



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 34 764 T2 2006.09.28**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 211 515 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 34 764.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 125 445.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **24.03.1995**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.06.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **01.02.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.09.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01P 21/00 (2006.01)**

**G01C 21/06 (2006.01)**

**G01P 15/12 (2006.01)**

**G01P 9/00 (2006.01)**

**G01P 15/00 (2006.01)**

**G01P 15/08 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**5412294            24.03.1994    JP**

**6627794            04.04.1994    JP**

(73) Patentinhaber:

**Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

**Kohler Schmid Möbus Patentanwälte, 70565  
Stuttgart**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Nishio, Tomoyuki., Wako-shi, Saitama-ken, JP;  
Hiyama, Satoshi., Wako-shi, Saitama-ken, JP; Doi,  
Mizuho., Wako-shi, Saitama-ken, JP; Fueki,  
Nobuhiro., Wako-shi, Saitama-ken., JP;  
Yamakawa, Hiroshi., Wako-shi, Saitama-ken., JP**

(54) Bezeichnung: **Hybrider Sensor mit Korrekturvorrichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Diese Erfindung bezieht sich auf einen Hybridsensor zum Detektieren der Bewegungsrichtung eines sich bewegenden Objektes und seiner Winkelgeschwindigkeit.

**[0002]** Es gibt einen herkömmlichen Mehrachsen-Beschleunigungssensor, welcher ein Stützelement, ein wärmeerzeugendes Widerstandselement und ein temperatursensitives Widerstandselement, die jeweils aus einem dünnen Draht aus Platin, Wolfram oder dergleichen Material gefertigt sind und an dem Stützelement befestigt sind, und ein mit Gas gefülltes Gehäuse, das die obengenannten Komponenten in hermetisch abgedichteter Weise umgibt, beinhaltet.

**[0003]** Ein solcher herkömmlicher Mehrachsen-Beschleunigungssensor ist so konstruiert, dass ein wärmeerzeugendes Widerstandselement im Zentrum eines Raums innerhalb des Gehäuses angeordnet ist, wobei Paare von temperatursensitiven Widerstandselementen entlang mehrerer Achsen (z.B. X-Achse, Y-Achse und Z-Achse), die sich gegenseitig im rechten Winkel schneiden, um das wärmeerzeugende Widerstandselement angeordnet sind, um eine Änderung der Temperaturverteilung in dem Raum aufgrund von durch das wärmeerzeugende Widerstandselement erzeugten Wärme aufgrund von Änderungen des Widerstandswerts jedes Paares der temperatursensitiven Widerstandselemente zu detektieren. Auf der Basis der Änderungen des Widerstandswerts jedes Paares von Widerstandselementen wird die Größe der Beschleunigung in der entsprechenden Richtung detektiert, während die Richtung, in welche die Beschleunigung wirkt, von der Anordnung jedes Paares der Widerstandselemente, die die Änderung des Widerstandswerts detektieren, detektiert wird.

**[0004]** Weiterhin wurde ein dreidimensionaler Beschleunigungssensor durch die japanische offengelegte Patentveröffentlichung (Kokai) Nr. 63-118667 vorgeschlagen, die aus drei eindimensionalen Beschleunigungssensoren besteht, die an entsprechenden drei Oberflächen (X, Y, Z) eines Würfels orthogonal zueinander angeordnet sind, wobei jeder der eindimensionalen Beschleunigungssensoren ein Masseelement und ein Strahlelement hat, das das Masseelement unterstützt und einen Widerstandsabschnitt aufweist, wobei das Masseelement und das Strahlelement auf einem Halbleitersubstrat gebildet sind, um eine Änderung des Widerstandswerts des Widerstandsabschnitts entsprechend eines Biegegrads des Strahlelements, bewirkt durch die Beschleunigungswirkung, zu detektieren.

**[0005]** Andererseits ist ein herkömmlicher Mehrachsen-Gasmengesensor bekannt, der aus einem Gehäuse mit Stützelementen und einer Mehrzahl von

temperatursensitiven Heizdraht-Widerstandselementen, die jeweils aus einem dünnen Platin- oder Wolframdraht gebildet sind, besteht, wobei die temperatursensitiven Heizdraht-Widerstandselemente in Paaren an den Stützelementen befestigt sind, um Winkelgeschwindigkeiten in entsprechenden gewünschten Richtungen zu detektieren.

**[0006]** Ein Problem bei dem herkömmlichen Mehrachsen-Beschleunigungssensor besteht jedoch darin, dass sein Aufbau und die Einstellung der Sensitivität viel Zeit erfordern. Insbesondere müssen dabei das wärmeerzeugende Widerstandselement und die temperatursensitiven Widerstandselemente auf dem Stützelement des Gehäuses befestigt werden, und jedes Widerstandselementpaar muss entlang jeder Achse ausgerichtet werden, sowie die Sensitivität des Sensors durch Einstellen des Abstands zwischen jedem Paar der temperatursensitiven Widerstandselemente und den wärmeerzeugenden Widerstandselementen eingestellt werden.

**[0007]** Weiterhin kann es aufgrund von Variationen oder Toleranzen von einzelnen wärmeerzeugenden Widerstandselementen und temperatursensitiven Widerstandselementen unvermeidlich zu Variationen in der Sensitivität zwischen einzelnen Sensoren kommen, weshalb es erforderlich ist, geeignete wärmeerzeugende Widerstandselemente und temperatursensitive Widerstandselemente zu wählen und die Leistungsmerkmale von einzelnen Sensoren vor der Lieferung einzustellen.

**[0008]** Bei dem durch die japanische offengelegte Patentveröffentlichung (Kokai) Nr. 63-118667 vorgeschlagenen dreidimensionalen Beschleunigungssensor besteht das Problem, dass die Ausrichtung der drei, auf den Halbleitersubstraten gebildeten, eindimensionalen Beschleunigungssensoren mit den drei zueinander orthogonalen Achsen beim Befestigen derselben auf den Oberflächen des Würfels viel Zeit erfordert.

**[0009]** Auf der anderen Seite besteht bei dem obengenannten herkömmlichen Mehrachsen-Gasmengesensor das Problem, dass es beim Befestigen der temperatursensitiven Heizdraht-Widerstandselemente, die einzelne, aus dünnen Platin- oder Wolframdrähten gebildete Teile sind, auf den Stützelementen, schwierig ist, jedes Paar der temperatursensitiven Heizdraht-Widerstandselemente in einem richtigen Abstand von der Mittelachse des Gaststroms und in einer exakten Richtung relativ hierzu (d.h. senkrecht zur Mittelachse) genau anzuordnen und zu positionieren, und es erfordert viel Zeit, um die Lagen und Positionen der Elemente mit ausreichender Genauigkeit einzustellen.

**[0010]** Weiterhin besteht diese Art von Gasmengesensor aus einzelnen Teilen (temperatursensitive

Heizdraht-Widerstandselemente, Stützelemente und Gehäuse) und somit ist es erforderlich, temperatur-sensitive Heizdraht-Widerstandselemente auszuwählen, die geeignete Merkmale (Widerstandswert und Temperaturmerkmal) und die geeignete charakteristische Parität für eine Verwendung in Paaren auszuwählen.

**[0011]** Die japanische offengelegte Patentveröffentlichung (Kokai) Nr. 59-218913 schlägt einen Hybridsensor vor, der aus einer Kombination eines Winkelgeschwindigkeitssensors und eines Erdmagnetismus-Sensors besteht, um die Bewegungsrichtung eines sich bewegenden Objektes, auf welchem der Sensor installiert ist, zu detektieren, wobei ein von dem Winkelgeschwindigkeitssensor zugeführtes Richtungs-(Winkel)-Signal, das die Winkelgeschwindigkeit des sich bewegenden Objektes anzeigt, und ein von dem Erdmagnetismussensor geliefertes Richtungs- oder Azimutal-(Winkel)-Signal in einem geeigneten Verhältnis synthetisiert werden und die Bewegungsrichtung des sich bewegenden Objektes auf der Basis des Ergebnisses der Synthese detektiert wird.

**[0012]** Gemäß dem vorgeschlagenen Hybridsensor steigt oder fällt das Synthetisierverhältnis des von dem Winkelgeschwindigkeitssensor zugeführten Signals oder des von dem Erdmagnetismussensor zugeführten Signals in Abhängigkeit von den Umständen, unter welchen das sich bewegende Objekt sich bewegt, um die entsprechenden Merkmale der Sensoren maximal zu nutzen.

**[0013]** Der Erdmagnetismussensor ist beispielsweise vorteilhaft dadurch, dass er die momentane absolute Vorschubrichtung des sich bewegenden Objektes detektieren kann, da er den Erdmagnetismus wahrnimmt und dadurch einen relativen Winkel detektiert, der sich zwischen der Vorschubrichtung des sich bewegenden Objektes und der horizontalen Richtung desselben bildet.

**[0014]** Der Erdmagnetismussensor ist jedoch weitgehend anfällig für Störungen, z.B. wenn das sich bewegende Objekt einen Eisenbahnübergang oder eine Eisenbahnbrücke passiert.

**[0015]** Andererseits besteht der Winkelgeschwindigkeitssensor aus einem Gasmengesensor, der so ausgebildet ist, dass er die Winkelgeschwindigkeit des sich bewegenden Objektes auf der Basis einer Änderung des elektrischen Widerstands der temperatursensitiven Widerstandselementen, die einem Gasstrom in einem hermetisch abgedichteten Behälter ausgesetzt sind, detektiert, und somit weniger anfällig für Störungen ist.

**[0016]** Der Winkelgeschwindigkeitssensor unterliegt jedoch Sensitivitäts- und Versatzabweichungen,

so dass das Richtungs-(Winkel)-Signal, welches durch Integrieren von detektierten Werten der Winkelgeschwindigkeit erhalten wird, nicht fehlerfrei ist, und solche Fehler addieren sich mit der Zeit zu einem großen Fehler auf.

**[0017]** Der vorgeschlagene Hybridsensor nützt die obengenannten jeweiligen Merkmale oder Vorzüge der zwei Sensoren und ist so konstruiert, dass die Leistung des Erdmagnetismussensors in einem hohen Verhältnis (100%) verwendet wird, um die Bewegungsrichtung des sich bewegenden Objektes in einem frühen Stadium dessen Bewegung zu detektieren, und wird danach auf die Leistung des Winkelgeschwindigkeitssensor sanft und ohne Unterbrechung geschaltet, so dass das Verhältnis, in dem die Leistung des Winkelgeschwindigkeitssensors genutzt wird, allmählich gesteigert wird, während das Verhältnis, in dem die Leistung des Erdmagnetismussensors genutzt wird, allmählich reduziert wird.

**[0018]** Wenn ferner das sich bewegende Objekt sich bewegt, wobei nur die Leistung des Winkelgeschwindigkeitssensors alleine verwendet wird, um die Bewegungsrichtung zu detektieren, und die Bewegung sich über eine lange Zeit ohne Unterbrechung fortgesetzt hat, nimmt das Verhältnis, in dem die Leistung des Winkelgeschwindigkeitssensors verwendet wird, in Reaktion auf die durchgehende Zeitperiode ab, die immer überwacht wird, während das Verhältnis, in dem die Leistung des Erdmagnetismussensors verwendet wird, steigt, wodurch eine Abweichung des Winkelgeschwindigkeitssensors und eine Abweichung des Versatzes verhindert werden.

**[0019]** Kurzum wird bei dem vorgeschlagenen Hybridsensor, welcher eine Kombination aus einem Erdmagnetismussensor und einem Winkelgeschwindigkeitssensor verwendet, das Verhältnis, in dem die Leistung dieser Sensoren genutzt wird, so eingestellt, dass der Hybridsensor an die Fahrtbedingungen des sich bewegenden Objektes angepasst wird, wodurch es möglich wird, die Bewegungsrichtung des sich bewegenden Objektes genau zu detektieren.

**[0020]** Weiterhin ist noch eine weitere Art von Hybridsensor bekannt, bei welchem ebenfalls eine Kombination aus einem Erdmagnetismussensor und einem Winkelgeschwindigkeitssensor verwendet wird, und der so konstruiert ist, dass eine von dem Erdmagnetismussensor detektierte Richtung (Winkel) und eine von dem Winkelgeschwindigkeitssensor detektierte Richtung (Winkel) miteinander verglichen werden, wobei eine der Richtungen (Winkel), die von den zwei Sensoren erhalten werden, als eine genaue Richtung betrachtet wird und ein Fehlerfaktor der Leistung des anderen Sensors korrigiert wird, um den Unterschied zwischen den von den Sensoren erhal-

tenen Richtungen (Winkel) auf Null zu bringen.

**[0021]** Bei diesen herkömmlichen Hybridsensoren besteht ein Problem darin, dass der Erdmagnetismussensor anfällig gegenüber durch die Magnetisierung bewirkte Störungen ist, wenn das sich bewegende Objekt einen Eisenbahnübergang, eine Eisenbahnbrücke oder dergleichen passiert, und folglich wird beim Schalten von der Leistung des Erdmagnetismus zur Leistung des Winkelgeschwindigkeitssensors oder wenn die Leistung des Erdmagnetismus als eine akkurate Richtung anzeigend betrachtet wird, der von dem Erdmagnetismus detektierte Winkel geändert, wodurch eine akkurate Richtungsdetektion verhindert wird.

**[0022]** Darüber hinaus besteht ein weiterer Nachteil dieser Hybridsensoren darin, dass aufgrund der Verwendung des Winkelgeschwindigkeitssensors Abweichungen in der Sensitivität und dem Versatz entstehen, welche sich aus einer Änderung der Temperatur und der Alterung ergeben, so dass der Azimutalwinkel, der durch zeitliche Integration der Winkelgeschwindigkeit erhalten wird, zunehmend fehlerhaft wird, was sich aus akkumulierten Integralwerten der Abweichungen ergibt.

**[0023]** JP 05133762 offenbart einen Sensor mit zwei zusammengesetzten Sensoren. US 4,470,124 offenbart einen Fahrdistanzsensor.

