



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 33 491 T2** 2007.11.15

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 109 182 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 33 491.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 127 162.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **12.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.06.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **21.02.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01H 13/02 (2006.01)**

H01H 25/00 (2006.01)

H01H 3/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

35264599 13.12.1999 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

**Wacoh Corp., Ageo, Saitama, JP; Nitta Corp.,
Osaka, JP**

(72) Erfinder:

**Okada, Kazuhiro, Ageo-shi, Saitama 362-0003, JP;
Taniguchi, Nobumitsu, Ageo-shi, Saitama
362-0003, JP; Morimoto, Hideo,
Yamatokooryama-shi, Nara 639-1032, JP**

(74) Vertreter:

Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(54) Bezeichnung: **Kraftsensor**

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

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

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Kraftsensor und betrifft im Spezielleren einen Kraftsensor, der auch die Funktion eines Drucktastenschalters hat.

[0002] Drucktastenschalter werden als Eingabeeinrichtungen zum Eingeben von EIN/AUS-Information in eine Anzahl von verschiedenen elektrischen Geräten verwendet. Insbesondere sind kostengünstige Drucktastenschalter, die Silikongummi verwenden, als Betätigungstasten bei verschiedenen Fernsteuerungen, Mobiltelefonen, Spielmaschinen, usw. in häufiger Verwendung. Bei derartigen Drucktasten ist ein schalenförmiges Silikongummimaterial mit der Oberseite nach unten weisend auf einer elektronischen Schaltungsplatte angeordnet, wobei die Bodenseite der Schale in Kontakt mit der Elektrodenstruktur auf der Schaltungsplatte gedrückt wird. Der Kontaktzustand wird elektrisch detektiert, um dadurch den EIN/AUS-Zustand zu erkennen. Der Drucktastenschalter dieses Typs kann eine lange Hubbewegungsstrecke liefern, die der Höhe des schalenförmigen Bereichs entspricht. Außerdem kann der Schalter für ein neuartiges Klickgefühl sorgen, das durch die elastische Verformung des schalenförmigen Silikongummimaterials erzielt wird. Dies macht es für eine Bedienungsperson einfacher, durch den Berührungssinn in intuitiver Weise zu erkennen, ob sich das Gerät im EIN-Zustand oder im AUS-Zustand befindet, so dass sich eine äußerst günstige Bedienbarkeit ergibt.

[0003] Andererseits werden Kraftsensoren auch als Vorrichtungen verwendet, die die Betriebseingaben von Bedienungspersonen in elektrische Signale umwandeln. Kraftsensoren können für die Eingabe von Betriebsgrößen mit einem vorbestimmten Dynamikbereich als Größe einer von der Bedienungsperson ausgeübten Kraft verwendet werden, während der vorstehend beschriebene Drucktastenschalter nur EIN/AUS-Information eingeben kann. Es werden auch zweidimensionale oder dreidimensionale Kraftsensoren verwendet, die in der Lage sind, eine ausgeübte Kraft in direktionale Komponenten zu zerlegen, um die Kraft zu detektieren. Insbesondere werden Kraftsensoren vom Kapazitäts-Typ auf verschiedenen Gebieten verwendet, da die Sensoren die Vorteile einer vereinfachten Konstruktion und reduzierten Kosten beinhalten. Der Sensor weist ein aus zwei Elektroden gebildetes Kapazitätselement auf, um Kraft auf der Basis einer Kapazitätsänderung aufgrund einer Änderung bei der Beabstandung zwischen den beiden Elektroden zu detektieren. Beispielsweise sind multidimensionale Kraftsensoren vom Kapazitäts-Typ in den japanischen Patentoffenlegungsschriften Nr. 4-148833 aus dem Jahr 1992,

Nr. 4-249726 aus dem Jahr 1992, Nr. 4-299227 aus dem Jahr 1992 sowie Nr. 4-337431 aus dem Jahr 1992 offenbart.

[0004] Wie vorstehend beschrieben worden ist, werden Drucktastenschalter und Kraftsensoren bereits bei verschiedenen Anwendungen eingesetzt, jedoch ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren Vorrichtungen mit beiden Funktionen nachgefragt werden. Zum Beispiel wird als Eingabevorrichtung zur Verwendung bei Spielmaschinen eine Vorrichtung verwendet, die einen Drucktastenschalter und einen Kraftsensor aufweist, die separat in die Vorrichtung integriert sind. Hierbei dient der Drucktastenschalter für die Eingabe von EIN/AUS-Information, und der Kraftsensor (d.h. der sogenannte „Joystick“) dient für die betriebsmäßige Eingabe in multidimensionalen Richtungen. Zum Verbessern der Bedienbarkeit können jedoch die Größe einer ausgeübten Kraft sowie die betriebsmäßige EIN/AUS-Eingabe vorzugsweise mittels einer einzigen Vorrichtung detektiert werden.

[0005] Ein Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung eines Kraftsensors, der die Größe von vorbestimmten Richtungskomponenten einer ausgeübten Kraft erkennen kann, während er gleichzeitig die Funktion eines Drucktastenschalters aufweist, der eine betriebsmäßige EIN/AUS-Eingabe detektiert. Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht insbesondere in der Schaffung eines Kraftsensors, der eine ausreichende Hubbewegungsstrecke und ein vorteilhaftes Klickbetätigungsgefühl schafft, um als Drucktastenschalter zu dienen, und der gleichzeitig für reduzierte Kosten sorgt.

[0006] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Kraftsensor realisiert, der die Größe einer vorbestimmten Richtungskomponente einer ausgeübten Kraft detektiert, während er auch die Funktion eines Drucktastenschalters aufweist, der die betriebsmäßige EIN/AUS-Eingabe detektiert.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

(1) Das erste Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor, aufweisend: eine Schaltungsplatte, die an einer Stelle angeordnet ist, an der eine obere Oberfläche von dieser bei Definition eines räumlichen XYZ-Koordinatensystems in einer X-Y-Ebene liegt; einen Wirkkörper, der an der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte angebracht ist, wobei der Wirkkörper einen über der Schaltungsplatte angeordneten Verlagerungsbereich, der bei Ausüben einer externen Kraft auf diesen verlagert wird, einen an der Schaltungsplatte angebrachten Befestigungsbereich sowie einen Verbindungsbereich zum Verbinden des Verlagerungsbereichs mit dem Befestigungsbereich aufweist;

einen elastischen Verformungskörper, der an einer unteren Oberfläche des Verlagerungsbereichs ausgebildet ist und elastische Verformungseigenschaften aufweist;
 eine Schalter-Verlagerungselektrode, die an einer unteren Oberfläche des elastischen Verformungskörpers ausgebildet ist;
 eine Schalter-Befestigungselektrode, die an einer Stelle gegenüber von der Schalter-Verlagerungselektrode auf der Schaltungsplatte ausgebildet ist; und einen Kondensator, der zum Erzeugen einer Kapazitätsänderung aufgrund einer Verlagerung des Verlagerungsbereichs in der Lage ist; wobei der Verbindungsbereich Flexibilität besitzt, so dass bei Ausüben einer Kraft auf den Verlagerungsbereich eine Biegung an dem Verbindungsbereich verursacht wird und dadurch eine Verlagerung bei dem Verlagerungsbereich in Relation zu der Schaltungsplatte hervorgerufen wird; wobei dann, wenn keine Kraft auf den Verlagerungsbereich ausgeübt wird, die Schalter-Verlagerungselektrode und die Schalter-Befestigungselektrode nicht miteinander in Kontakt gehalten sind, während bei Ausübung einer Kraft mit einem vorbestimmten Betrag, die in eine Z-Achsen-Richtung des Koordinatensystems gerichtet ist, auf den Verlagerungsbereich die Schalter-Verlagerungselektrode und die Schalter-Befestigungselektrode miteinander in Kontakt gebracht werden; wobei bei Ausübung einer weiteren Kraft, die in Richtung der Z-Achse gerichtet ist, auf den Verlagerungsbereich der elastische Verformungskörper elastisch verformt wird und sich dadurch die Kapazität des Kondensators verändern kann, wobei der Kontaktzustand zwischen der Schalter-Verlagerungselektrode und der Schalter-Befestigungselektrode unverändert aufrechterhalten bleibt; und wobei ein Schalter gebildet ist aus der Schalter-Verlagerungselektrode und der Schalter-Befestigungselektrode und ein Kontaktzustand zwischen diesen elektrisch detektiert wird und dadurch der Zustand des Schalters erkannt wird, und eine Kapazitätsänderung des Kondensators elektrisch detektiert wird und dadurch eine Größe einer vorbestimmten richtungsmäßigen Komponente einer aufgebrachten Kraft detektiert wird.

