



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 668 643 A5

⑤ Int. Cl.4: G 01 L 1/14
G 01 L 1/26

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑰ Gesuchsnummer: 1792/85

⑦③ Inhaber:
Mettler Instrumente AG, Greifensee

⑳ Anmeldungsdatum: 26.04.1985

㉔ Patent erteilt: 13.01.1989

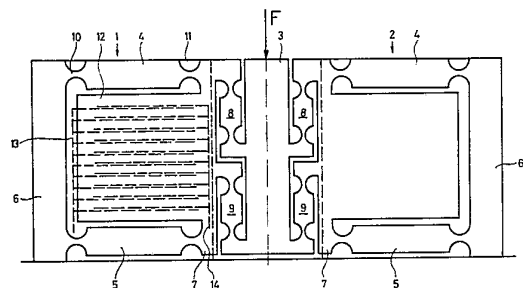
④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 13.01.1989

⑦② Erfinder:
Kubli, Rudolf, Dr., Zürich
Röschmann, Holger, Stäfa

⑤④ **Kraftmesszelle mit kapazitiver Wegmessung.**

⑤⑦ Die Kraftmesszelle weist wenigstens zwei mechanisch gekoppelte Kraftsensoren (1, 2) mit einem gemeinsamen Lastträger (3) auf. Jeder Kraftsensor besteht aus einer unter Last federnd nachgiebigen Messeinrichtung (4 bis 7) und einem kapazitiven Wegmesser (11 bis 14), der die lastabhängige Einfederung der Messeinrichtung erfasst. Als Mass für die zu messende Kraft (F) dient die Summe der Kapazitäten beider Kraftsensoren. Aufgrund dieser Anordnung mit mehreren Kraftsensoren ist die Kraftmesszelle gegen am Lastträger wirkende Drehmomente verhältnismässig unempfindlich.

Besonders günstig ist die Verwendung kapazitiver Wegmesser, weil es dadurch gelingt, sämtliche Teile der Messeinrichtungen wenigstens zweier Kraftsensoren, einschliesslich Teilen der Wegmesser, zusammen als Baueinheit aus einem Stück herzustellen. Im Ätzverfahren hergestellte Baueinheiten dieser Art kommen dabei nicht wesentlich teurer zu stehen als einzelne Kraftsensoren gleicher Bauart.



PATENTANSPRÜCHE

1. Kraftmesszelle mit einer unter Last federnd nachgiebigen Messanordnung und mit einer Anordnung zur kapazitiven Erfassung der lastabhängigen Einfederung der Messanordnung, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei mechanisch gekoppelte kapazitive Kraftsensoren (1, 2; 21, 22) vorgesehen sind, die je aus zwei durch biegeelastische Lenker (4, 5; 25, 26) miteinander verbundenen biegesteifen Elementen (6, 7; 23, 24) und einem kapazitiven Wegmesser bestehen, wobei jeweils das eine biegesteife Element (6; 23) ortsfest angeordnet und mit der feststehenden Elektrodenanordnung (13) des kapazitiven Wegmessers ausgerüstet ist und das andere, bewegliche biegesteife Element (7; 24) über Kopplungsglieder (8, 9; 32, 46) mit einem gemeinsamen Lastträger (3; 30; 45) gekoppelt und mit der beweglichen Elektrodenanordnung (14) des kapazitiven Wegmessers ausgerüstet ist, und dass die Summe der Kapazitäten beider Kraftsensoren als Mass für die zu messende Kraft (F) dient.

2. Kraftmesszelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vier mechanisch gekoppelte Kraftsensoren (41 bis 44) vorgesehen sind, die in einer zur Krafrichtung senkrechten Ebene gleichmässig verteilt angeordnet sind.

3. Kraftmesszelle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die biegesteifen Elemente (6, 7; 23, 24) die biegeelastischen Lenker (4, 5; 25, 26), die Kopplungsglieder (8, 9; 32; 46) und die Träger (11, 12; 29, 31; 60, 61) der Elektrodenanordnungen (13, 14) der beiden Kraftsensoren (1, 2; 21, 22) sowie der Lastträger (3; 30; 45) zusammen eine Baueinheit bilden und aus einem Stück bestehen.

4. Kraftmesszelle nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Baueinheit aus einem Stück ätzbaren Materials, z.B. aus einem Halbleiterplättchen gebildet ist.

5. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1, 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftsensoren (1, 2) in einer zur Krafrichtung parallelen Ebene angeordnet sind, so dass die biegeelastischen Lenker (4, 5) jedes Kraftsensors als Parallelführung für die Relativbewegung der beiden biegesteifen Elemente (6, 7) dienen.

6. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftsensoren (21, 22) in einer zur Krafrichtung senkrechten Ebene angeordnet sind.

7. Kraftmesszelle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwei gleiche Baueinheiten mit je zwei Kraftsensoren (1, 2) kreuzweise zusammengefügt sind, wobei jede Baueinheit eine Hälfte des gemeinsamen Lastträgers (3) bildet.

8. Kraftmesszelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Träger für die Elektrodenanordnungen zwei mit Abstand in parallelen Ebenen angeordnete Platten (11, 12) vorgesehen sind, die je mit einem der biegesteifen Elemente (6, 7) eines Kraftsensors (1, 2) verbunden sind und von denen wenigstens die dem beweglichen biegesteifen Element (7) zugeordnete Platte (12) sich in dem durch die biegesteifen Elemente (6, 7) und die biegeelastischen Lenker (4, 5) umgrenzten Raum ausdehnt.

9. Kraftmesszelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Träger für die Elektrodenanordnungen eine Mehrzahl von in einer Ebene angeordneten, kammartig ineinander greifenden Balken (60, 61) mit gegenseitigem Abstand vorgesehen ist, die wechselseitig mit den beiden biegesteifen Elementen (6, 7) eines Kraftsensors verbunden sind, und dass die Elektroden an den einander zugewandten Seiten der Balken angeordnet sind.

10. Kraftmesszelle nach den Ansprüchen 5 und 8 oder 6 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden der beiden Elektrodenanordnungen jedes Kraftsensors an jeder

Platte (11, 12) bzw. an jedem Balken (60, 61) ein Linienraster bilden, das quer zur Krafrichtung verläuft.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft eine Kraftmesszelle mit einer unter Last federnd nachgiebigen Messanordnung und mit einer Anordnung zur kapazitiven Erfassung der lastabhängigen Einfederung der Messanordnung.

Eine derartige Kraftmesszelle ist beispielsweise aus der europäischen Patentanmeldung 0 017 581 bekannt. Die Messanordnung besteht hier aus zwei biegesteifen Elementen, die durch zwei biegeelastische Lenker miteinander verbunden sind, wobei das eine biegesteife Element ortsfest angeordnet ist und das andere biegesteife Element den Lastträger bildet. Die beiden biegeelastischen Lenker dienen als Messglieder und bilden zugleich eine Parallelführung für die lastabhängige Relativbewegung der beiden biegesteifen Elemente. Die Träger der Elektroden des kapazitiven Wegmessers sind an den biegesteifen Elementen befestigt, so dass die Elektroden mechanisch nicht belastet werden und unter idealen Verhältnissen in jeder Messphase parallel zueinander liegen.

Obwohl eine derartige Messanordnung ziemlich stabil ist, insbesondere wenn die biegesteifen Elemente zusammen mit den biegeelastischen Lenkern aus einem Stück hergestellt sind, erweist sich in der Praxis diese Stabilität trotzdem als ungenügend bei exzentrischer Krafteinführung, d.h., wenn die Wirkungslinie der zu messenden Kraft ausserhalb des Schwerpunktes des Lastträgers verläuft. Dieser Fall liegt beispielsweise vor bei einer Waage mit einer direkt auf dem Lastträger der Kraftmesszelle sitzenden Lastschale, die in ihren Ecken belastet wird. Durch eine solche Eckbelastung wird auf den Lastträger ein Drehmoment ausgeübt, wodurch die Messanordnung zusätzlich verformt und damit die Messgenauigkeit nachteilig beeinflusst wird. Versuche haben gezeigt, dass bereits geringe Abweichungen von der zentralen Krafteinführung empfindliche Messfehler hervorrufen können. Unter diesen Umständen lässt sich aber die hohe Messgenauigkeit, welche mit der kapazitiven Wegmessung an sich erreicht werden kann, nicht voll ausnützen.

Es ist bekannt, die nachteilige Wirkung der Eckbelastung dadurch zu kompensieren, dass ausserhalb der Messanordnung eine möglichst allseitig wirkende Parallelführung für den Lastträger aufgebaut wird, welche die von der Eckbelastung herrührenden Drehmomente aufnehmen kann, wie das beispielsweise in der deutschen Offenlegungsschrift 29 21 614 für eine Kraftmesszelle mit kapazitiver Wegmessung gezeigt ist.

Es ist jedoch auch bekannt, dass eine solche äussere Parallelführung ihrerseits die Messgenauigkeit einer Kraftmesszelle beeinträchtigen kann, beispielsweise unter dem Einfluss von Temperaturänderungen. Es liegt deshalb im Bestreben der technischen Entwicklung, aus diesem Grund und auch wegen des zusätzlichen Aufwands auf eine äussere Parallelführung dieser Art zu verzichten.

Das Ziel der Erfindung besteht somit darin, eine Kraftmesszelle anzugeben, die gegen Drehmomente, welche am Lastträger wirken, verhältnismässig unempfindlich ist.

Dieses Ziel lässt sich mit einer Kraftmesszelle nach der Erfindung erreichen, die dadurch gekennzeichnet ist, dass wenigstens zwei mechanisch gekoppelte kapazitive Kraftsensoren vorgesehen sind, die je aus zwei durch biegeelastische Lenker miteinander verbundenen biegesteifen Elementen und einem kapazitiven Wegmesser bestehen, wobei jeweils das eine biegesteife Element ortsfest angeordnet und mit der feststehenden Elektrodenanordnung des kapazitiven Weg-

messers ausgerüstet ist und das andere, bewegliche biegesteife Element über Kopplungsglieder mit einem gemeinsamen Lastträger gekoppelt und mit der beweglichen Elektrodenanordnung des kapazitiven Wegmessers ausgerüstet ist, und dass die Summe der Kapazitäten beider Kraftsensoren als Mass für die zu messende Kraft dient.

Durch die Belastung der Kraftmesszelle werden die Kapazitäten der beiden Kraftsensoren gleichsinnig verändert. Bei zentraler Krafteinführung ist auch das Ausmass der Kapazitätsänderung gleich. Demgegenüber tritt eine zusätzliche Kapazitätsänderung auf, wenn die Wirkungslinie der zu messenden Kraft aus dem Zentrum des Lastträgers verschoben, also zusätzlich ein Drehmoment auf den Lastträger ausgeübt wird. Erfolgt diese Verschiebung der Wirkungslinie innerhalb einer gemeinsamen Wirkungsebene der beiden Kraftsensoren, so ändern sich die Kapazitäten der beiden Kraftsensoren dabei gegensinnig, und die Summe dieser Kapazitäten bleibt über den ganzen Messbereich praktisch konstant. Auf diese Weise erreicht man also ohne zusätzliche äussere Parallelführung eine wesentliche Eckenlastkompensation.