**[0024]** Die vorliegende Erfindung stellt einen Hybridsensor gemäß Anspruch 1 bereit. Die Erfindung kann einen Hybridsensor bereitstellen, welcher die Richtung (Azimutalwinkel) eines sich bewegenden Objektes genau und zuverlässig detektieren kann sowie mit geringen Kosten hergestellt werden kann.

**[0025]** Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Hybridsensor bereitzustellen, der eine Abweichung der Sensitivität und des Versatzes während der Bewegung eines sich bewegenden Objektes korrigieren kann, um hierdurch die Bewegungsrichtung des sich bewegenden Objektes und/oder die Beschleunigung, die auf das sich bewegende Objekt wirkt, mit hoher Genauigkeit zu detektieren.

**[0026]** Die Erfindung kann einen Hybridsensor bereitstellen, bei welchem ein Winkelgeschwindigkeitssensor und ein Beschleunigungssensor einstückig durch Halbleiterfertigungs-Technologie integriert sind. Die Erfindung stellt einen Hybridsensor bereit, welcher so ausgebildet ist, dass er eine Abweichung der Sensitivität und des Versatzes des Winkelgeschwindigkeitssensors oder des Beschleunigungssensors während einer Bewegung des sich bewegenden Objektes auf der Basis eines Winkelgeschwindigkeitssignals und eines Beschleunigungssignals, die von den zwei Sensoren zugeführt werden, korrigieren kann.

**[0027]** Die vorliegende Erfindung kann einen Hybridsensor bereitstellen, welcher aufweist:

Einen Beschleunigungssensor zum Detektieren der Beschleunigung auf der Basis einer Temperaturverteilung eines vorbestimmten Gases, das in einem fluiddichten Raum hermetisch eingeschlossen ist; und einen Winkelgeschwindigkeitssensor zum Detektieren der Winkelgeschwindigkeit auf der Basis einer Abweichung eines Stroms eines vorbestimmten Gases, wobei der Hybridsensor eine Mehrzahl von Halbleitersubstraten aufweist, die übereinander angeordnet sind und zu einem Laminat verbunden sind, wobei der Beschleunigungssensor und der Winkelgeschwindigkeitssensor auf den Halbleitersubstraten durch Halbleiter-Verarbeitungstechnologie gebildet wurden.

**[0028]** Der Beschleunigungssensor kann eine wärmeerzeugende Widerstandseinrichtung zum Erwärmen des vorbestimmten Gases zum Bilden der Temperaturverteilung in dem fluiddichten Raum, und eine temperatursensitive Widerstandseinrichtung zum Detektieren einer Änderung der Temperaturverteilung, bewirkt durch die Beschleunigung, die auf den Hybridsensor wirkt, aufweisen.

**[0029]** Die wärmeerzeugende Widerstandseinrichtung kann ein wärmeerzeugendes Widerstandselement aufweisen, das in einem Mittelpunkt des fluiddichten Raums angeordnet ist, und die temperatursensitive Widerstandseinrichtung weist mindestens ein Paar temperatursensitiver Widerstandselemente auf, wobei die temperatursensitiven Widerstandselemente jedes Paares so angeordnet sind, dass sie in Bezug auf das wärmeerzeugende Widerstandselement entlang einer entsprechenden Achse der Mehrzahl von Achsen symmetrisch sind.

**[0030]** Vorzugsweise ist das in dem fluiddichten Raum eingeschlossene vorbestimmte Gas ein Druckgas mit einer geringen Wärmeleitfähigkeit.

**[0031]** Bei einigen Anordnungen weist der Winkelgeschwindigkeitssensor einen Gasdurchgang, durch welchen das vorbestimmte Gas geschickt wird, und eine Heizdraht-Widerstandseinrichtung auf, die in dem Gasdurchgang angeordnet ist, um die durch die Wirkung der Winkelgeschwindigkeit bewirkte Abweichung des Stroms des vorbestimmten Gases zu detektieren.

**[0032]** Die Heizdraht-Widerstandseinrichtung kann mindestens ein Paar temperatursensitiver Heizdraht-Widerstandselemente aufweisen, wobei die temperatursensitiven Widerstandselemente jedes Paares so angeordnet sind, dass sie in Bezug auf eine Mittelachse des Stroms des vorbestimmten Gases entlang einer entsprechenden Achse der Mehrzahl von Achsen symmetrisch sind.

**[0033]** Bei der vorliegenden Erfindung können verschiedene Arten von Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeitssensoren in Kombination verwendet werden, um den Hybridsensor zu bilden. Der Hybridsensor kann z.B. durch eine Kombination gebildet werden, bei welcher der Beschleunigungssensor ein zweiachsiger Beschleunigungssensor und der Winkelgeschwindigkeitssensor ein einachsiger Winkelgeschwindigkeitssensor ist, eine Kombination, bei welcher der Beschleunigungssensor ein dreiachsiger Beschleunigungssensor und der Winkelgeschwindigkeitssensor ein einachsiger Winkelgeschwindigkeitssensor ist, eine Kombination, bei welcher der Beschleunigungssensor ein dreiachsiger Beschleunigungssensor und der Winkelgeschwindigkeitssensor ein zweiachsiger Winkelgeschwindigkeitssensor ist, oder durch eine Kombination, bei welcher der Beschleunigungssensor ein dreiachsiger Beschleunigungssensor und der Winkelgeschwindigkeitssensor ein dreiachsiger Winkelgeschwindigkeitssensor ist.

**[0034]** Bei einer vorteilhaften Anwendung kann der Hybridsensor an einem sich bewegenden Objekt installiert sein, wobei der Beschleunigungssensor die Beschleunigung des sich bewegenden Objektes detektiert und der Winkelgeschwindigkeitssensor die Winkelgeschwindigkeit des sich bewegenden Objektes detektiert.

**[0035]** Vorzugsweise beinhaltet die Sensor-Korrekturereinrichtung eine Sensordaten-Speichereinrichtung zum Lesen von Daten des Winkelgeschwindigkeitssignals des Winkelgeschwindigkeitssensors, Daten des Beschleunigungssignals des Beschleunigungssensors, und Daten des Geschwindigkeitssignals des Geschwindigkeitssensors eine vorbestimmte Anzahl von Malen pro vorbestimmter Zeitspanne, und zum Speichern der gelesenen Daten, eine Variable-Berechnungseinrichtung zum Berechnen des Sensitivitätskoeffizienten und des Versatzwertes auf der Basis der in der Sensordaten-Speichereinrichtung gespeicherten Daten, eine Parameter-Berechnungseinrichtung zum Berechnen eines tatsächlichen Werts der Beschleunigung und eines tatsächlichen Werts der Winkelgeschwindigkeit auf der Basis einer Leistung der Parameter-Berechnungseinrichtung, und eine Steuereinrichtung zum Steuern der Sensordaten-Speichereinrichtung, der Variable-Berechnungseinrichtung und der Parameter-Berechnungseinrichtung.

**[0036]** Insbesondere beinhaltet die Variable-Berechnungseinrichtung eine Aktualisierte-Daten-Speichereinrichtung zum Speichern aktualisierter Daten des Sensitivitätskoeffizienten und des Versatzwertes, die direkt vor dem Stoppen des sich bewegenden Objekts berechnet werden, und wobei die Parameter-Berechnungseinrichtung die Winkelgeschwindigkeit auf der Basis der aus der Aktualisierte-Daten-Speichereinrichtung gelesenen, aktualisierten

Daten des Sensitivitätskoeffizienten und des Versatzwertes berechnet, wenn das sich bewegende Objekt wieder gestartet wird.

**[0037]** Die obengenannten und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich deutlicher aus der folgenden detaillierten, nur beispielhaften Beschreibung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen.

**[0038]** Es zeigen:

**[0039]** [Fig. 1](#) eine perspektivische Explosionsdarstellung der Anordnung eines Hybridsensors;

**[0040]** [Fig. 2](#) eine perspektivische Explosionsdarstellung der Anordnung eines weiteren Hybridsensors;

**[0041]** [Fig. 3](#) ein Schaltbild einer Winkelgeschwindigkeits-Detektionsschaltung eines einachsigen Gasmengensensors;

**[0042]** [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) Schaltbilder der Beschleunigungs-Detektionsschaltungen von dreiachsigen Beschleunigungssensoren;

**[0043]** [Fig. 5](#) eine perspektivische Explosionsdarstellung der Anordnung von wesentlichen Teilen eines zweiachsigen Gasmengensensors, der in einem weiteren Hybridsensor verwendet wird;

**[0044]** [Fig. 6](#) eine perspektivische Explosionsdarstellung der Anordnung von wesentlichen Teilen eines dreiachsigen Gasbeschleunigungssensors;

**[0045]** [Fig. 7](#) eine Schnittansicht der Anordnung eines weiteren Hybridsensors;

**[0046]** [Fig. 8](#) ein Schaubild, welches zur Erklärung des Prinzips der Detektion des Azimutalwinkels durch einen Hybridsensor gemäß einer Ausführungsform der Erfindung dient;

**[0047]** [Fig. 9](#) ein Blockschaubild, das wesentliche Teile des Hybridsensors gemäß der Ausführungsform von [Fig. 8](#) zeigt; und

**[0048]** [Fig. 10](#) ein Blockschaubild, das wesentliche Teile des Hybridsensors zeigt, d.h. eine in der Sensor-Korrekturereinrichtung vorgesehene Variable-Berechnungseinrichtung gemäß der in Bezug auf [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) beschriebenen Ausführungsform der Erfindung.

**[0049]** [Fig. 1](#) bis [Fig. 7](#) wurden beibehalten, um das Verständnis eines Hybridsensors zu vereinfachen, welcher eine Sensor-Korrekturereinrichtung gemäß der Erfindung aufweisen kann. Die Sensor-Korrekturereinrichtung der vorliegenden Erfindung ist in Bezug auf

[Fig. 8](#) bis [Fig. 10](#) beschrieben.

[0050] [Fig. 1](#), auf welche zuerst Bezug genommen wird, zeigt einen Gasmengensensor als Hybridsensor, der in einem Beschleunigungssensor beinhaltet ist.

[0051] Der Hybridsensor besteht aus einem zweiachsigen Beschleunigungssensor der Art eines Gasmengensensors und einem einachsigen Gasmengensensor, welche einstückig auf einem laminierten Halbleitersubstrat aufgebaut sind.

[0052] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, besteht der in einem Beschleunigungssensor beinhaltete Gasmengensensor (im Folgenden als „Hybridsensor“ bezeichnet, falls nicht anders angegeben) aus einem Halbleitersubstrat **2** und einem Halbleitersubstrat **3**.

[0053] Das Halbleitersubstrat **2** weist eine Gasstrom-Einlassöffnung **2A**, die sich vertikal durch das Substrat erstreckt, eine Aussparung **2B** mit einer vorbestimmten Tiefe, die in der Bodenfläche des Substrats gebildet ist und eine obere Hälfte eines Gasdurchgangs **6** bildet, und eine Aussparung **2C** auf, die ebenfalls in der Bodenfläche gebildet ist und eine obere Hälfte eines fluiddichten Raums **7** bildet. Die Gasstrom-Einlassöffnung **2A** und der Gasdurchgang **6** bilden Teil des Gasstromsensors **4**, während der fluiddichte Raum **7** Teil des Beschleunigungssensors **5** bildet.

[0054] In oder auf dem Halbleitersubstrat **3** sind unterschiedliche Elemente und Teile durch Halbleiter-Verarbeitungstechnologie gebildet, bei welcher wiederholtes Ablagern und mehrfaches Ätzen ausgeführt wird. Insbesondere sind in oder auf dem Substrat **3** eine Aussparung **3A**, eine Heizdrahtbrücke **3B**, Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-1}$ ,  $H_{w-r}$ , Verbindungsleitungen und eine nicht gezeigte Anschlussfläche gebildet, die mit den Heizdraht-Widerstandselementen verbunden ist, die zusammen mit der Gasstrom-Einlassöffnung **2A** und der Aussparung **2B** des Halbleitersubstrats **2** sowie einer Aussparung **3C**, einem wärmeerzeugenden Widerstandselement  $H$ , wärmesensitiven Widerstandselementen  $X1$ ,  $X2$ ,  $Y1$ ,  $Y2$  und einer Anschlussfläche **10**, die mit dem wärmeerzeugenden Widerstandselement und den temperatursensitiven Widerstandselementen verbunden ist, welche den Beschleunigungssensor **5** bilden etc., den Gasmengensensor **4** bilden.

[0055] Die Heizdrahtbrücke **3B** des Gasmengensensorblocks **3** und die nicht gezeigten Brücken des Beschleunigungssensors **5** (eine Brücke jeweils für  $H$ ,  $X1$ ,  $X2$ ,  $Y1$ ,  $Y2$ ) sind durch Ätzen der Oberflächen des Halbleitersubstrats **3** gebildet und Abschnitte der Substrate **3** unterhalb der entsprechenden Brücken bilden Teil (d.h. sind zusammenhängend mit) der Aussparung **3A** und der Aussparung **3C**.

[0056] Die Heizdraht-Widerstände  $H_{w-1}$ ,  $H_{w-r}$  sind auf der Oberfläche der Heizdrahtbrücke **3B** des Gasmengensensors **4** gebildet und das wärmeerzeugende Widerstandselement  $H$  und die wärmesensitiven Widerstandselemente  $X1$ ,  $X2$ ,  $Y1$ ,  $Y2$  sind auf der Oberfläche der nicht gezeigten Brücken des Beschleunigungssensors **5** gebildet.

[0057] Die Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-1}$ ,  $H_{w-r}$ , das wärmeerzeugende Widerstandselement  $H$  und die temperatursensitiven Widerstandselemente  $X1$ ,  $X2$ ,  $Y1$ ,  $Y2$  sind durch Ätzen von Leiterbereichen, die z.B. durch Dampfabscheidung oder Kristallwachstum von Platin, Wolfram oder einem ähnlichen Material gebildet sind, entsprechend einem Miniaturmusterset auf einer Photomaske gebildet.

