



IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)*

Die vorliegende Erfindung betrifft einen MEMS-Drehratensensor (1), der einen Grundkörper (2), eine erste Primärmasse (3), die dazu ausgestaltet ist, eine Primärschwingung relativ zu dem Grundkörper (2) auszuführen, eine erste Sekundärmasse (6), die mit der ersten Primärmasse (3) derart über eine Aufhängung (7) verbunden ist, dass die Primärbewegung der ersten Primärmasse (3) eine Primärbewegung der ersten Sekundärmasse (6) anregt und eine Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse (6) relativ zu der ersten Primärmasse (3) zugelassen wird, ein erstes magnetfelderzeugendes Element (9) und ein erstes magnetsensitives Element (8), von denen eines auf dem Grundkörper (2) angeordnet ist und eines auf der ersten Primärmasse (3) angeordnet ist, wobei das erste magnetsensitive Element (8) zur Bestimmung der Primärbewegung der ersten Primärmasse (3) relativ zu dem Grundkörper (2) ausgestaltet ist, und ein zweites magnetfelderzeugendes Element (11) und ein zweites magnetsensitives Element (10), von denen eines auf dem Grundkörper (2) oder der ersten Primärmasse (3) angeordnet ist und eines auf der ersten Sekundärmasse (6) angeordnet ist, wobei das zweite magnetsensitive Element (10) zur Bestimmung der Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse (6) relativ zu der ersten Primärmasse (3) ausgestaltet ist, aufweist.

Beschreibung

MEMS-Drehratensensor

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft einen MEMS-Drehratensensor (MEMS = Mikroelektromechanisches System).

Für MEMS-basierte Sensoren gibt es verschiedenartige Technologien und Messprinzipien. Gängig ist insbesondere der
10 Einsatz kapazitiver Messprinzipien, bei denen eine Kapazität beispielsweise durch ineinandergreifende Fingerstrukturen oder vergrabene Elektrodenflächen ausgebildet sein kann. Durch Änderungen der Kapazität kann dabei eine Auslenkung einer Massestruktur bestimmt werden kann. Kapazitive Sensoren
15 sind beispielsweise aus US 7,694,563 B oder aus EP 0 906 557 B2 bekannt.

Bei derartigen Sensoren ist es üblich, für die Detektion einer Auslenkung einer Massenstruktur vergrabene Elektroden
20 zu verwenden. Die vergrabenen Elektroden müssen hinreichend großflächig sein, um eine entsprechende Empfindlichkeit zu gewähren. Dadurch ist die Miniaturisierungsmöglichkeit eines solchen Sensors begrenzt.

- 25 Ferner können sich parasitäre Kapazitäten in den MEMS-Strukturen negativ auf das Schwingverhalten und die Sensitivität des Sensors auswirken.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen
30 verbesserten Sensor vorzuschlagen. Der verbesserte Sensor könnte insbesondere auch eine bessere Miniaturisierung ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch einen MEMS-Drehratensensor gemäß dem vorliegenden Anspruch 1 gelöst.

Es wird ein MEMS-Drehratensensor vorgeschlagen, der einen
5 Grundkörper, eine erste Primärmasse, die dazu ausgestaltet
ist, eine Primärschwingung relativ zu dem Grundkörper
auszuführen und eine erste Sekundärmasse, die mit der ersten
Primärmasse derart über eine Aufhängung verbunden ist, dass
10 die Primärbewegung der ersten Primärmasse eine Primärbewegung
der ersten Sekundärmasse anregt und eine Sekundärbewegung der
ersten Sekundärmasse relativ zu der ersten Primärmasse
zugelassen wird. Insbesondere kann der MEMS-Drehratensensor
derart ausgestaltet sein, dass die erste Sekundärmasse durch
15 eine Corioliskraft zu der ersten Sekundärbewegung angeregt
wird, wenn der MEMS-Drehratensensor eine Rotation ausführt
und eine Primärbewegung von der ersten Primärmasse auf die
erste Sekundärmasse übertragen wird. Die erste
Sekundärbewegung kann senkrecht zur ersten Primärbewegung und
senkrecht zur Rotationsachse einer externen, zu messenden
20 Drehung sein. Vorzugsweise wird die Sekundärbewegung nicht
auf die Primärmasse rückgekoppelt und beeinflusst
dementsprechend deren Bewegung nicht. Es sollte somit keine
Störung der Anregung durch die Sekundärbewegung induziert
werden. Eine Vermeidung der Rückkopplung der Sekundärbewegung
25 auf die Primärmasse kann durch entsprechende Ausgestaltungen
der Federn erreicht werden.

Bei der Sekundärbewegung kann es sich insbesondere um eine
Schwingung handeln. Bei der Primärbewegung der ersten
30 Primärmasse und bei der Primärbewegung der ersten
Sekundärmasse kann es sich ebenfalls um eine Schwingung
handeln.

Ferner weist der Sensor ein erstes magnetfelderzeugendes Element und ein erstes magnetsensitives Element auf. Eines dieser Elemente ist auf dem Grundkörper angeordnet und eines der Elemente ist auf der ersten Primärmasse angeordnet, wobei
5 das erste magnetsensitive Element zur Bestimmung der Primärbewegung der ersten Primärmasse relativ zu dem Grundkörper ausgestaltet ist. Führt die erste Primärmasse eine Primärbewegung relativ zu dem Grundkörper aus, so wird das erste magnetfelderzeugende Element relativ zu dem ersten
10 magnetsensitiven Element bewegt. Dadurch ändern sich die Feldstärke und/oder die Feldrichtung des vom ersten magnetfelderzeugenden Element erzeugten Feldes am Ort des ersten magnetsensitiven Elementes. Diese Änderung kann vom ersten magnetsensitiven Element gemessen werden. Daraus
15 können Rückschlüsse auf die relative Position der beiden Elemente zueinander und damit auf die erste Primärbewegung gezogen werden.

Ferner kann der Sensor weitere magnetfelderzeugende Elemente
20 und weitere magnetsensitive Elemente aufweisen, die jeweils entweder auf dem Grundkörper oder auf der ersten Primärmasse angeordnet sind. Auch diese können gemäß dem oben beschriebenen Prinzip eine relative Position der ersten Primärmasse zu dem Grundkörper und damit die erste
25 Primärbewegung messen. Durch die Verwendung mehrerer Elemente können Zweideutigkeiten in den Messdaten ausgeschlossen werden.

Ferner weist der MEMS-Drehratensensor ein zweites
30 magnetfelderzeugendes Element und ein zweites magnetsensitives Element auf, von denen eines auf dem Grundkörper oder der ersten Primärmasse angeordnet ist und eines auf der ersten Sekundärmasse angeordnet ist, wobei das

zweite magnetsensitive Element zur Bestimmung der Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse relativ zu der ersten Primärmasse oder relativ zu dem Grundkörper ausgestaltet ist. Dabei kann das oben beschriebene

- 5 Messprinzip angewendet werden. Insbesondere kann das zweite magnetsensitive Element Änderungen in der Feldstärke und/oder der Feldrichtung des vom zweiten magnetfelderzeugenden Element erzeugten Feldes an seiner Position messen und daraus Rückschlüsse auf die relative Position der ersten
- 10 Sekundärmasse zu der ersten Primärmasse oder auf die relative Position der ersten Sekundärmasse zu dem Grundkörper und damit auf die Sekundärbewegung zielen.

- Ferner können weitere magnetfelderzeugende Elemente und
- 15 weitere magnetsensitive Element auf dem Grundkörper, der ersten Primärmasse und der ersten Sekundärmasse angeordnet sein, mit denen die Position der Sekundärmasse relativ zur Primärmasse oder relativ zu dem Grundkörper bestimmt wird, um Zweideutigkeiten in den Messergebnissen ausschließen zu
- 20 können.

- Die Erfindung ermöglicht es somit, großflächige Elektroden zu ersetzen, die bei kapazitiven Sensoren zur Detektion einer Auslenkung einer Massenstruktur, insbesondere in eine Z-
- 25 Richtung, erforderlich sind. Stattdessen werden nunmehr magnetsensitive Elemente und magnetfelderzeugende Elemente verwendet, die eine deutlich geringere räumliche Ausdehnung aufweisen und damit eine weitere Miniaturisierung des MEMS-Drehratensensors erlauben. Die Messung mit Hilfe der
- 30 magnetfelderzeugenden Elemente und der magnetsensitiven Elemente ermöglicht es darüber hinaus, auch die weiteren oben beschriebenen Nachteile der kapazitiven Sensoren,

beispielsweise Störeinflüsse parasitärer Kapazitäten,
auszuräumen.

Die magnetfelderzeugenden Elemente können insbesondere
5 magnetische Dünnschichtstrukturen aufweisen. Ferner können
die magnetfelderzeugenden Elemente magnetische
Dipolstrukturen zur Magnetfelderzeugung aufweisen. Die
magnetischen Dipolstrukturen können parallel oder senkrecht
zu den Dünnschichtstrukturen angeordnet sein.

10

Alternativ können die magnetfelderzeugenden Elemente
magnetische Dickschichtstrukturen aufweisen. Ferner können
die magnetfelderzeugenden Elemente magnetische
Dipolstrukturen zur Magnetfelderzeugung aufweisen. Die
15 magnetischen Dipolstrukturen können parallel oder senkrecht
zu den Dickschichtstrukturen angeordnet sein.

20

Bei den magnetsensitiven Elementen kann es sich insbesondere
um magnetoresistive XMR-Strukturen handeln, z.B. AMR Elemente
(AMR = anisotropic magnetoresistiv), GMR Elemente (GMR =
giant magnetoresistiv) oder TMR Elemente (TMR = tunneling
magnetoresistiv).

25

Bei dem hier beschriebenen Drehratensensor werden eine
Primärbewegung und eine Sekundärbewegung voneinander
entkoppelt, indem diese Bewegungen von einer Primärmasse
beziehungsweise einer Sekundärmasse ausgeführt werden.
Dadurch kann die Messgenauigkeit erhöht werden. Störungen in
der Primärbewegung, zum Beispiel durch lineare
30 Beschleunigungen oder Vibrationen des Sensors, beeinflussen
auch die Sekundärbewegung. Der Einfluss solcher Störungen
kann durch die Vermessung beider Bewegungen unabhängig
voneinander reduziert werden. Dieses kann durch eine

geeignete Dimensionierung der Federn erreicht werden. Der MEMS-Drehratensensor kann beispielsweise derart konstruiert sein, dass die erste Primärmasse nur Freiheitsgrade in eine Raumrichtung aufweist und die erste Sekundärmasse in zwei
5 Raumrichtungen ausgelenkt werden kann, wobei es sich bei den zwei Raumrichtungen um die Richtung der Primärschwingung und die Richtung der Sekundärschwingung handelt, welche durch die Corioliskraft hervorgerufen wird.

10 Sowohl die Primärbewegung als auch die Sekundärbewegung werden mit Hilfe von magnetfelderzeugenden Elementen und magnetsensitiven Elementen vermessen, die auf Grundkörper, der ersten Primärmasse und der ersten Sekundärmasse angeordnet sind, wobei die magnetsensitiven Elemente jeweils
15 Änderungen in der Feldrichtung und/oder der Feldstärke der von den magnetfelderzeugenden Elementen erzeugten Feldern messen können.

Ferner kann der Drehratensensor eine zweite Primärmasse, die
20 dazu ausgestaltet ist, eine Primärschwingung relativ zu dem Grundkörper auszuführen, und eine zweite Sekundärmasse aufweisen, die mit der zweiten Primärmasse derart über eine weitere Aufhängung verbunden ist, dass die Primärschwingung der zweiten Primärmasse eine Primärbewegung der zweiten
25 Sekundärmasse anregt und eine Sekundärbewegung der zweiten Sekundärmasse relativ zu der zweiten Primärmasse zugelassen wird.

