



(10) **DE 11 2011 103 124 T5** 2013.12.19

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2012/037501**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2011 103 124.6**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2011/052006**  
(86) PCT-Anmeldetag: **16.09.2011**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **22.03.2012**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **19.12.2013**

(51) Int Cl.: **B81B 3/00 (2013.01)**  
**B81C 1/00 (2013.01)**  
**G01C 19/56 (2013.01)**

(30) Unionspriorität:  
**61/384,247**                      **18.09.2010**    **US**  
**61/384,512**                      **20.09.2010**    **US**

(74) Vertreter:  
**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und  
Rechtsanwälte, 81541, München, DE**

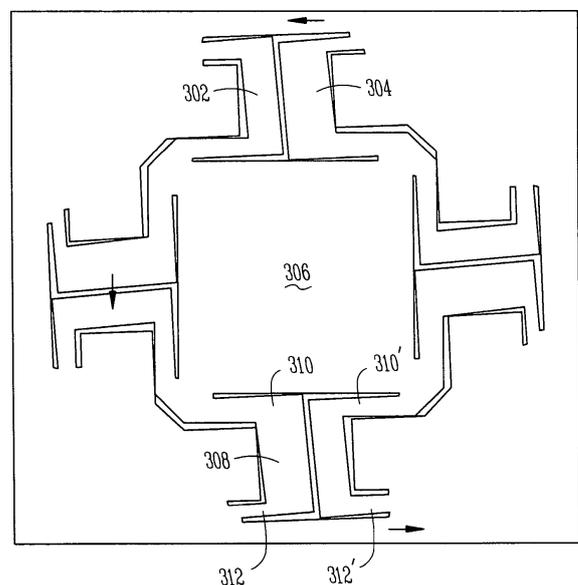
(71) Anmelder:  
**Fairchild Semiconductor Corporation, San Jose,  
Calif., US**

(72) Erfinder:  
**Acar, Cenk, Irvine, CA 92612, US; Bloomsburgh,  
John Gardner, Oakland, Calif., US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Biegelager zum Verringern von Quadratur für mitschwingende mikromechanische Vorrichtungen**

(57) Zusammenfassung: Ein Beispiel umfasst ein mikroelektromechanisches Bauteil zur Bewegungsmessung, umfassend einen befestigten Abschnitt, einen an den befestigten Abschnitt gekoppelten Anker, ein an den Anker auf einer Seite des Ankers gekoppeltes erstes nicht-geradliniges Aufhängeglied, ein an den Anker auf derselben Seite des Ankers gekoppeltes zweites nicht-geradliniges Aufhängeglied, wobei das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied eine Form und Position hat, die das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied an einer ankerhalbierenden Ebene spiegelt, und eine Prüfmasse, die planar ist, wobei die Prüfmasse zumindest teilweise an dem ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglied und dem zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglied so aufgehängt ist, dass die Prüfmasse um den Anker drehbar und in einer Ebene, die parallel zu dem befestigten Abschnitt ist, verschiebbar ist.



↖ 300

## Beschreibung

Beanspruchung von Priorität  
und verwandte Anmeldungen

**[0001]** Die vorliegende Anmeldung beansprucht den Nutzen der Priorität aus der vorläufigen US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 61/384,247 und dem Titel "LOW-QUADRATURE SUSPENSION SYSTEM FOR MULTI-AXIS GYROSCOPES", eingereicht am 18. September 2010, und aus der vorläufigen US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 61/384,512 und dem Titel "IMPROVED QUADRATURE REDUCTION STRUCTURE FOR RESONATING MICRO-MACHINED DEVICES", eingereicht am 20. September 2010, deren gesamter Inhalt hier jeweils durch Bezugnahme aufgenommen ist.

**[0002]** Die vorliegende Anmeldung ist verwandt mit der US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 12/849,742 und dem Titel "MICROMACHINED INERTIAL SENSOR DEVICES", eingereicht am 3. August 2010, der US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 12/849,787 und dem Titel "MICROMACHINED DEVICES AND FABRICATING THE SAME", eingereicht am 3. August 2010, und der vorläufigen US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 61/384,240 und dem Titel "MICROMACHINED MONOLITHIC 6-AXIS INERTIAL SENSOR", eingereicht am 18. September 2010, deren gesamter Inhalt hier jeweils durch Bezugnahme aufgenommen ist.

## HINTERGRUND

**[0003]** Quadraturfehler gehören zu den primären Faktoren, die die Leistungsfähigkeit von mikromechanischen Sensoren, wie beispielsweise Gyroskopen, begrenzen. In Anbetracht der relativen Ausmaße der Antriebs- und Messoszillationen, könnte selbst ein extrem geringer Anteil der Antriebsbewegungskopplung in einen Messbetrieb gegenüber der Coriolis-Antwort dominieren.

**[0004]** Fertigungstoleranzen können praktisch zu suboptimalen Geometrien in Strukturen, wie beispielsweise Gyroskopstrukturen, führen. Suboptimale Geometrien können verursachen, dass eine Antriebsoszillation teilweise in einen Messbetrieb eingekoppelt wird. Obgleich es diverse Kreuzkoppelansätze gibt, wie beispielsweise elastische, viskose und elektrostatische Koppelansätze, steigt die elastische Kopplung aufgrund von Anisotropie in den Aufhängeelementen in bestimmten Fällen über ein gewünschtes Maß.

**[0005]** In Sensorsystemen, wie beispielsweise Gyroskopsystemen mit außerflächigen Betriebsarten, ist eine Anisotropie zwischen den innerflächigen und den außerflächigen Richtungen die dominierende Quelle von Quadraturfehlern. Ein Neigen oder Sche-

ren einer Seitenwand bei reaktivem Ionentiefenätzen (engl.: deep reactive-ion etching, "DRIE") kann zu Abweichungen des Querschnitts der Biegelager von einem Rechteck zu einem Parallelogramm führen, was verursacht, dass die Hauptachsen der Elastizität der Aufhängebiegelager davon abweichen, parallel und orthogonal zur Oberfläche der Vorrichtung zu sein. In einem Beispiel können ein- oder mehrachsige mikromechanische Sensorstrukturen, wie beispielsweise Gyroskopstrukturen, an hohen Quadraturfehlern leiden, die zumindest teilweise durch eine DRIE-Scherung verursacht sind.

**[0006]** Ferner beruhen herkömmliche Resonatoren auf einfachen geraden Biegelagern, um eine Biegestruktur zu erzeugen, um der Vorrichtung ein Auslenken in Resonanz zu ermöglichen. Dies verursacht erhebliche Probleme, wenn das Ätzen eine Scherung im Biegelager erzeugt, was zu einer großen unerwünschten Auslenkung führt, die oft einen Messmechanismus ansteuert.

## KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0007]** In den Zeichnungen, die nicht notwendigerweise maßstabsgerecht gezeichnet sind, können ähnliche Bezugszeichen ähnliche Komponenten in verschiedenen Ansichten beschreiben. Ähnliche Bezugszeichen mit unterschiedlichen angehängten Buchstaben können verschiedene Ausführungsbeispiele ähnlicher Komponenten repräsentieren. Die Zeichnungen zeigen allgemein, anhand von Beispielen, aber nicht als Einschränkungen, diverse in dem vorliegenden Dokument diskutierte Ausführungsformen.

**[0008]** [Fig. 1](#) zeigt eine Sensorstruktur, umfassend eine Aufhängestruktur nach einem Beispiel.

**[0009]** [Fig. 2A](#) zeigt einen Abschnitt einer Aufhängung nach einem Beispiel.

**[0010]** [Fig. 2B](#) zeigt die Aufhängung nach [Fig. 8A](#) in einem Biegezustand, in dem ein oberer Abschnitt aufwärts gebogen ist, in einem Beispiel.

**[0011]** [Fig. 2C](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 8A](#) in einem Biegezustand, in dem ein oberer Abschnitt abwärts gebogen ist, in einem Beispiel.

**[0012]** [Fig. 3](#) zeigt eine Verwindungsbewegung einer aufgehängten Struktur um eine z-Achse nach einem Beispiel.

**[0013]** [Fig. 4](#) zeigt eine Verwindungsbewegung einer aufgehängten Struktur um eine x-Achse nach einem Beispiel.

[0014] [Fig. 5](#) zeigt eine Verwindungsbewegung einer aufgehängten Struktur um eine y-Achse nach einem Beispiel.

[0015] [Fig. 6](#) zeigt ein Zweiachsengyroskop, umfassend eine Niederquadraturfehleraufhängung nach einem Beispiel.

[0016] [Fig. 7](#) zeigt ein Dreiachsengyroskop, umfassend eine Niederquadraturfehleraufhängung nach einem Beispiel.

[0017] [Fig. 8](#) zeigt einen Quadraturfehler für eine Beispielaufhängung.

[0018] [Fig. 9](#) zeigt eine Antriebsart nach einem Beispiel.

[0019] [Fig. 10](#) zeigt ein Biegelager mit vier Biegungen nach einem Beispiel.

[0020] [Fig. 11](#) zeigt ein Biegelager, umfassend ein sich biegendes Biegelager und ein sich nicht biegendes Biegelager nach einem Beispiel.

[0021] [Fig. 12](#) zeigt ein Biegelager, umfassend ein sich biegendes Biegelager, das kürzer ist als das Biegelager aus [Fig. 11](#), und ein sich nicht biegendes Biegelager, das kürzer ist als das sich nicht biegende Biegelager aus [Fig. 11](#) nach einem Beispiel.

[0022] [Fig. 13A](#) zeigt eine Aufhängung mit großen Ausnehmungen nach einem Beispiel.

[0023] [Fig. 13B](#) zeigt Spannungen bezogen auf ein Biegen von Biegelagern.

[0024] [Fig. 14](#) zeigt eine Aufhängung, umfassend eine Spitzkehre nach einem Beispiel.

[0025] [Fig. 15](#) zeigt eine Aufhängung nach [Fig. 14](#) gebogen als Verwindung um eine z-Achse nach einem Beispiel.

[0026] [Fig. 16A](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 14](#) gebogen als Verwindung um eine z-Achse nach einem Beispiel.

[0027] [Fig. 16B](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 14](#) gebogen um eine y-Achse nach einem Beispiel.

[0028] [Fig. 16C](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 14](#) gebogen um eine x-Achse nach einem Beispiel.

[0029] [Fig. 16D](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 14](#) gebogen anhand einer Auslenkung entlang einer y-Achse nach einem Beispiel.

[0030] [Fig. 17](#) zeigt ein Verfahren zum Herstellen einer Niederquadraturfehleraufhängung nach einem Ausführungsbeispiel.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0031] Ungewollte Seitenwandverbiegungen können die Leistungsfähigkeit von Biegelagern ("Biegungen"), wie beispielsweise Biegelagern, die einen Teil oder mehrere Teile einer mikroelektromechanischen Systemstruktur („MEMS“-Struktur), wie beispielsweise ein Bauteil (engl.: „die“) tragen, negativ beeinflussen. In einem Beispiel kann eine innerflächige Antriebsbewegung außerflächige Bewegung verursachen, wie beispielsweise wenn die Scherachse entlang eines Biegelagers oder einer Balkenlänge verläuft, falls eine Seitenwand oder mehrere Seitenwände einen Winkelfehler haben. Wenn in einem Beispiel verscherte biegsame oder nachgebende Biegelager oder Balken auf unterschiedlichen Seiten einer Antriebsbewegung angeordnet sind, kann eine sich ergebende außerflächige Auslenkung einen Quadraturfehler verursachen oder dazu beitragen. In einem Beispiel zielt ein Niederquadraturaufhängesystem darauf ab, eine unerwünschte außerflächige Bewegung zu verringern oder aufzuheben.

[0032] [Fig. 1](#) zeigt eine Sensorstruktur, umfassend eine Aufhängestruktur nach einem Beispiel. Diverse Beispiele offenbaren ein Niederquadraturaufhängesystem für einen Sensor. In einem Beispiel kann die Aufhängestruktur in einem sich verwindenden mehrachsigen mikromechanischen Gyroskopsystem mit einer Prüfmasse, wie beispielsweise einer einzelnen Prüfmasse **104** verwendet werden. In einem Beispiel ist eine Prüfmasse **104** an ihrer Mitte mit einem einzelnen mittigen Anker **106** aufgehängt. In einem Beispiel verbinden ein oder mehrere Biegelager den Anker **106** mit der Prüfmasse **104**, zum Beispiel mit dem Hauptrahmen der Prüfmasse **116**. In einem Beispiel erlauben eine oder mehrere Biegungen der Prüfmasse um drei zueinander senkrechte Achsen verwindend zu oszillieren. In einem Beispiel erlauben Aufhängebiegelager oder -balken innerflächige oder außerflächige Auslenkungen, wodurch die Prüfmasse sich verwindend um die x-, y- und z-Achsen oszillieren kann.

[0033] Ein Beispiel umfasst einen befestigten Abschnitt **118**, wobei der Anker **106** an den befestigten Abschnitt **118** gekoppelt ist. In einem Beispiel ist ein erstes nicht-geradliniges Aufhängeglied **108** auf einer Seite des Ankers an den Anker **106** gekoppelt. In einem Beispiel ist ein zweites nicht-geradliniges Aufhängeglied **120** auf derselben Seite des Ankers an den Anker gekoppelt, wobei das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied eine Form und eine Position aufweist, die das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied an einer den Anker halbierenden Ebene **122**, wie beispielsweise der x-z-Ebene spiegelt. Diverse Beispiele

le umfassen eine Prüfmasse **104**, die planar ist, wobei die Prüfmasse zumindest zum Teil an dem ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglied **108** und an dem zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglied **120** so aufgehängt ist, dass die Prüfmasse um den Anker **106** drehbar ist und in einer Ebene, die parallel zum befestigten Abschnitt verläuft, wie beispielsweise in der x-y-Ebene verschiebbar ist.

**[0034]** In einem Beispiel umfasst ein C-förmiges Biegelager **108** einen inneren Abschnitt **110**, der an den Anker **106** gekoppelt ist und sich in Richtung der den Anker halbierenden Ebene **122** erstreckt, einen mittleren Abschnitt **114**, der einen nahen Abschnitt und einen fernen Abschnitt hat, mit einem nahen Abschnitt, der an den inneren Abschnitt **110** gekoppelt ist und einem fernen Abschnitt, der weg von dem Anker **106** entlang der den Anker halbierenden Ebene **122** erstreckt ist und an einen äußeren Abschnitt **112** gekoppelt ist, der sich von der den Anker halbierenden Ebene **122** weg erstreckt. In einem Beispiel ist der mittige Abschnitt **114** senkrecht zu dem inneren Abschnitt **110** und dem äußeren Abschnitt **112**. In einem Beispiel ist der mittige Abschnitt **114** parallel zur den Anker halbierenden Ebene **122**.