[0058] Die Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-1}$ ,  $H_{w-r}$ , das wärmeerzeugende Widerstandselement  $H$  und die temperatursensitiven Widerstandselemente  $X1$ ,  $X2$ ,  $Y1$ ,  $Y2$  unterscheiden sich nur bezüglich des Widerstandswerts voneinander und können somit gleichzeitig auf dieselbe Weise gebildet werden.

[0059] Die Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-1}$ ,  $H_{w-r}$  sind auf einer gemeinsamen X-Y Ebene an einer mittleren Stelle in Richtung der Z-Achse in dem Gasdurchgang **6**, der durch die Aussparung **2B** des Halbleitersubstrats **2** und die Aussparung **3A** des Halbleitersubstrats **3** gebildet ist, derart angeordnet, dass sie entlang der X-Achse in Bezug auf die Mittelachse eines Stroms  $F_y$  eines Gases, das in dem Gasdurchgang **6** entlang der Y-Achse strömt, symmetrisch sind. Bei dieser Anordnung kann ein einachsiger Winkelgeschwindigkeitssensor verwendet werden, um die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_x$  in einer horizontalen (Gier) Richtung zu detektieren, wenn ein sich bewegendes Objekt (z.B. Fahrzeug), an welchem der Hybridsensor **1** installiert ist, sich in einem Winkel um die Z-Achse bewegt, während das sich bewegende Objekt sich in Richtung der Y-Achse bewegt.

[0060] Das wärmeerzeugende Widerstandselement  $H$  und die temperatursensitiven Widerstandselemente  $X1$ ,  $X2$ ,  $Y1$ ,  $Y2$  sind auf einer gemeinsamen X-Y Ebene an einer mittleren Stelle in der Richtung der Z-Achse in dem fluiddichten, von der Aussparung **2C** des Halbleitersubstrats **2** und der Aussparung **3C** des Halbleitersubstrats **3** gebildeten Raum **7** angeordnet, wobei das wärmeerzeugende Widerstandselement  $H$  im Wesentlichen im Zentrum der X-Y-Ebene angeordnet ist, und wobei Paare von temperatursensitiven Widerstandselementen  $X1$ ,  $X2$ ,  $Y1$ ,  $Y2$  symmetrisch zueinander oder einander gegenüberliegend in Bezug zu dem wärmeerzeugenden Widerstandselement  $H$  als Symmetriezentrum entlang der X-Achse bzw. der Y-Achse angeordnet sind. Bei dieser Anordnung ist ein Winkelbeschleunigungssensor mit zwei Achsen vorgesehen, welcher verwendet werden kann, um die Beschleunigung  $G$  zu detektieren, die in

Richtung der X-Achse und der Y-Achse wirkt.

**[0061]** Nach der Vorbereitung der Halbleitersubstrate **2** und **3** wird ein Druckgas aus Stickstoff, Argon oder dergleichen, welches eine geringe Wärmeleitfähigkeit hat, in den fluiddichten Raum **7** gefüllt, und dann werden die Substrate aufeinander in Richtung der X-Achse laminiert, so dass sie den fluiddichten Raum **7** hermetisch abdichten, um den Hybridsensor **1** zu bilden.

**[0062]** Die Substrate können z.B. in einen mit einem Druckgas gefüllten Ofen gegeben und mit einem aushärtenden Harz zusammengefügt werden.

**[0063]** Das Halbleitersubstrat **3** ist größer als der Halbleiter **2**, da daran die Anschlussfläche **10** zur Verbindung mit externen Vorrichtungen gebildet werden muss.

**[0064]** Auf diese Weise kann durch Anwenden der Masken- und Mikro-Verarbeitungstechnik, die bei dem Halbleiterherstellungsprozess verwendet wird, der Hybridsensor **1** gebildet werden, bei welchem die Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-1}$ ,  $H_{w-r}$ , das wärmeerzeugende Widerstandselement  $H$  und die temperatursensitiven Widerstandselemente  $X1$ ,  $X2$ ,  $Y1$ ,  $Y2$  sowie die Aussparungen **2B**, **2C**, **3A**, **3C**, die den Gasdurchgang **6** und den fluiddichten Raum **7** bilden, an genannten Stellen und mit den genannten Größen gebildet werden, wobei bei dem Gasmengesensor **4** und dem Beschleunigungssensor **5** der Art eines Gassensors keine Einstellung der Lage der Widerstandselemente und deren Ausrichtung erforderlich ist.

**[0065]** Weiterhin werden die Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-1}$ ,  $H_{w-r}$ , das wärmeerzeugende Widerstandselement  $H$  und die temperatursensitiven Widerstandselemente  $X1$ ,  $X2$ ,  $Y1$ ,  $Y2$  auf dem Halbleitersubstrat **3** gebildet, und somit weist jedes Paar der Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-1}$ ,  $H_{w-r}$  und die temperatursensitiven Widerstandselemente  $X1$  und  $X2$  und  $Y1$  und  $Y2$  eine hervorragende charakteristische Parität zur Verwendung als Paar in Bezug auf Widerstand und Temperaturmerkmale auf, wobei das Widerstandsverhältnis zwischen den Widerstandselementen jedes Pairs sehr genau ist. Dadurch wird eine sehr stabile Leistung des Hybridsensors erhalten, welcher die Winkelgeschwindigkeit und Beschleunigung durch das Verhältnis des Widerstands zwischen den Widerstandselementen jedes Pairs detektiert.

**[0066]** Im Folgenden wird nun die Funktion des Gasmengesensors **4** und des Beschleunigungssensors **5** der Art eines Gassensors des Hybridsensors **1** beschrieben.

**[0067]** Wie oben beschrieben wurde, hat der Gas-

mengesensor **4** ein Paar Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-1}$ ,  $H_{w-r}$ , die so angeordnet sind, dass sie in Bezug auf die Y-Achse, d.h. auf die Mittelachse des Gasstroms  $F_Y$ , und entlang der X-Achse senkrecht zur Y-Achse symmetrisch sind, und detektiert die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_x$ , die auf den Hybridsensor **1** wirkt, wenn das sich bewegende Objekt sich winkelförmig um die Z-Achse bewegt.

**[0068]** Wenn der Hybridsensor **1** z.B. an einem Fahrzeug **1** installiert ist und das Fahrzeug sich in Richtung der Y-Achse bewegt, kann der Sensor **1** die Winkelgeschwindigkeit in der Gierrichtung detektieren.

**[0069]** Wenn die Winkelgeschwindigkeit in der Gierrichtung auf den Hybridsensor **1** wirkt, wirkt die Corioliskraft auf den Gasstrom  $F_Y$  und lenkt diesen ab, wodurch sich ein Ungleichgewicht zwischen den Stromraten des Gases, das auf die Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-1}$ ,  $H_{w-r}$  trifft, ergibt, wodurch sich deren Widerstandswerte ändern. Aus diesem Grund ist es möglich, die Größe und Richtung der Winkelgeschwindigkeit in der Gierrichtung durch Detektieren des Unterschieds zwischen den Widerstandswerten von  $H_{w-1}$  und  $H_{w-r}$  zu detektieren.

**[0070]** Bei dem Beschleunigungssensor **5** der Art eines Gassensors sind das wärmeerzeugende Widerstandselement  $H$  und die temperatursensitiven Widerstandselemente  $X1$ ,  $X2$ ,  $Y1$ ,  $Y2$  innerhalb des fluiddichten Raums **7** angeordnet, um die Beschleunigung in den Richtungen der zwei Achsen (X-Achse und Y-Achse) zu detektieren. Das Druckgas mit geringer Wärmeleitfähigkeit, wie z.B. Stickstoff und Argon, ist in dem fluiddichten Raum **7** eingeschlossen.

**[0071]** Bei Betrieb wird eine Leistung von einer externen Leistungsquelle (Spannungs- oder Stromquelle) an das wärmeerzeugende Widerstandselement  $H$  angelegt, um das Gas in dem fluiddichten Raum **7** durch die erzeugte Joule-Wärme zu erwärmen, wodurch sich eine Temperaturverteilung mit großem Temperaturgradienten ergibt, welche umgekehrt proportional zu dem Abstand von dem wärmeerzeugenden Widerstandselement  $H$  ist.

**[0072]** Die paarweisen temperatursensitiven Widerstandselemente  $X1$  und  $X2$  sind in einem gleichen Abstand von dem wärmeerzeugenden Element  $H$  in der Richtung der X-Achse und von den paarweisen temperatursensitiven Widerstandselemente  $Y1$  bzw.  $Y2$  in der Richtung der Y-Achse angeordnet. Wenn somit keine Beschleunigung  $G$  auf den Hybridsensor **1** wirkt, sind die Temperaturbedingungen der temperatursensitiven Widerstandselemente  $X1$  und  $X2$  oder  $Y1$  und  $Y2$  gleich, d.h. ihre Temperatur ist ausgeglichen, wodurch keine Beschleunigung detektiert wird.

**[0073]** Wenn eine Beschleunigung  $G$  auf den Hybridsensor in Richtung der X-Achse wirkt, z.B. wenn die temperatursensitiven Widerstandselemente somit ausgeglichene Temperaturbedingungen haben, verschiebt sich die Temperaturverteilung in dem fluid-dichten Raum **7** in eine Richtung entgegengesetzt zur Wirkungsrichtung der Beschleunigung  $G$ , wodurch das Temperaturgleichgewicht zwischen den temperatursensitiven Widerständen  $X1$  und  $X2$  verloren geht, was eine erhöhte Temperatur des temperatursensitiven Widerstands  $X1$  und eine verringerte Temperatur des temperatursensitiven Widerstandselements  $X2$  zur Folge hat.

**[0074]** Wenn somit die Temperatur des temperatursensitiven Widerstandselements  $X1$  steigt, steigt sein Widerstand, wohingegen, wenn die Temperatur des temperatursensitiven Widerstandselements  $X2$  sinkt, sein Widerstand abnimmt. Somit ist es möglich, die Größe der Beschleunigung  $G$  aus einem Wert (Spannungs- oder Stromwert) entsprechend der Differenz zwischen den Widerstandswerten des temperatursensitiven Widerstandselements  $X1$  bzw.  $X2$  und dem Vorzeichen (+ oder -) der Differenz zu detektieren.

**[0075]** Somit detektiert der Gasmengesensor die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_x$  um eine Achse in der Gierrichtung, d.h. der Z-Achse, und der Beschleunigungssensor der Art eines Gassensors detektiert die Beschleunigung  $G$  in den Richtungen der zwei Achsen, d.h. der X-Achse und der Y-Achse.

**[0076]** [Fig. 2](#) zeigt einen zweiten Hybridsensor.

**[0077]** Der Hybridsensor besteht aus einem Beschleunigungssensor der Art eines Gassensors mit zwei Achsen und einem Gasmengesensor mit einer Achse, die einstückig auf einem Halbleitersubstrat gebildet sind.

**[0078]** Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, unterscheidet sich dieser Sensor von dem ersten oben beschriebenen Sensor darin, dass der Hybridsensor **11** zusätzlich mit einem Beschleunigungssensor mit einer Achse der Art eines Piezosensors in dem Beschleunigungssensorblock versehen ist, um die auf ihn wirkende Beschleunigung  $G$  zu detektieren.

**[0079]** Der Beschleunigungssensor der Art eines Piezosensors ist in dem Halbleitersubstrat **3** durch Ätzen gebildet. Das heißt, ein Massebereich **B** wird durch Abkratzen von drei Abschnitten an den Seiten des Massebereichs **8** ausgeschnitten, um eine Aussparung **3D** zu bilden, wobei ein Bereich den Massebereich **8** mit dem Hauptteil des Halbleitersubstrats **3** verbindet, welcher als beweglicher Bereich (Strahlbereich) gebildet ist, welcher eine geringere Dicke aufweist als der Massebereich **8**. Der bewegliche Bereich (Strahlbereich) ist biege- oder verformbar propor-

tional zu einer Kraft (Produkt der Masse und Beschleunigung), die auf den Massebereich **8** wirkt, wenn die Beschleunigung  $G$  auf den Hybridsensor **1** in Richtung der Z-Achse wirkt.

**[0080]** Insbesondere sind die Piezoelemente  $Z1$ ,  $Z2$  in dem beweglichen Strahlbereich durch eine Halbleiterverarbeitungstechnik gebildet, wie Dampfabscheidung, so dass ein Biegen oder Verformen des beweglichen Bereichs aufgrund von Änderungen des Widerstands der piezoelektrischen Elemente  $Z1$ ,  $Z2$  detektiert werden kann. Somit kann die Beschleunigung  $G$ , die in Richtung der Z-Achse wirkt, detektiert werden.

**[0081]** Der Beschleunigungssensor der Art eines Piezosensors kann durch einen Beschleunigungssensor des Kapazitätstyps ersetzt werden.

**[0082]** [Fig. 3](#) zeigt die Schaltkonfiguration einer Winkelgeschwindigkeits-Detektierschaltung des Gasmengesensors mit einer Achse, der bei den ersten und zweiten Hybridsensoren der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) verwendet wird.

**[0083]** Eine Widerstands-Brückenschaltung wird durch ein Paar der Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-1}$  (Widerstand  $R_L$ ) und  $H_{w-r}$  (Widerstand  $R_R$ ) und Referenzwiderstände  $R_{F1}$ ,  $R_{F2}$  gebildet. Ein Strom von der Stromversorgung (regulierte Stromquelle  $I_0$ ) wird an die Widerstands-Brückenschaltung angelegt, um Gleichspannungsausgänge  $V_{Z1}$ ,  $U_{Z2}$  zu erhalten. Die Gleichspannungsausgänge  $V_{Z1}$ ,  $V_{Z2}$  werden an einen Komparator angelegt, der z.B. aus einem Betriebsverstärker OP-1 gebildet ist, welcher wiederum eine Leistung  $V_{01}$  erzeugt, die die Winkelgeschwindigkeit entsprechend der Differenz ( $V_{Z1} - V_{Z2}$ ) anzeigt.