Für die Aufnahme von Drehmomenten, die dadurch entstehen, dass die Wirkungslinie der zu messenden Kraft ausserhalb der gemeinsamen Wirkungsebene zweier Kraftsensoren verläuft, kann man die Kraftsensoren in Richtung senkrecht zu ihrer Wirkungsebene entsprechend verstärken. Eine bessere Lösung, welche eine Kompensation solcher Drehmomente ermöglicht, besteht jedoch darin, mehr als zwei, z.B. vier mechanisch gekoppelte Kraftsensoren vorzusehen, die in einer zur Krafrichtung senkrechten Ebene gleichmässig verteilt angeordnet sind.

Eine vorteilhafte Konstruktion des Erfindungsgegenstandes ist dadurch gekennzeichnet, dass die biegesteifen Elemente, die Lenker, die Kopplungsglieder und die Träger der Elektrodenanordnungen der beiden Kraftsensoren sowie der Lastträger zusammen eine Baueinheit bilden und aus einem Stück bestehen. Für die Herstellung einer solchen Ausführungsform eignen sich bekannte Verfahren der Mikromechanik, insbesondere wenn die genannte Baueinheit aus einem Stück ätzbaren Materials, z.B. aus einem Halbleiterplättchen, gebildet ist, wobei als Halbleitermaterial vorzugsweise monokristallines Silizium wegen seiner guten Federeigenschaften verwendet wird. Der Vorteil einer derartigen Ausführungsform besteht insbesondere darin, dass der Aufwand für die Herstellung zweier mechanisch gekoppelter Kraftsensoren praktisch gleich gross ist wie der für die Herstellung eines einzelnen Kraftsensors.

Für die Anordnung der Kraftsensoren in bezug auf die Richtung der zu messenden Kraft sind grundsätzlich zwei Ausführungen möglich. Entweder sind die Kraftsensoren in einer parallelen Ebene oder in einer dazu senkrechten Ebene angeordnet. Im ersten Fall dienen die biegeelastischen Lenker jedes Kraftsensors zugleich als Parallelführung für die Relativbewegung der beiden biegesteifen Elemente. Die zweite Lösung ermöglicht eine besonders geringe Bauhöhe der Kraftmesszelle. Die beiden verschiedenen Anordnungen der Kraftsensoren in bezug auf die Richtung der zu messenden Kraft führen bei einer Kraftmesszelle mit mehr als zwei Kraftsensoren auch im Hinblick auf die angestrebte Konstruktion von Baueinheiten zu unterschiedlichen Lösungen. Wenn die Kraftsensoren in einer zur Krafrichtung parallelen Ebene angeordnet sind, können z.B. zwei gleiche Baueinheiten mit je zwei Kraftsensoren kreuzweise zusammengefügt sein, wobei jede Baueinheit eine Hälfte des gemeinsamen Lastträgers bildet. Im anderen Fall, d.h., wenn die Kraftsensoren in einer zur Krafrichtung senkrechten Ebene angeordnet sind, besteht sogar die Möglichkeit, alle Kraftsensoren zu einer einzigen Baueinheit zusammenzufassen und aus einem Stück herzustellen.

Für die beschriebene Einheiten-Bauweise der Kraftmesszelle eignen sich insbesondere zwei Ausführungsarten des kapazitiven Wegmessers.

Bei einer ersten Ausführungsart sind als Träger für die Elektrodenanordnungen zwei mit Abstand in parallelen Ebenen angeordnete Platten vorgesehen, die je mit einem der biegesteifen Elemente eines Kraftsensors verbunden sind und von denen wenigstens die dem beweglichen biegesteifen Element zugeordnete Platte sich in dem durch die biegesteifen Elemente und die biegeelastischen Lenker umgrenzten Raum ausdehnt. Dabei kann wenigstens eine der Platten mit dem zugeordneten biegesteifen Element aus einem Stück bestehen. Die Elektrodenanordnungen befinden sich auf den einander zugewandten Seiten der beiden Platten.

Bei einer Kraftmesszelle mit in einer zur Krafrichtung parallelen Ebene angeordneten Kraftsensoren werden unter der Einwirkung der zu messenden Kraft jeweils die beiden Platten bei gleichbleibendem gegenseitigem Abstand in ihren Ebenen gegeneinander verschoben, wobei die für die Kapazität der Elektrodenanordnungen wirksame Elektrodenfläche verändert wird. Demgegenüber wird bei einer Kraftmesszelle mit in einer zur Krafrichtung senkrechten Ebene angeordneten Kraftsensoren unter der Einwirkung der zu messenden Kraft jeweils der Platten- bzw. Elektrodenabstand verändert.

Die zweite Ausführungsart des kapazitiven Wegmessers besteht darin, dass als Träger für die Elektrodenanordnungen eine Mehrzahl von in einer Ebene angeordneten, kammartig ineinander greifenden Balken mit gegenseitigem Abstand vorgesehen ist, die wechselweise mit den biegesteifen Elementen eines Kraftsensors verbunden sind, und dass die Elektroden an den einander zugewandten Seiten der Balken angeordnet sind.