**[0035]** In einem Beispiel sind der Anker **106**, das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied **108**, das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied **120** und die Prüfmasse **104** aus einem monolithischen Werkstoff ausgebildet. In einem Beispiel umfasst der befestigte Abschnitt **118** einen befestigten monolithischen Werkstoff, außer dem monolithischen Werkstoff des Ankers **106**, des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds **108**, des zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds **120** und der Prüfmasse **104**. In einem Beispiel umfasst der befestigte Abschnitt **118** einen befestigten monolithischen Werkstoff, der der gleiche ist wie der monolithische Werkstoff des Ankers **106**, des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds **108**, des zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds **120** und der Prüfmasse **104**.

**[0036]** In einem Beispiel sind Biegelager auf jeder Seite des mittleren Ankers angeordnet, wie beispielsweise auf gegenüberliegenden Seiten des Ankers. In einem Beispiel wird von jedem C-förmigen Biegelager auf einer Seite verursachte außerflächige Bewegung von seinem symmetrischen Gegenstück aufgehoben. Entsprechend wird in einem Beispiel der an jedem Biegelager eingeleitete Quadraturfehler lokal verringert oder aufgehoben.

**[0037]** In einem Beispiel wird eine mittige Aufhängestruktur **102** in einem Sensor verwendet, wie beispielsweise einem Sensor mit sechs Freiheitsgraden (engl.: degrees of freedom, "DOF") **100**, wie beispielsweise einem monolithischen 6-DOF-Sensor, der symmetrische Biegelager umfasst. In einem Beispiel umfassen die symmetrischen Biegelager "C-för-

mige Biegelager" **108**. In einem Beispiel umfasst jedes C-förmige Biegelager innere **110** und äußere **112** Biegelager mit einem hochsteifen Verbindungs-Biegelager **114** zwischen zwei Biegelagern. In einem Beispiel ist das innere Biegelager **112** (**110**) mit dem Anker **106** an einem Ende verbunden und das äußere Biegelager **112** ist an einem anderen Ende mit der Prüfmasse **104** verbunden. In einem Beispiel ist das Aufhängesystem **102** durch insgesamt acht C-förmige Biegelager **108** ausgebildet. In einem Beispiel sind zwei symmetrische C-förmige Biegelager auf jeder der vier Seiten einer mittigen Ankerstruktur angeordnet.

**[0038]** In einem Beispiel erlaubt ein Aufhängesystem drei Gyroskop-Betriebsarten: verwindend innerflächig um die z-Achse für die Antriebsbewegung; verwindend außerflächig um die x-Achse für die y-Achsen-Gyroskopmessbewegung; und verwindend außerflächig um die y-Achse für die x-Achsen-Gyroskopmessbewegung. In einem Beispiel kann zwischen den Oszillationsarten umgeschaltet werden.

**[0039]** [Fig. 2A](#) zeigt einen Abschnitt einer Aufhängung nach einem Beispiel.

**[0040]** [Fig. 2B](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 2A](#) in einem Biegezustand, in dem ein oberer Abschnitt aufwärts gebogen ist, in einem Beispiel. [Fig. 2C](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 2A](#) in einem Biegezustand, in dem ein oberer Abschnitt abwärts gebogen ist in einem Beispiel. Die gezeigten Beispiele veranschaulichen das Deformationsprofil in jeder Richtung des Aufhängemechanismus. In einem Beispiel geschieht das Biegen gleich gerichtet und entgegen gerichtet in beiden in den [Fig. 2B](#) und [Fig. 2C](#) gezeigten Deformationsfällen. In einem Beispiel biegen sich die zwei Biegelager in jeder Richtung auf entgegengerichtete Weise. In einem Beispiel wird die gesamte außerflächige Deformation von einem Ende der Biegungen bis zum anderen minimiert, in dem entgegengerichtete außerflächige Deformationen erzeugt werden, die sich gegenseitig aufheben.

**[0041]** [Fig. 3](#) zeigt eine Verwindungsbewegung einer aufgehängten Struktur um eine z-Achse nach einem Beispiel. In einem Beispiel umfasst ein Aufhängesystem **300** zwei symmetrische C-förmige Biegelager **302**, **304** auf jeder Seite einer mittigen Ankerstruktur **306**. In einem Beispiel ist eines der oder sind beide C-förmigen Biegelager **302**, **304** aus einem hochsteifen Verbindungs-Biegelager **308** gebildet, das zwischen zwei Biegelagern **310**, **312** angeordnet ist. In einem Beispiel wird die durch die Auslenkung der Biegelager an jedem C-förmigen Biegelager auf einer Seite verursachte außerflächige Bewegung anhand eines symmetrischen Gegenstücks **310'**, **312'** während einer innerflächigen Verwindungsbewegung, wie beispielsweise einer Bewegung entlang der Figurenebene, aufgehoben. Ein

Quadraturfehler, der an jedem Biegelager eingeleitet wird, wird entsprechend lokal verringert oder aufgehoben.

**[0042]** Das gezeigte Beispiel veranschaulicht eine Verwindungsbewegung um eine z-Achse, das heißt, eine Achse, die in die Seite hinein und aus der Seite heraus erstreckt ist. In einem Beispiel biegen sich die inneren **310** und äußeren **312** Biegelager in jedem C-förmigen Biegelager innerflächig während der innerflächigen Verwindungsbewegung. In einem Beispiel erfahren die hochsteifen Verbindungslager **308** keine wesentliche Biegung. Bei einer Drehung der Prüfmasse gegen den Uhrzeigersinn um die z-Achse bewegt sich ein oberer Abschnitt der Prüfmasse nach links, wie gezeigt. In einem Beispiel bewegen sich beide hochsteifen Verbindungslager nach links. Im Ergebnis biegen sich die inneren und äußeren Biegungen am rechten C-förmigen Biegelager nach unten, während sich diejenigen am linken C-förmigen Biegelager nach oben biegen. In einem Beispiel ergibt sich daher die Bewegung als Auslenkungen in entgegengesetzte Richtungen in den symmetrischen C-förmigen Biegelagerbiegungen. Da die Biegungen in symmetrischen C-förmigen Biegelagern in gegensätzliche Richtungen ausgelenkt werden, wird die äußerflächige Bewegung aufgrund der Auslenkung der Biegelager in jedem C-förmigen Biegelager auf einer Seite von seinem symmetrischen Gegenstück aufgehoben. Der Quadraturfehler, der an jedem Biegelager eingeleitet wird, wird daher lokal aufgehoben.

**[0043]** **Fig. 4** zeigt eine Verwindungsbewegung einer aufgehängten Struktur um eine x-Achse nach einem Beispiel. In einem Beispiel kann eine Aufhängestruktur in einem verwindenden mehrachsigen mikro-mechanischen Gyroskopsystem mit einer Prüfmasse **404**, verwendet werden. In einem Beispiel ist die Prüfmasse **404** an ihrer Mitte mit einem einzelnen mittigen Anker **406** aufgehängt. In einem Beispiel verbinden ein oder mehrere Biegelager **402** den Anker **406** mit der Prüfmasse **404**. In einem Beispiel werden während der äußerflächigen Verwindungsbewegung um die x-Achse primär die C-förmigen Aufhängepaare **412, 412'** an den y-Achsenenden des Ankers ausgelenkt. In einem Beispiel biegen sich die inneren Biegelager **410, 410'** in diesen C-förmigen Aufhängungen um die x-Achse, wobei sie wie ein Torsionsgelenk wirken.

**[0044]** In einem Beispiel hat das Bauteil eine (Substrat-)Scheibenform (Wafer-Form), wobei ein erstes nicht-geradliniges Aufhängeglied **408** und ein zweites nicht-geradliniges Aufhängeglied **412** jeweils einen im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt haben, wobei die Höhe des Querschnitts kleiner ist als die Breite.

**[0045]** **Fig. 5** zeigt eine Verwindungsbewegung einer aufgehängten Struktur um eine y-Achse nach einem Beispiel. In einem Beispiel kann die Aufhängestruktur in einem verwindenden mehrachsigen mikro-mechanischen Gyroskopsystem mit einer Prüfmasse, wie beispielsweise einer einzelnen Prüfmasse **404** verwendet werden. In einem Beispiel ist eine Prüfmasse **404** an ihrer Mitte mit einem einzelnen mittigen Anker **406** aufgehängt. In einem Beispiel verbinden ein oder mehrere Biegelager **402** den Anker **406** mit der Prüfmasse **404**. In einem Beispiel werden primär die C-förmigen Aufhängepaare **412, 412'** auf den x-Achsenenden des Ankers während der äußerflächigen Verwindungsbewegung um die y-Achse ausgelenkt. Die inneren Biegelager in diesen C-förmigen Biegelagern **414, 414'** biegen sich verwindend um die y-Achse, wobei sie wie ein Torsionsgelenk wirken.

**[0046]** **Fig. 6** zeigt ein Zweiachsengyroskop, umfassend eine Niederquadraturfehleraufhängung nach einem Beispiel. In einem Beispiel kann eine Struktur **602** in diversen verwindenden mehrachsigen mikro-mechanischen Gyroskopsystemen mit einer einzelnen Prüfmasse **604** verwendet werden, die an ihrer Mitte mit einem einzelnen mittigen Anker **606** aufgehängt ist. Die Biegungen **608** verbinden den Anker mit der Prüfmasse **604** und erlauben es der Prüfmasse um alle drei Achsen sich verwindend zu oszillieren. Das gezeigte Beispiel misst Bewegungen um die x-Achse und die y-Achse und erlaubt drei Gyroskop-Betriebsarten: verwindend innerflächig um die z-Achse für die Antriebsbewegung; verwindend äußerflächig um die x-Achse für die y-Achsen-Gyroskopmessbewegung; und verwindend äußerflächig um die y-Achse für die x-Achsen-Gyroskopmessbewegung. In einem Beispiel sind eine oder mehrere Kammelektroden **616** an einen befestigten Abschnitt der Vorrichtung gekoppelt und messen eine Bewegung der Kammelektroden **618**, die an die Prüfmasse **604** gekoppelt sind. In einem Beispiel sind die Kammzähne der Kammelektroden **618** entlang einer Achse angeordnet, die einen Winkel zwischen der x-Achse und der y-Achse (y-Achse) halbiert.

**[0047]** **Fig. 7** zeigt ein Dreiachsengyroskop, umfassend eine Niederquadraturfehleraufhängung nach einem Beispiel. In einem Beispiel kann die Struktur **702** in diversen sich verwindenden mehrachsigen mikro-mechanischen Gyroskopsystemen mit einer einzelnen Prüfmasse **704** verwendet werden, die an ihrer Mitte mit einem einzelnen mittigen Anker **706** aufgehängt ist. Die Biegungen **708** verbinden den Anker mit der Prüfmasse **704** und erlauben es der Prüfmasse sich verwindend um alle drei Achsen zu oszillieren. In einem Beispiel funktioniert eine Vorrichtung wie ein 3-Achsen-("X/Y/Z")-Gyroskop. In einem Beispiel erlaubt das Aufhängesystem **702** ähnliche Gyroskop-Betriebsarten wie die in **Fig. 6** gezeigte Vorrichtung. In einem Beispiel umfasst die in **Fig. 7** ge-

zeigte Vorrichtung weitere Biegungen **720**, die den z-Achsen-Messbetrieb erlauben. In einem Beispiel sind eine oder mehrere Kammelektroden **716** an einen befestigten Abschnitt der Vorrichtung gekoppelt und messen eine Bewegung der Kammelektroden **718**, die an die Prüfmasse **704** gekoppelt sind. In einem Beispiel sind die Kammzähne der Kammelektroden **718** entlang einer Achse angeordnet, die einen Winkel zwischen der x-Achse und der y-Achse (y-Achse) halbiert.

[0048] **Fig. 8** zeigt den Quadraturfehler für eine Beispielaufhängung. In einem Beispiel hat der Winkel der Biegelager eine erhebliche Auswirkung auf die Quadratur. In einem Beispiel kann der Winkel für jede Ausgestaltung so ausgewählt werden, dass der Quadraturfehler, der von den Scherungen der Resonator-Biegelagerbiegungen ausgeht, optimiert wird. In einem Beispiel ist der optimale Winkel für die gewünschte Umsetzung des Aufhängesystems 15 Grad. In einem Beispiel ist der optimale Winkel strukturformabhängig und wird basierend auf der Struktur einer entsprechenden Vorrichtung ausgewählt. In einem Beispiel werden zwei Biegelager für eine gewünschte Struktur auf denselben Winkelversatz eingestellt, zwei Biegelager könnten aber leicht auf unterschiedliche Winkel eingestellt werden.

[0049] **Fig. 9** zeigt eine Antriebsart nach einem Beispiel. Die Erfinder haben erkannt, dass eine Scherwirkung Quadraturfehler in Aufhängekonfigurationen, die einen Anker **906** umfassen, erzeugt und dass sie die Wirkung durch Erzeugen gegensätzlicher Scherungen an derselben Biegung **902** oder an demselben Biegungspaar **904** minimieren könnten.

[0050] Zwei sich biegende Biegelager sind dementsprechend anhand eines Rahmens getrennt, wovon sich jeder im Antriebsbetrieb in die entgegengesetzte Richtung deformiert. Die entgegengesetzten Richtungen der Deformation verursachen, dass die Scherung außerflächige Deformationen in entgegengesetzte Richtungen erzeugt, die einander an der Endverbindung zu der bewegten Komponente aufheben. Dies wird dazu verwendet, einen bestehenden Mechanismus, der lediglich ein Biegelager umfasst, zu ersetzen, dessen Scherung die Deformation in nur eine Richtung verursacht, wobei viel außerflächige Bewegung ohne jegliche Aufhebung erzeugt wird.

[0051] In einigen Beispielen werden die inneren **910**, **910'** und äußeren **912**, **912'**-Biegelager jedoch so gedreht, dass eine Deformation verursacht, dass sich ein Biegelager aufwärts und ein Biegelager abwärts während des Antriebsbetriebs biegt. In einem Beispiel ist die Antriebsart ein Drehbetrieb um einen mittleren Anker. In einem Beispiel verursacht der Antriebsbetrieb für jedes der vier Aufhängepaare **404**, dass sich eines in eine Richtung und das andere in die andere Richtung deformiert.