**[0084]** Die Referenzspannungen  $R_{F1}$ ,  $R_{F2}$  werden auf denselben Wert gesetzt, so dass die Leistung  $V_{01}$  proportional zu der Differenz ( $R_R - R_L$ ) ist, wodurch die Winkelgeschwindigkeit, die in der Gierrichtung wirkt, detektiert werden kann.

**[0085]** Die Größe der Winkelgeschwindigkeit wird von dem Pegel der Leistung  $V_{01}$  und die Richtung der Winkelgeschwindigkeit von dem Vorzeichen desselben bestimmt.

**[0086]** [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) zeigen die die Beschleunigung detektierenden Schaltungen des Beschleunigungssensors mit zwei Achsen, der bei dem Sensor von [Fig. 2](#) verwendet wird.

**[0087]** [Fig. 4A](#) zeigt die Schaltung einer wärmeerzeugenden Widerstands-Treiberschaltung, [Fig. 4B](#) eine Beschleunigungs-Detektierschaltung zum Detektieren der Beschleunigung in Richtung der X-Achse, und [Fig. 4C](#) eine Beschleunigungs-Detektierschaltung zum Detektieren der Beschleunigung in

Richtung der Y-Achse.

**[0088]** Bei diesen Figuren wird die Leistungsquelle zum Treiben der Schaltungen von einer Stromquelle ( $I_0$ ) gebildet. Dies ist nicht einschränkend, sie kann auch von einer Spannungsquelle ( $V_0$ ) gebildet werden.

**[0089]** Die wärmeerzeugende Widerstands-Treiber-schaltung von [Fig. 4A](#) legt einen Strom von der Leistungsquelle ( $I_0$ ) an den Widerstand R des wärmeerzeugenden Widerstandselements H an, um Joule-Wärme entsprechend der Leistung von ( $I_0^2 \times R$ ) zu erzeugen.

**[0090]** Die Beschleunigungs-Detektier-Schaltung von [Fig. 4B](#) hat eine Brückenschaltung, die aus dem temperatursensitiven Widerstandselement X1 (Widerstand R1), dem temperatursensitiven Widerstandselement X2 (Widerstand R2) und den Referenzwiderständen Ro1, Ro2 und einem Differentialverstärker  $A_x$  gebildet ist, welcher eine Leistung  $V_{ox}(V_{x1} - V_{x2})$  erzeugt, die die Differenzen zwischen den Ausgangsspannungen  $V_{x1}$  und  $V_{x2}$  von der Brückenschaltung anzeigt, die proportional zu der Beschleunigung G ist, die in Richtung der X-Achse wirkt.

**[0091]** Die Beschleunigungs-Detektier-Schaltung von [Fig. 4C](#) hat eine ähnliche Konstruktion zu der der Schaltung von [Fig. 4B](#), wobei die Differential-Verstärker  $A_y$ ,  $A_z$  Leistungen  $V_{oy}(V_{y1} - V_{y2})$  erzeugen, die die Unterschiede zwischen den Ausgangsspannungen  $V_{y1}$  und  $V_{y2}$  und der Brückenschaltung anzeigen, die proportional zu der Beschleunigung G ist, die in Richtung der Y-Achse wirkt.

**[0092]** Nun wird ein Hybridsensor beschrieben, welcher einen Gasmengesensor mit zwei Achsen und einen Beschleunigungssensor der Art eines Gassensors mit drei Achsen beinhaltet.

**[0093]** [Fig. 5](#) zeigt die Anordnung des Gasmengesensors **21** mit zwei Achsen, welcher aus Halbleitersubstraten **22** bis **25** gebildet ist, die aufeinander gestapelt sind. Dieser Gasmengesensor unterscheidet sich von dem in [Fig. 2](#) gezeigten dadurch, dass zusätzlich zu den Halbleitersubstraten **22** und **24** entsprechend dem Gasmengesensor **4** des Hybridsensors **1**, Halbleitersubstrate **23**, **25** mit einem Paar Heizdraht-Widerstandselementen  $H_{w-u}$  bzw.  $H_{w-d}$  vorgesehen sind, wobei das Paar Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-u}$  und  $H_{w-d}$  an einer entsprechenden oberen und unteren Stelle entlang der Z-Achse angeordnet ist und dabei ein Laminat von vier Schichten der Halbleitersubstrate **22** bis **25** bildet.

**[0094]** Die Heizdrahtbrücken **23A**, **25A** der Halbleitersubstrate **23**, **25** und die Heizdraht-Widerstandselemente  $H_{w-u}$ ,  $H_{w-d}$  sind mittels Halbleiterverarbeitungstechnik durch Ätzen und Dampfabscheidung

auf dieselbe Weise wie oben in Bezug auf [Fig. 2](#) beschrieben gebildet.

**[0095]** Nachdem die Elemente und Teile auf den Halbleitersubstraten **22** bis **25** gebildet wurden, werden die Substrate in Richtung der Z-Achse zur Bildung eines Laminats aufeinander gestapelt, wodurch ein Gasmengesensor mit zwei Achsen gebildet wird, welcher die Winkelgeschwindigkeiten  $\omega_x$  und  $\omega_z$  um die Z-Achse bzw. X-Achse detektieren kann, wenn sich das Fahrzeug um diese Achse bewegt.

**[0096]** [Fig. 6](#) zeigt die Anordnung des Beschleunigungssensors der Art eines Gassensors mit drei Achsen.

**[0097]** In [Fig. 6](#) ist der Beschleunigungssensor **31** der Art eines Gassensors mit drei Achsen aus Halbleitersubstraten **32** bis **35** gebildet. Dieser Beschleunigungssensor unterscheidet sich von dem Beschleunigungssensor **5** des Hybridsensors **1** der [Fig. 1](#) dadurch, dass zusätzlich zu den Halbleitersubstraten **32** und **34** entsprechend dem Beschleunigungssensor **5** Halbleitersubstrate **33**, **35** vorgesehen sind, auf welchen ein Paar temperatursensitiver Widerstandselemente Z1 und Z2 an einer entsprechenden oberen und unteren Stelle entlang der Z-Achse angeordnet ist, wodurch eine laminierte Struktur von vier Schichten der Halbleitersubstrate **32** bis **35** gebildet wird.

**[0098]** Die temperatursensitiven Widerstandselemente Z1 und Z2 der Halbleitersubstrate **33** und **35** sind durch die Halbleiterverarbeitungstechnik des Ätzens und Dampfabscheidung ähnlich wie oben beschrieben gebildet.

**[0099]** Nach dem Bilden der Elemente und Teile auf den Halbleitersubstraten **32** bis **35** werden die Substrate in Form eines Laminats aufeinander gestapelt, wodurch ein Beschleunigungssensor mit drei Achsen gebildet wird, welcher die Beschleunigung G, die in den drei Achsrichtungen wirkt (X-Achse, Y-Achse und Z-Achse) detektieren kann.

**[0100]** Dann werden das Laminat der Halbleitersubstrate **22** bis **25**, gezeigt in [Fig. 5](#), und das Laminat der Halbleitersubstrate **32** bis **35**, gezeigt in [Fig. 6](#), die alle auf dieselbe Art gefertigt sein können, in Richtung der Z-Achse aufeinander gestapelt, um hierdurch einen Hybridsensor mit dem Gasmengesensor mit zwei Achsen und den Beschleunigungssensor der Art eines Gassensors mit drei Achsen in einem Stück zu bilden.

**[0101]** Weiterhin kann ein Winkelgeschwindigkeitssensor zum Detektieren der Winkelgeschwindigkeit um die Y-Achse gestaltet werden durch Bilden eines Gasdurchgangs, um zu bewirken, dass das Gas entlang der X-Achse fließt, und Bilden eines Heiz-

draht-Widerstandselement-Paars, das entlang der Z-Achse angeordnet ist. Dieser Winkelgeschwindigkeitssensor kann zusätzlich vorgesehen werden, ähnlich zu dem oben beschriebenen zweiachsigen Gasmengesensoren **21**.

**[0102]** [Fig. 7](#) zeigt die Anordnung eines Hybridsensors mit drei Achsen.

**[0103]** Der Hybridsensor **41** hat einen Gasmengesensoren **46** Block mit drei Achsen und einen Beschleunigungssensoren **43** Block der Art eines Gassensors mit drei Achsen.

**[0104]** Der Gasmengesensoren **46** mit drei Achsen hat zusätzlich zu einem Gasdurchgang **48**, der sich entlang der Y-Achse erstreckt, einen Gasdurchgang **49**, der sich entlang der X-Achse erstreckt, welcher dem entspricht, der bei dem vorhergehenden, oben in Bezug auf [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) beschriebenen Sensor verwendet wurde.

**[0105]** In dem Gasdurchgang **48** entlang der Y-Achse sind ein Paar temperatursensitiver Widerstandselemente  $Y_1, Y_2$  der Art eines Heizdrahts zum Detektieren der Winkelgeschwindigkeit in der Gierrichtung sowie ein Paar temperatursensitiver Heizdraht-Widerstandselemente  $P_1, P_2$  zum Detektieren der Winkelgeschwindigkeit in der Steigungsrichtung vorgesehen, und in dem Gasdurchgang **49** entlang der X-Achse sind ein Paar temperatursensitiver Widerstandselemente  $R_{01}, R_{02}$  der Art eines Heizdrahts zum Detektieren der Winkelgeschwindigkeit in der Rollrichtung symmetrisch in Bezug zur y-Achse vorgesehen.

**[0106]** Bei Betrieb werden die Gasstrahlen  $F_y, F_x$  über eine Gasstrom-Einlassöffnung **47** zugeführt, um zu bewirken, dass das Gas gleichzeitig entlang dem Gasdurchgang **48** entlang der Y-Achse und dem Gasdurchgang **49** in Richtung der X-Achse strömt, wodurch die Winkelgeschwindigkeiten  $\omega_x, \omega_z, \omega_y$  in der Gierrichtung (um die Z-Achse), der Steigungsrichtung (um die X-Achse) und der Rollrichtung (um die Y-Achse) unabhängig voneinander zur selben Zeit detektiert werden können.

**[0107]** Andererseits ist der Beschleunigungssensoren **43** der Art eines Gassensors mit drei Achsen ähnlich wie oben in Bezug auf [Fig. 6](#) beschrieben gebildet, d.h. wie in [Fig. 7](#) gezeigt, wird Druckgas **45** aus Stickstoff oder Argon in einen fluiddichten Raum **44** gefüllt und drei Paare von temperatursensitiven Widerstandselementen  $x_1, x_2, y_1, y_2, z_1, z_2$  werden entlang den drei Achsen, der X-Achse, Y-Achse und Z-Achse so angeordnet, dass die Widerstandselemente jedes Pairs symmetrisch einander gegenüberliegen, wodurch ein wärmeerzeugendes Widerstandselement  $h$  im Mittelpunkt angeordnet ist, wobei ein Beschleunigungssensoren der Art eines Gassensors mit drei Ach-

sen gebildet wird, welcher die Beschleunigungen  $G$ , die entlang den drei Achsen wirken, unabhängig voneinander zum gleichen Zeitpunkt detektieren kann.

**[0108]** Gemäß dem ersten bis vierten Sensor, die oben in [Fig. 1](#) bis [Fig. 7](#) beschrieben sind, besteht der Hybridsensoren aus einer Mehrzahl von Halbleitersubstraten, in oder auf welchen durch Halbleitertechnologie mittels einer gewöhnlichen Photomaske eingeschlossene, raumbildende Aussparungen, ein wärmeerzeugendes Widerstandselement, temperatursensitive Widerstandselemente, welche einen Beschleunigungssensoren bilden, ein Gasstromdurchgang und Heizdraht-Widerstandselemente, die einen Winkelgeschwindigkeitssensoren bilden, gebildet werden, wobei die Halbleitersubstrate einander überlagert und zu ein Laminat verbunden werden. Deshalb kann der einstückig gebildete Hybridsensoren mit Beschleunigungssensoren und Winkelgeschwindigkeitssensoren mit geringen Kosten hergestellt werden. Weiterhin können die einzelnen Bestandteile des Hybridsensors in einfacher Weise gebildet und in einem gewünschten Design mit hoher Genauigkeit angeordnet werden, wodurch sich die Herstellung von Beschleunigungssensoren und Winkelgeschwindigkeitssensoren mit mehreren Achsen vereinfacht.

**[0109]** Darüber hinaus werden gemäß dem ersten bis vierten Sensor, die in [Fig. 1](#) bis [Fig. 7](#) beschrieben sind, der Beschleunigungssensoren und Winkelgeschwindigkeitssensoren, die den Hybridsensoren bilden, durch Bilden des wärmeerzeugenden Widerstandselements, der temperatursensitiven Widerstandselemente und der Heizdraht-Widerstandselemente auf demselben Halbleitersubstrat oder Halbleitersubstraten in demselben Herstellungslos gefertigt. Folglich kann eine genaue Merkmalsparität in Bezug auf Unterschiede der Widerstandswerte zwischen einzelnen Widerstandselementen erreicht werden, insbesondere zwischen paarweisen Widerstandselementen sowie in Bezug auf die Temperaturmerkmale zwischen diesen, was die Herstellung eines sehr genauen Hybridsensors ermöglicht.

**[0110]** Weiterhin wird gemäß dem ersten bis vierten Sensor, die in Bezug auf [Fig. 1](#) bis [Fig. 7](#) beschrieben sind, bei dem Beschleunigungssensoren, der den Hybridsensoren bildet, ein Druckgas mit geringer Wärmeleitfähigkeit verwendet, welches in dem fluiddichten Raum eingeschlossen ist. Folglich kann sich eine Temperaturverteilung mit hohem Temperaturgradienten in dem fluiddichten Raum bilden, was dem Beschleunigungssensoren eine hohe Sensitivität verleihen kann.

**[0111]** Insgesamt haben die Hybridsensoren gemäß den obigen [Fig. 1](#) bis [Fig. 7](#) eine hohe Detektionsgenauigkeit und hohe Zuverlässigkeit und können mit geringen Kosten hergestellt werden.