Bei dieser Lösung sind die Verhältnisse in bezug auf die in Funktion der zu messenden Kraft veränderliche Grösse (Elektrodenabstand, -fläche) der Kapazität gerade umgekehrt gegenüber der ersten Ausführungsart des Wegmessers, d.h., befinden sich die Kraftsensoren in einer Ebene parallel zur Krafrichtung, dann variiert der Elektrodenabstand in Funktion der Kraft, und befinden sich die Kraftsensoren in einer Ebene senkrecht zur Krafrichtung, dann variiert die wirksame Elektrodenfläche in Funktion der Kraft.

In jeder Ausführungsform, bei der die Änderung der wirksamen Elektrodenfläche massgebend ist für die zu messende Kraft, ist es zur Erhöhung des Kapazitätshubes pro Krafteinheit vorteilhaft, eine Elektrodenanordnung zu wählen, bei der in an sich bekannter Weise die Elektroden an jeder Platte bzw. an jedem Balken ein Linienraster bilden, das quer zur Krafrichtung verläuft.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 eine Kraftmesszelle mit zwei in einer zur Krafrichtung parallelen Ebene angeordneten Kraftsensoren und parallelen Platten als Träger der Elektrodenanordnungen,

Fig. 2 eine Kraftmesszelle mit zwei in einer zur Krafrichtung senkrechten Ebene angeordneten Kraftsensoren und parallelen Platten als Träger der Elektrodenanordnungen,

Fig. 3 Detailansicht der mechanischen Kopplung von vier Kraftsensoren für eine Kraftmesszelle in der Bauart nach Fig. 2 und

Fig. 4 eine Kraftmesszelle mit zwei in einer zur Krafrichtung parallelen Ebene angeordneten Kraftsensoren und kammartig ineinander greifenden Balkenreihen als Träger der Elektrodenanordnungen.

Die Kraftmesszelle nach Fig. 1 besteht aus zwei gleichen

Kraftsensoren 1 und 2, die in einer gemeinsamen Wirkungsebene angeordnet und mit einem gemeinsamen Lastträger 3 mechanisch gekoppelt sind.

Jeder Kraftsensor enthält eine unter Last federnd nachgiebige Messeinrichtung, bestehend aus zwei durch biegeelastische Lenker 4 und 5 miteinander verbundenen biegesteifen Elementen 6 und 7. Das eine biegesteife Element 6 ist ortsfest angeordnet, während das andere biegesteife Element 7 über Kopplungsglieder 8 und 9 mit dem Lastträger 3 gekoppelt ist. Alle biegeelastischen Lenker und Kopplungsglieder haben örtlich konzentrierte Biegestellen, sogenannte Biegeelenke, die durch Materialeinschnürungen 10 gebildet sind. Unter der Einwirkung der zu messenden Kraft F federt die Messeinrichtung ein, wobei die biegeelastischen Lenker 4 und 5 als Parallelführung für die Bewegung des biegesteifen Elements 7 wirken. In diesem Beispiel erstrecken sich die beiden Kraftsensoren 1 und 2 in einer Ebene, welche parallel zur Krafrichtung verläuft und welche zugleich die Wirkungsebene der Kraftsensoren ist.

Jeder der Kraftsensoren 1 und 2 enthält ferner einen kapazitiven Wegmesser zur Erfassung der lastabhängigen Einfederung der Messeinrichtung. Als Träger für die Elektrodenanordnungen des Wegmessers sind zwei mit Abstand in parallelen Ebenen angeordnete Platten 11 und 12 vorgesehen, von denen die eine Platte 11 ausserhalb der Wirkungsebene der Kraftsensoren ortsfest angeordnet und mit dem ortsfesten biegesteifen Element 6 verbunden ist, während die andere Platte 12 mit dem beweglichen biegesteifen Element 7 verbunden ist und sich in dem durch die biegesteifen Elemente 6, 7 und die biegeelastischen Lenker 4, 5 umgrenzten Raum ausdehnt. Auf den einander zugewandten Seiten der Platten 11 und 12 befinden sich die Elektrodenanordnungen 13 bzw. 14, deren Elektroden je ein Linienraster bilden, wie das durch gestrichelte Linien schematisch angedeutet ist. Durch die Einfederung der Messeinrichtung unter der Einwirkung der zu messenden Kraft F wird die bewegliche Platte 12 gegenüber der ortsfesten Platte 11 bei gleichbleibendem gegenseitigen Abstand verschoben, wobei die für die Kapazität der Elektrodenanordnungen 13, 14 wirksame Elektrodenfläche verändert wird. Die Summe der Kapazitäten der beiden Kraftsensoren 1 und 2 dient als Mass für die zu messende Kraft F .

Die biegesteifen Elemente 6 und 7, die Lenker 4, 5, die Kopplungsglieder 8, 9 und die bewegliche Platte 12 der beiden Kraftsensoren 1, 2 sowie der Lastträger 3 bilden zusammen eine Baueinheit und bestehen aus einem Stück, vorzugsweise aus einem Stück ätzbaren Materials. Der mechanische Teil dieser Baueinheit kann in einem einzigen Arbeitsgang hergestellt werden. In einem weiteren Arbeitsgang werden die Elektrodenanordnungen 14 auf die Platten 12 der beiden Kraftsensoren aufgebracht. Die ortsfesten Platten 11 werden separat hergestellt und an den ortsfesten biegesteifen Elementen 6 seitlich befestigt.