Die erste Primärmasse und die zweite Primärmasse können dabei
30 zu Schwingungen angeregt werden, die um 180° zueinander phasenverschoben sind. Auf diese Weise können Störungen, beispielsweise Beschleunigungen, kompensiert werden.

Der Sensor kann ferner ein drittes magnetfelderzeugendes Element und ein drittes magnetsensitives Element aufweisen, von denen eines auf dem Grundkörper angeordnet ist und eines auf der zweiten Primärmasse angeordnet ist, wobei das dritte
5 magnetsensitive Element zur Bestimmung der Primärbewegung der Primärmasse relativ zu dem Grundkörper ausgestaltet ist. Der Sensor kann ferner ein viertes magnetfelderzeugendes Element und ein viertes magnetsensitives Element aufweisen, von denen
10 eines auf dem Grundkörper oder der zweiten Primärmasse angeordnet ist und eines auf der zweiten Sekundärmasse angeordnet ist, wobei das vierte magnetsensitive Element zur Bestimmung der Sekundärbewegung der zweiten Sekundärmasse relativ zu der zweiten Primärmasse oder zu dem Grundkörper
ausgestaltet ist.

15 Die Primärbewegung der zweiten Primärmasse und die Sekundärbewegung der zweiten Sekundärmasse können somit ebenfalls mit Hilfe von magnetsensitiven Elementen und magnetfelderzeugenden Elementen vermessen werden. Durch die
20 Verwendung einer zweiten Primärmasse und einer zweiten Sekundärmasse kann die Messgenauigkeit des Sensors insgesamt erhöht werden. Außerdem können auf diese Weise Störungen kompensiert werden.

25 Die zweite Primärmasse kann dazu ausgelegt sein, eine Primärschwingung relativ zu dem Grundkörper auszuführen, die gegenphasig zu der Primärschwingung der ersten Primärmasse ist. Insbesondere können die erste und die zweite Primärmasse gegenphasig zueinander angeregt werden. Durch die
30 gegenphasige Anregung der beiden Primärmassen wird der Sensor weniger anfällig gegen Störungen.

Die erste Primärmasse und die zweite Primärmasse können über Kopplungsfedern miteinander verbunden sein. Die erste Sekundärmasse und die zweite Sekundärmasse können über Kopplungsfedern miteinander verbunden sein. Durch die
5 Verwendung von Kopplungsfedern kann es ermöglicht werden, die gegenphasigen Schwingungen besser zueinander zu synchronisieren und dadurch die Messgenauigkeit zu erhöhen.

Bei der ersten Primärmasse kann es sich um einen
10 Torsionsschwinger handeln, wobei es sich bei der Primärbewegung der ersten Primärmasse um eine Torsionsschwingung handelt.

Die Primärbewegung der ersten Sekundärmasse kann in die
15 gleiche Richtung erfolgen wie die Primärbewegung der ersten Primärmasse. Alternativ kann die Primärbewegung der ersten Sekundärmasse senkrecht zur Primärbewegung der ersten Primärmasse erfolgen. Durch eine entsprechende Wahl der Richtungen der Primärbewegung und der Sekundärbewegung kann
20 die Achse festgelegt werden, um die der Sensor gedreht werden kann und die entsprechende Drehrate messen kann. Der Sensor kann dabei stets so ausgelegt sein, eine Drehrate um eine Achse zu bestimmen, die senkrecht zur Richtung der Primärbewegung der Sekundärmasse und senkrecht zur Richtung
25 der Sekundärbewegung der Sekundärmasse ist.

Das erste magnetsensitive Element und/oder das zweite magnetsensitive Element können außerhalb einer Ebene angeordnet sein, in der sich die erste Primärmasse in einem
30 unausgelenkten Zustand erstreckt. Insbesondere können das erste und/oder das zweite magnetsensitive Element in einem Deckel befestigt sein, der über der ersten Primärmasse angeordnet sind. Dementsprechend können die magnetsensitiven

Elemente über der ersten Primärmasse angeordnet sein.

Insbesondere können die magnetsensitiven Elemente derart angeordnet sein, dass sie sich im unausgelenkten Zustand der ersten Primärmasse unmittelbar über den magnetfelderzeugenden Elementen befinden. Diese Anordnung ermöglicht eine besonders hohe Sensitivität für Bewegungen der Primärmasse in eine Richtung, bei der die magnetsensitiven Elemente und die magnetfelderzeugenden Elemente aufeinander zubewegt werden. Diese Richtung kann die z-Richtung sein.

Ferner können das dritte magnetsensitive Element und/oder das vierte magnetsensitive Element können außerhalb einer Ebene angeordnet sein, in der sich die erste Sekundärmasse in einem unausgelenkten Zustand erstreckt. Insbesondere können das dritte und/oder das vierte magnetsensitive Element in dem Deckel befestigt sein, der über der ersten Sekundärmasse angeordnet sind. Dementsprechend können die magnetsensitiven Elemente über der ersten Sekundärmasse angeordnet sein.

Insbesondere können die magnetsensitiven Elemente derart angeordnet sein, dass sie sich im unausgelenkten Zustand der ersten Sekundärmasse unmittelbar über den magnetfelderzeugenden Elementen befinden. Diese Anordnung ermöglicht eine besonders hohe Sensitivität für Bewegungen der Sekundärmasse in eine Richtung, bei der die magnetsensitiven Elemente und die magnetfelderzeugenden Elemente aufeinander zubewegt werden. Diese Richtung kann die z-Richtung sein.

Der Grundkörper kann einen Deckel und ein Substrat aufweisen, wobei die erste Primärmasse und die erste Sekundärmasse zwischen dem Deckel und dem Substrat eingekapselt sind. Zumindest ein magnetsensitives Element kann an einer Innenseite des Deckels angeordnet sein. Beispielsweise können

das erste magnetsensitive Element und/oder das zweite magnetsensitive Element und/oder das dritte magnetsensitive Element und/oder das vierte magnetsensitive Element an einer Innenseite des Deckels angeordnet sein.

5

Der Sensor kann weitere magnetsensitive Elemente und magnetfelderzeugende Elemente aufweisen, wobei der MEMS-Drehratensensor eine Messung von Drehraten um mehrere Achsen ermöglicht. Insbesondere kann der Sensor zur Messung von

10 Drehraten um jede der drei Raumachsen ausgestaltet sein. Dabei kann der Sensor beispielsweise die Bewegung einer Sekundärmasse in jede der drei Raumrichtungen vermessen.

Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand der

15 Figuren genauer beschrieben.

Figur 1 zeigt einen MEMS-Drehratensensor gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel.

20 Figur 2 zeigt einen MEMS-Drehratensensor gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

Figur 3 zeigt einen MEMS-Drehratensensor gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel.

25

Figur 4 zeigt einen MEMS-Drehratensensor gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel.

Figur 5 zeigt einen MEMS-Drehratensensor gemäß einem

30 fünften Ausführungsbeispiel.

Figur 6 zeigt einen MEMS-Drehratensensor gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel.

Figur 7 zeigt einen MEMS-Drehratensensor gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel.

5 Figur 8 zeigt einen MEMS-Drehratensensor gemäß einem achten Ausführungsbeispiel.

Figuren 9A, 9B und 9C zeigen einen MEMS-Drehratensensor gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel.

10

Figur 10 zeigt einen MEMS-Drehratensensor gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel.

Figur 11 zeigt einen Querschnitt durch einen Sensor.

15

Figur 1 zeigt einen MEMS-Drehratensensor 1. Im Folgenden werden Richtungsangaben anhand des in Figur 1 und den weiteren Figuren eingezeichneten kartesischen Koordinatensystems vorgenommen. Der in Figur 1 gezeigte MEMS-Drehratensensor 1 ist zur Messung einer Drehrate um die z-Achse ausgelegt.

20

Der MEMS-Drehratensensor 1 weist einen Grundkörper 2 auf. Als Grundkörper 2 wird ein Körper bezeichnet, der nicht in Schwingungen versetzt wird. Der Grundkörper 2 weist ein Substrat und einen Deckel (in Figur 1 nicht gezeigt) auf.

25

Ferner weist der MEMS-Drehratensensor 1 eine erste Primärmasse 3 auf. Diese ist über Primärfedern 4 mit dem Grundkörper 2 verbunden. Insbesondere ist die erste Primärmasse 3 über vier Primärfedern 4 mit dem Grundkörper 2 verbunden, die jeweils an einer Ecke der ersten Primärmasse 3 angeordnet sind. Die Primärfedern 4 weisen eine flächige

30

Ausdehnung in z-Richtung und in y-Richtung auf. In x-Richtung weisen die Primärfedern 4 eine deutlich geringere Ausdehnung als in y- und z-Richtung auf. Dementsprechend erlauben die Primärfedern 4 bevorzugt eine Bewegung der ersten Primärmasse 3 relativ zu dem Grundkörper 2 in x-Richtung. In y- und in z-Richtung sind die Primärfedern 4 dagegen starr und lassen keine wesentliche Bewegung ersten Primärmasse 3 relativ zu dem Grundkörper 2 in y-Richtung und in z-Richtung zu.

10 Ferner ist zwischen dem Grundkörper 2 und der ersten Primärmasse 3 ein Antriebselement 5 angeordnet, dass die erste Primärmasse 3 zu einer Primärbewegung anregen kann. Bei dem Antriebselement 5 handelt es sich um einen Kondensator. Der Kondensator weist einander überlappende Finger auf, die
15 abwechselnd am Grundkörper 2 als auch an der ersten Primärmasse 3 ausgebildet sind und die jeweils Anregungselektroden aufweisen. Wird nunmehr an die Anregungselektroden eine Wechselspannung angelegt, so wird die erste Primärmasse 3 zu einer Primärbewegung angeregt. Bei
20 der Primärbewegung handelt es sich um eine Schwingung in x-Richtung.

Ferner weist der MEMS-Drehratensensor 1 eine erste Sekundärmasse 6 auf. Die erste Sekundärmasse 6 ist über eine
25 Aufhängung 7 mit der ersten Primärmasse 3 verbunden. Die Aufhängung 7 weist Sekundärfedern auf, die eine flächige Ausdehnung in x-Richtung und in z-Richtung aufweisen. In y-Richtung weisen die Sekundärfedern eine geringere Ausdehnung als in x-Richtung und in z-Richtung auf. Dementsprechend ist
30 die Aufhängung 7 derart ausgestaltet, dass sich die erste Sekundärmasse 6 in y-Richtung relativ zu der ersten Primärmasse 3 bewegen kann und dass die erste Sekundärmasse 6

sich in x-Richtung und in z-Richtung nicht wesentlich relativ zu der ersten Primärmasse 3 bewegen kann.

Die Aufhängung 7 ist derart ausgestaltet, dass die
5 Primärbewegung der ersten Primärmasse 3 relativ zu dem Grundkörper 2 übertragen wird in eine Primärbewegung der ersten Sekundärmasse 6 relativ zu dem Grundkörper 2. Die Primärbewegung der ersten Sekundärmasse 6 ist ebenfalls in eine Schwingung in x-Richtung relativ zu dem Grundkörper 2.