**[0112]** Im Folgenden wird ein Sensor mit einer Sensor-Korrekturereinrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beschrieben.

**[0113]** Fig. 8 zeigt die Detektion der Vorschubrichtung des sich bewegenden Objektes durch einen Hybridsensor gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

**[0114]** Wir nehmen an, dass das sich bewegende Objekt M, z.B. ein Fahrzeug, sich entlang einem Pfad R in Form eines Bogens mit einem Krümmungsradius  $\gamma$  bewegt und dass die Geschwindigkeit des sich bewegenden Objektes M an einem Punkt P auf dem Pfad R durch  $v$ , die Winkelgeschwindigkeit des sich bewegenden Objektes durch  $\omega$  und die Beschleunigung desselben, die in Richtung der Mitte des Bogens in einer Richtung senkrecht zur Richtung der Geschwindigkeit  $v$  wirkt, durch  $\alpha$  dargestellt sind. Dann gilt das in Gleichungen (1a) und (1b) unten gezeigte Verhältnis zwischen der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ , der Beschleunigung  $\alpha$ , der Geschwindigkeit  $v$  und dem Krümmungsradius  $\gamma$ , aus welchem das Verhältnis zwischen der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ , der Beschleunigung  $\alpha$  und der Geschwindigkeit  $v$  abgeleitet werden kann, was in Gleichung (1c) gezeigt ist, wobei der Krümmungsradius  $\gamma$  nicht beinhaltet ist, welcher während der Fahrt des sich bewegenden Objektes M nicht bestimmt werden kann:

$$\alpha = v^2/\gamma \quad (1a)$$

$$\omega = v/\gamma \quad (1b)$$

$$\alpha/\omega = v \quad (1c)$$

**[0115]** Im folgenden nehmen wir an, dass die von einem an dem sich bewegenden Objekt installierten Winkelgeschwindigkeitssensor detektierte Winkelgeschwindigkeit durch  $\omega_N$ , der echte Wert der Winkelgeschwindigkeit durch  $\omega_{SN}$ , ein Sensitivitätskoeffizient und ein Versatzwert einschließlich Abweichung der Leistung des Winkelgeschwindigkeitssensors durch  $a$  und  $b$ , die von einem Beschleunigungssensor, der auf dem sich bewegenden Objekt M installiert ist, detektierte Beschleunigung durch  $\alpha_N$ , der echte Wert der Beschleunigung durch  $\alpha_{SN}$  und ein Versatzwert einschließlich Abweichung der Leistung des Beschleunigungssensor durch  $c$  dargestellt sind. Gleichungen (2a) und (2b) werden wie folgt erhalten:

$$\omega_N = a \times \omega_{SN} + b \quad (2a)$$

$$\alpha_N = \alpha_{SN} + c \quad (2b)$$

**[0116]** Der Sensitivitätskoeffizient  $a$  und die Versatzwerte  $b$  und  $c$  stellen ständige Änderungen der Abweichungen der Leistung der Sensoren dar, die sich im Lauf der Zeit ändern sowie Änderungen der Leistungsmerkmale der Sensoren, bewirkt durch Al-

terung oder Temperatur. Diese Änderungen ergeben sich über eine ziemlich lange Zeitspanne und werden somit über eine kurze Zeitspanne von mehreren Sekunden als konstant erachtet.

**[0117]** Weiterhin kann man aus Gleichungen (2a) und (2b) ersehen, dass der Winkelgeschwindigkeitssensor seine Sensitivität sowie seinen Leistungsver-satz ändert, der Beschleunigungssensor jedoch nur seinen Versatz ändert, ohne die Sensitivität, wenn überhaupt, bedeutend zu ändern. Deshalb werden der Sensitivitätskoeffizient  $a$  und der Versatzwert  $b$  zum Berechnen der tatsächlichen Winkelgeschwindigkeit (echter Wert)  $\omega_{SN}$  korrigiert.

**[0118]** Weiterhin zeigt Gleichung (3) unten eine Grundgleichung, in welcher die Geschwindigkeit  $v$  in Gleichung (1c) ersetzt wird durch die Geschwindigkeit  $v_N$ , detektiert durch einen Geschwindigkeitssensor aufgrund der Annahme, dass die von dem Geschwindigkeitssensor detektierte Geschwindigkeit richtig ist. Die unbekanntenen Werte  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $\omega_{SN}$ ,  $\alpha_{SN}$  werden aus Gleichungen (2a), (2b) und (3) erhalten. Es ist zu beachten, dass der Index  $N$  die Anzahl der Detektionen anzeigt, die von dem Winkelgeschwindigkeitssensor, dem Beschleunigungssensor und dem Geschwindigkeitssensor ausgeführt wurden:

$$\omega_N = a \times \omega_{SN} + b \quad (3a)=(2a)$$

$$\alpha_N = \alpha_{SN} + c \quad (3b)=(2b)$$

$$\alpha_{SN} = \omega_{SN} \times v_N \quad (3c)$$

**[0119]** Die Gleichungen (3a) bis (3c) beinhalten fünf Variable  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $\omega_{SN}$ ,  $\alpha_{SN}$ , die unbekanntene Werte haben, während die Anzahl der Gleichungen drei beträgt. Bei jeder Detektion durch einen Sensor werden drei neue Gleichungen erstellt, während die Variablen  $a$ ,  $b$ ,  $c$  über eine kurze Zeitspanne von mehreren Sekunden als konstant betrachtet werden können. Somit werden bei jeder Detektion eines Sensors zwei neue Variable  $\omega_{SN}$ ,  $\alpha_{SN}$  erzeugt. Deshalb wird bei der dritten Detektion ( $N = 3$ ) die Anzahl der Gleichungen  $3N$  gleich der Anzahl an Variablen  $5 + 2 \times (N - 1)$ . Deshalb werden die Variablen von den Ergebnissen der Detektionen, die von jedem Sensor drei Mal über eine kurze Zeitspanne von einigen Sekunden ausgeführt werden, berechnet.

**[0120]** Wenn die Ergebnisse der von dem Winkelgeschwindigkeitssensor, dem Beschleunigungssensor und dem Geschwindigkeitssensor ausgeführten Detektionen bei Gleichungen (3a) bis (3c) angewandt werden, können die Gleichungen (3a) bis (3c) in Bezug auf  $\omega_{SN}$ ,  $\alpha_{SN}$  in Gleichungen (4a) und (4b) wie folgt neu angeordnet werden:

$$\alpha_{N(=1-3)} = \omega_{SN(=1-3)} \times v_{N(=1-3)} + C \quad (4a)$$

$$\omega_{SN(=1-3)} = (\omega_N(N = 1 - 3) - b)/a \quad (4b)$$

**[0121]** Wenn die sechs ( $N = 1 - 3$ ) Gleichungen von Gleichungen (4a) und (4b) gelöst sind und die resultierenden festgestellten Variablen  $a$ ,  $b$  und  $c$  als  $A$ ,  $B$  bzw.  $C$  angenommen werden, kann der echte Wert  $\omega_{SN(=3)}$  der Winkelgeschwindigkeit der dritten Detektion entsprechend Gleichung (4b) durch Verwendung des Sensitivitätskoeffizienten  $A$ , des Versatzwerts  $B$  und der Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{N(=3)}$ , detektiert von dem Winkelgeschwindigkeitssensor wie in Gleichung (5) gezeigt, festgestellt werden:

$$\omega_{SN(=3)} = (\omega_{N(=3)} - B)/A \quad (5)$$

**[0122]** Weiterhin kann je nach Bedarf der echte Wert  $\alpha_{SN(=1-3)}$  der Beschleunigung ebenfalls auf der Basis der Gleichung (3b) aus einem Unterschied zwischen der Beschleunigung  $\alpha_{N(=1-3)}$  und dem Versatzwert  $c (=C)$  bestimmt werden.

**[0123]** Wenn der echte Wert  $\omega_{SN(=3)}$ , bestimmt durch Gleichung (5), über eine Zeitspanne von einem Zeitpunkt  $t = 0$  bis zur jetzigen Zeitspanne  $T_0$  integriert wird, kann aus der Gleichung (6) unten ein Azimutalwinkel  $\theta$  bestimmt werden:

$$\begin{aligned} \theta &= \int_0^T \omega_{SN(=3)} \cdot dt \\ &= \int_0^T \{(\omega_{N(=3)} - B)/A\} \cdot dt \end{aligned}$$

**[0124]** Auf die oben genannte Art und Weise ist es möglich, die Winkelgeschwindigkeit und die Beschleunigung während der Fahrt des sich bewegenden Objektes genau zu berechnen durch Berechnen des Sensitivitätskoeffizienten  $a$  und der Versatzwerte  $b$  und  $c$  auf der Basis der Leistungen des Winkelgeschwindigkeitssensors mit dem Sensitivitätskoeffizienten  $a$  und dem Versatzwert  $b$ , die sich ständig im Verlauf der Zeit ändern, und dem Beschleunigungssensor mit dem Versatzwert  $c$ , welcher sich ständig im Verlauf der Zeit ändert, jedoch eine stabile Sensitivität hat.

**[0125]** Weiterhin kann in ähnlicher Weise die Winkelgeschwindigkeit und die Beschleunigung ebenfalls während der Fahrt des sich bewegenden Objektes berechnet werden durch Berechnen des Sensitivitätskoeffizienten  $a$ , eines Sensitivitätskoeffizienten  $d$  und des Versatzes  $c$  auf der Basis von Leistungen eines Beschleunigungssensors mit einem Sensitivitätskoeffizienten  $d$  und dem Versatzwert  $c$ , welche sich ständig im Verlauf der Zeit ändern, und einem Winkelgeschwindigkeitssensor mit dem Versatzwert  $b$ , welcher sich ständig im Verlauf der Zeit ändert, jedoch eine stabile Sensitivität hat.

**[0126]** Weiterhin kann die Winkelgeschwindigkeit und die Beschleunigung während der Fahrt des sich bewegenden Objektes genau berechnet werden durch Berechnen der Sensitivitätskoeffizienten  $a$ ,  $d$

und der Versatzwerte  $b$ ,  $c$  auf der Basis von Leistungen des Winkelgeschwindigkeitssensors mit dem Sensitivitätskoeffizienten  $a$  und dem Versatzwert  $b$ , welche sich ständig im Verlauf der Zeit ändern, und wobei der Beschleunigungssensor den Sensitivitätskoeffizienten  $d$  und den Versatzwert  $c$  hat, die sich ständig im Verlauf der Zeit ändern.

**[0127]** [Fig. 9](#) zeigt wesentliche Teile des Hybridsensors gemäß der Ausführungsform der Erfindung von [Fig. 8](#).

**[0128]** In der Figur besteht der Hybridsensor **101** aus einem Winkelgeschwindigkeitssensor **102**, einem Beschleunigungssensor **103**, einer Sensor-Korrekturereinrichtung **104**, einer Azimutalwinkel-Berechnungseinrichtung **109**. Eine Abweichung des Sensitivitätskoeffizienten, des Versatzes des Winkelgeschwindigkeitssensors **102** und des Versatzes des Beschleunigungssensors **103** werden auf der Basis eines Winkelgeschwindigkeitssignals  $\omega_s$  des Winkelgeschwindigkeitssensors **102**, eines Beschleunigungssignals  $\alpha_s$  des Beschleunigungssensors **103** und eines Fahrzeuggeschwindigkeitssignals  $v$  eines externen Fahrzeuggeschwindigkeitssensors **110**, der an dem sich bewegenden Objekt  $M$  (z.B. Fahrzeug) angebracht ist, korrigiert, wodurch eine tatsächliche Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{SN}$  oder eine tatsächliche Beschleunigung  $\alpha_{SN}$  berechnet wird. Dann wird die Vorschubrichtung des sich bewegenden Objektes  $M$  durch Berechnung des Azimutalwinkels  $\theta$  von der tatsächlichen Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{SN}$  festgestellt und die auf das sich bewegende Objekt  $M$  wirkende Beschleunigung wird aus der tatsächlichen Beschleunigung  $\alpha_{SN}$  berechnet.

**[0129]** Weiterhin werden der Start und Stop des Hybridsensors **101** auf der Basis eines Zündsignals  $I_g$  von einem Zündschalter **111** gesteuert, welcher das sich bewegende Objekt  $M$  (z.B. ein Fahrzeug) startet und stoppt.

**[0130]** Die Sensor-Korrekturereinrichtung **104** ist im Wesentlichen aus einem Mikroprozessor gebildet und beinhaltet eine Sensordaten-Speichereinrichtung **105**, eine Variable-Berechnungseinrichtung **106**, eine Berechnungseinrichtung **107** und eine Steuereinrichtung **108**.

**[0131]** Die Sensordaten-Speichereinrichtung **105** besteht aus einer Schnittstellenschaltung, einem A/D-Wandler, einem Speicher (RAM) etc. und arbeitet in Reaktion auf ein Steuersignal  $S1$  von der Steuereinrichtung **108**, um das Winkelgeschwindigkeitssignal  $\omega_s$ , das Beschleunigungssignal  $\alpha_s$  und das Fahrzeuggeschwindigkeitssignal  $v$ , welche analoge Signale sind, die von den entsprechenden Sensoren geliefert werden, mehrere Male (z.B. drei Mal während mehrerer Sekunden) in entsprechende digitale Signale zu wandeln. Die dabei erhaltenen digitalen

Signale werden als Sensordaten  $D_0$  (drei Mal erhalten aus Gleichungen (3a) bis (3c) :  $\omega_N(1-3)$ ,  $\alpha_N(1-3)$  und  $v_N(1-3)$ ) gespeichert und die gespeicherten Sensordaten  $D_0$  werden der Variable-Berechnungseinrichtung **106** zugeführt.