(2) Das zweite Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem ersten Merkmal:
 wobei ein Wirkkörper mit einem schalenförmigen Bereich bereitgestellt und mit der Schalenoberseite nach unten weisend an der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte angebracht wird, um einen einem Boden der Schale entsprechenden Bereich als Verlagerungsbereich zu verwenden, einen einer Seite der Schale entsprechenden Bereich als Verbindungsbereich zu verwenden sowie einen einer Öffnung der Schale entsprechenden Bereich als Befestigungsbereich zu verwenden.

(3) Das dritte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem zweiten Merkmal:

wobei eine zwischengeordnete Verlagerungsplatte zwischen der Schaltungsplatte und dem Wirkkörper derart angeordnet ist, dass ein Teil der zwischengeordneten Verlagerungsplatte an der Schaltungsplatte als Verlagerungsplatten-Befestigungsbereich befestigt ist und ein weiterer Bereich der zwischengeordneten Verlagerungsplatte einen Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich zum Erzeugen einer Verlagerung aufgrund einer Verlagerung des Verlagerungsbereichs oder aufgrund einer Verformung des Verbindungsbereichs bildet; und

wobei eine auf der Schaltungsplatte ausgebildete Kondensator-Befestigungselektrode und eine auf dem Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich ausgebildete Kondensator-Verlagerungselektrode einen Kondensator bilden.

(4) Das vierte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem dritten Merkmal:

wobei eine flexible Platte mit einem schalenförmigen Bereich die zwischengeordnete Verlagerungsplatte bildet, wobei die zwischengeordnete Verlagerungsplatte an der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte derart angebracht ist, dass der schalenförmige Bereich mit der Oberseite nach unten weisend angeordnet ist, wobei ein offenes Fenster ausgebildet ist, so dass der elastische Verformungskörper dieses an einem Bereich durchsetzen kann, der einem Boden der Schale entspricht, wobei ein das offene Fenster umgebender Bereich den Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich bildet, ein einer Öffnung der Schale entsprechender Bereich den Verlagerungsplatten-Befestigungsbereich bildet und der Verlagerungsbereich oder der Verbindungsbereich in körperlichen Kontakt mit dem Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich gebracht wird, um eine Verlagerung hervorzurufen.

(5) Das fünfte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem vierten Merkmal:

wobei die zwischengeordnete Verlagerungsplatte aus einem Metallmaterial hergestellt ist und die eigentliche zwischengeordnete Verlagerungsplatte als Kondensator-Verlagerungselektrode verwendet wird.

(6) Das sechste Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem vierten Merkmal:

wobei die zwischengeordnete Verlagerungsplatte aus Kunstharz hergestellt ist und eine auf einer unteren Oberfläche von dieser ausgebildete Metallschicht eine Kondensator-Verlagerungselektrode bildet.

(7) Das siebte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem

sechsten Merkmal:

wobei eine erste zusätzliche Schalterelektrode auf einer oberen Oberfläche der zwischengeordneten Verlagerungsplatte ausgebildet ist und eine zweite zusätzliche Schalterelektrode an einer Stelle gegenüber von der ersten zusätzlichen Schalterelektrode an einer unteren Oberfläche des Verlagerungsbereichs ausgebildet ist, so dass beide der zusätzlichen Schalterelektroden einen zusätzlichen Schalter bilden und ein Kontaktzustand zwischen der ersten zusätzlichen Schalterelektrode und der zweiten zusätzlichen Schalterelektrode elektrisch detektiert wird und dadurch zusätzliche Information über eine aufgebrauchte Kraft verfügbar gemacht werden kann.

(8) Das achte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem siebten Merkmal:

wobei bei Definition der Z-Achse an einem Zentrum des Verlagerungsbereichs ein zusätzlicher Schalter an einer oberhalb einer positiven X-Achse gelegenen Stelle vorhanden ist und ein weiterer zusätzlicher Schalter an einer oberhalb einer negativen X-Achse gelegenen Stelle vorhanden ist, so dass Information hinsichtlich einer X-Achsen-Komponente einer aufgebrauchten Kraft auf der Basis eines Zustands eines Paares der zusätzlichen Schalter verfügbar gemacht werden kann.

(9) Das neunte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem achten Merkmal:

wobei ein zusätzlicher Schalter ferner an einer oberhalb einer positiven Y-Achse gelegenen Stelle vorhanden ist und ein weiterer zusätzlicher Schalter an einer Stelle oberhalb einer negativen Y-Achse vorhanden ist, so dass Information hinsichtlich einer Y-Achsen-Komponente einer aufgebrauchten Kraft auf der Basis eines Zustands eines Paares der weiteren zusätzlichen Schalter verfügbar gemacht werden kann.

(10) Das zehnte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem siebten Merkmal:

wobei von einem Satz von Gegenelektroden, die den zusätzlichen Schalter bilden, eine Elektrode aus einer einzigen Elektrodenschicht gebildet ist und die andere Elektrode aus einem Paar von Elektrodenschichten gebildet ist, die elektrisch voneinander unabhängig sind, und wobei ein leitender Zustand zwischen dem Paar der Elektrodenschichten elektrisch detektiert wird und dadurch die Detektion eines Kontaktzustands der Gegenelektroden ermöglicht wird.

(11) Das elfte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem ersten Merkmal:

wobei eine auf der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte ausgebildete Kondensator-Befestigungselektrode und eine an einer unteren Ober-

fläche des Verlagerungsbereichs ausgebildete Kondensator-Verlagerungselektrode einen Kondensator bilden.

(12) Das zwölfte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem elften Merkmal:

wobei eine Verdrahtung vorhanden ist, um einen leitenden Zustand zwischen der Kondensator-Verlagerungselektrode und der Schalter-Verlagerungselektrode zu schaffen, so dass dann, wenn die Schalter-Verlagerungselektrode und die Schalter-Befestigungselektrode miteinander in Kontakt gebracht werden, die Kapazität zwischen der Schalter-Befestigungselektrode und der Kondensator-Befestigungselektrode gemessen wird, um eine Kapazität des Kondensators zu detektieren.

(13) Das dreizehnte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem elften Merkmal:

wobei bei Definition der Z-Achse an einem Zentrum des Verlagerungsbereichs ein erster Kondensator an einer oberhalb einer positiven X-Achse gelegenen Stelle vorhanden ist und ein zweiter Kondensator an einer oberhalb einer negativen X-Achse gelegenen Stelle vorhanden ist, so dass sich die Richtung und die Größe einer X-Achsen-Komponente einer aufgebrauchten Kraft auf der Basis einer Differenz in der Kapazität zwischen einem Paar aus dem ersten und dem zweiten Kondensator bestimmen lassen.

(14) Das vierzehnte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem dreizehnten Merkmal:

wobei ein dritter Kondensator ferner an einer Stelle oberhalb einer positiven Y-Achse vorhanden ist und ein vierter Kondensator an einer Stelle oberhalb einer negativen Y-Achse vorhanden ist, so dass sich die Richtung und die Größe einer Y-Achsen-Komponente einer aufgebrauchten Kraft auf der Basis einer Differenz in der Kapazität zwischen einem Paar aus dem dritten und dem vierten Kondensator bestimmen lassen.

(15) Das fünfzehnte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem elften Merkmal:

wobei ein Kondensator vorgesehen ist, der eine allgemein symmetrisch sowohl mit der X-Achse als auch mit der Y-Achse ausgebildete Elektrode aufweist, so dass die Größe einer Z-Achsen-Komponente einer aufgebrauchten Kraft auf der Basis der Kapazität des Kondensators bestimmt werden kann.

(16) Das sechzehnte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem elften Merkmal:

wobei zwei Sätze von Kondensatoren vorhanden sind, die einen Signaleingangskondensator und einen Signalausgangskondensator beinhalten, wobei die jeweiligen Kondensator-Befestigungse-

elektroden der beiden Sätze von Kondensatoren durch separate Elektroden gebildet sind, die elektrisch voneinander unabhängig sind, und wobei die jeweiligen Kondensator-Verlagerungselektroden der beiden Sätze von Kondensatoren durch eine einzige gemeinsame Elektrode gebildet sind, und die Elektroden in einen elektrisch leitenden Zustand miteinander gebracht werden können; und

wobei eine periodische Signalzuführeinrichtung zum Zuführen eines periodischen Signals zu einer Kondensator-Befestigungselektrode des Signaleingangskondensators und eine periodische Signaldetektionseinrichtung zum Detektieren eines periodischen Signals, das in einer Befestigungselektrode des Signalausgangskondensators induziert wird, vorgesehen sind, so dass eine Änderung in der Kapazität zwischen den beiden Sätzen von Kondensatoren auf der Basis einer Größe des periodischen Signals ermittelt wird, das mittels der periodischen Signaldetektionseinrichtung zu detektieren ist, wenn das periodische Signal mit einer vorbestimmten Größe mittels der periodischen Signalzuführeinrichtung zugeführt wird.