10

Zusätzlich erlaubt die Aufhängung 7 eine Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse 6 relativ zu der ersten Primärmasse 3. Bei der Sekundärbewegung handelt es sich um eine Schwingung in y-Richtung relativ zu der ersten Primärmasse 3. Wird
15 nunmehr der MEMS-Drehratensensor 1 um die z-Achse gedreht und wird ferner die erste Primärmasse 3 zu einer Primärbewegung, d.h. zu Schwingungen in x-Richtung relativ zu dem Grundkörper 2, angeregt, so erfährt die erste Sekundärmasse 6 eine Corioliskraft, die die erste Sekundärmasse 6 zu Schwingungen
20 in y-Richtung anregt. Das Messprinzip des MEMS-Drehratensensors 1 basiert darauf, diese Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse 6 zu vermessen, um daraus die Drehrate um die z-Achse zu bestimmen.

25 Bei dem MEMS-Drehratensensor 1 werden die Primärbewegung der ersten Primärmasse 3 und die Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse 6 unabhängig voneinander vermessen. Zur Vermessung der Primärbewegung der ersten Primärmasse 3 und der Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse 6 verwendet der
30 MEMS-Drehratensensor 1 magnetfelderzeugende Elemente und magnetsensitive Elemente.

Die magnetfelderzeugenden Elemente erzeugen jeweils ein Magnetfeld, dessen Feldstärke und Feldrichtung genau bekannt ist. Bei den magnetfelderzeugenden Elementen kann es sich um magnetische Dipolstrukturen handeln.

5

Zur Vermessung der von den magnetfelderzeugenden Elementen erzeugten Felder weist der MEMS-Drehratensensor 1 die magnetsensitiven Elemente auf. Bei den magnetsensitiven Elementen handelt es sich um magnetoresistive xMR Strukturen.

10

Die magnetsensitiven Elemente ermöglichen es, den Abstand zu einem magnetfelderzeugenden Element zu detektieren. Ausgehend von den Messwerten der magnetsensitiven Elemente kann auch die Position eines magnetsensitiven Elements relativ zu einem magnetfelderzeugenden Element bestimmt werden.

15

Insbesondere weist der MEMS-Drehratensensor 1 ein erstes magnetsensitives Element 8 auf, das auf dem Grundkörper 2 angeordnet ist. Ferner ist ein erstes magnetfelderzeugendes Element 9 auf der ersten Primärmasse 3 angeordnet. Führt die

20

erste Primärmasse 3 nunmehr eine Primärbewegung relativ zu dem Grundkörper 2 aus, so kann das erste magnetsensitive Element 8 eine Änderung der Feldrichtung und/oder der

Feldstärke des von dem ersten magnetfelderzeugenden Element 9 erzeugten Felds feststellen. Daraus kann die Primärbewegung

25

vermessen werden. Zur weiteren Erhöhung der Genauigkeit weist der MEMS-Drehratensensor 1 ein weiteres erstes

magnetsensitives Element 8' auf dem Grundkörper 2 und ein weiteres erstes magnetfelderzeugendes Element 9' auf der

ersten Primärmasse 3 auf. Als „erste“ Elemente werden hierbei

30

die Elemente bezeichnet, die die Vermessung der

Primärbewegung ermöglichen. Durch die Verwendung mehrere

erster magnetsensitiver Elemente 8, 8' auf dem Grundkörper

und mehrerer magnetfelderzeugender Elemente 9, 9' auf der

ersten Primärmassen können Zweideutigkeiten in den Messergebnissen ausgeschlossen werden.

Unabhängig von der Messung der Primärbewegung der ersten
5 Primärmasse 3 wird die Sekundärbewegung der ersten
Sekundärmasse 6 vermessen. Auch die Vermessung der
Sekundärbewegung basiert auf einem magnetischen Prinzip, bei
dem ein magnetsensitives Element 10 Änderungen in Feldstärke
und/oder Feldrichtung eines von einem magnetfelderzeugenden
10 Element 11 erzeugten Feldes vermisst.

Dazu ist ein zweites magnetfelderzeugendes Element 11 auf der
ersten Sekundärmasse 6 angeordnet. Ein zweites
magnetsensitives Element 10 ist auf der ersten Primärmasse 3
15 angeordnet. Führt die erste Sekundärmasse 6 die
Sekundärbewegung relativ zur ersten Primärmasse 3 aus, d.h.
eine Schwingung in y-Richtung, so wird das zweite
magnetfelderzeugende Element 11 relativ zu dem zweiten
magnetsensitiven Element 10 bewegt. Das zweite
20 magnetsensitive Element 10 erkennt Änderungen der Feldstärke
und/oder der Richtung des von dem zweiten
magnetfelderzeugenden Element 11 erzeugten Magnetfeldes und
kann daraus die Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse 6
relativ zu der ersten Primärmasse 3 bestimmen. Insbesondere
25 kann das zweite magnetsensitive Element 10 über Änderungen in
der Feldrichtung bestimmen, um welchen Winkel das zweite
magnetfelderzeugende Element 11 aus seiner Ausgangslage
herausbewegt wurde.

30 Des Weiteren ist ein weiteres zweites magnetfelderzeugendes
Element 10' auf der ersten Sekundärmasse 6 angeordnet und ein
weiteres zweites magnetsensitives Element 11' auf dem
Grundkörper 2, die eine Relativbewegung der ersten

Sekundärmasse 6 zu dem Grundkörper 2 bestimmen können.
Insbesondere kann der Abstand der ersten Sekundärmasse 6 zu dem Grundkörper 2 in y-Richtung mit Hilfe des weiteren zweiten magnetsensitiven Elementes 10' und des weiteren
5 zweiten magnetfelderzeugenden Elementes 11' bestimmt werden.

Aus den von den magnetsensitiven Elementen 10, 10' ermittelten Messwerten kann die Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse 6 vermessen werden. Insbesondere kann die
10 Frequenz der Sekundärbewegung bestimmt werden, die es ermöglicht, die Drehrate des MEMS-Drehratensensors 1 um die z-Achse zu bestimmen. Ferner wird die Primärbewegung der ersten Primärmasse 3 vermessen, um Störungen in der Primärbewegung, die die Sekundärbewegung beeinflussen und so
15 zu Messungenauigkeiten führen könnten, zu erkennen und somit berücksichtigen zu können.

Figur 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel des MEMS-Drehratensensors 1. Der MEMS-Drehratensensor 1 gemäß dem
20 zweiten Ausführungsbeispiel ist zur Bestimmung einer Drehrate um die y-Achse ausgelegt.

Das zweite Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem ersten Ausführungsbeispiel durch die Ausgestaltung der
25 Sekundärfedern der Aufhängung 7. Die Sekundärfedern erlauben eine Bewegung der ersten Sekundärmasse 6 relativ zur ersten Primärmasse 3 in z-Richtung. Sie sind in x-Richtung und in y-Richtung flächig ausgeführt und weisen in z-Richtung eine deutlich geringere Ausdehnung auf. Dementsprechend kann die
30 erste Sekundärmasse 6 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel als Sekundärbewegung eine Schwingung in z-Richtung ausführen. Zu dieser Sekundärbewegung wird sie durch die Corioliskraft angeregt, wenn der MEMS-Drehratensensor 1 sich um die y-Achse

dreht und die erste Primärmasse 3 eine Schwingung in x-Richtung ausführt, die auf die erste Sekundärmasse 6 übertragen wird.

5 Sowohl bei dem in Figur 1 als auch bei dem in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel können zumindest einige der magnetsensitiven Elemente 8, 8', 10, 10' in einer alternativen Ausgestaltung auch auf dem Deckel angeordnet werden. Dementsprechend können die magnetsensitiven Elemente
10 8, 8', 10, 10' in einer Ebene oberhalb einer Ebene angeordnet sein, in der sich die magnetfelderzeugenden Elemente 9, 9', 11, 11' befinden, wenn die erste Primärmasse und die erste Sekundärmasse sich in ihrer jeweiligen Ausgangslage befinden, d.h. wenn diese keine Primär- und/oder Sekundärbewegung
15 ausführen.

Die magnetsensitiven Elemente 8, 8', 10, 10' können sich außerhalb einer Ebene, in der sich die erste Primärmasse 3 und die erste Sekundärmasse 6 erstrecken, befinden. Das erste
20 magnetsensitive Element 8 kann derart an dem Deckel angeordnet werden, dass es sich unmittelbar über dem ersten magnetfelderzeugenden Element 9 befindet, wenn die erste Primärmasse 3 sich in ihrer Ausgangslage befindet. Gleiches gilt für das weitere erste magnetsensitive Element 8' und das
25 weitere erste magnetfelderzeugende Element 9'. Ferner kann das zweite magnetsensitive Element 10 derart an dem Deckel angeordnet werden, dass es sich unmittelbar über dem zweiten magnetfelderzeugenden Element 11 befindet, wenn die erste Sekundärmasse 6 sich in ihrer Ausgangslage befindet. Gleiches
30 gilt für das weitere zweite magnetsensitive Element 10' und das weitere zweite magnetfelderzeugende Element 11'.

Figur 3 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel des MEMS-Drehratensensors 1. Der MEMS-Drehratensensor 1 ist zur Detektion einer Drehrate um die z-Achse ausgestaltet.

5 Gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel weist der Sensor 1 eine zweite Primärmasse 12 und eine zweite Sekundärmasse 13 auf. Die zweite Primärmasse 12 kann über ein weiteres Antriebselement 5' zu einer Primärbewegung angeregt werden. Die Primärbewegungen der ersten Primärmasse 3 und der zweiten
10 Primärmasse 12 sind jeweils Schwingungen in die gleiche Richtung, hier in die x-Richtung. Die zweite Primärmasse 12 kann derart angeregt werden, dass die Primärbewegung der zweiten Primärmasse 12 gegenphasig zu der Primärbewegung der ersten Primärmasse 3 verläuft. Die Dimensionierung der Federn
15 4 unterstützt hierbei die gegenphasige Bewegung.

Zur Detektion der Primärbewegung der ersten und der zweiten Primärmasse 3, 12 sowie der Sekundärbewegung der ersten und der zweiten Sekundärmasse 6, 13 sind magnetsensitive Elemente
20 8, 10, 10', 15, 17 und magnetfelderzeugende Elemente 9, 11, 11', 14, 16 vorgesehen.

Es sind insbesondere magnetfelderzeugende Elemente 9, 14 auf den beiden Primärmassen 3, 12 und magnetsensitive Elemente 8,
25 15 auf dem Grundkörper 2 zur Detektion der beiden Primärbewegungen relativ zu dem Grundkörper 2 vorgesehen. Beispielsweise ist auf der zweiten Primärmasse 12 ein drittes magnetfelderzeugendes Element 14 vorgesehen und auf dem Grundkörper 2 ist ein drittes magnetsensitives Element 15
30 vorgesehen.

Des Weiteren sind magnetfelderzeugende Elemente 11, 11', 16 auf den Sekundärmassen 6, 13 angeordnet. Ferner sind

magnetsensitive Elemente 10, 10' auf den Primärmassen 3, 12 und dem Grundkörper 2 angeordnet, die die Relativbewegung der Sekundärmassen 6, 13 anhand der Positionsänderung der magnetfelderzeugenden Elemente 11, 11' auf den Sekundärmassen 6, 13 erkennen. Beispielsweise ist auf der zweiten Sekundärmasse 13 ein viertes magnetfelderzeugendes Element 16 angeordnet und auf der zweiten Primärmasse 12 ist ein viertes magnetsensitives Element 17 angeordnet. Durch die weiteren Elemente lassen sich Verkippungen und/oder Verdrehungen detektieren, die zum Beispiel durch externe Störungen oder einen nicht sauberen Herstellungsprozess hervorgerufen werden könnten. Außerdem könnte durch die weiteren Elemente die Genauigkeit der Detektion einer Auslenkung und/oder der Detektion einer Position in einer oder mehreren der drei Raumrichtungen erhöht werden.