[0052] **Fig. 10** zeigt ein Biegelager mit vier Biegungen nach einem Beispiel. In einem Beispiel kann die Biegung **1002** mehr als eine Biegung umfassen. In einem Beispiel kann dies eine gezielter kontrollierte außerflächige Bewegung erlauben. In einem Beispiel ist eine Anzahl Spitzkehren **1004** umfasst. In einem Beispiel weisen die Spitzkehren ein Zickzackmuster auf, das sich vom Anker **1006** bis zu der Prüfmasse **1005** erstreckt. In einem Beispiel umfasst der Zickzack Spitzkehren mit regelmäßiger Amplitude entlang dem Muster, das sich vom Anker **1006** bis zu der Prüfmasse **1005** erstreckt. In weiteren Ausführungsformen variiert die Amplitude. In einem Beispiel haben die Spitzkehren eine C-Form mit hohen **1008** und tiefen **1014** Gliedern, die zueinander parallel, jedoch nicht parallel gegenüber einem hochsteifen Abschnitt **1016** sind.

[0053] **Fig. 11** zeigt ein Biegelager, umfassend ein sich biegendes Biegelager und ein sich nicht biegendes Biegelager nach einem Beispiel. In einem Beispiel kann eine Biegung **1102** auch durch Verlängern oder Verkürzen der sich biegenden Biegelager **1110** **1114** oder der/des sich nicht biegenden Biegelager(s) **1112** parametrisiert werden.

[0054] In dem in **Fig. 12** gezeigten Beispiel wurden das äußere sich biegende Biegelager **1110** und das sich nicht biegende Biegelager **1112** verkürzt.

[0055] **Fig. 12** zeigt ein Biegelager, umfassend ein sich biegendes Biegelager, das kürzer ist als das Biegelager aus **Fig. 11**, und ein sich nicht biegendes Biegelager, das kürzer ist als das sich nicht biegende Biegelager aus **Fig. 11** nach einem Beispiel. Das äußere sich biegende Biegelager **1210** und das sich nicht biegende Biegelager **1212** wurden gegenüber den Komponenten aus **Fig. 11** verkürzt.

[0056] **Fig. 13A** zeigt eine Aufhängung mit großen Ausnehmungen nach einem Beispiel. **Fig. 13B** zeigt Spannungen bezogen auf ein Biegen von Biegelagern. In den Beispielen sind Lücken **1302** zwischen dem Biegelager **1304** und der Prüfmasse **1306** angeordnet.

[0057] **Fig. 14** zeigt ein Bauteil **1400**, umfassend eine Aufhängung, umfassend eine Spitzkehre nach einem Beispiel. Die Spitzkehre **1402** erstreckt sich zwischen dem C-förmigen Biegelager **1406** und der Prüfmasse **1408**. Das Ergänzen um die Spitzkehre **1402** verringert den Quadraturfehler weiter, zumindest da es das außenflächige Biegen zumindest teilweise aufgrund des DRIE-Ätzens verringert.

[0058] In einem Beispiel hat der äußere Abschnitt **1412** eines ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds **1416** einen nahen Abschnitt, der an den mittleren Abschnitt **1420** des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds **1416** gekoppelt ist, und einen von der den An-

ker halbierenden Ebene **1422** weg erstreckten fernen Abschnitt, mit einem vierten Abschnitt **1402** des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds **1416**, das an den fernen Abschnitt des äußeren Abschnitts an einem nahen Abschnitt des vierten Abschnitts **1402** gekoppelt ist und sich in Richtung des Ankers **1404** zu einem fernen Abschnitt des vierten Abschnitts erstreckt, der an einen fünften Abschnitt **1424** des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds gekoppelt ist, der in Richtung der den Anker halbierenden Ebene **1422** erstreckt ist. In einem Beispiel sind der innere Abschnitt **1410** und der äußere Abschnitt **1412** geradlinig und parallel.

**[0059]** [Fig. 15](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 14](#) sich verwindend um eine z-Achse gebogen nach einem Beispiel. [Fig. 16A](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 14](#) sich verwindend um eine z-Achse gebogen nach einem Beispiel. [Fig. 16B](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 14](#) gebogen um die y-Achse nach einem Beispiel. [Fig. 16C](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 14](#) gebogen um die x-Achse nach einem Beispiel. [Fig. 16D](#) zeigt die Aufhängung aus [Fig. 14](#) gebogen als Auslenkung entlang einer y-Achse nach einem Beispiel.

**[0060]** [Fig. 17](#) zeigt ein Verfahren zum Herstellen einer Niederquadraturfehleraufhängung nach einem Beispiel. Bei **1702** umfasst das Verfahren ein Ätzen eines Werkstoffs, um einen Anker zu definieren. Bei **1704** umfasst das Verfahren ein Ätzen des Werkstoffs, um ein erstes nicht-geradliniges Aufhängeglied zu definieren, das an den Anker auf einer Seite des Ankers gekoppelt ist. Bei **1706** umfasst das Verfahren ein Ätzen des Werkstoffs, um ein zweites nicht-geradliniges Aufhängeglied zu definieren, das an den Anker auf derselben Seite des Ankers gekoppelt ist, wobei das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied eine Form und Position hat, die das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied an einer den Anker halbierenden Ebene spiegelt. Bei **1708** umfasst das Verfahren ein Ätzen des Werkstoffs, um eine Prüfmasse zu definieren, die planar ist, wobei die Prüfmasse zumindest teilweise an dem ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglied und dem zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglied so aufgehängt ist, dass die Prüfmasse um den Anker drehbar und in einer Ebene, die zu dem Substrat parallel verläuft, verschiebbar ist.

**[0061]** Optionale Verfahren sind möglich, umfassend Verfahren, in denen Ätzen reaktives Ionentiefenätzen umfasst. In einigen optionalen Verfahren gehören das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied und das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied zu einer ersten Gruppe, umfassend ein Ätzen des Werkstoffs, um eine zweite Gruppe nicht-geradliniger Aufhängeglieder gegenüber der ersten Gruppe zu definieren. Einige optionale Verfahren umfassen ein Ätzen einer dritten Gruppe nicht-geradliniger Aufhängeglieder zum Koppeln des Ankers an die Prüfmasse und ein Ätzen einer vierten Gruppe nicht-geradli-

niger Aufhängeglieder zum Koppeln des Ankers an die Prüfmasse, wobei die dritte Gruppe und die vierte Gruppe einen gegenüber der ersten Gruppe und der zweiten Gruppe ähnlichen Formfaktor haben und von einer zweiten den Anker halbierenden Ebene, die senkrecht zu der ersten ist, halbiert werden.

#### WEITERE BEMERKUNGEN

**[0062]** Der Gegenstand des vorliegenden Dokuments kann unter Verwendung mehrerer Beispiele beschrieben werden. Beispiel 1 umfasst ein mikroelektromechanisches Bauteil zur Bewegungsmessung, das einen befestigten Abschnitt, einen an den befestigten Abschnitt gekoppelten Anker, ein an den Anker auf einer Seite des Ankers gekoppeltes erstes nicht-geradliniges Aufhängeglied, ein an den Anker auf derselben Seite des Ankers gekoppeltes zweites nicht-geradliniges Aufhängeglied, wobei das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied eine Form und Position hat, die das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied an einer ankerhalbierenden Ebene spiegelt, und eine Prüfmasse, die planar ist, wobei die Prüfmasse zumindest teilweise an dem ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglied und dem zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglied so aufgehängt ist, dass die Prüfmasse um den Anker drehbar und in einer Ebene, die parallel zu dem befestigten Abschnitt ist, verschiebbar ist.

**[0063]** Beispiel 2 umfasst den Gegenstand aus Beispiel 1, wobei das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied eine C-Form hat.

**[0064]** Beispiel 3 umfasst den Gegenstand aus Beispiel 2, wobei die C-Form einen inneren Abschnitt umfasst, der an den Anker gekoppelt ist und entlang der den Anker halbierenden Ebene erstreckt ist, einen mittigen Abschnitt, der einen nahen Abschnitt und einen fernen Abschnitt mit einem nahen Abschnitt, der an den inneren Abschnitt gekoppelt ist, und einen fernen Abschnitt, der von dem Anker entlang der den Anker halbierenden Ebene weg erstreckt ist und an einen äußeren Abschnitt gekoppelt ist, der von der den Anker halbierenden Ebene weg erstreckt ist.

**[0065]** Beispiel 4 umfasst den Gegenstand aus Beispiel 3, wobei der äußere Abschnitt des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds einen nahen Abschnitt hat, der an den mittigen Abschnitt des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds gekoppelt ist, und einen fernen Abschnitt, der von der den Anker halbierenden Ebene weg erstreckt ist, mit einem vierten Abschnitt des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds, der an den fernen Abschnitt des äußeren Abschnitts an einem nahen Abschnitt des vierten Abschnitts gekoppelt ist und sich in Richtung des Ankers zu einem fernen Abschnitt des vierten Abschnitts erstreckt, der an einen fünften Abschnitt des ersten nicht-geradlinigen

Aufhängeglieds gekoppelt ist, der in Richtung der den Anker halbierenden Ebene erstreckt ist.

**[0066]** Beispiel 5 umfasst den Gegenstand aus einem der Beispiele 3 bis 4, wobei der innere Abschnitt und der äußere Abschnitt geradlinig und parallel sind.

**[0067]** Beispiel 6 umfasst den Gegenstand von Beispiel 5, wobei der mittige Abschnitt senkrecht zu dem inneren Abschnitt und dem äußeren Abschnitt ist.

**[0068]** Beispiel 7 umfasst den Gegenstand aus einem der Beispiele 3 bis 6, wobei der mittige Abschnitt parallel zu der den Anker halbierenden Ebene ist.

**[0069]** Beispiel 8 umfasst den Gegenstand aus einem der Beispiele 1 bis 7, wobei der Anker, das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied, das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied und die Prüfmasse aus einem monolithischen Werkstoff ausgebildet sind.

**[0070]** Beispiel 9 umfasst den Gegenstand aus Beispiel 8, wobei der befestigte Abschnitt einen befestigten monolithischen Werkstoff neben dem monolithischen Werkstoff des Ankers, des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds, des zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds und der Prüfmasse umfasst.

**[0071]** Beispiel 10 umfasst den Gegenstand aus einem der Beispiele 1 bis 9, wobei der befestigte Abschnitt einen befestigten monolithischen Werkstoff umfasst, der derselbe ist, wie der monolithischen Werkstoff des Ankers, des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds, des zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds und der Prüfmasse.

**[0072]** Beispiel 11 umfasst den Gegenstand aus einem der Beispiele 1–10, wobei das Bauteil eine Scheibenform hat, wobei das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied und das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied jeweils einen im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt haben, wobei die Höhe des Querschnitts kleiner ist als die Breite.

**[0073]** Beispiel 12 umfasst ein Verfahren, ein Ätzen eines Werkstoffs, um einen Anker zu definieren, ein Ätzen des Werkstoffs, um ein erstes nicht-geradliniges Aufhängeglied zu definieren, das an den Anker auf einer Seite des Ankers gekoppelt ist, ein Ätzen des Werkstoffs, um ein zweites nicht-geradliniges Aufhängeglied zu definieren, das an den Anker auf derselben Seite des Ankers gekoppelt ist, wobei das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied eine Form und Position hat, die das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied an einer den Anker halbierenden Ebene spiegelt, ein Ätzen des Werkstoffs, um eine Prüfmasse zu definieren, die planar ist, wobei die Prüfmasse zumindest teilweise an dem ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglied und dem zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglied so aufgehängt ist, dass die

Prüfmasse um den Anker drehbar und in einer Ebene, die zu dem Substrat parallel verläuft, verschiebbar ist.

**[0074]** Beispiel 13 umfasst den Gegenstand aus Beispiel 12, wobei Ätzen reaktives Ionentiefenätzen umfasst.

**[0075]** Beispiel 14 umfasst den Gegenstand aus einem der Beispiele 12–13, wobei das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied und das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied zu einer ersten Gruppe gehören, umfassend ein Ätzen des Werkstoffs, um eine zweite Gruppe nicht-geradliniger Aufhängeglieder gegenüber der ersten Gruppe zu definieren.

**[0076]** Beispiel 15 umfasst den Gegenstand aus Beispiel 14, umfassend ein Ätzen einer dritten Gruppe nicht-geradliniger Aufhängeglieder zum Koppeln des Ankers an die Prüfmasse und ein Ätzen einer vierten Gruppe nicht-geradliniger Aufhängeglieder zum Koppeln des Ankers an die Prüfmasse, wobei die dritte Gruppe und die vierte Gruppe einen gegenüber der ersten Gruppe und der zweiten Gruppe ähnlichen Formfaktor haben und von einer zweiten den Anker halbierenden Ebene, die senkrecht zu der ersten ist, halbiert werden.

**[0077]** Die obige detaillierte Beschreibung umfasst Bezugnahmen auf die begleitenden Zeichnungen, welche einen Teil der detaillierten Beschreibung bilden. Die Zeichnungen zeigen bestimmte Ausführungsformen, in denen die Erfindung ausgeführt werden kann, anhand von Abbildungen. Diese Ausführungsformen werden hier auch als "Beispiele" bezeichnet. Alle Veröffentlichungen, Patente und Patentdokumente, auf die in diesem Dokument Bezug genommen wird, sind hier in ihrer Gesamtheit durch Bezugnahme aufgenommen, wie wenn sie einzeln durch Bezugnahme aufgenommen wären. Für den Fall inkonsistenter Verwendungen zwischen diesem Dokument und den durch Bezugnahme aufgenommenen Dokumenten, sollte die Verwendung in den aufgenommenen Referenzen als zu denen dieses Dokuments ergänzend betrachtet werden; bei unvereinbaren Inkonsistenzen ist die Verwendung in diesem Dokument bestimmend.