Die Kraftmesszelle nach Fig. 2 ist grundsätzlich gleich aufgebaut wie diejenige nach Fig. 1, mit dem Unterschied, dass die beiden Kraftsensoren 21 und 22 in einer zu ihrer Wirkungsebene bzw. zur Richtung der zu messenden Kraft F senkrechten Ebene angeordnet sind. Die ortsfesten und beweglichen biegesteifen Elemente 23 bzw. 24, die biegeelastischen Lenker 25 und 26 mit den Biegeelenken 27, 28, die Kopplungsglieder 32 und die dem beweglichen biegesteifen Element 24 zugeordnete Trägerplatte 29 für die Elektroden beider Kraftsensoren sowie der gemeinsame Lastträger 30 sind wiederum aus einem Stück gefertigt. Das Ganze ruht auf einer für beide Kraftsensoren 21, 22 gemeinsamen Trägerplatte 31, welche die Gegenelektroden aufweist. Die nicht dargestellten Elektroden sind bei diesem Ausführungsbeispiel Flächenbeläge, die sich an den einander zugewandten

Seiten der Trägerplatten 29 und 31 befinden. Durch die Einfederung der Kraftsensoren 21, 22 unter der Einwirkung der zu messenden Kraft F wird hier im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 der Abstand zwischen den Trägerplatten 29 und 31 bzw. zwischen den an diesen befindlichen Elektroden verändert, wobei aber wiederum die Summe der Kapazitäten beider Kraftsensoren 21 und 22 als Mass für die zu messende Kraft F dient. Zum Aufbau einer Kraftmesszelle mit zwei zueinander senkrecht stehenden Wirkungsebenen können vier mechanisch gekoppelte Kraftsensoren in der Bauart nach Fig. 2 vorgesehen und in einer zur Krafrichtung senkrechten Ebene gleichmässig verteilt angeordnet sein. Für diesen Fall zeigt die Fig. 3 schematisch die mechanische Ankopplung der andeutungsweise gezeigten vier Kraftsensoren 41, 42, 43 und 44 an den gemeinsamen Lastträger 45. Dazu dient je ein Kopplungsglied 46 mit Biegeelenken 47 und 48, das zwischen dem Lastträger 45 und dem jeweiligen beweglichen biegesteifen Element des betreffenden Kraftsensors wirksam ist. Strichpunktiert eingezeichnet sind die Spuren 49 und 50 der beiden Wirkungsebenen dieser Kraftmesszelle, wobei die Spur 49 dem Kraftsensorenpaar 41, 43 und die Spur 50 dem Kraftsensorenpaar 41, 44 zugeordnet ist. Auf die in Fig. 3 dargestellte Weise können alle vier Kraftsensoren zusammen aus einem Stück hergestellt werden. Davon ausgenommen ist einzig wieder die gemeinsame Trägerplatte mit den Gegenelektroden. Als Mass für die zu messende Kraft dient im vorliegenden Fall die Summe der Kapazitäten aller vier Kraftsensoren 41 bis 44.

In der gleichen Art können drei oder mehr als vier Kraftsensoren mit den in Fig. 3 dargestellten Mitteln an einen gemeinsamen Lastträger angekoppelt sein. Dadurch wird die Anzahl der Wirkungsebenen der Kraftsensoren bzw. der Kraftsensorenpaare erhöht und damit die Kompensation der durch Eckbelastung der Kraftmesszelle erzeugten Nebenwirkungen verbessert.

Die Kraftmesszelle nach Fig. 4 ist in bezug auf die Messanordnung gleich aufgebaut wie diejenige nach Fig. 1, weshalb die übereinstimmenden Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind. Der Unterschied besteht in der Ausbildung der kapazitiven Wegmesser.