In einer alternativen Ausgestaltung des dritten Ausführungsbeispiels können zumindest einige der magnetsensitiven Elemente 8, 10, 10', 15, 17 an dem Deckel jeweils vertikal über einem der magnetfelderzeugenden Elemente 9, 11, 11', 14, 16 angeordnet sein.

Durch die Verwendung der zweiten Primärmasse 12 und der zweiten Sekundärmasse 13 kann die Messgenauigkeit des MEMS-Drehratensensors 1 erhöht werden. Außerdem wird der Sensor 1 weniger anfällig gegen Störungen. Dieses kann durch die gegenphasige Anregung der beiden Primärmassen 3, 12 weiter verbessert werden.

Figur 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des MEMS-Drehratensensors 1, bei dem der Sensor 1 ebenfalls eine zweite Primärmasse 12 und eine zweite Sekundärmasse 13 aufweist. Der in Figur 4 gezeigte MEMS-Drehratensensor 1 ist

zur Bestimmung einer Drehrate um die z-Achse ausgelegt. Zur Detektion der Primärbewegung der ersten und der zweiten Primärmasse 3, 12 sowie der Sekundärbewegung der ersten und der zweiten Sekundärmasse 6, 13 sind magnetsensitive Elemente 8, 10, 10', 15, 17 und magnetfelderzeugende Elemente 9, 11, 11', 14, 16 vorgesehen.

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel ist die erste Primärmasse 3 mit der zweiten Primärmasse 12 über Koppelungsfedern 18 verbunden. Die Koppelungsfedern 18 erlauben eine Bewegung der ersten Primärmasse 3 relativ zu der zweiten Primärmasse 12 in x-Richtung. Ferner ist auch die zweite Sekundärmasse 13 mit der ersten Sekundärmasse 6 über Koppelungsfedern 18 verbunden, die eine Bewegung der ersten Sekundärmasse 6 relativ zu der zweiten Sekundärmasse 13 in x-Richtung erlauben.

Die Koppelungsfedern 18 zwischen den Primärmassen 3, 12 und den Sekundärmassen 6, 13 ermöglichen es, die gegenphasigen Schwingungen der ersten und der zweiten Primärmasse 3, 12 genauer zu synchronisieren. Auf diese Weise kann die Messgenauigkeit erhöht werden.

Die Sekundärmassen 6 und 13 können auch in y-Richtung eine zueinander gegenphasige Schwingung ausführen. Die Koppelungsfeder 18, die die beiden Sekundärmassen 6, 13 miteinander verbindet, sollte in diesem Fall so ausgestaltet sein, dass sie die zueinander gegenphasige Schwingung in y-Richtung zulässt.

Figur 5 zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel des MEMS-Drehratensensors 1. Auch gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel weist der Drehratensensor 1 eine zweite Primärmasse 12 und eine zweite Sekundärmasse 13 auf. Zur

Detektion der Primärbewegung der ersten und der zweiten Primärmasse 3, 12 sowie der Sekundärbewegung der ersten und der zweiten Sekundärmasse 6, 13 sind magnetsensitive Elemente 8, 10, 15, 17 und magnetfelderzeugende Elemente 9, 11, 14, 16
5 vorgesehen.

Die erste Sekundärmasse 6 ist sowohl mit der ersten Primärmasse 3 als auch mit der zweiten Primärmasse 12 über eine Aufhängung 7 verbunden. Auch die zweite Sekundärmasse 13
10 ist sowohl mit der ersten Primärmasse 3 als auch mit der zweiten Primärmasse 12 über eine Aufhängung 7 verbunden. Die beiden Aufhängungen 7 sind dabei jeweils derart ausgestaltet, dass eine Primärbewegung der Primärmassen 3, 12 in x-Richtung umgelenkt wird in eine Primärbewegung der Sekundärmassen 6,
15 13 in y-Richtung, das heißt in eine Richtung, die senkrecht ist zu der Richtung der Primärbewegung der Primärmassen 3, 12. Die erste und die zweite Primärmasse 3, 12 werden vorzugsweise zu gegenphasigen Schwingungen in x-Richtung angeregt. Somit werden die beiden Sekundärmassen 6, 13 zu
20 gegenphasigen Schwingungen in y-Richtung angeregt.

Figur 6 zeigt ein sechstes Ausführungsbeispiel des MEMS-Drehratensensors 1. Gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der ersten Primärmasse 3 um einen
25 Torsionsschwinger. Dieser ist über eine Primärfeder 4 mit dem Grundkörper verbunden. Die Primärfeder 4 ist in z-Richtung flächig. Die erste Primärmasse 3 kann zu einer Primärbewegung angeregt werden, bei der sie eine Torsionsschwingung um die z-Achse ausführt. Sie schwingt dementsprechend in der x-y-
30 Ebene.

Der MEMS-Drehratensensor 1 weist ein Antriebselement 5 auf, das die erste Primärmasse 3 zu der Primärbewegung anregen

kann. Das Antriebselement 5 weist Kondensatoren mit einander überlappende Finger auf, die abwechselnd am Grundkörper und an der ersten Primärmasse 3 ausgebildet sind und die jeweils Anregungselektroden aufweisen. Wird nunmehr an die

5 Anregungselektroden eine Wechselspannung angelegt, so wird die Primärmasse zu der Primärbewegung angeregt, d.h. zu einer Torsionsschwingung in der x-y-Ebene.

Die erste Primärmasse 3 weist vier Arme und einen
10 ringförmigen Körper auf, wobei die Arme von dem ringförmigen Körper nach innen verlaufen. Die Arme sind mit der Primärfeder 4 verbunden.

Ferner ist eine ringförmige erste Sekundärmasse 6 vorgesehen,
15 die mit der Primärmasse 3 über eine Aufhängung 7 verbunden ist. Bei der Aufhängung 7 handelt es sich um Sekundärfedern, die in x-Richtung und in y-Richtung flächig ausgeführt sind und die in z-Richtung eine geringere Ausdehnung aufweisen. Diese sind zur Übertragung der Primärbewegung, das heißt der
20 Torsionsschwingung, auf die erste Sekundärmasse 6 ausgelegt. Zusätzlich erlauben sie eine Verkipfung der ersten Sekundärmasse 6 in z-Richtung relativ zur ersten Primärmasse 3. Dementsprechend kann die erste Sekundärmasse 6 eine Schwingung in z-Richtung relativ zur ersten Primärmasse 3 als
25 Sekundärbewegung ausführen.

Der Sensor 1 ist zur Messung von Drehraten um die y-Achse ausgelegt. Wird die erste Primärmasse 3 zu der oben beschriebenen Primärbewegung angeregt, die auf die erste
30 Sekundärmasse 6 übertragen wird, und wird der Sensor 1 um die y-Achse gedreht, so wird die erste Sekundärmasse 6 durch die Corioliskraft zu einer Sekundärbewegung angeregt, d.h. zu einer Schwingung in z-Richtung.

Der MEMS-Drehratensensor 1 weist entsprechende magnetfelderzeugende Elemente 9, 11 und magnetsensitive Elemente 8, 10 auf, die es wie in den vorherigen Ausführungsbeispielen ermöglichen, die Primärbewegung der ersten Primärmasse 3 und die Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse 6 zu vermessen. Die magnetsensitiven Elemente 8, 10 sind auf dem Grundkörper angeordnet. Die magnetfelderzeugenden Elemente 9, 11 sind auf der ersten Primärmasse 3 und auf der ersten Sekundärmasse 6 angeordnet.

Figur 7 zeigt ein siebtes Ausführungsbeispiel des MEMS-Drehratensensors 1. Auch hier ist die erste Primärmasse 3 als Torsionsschwinger ausgestaltet.

15

Der MEMS-Drehratensensor 1 gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem sechsten Ausführungsbeispiel dadurch, der MEMS-Drehratensensor 1 vier Sekundärmassen 6, 13, 6', 13' aufweist, die jeweils über eine Aufhängung 7 mit der ersten Primärmasse 3 gekoppelt sind. Die Aufhängung 7 weist lediglich in z-Richtung eine wesentliche Ausdehnung auf. In die anderen Raumrichtungen ist die Aufhängung 7 als langer, dünner Steg ausgebildet. Zwei Sekundärmasse 6, 6' sind dabei derart mit der ersten Primärmasse 3 über die Sekundärfedern verbunden, dass sie eine Schwingung in z-Richtung relativ zu der ersten Primärmasse 3 als Sekundärbewegung ausführen kann. Wie im sechsten Ausführungsbeispiel kann durch eine Vermessung dieser Sekundärbewegung eine Drehrate um die y-Achse bestimmt werden.

30

Ferner sind die zwei weitere Sekundärmasse 13, 13' derart mit der ersten Primärmasse 3 über die Sekundärfedern verbunden,

dass sie eine Schwingung in y-Richtung relativ zu der ersten Primärmasse 3 als Sekundärbewegung ausführen kann. Durch eine Vermessung dieser Sekundärbewegung kann eine Drehrate um die x-Achse bestimmt werden. Dementsprechend ermöglicht es der
5 MEMS-Drehratensensor 1 gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel Drehraten um zwei Achsen zu messen.

Auf jeder der vier Sekundärmassen 6, 6', 13, 13' und auf der ersten Primärmasse 3 ist jeweils zumindest ein
10 magnetfelderzeugendes Element 9, 11 angeordnet. Ferner sind auf dem Grundkörper magnetsensitive Elemente 8, 10 angeordnet, die die Feldrichtung und/oder die Feldstärke der von den magnetfelderzeugenden Elementen 9, 11 erzeugten Feldern vermessen und daraus die Sekundärbewegungen und die
15 Primärbewegung bestimmen.

Figur 8 zeigt ein achttes Ausführungsbeispiel des Sensors 1. Gemäß dem achten Ausführungsbeispiel weist der Sensor 1 vier Sekundärmassen 6, 6', 13, 13' auf, die paarweise gegenphasig
20 schwingen und zur Detektion von Drehraten um die x-Achse und die y-Achse geeignet sind. Die Aufhängung 7 ist hier als Federbalken ausgeführt, wobei die Federbalken durch eine in z-Richtung wirkende Kraft auslenkbar sind. Gegenüber Kräften in der x- oder der y-Richtung sind die Federbalken dagegen
25 steif und agieren im Wesentlichen steif.

Die Figuren 9A, 9B und 9C zeigen den Drehratensensor 1 gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel. Figur 9A zeigt den Sensor in einer Draufsicht. Figur 9B und Figur 9C zeigen jeweils
30 einen Teil des Sensors jeweils in einem Querschnitt. Figur 9A zeigt dabei den Sensor in einem unausgelenkten Zustand. Figur 9C zeigt den Sensor im ausgelenkten Zustand.

Bei dem Sensor 1 handelt es sich um eine einachsige Rotationsgyrostruktur. Der Sensor 1 weist eine erste Primärmasse 3 und dazu beweglich aufgehängte Sekundärmassen 6, 13 auf. Die erste Primärmasse 3 kann durch ein Antriebselement 5 zu einer Primärbewegung angeregt werden, bei der er sich um eine Torsionsschwingung in x-y-Ebene handelt. Die Aufhängung 7 der Sekundärmassen 6, 13 erlaubt diesen eine Schwingung in z-Richtung als Sekundärbewegung auszuführen. Auf diese Weise können Drehraten bestimmt werden.