**[0132]** Die Variable-Berechnungseinrichtung **106** hat einen Berechnungsblock zum Ausführen von Berechnungen auf der Basis von Gleichungen (4a) und (4b). In Reaktion auf ein Steuersignal S2 von der Steuereinrichtung **108** berechnet die Variable-Berechnungseinrichtung **106** den Sensitivitätskoeffizienten A und den Versatzwert B des Winkelgeschwindigkeitssensors **102** und den Versatzwert C des Beschleunigungssensors **103** auf der Basis der Sensordaten  $D_0$  und liefert die Signale, die den berechneten Sensitivitätskoeffizienten A, Versatzwert B und Versatzwert C darstellen, an die Berechnungseinrichtung **107**.

**[0133]** Die Berechnungseinrichtung **107** hat einen Berechnungsblock zum Ausführen von Berechnungen auf der Basis von Gleichung (5) und Gleichungen (3a) bis (3c). In Reaktion auf ein Steuersignal S3 von der Steuereinrichtung **8** berechnet die Berechnungseinrichtung **107** die tatsächliche Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{SN}(=3)$  auf der Basis des Sensitivitätskoeffizienten A, des Versatzwertes B und eines dritten Werts der Winkelgeschwindigkeitsdaten  $\omega_N(=3)$  und liefert ein Signal, welches die berechnete tatsächliche Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{SN}$  darstellt. Weiterhin berechnet die Berechnungseinrichtung **107** die tatsächliche Beschleunigung  $\alpha_{SN}$  auf der Basis des Versatzwertes C und einen dritten Wert der tatsächlichen Beschleunigungsdaten  $\alpha_N(=3)$  und liefert ein die berechnete tatsächliche Beschleunigung  $\alpha_{SN}$  darstellendes Signal.

**[0134]** Die Steuereinrichtung **108** besteht aus einer Referenz-Taktgeberschaltung, einer Zeitgeberschaltung, einer Sortierschaltung, ROM-Speicher-Steuerprogrammen etc. und liefert die Steuersignale S1 bis S3 an die Sensordaten-Speichereinrichtung **105**, die Variable-Berechnungseinrichtung **106** und die Berechnungseinrichtung **107** zur Steuerung der Abfolge und der Zeiteinteilung des Lesens, Speicherns, Berechnens, Zufuhr etc. von Signalen durch diese Einrichtungen.

**[0135]** Weiterhin liefert die Steuereinrichtung **108** ein Steuersignal S4 an die Azimutalwinkel-Berechnungseinrichtung **109** zum Steuern der Zeiteinteilung der Berechnung oder Zufuhr der Berechnungsergebnisse (Azimutalwinkel  $\theta$ ), ausgeführt durch die Azimutalwinkel-Berechnungseinrichtung **109**.

**[0136]** Mit anderen Worten steuert die Steuereinrichtung **108** den Betrieb so, dass das Winkelgeschwindigkeitssignal  $\omega_S$ , das Beschleunigungssignal  $\alpha_S$  und das Fahrzeuggeschwindigkeitssignal  $v$  drei Mal über eine kurze Zeitspanne ( $t_0$ ) von mehreren

Sekunden eingelesen werden, wobei die tatsächliche Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{SN}(=3)$  berechnet wird auf der Basis des Sensitivitätskoeffizienten A, des Versatzwertes B und eines dritten Werts des Winkelgeschwindigkeitssignals  $\omega_S$ , die berechnete tatsächliche Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{SN}(=3)$  wird bis zum vorliegenden Zeitpunkt integriert um den Azimutalwinkel  $\theta$  zu erhalten, und der obige Steuerablauf wird mit einer Wiederholungsperiode der kurzen Zeitspanne  $t_0$  wiederholt ausgeführt.

**[0137]** Der Start und Stop der Steuereinrichtung **108** wird kontrolliert auf der Basis des Zündsignals Ig, das von dem Zündschalter **111** geliefert wird.

**[0138]** Die Azimutalwinkel-Berechnungseinrichtung **109** beinhaltet eine Integrationseinrichtung, die einen Integrationsbetrieb durch Verwendung von Gleichung (6) ausführt. In Reaktion auf das Steuersignal S4 von der Steuereinrichtung **108** integriert die Azimutalwinkel-Berechnungseinrichtung **109** die tatsächliche Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{SN}(=3)$  über der Zeitperiode  $T_0$  um hierdurch den Azimutalwinkel  $\theta$  zu erhalten, und liefert diesen.

**[0139]** [Fig. 10](#) zeigt wesentliche Teile der Variable-Berechnungseinrichtung **106**, die in der Sensor-Korrekturereinrichtung **104** des Hybridsensors gemäß der Ausführungsform der Erfindung, die in Bezug auf [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) beschrieben ist, vorgesehen ist.

**[0140]** Die Variable-Berechnungseinrichtung **106** beinhaltet einen Variable-Berechnungsblock **121**, ein Aktualisierte-Daten-Speicherblock **122**, eine Zeitschaltung **123** und eine Schalteinrichtung SW.

**[0141]** Der Variable-Berechnungsblock **121** beinhaltet einen Berechnungsblock zum Ausführen von Berechnungen auf der Basis der Gleichungen (4a) und (4b). In Reaktion auf das Steuersignal S2 berechnet der Variable-Berechnungsblock **121** den Sensitivitätskoeffizienten A und den Versatzwert B des Winkelgeschwindigkeitssensors **102** und den Versatzwert C des Beschleunigungssensors **103** auf der Basis der Sensordaten  $D_0$  und liefert Signale, die den berechneten Sensitivitätskoeffizienten A und Versatzwert B darstellen, an den aktualisierte-Daten-Speicherblock **122** und eine Schalteinrichtung SW, und ein Signal, das den berechneten Versatzwert C darstellt, an die Schalteinrichtung SW.

**[0142]** Der aktualisierte-Daten-Speicherblock **122** ist gebildet aus einem wiederladbaren Speicher, z.B. einem RAM. Wenn der Zündschalter **111** von [Fig. 9](#) abgeschaltet wird, um das sich bewegende Objekt M zu stoppen, liest der aktualisierte-Daten-Speicherblock **122** den Sensitivitätskoeffizienten  $A(=A_0)$  und den Versatzwert  $B(=B_0)$  aus dem Variable-Berechnungsblock **121** in Reaktion auf ein Stoppsignal St

(als eine Form des Steuersignals S2) von der Steuereinrichtung 108 und speichert diese als aktualisierte Daten Ao und Bo.

**[0143]** Wenn weiterhin der Zündschalter 111 angeschaltet wird, um das sich bewegende Objekt M wieder zu bewegen, arbeitet der aktualisierte-Daten-Speicherblock 122 in Reaktion auf ein Startsignal Sr (als eine andere Form des Steuersignals S2) von der Steuereinrichtung 108 zum Liefern der darin gespeicherten aktualisierten Daten Ao und Bo für eine vorbestimmte Zeitspanne an die Schalteinrichtung SW.

**[0144]** Die Schalteinrichtung SW ist aus einem logischen Schalter oder dergleichen gebildet und wählt unter der Steuerung eines Zeitgeber-Informationssignals T, das von der Zeitgeberschaltung geliefert wird, entweder die Signale, die den Sensitivitätskoeffizienten A und die Versatzwerte B und C anzeigen oder die aktualisierten Daten Ao und Bo aus dem aktualisierte-Daten-Speicherblock 122 aus, um die gewählten Signale oder Daten an die Berechnungseinrichtung 107 von [Fig. 9](#) zuzuführen.

**[0145]** Somit speichert die Variable-Berechnungseinrichtung 6 Daten des Sensitivitätskoeffizienten A und des Versatzwerts B, die, wenn der Zündschalter 111 des sich bewegenden Objektes M abgeschaltet wird, als die aktualisierten Daten Ao und Bo angenommen werden, und wenn der Zündschalter 111 angeschaltet wird, um das sich bewegende Objekt M wieder zu bewegen, liefert sie die aktualisierten Daten Ao und Bo als die letzten Daten für die vorbestimmte Zeitspanne. Deshalb ist es möglich, den Azimutalwinkel  $\theta$  auf der Basis des tatsächlichen Winkelgeschwindigkeitssignals  $\omega_{SN}$  direkt nach Start oder Wiederaufnahme der Bewegung des sich bewegenden Objektes M zu berechnen, wenn der Sensitivitätskoeffizient A und der Versatzwert B noch nicht bestimmt sind.

**[0146]** Obwohl die obige Ausführungsform so konstruiert ist, dass eine Abweichung der Sensitivität und des Versatzes in der Leistung des Winkelgeschwindigkeitssensors während der Bewegung des sich bewegenden Objektes mittels des Beschleunigungssensors, welcher eine kleine Sensitivitätsabweichung hat, korrigiert wird, um hierdurch die Bewegungsrichtung des sich bewegenden Objektes genau zu detektieren, ist dies nicht einschränkend, sondern es kann ein Winkelgeschwindigkeitssensor, welcher eine kleine Sensitivitätsabweichung hat, verwendet werden, um eine Abweichung der Sensitivität und des Versatzes in dem Beschleunigungssensor während einer Bewegung des sich bewegenden Objektes zu korrigieren, um hierdurch die auf das sich bewegende Objekt wirkende Beschleunigung akkurat zu detektieren.

**[0147]** Alternativ kann ein Beschleunigungssensor, dessen Sensitivitätsabweichung und Versatzabweichung sich ständig ändern, und ein Winkelgeschwindigkeitssensor, dessen Sensitivitäts- und Versatzabweichung sich ständig ändern, verwendet werden, um eine Abweichung der Sensitivität und des Versatzes des Beschleunigungssensors sowie des Winkelgeschwindigkeitssensors während der Bewegung des sich bewegenden Objektes zu korrigieren, um hierdurch die Beschleunigung, die auf das sich bewegende Objekt wirkt, genau zu detektieren.

**[0148]** Gemäß der oben in Bezug auf [Fig. 8](#) bis [Fig. 10](#) beschriebenen Ausführungsform liest die Sensor-Korrekturereinrichtung ein Beschleunigungssignal, ein Winkelgeschwindigkeitssignal, und ein Geschwindigkeitssignal von einem Geschwindigkeitssensor, der in dem sich bewegenden Objekt befestigt ist, mehrere Male, und berechnet den Sensitivitätskoeffizienten und Versatzwert des Winkelgeschwindigkeitssensors auf der Basis der gelesenen Daten, um die tatsächliche Winkelgeschwindigkeit zu erhalten, und die Azimutalwinkel-Berechnungseinrichtung berechnet den Azimutalwinkel auf der Basis der berechneten tatsächlichen Winkelgeschwindigkeit. Folglich kann eine Abweichung der Sensitivität und des Versatzes in der Leistung des Winkelgeschwindigkeitssensors, die sich im Verlauf der Zeit ständig ändern, korrigiert werden, um den Azimutalwinkel akkurat zu bestimmen, wodurch die Bewegungsrichtung des sich bewegenden Objektes mit hoher Genauigkeit bestimmt werden kann.

**[0149]** Weiterhin berechnet die Sensor-Korrekturereinrichtung gemäß der Ausführungsform von [Fig. 8](#) bis [Fig. 10](#) den Sensitivitätskoeffizienten und Versatzwert des Beschleunigungssensors und korrigiert diese. Folglich kann die tatsächliche Beschleunigung des sich bewegenden Objektes mit hoher Genauigkeit detektiert werden.

**[0150]** Darüber hinaus ist gemäß der Ausführungsform die Variable-Berechnungseinrichtung mit der aktualisierte-Daten-Speichereinrichtung versehen, welche Werte der Sensitivitätskoeffizienten und Versätze, die direkt vor dem Stoppen des sich bewegenden Objektes berechnet werden, speichert, und die Winkelgeschwindigkeit des sich bewegenden Objektes auf der Basis der gespeicherten aktualisierten Daten berechnet, wenn das sich bewegende Objekt wieder gestartet wird. Als Folge davon kann die Bewegungsrichtung des sich bewegenden Objektes sowie dessen Beschleunigung mit hoher Genauigkeit auch dann detektiert werden, wenn das Fahrzeug gestartet wird.

**[0151]** Insgesamt hat der Hybridsensor gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine hohe Detektiergenauigkeit und hohe Zuverlässigkeit, wodurch er vorteilhaft gegenüber herkömmlichen

Sensoren ist.

**[0152]** Weiterhin kann die Erfindung bei der Steuerung von mobilen Robotern, aktiven Aufhängungen und Bremssystemen mit automatischen Blockierverhinderern (ABV) bei Fahrzeugen etc. angewendet werden.

### Patentansprüche

1. Hybridsensor (**101**) zur Verwendung in einem sich bewegenden Objekt (M) zum Detektieren einer Bewegungsrichtung des sich bewegenden Objektes und einer Beschleunigung ( $\alpha$ ), die auf das sich bewegende Objekt während seiner Bewegung wirkt, welcher aufweist:

einen Winkelgeschwindigkeitssensor (**102**) zum Detektieren der Winkelgeschwindigkeit ( $\omega$ ) des sich bewegenden Objektes und Abgeben eines Winkelgeschwindigkeitssignals, welches die detektierte Winkelgeschwindigkeit anzeigt; und

einen Beschleunigungssensor (**103**) zum Detektieren der Beschleunigung, die auf das sich bewegende Objekt wirkt und Abgeben eines Beschleunigungssignals ( $\alpha$ ), das die detektierte Beschleunigung anzeigt; **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hybridsensor (**101**) weiterhin aufweist:

eine Sensor-Korrekturereinrichtung (**104**) zum Korrigieren eines Sensitivitätskoeffizienten (a) und eines Versatzwerts (b) von mindestens dem Winkelgeschwindigkeitssensor (**102**) und/oder dem Beschleunigungssensor (**103**) auf der Basis des Winkelgeschwindigkeitssignals von dem Winkelgeschwindigkeitssensor (**102**), des Beschleunigungssignals von dem Beschleunigungssensor (**103**) und eines Geschwindigkeitssignals (v) von einem Geschwindigkeitssensor (**110**) zum Detektieren der Geschwindigkeit des sich bewegenden Objektes, wobei die Sensor-Korrekturereinrichtung (**104**) eine Sensordaten-Speichereinrichtung (**105**) aufweist zum Lesen von Daten des Winkelgeschwindigkeitssignals ( $\omega$ ) von dem Winkelgeschwindigkeitssensor (**102**), Daten des Beschleunigungssignals ( $\alpha$ ) von dem Beschleunigungssensor (**103**) und Daten des Geschwindigkeitssignals (v) von dem Geschwindigkeitssensor (**110**) eine vorbestimmte Anzahl von malen pro vorbestimmter Zeitperiode und zum Speichern der gelesenen Daten, eine Variable-Berechnungseinrichtung (**106**) zum Berechnen des Sensitivitätskoeffizienten ( $\alpha$ ) und des Versatzwertes (b) auf der Basis der in der Sensor-Datenspeichereinrichtung (**105**) gespeicherten Daten und eine Steuereinrichtung (**108**) zum Steuern der Sensordaten-Speichereinrichtung (**105**) und der variablen Berechnungseinrichtung (**106**).