(17) Das siebzehnte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem elften Merkmal:

wobei eine Isolierschicht auf einer Oberfläche einer beliebigen oder von beiden einer Kondensator-Befestigungselektrode und einer Kondensator-Verlagerungselektrode gebildet ist.

(18) Das achtzehnte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem ersten Merkmal:

wobei die Schalter-Verlagerungselektrode aus einer einzigen Elektrodenschicht gebildet ist und die Schalter-Befestigungselektrode aus einem Paar von Elektrodenschichten gebildet ist, die elektrisch voneinander unabhängig sind, und wobei ein Kontaktzustand des Paares der Elektrodenschichten elektrisch detektiert wird, um dadurch einen Kontaktzustand zwischen der Schalter-Verlagerungselektrode und der Schalter-Befestigungselektrode zu detektieren.

(19) Das neunzehnte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem ersten Merkmal:

wobei der elastische Verformungsbereich aus einem Material mit einem Elastizitätskoeffizienten gebildet ist, der der Detektions-Ansprechempfindlichkeit entspricht.

(20) Das zwanzigste Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem ersten Merkmal:

wobei der elastische Verformungsbereich mit einer Nut versehen ist, die der Detektions-Ansprechempfindlichkeit entspricht.

(21) Das einundzwanzigste Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht in einem Kraftsensor gemäß dem ersten Merkmal:

wobei der Wirkkörper und der elastische Verformungsbereich aus einem Verformung ausgesetzten Körper bzw. verformbaren Körper gebildet sind, der in integraler Weise aus Gummi gebildet ist.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0007] In den Zeichnungen zeigen:

[0008] [Fig. 1](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht entlang der X-Achse zur Erläuterung der Konstruktion eines Kraftsensors gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0009] [Fig. 2](#) eine von oben gesehene Draufsicht zur Erläuterung einer Schaltungsplatte **110** des in [Fig. 1](#) dargestellten Kraftsensors, wobei der Schnitt entlang der X-Achse der Schaltungsplatte **10** in [Fig. 1](#) veranschaulicht ist;

[0010] [Fig. 3](#) eine von oben gesehene Draufsicht zur Erläuterung einer zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120** des in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftsensors, wobei die Schnittdarstellung entlang der X-Achse der zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120** in [Fig. 1](#) dargestellt ist;

[0011] [Fig. 4](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht zur Erläuterung eines Schnittes entlang der X-Achse der in [Fig. 3](#) dargestellten zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120**;

[0012] [Fig. 5](#) eine von oben gesehene Draufsicht zur Erläuterung eines verformbaren Körpers **130** des in [Fig. 1](#) dargestellten Kraftsensors, wobei der Schnitt entlang der X-Achse des verformbaren Körpers **130** in [Fig. 1](#) dargestellt ist;

[0013] [Fig. 6](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht entlang der X-Achse zur Erläuterung eines Verlagerungsbereichs **133** des Kraftsensors der [Fig. 1](#), auf den eine in Richtung der negativen Z-Achse gerichtete Kraft aufgebracht wird, wobei der EIN-Zustand der betriebsmäßigen Eingabe vorliegt;

[0014] [Fig. 7](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht entlang der X-Achse zur Erläuterung eines elastischen Verformungsbereichs **134**, auf den eine stärkere Kraft als in dem in [Fig. 6](#) veranschaulichten Zustand in der negativen Z-Achsen-Richtung aufgebracht wird, wobei die elastische Verformung zum Detektieren der Kraft in Z-Achsen-Richtung verwendet werden kann;

[0015] [Fig. 8a](#) und [Fig. 8b](#) Schaltbilder zur Erläuterung von Ersatzschaltungen des in [Fig. 1](#) dargestellten Kraftsensors;

[0016] [Fig. 9](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenan-

sicht entlang der X-Achse zur Erläuterung einer zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120A**, bei der es sich um eine Modifizierung der in [Fig. 4](#) dargestellten zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120** handelt;

[0017] [Fig. 10](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht entlang der X-Achse zur Erläuterung einer zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120B**, bei der es sich um eine weitere Modifizierung der in [Fig. 4](#) gezeigten zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120** handelt;

[0018] [Fig. 11](#) eine von oben gesehene Draufsicht zur Erläuterung der in [Fig. 10](#) dargestellten zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120B**, wobei der Schnitt entlang der X-Achse der zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120B** in [Fig. 10](#) dargestellt ist;

[0019] [Fig. 12](#) eine Bodenansicht zur Erläuterung des zentralen Bereichs eines verformbaren Körpers **130B**, der in Verbindung mit der in [Fig. 10](#) dargestellten zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120B** verwendet wird;

[0020] [Fig. 13](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht zur Erläuterung eines Kraftsensors, der die in [Fig. 10](#) gezeigte zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120B** und den in [Fig. 12](#) gezeigten verformbaren Körper **130B** verwendet, jeweils in einer Darstellung entlang der X-Achse;

[0021] [Fig. 14](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht entlang der X-Achse zur Erläuterung der Konstruktion eines Kraftsensors gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0022] [Fig. 15](#) eine von oben gesehene Draufsicht zur Erläuterung einer Elektrodenstruktur, die auf der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **210** des in [Fig. 14](#) gezeigten Kraftsensors gebildet ist;

[0023] [Fig. 16](#) ein Schaltbild zur Erläuterung einer Ersatzschaltung des in [Fig. 14](#) gezeigten Kraftsensors;

[0024] [Fig. 17](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht entlang der X-Achse zur Erläuterung einer Modifizierung des in [Fig. 14](#) gezeigten Kraftsensors;

[0025] [Fig. 18](#) eine von oben gesehene Draufsicht zur Erläuterung einer Elektrodenstruktur, die auf der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **210** des in [Fig. 17](#) dargestellten Kraftsensors gebildet ist;

[0026] [Fig. 19](#) ein Schaltbild zur Erläuterung einer Ersatzschaltung des in [Fig. 17](#) dargestellten Kraftsensors;

[0027] [Fig. 20](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht entlang der X-Achse zur Erläuterung der Konstruktion eines Kraftsensors gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0028] [Fig. 21](#) eine von oben gesehene Draufsicht zur Erläuterung einer Elektrodenstruktur, die auf der oberen Oberfläche einer Schaltungsplatte **310** des in [Fig. 20](#) dargestellten Kraftsensors gebildet ist;

[0029] [Fig. 22](#) eine Bodenansicht zur Erläuterung des zentralen Bereichs eines verformbaren Körpers **330** des in [Fig. 20](#) dargestellten Kraftsensors (wobei die Elektroden F30, F35 schraffiert sind);

[0030] [Fig. 23](#) ein Schaltbild zur Erläuterung einer Ersatzschaltung des in [Fig. 20](#) dargestellten Kraftsensors;

[0031] [Fig. 24](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht entlang der X-Achse zur Erläuterung einer Modifizierung, die ein anderes Material für den elastischen Verformungsbereich verwendet;

[0032] [Fig. 25](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht entlang der X-Achse zur Erläuterung einer Modifizierung, bei der eine Nut an einer Seitenfläche des elastischen Verformungsbereichs ausgebildet ist;

[0033] [Fig. 26](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht entlang der X-Achse zur Erläuterung einer Modifizierung, bei der eine Nut an der Bodenfläche des elastischen Verformungsbereichs ausgebildet ist;

[0034] [Fig. 27a](#) und [Fig. 27b](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht und eine Bodenansicht zur Erläuterung des in [Fig. 26](#) dargestellten elastischen Verformungsbereichs **434C**;

[0035] [Fig. 28a](#) und [Fig. 28b](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht und eine Bodenansicht zur Erläuterung einer ersten Modifizierung des in den [Fig. 27a](#) und [Fig. 27b](#) dargestellten elastischen Verformungsbereichs **434C**;

[0036] [Fig. 29a](#) und [Fig. 29b](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht und eine Bodenansicht zur Erläuterung einer zweiten Modifizierung des in den [Fig. 27a](#) und [Fig. 27b](#) dargestellten elastischen Verformungsbereichs **434C**;

[0037] [Fig. 30](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht zur Erläuterung einer Modifizierung von Kondensator-Befestigungselektroden, die auf der Schaltungsplatte gebildet sind, wobei eine Isolierschicht J auf den Elektroden gebildet ist;

[0038] [Fig. 31](#) eine von oben gesehene Draufsicht

zur Erläuterung einer Modifizierung der in [Fig. 3](#) dargestellten zwischengeordneten Verlagerungsplatte; und

[0039] [Fig. 32](#) eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht entlang der X-Achse zur Erläuterung der in [Fig. 31](#) dargestellten zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120C**.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0040] Die vorliegende Erfindung wird im Folgenden anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert.