Magnetsensitive Elemente 10, 15 sind in einem Deckel 19 des Sensors angeordnet. Magnetfelderzeugende Elemente 11, 14 sind auf den Sekundärmassen 6, 13 angeordnet.

Figur 10 zeigt ein zehntes Ausführungsbeispiel, das sich von dem neunten Ausführungsbeispiel dadurch unterscheidet, dass weitere Sekundärmassen 6', 13' vorgesehen sind. Die Sekundärmassen 6, 6', 13, 13' sind dabei derart aufgehängt, dass zumindest eine Sekundärmasse eine Schwingung in eine erste Richtung als Sekundärbewegung ausführt und zumindest eine andere Sekundärmasse eine Schwingung in eine dazu senkrechte zweite Richtung als Sekundärbewegung ausführt. Auf diese Weise können Drehraten um mehrere Achsen mit dem Sensor 1 gleichzeitig bestimmt werden. Magnetfelderzeugende Elemente 11 und magnetsensitive Elemente 10 sind wie im neunten Ausführungsbeispiel auf den Sekundärmassen 6, 6', 13, 13' beziehungsweise an dem Deckel 19 des Sensors 1 vorgesehen.

Figur 11 zeigt einen Querschnitt durch einen Sensor 1, bei dem ein magnetfelderzeugendes Element 9 auf einer beweglichen Masse 20 und ein magnetsensitives Element 8 an einer Innenseite eines Deckels 19 vorgesehen sind. Ein Anschlag 21

ist dazu ausgestaltet, die Bewegung der beweglichen Masse 20 zu begrenzen. Bei der beweglichen Masse 20 kann es sich beispielsweise um eine Primärmasse oder eine Sekundärmasse handeln.

Bezugszeichenliste

	1	MEMS-Drehratensensor
	2	Grundkörper
5	3	erste Primärmasse
	4	Primärfeder
	5	Antriebsselement
	5\'	weiteres Antriebsselement
	6, 6\'	erste Sekundärmasse
10	7	Aufhängung
	8	erste magnetsensitive Element
	8\'	weitere erste magnetsensitive Element
	9	erste magnetfelderzeugende Element
	9\'	weitere erste magnetfelderzeugende Element
15	10	zweite magnetsensitive Element
	10\'	weitere zweite magnetsensitive Element
	11	zweites magnetfelderzeugenden Element
	11\'	weitere zweite magnetfelderzeugende Element
	12	zweite Primärmasse
20	13, 13\'	zweite Sekundärmasse
	14	dritte magnetfelderzeugende Element
	15	dritte magnetsensitive Element
	16	vierte magnetfelderzeugende Element
	17	vierte magnetsensitive Element
25	18	Koppelungsfeder
	19	Deckel
	20	Masse
	21	Anschlag

Patentansprüche

1. MEMS-Drehratensensor (1), aufweisend:

- einen Grundkörper (2),

- eine erste Primärmasse (3), die dazu ausgestaltet ist, eine Primärschwingung relativ zu dem Grundkörper (2) auszuführen,

- eine erste Sekundärmasse (6), die mit der ersten Primärmasse (3) derart über eine Aufhängung (7)

verbunden ist, dass die Primärbewegung der ersten Primärmasse (3) eine Primärbewegung der ersten Sekundärmasse (6) anregt und eine Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse (6) relativ zu der ersten Primärmasse (3) zugelassen wird,

- ein erstes magnetfelderzeugendes Element (9) und ein erstes magnetsensitives Element (8), von denen eines auf dem Grundkörper (2) angeordnet ist und eines auf der ersten Primärmasse (3) angeordnet ist, wobei das erste magnetsensitive Element (8) zur Bestimmung der

Primärbewegung der ersten Primärmasse (3) relativ zu dem Grundkörper (2) ausgestaltet ist, und

- ein zweites magnetfelderzeugendes Element (11) und ein zweites magnetsensitives Element (10), von denen eines auf dem Grundkörper (2) oder der ersten Primärmasse (3)

angeordnet ist und eines auf der ersten Sekundärmasse (6) angeordnet ist, wobei das zweite magnetsensitive Element (10) zur Bestimmung der Sekundärbewegung der ersten Sekundärmasse (6) relativ zu der ersten Primärmasse (3) oder relativ zu dem Grundkörper (2) ausgestaltet ist.

2. MEMS-Drehratensensor (1) gemäß Anspruch 1, ferner aufweisend

- eine zweite Primärmasse (12), die dazu ausgestaltet ist, eine Primärschwingung relativ zu dem Grundkörper (2) auszuführen, und

- eine zweite Sekundärmasse (13), die mit der zweiten Primärmasse (12) derart über eine weitere Aufhängung (7) verbunden ist, dass die Primärschwingung der zweiten Primärmasse (12) eine Primärbewegung der zweiten Sekundärmasse (13) anregt und eine Sekundärbewegung der zweiten Sekundärmasse (13) relativ zu der zweiten Primärmasse (12) zugelassen wird,

- ein drittes magnetfelderzeugendes Element (14) und ein drittes magnetsensitives Element (15), von denen eines auf dem Grundkörper (2) angeordnet ist und eines auf der zweiten Primärmasse (12) angeordnet ist, wobei das dritte magnetsensitive Element (15) zur Bestimmung der Primärbewegung der zweiten Primärmasse (12) relativ zu dem Grundkörper (2) ausgestaltet ist, und

- ein viertes magnetfelderzeugendes Element (16) und ein viertes magnetsensitives Element (17), von denen eines auf dem Grundkörper (2) oder der zweiten Primärmasse (12) angeordnet ist und eines auf der zweiten Sekundärmasse (13) angeordnet ist, wobei das vierte magnetsensitive Element (17) zur Bestimmung der Sekundärbewegung der zweiten Sekundärmasse (13) relativ zu der zweiten Primärmasse (12) ausgestaltet ist.

3. MEMS-Drehratensensor (1) gemäß Anspruch 2, wobei die zweite Primärmasse (12) dazu ausgelegt ist, eine Primärschwingung relativ zu dem Grundkörper (2) auszuführen, die gegenphasig zu der Primärschwingung der ersten Primärmasse ist.

4. MEMS-Drehratensensor (1) gemäß einem der Ansprüche 2
oder 3,
wobei die erste Primärmasse (3) und die zweite
Primärmasse (12) über Kopplungsfedern (18) miteinander
verbunden sind.
5. MEMS-Drehratensensor (1) gemäß einem der Ansprüche 2 bis
4,
wobei die erste Sekundärmasse (6) und die zweite
Sekundärmasse (13) über Kopplungsfedern (18) miteinander
verbunden sind.
6. MEMS-Drehratensensor (1) gemäß einem der vorherigen
Ansprüche,
wobei es sich bei der ersten Primärmasse (3) um einen
Torsionsschwinger handelt und wobei es sich bei der
Primärbewegung der ersten Primärmasse (3) um eine
Torsionsschwingung handelt.
7. MEMS-Drehratensensor (1) gemäß einem der vorherigen
Ansprüche,
wobei die Primärbewegung der ersten Sekundärmasse (6) in
die gleiche Richtung erfolgt wie die Primärbewegung der
ersten Primärmasse (3).
8. MEMS-Drehratensensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis
6,
wobei die Primärbewegung der ersten Sekundärmasse (6)
senkrecht zur Primärbewegung der ersten Primärmasse (3)
erfolgt.
9. MEMS-Drehratensensor (1) gemäß einem der vorherigen
Ansprüche,

wobei das erste magnetsensitive Element (8) und/oder das zweite magnetsensitive Element (10) außerhalb einer Ebene angeordnet ist, in der sich die erste Primärmasse (3) in einem unausgelenkten Zustand erstreckt.

5

10. MEMS-Drehratensensor (1) gemäß einem der vorherigen Ansprüche,

wobei das dritte magnetsensitive Element (15) und/oder das vierte magnetsensitive Element (17) außerhalb einer Ebene angeordnet ist, in der sich die erste Sekundärmasse (6) in einem unausgelenkten Zustand erstreckt.

10

11. MEMS-Drehratensensor (1) gemäß einem der vorherigen Ansprüche,

15

wobei der Grundkörper (2) einen Deckel (19) und ein Substrat aufweist, wobei die erste Primärmasse (3) und die erste Sekundärmasse (6) zwischen dem Deckel (19) und dem Substrat eingekapselt sind,

20

wobei zumindest ein magnetsensitives Element (8, 10, 15, 17) an einer Innenseite des Deckels (19) angeordnet ist.

12. MEMS-Drehratensensor (1) gemäß einem der vorherigen Ansprüche,

25

aufweisend weitere magnetsensitive Elemente und magnetfelderzeugende Elemente, wobei der MEMS-Drehratensensor (1) eine Messung von Drehraten um mehrere Achsen ermöglicht.