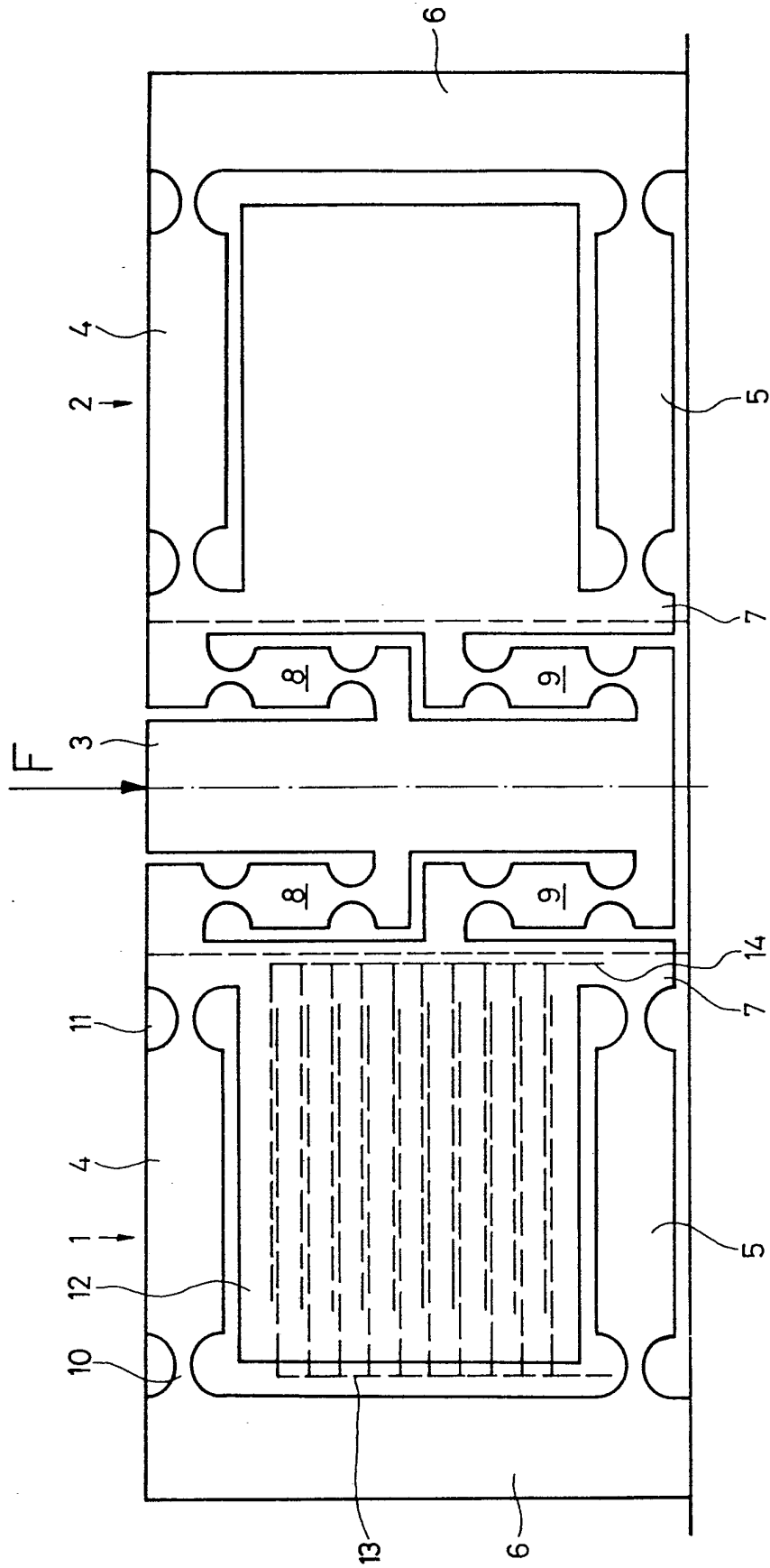
Die hier vorgesehenen Wegmesser weisen als Träger für die Elektrodenanordnungen je eine Mehrzahl von in der Wirkungsebene der Kraftsensoren angeordneten Balken 60 und 61 auf, die mit gegenseitigem Abstand kammartig ineinandergreifen und wechselweise mit den biegesteifen Elementen 6 und 7 verbunden sind. Die nicht dargestellten Elektroden befinden sich an den einander zugewandten Seiten der Balken 60 und 61. Die Balken 60, 61 können, wie in Fig. 4 dargestellt, mit den biegesteifen Elementen 6 bzw. 7 aus einem Stück bestehen oder als separat hergestellte Kämmen an diesen Elementen befestigt sein.

Bei Belastung dieser Kraftmesszelle ändern sich die Elektrodenabstände beider Wegmesser nach Massgabe der zu messenden Kraft F . Die Gesamtkapazität eines Wegmessers ist durch die Parallelschaltung einer Vielzahl von Einzelkapazitäten wesentlich höher als beispielsweise bei einem einfachen Wegmesser gemäss der europäischen Patentanmeldung 0 017 581.

Zur Bildung einer Kraftmesszelle mit vier mechanisch gekoppelten Kraftsensoren der in Fig. 4 gezeigten Bauart, die in einer zur Krafrichtung senkrechten Ebene gleichmässig verteilt angeordnet sind, kann der Lastträger 3 der Baueinheit nach Fig. 4 einen Schlitz 62 (strichpunktiert angedeutet) aufweisen, der sich über die halbe Länge des Lastträgers erstreckt und dessen Breite gleich der senkrecht zur Zeichenebene gemessenen Materialstärke der Baueinheit ist. Mit dieser geringfügigen Änderung können zwei gleiche Bauein-

heiten mit je zwei Kraftsensoren kreuzweise zusammengefügt werden, wobei jede Baueinheit eine Hälfte des gemeinsamen Lastträgers bildet. Damit lässt sich die Herstellung einer Kraftmesszelle mit vier Kraftsensoren in zwei Wirkungsebenen bedeutend vereinfachen. Selbstverständlich lässt sich der Wegmesser nach Fig. 4 in bezug auf seine mechanische Konstruktion und der vielfach unterteilten Kapazität auch bei einer Kraftmesszelle nach Fig. 2

anwenden. In einer solchen Anwendungsform werden dann unter Krafteinwirkung nicht die Elektrodenabstände (wie in Fig. 4), sondern die wirksamen Elektrodenflächen verändert, da sich die kammartigen Elektrodenträger (Balken) senkrecht zur Kammebene gegeneinander bewegen. Bei einem derartigen Wegmesser kann es wiederum zweckmässig sein, wenn die Elektroden an jedem Balken ein Linienraster bilden, das quer zur Krafrichtung verläuft.



