, G01C19/56, G01L1/16, G01L5/16

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

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1995
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1995

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, 5-26744, A (Kazuhiro Okada), February 2, 1993 (02. 02. 93), Line 9, column 18 to line 9, column 19, line 19, column 19 to line 47, column 20, Figs. 1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 5, 8, 10, 13, 16, 19, 20, 21, 22
X	(Family: none)	4, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 23-28
A	JP, 4-25714, A (Akai Electric Co., Ltd.), January 29, 1992 (29. 01. 92), Lines 11 to 15, upper right column, page 2, line 16, upper right column, page 3, line 6, lower left column, page 4, Figs. 13, 14 (Family: none)	2, 5, 8, 19, 20, 21

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

* Special categories of cited documents:

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

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

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

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

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
December 12, 1995 (12. 12. 95)	December 26, 1995 (26. 12. 95)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP 95/01939

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int. Cl⁶ G01P15/09

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. Cl⁶ G01P15/09, G01P9/04, G01C19/56, G01L1/16, G01L5/16

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 1926－1995年

日本国公開実用新案公報 1971－1995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, 5－26744, A（岡田和廣）, 2. 2月. 1993（02. 02. 93）, 第18欄第9行－第19欄第9行, 第19欄第19行－第20欄第47行, 図1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 5, 8, 10, 13, 16, 19, 20, 21, 22
X	（ファミリーなし）	4, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 23－28

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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」先行文献ではあるが、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

12. 12. 95

国際調査報告の発送日

26.12.95

名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/JP）

郵便番号100

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）

治田義孝

2F 7187

電話番号 03－3581－1101 内線 3216

様式PCT/ISA/210（第2ページ）（1992年7月）

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP 95/01939

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, 4-25714, A(赤井電機株式会社), 29. 1月. 1992(29. 01. 92), 第2頁右上欄第11-15行, 第3頁右上欄第16行-第4頁左下欄第6行, 図13, 14(ファミリーなし)	2, 5, 8, 19, 20, 21

様式PCT/ISA/210（第2ページの続き）（1992年7月）