1/12

FIG 1

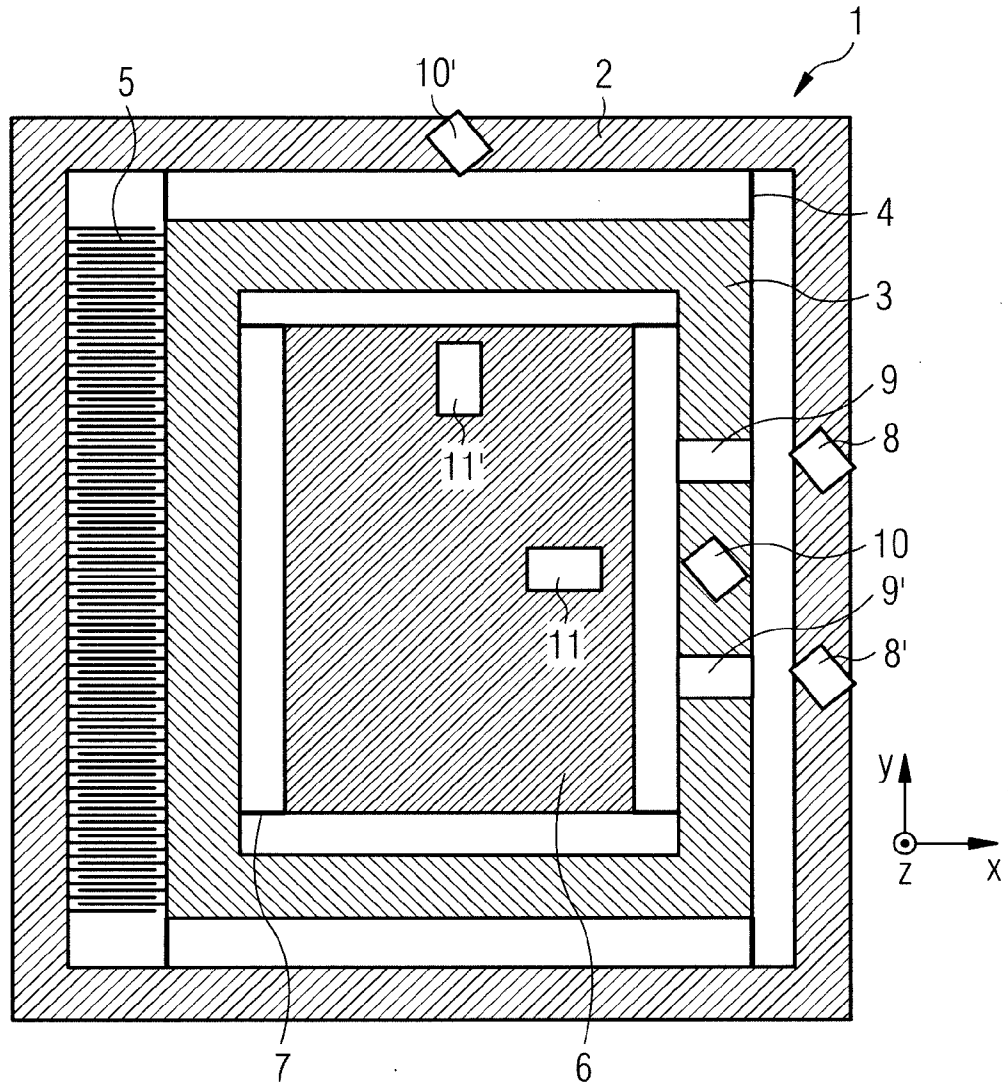
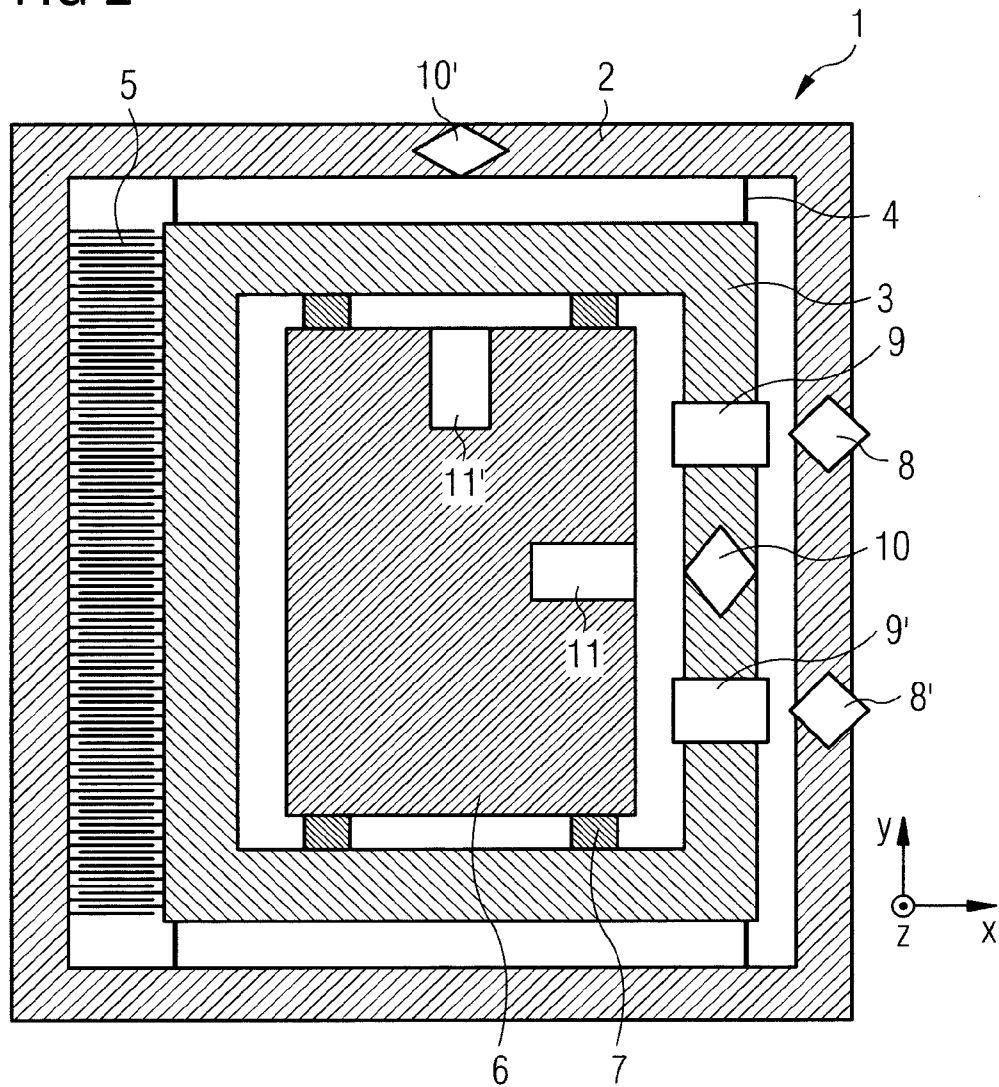
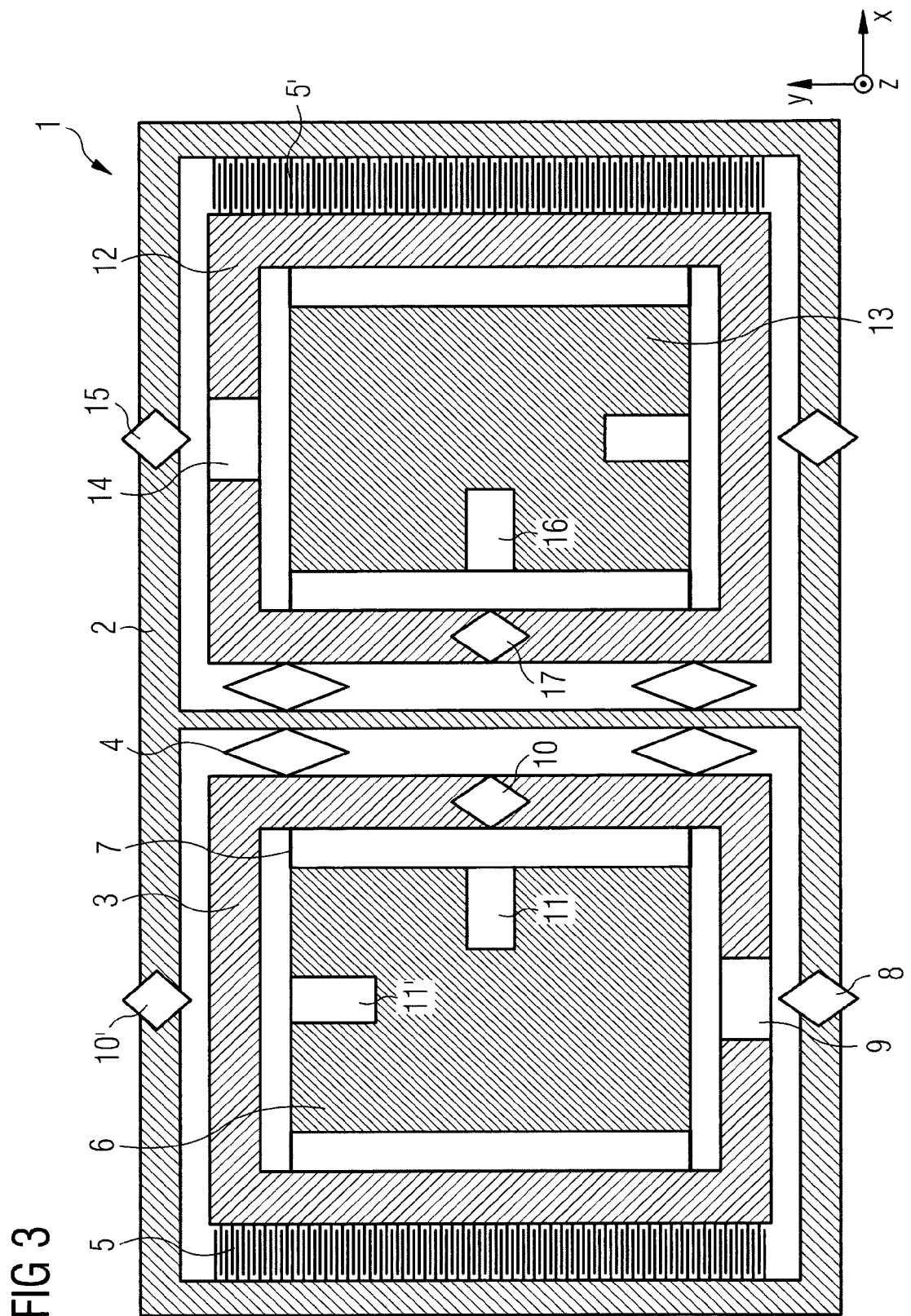
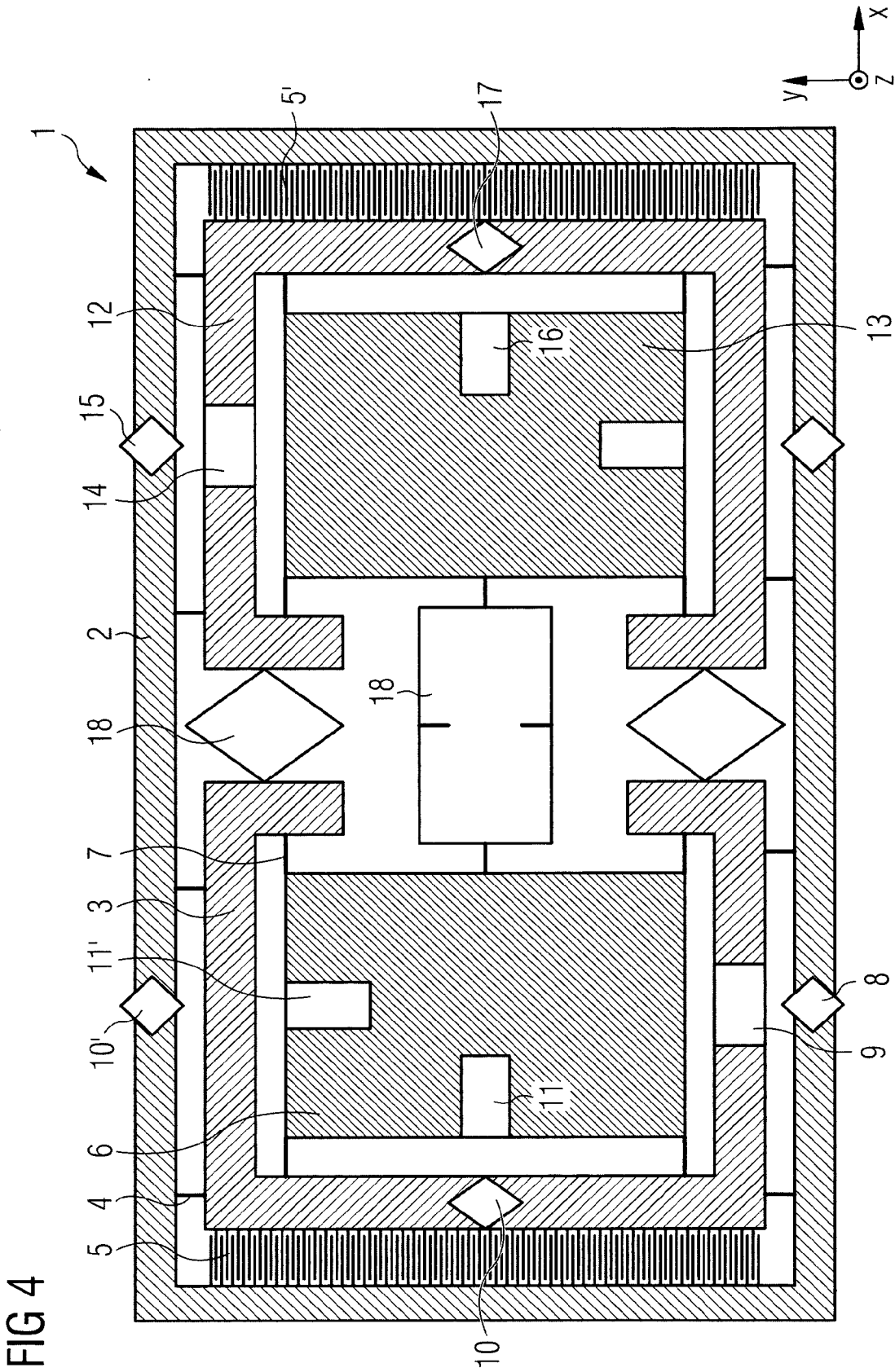