2. Hybridsensor (**101**) nach Anspruch 1, wobei die Sensor-Korrekturereinrichtung (**104**) beinhaltet: eine Sensor-Datenspeichereinrichtung (**105**) zum Lesen von Daten des Winkelgeschwindigkeitssignals ( $\omega$ ) von dem Winkelgeschwindigkeitssensor (**102**),

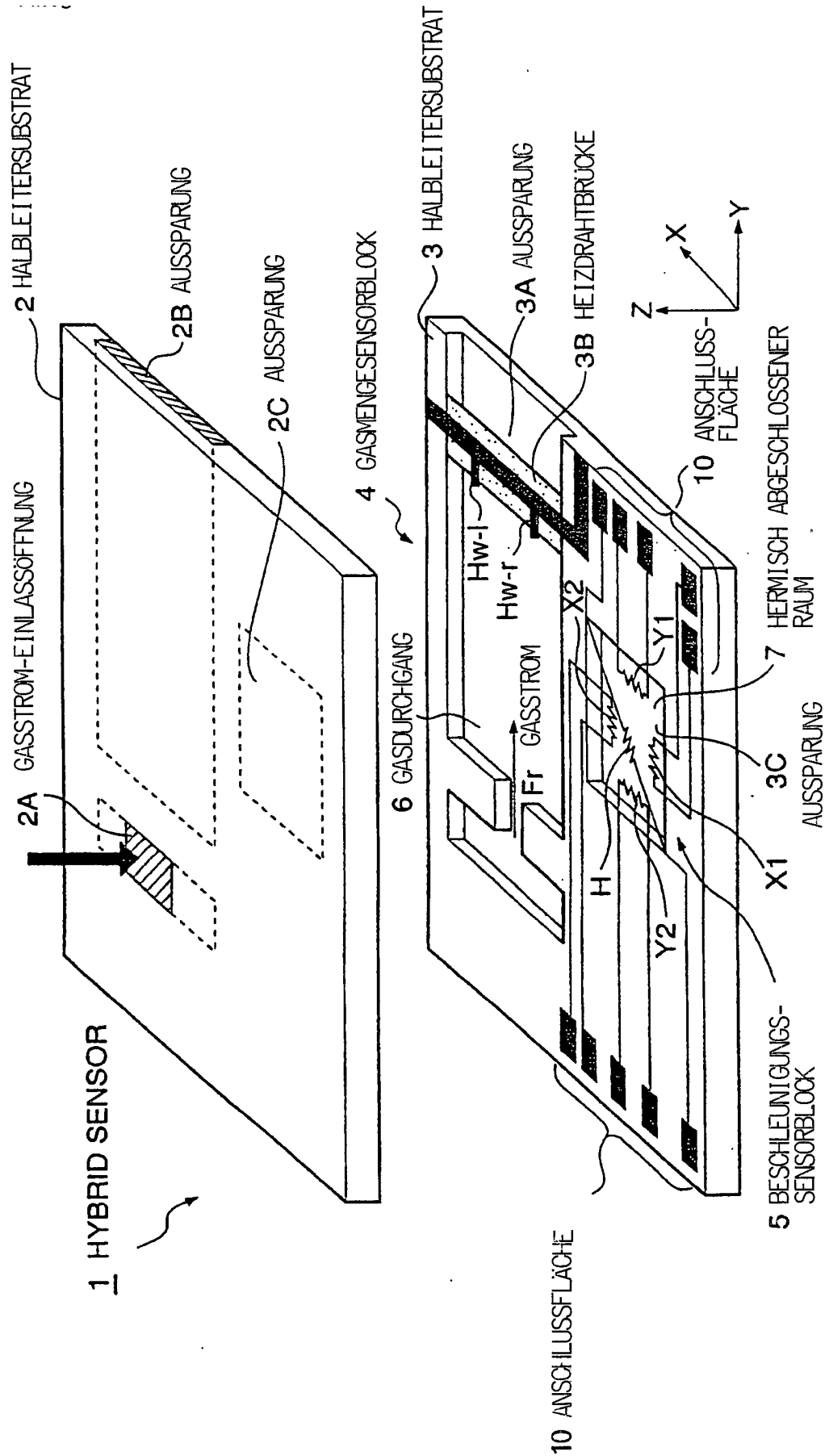
Daten des Beschleunigungssignals ( $\alpha$ ) von dem Beschleunigungssensor (**103**) und Daten des Geschwindigkeitssignals (v) von dem Geschwindigkeitssensor (**110**) eine vorbestimmte Anzahl von Zeiten pro vorbestimmter Zeitperiode und zum Speichern der gelesenen Daten eine Variable-Berechnungseinrichtung (**106**) zum Berechnen des Sensitivitätskoeffizienten ( $\alpha$ ) und des Versatzwertes (b) auf der Basis der in der Sensor-Datenspeichereinrichtung gespeicherten Daten, eine Parameter-Berechnungseinrichtung (**107**) zum Berechnen eines tatsächlichen Werts der Beschleunigung und eines tatsächlichen Werts der Winkelgeschwindigkeit auf der Basis einer Ausgabe der Variable-Berechnungseinrichtung, und eine Steuereinrichtung (**108**) zum Steuern der Sensordaten-Speichereinrichtung (**105**), der Variable-Berechnungseinrichtung (**106**) und der Parameter-Berechnungseinrichtung (**107**).

3. Hybridsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Variable-Berechnungseinrichtung beinhaltet: eine aktualisierte Datenspeichereinrichtung zum Speichern aktualisierter Daten des Sensitivitätskoeffizienten ( $\alpha$ ) und des Versatzwertes (b), die berechnet werden direkt bevor das sich bewegende Objekt gestoppt wird, wobei die Parameter-Berechnungseinrichtung die Winkelgeschwindigkeit auf der Basis der aktualisierten Daten des Sensitivitätskoeffizienten und des Versatzwertes berechnet, der von der aktualisierten Datenspeichereinrichtung gelesen wird, wenn das sich bewegende Objekt wieder gestartet wird.

4. Hybridsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Daten des Winkelgeschwindigkeitssignals ( $\omega$ ), die Daten des Beschleunigungssignals ( $\alpha$ ) und die Daten des Geschwindigkeitssignals (v) eine vorbestimmte Anzahl von Zeiten pro vorbestimmter Zeitperiode von dem Winkelgeschwindigkeitssensor (**102**), dem Beschleunigungssensor (**103**) und dem Geschwindigkeitssensor (**110**) jeweils während der Bewegung des sich bewegenden Objektes gelesen werden.

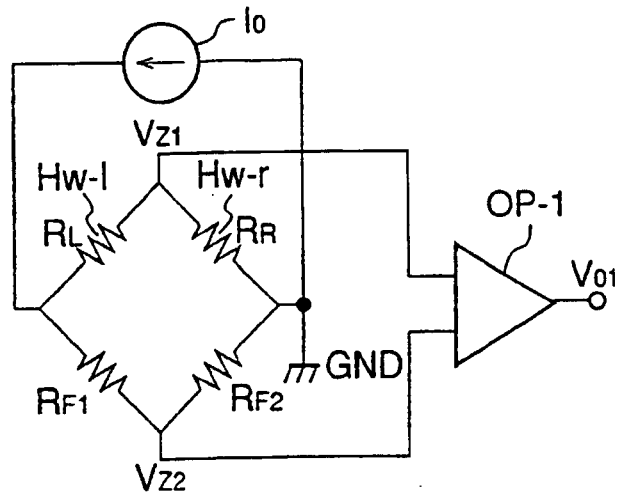
Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