**[0078]** In diesem Dokument werden die Ausdrücke "ein" oder "eine" verwendet, wie es in Patentdokumenten üblich ist, um eines oder mehr als eines zu umfassen, unabhängig von beliebigen anderen Instanzen oder Verwendungen von "mindestens ein" oder "ein(e) oder mehr(ere)". In diesem Dokument wird der Begriff "oder" verwendet, um auf ein nicht ausschließendes "oder" Bezug zu nehmen, derart, dass "A oder B" "A aber nicht B", "B aber nicht A" und "A und B" umfasst, sofern nicht anders bezeichnet. In diesem Dokument werden die Ausdrücke "beinhalten (d)" / "enthalten(d)" und "in welchem" als Leichtsprach-

äquivalente der entsprechenden Ausdrücke "umfassen(d)" und "wobei" verwendet. Außerdem sind in den folgenden Ansprüchen die Begriffe "beinhalten (d)"/"enthalten(d)" und "umfassen(d)" nicht abschließend, das heißt, ein System, eine Vorrichtung, ein Artikel oder ein Verfahren, das Bestandteile umfasst, die über die nach einem solchen Begriff in einem Anspruch aufgeführten Bestandteile hinausgehen, wird als noch in den Schutzbereich des Anspruchs fallend erachtet. Ferner werden in den folgenden Ansprüchen die Begriffe "erste(r)", "zweite(r)" und "dritte(r)" etc. lediglich als Kennzeichen verwendet und beabsichtigen nicht zahlenmäßige Forderungen an ihre Objekte zu stellen. Die obige Beschreibung soll der Veranschaulichung dienen und nicht einschränkend sein. In anderen Beispielen können die oben beschriebenen Beispiele (oder einer oder mehrere Aspekte davon) miteinander in Kombination verwendet werden. Andere Ausführungsformen können beispielsweise vom Durchschnittsfachmann nach Durchsicht der obigen Beschreibung verwendet werden.

**[0079]** Die Zusammenfassung erlaubt es dem Leser, die Natur der technischen Offenbarung schnell zu ermitteln. Sie wird mit dem Verständnis übermittelt, dass sie nicht dazu verwendet wird, den Schutzbereich oder die Bedeutung der Ansprüche zu interpretieren oder einzuschränken. Ferner können in der obigen detaillierten Beschreibung diverse Merkmale gruppiert sein, um die Offenbarung zu rationalisieren. Dies soll nicht derart interpretiert werden, als dass ein unbeanspruchtes offenbartes Merkmal wesentlich für einen beliebigen Anspruch ist. Vielmehr kann ein erfinderischer Gegenstand in weniger als allen Merkmalen einer bestimmten offenbarten Ausführungsform vorliegen. Daher sind die folgenden Ansprüche, mit jedem Anspruch für sich alleine stehend als eine separate Ausführungsform, hiermit in die detaillierte Beschreibung aufgenommen und es wird beabsichtigt, dass solche Ausführungsformen miteinander in diversen Kombinationen und Permutationen kombiniert werden können. Der Schutzbereich der Erfindung sollte bezugnehmend auf die anhängigen Ansprüche, zusammen mit dem Schutzbereich von Äquivalenten, die solchen Ansprüchen zustehen, bestimmt werden.

### Patentansprüche

1. Mikroelektromechanisches Bauteil zur von Bewegungsmessung, umfassend: einen befestigten Abschnitt;  
einen an den befestigten Abschnitt gekoppelten Anker;  
ein an den Anker auf einer Seite des Ankers gekoppeltes erstes nicht-geradliniges Aufhängeglied;  
ein an den Anker auf derselben Seite des Ankers gekoppeltes zweites nicht-geradliniges Aufhängeglied, wobei das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied ei-

ne Form und Position hat, die das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied an einer ankerhalbierenden Ebene spiegelt; und  
eine Prüfmasse, die planar ist, wobei die Prüfmasse zumindest teilweise an dem ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglied und dem zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglied so aufgehängt ist, dass die Prüfmasse um den Anker drehbar und in einer Ebene, die parallel zu dem befestigten Abschnitt ist, verschiebbar ist.

2. Bauteil nach Anspruch 1, wobei das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied eine C-Form hat.

3. Bauteil nach Anspruch 2, wobei die C-Form einen inneren Abschnitt umfasst, der an den Anker gekoppelt ist und entlang der den Anker halbierenden Ebene erstreckt ist, einen mittigen Abschnitt, der einen nahen Abschnitt und einen fernen Abschnitt mit einem nahen Abschnitt, der an den inneren Abschnitt gekoppelt ist, und einen fernen Abschnitt, der von dem Anker entlang der den Anker halbierenden Ebene weg erstreckt ist und an einen äußeren Abschnitt gekoppelt ist, der von der den Anker halbierenden Ebene weg erstreckt ist.

4. Bauteil nach Anspruch 3, wobei der äußere Abschnitt des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds einen nahen Abschnitt hat, der an den mittigen Abschnitt des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds gekoppelt ist, und einen fernen Abschnitt, der von der den Anker halbierenden Ebene weg erstreckt ist, mit einem vierten Abschnitt des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds, der an den fernen Abschnitt des äußeren Abschnitts an einem nahen Abschnitt des vierten Abschnitts gekoppelt ist und sich in Richtung des Ankers zu einem fernen Abschnitt des vierten Abschnitts erstreckt, der an einen fünften Abschnitt des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds gekoppelt ist, der in Richtung der den Anker halbierenden Ebene erstreckt ist.

5. Bauteil nach einem der Ansprüche 3–4, wobei der innere Abschnitt und der äußere Abschnitt geradlinig und parallel sind.

6. Bauteil nach Anspruch 5, wobei der mittige Abschnitt senkrecht zu dem inneren Abschnitt und dem äußeren Abschnitt ist.

7. Bauteil nach Anspruch 3, wobei der mittige Abschnitt parallel zu der den Anker halbierenden Ebene ist.

8. Bauteil nach Anspruch 3, wobei der Anker, das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied, das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied und die Prüfmasse aus einem monolithischen Werkstoff ausgebildet sind.

9. Bauteil nach Anspruch 8, wobei der befestigte Abschnitt einen befestigten monolithischen Werkstoff neben dem monolithischen Werkstoff des Ankers, des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds, des zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds und der Prüfmasse umfasst.

pe einen gegenüber der ersten Gruppe und der zweiten Gruppe ähnlichen Formfaktor haben und von einer zweiten den Anker halbierenden Ebene, die senkrecht zu der ersten ist, halbiert werden.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

10. Bauteil nach einem der Ansprüche 8–9, wobei der befestigte Abschnitt einen befestigten monolithischen Werkstoff umfasst, der derselbe ist, wie der monolithischen Werkstoff des Ankers, des ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds, des zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglieds und der Prüfmasse.

11. Bauteil nach Anspruch 1, wobei das Bauteil eine Scheibenform hat, wobei das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied und das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied jeweils einen im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt haben, wobei die Höhe des Querschnitts kleiner ist als die Breite.

12. Verfahren, umfassend:

Ätzen eines Werkstoffs, um einen Anker zu definieren;

Ätzen des Werkstoffs, um ein erstes nicht-geradliniges Aufhängeglied zu definieren, das an den Anker auf einer Seite des Ankers gekoppelt ist;

Ätzen des Werkstoffs, um ein zweites nicht-geradliniges Aufhängeglied zu definieren, das an den Anker auf derselben Seite des Ankers gekoppelt ist, wobei das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied eine Form und Position hat, die das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied an einer den Anker halbierenden Ebene spiegelt; und

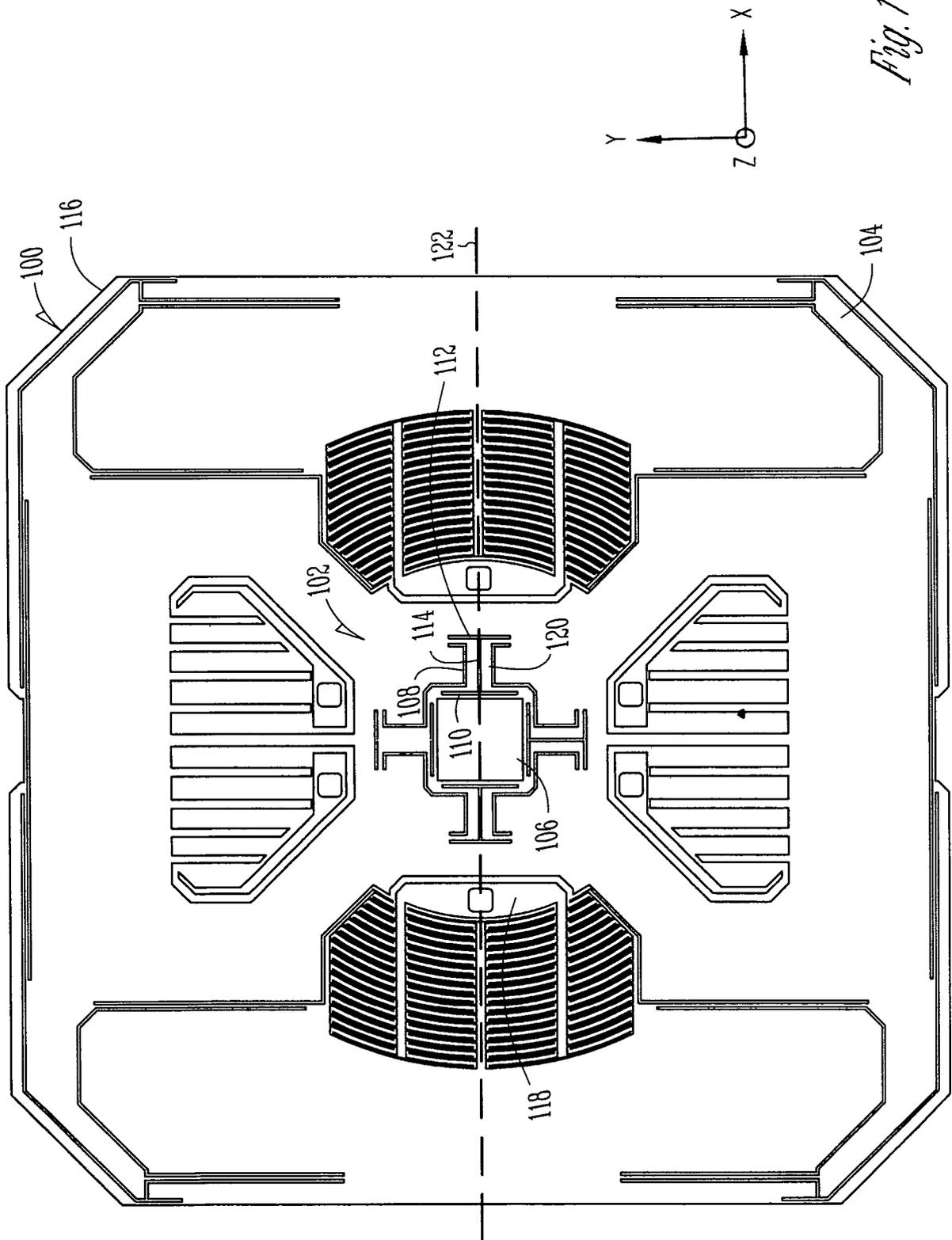
Ätzen des Werkstoffs, um eine Prüfmasse zu definieren, die planar ist, wobei die Prüfmasse zumindest teilweise an dem ersten nicht-geradlinigen Aufhängeglied und dem zweiten nicht-geradlinigen Aufhängeglied so aufgehängt ist, dass die Prüfmasse um den Anker drehbar und in einer Ebene, die zu dem Substrat parallel verläuft, verschiebbar ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei Ätzen reaktives Iontiefenätzen umfasst.

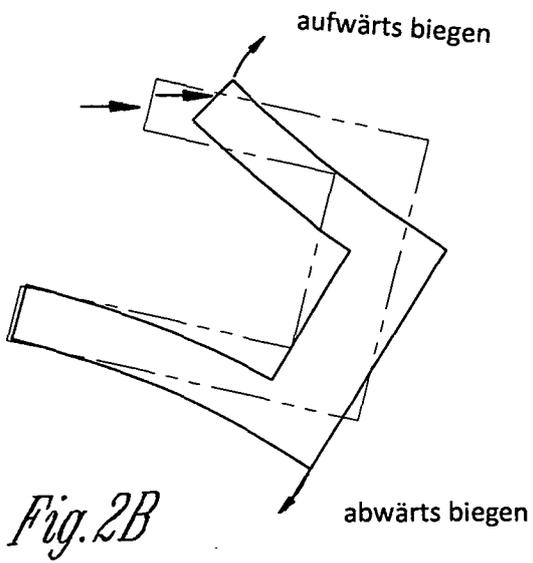
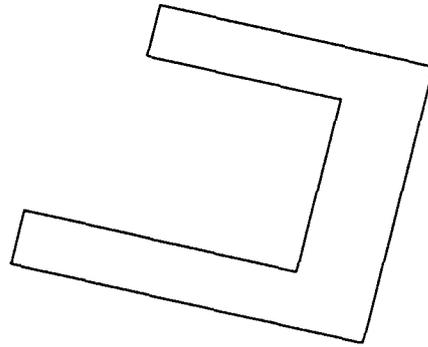
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12–13, wobei das erste nicht-geradlinige Aufhängeglied und das zweite nicht-geradlinige Aufhängeglied zu einer ersten Gruppe gehören, umfassend Ätzen des Werkstoffs, um eine zweite Gruppe nicht-geradliniger Aufhängeglieder gegenüber der ersten Gruppe zu definieren.