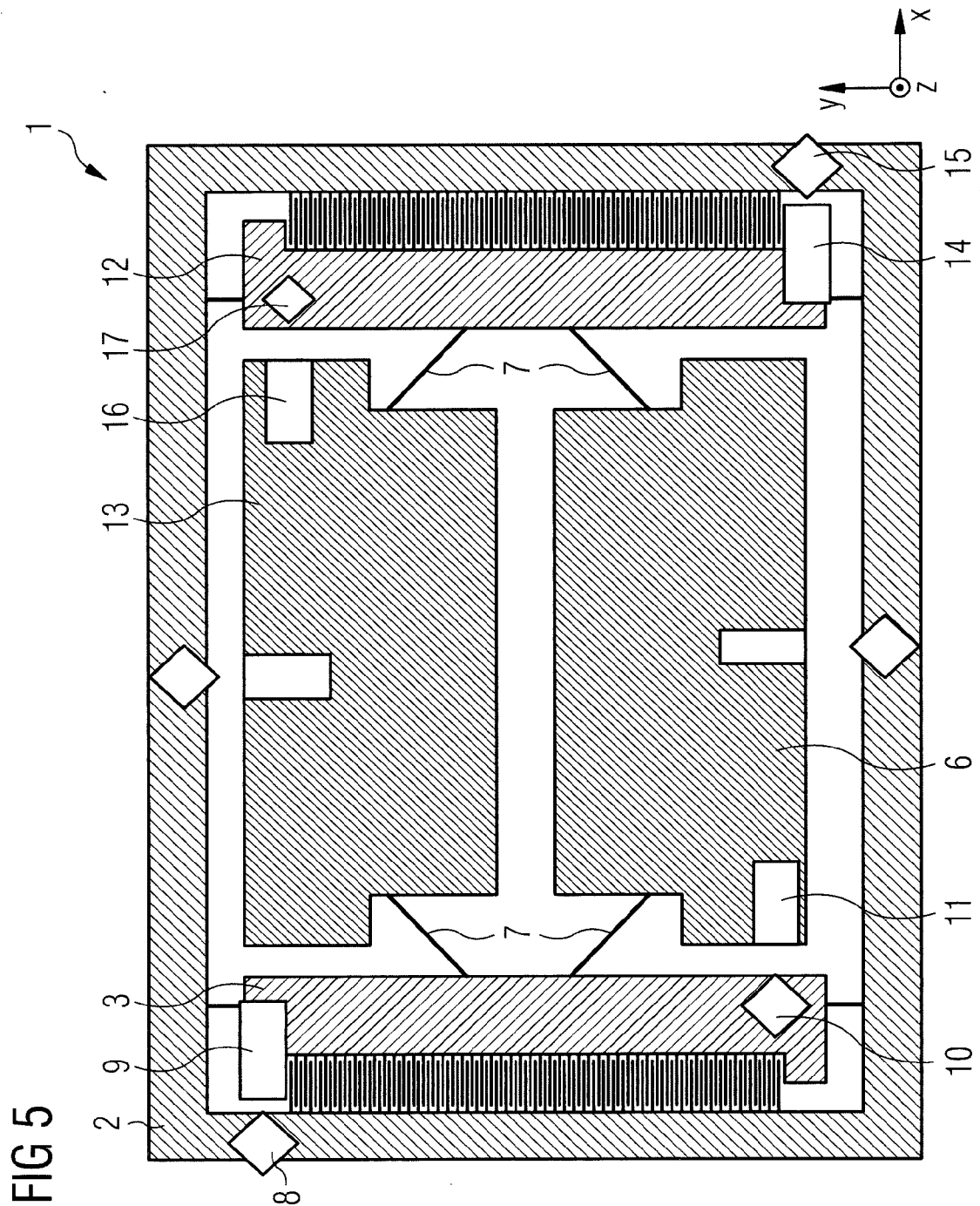
FIG 2





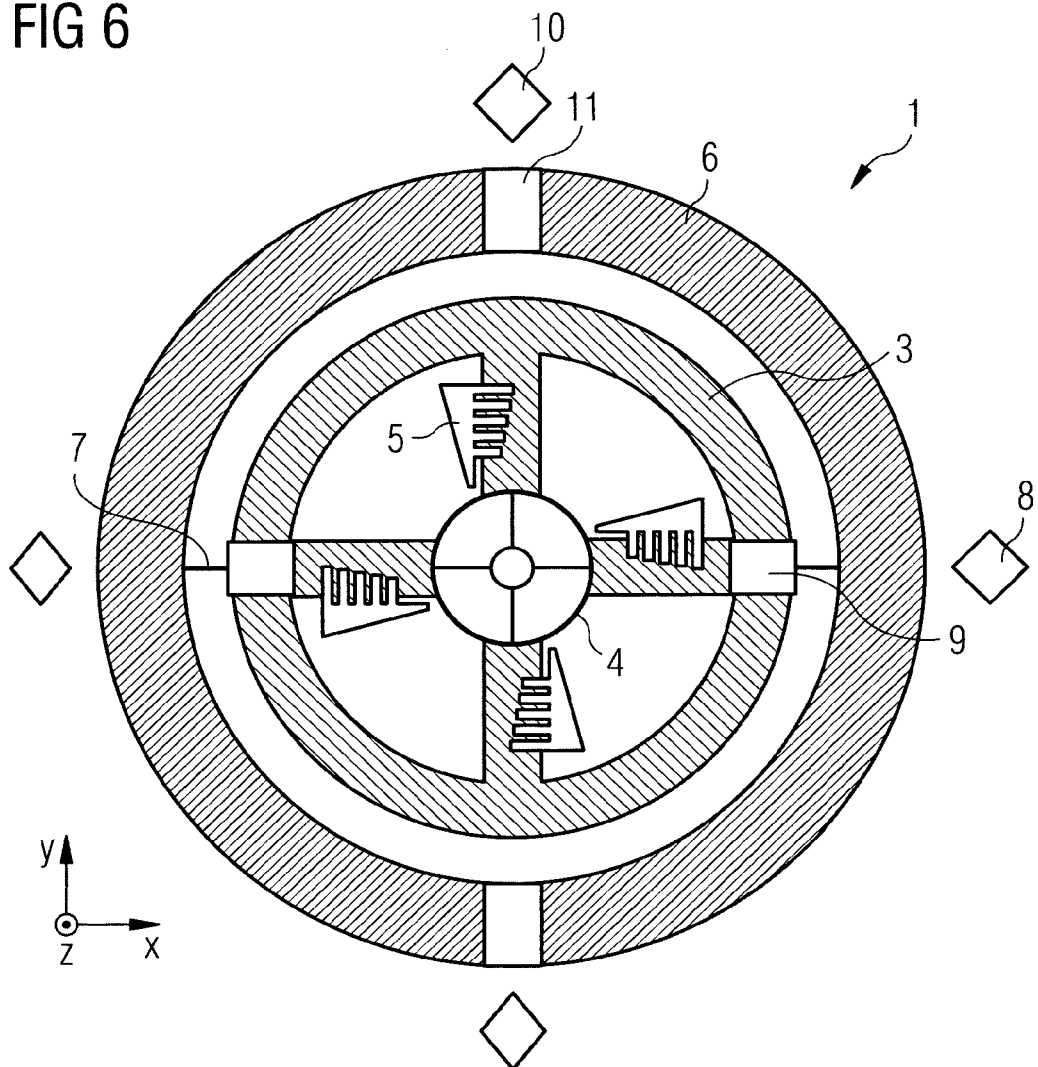
4/12





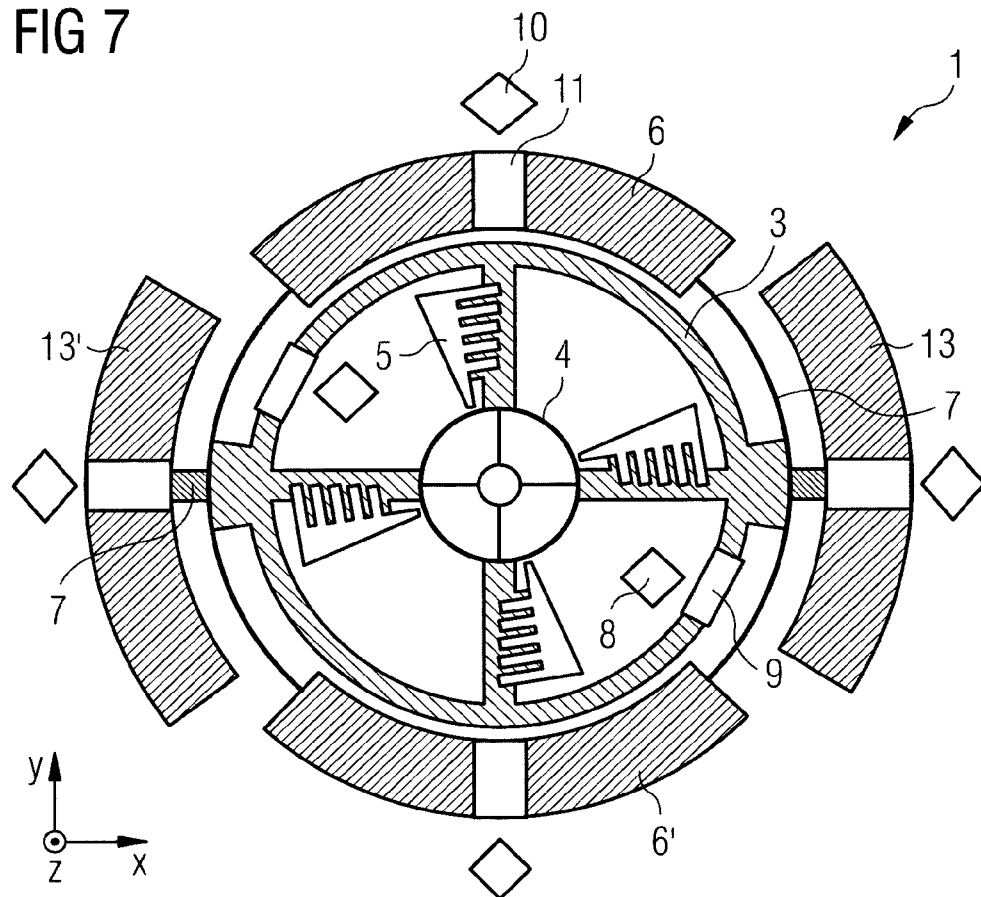
6/12

FIG 6



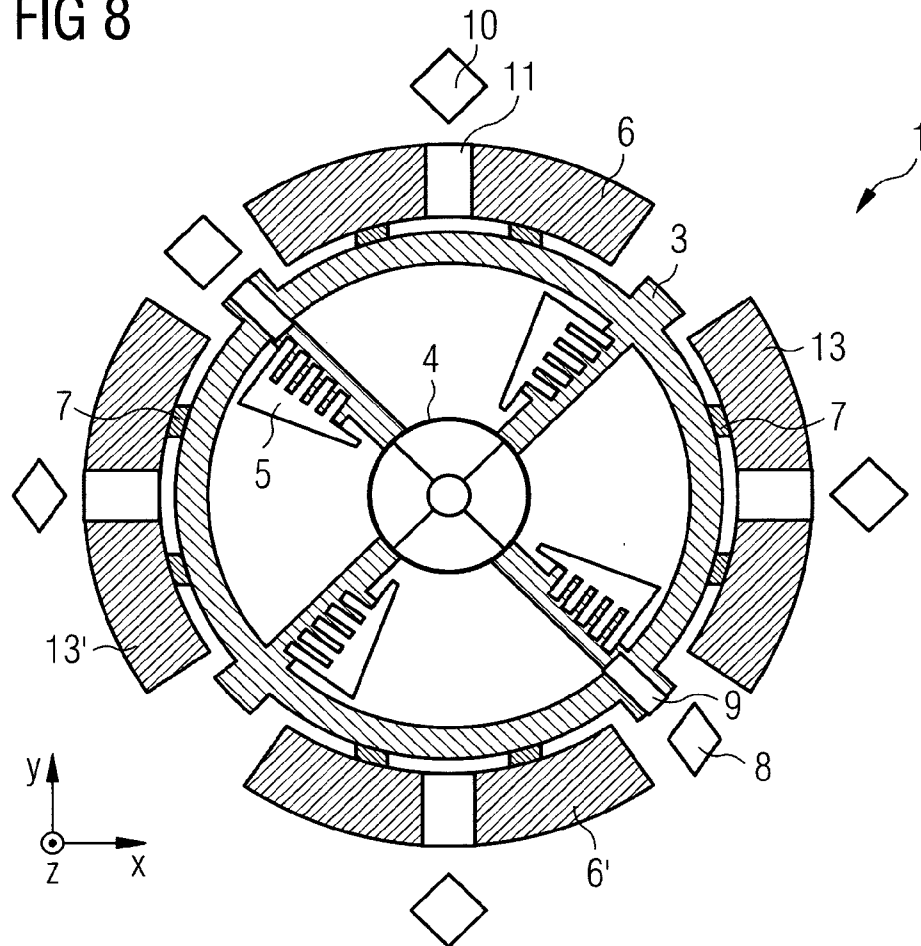
7/12

FIG 7