**FIG.1**

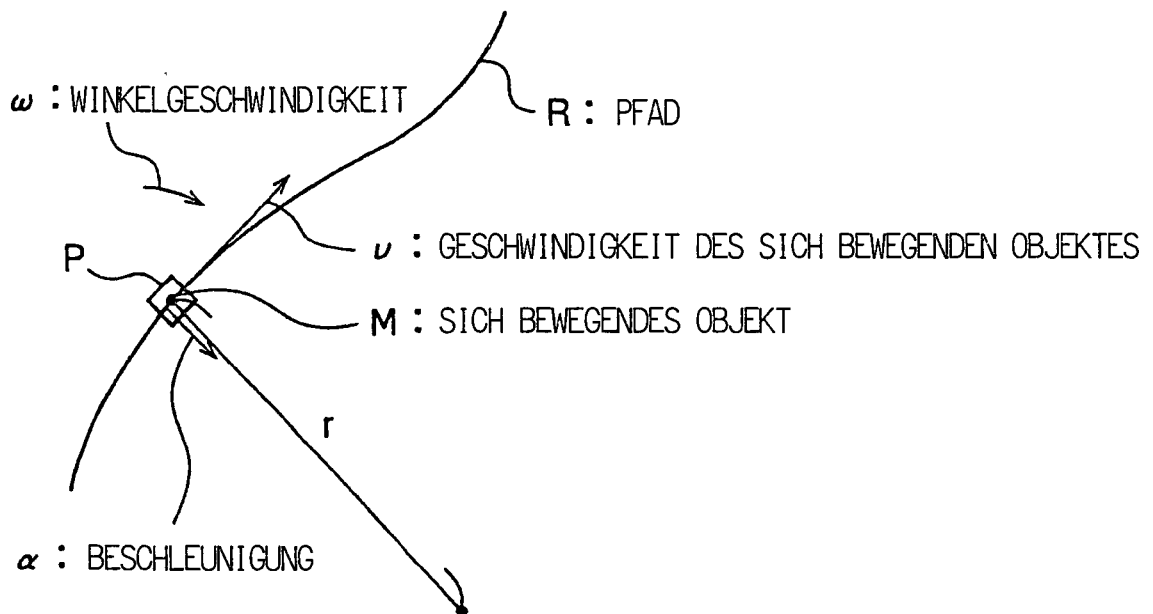




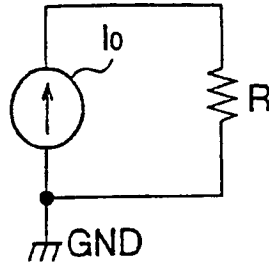
**FIG.3**



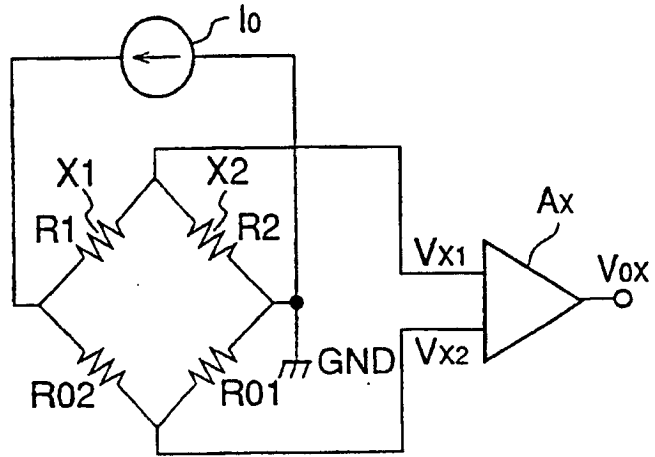
**FIG.8**



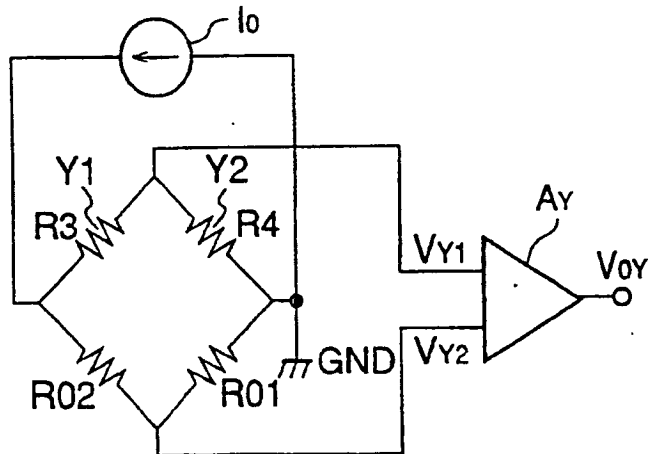
**FIG.4A**



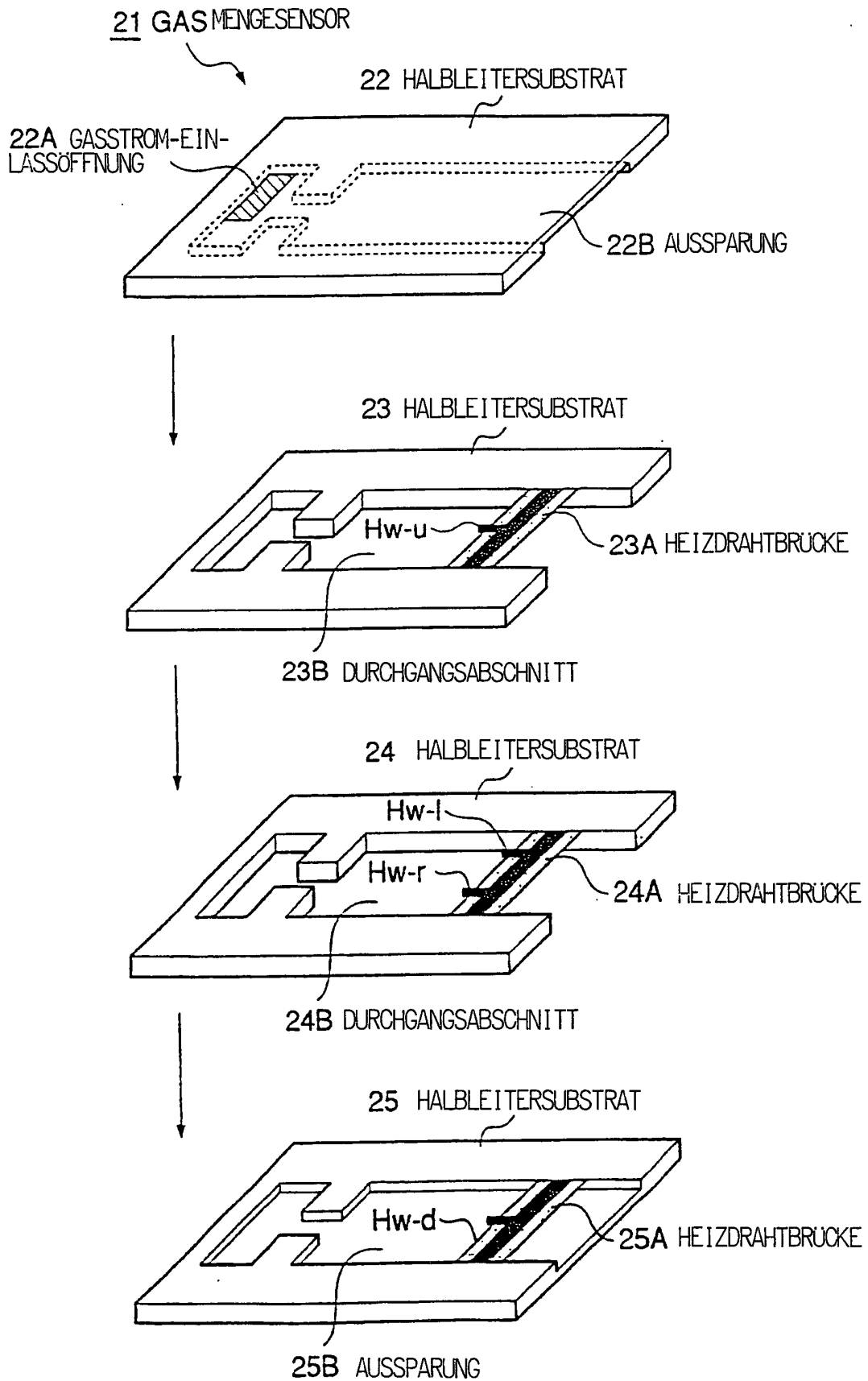
**FIG.4B**



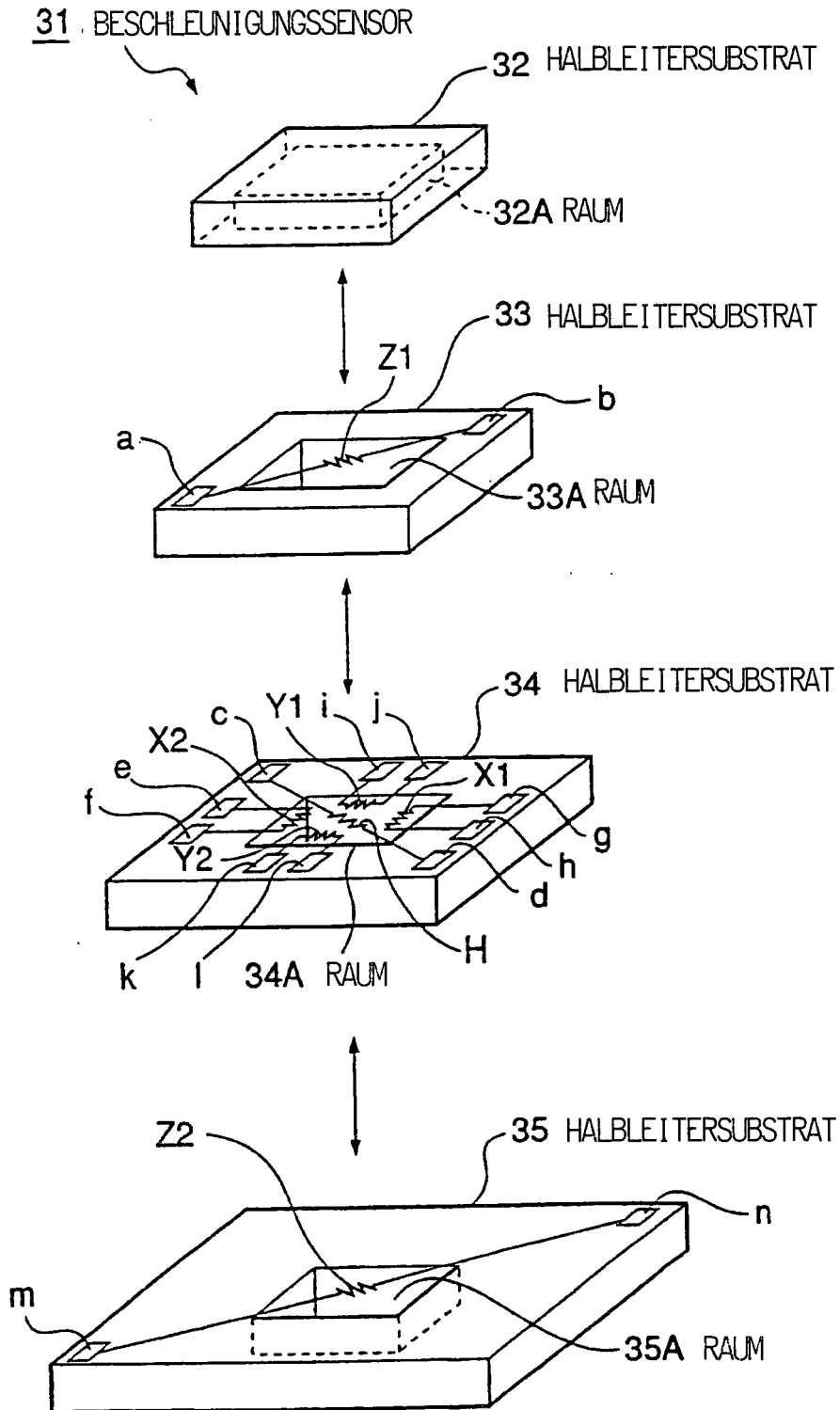
**FIG.4C**



**FIG.5**



**FIG.6**



**FIG.7**

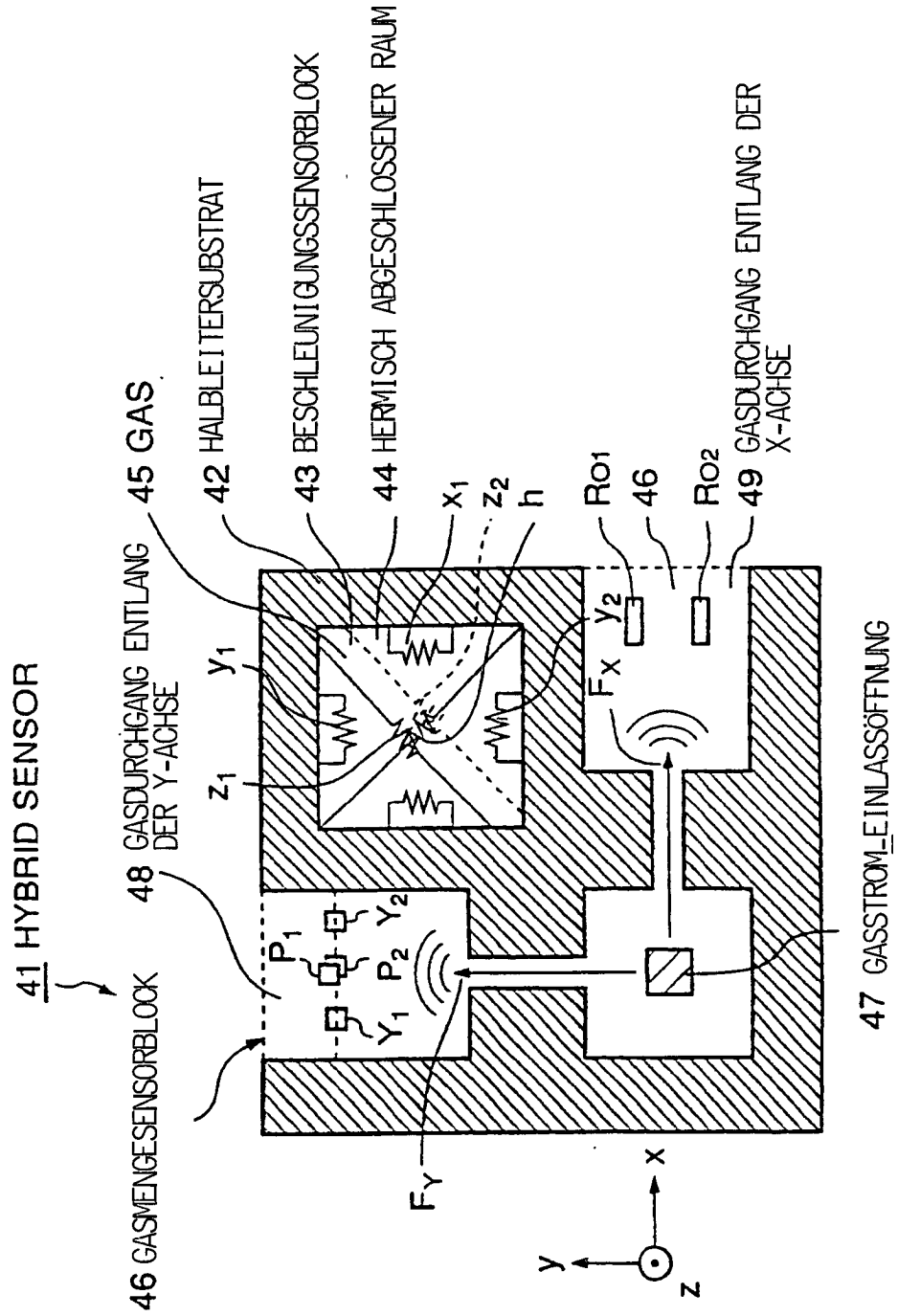
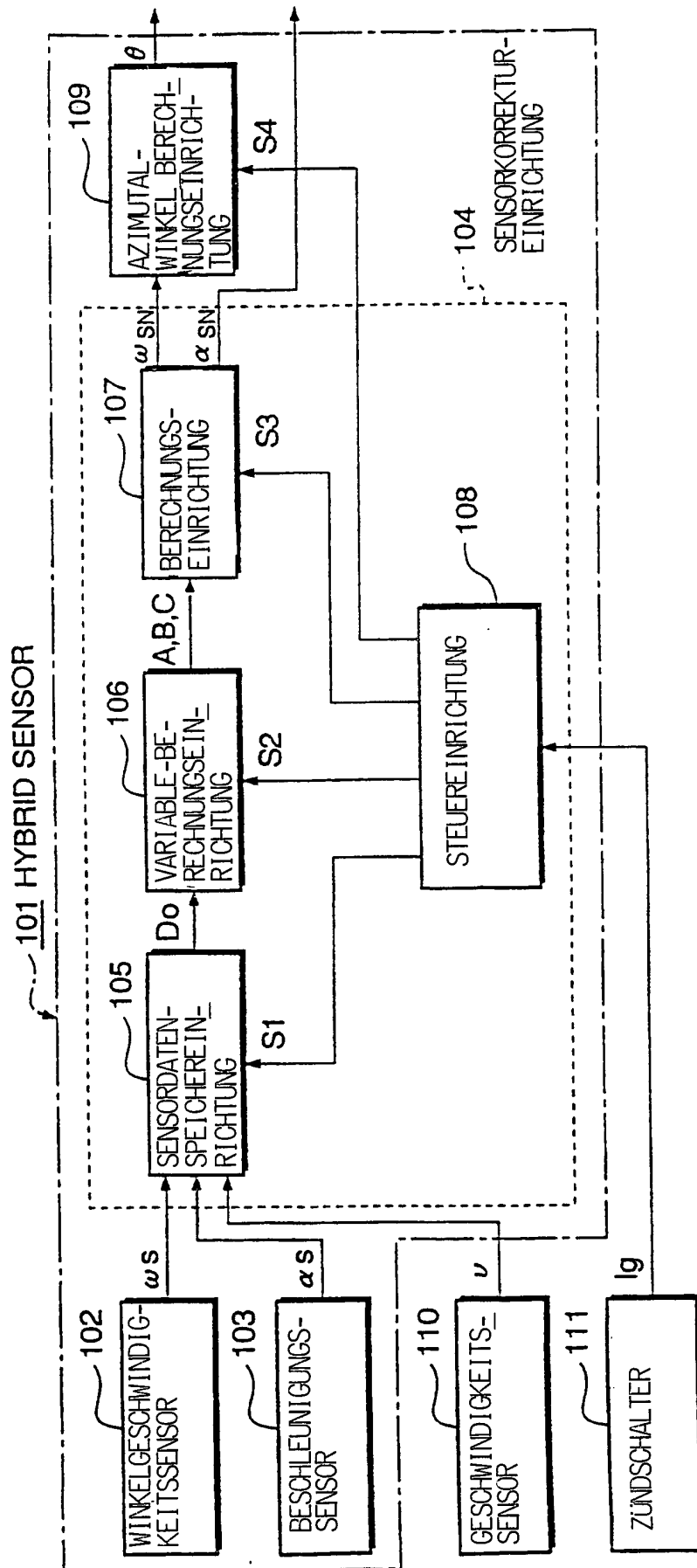


FIG.9



**FIG.10**