15. Verfahren nach Anspruch 14, umfassend Ätzen einer dritten Gruppe nicht-geradliniger Aufhängeglieder zum Koppeln des Ankers an die Prüfmasse und Ätzen einer vierten Gruppe nicht-geradliniger Aufhängeglieder zum Koppeln des Ankers an die Prüfmasse, wobei die dritte Gruppe und die vierte Grup-

Anhängende Zeichnungen

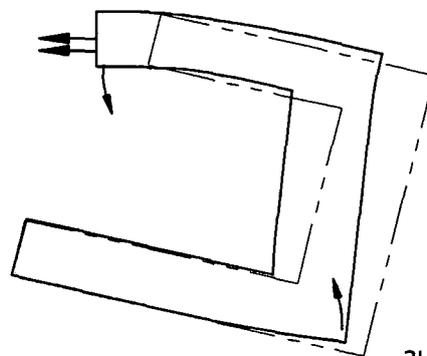


*Fig. 2A*



*Fig. 2B*

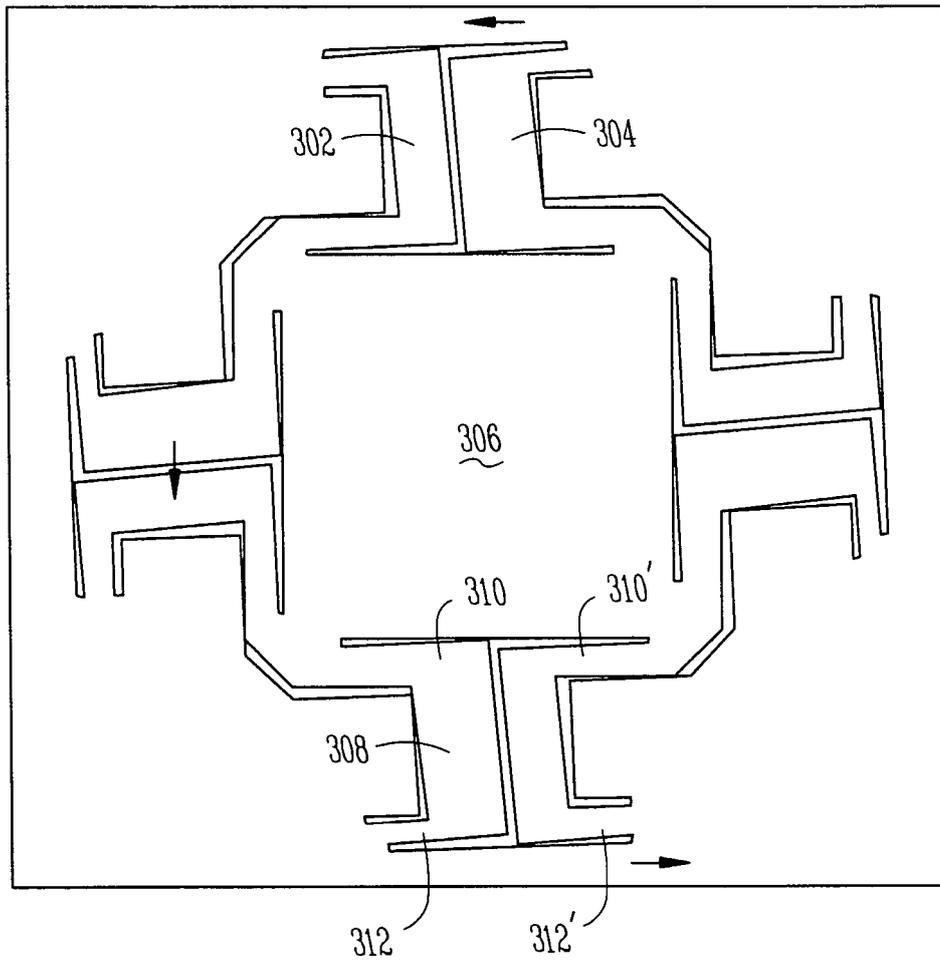
abwärts biegen



*Fig. 2C*

aufwärts biegen

300



*Fig. 3*

Fig. 4

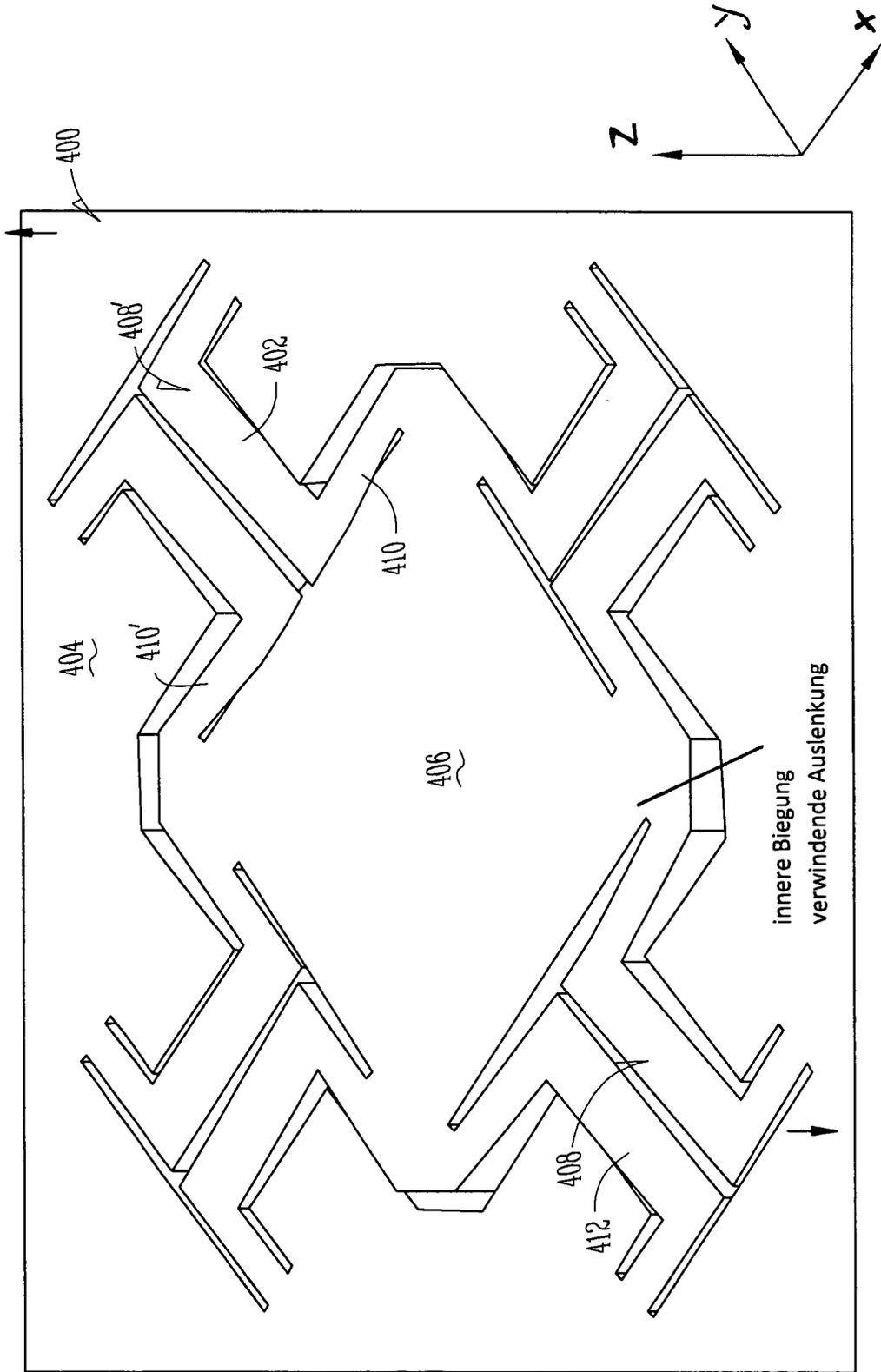
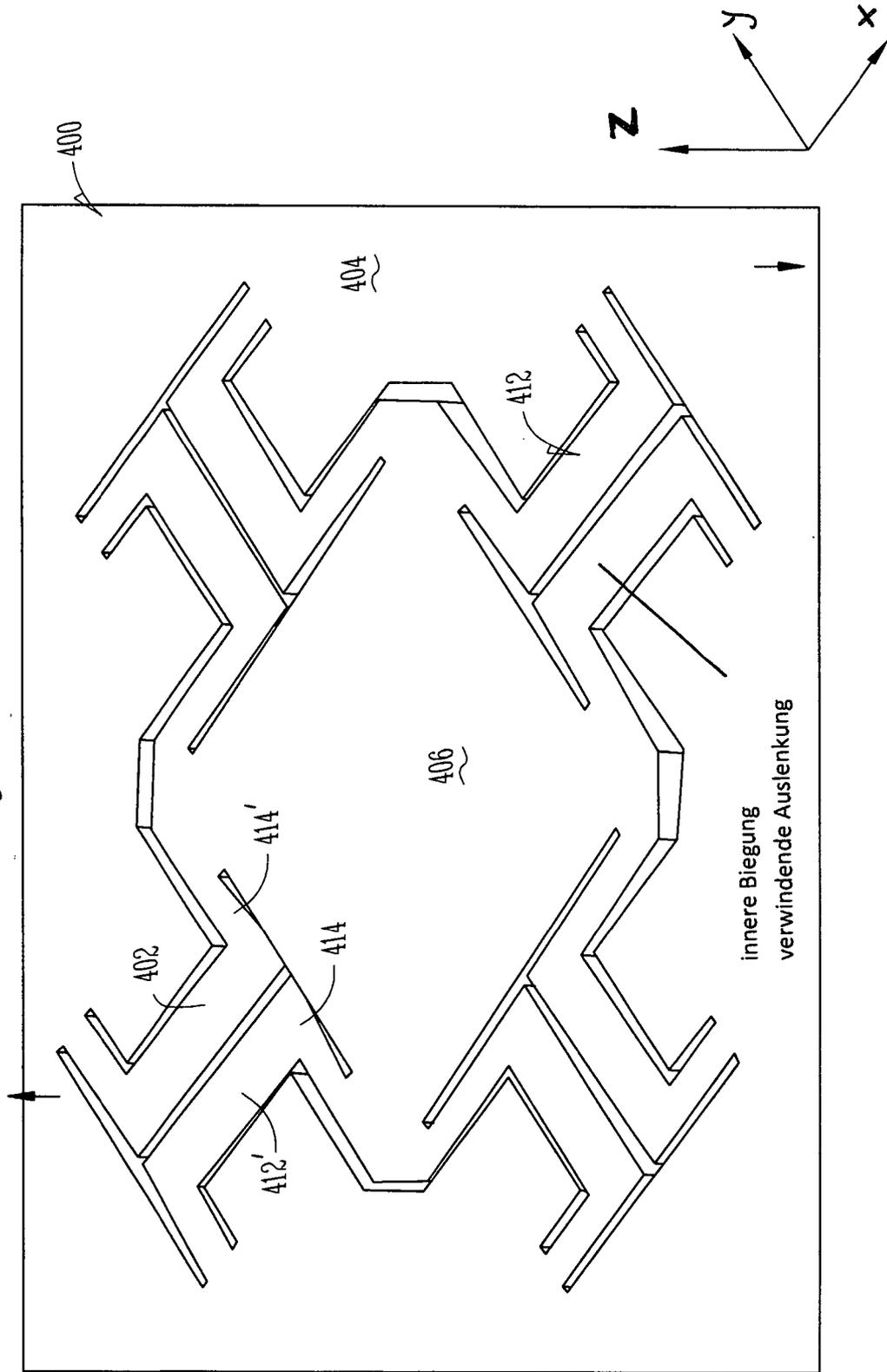