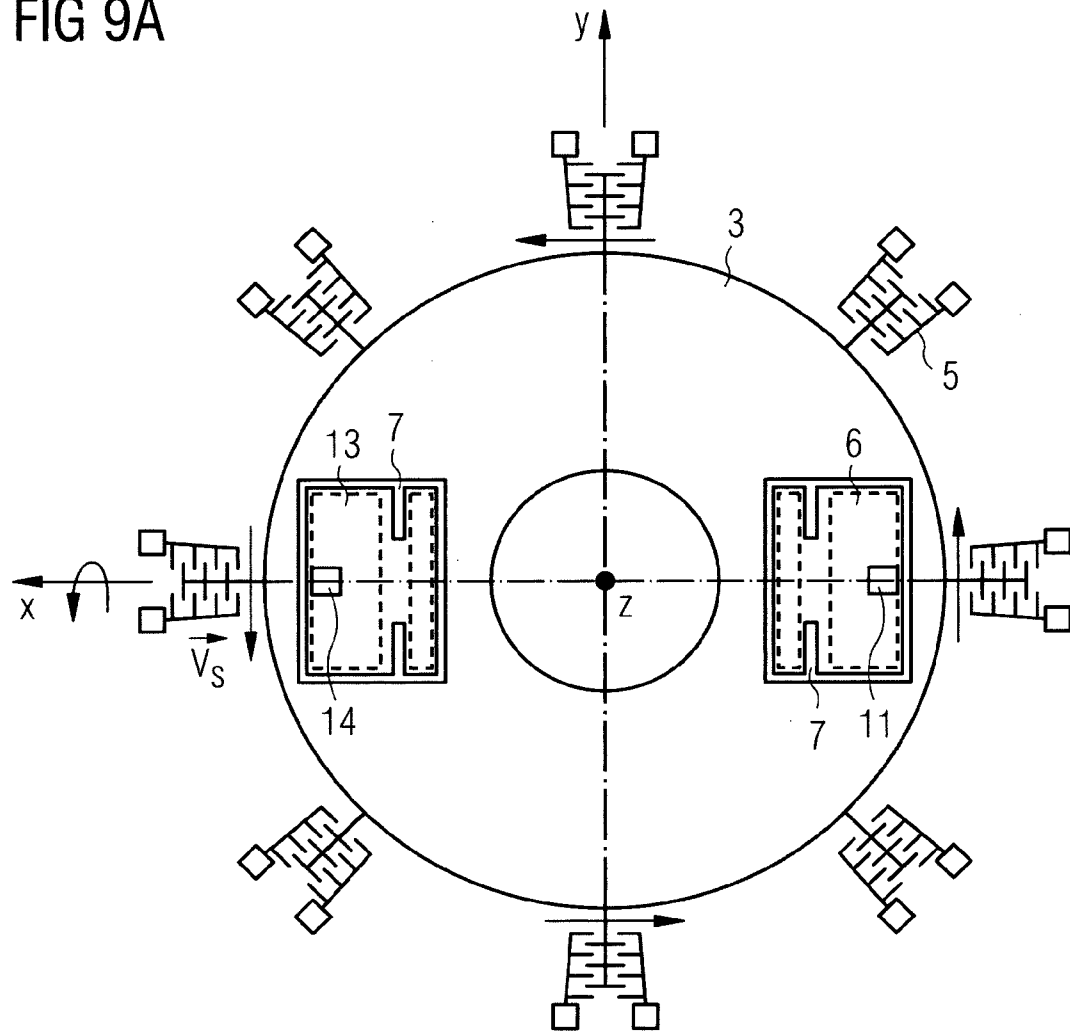
8/12

FIG 8



9/12

FIG 9A



10/12

FIG 9B

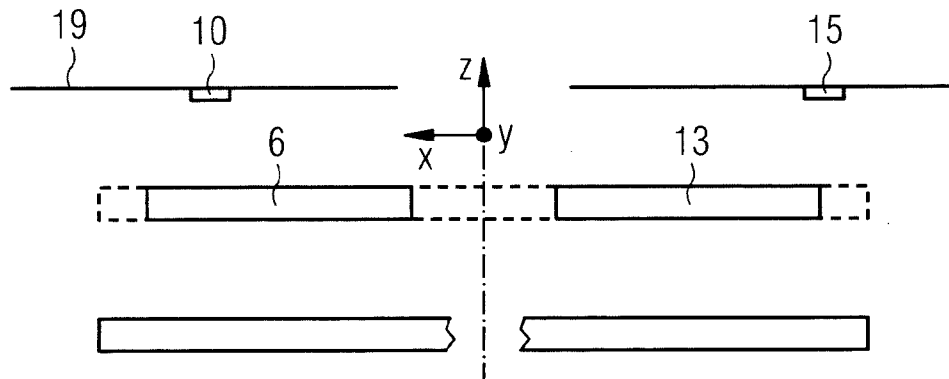
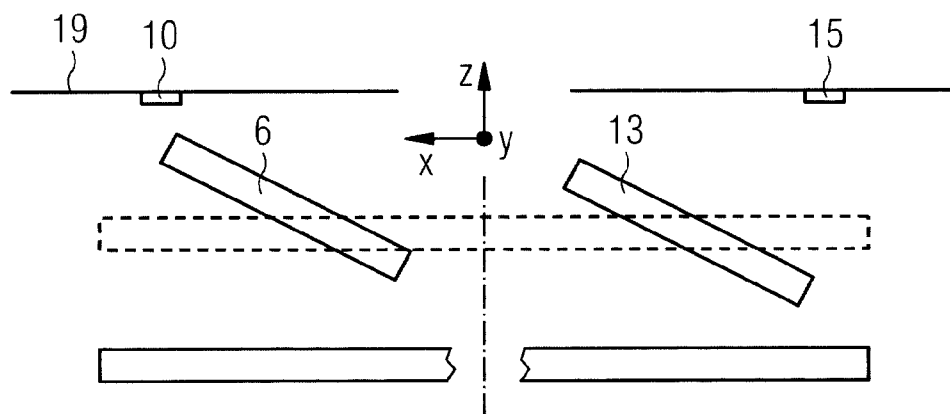
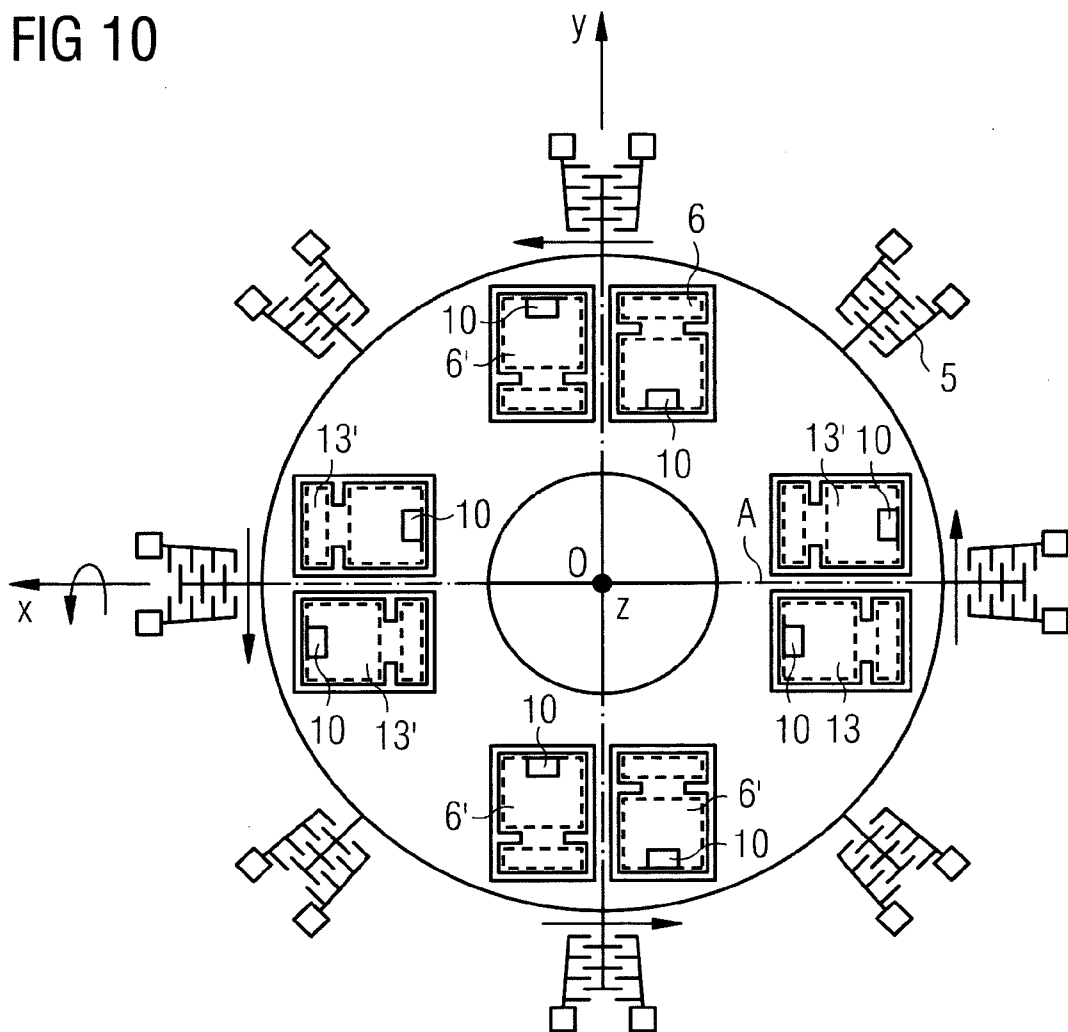


FIG 9C



11/12

FIG 10



12/12

FIG 11