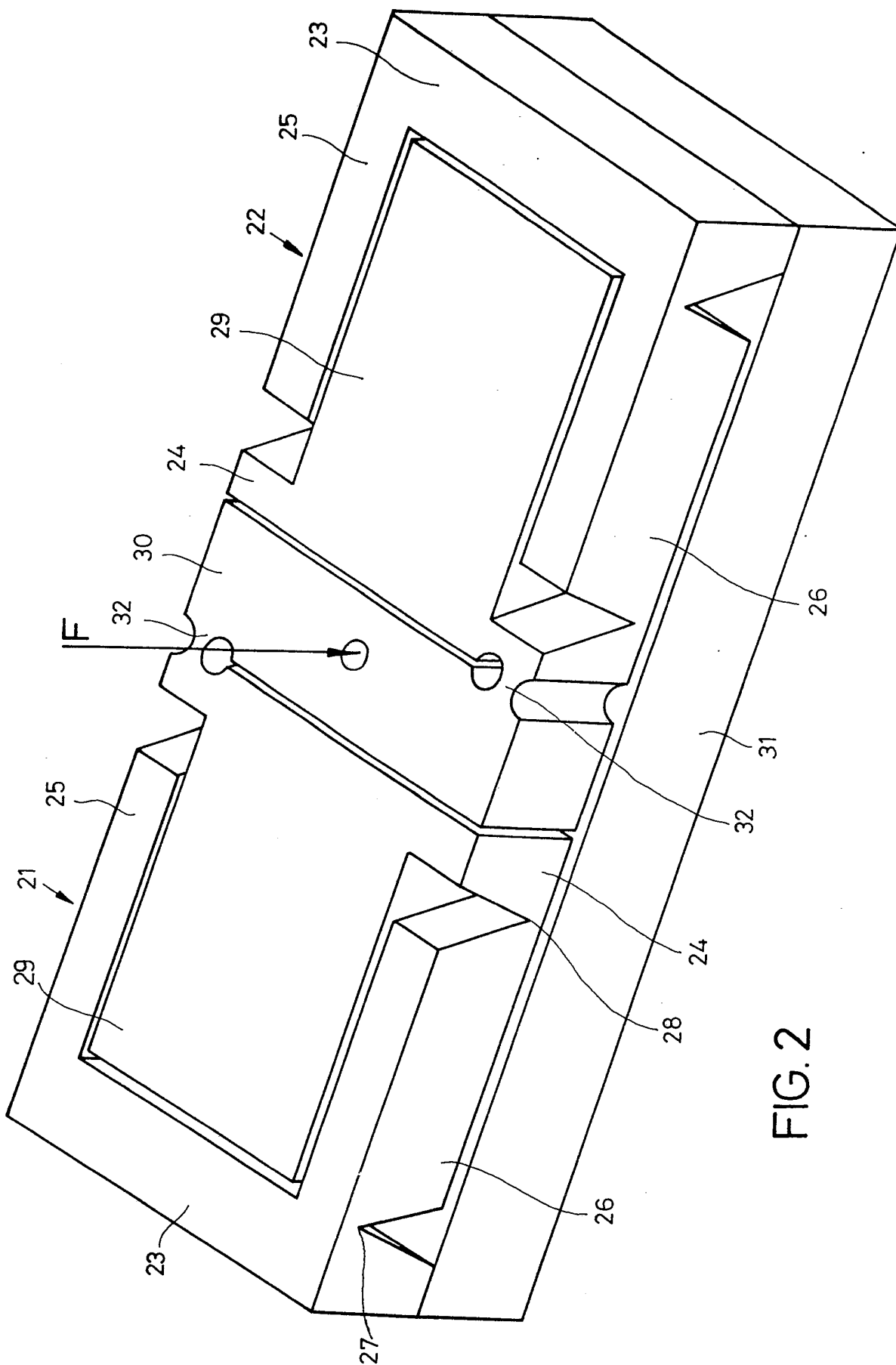


FIG. 2

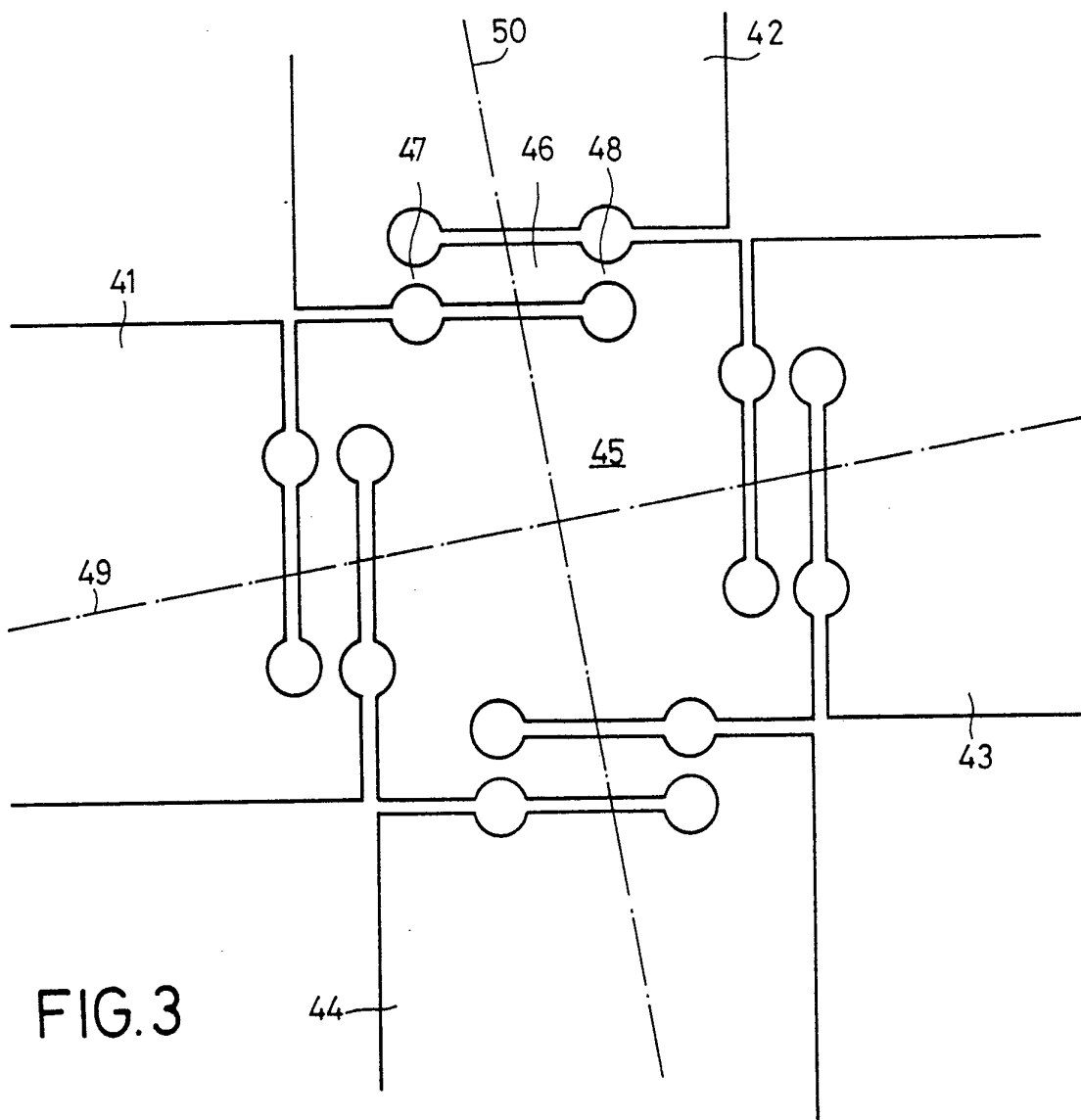