§1 Konfiguration des ersten Ausführungsbeispiels

[0041] [Fig. 1](#) zeigt eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht zur Erläuterung der Konstruktion eines Kraftsensors gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Kraftsensor besitzt eine Schaltungsplatte **110**, eine zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120**, einen Verformung ausgesetzten Körper bzw. verformbaren Körper **130** sowie Befestigungseinrichtungen **140**. Zum Vereinfachen der Erläuterung ist im vorliegenden Fall ein räumliches XYZ-Koordinatensystem gemäß der Darstellung in der Zeichnung definiert, um die Anordnung jeder Komponente in Bezug auf dieses zu beschreiben. In Bezug auf [Fig. 1](#) ist ein Ursprung bzw. Nullpunkt O im Zentrum auf der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **110** definiert. Eine X-Achse ist in der horizontalen Richtung rechts definiert, eine Z-Achse ist in der vertikal nach oben gehenden Richtung definiert, und eine Y-Achse ist in der zu der X-Z-Ebene rechtwinkligen Richtung definiert. Im vorliegenden Fall liegt die obere Oberfläche der Schaltungsplatte **110** in der X-Y-Ebene, wobei die Z-Achse durch das Zentrum der Schaltungsplatte **110**, die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** und den verformbaren Körper **130** hindurch geht.

[0042] Die Schaltungsplatte **110** wird als gedruckte Schaltungsplatte bei typischen elektronischen Schaltungen verwendet, wobei bei dem vorliegenden Beispiel eine Glasepoxy-Schaltungsplatte verwendet wird. Als Schaltungsplatte **110** können auch filmartige Schaltungsplatten beispielsweise aus einer Polyimidschicht verwendet werden, jedoch ist die filmartige Schaltungsplatte flexibel und somit vorzugsweise auf irgendeiner abstützenden Schaltungsplatte mit ausreichender Steifigkeit angeordnet. [Fig. 2](#) zeigt eine von oben gesehene Draufsicht auf die Schaltungsplatte **110**. Hinsichtlich der positionsmäßigen Beziehung zu der in [Fig. 1](#) im Schnitt dargestellten Seitenansicht ist auf die jeweilige Achse des Koordinatensystems zu verweisen. Die Schnittdarstellung der in [Fig. 2](#) in der Draufsicht dargestellten Schaltungsplatte **110** entlang der X-Achse ist in [Fig. 1](#) in

der im Schnitt dargestellten Seitenansicht veranschaulicht. In der Draufsicht der [Fig. 2](#) ist zur Vereinfachung der Darstellung ein peripherer Bereich der Schaltungsplatte **110** nicht dargestellt. Die kreisförmige unterbrochene Linie der [Fig. 2](#) veranschaulicht die Position, in der die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** angeordnet ist (wobei die Draufsicht und die im Schnitt dargestellte Seitenansicht der zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120** in [Fig. 3](#) bzw. [Fig. 4](#) dargestellt sind). Die rechteckige unterbrochene Linie der [Fig. 2](#) veranschaulicht die Position, in der der verformbare Körper **130** angeordnet ist (wobei die Draufsicht auf den verformbaren Körper **130** in [Fig. 5](#) dargestellt ist).

[0043] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, ist eine Schaltungsstruktur auf die obere Oberfläche der Schaltungsplatte **110** aufgedruckt. Das heißt, ein Paar Elektroden E1, E2 ist direkt angrenzend an den Ursprung O gebildet, wobei außenseitig von diesen vier Sätze von sektorförmigen Elektroden E3, E4, E5, E6 gebildet sind und im zwischengeordneten Bereich davon eine allgemein ringförmige Elektrode E7 gebildet ist. Wie später noch beschrieben wird, werden die Elektroden E1, E2 zum Schalten der Vorrichtung verwendet, wobei sie im Folgenden als Schalter-Befestigungselektroden bezeichnet werden. Ferner bilden die Elektroden E3 bis E7 Kondensatoren zur Verwendung für die Detektion von Kräften, wobei diese im Folgenden als Kondensator-Befestigungselektroden bezeichnet werden. Im Spezielleren werden die auf der X-Achse angeordneten Kondensator-Befestigungselektroden E3, E4 zum Detektieren der X-Achsen-Komponente einer aufgetragenen Kraft verwendet, und die auf der Y-Achse angeordneten Kondensator-Befestigungselektroden E5, E6 werden zum Detektieren der Y-Achsen-Komponente der aufgetragenen Kraft verwendet. Die allgemein ringförmige Kondensator-Befestigungselektrode E7 wird zum Detektieren der Z-Achsen-Komponente der aufgetragenen Kraft verwendet. Verdrahtungsschichten L1 bis L7 bilden leitfähige Schichten zum elektrischen Verbinden der jeweiligen Elektroden E1 bis E7 mit jeweiligen Anschlüssen T1 bis T7, die zur Verbindung mit einer externen elektronischen Schaltung ausgebildet sind. Jede der Elektroden E1 bis E7, jede der Verdrahtungsschichten L1 bis L7 sowie jeder der Anschlüsse T1 bis T7 besitzen eine auf der Schaltungsplatte **110** ausgebildete leitfähige Struktur bzw. Leiterstruktur, die durch die herkömmliche typische Technologie zum Bilden von gedruckten Schaltungsplatten in Massenherstellung gefertigt werden kann. In der im Schnitt dargestellten Seitenansicht der [Fig. 1](#) sind die Verdrahtungsschichten L1 bis L7 und die Anschlüsse T1 bis T7 nicht dargestellt, so dass die Zeichnung nicht kompliziert wird.

[0044] Wie in der Draufsicht der [Fig. 3](#) gezeigt ist, weist die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** allgemein kreisförmige Metallplatten auf. Wie in der

im Schnitt dargestellten Seitenansicht der [Fig. 4](#) zu sehen ist, ist der zentrale Bereich in Form einer Schale mit der Oberseite der Schale nach unten weisend ausgebildet. Der Bereich, der eine Öffnung der Schale aufweist und die ebene Platte dieser zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120** umgibt, wird im Folgenden als Verlagerungsplatten-Befestigungsbereich **121** bezeichnet. Andererseits wird der als solcher abgegrenzte schalenförmige Bereich im Folgenden als Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122** bezeichnet. Verlagerungsplatten-Befestigungsklauen **123** sind in den vier Segmenten der zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120** gebildet. Die Verlagerungsplatten-Befestigungsklauen **123** sind jeweils aus einem Bereich der kreisförmigen Metallplatte gebildet, der ausgeschnitten und nach unten gebogen ist. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, ist die Schaltungsplatte **110** an ihrer oberen Oberfläche mit schlitzförmigen Verlagerungsplatten-Befestigungsöffnungen H1 zum Einsetzen der vier Verlagerungsplatten-Befestigungsklauen **123** versehen. Die Verlagerungsplatten-Befestigungsklauen **123** werden in die Verlagerungsplatten-Befestigungsöffnungen H1 eingesetzt, so dass die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** an der Schaltungsplatte **110** angebracht werden kann. Wie im Folgenden noch beschrieben wird, handelt es sich bei den kreisförmigen Öffnungen, die außenseitig von den Verlagerungsplatten-Befestigungsöffnungen H1 vorhanden sind, um Öffnungen H2 zum Befestigen des verformbaren Körpers. Die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** kann durch Umbiegen der Verlagerungsplatten-Befestigungsklauen **123** an der unteren Oberfläche der Schaltungsplatte **110** an der Schaltungsplatte **110** befestigt werden.

[0045] Auf diese Weise ist die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** an der Schaltungsplatte **110** in Form einer mit der Oberseite nach unten weisenden Schale angebracht. Ein kreisförmiges offenes Fenster H3 ist in dem Bereich gebildet, der dem Basisbereich der Schale entspricht, wie dies in [Fig. 4](#) gezeigt ist. Die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** ist an der Schaltungsplatte **110** durch den Verlagerungsplatten-Befestigungsbereich **121** festgelegt. Da die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** aus einer flexiblen Platte gebildet ist (wobei es sich im vorliegenden Fall um eine Metallplatte handelt), kann jedoch bei Ausüben einer körperlichen Kraft auf den Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122** die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** partiell gebogen und dadurch verlagert werden. Insbesondere bildet der das offene Fenster H3 umgebende Bereich ein freies Ende, so dass das offene Fenster ausreichend verlagert werden kann. Die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** mit dieser Konfiguration lässt sich in einfacher Weise durch Pressen einer einstückigen Metallplatte in Massenerstellung erzeugen.