Fig. 5



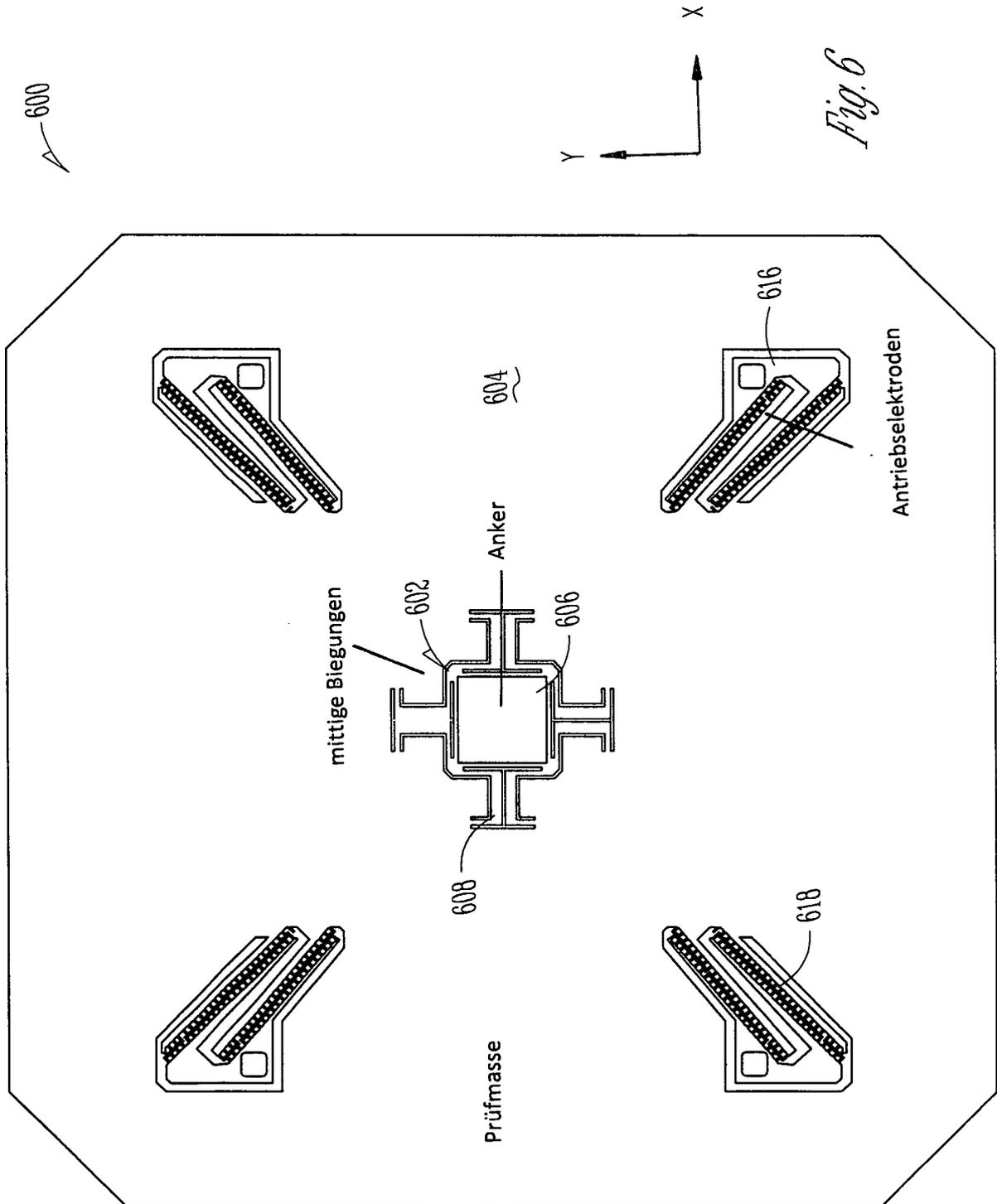
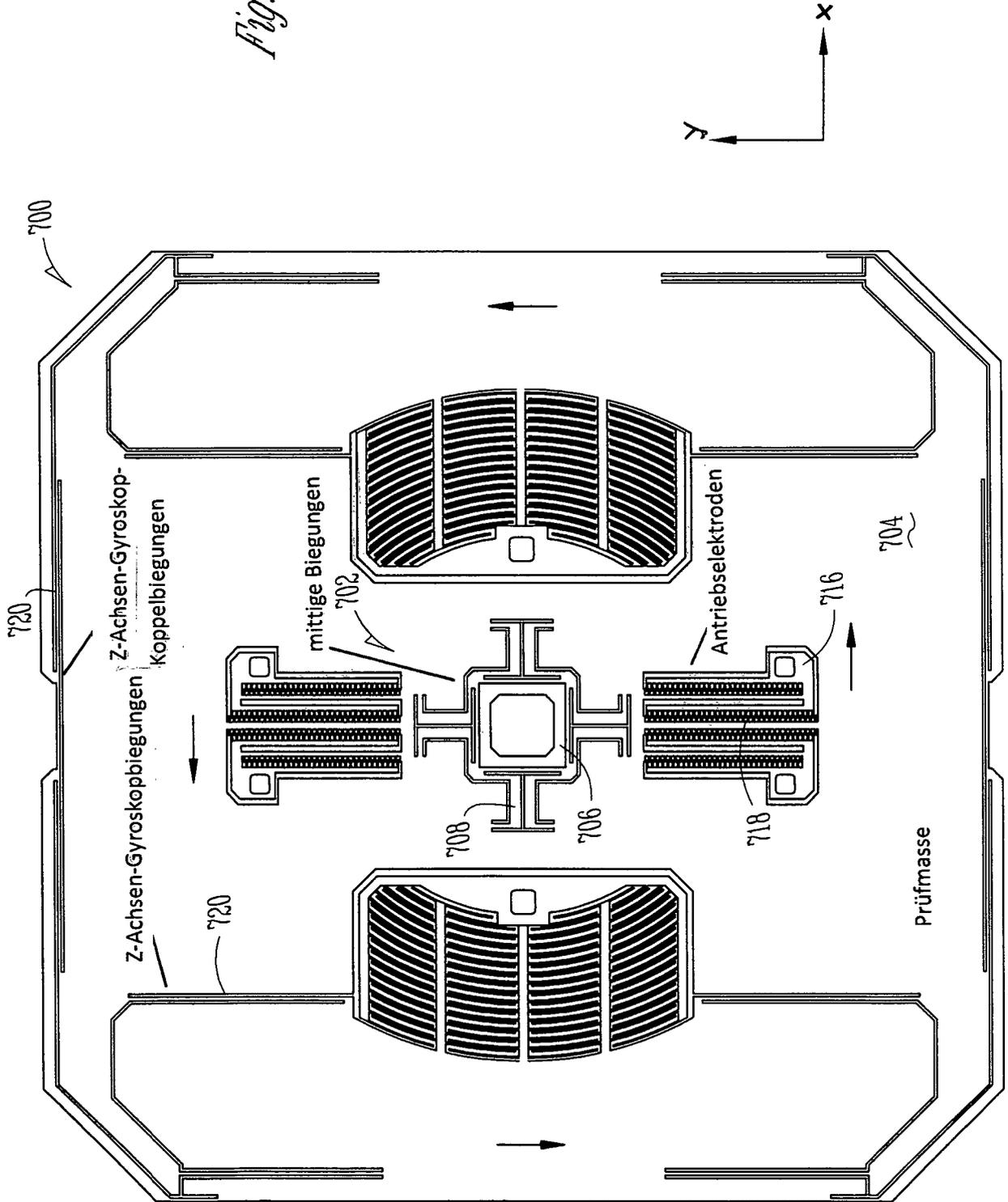
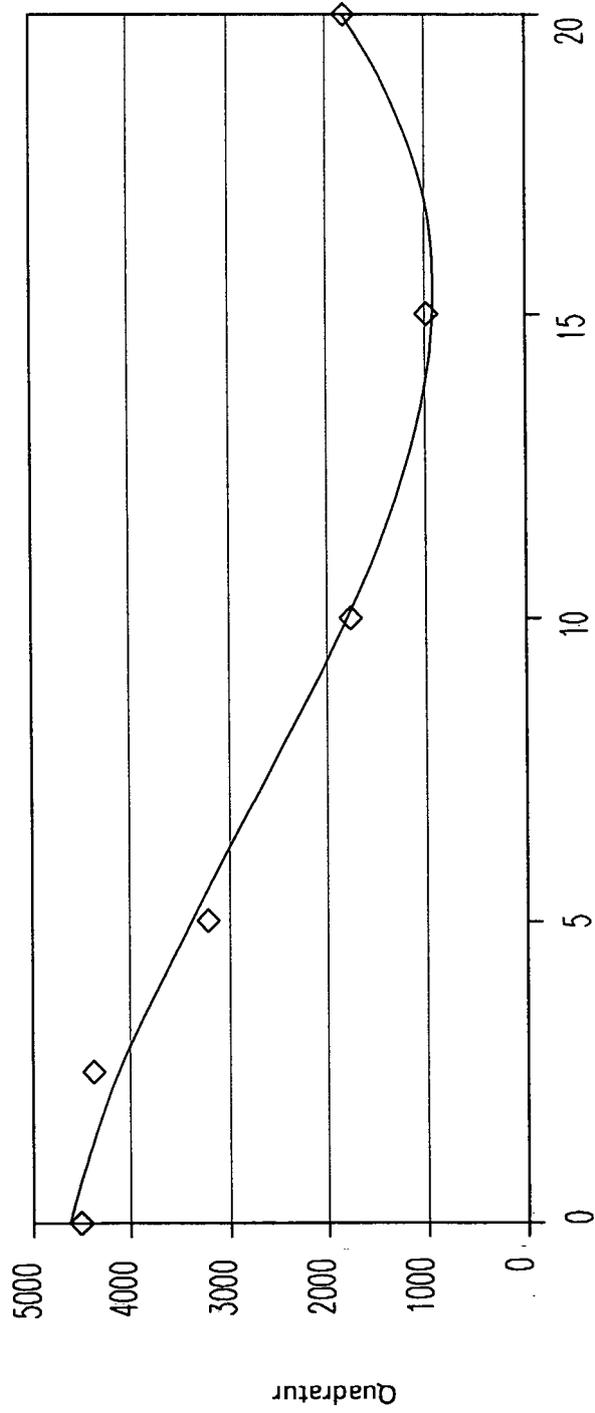