FIG. 3

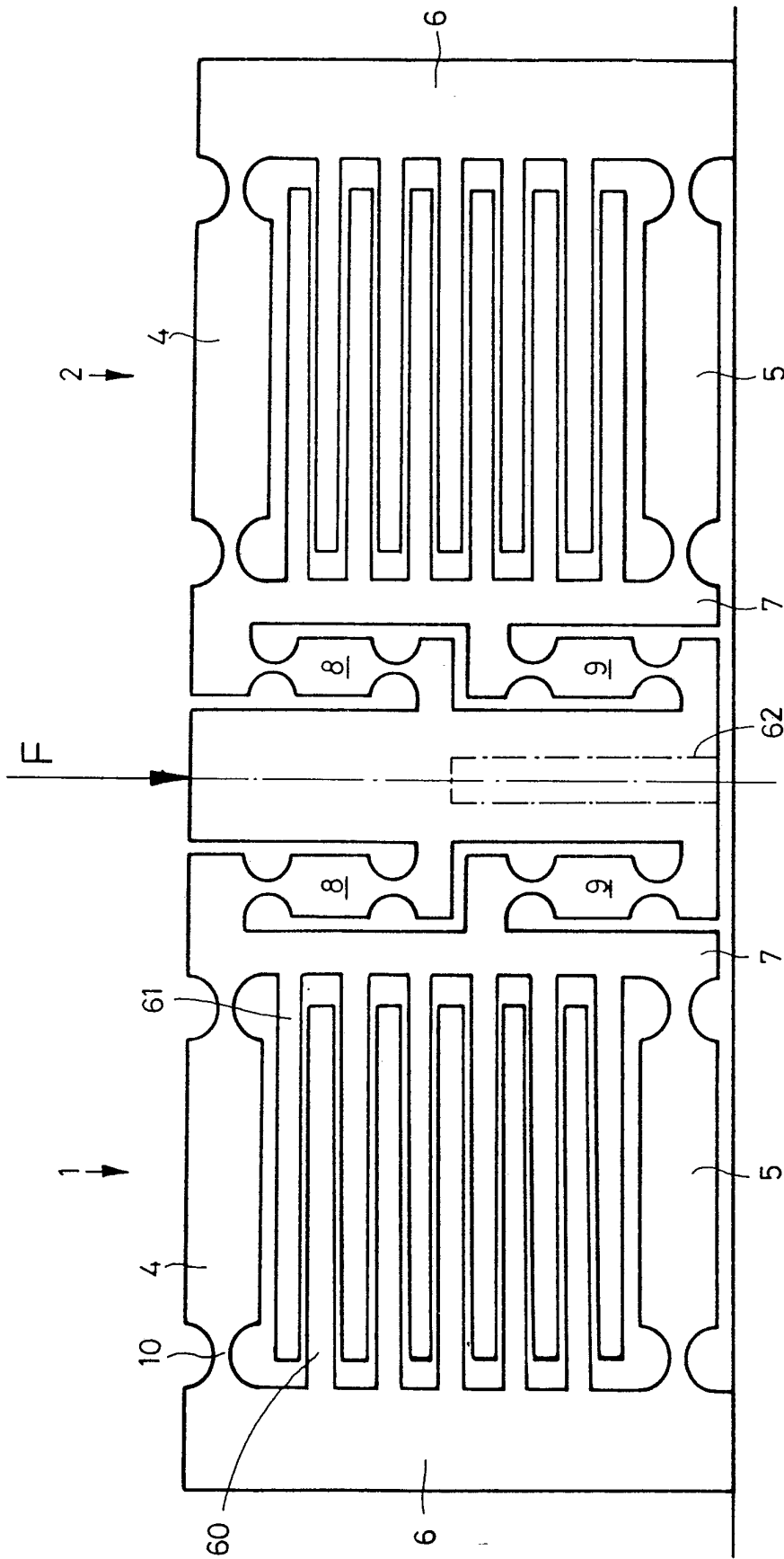


FIG. 4