[0046] Weiterhin ist die Konstruktion eines verformbaren Körpers **130** in [Fig. 5](#) in einer Draufsicht dargestellt. Der in diesem Beispiel dargestellte verformbare Körper **130** besitzt einen befestigten Bereich bzw. Befestigungsbereich **131**, einen Verbindungsbereich **132**, einen Verlagerungsbereich **133** und einen elastischen Verformungsbereich **134**, die in integraler Weise aus Silikongummi gebildet werden können und ebenfalls für die Massenerstellung geeignet sind. Der Befestigungsbereich **131** ist an der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **110** festzulegen, und vier Befestigungsstifte **135** ragen von der unteren Oberfläche des Befestigungsbereichs **131** weg. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, sind die vier Befestigungsöffnungen H2 für den verformbaren Körper in der Schaltungsplatte **110** vorgesehen. Die vier Befestigungsstifte **135** werden in die vier Befestigungsöffnungen H2 für den verformbaren Körper eingesetzt, so dass der verformbare Körper **130** an der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **110** festgelegt werden kann. Der Verlagerungsbereich **133** befindet sich im Zentrum des verformbaren Körpers **130** und ist direkt oberhalb des Ursprungs O angeordnet, der im Zentrum der Schaltungsplatte **110** definiert ist, wie dies in [Fig. 1](#) gezeigt ist, so dass der Verlagerungsbereich einer externen Kraft ausgesetzt ist und durch diese verlagert wird. Der Befestigungsbereich **131** und der Verlagerungsbereich **133** sind über den Verbindungsbereich **132** miteinander verbunden. Der Verbindungsbereich **132** ist flexibel. Die Aufbringung einer Kraft auf den Verlagerungsbereich **133** verursacht somit ein Biegen des Verbindungsbereichs **132**, so dass der Verlagerungsbereich **133** relativ zu der Schaltungsplatte **110** verlagert wird.

[0047] Da bei dem vorliegenden Beispiel der Befestigungsbereich **131**, der Verbindungsbereich **132**, der Verlagerungsbereich **133** und der elastische Verformungsbereich **134** jeweils aus Silikongummi hergestellt sind, sind die jeweiligen Bereiche biegsam und elastisch. Insbesondere ist der Verbindungsbereich **132** dünn, so dass er am stärksten biegsam ist und somit elastisch verformt werden kann. Im vorliegenden Fall werden die Begriffe „Flexibilität“ und „elastische Verformung“ im Wesentlichen als Äquivalente verwendet, wobei sie in Abhängigkeit von der jeweiligen ins Auge gefassten Eigenschaft verwendet werden, d.h. der Flexibilität oder der elastischen Verformung. Hierbei ist unter der für den Verbindungsbereich **132** erforderlichen „Flexibilität“ die einfache Biegsamkeit zu verstehen, um ansprechend auf eine Betätigung durch eine Bedienungsperson eine ausreichende Verlagerung zu erzeugen, damit der Verlagerungsbereich **133** als Drucktaste dienen kann. Wie andererseits in [Fig. 5](#) in gestrichelter Linie dargestellt ist, handelt es sich bei dem elastischen Verformungsbereich **134** um eine zylindrische Komponente, der die Z-Achse als zentrale Achse aufweist und an der unteren Oberfläche des Verlagerungsbereichs **133** ausgebildet ist. Der elastische Verformungsbereich

134 muss elastisch verformbar sein. Hierbei ist unter der für den elastischen Verformungsbereich **134** erforderlichen „elastischen Verformung“ eine ausreichende elastische Verformung zu verstehen, damit der Kraftsensor ansprechend auf eine Betätigung durch die Bedienungsperson einen Betrieb ausführen kann.

[0048] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, ist an der Bodenfläche des elastischen Verformungsbereichs **134** eine Elektrode F0 gebildet. Die Elektrode F0 ist gegenüber den Schalter-Befestigungselektroden E1, E2 angeordnet, die auf der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **110** ausgebildet sind, und wird in Verbindung mit der Verlagerung des Verlagerungsbereichs **133** verlagert. Daher wird die Elektrode F0 als Schalter-Verlagerungselektrode bezeichnet. Bei dem vorliegenden Beispiel ist die Schalter-Verlagerungselektrode F0 aus leitfähigem Gummimaterial gebildet, jedoch kann sie auch aus einer leitfähigen Farbmaterialschicht gebildet sein, um die Herstellungskosten noch weiter zu reduzieren.

[0049] Bei dem hier dargestellten Beispiel ist der verformbare Körper **130** insgesamt in einem Stück aus Silikongummi hergestellt. Hinsichtlich der Funktion dienen jedoch die drei Bereiche des verformbaren Körpers **130**, d.h. der Befestigungsbereich **131**, der Verbindungsbereich **132** und der Verlagerungsbereich **133**, zum Erzeugen von Verlagerung. Aus diesem Grund wird im Folgenden der Begriff „Wirkkörper“ verwendet, um die drei Bereiche kollektiv zu benennen. Das heißt, der Wirkkörper weist drei Bereiche auf, nämlich den Befestigungsbereich **131**, den Verbindungsbereich **132** und den Verlagerungsbereich **133**. Somit bilden der Wirkkörper und der elastische Verformungsbereich **134** den Verformung ausgesetzten Körper bzw. verformbaren Körper **130**.

[0050] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, ist bei dem Kraftsensor gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel auf der Schaltungsplatte **110** die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** angeordnet, auf der wiederum der verformbare Körper **130** angeordnet ist, wobei diese letztendlich mittels der Befestigungseinrichtungen **140** an der Schaltungsplatte **110** angebracht sind. Mit anderen Worten wird als Erstes ein Wirkkörper mit einem schalenförmigen Bereich (**132**, **133**) bereitgestellt und dann mit der Oberseite nach untenweisend auf der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **110** angebracht. Dabei ist der dem Bodenbereich der Schale entsprechende Bereich als Verlagerungsbereich **133** zu verwenden. Ferner ist der dem Seitenbereich der Schale entsprechende Bereich als Verbindungsbereich **132** zu verwenden, und der Öffnungsbereich sowie der diesen umgebende Bereich der Schale sind als Befestigungsbereich **131** zu verwenden. Weiterhin ist der elastische Verformungsbereich **134** an einer derartigen Stelle angeordnet, dass er das offene Fenster H3 durchsetzt, das exakt an

der zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120** vorgesehen ist. Das heißt, das offene Fenster H3 ist mit einer ausreichenden Größe ausgebildet, um eine Verschiebung des elastischen Verformungsbereichs **134** zu verhindern.

§2 Arbeitsweise des ersten Ausführungsbeispiels

[0051] Im Folgenden wird die Arbeitsweise des Kraftsensors gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben. Diese Vorrichtung kann in zwei Weisen arbeiten, d.h. als Drucktastenschalter, der die betriebsmäßige EIN/AUS-Eingabe erfasst, sowie als dreidimensionaler Kraftsensor, der in der Lage ist, die Größe von jeder axialen Komponente einer aufgetragenen Kraft zu erkennen. Die in [Fig. 1](#) dargestellte Konstruktion veranschaulicht den Verlagerungsbereich **133**, auf den keine Kraft ausgeübt wird. In diesem Zustand sei angenommen, dass eine Bedienungsperson eine Drückkraft auf den Verlagerungsbereich **133** nach unten in Richtung auf die Schaltungsplatte **110** ausübt (eine Kraft in der negativen Z-Achsen-Richtung). Wie in der im Schnitt dargestellten Seitenansicht der [Fig. 6](#) zu sehen ist, wird hierbei der Verbindungsbereich **132** elastisch verformt und dadurch gebogen, während der Verlagerungsbereich **133** in Verbindung mit dem elastischen Verformungsbereich **134** in Richtung nach unten verlagert wird. Die Schalter-Verlagerungselektrode F0, die an der Bodenfläche des elastischen Verformungsbereichs **134** ausgebildet ist, gelangt dadurch in Kontakt mit dem Paar der Schalter-Befestigungselektroden E1, E2, die auf der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **110** ausgebildet sind. Hierbei sei angenommen, dass die Bedienungsperson weiterhin eine Drückkraft (eine Kraft in der negativen Z-Achsen-Richtung) auf den Verlagerungsbereich **133** aufbringt, um den Bereich noch weiter nach unten zu drücken. In diesem Fall wird der elastische Verformungsbereich **134** elastisch verformt und zusammengedrückt, wie dies in der im Schnitt dargestellten Seitenansicht der [Fig. 7](#) gezeigt ist. Als Ergebnis hiervon wird eine weiter nach unten gehende Verlagerung des Verlagerungsbereichs **133** hervorgerufen. Der Verformungsbereich des Verbindungsbereichs **132** (oder die Bodenfläche des verlagerten Verlagerungsbereichs **133**) gelangt dann in körperlichen Kontakt mit der zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120**, so dass der Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **132** nach unten verlagert wird.