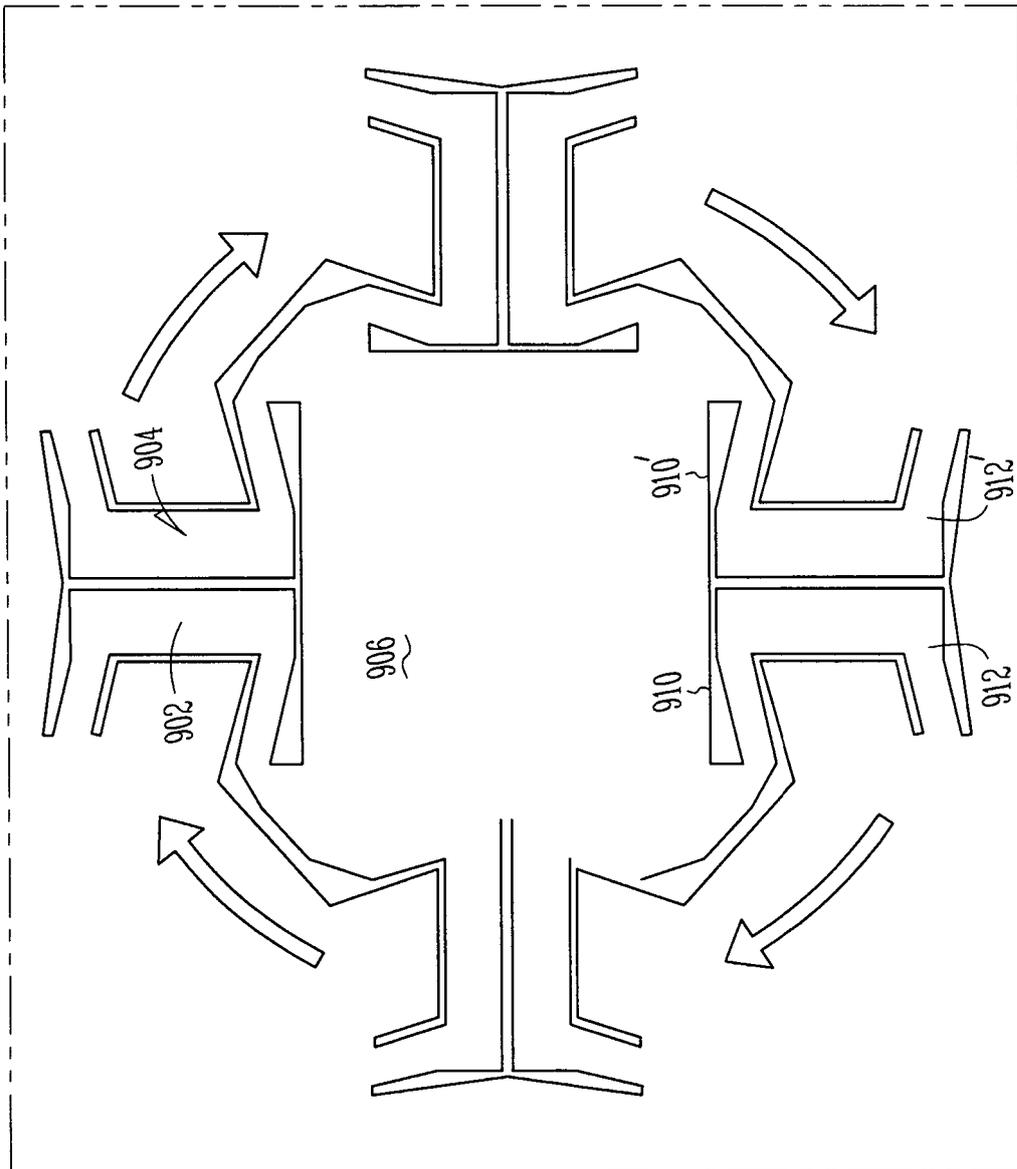
Fig. 7



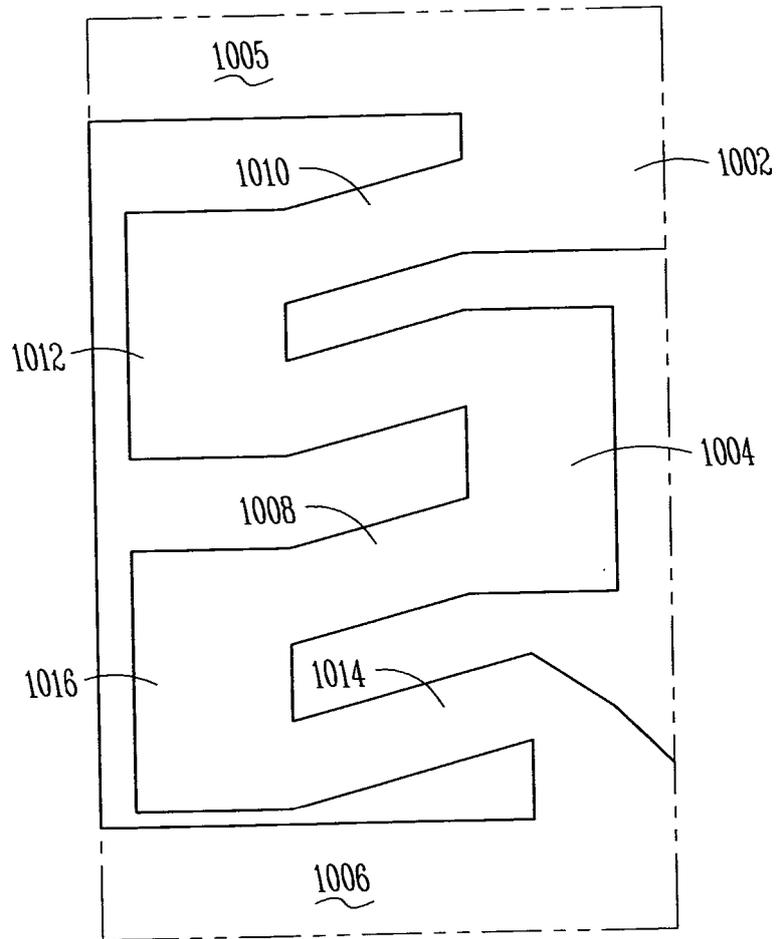


Winkel der Balken

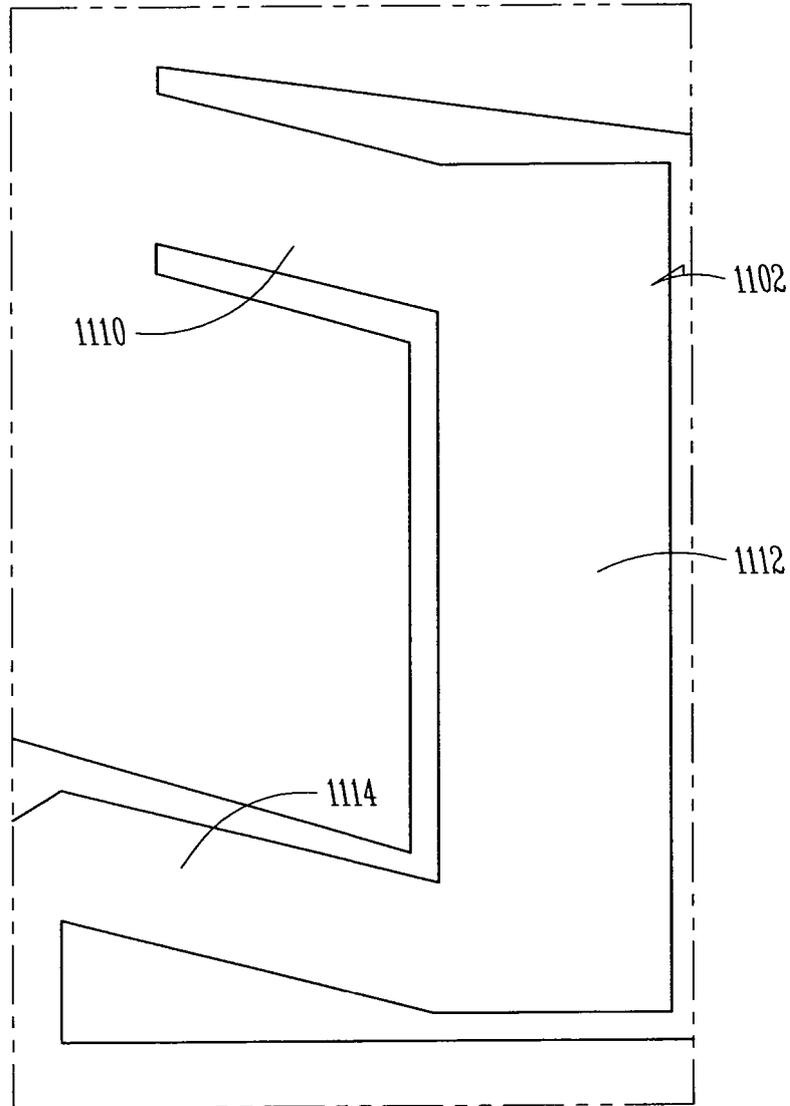
*Fig. 8*



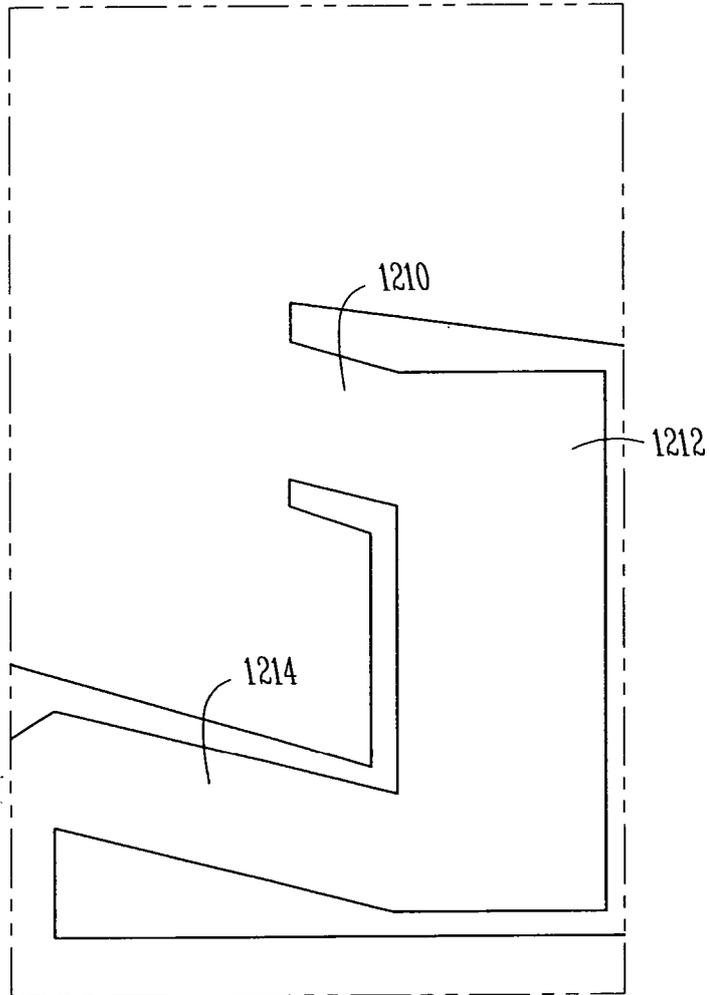
*Fig. 9*



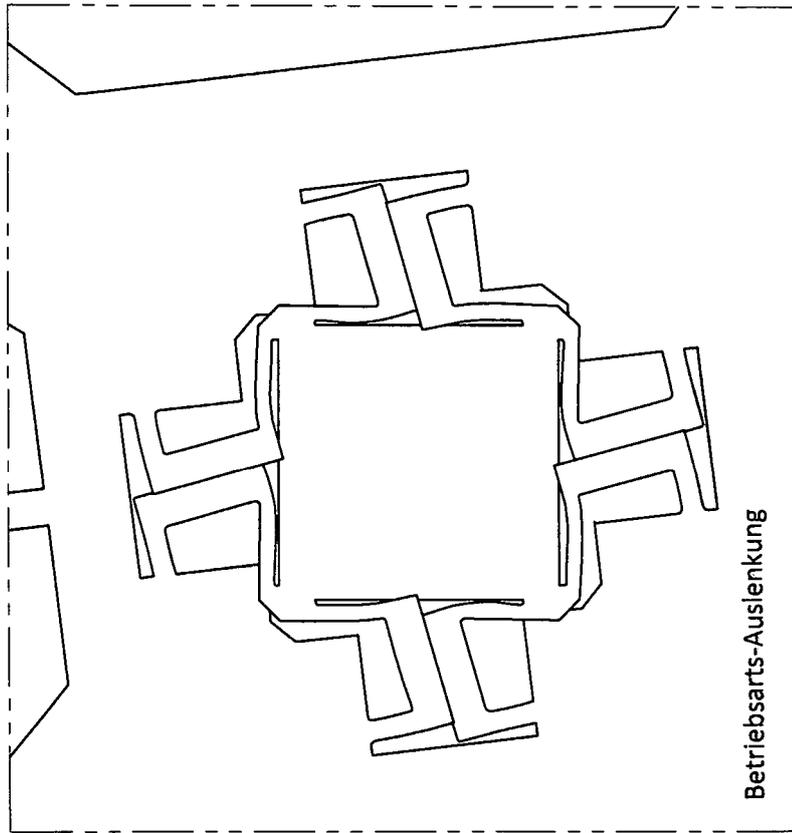
*Fig. 10*



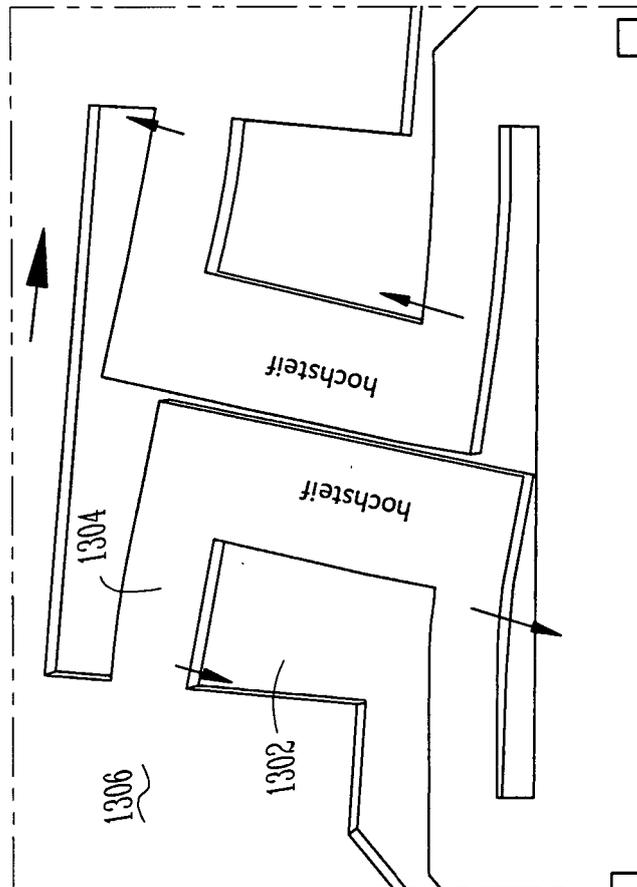
*Fig. 11*



*Fig. 12*