[0052] Es sei angenommen, dass die elastische Verformung des Verbindungsbereichs **132** im Vergleich mit der elastischen Verformung des elastischen Verformungsbereichs **134** stattfinden kann (wobei genauer gesagt der Verbindungsbereich **132** dünner als in der Zeichnung dargestellt ausgebildet werden kann). In diesem Fall würde die Bedienungsperson den vorstehend beschriebenen Drückbetäti-

gungsvorgang als zweistufigen Vorgang verspüren. Das heißt, bei der Betätigung in der ersten Stufe wird der Verlagerungsbereich **133** mit einer relativ schwachen Kraft niedergedrückt, und zwar in der gleichen Weise wie bei einem herkömmlichen typischen Drucktastenschalter, so dass der Schalter eingeschaltet wird. Diese Betätigung verschafft der Bedienungsperson eine relativ lange Hubbewegungsstrecke sowie ein günstiges Klickbetätigungsgefühl. Die Betätigung in der ersten Stufe verursacht ein Biegen des Verbindungsbereichs **132**, so dass sich die Konstruktion der Vorrichtung von der in [Fig. 1](#) dargestellten Position in die in [Fig. 6](#) dargestellte Position ändert. Die Betätigung in der zweiten Stufe entspricht der Betätigung bei einem weiteren Niederdrücken des Verlagerungsbereichs **133** mit einer höheren Kraft nach dem Einschalten des Drucktastenschalters. Dieser Vorgang benötigt eine geringe Hubbewegungsstrecke und erzeugt kein Klickbetätigungsgefühl. Die Betätigung in der zweiten Stufe führt dazu, dass der elastische Verformungsbereich **134** elastisch verformt und zusammengedrückt wird, wobei dies wiederum eine Veränderung der Konstruktion der Vorrichtung von der in [Fig. 6](#) gezeigten Position in die in [Fig. 7](#) gezeigte Position hervorruft.

[0053] Die [Fig. 8a](#) und [Fig. 8b](#) zeigen Schaltbilder unter Darstellung von Ersatzschaltungen des Kraftsensors gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel. Dabei veranschaulicht [Fig. 8a](#) das Ersatzschaltbild eines Bereichs, der bei der Betätigung eines Drucktastenschalters zum Detektieren der betriebsmäßigen EIN/AUS-Eingabe zum Einsatz kommt, wobei die Ersatzschaltung bei der vorstehend beschriebenen Betätigung in der ersten Stufe zum Einsatz kommt. Das heißt, die Schalter-Befestigungselektroden E1, E2 sind in dem in [Fig. 1](#) dargestellten Zustand elektrisch voneinander getrennt, so dass auch die Anschlüsse T1, T2 voneinander getrennt sind. Es sei jedoch angenommen, dass eine vorbestimmte Größe einer Kraft in Z-Achsen-Richtung (der negativen Z-Achsen-Richtung, wenn das Vorzeichen Berücksichtigung findet) auf den Verlagerungsbereich **133** aufgebracht wird. In diesem Fall gelangt der Verlagerungsbereich **133** in den in [Fig. 6](#) gezeigten Zustand (oder in ähnlicher Weise in den in [Fig. 7](#) gezeigten Zustand), so dass die Schalter-Verlagerungselektrode F0 mit den Schalter-Befestigungselektroden E1, E2 in Kontakt gebracht wird. Dadurch entsteht ein Kurzschluss zwischen den Schalter-Befestigungselektroden E1, E2 und diese werden zwischen den Anschlüssen T1, T2 leitend. Letztendlich entspricht eine Verlagerung in der vertikalen Richtung des Verlagerungsbereichs **133** dem Einschalt-/Ausgangsvorgang des Schalters SW in der in [Fig. 8a](#) dargestellten Schaltung. Durch Überwachen des leitfähigen Zustands zwischen den Anschlüssen T1, T2 mittels einer externen Schaltung wird somit die Detektion der betriebsmäßigen EIN/AUS-Eingabe ermöglicht.

[0054] [Fig. 8b](#) dagegen veranschaulicht ein Ersatzschaltbild eines Bereichs, der bei Betätigung eines dreidimensionalen Kraftsensors zum Einsatz kommt, um die Größe jeder axialen Komponente einer auf den Verlagerungsbereich **133** aufgebrachten Kraft zu erkennen. Der Betrieb der Ersatzschaltung erfolgt in erster Linie bei der vorstehend beschriebenen Betätigung in der zweiten Stufe. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, sind fünf Kondensator-Befestigungselektroden E3 bis E7 auf der Schaltungsplatte **110** ausgebildet. Über diesen Elektroden ist der aus einer Metallplatte gebildete Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122** gegenüber von diesen Elektroden angeordnet. Wie in der Ersatzschaltung der [Fig. 8b](#) gezeigt ist, sind somit fünf Sätze von Kondensatoren C3 bis C7 gebildet. Hierbei wird der Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122** als Kondensator-Verlagerungselektrode bezeichnet. Die Kondensatoren C3 bis C7 sind durch eine gemeinsame Kondensator-Verlagerungselektrode (Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122**) sowie die einzelnen Kondensator-Befestigungselektroden E3 bis E7 zu bilden. Die Kapazität jedes Kondensators C3 bis C7 kann in unabhängiger Weise als Kapazität zwischen den Verlagerungsplatten-Befestigungsklauen **123** und den jeweiligen Anschlüssen T3 bis T7 gemessen werden.

[0055] Wie in [Fig. 7](#) gezeigt ist, wird bei Ausführung der vorstehend beschriebenen Betätigung in der zweiten Stufe der Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122** aufgrund der Verformung des Verbindungsbereichs **132** (oder aufgrund der Verlagerung des Verlagerungsbereichs **133**) nach unten verlagert. Dies verursacht eine Veränderung in der Beabstandung zwischen den Elektroden der Kondensatoren C3 bis C7, so dass sich die jeweilige Kapazität ändert. Die Kondensatoren C3 bis C7 sind somit derart konfiguriert, dass sich ihre Kapazität in Abhängigkeit von der Verlagerung des Verlagerungsbereichs **133** ändert. Bei dieser Betätigung in der zweiten Stufe erfolgt keine Veränderung in der in [Fig. 8a](#) dargestellten Ersatzschaltung, so dass der Schalter SW in einem geschlossenen Zustand (einem EIN-Zustand) bleibt. Dagegen tritt bei der in [Fig. 8b](#) dargestellten Ersatzschaltung eine Veränderung bei der Kapazität jedes Kondensators C3 bis C7 auf. Aufgrund der Detektion der Veränderung kann die jeweilige axiale Komponente einer aufgebrachten Kraft (die X-, Y- und Z-Achsen-Komponente) in unabhängiger Weise bestimmt werden. Obwohl dies in den vorstehend genannten Veröffentlichungen ausführlich beschrieben ist, wird dieses Prinzip im Folgenden wiederholt erläutert.

[0056] Als Erstes sei bei der Betätigung in der zweiten Stufe angenommen, dass eine Kraft F_x in der positiven X-Achsen-Richtung aufgebracht wird. Hierbei erfolgt die Betätigung in der zweiten Stufe unter der Voraussetzung, dass die Schalter-Verlagerungselektrode F0 und die Schalter-Befestigungselektroden

E1, E2 miteinander in Kontakt bleiben. Dadurch bleibt auch eine Kraft $-F_z$ in der negativen Z-Achsen-Richtung aufgebracht, wenn die Betätigung in der zweiten Stufe ausgeführt wird. Somit sollte die Bedienungsperson den Drucktastenschalter niederdrücken (Betätigung in der ersten Stufe) und anschließend eine weitere Kraft F_x in der positiven X-Achsen-Richtung aufbringen (wobei dies üblicherweise in Begleitung eines Vorgangs zum weiteren Erhöhen einer Kraft $-F_z$ in der negativen Z-Achsen-Richtung erfolgt). Das Aufbringen einer Kraft F_x in der positiven X-Achsen-Richtung als solches führt dazu, dass der positive X-Achsen-Bereich des Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereichs **122** stärker nach unten verlagert wird als wenn der negative X-Achsen-Bereich nach unten verlagert wird. Somit wird die Beabstandung zwischen den Elektroden des Kondensators C3 geringer als bei dem Kondensator C4. Dies führt dazu, dass die Kapazität des Kondensators C3 größer wird als die des Kondensators C4. Die Kapazität wird bei jedem Kondensator mit dem gleichen Symbol ausgedrückt, so dass sich die Größe einer in der positiven X-Achsen-Richtung aufgebrachten Kraft auf der Basis einer Subtraktion „C3–C4“ bestimmen lässt. Das Aufbringen einer Kraft $-F_x$ in der negativen X-Achsen-Richtung dagegen würde dazu führen, dass die Beziehung der Größe zwischen den Kapazitätswerten umgekehrt wird. Bei der Differenz, die sich aus der Subtraktion „C3–C4“ ergibt, zeigt das Vorzeichen davon letztendlich die positive oder die negative Richtung an, während ihr Absolutwert die Größe der X-Achsen-Komponente der Kraft angibt.

[0057] Dies gilt auch für die Y-Achse. Die Richtung und die Größe einer Kraft $\pm F_y$, die in der Y-Achsen-Richtung aufgebracht wird, kann somit auf der Basis einer Differenz „C5–C6“ der Kapazität zwischen den Kondensatoren C5, C6 bestimmt werden. Das heißt, der erste Kondensator C3, der über der positiven X-Achse angeordnet ist, und der zweite Kondensator C4, der über der negativen X-Achse angeordnet ist, erlauben eine Bestimmung der Richtung und der Größe der X-Achsen-Komponente der aufgebrachten Kraft auf der Basis der Differenz in der Kapazität zwischen einem Paar der Kondensatoren. Gleichermaßen erlauben der dritte Kondensator C5, der über der positiven Y-Achse angeordnet ist, und der vierte Kondensator C6, der über der negativen Y-Achse angeordnet ist, eine Bestimmung der Richtung und der Größe der Y-Achsen-Komponente der aufgebrachten Kraft auf der Basis der Differenz bei der Kapazität zwischen einem Paar von Kondensatoren.

[0058] Andererseits kann eine in der Z-Achsen-Richtung aufgebrachte Kraft mittels der Kapazität C7 des Kondensators C7 bestimmt werden. Der Kraftsensor gemäß der vorliegenden Erfindung basiert auf der Voraussetzung, dass die Bedienungsperson eine Niederdrückkraft nach unten auf den

Verlagerungsbereich **133** ausübt, um die betriebsmäßige Eingabe auszuführen. Bei der in der Z-Achsen-Richtung aufgebrachten Kraft handelt es sich somit unweigerlich um eine Kraft $-F_z$, die in die negative Richtung geht. Da eine Kraft $-F_z$ mit einer bestimmten Größe durch die Betätigung in der ersten Stufe auf diesen aufgebracht worden ist, befindet sich die Schalter-Verlagerungselektrode F0 in Kontakt mit den Schalter-Befestigungselektroden E1, E2, wie dies in [Fig. 6](#) gezeigt ist. Bei der durch den Kondensator C7 zu bestimmenden Kraft in der Z-Achsen-Richtung handelt es sich jedoch um eine Kraft, die ausgehend von dem in [Fig. 6](#) gezeigten Zustand weiter in der Z-Achsen-Richtung aufgebracht wird, um den in [Fig. 7](#) dargestellten Zustand zu erzeugen. Wie in [Fig. 7](#) gezeigt ist, führt eine solche zusätzliche Kraft, die in der negativen Z-Achsen-Richtung aufgebracht wird, zu einer gleichmäßigen Verlagerung des Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereichs **122** nach unten, so dass die Beabstandung zwischen den Elektroden des Kondensators C7 vermindert wird und dadurch die Kapazität C7 steigt. Auf diese Weise kann die Größe einer in der negativen Z-Achsen-Richtung aufgebrachten Kraft auf der Basis der Kapazität C7 bestimmt werden.

[0059] Bei der in [Fig. 8b](#) dargestellten Ersatzschaltung ermöglicht letztendlich die Überwachung der Kapazität der Verlagerungsplatten-Befestigungsklauen **123** sowie eines jeden Anschlusses T3 bis T7 mittels einer externen Schaltung eine Detektion der Kraftkomponenten in allen der XYZ-Achsen-Richtungen. Um dabei zu verhindern, dass ein Wert der anderen axialen Komponenten das Detektionsresultat beeinträchtigt, ist jede der Kondensator-Befestigungselektroden E3 bis E7 vorzugsweise folgendermaßen konfiguriert. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, sind als Erstes die Kondensator-Befestigungselektroden E3, E4 in Bezug auf die X-Achse vorzugsweise symmetrisch ausgebildet. Diese Ausbildung erlaubt ein Aufheben des Einflusses der Y-Achsen-Komponente der Kraft (der Subtraktionsvorgang hebt den Einfluss der Z-Achsen-Komponente der Kraft auf). Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, sind gleichermaßen die Kondensator-Befestigungselektroden E5, E6 vorzugsweise symmetrisch in Bezug auf die Y-Achse ausgebildet. Diese Anordnung erlaubt wiederum ein Aufheben des Einflusses der X-Achsen-Komponente der Kraft (der Subtraktionsvorgang hebt den Einfluss der Z-Achsen-Komponente der Kraft auf). Wie ferner in [Fig. 2](#) gezeigt ist, ist die Kondensator-Befestigungselektrode E7 ebenfalls vorzugsweise symmetrisch in Bezug sowohl auf die X-Achse als auch in Bezug auf die Y-Achse ausgebildet. Auch diese Anordnung gestattet das Aufheben des Einflusses der X-Achsen-Komponente und der Y-Achsen-Komponente der Kraft. In der Praxis müssen jedoch Verdrahtungsschichten oder dergleichen vorgesehen sein, so dass es häufig schwierig ist, die Elektroden perfekt symmetrisch auszubilden. In Wirklichkeit reicht es daher aus, die

Elektroden möglichst symmetrisch auszubilden.

[0060] Wie vorstehend beschrieben worden ist, ermöglicht der Kraftsensor gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Erkennung der Richtung und der Größe von räumlichen XYZ-Komponenten einer aufgebrachten Kraft, während er gleichzeitig als Drucktastenschalter dient, der die betriebsmäßige EIN/AUS-Eingabe detektiert. Das heißt, eine Betätigung, die von der Bedienungsperson bei der Betätigung in der ersten Stufe ausgeführt wird, um den Verlagerungsbereich **133** nach unten zu drücken, führt zur Verwirklichung einer betriebsmäßigen EIN/AUS-Eingabe mit einer ausreichenden Hubbewegungsstrecke und einem günstigen Klickbetätigungsgefühl. Der EIN/AUS-Zustand kann im Hinblick auf den leitfähigen Zustand zwischen den Anschlüssen T1, T2 in der in [Fig. 8a](#) dargestellten Ersatzschaltung detektiert werden. Als Betätigung in der zweiten Stufe sei angenommen, dass die Bedienungsperson eine weiter nach unten gehende Drückkraft ausübt oder gleichzeitig eine Niederdrückkraft in seitlicher Richtung (in der Richtung der X- oder der Y-Achse) in diesem Zustand ausübt. In diesem Fall kann die Komponente jeder der Achsen der betreffenden Drückkraft detektiert werden, und zwar auf der Basis der Kapazität eines jeden Kondensators in der in [Fig. 8b](#) dargestellten Ersatzschaltung.

§3 Modifikationen des ersten Ausführungsbeispiels

[0061] Im Folgenden werden einige Modifikationen des vorstehend erläuterten ersten Ausführungsbeispiels beschrieben. Bei dem vorstehend genannten Ausführungsbeispiel wird ein Bereich (der Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122**) der zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120**, der aus einem Metallmaterial gebildet ist, direkt als Kondensator-Verlagerungselektrode verwendet. Es ist jedoch nicht immer notwendig, die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120** aus einer Metallplatte zu bilden. [Fig. 9](#) zeigt eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht zur Erläuterung eines Beispiels einer zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120A**, die aus Kunstharzmaterial gebildet ist. Bei diesem Beispiel ist die Basiskonstruktion **125A** aus Kunstharzmaterial, wie z.B. PET oder Polyimid gebildet, und eine Metallschicht **124A** ist an der unteren Oberfläche von dieser gebildet, um die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120A** zu bilden. Die Basiskonstruktion **125A** an sich weist einen isolierenden Körper auf, wobei jedoch die an der unteren Oberfläche ausgebildete Metallschicht **124A** als Kapazitäts-Verlagerungselektrode dient. Kunstharzmaterialien, wie z.B. PET oder Polyimid, können für reduzierte Kosten sorgen und die Herstellung vereinfachen, so dass sie für die Massenfertigung geeignet sind. Die Metallschicht **124A** lässt sich durch Aufbringen von Metall, wie z.B. Aluminium, in einfacher Weise bilden. PET-Schichten mit bereits darauf aufgebrachten Metallschichten

sind ebenfalls im Handel erhältlich. Unter Verwendung eines solchen im Handel erhältlichen Materials ist somit die Schaffung der zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120A** mit einer solchen Konstruktion, wie sie in [Fig. 9](#) gezeigt ist, lediglich unter Ausführung eines Pressvorgangs möglich.