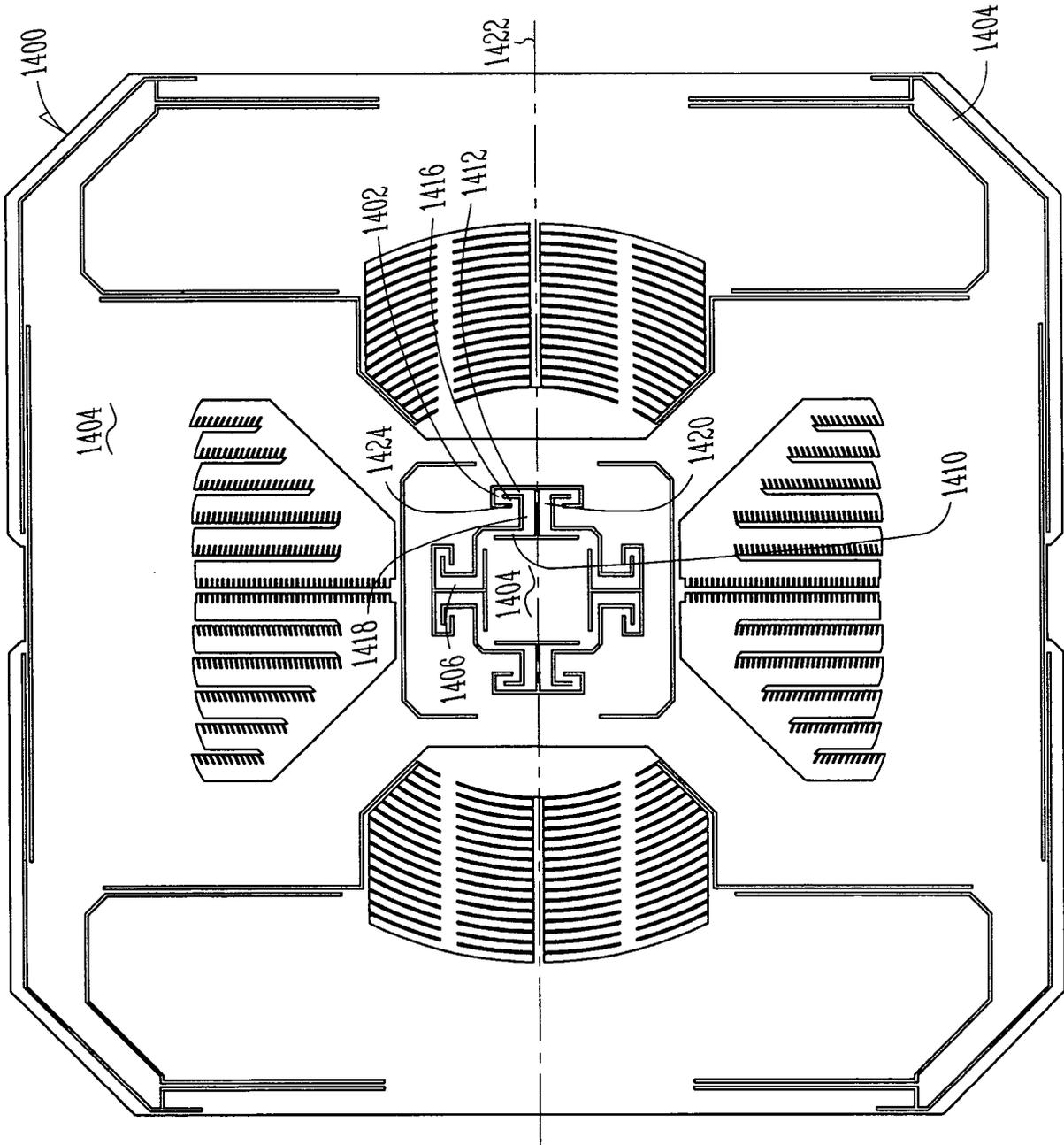


*Fig. 13B*



*Fig. 13A*

Fig. 14





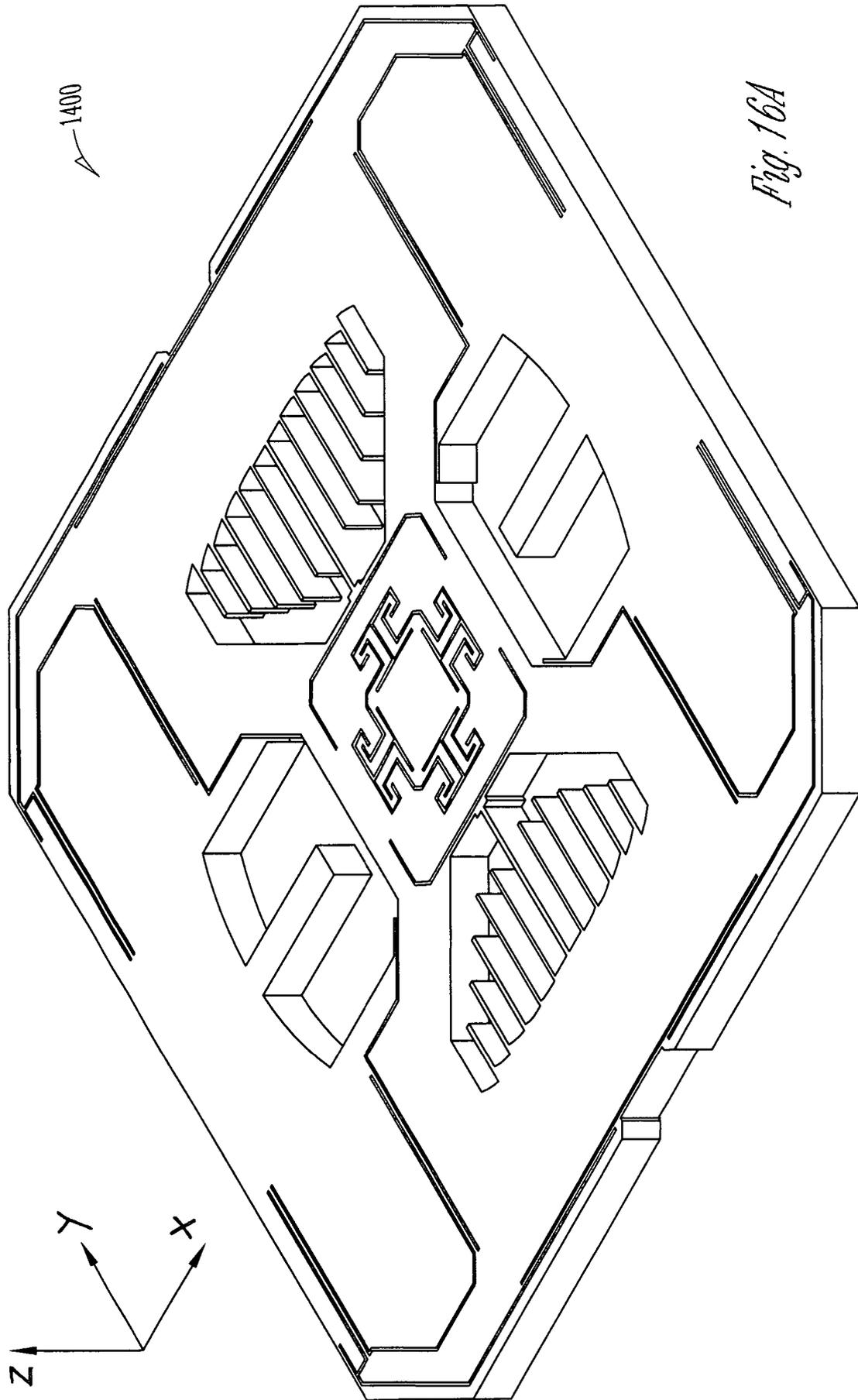
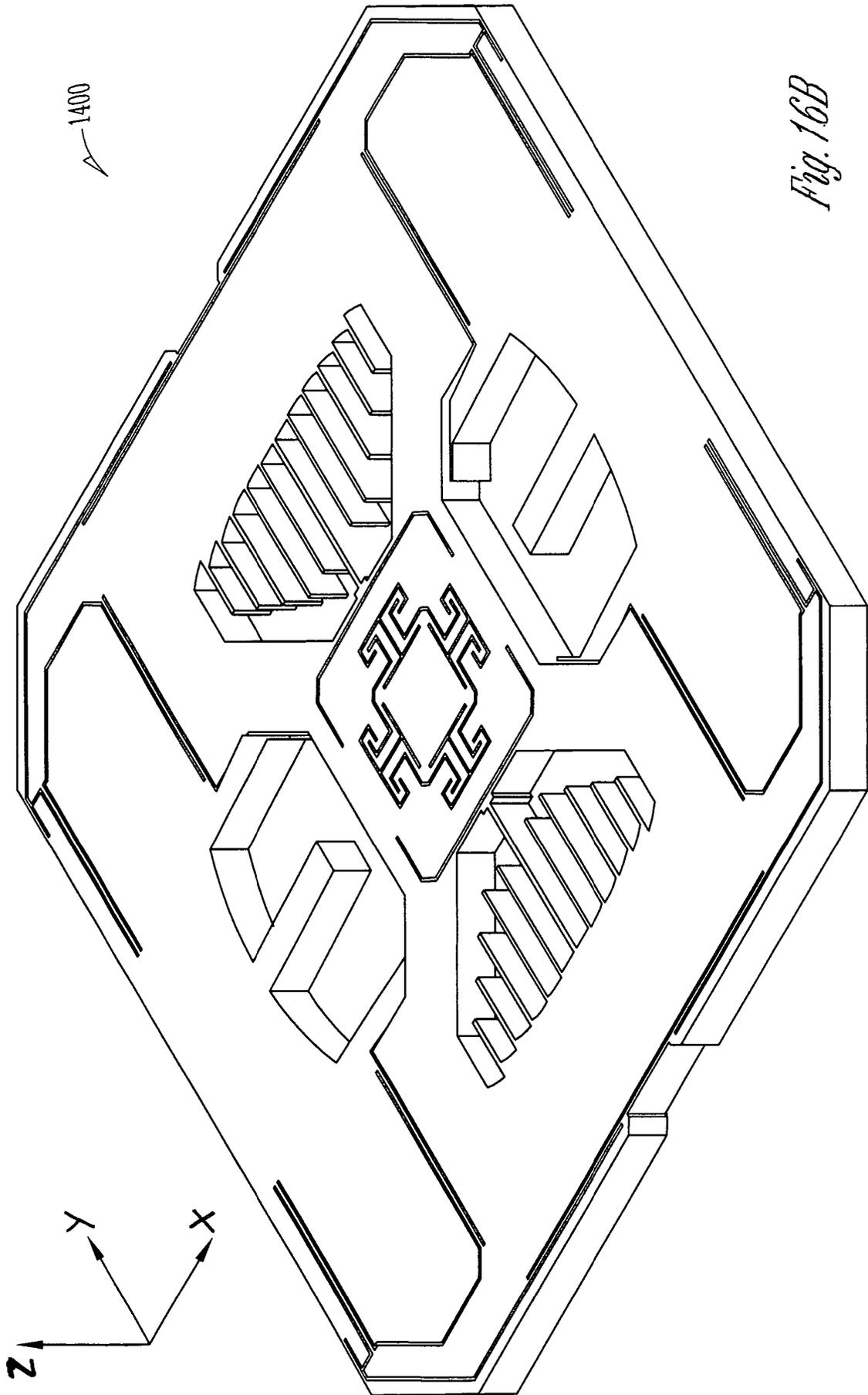
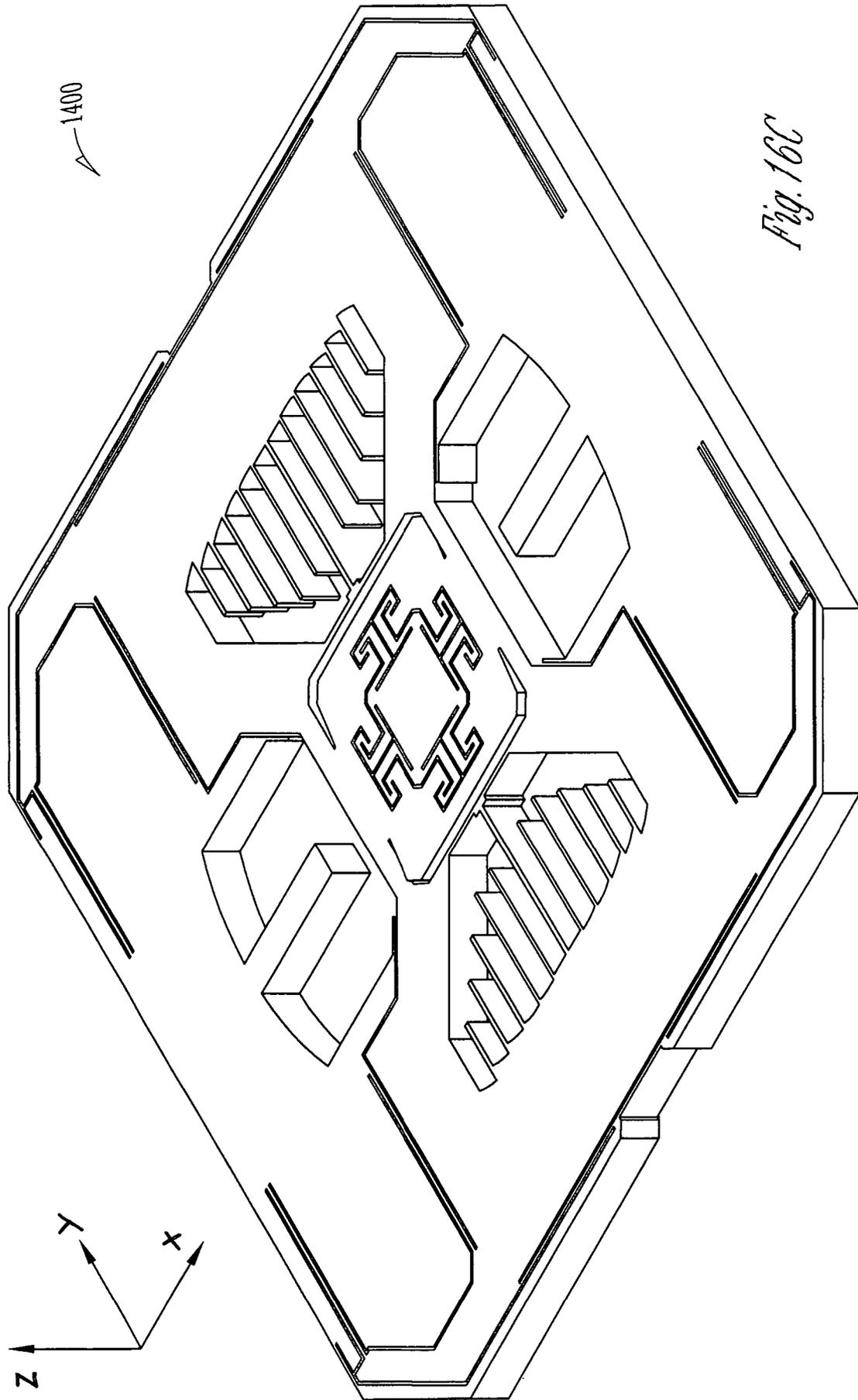


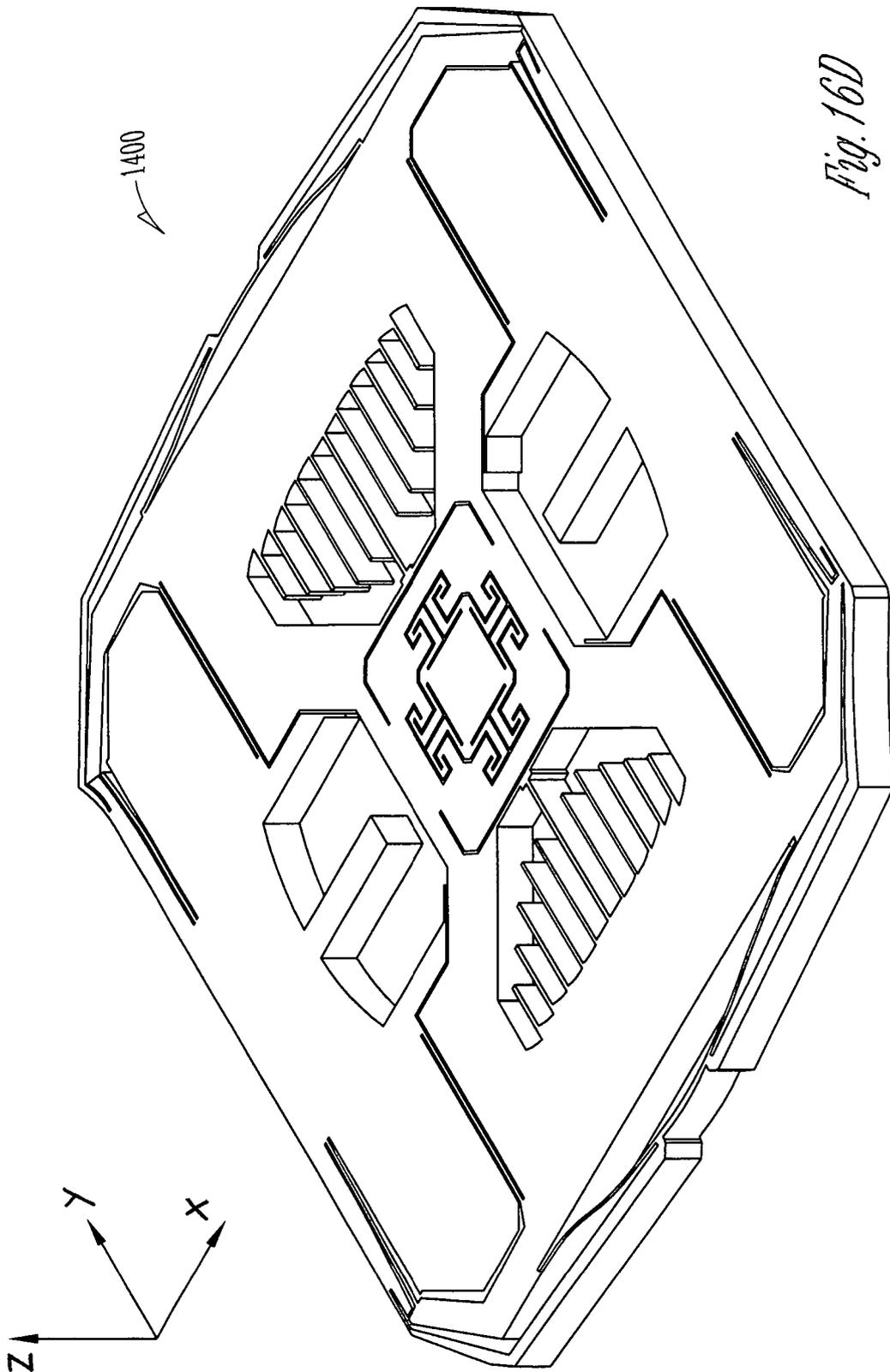
Fig. 16A



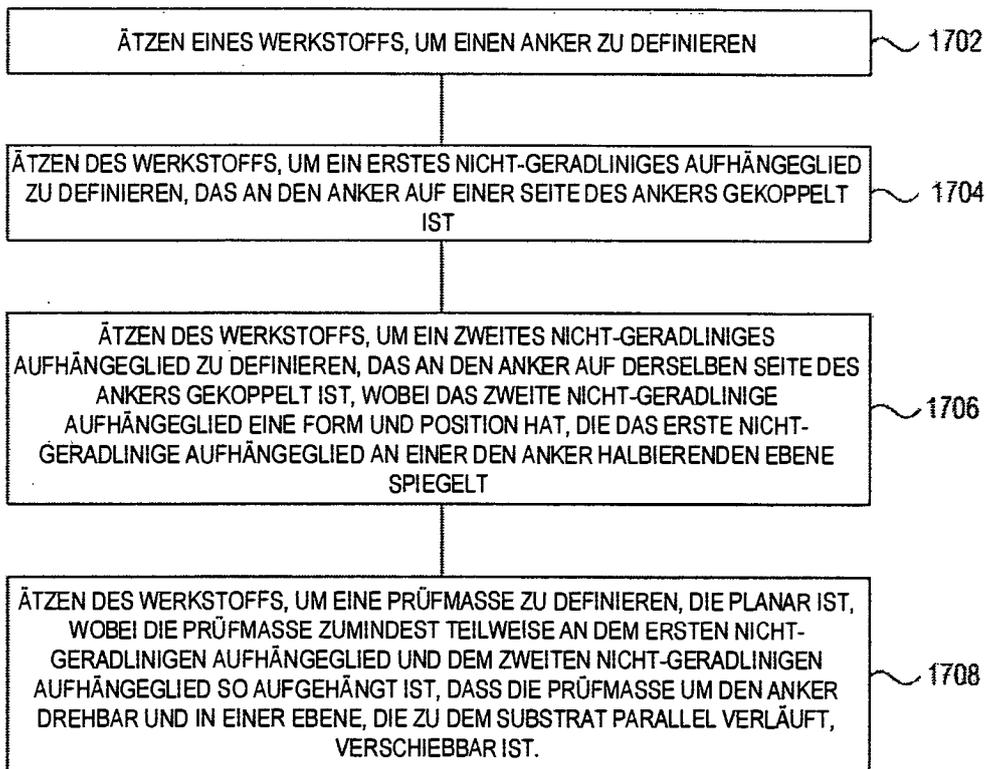
*Fig. 16B*



*Fig. 16C*



*Fig. 16D*



*FIG. 17*