[0062] Die in [Fig. 10](#) dargestellte zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120B** beinhaltet eine Basiskonstruktion **125B**, die ebenfalls aus einem synthetischen Material, wie z.B. PET oder Polyimid, gebildet ist und an deren unterer Oberfläche eine Metallschicht **124B** gebildet ist, wobei die Basiskonstruktion als Kondensator-Verlagerungselektrode verwendet wird. Ferner sind an der oberen Oberfläche von dieser eine Gruppe von Elektroden gebildet, die aus einer Metallschicht gebildet sind. [Fig. 11](#) zeigt eine Draufsicht zur Erläuterung der zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120B**. Im Wesentlichen wie bei der in [Fig. 3](#) gezeigten zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120** weist auch die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120B** einen umgebenden Verlagerungsplatten-Befestigungsbereich **121B** sowie einen schalenförmigen Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122B** auf, wobei sie durch Verlagerungsplatten-Befestigungsklauen **123B** an der Schaltungsplatte angebracht ist. An den beiden Enden sind Verdrahtungsbereiche **126B** ausgebildet und Anschlüsse T11 bis T18 angeordnet. Wie in der Zeichnung dargestellt ist, sind acht Elektroden E11 bis E18 auf dem Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122B** gebildet. Diese Elektroden werden im Folgenden als erste zusätzliche Schalterelektroden bezeichnet. Die ersten zusätzlichen Schalterelektroden E11 bis E18 sind durch Verdrahtungsschichten L11 bis L18 mit den jeweiligen Anschlüssen T11 bis T18 verbunden. Jede dieser Elektroden, Verdrahtungsschichten und Anschlüsse kann auf der Basiskonstruktion **125B** durch eine Siebdrucktechnik gebildet werden. Die in [Fig. 10](#) im Schnitt dargestellte Seitenansicht veranschaulicht die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120B** der [Fig. 11](#) in einer Darstellung entlang der X-Achse.

[0063] Die Verwendung einer solchen zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120B** macht einen dieser entsprechenden verformbaren Körper **130B** erforderlich. [Fig. 12](#) zeigt eine Bodenansicht zur Erläuterung des zentralen Bereichs des verformbaren Körpers **130B**. Da der verformbare Körper **130B** nahezu die gleiche Konstruktion wie der in [Fig. 5](#) gezeigte verformbare Körper **130** aufweist, ist zur Vereinfachung der Darstellung nur ein innerer Bereich des Verbindungsbereichs **132B** in [Fig. 12](#) veranschaulicht. [Fig. 13](#) zeigt eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht zur Erläuterung eines Kraftsensors, der die zwischengeordnete Verlagerungsbereich **120B** gemäß der Darstellung in den [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) sowie den verformbaren Körper **130B** gemäß der Darstellung in [Fig. 12](#) verwendet. Wie in [Fig. 13](#) deutlich zu

sehen ist, ist die Gesamtkonstruktion des verformbaren Körpers **130B** nahezu die gleiche wie bei dem vorstehend beschriebenen verformbaren Körper **130**. Das heißt, ein Befestigungsbereich **131B** oder ein den verformbaren Körper **130B** umgebender Bereich ist an der Schaltungsplatte **110B** festgelegt, wobei ein zentraler Verlagerungsbereich **133B** durch den flexiblen Verbindungsbereich **132B** abgestützt ist. Ein zylindrischer elastischer Verformungsbereich **134B** ist an der unteren Oberfläche des Verlagerungsbereichs **133B** ausgebildet, und eine Schalter-Verlagerungselektrode F0 ist an der unteren Oberfläche des elastischen Verformungsbereichs **134B** ausgebildet. Jedoch sind an der unteren Oberfläche des Verlagerungsbereichs **133B** eine Stufe sowie vier Elektroden F1 bis F4 ausgebildet, wobei sich in dieser Hinsicht ein Unterschied von dem vorstehend genannten verformbaren Körper **130** ergibt. Die vier Elektroden F1 bis F4 sind in der in der Bodenansicht der [Fig. 12](#) dargestellten Weise angeordnet. Hierbei werden die vier Elektroden F1 bis F4 als zweite zusätzliche Schalterelektroden bezeichnet. Die zweiten zusätzlichen Schalterelektroden F1 bis F4 können aus einem beliebigen leitfähigen Material gebildet sein, jedoch können sie in der Praxis aus leitfähigem Gummi oder leitfähigem Farbmateriale gebildet sein, ebenso wie dies auch bei der Schalter-Verlagerungselektrode F0 der Fall ist.

[0064] Wie andererseits in der in [Fig. 13](#) im Schnitt dargestellten Seitenansicht gezeigt ist, ist die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120B** auf der Schaltungsplatte **110B** derart angeordnet, dass die beiden Enden der Verdrahtungsbereiche **126B** umgeschlagen sind. Auf der Schaltungsplatte **110B** sind Verdrahtungsschichten LL11 bis LL16 an einer Stelle in Kontakt mit den Anschlüssen T11 bis T16 gebildet (wobei in [Fig. 13](#) nur die Verdrahtungsschichten LL11, LL13 gezeigt sind). Schließlich sind die in [Fig. 11](#) dargestellten ersten acht zusätzlichen Schalterelektroden E11 bis E18 mit den auf der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **110B** ausgebildeten Verdrahtungsschichten LL11 bis LL18 durch die Verdrahtungsschichten L11 bis L18 und die Anschlüsse T11 bis T18 zu verbinden. Die auf der unteren Oberfläche der zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120B** gebildete Metallschicht **124B** ist ebenfalls mit einer vorbestimmten Verdrahtungsschicht der Schaltungsplatte **110B** verbunden (in [Fig. 13](#) nicht dargestellt). Die an der Schaltungsplatte **110B** angebrachte zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120B** und der oben auf der zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120B** angeordnete verformbare Körper **130B** sind mittels Befestigungseinrichtungen **140B** in ihrer Position festgelegt.

[0065] Die grundlegende Arbeitsweise des Kraftsensors mit einer derartigen Ausbildung ist mit dem in [Fig. 1](#) dargestellten Kraftsensor identisch. Das heißt, es besteht die Möglichkeit, die EIN/AUS-Betätigung

durch den Kontaktzustand zwischen den auf der Schaltungsplatte **110B** ausgebildeten Schalter-Befestigungselektroden E1, E2 und der Schalter-Verlagerungselektrode F0 zu detektieren. Ferner besteht die Möglichkeit, jede axiale Komponente einer Kraft durch die Kondensatoren C3 bis C7 zu detektieren, die auf der Schaltungsplatte **110B** ausgebildeten Kondensator-Befestigungselektroden E3 bis E7 und die als Kondensator-Verlagerungselektrode dienende Metallschicht **124B** umfassen.

[0066] Jedoch sind bei dieser Modifizierung vier zusätzliche Schalter vorgesehen. Es ist somit die Möglichkeit vorhanden, eine unabhängige Betätigungseingabe auf der Basis der Information von den zusätzlichen Schaltern zu detektieren. Das heißt, bei einem Vergleich der in [Fig. 11](#) dargestellten ersten acht zusätzlichen Schalterelektroden E11 bis E18 mit den in [Fig. 12](#) dargestellten vier zweiten zusätzlichen Schalterelektroden F1 bis F4 ist zu erkennen, dass Kombinationen aus den einander gegenüberliegenden Elektroden gebildet sind. Durch elektrisches Detektieren des Kontaktzustands dieser einander gegenüberliegenden ersten und zweiten Elektroden, kann man zusätzliche Information hinsichtlich der auf den Verlagerungsbereich **133B** aufgetragenen Kraft erzielen. Im Spezielleren sei angenommen, dass die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120B** und der verformbare Körper **130B** einander gegenüberliegend angeordnet sind, wobei sowohl die XY-Achsen der [Fig. 11](#) als auch die XY-Achsen der [Fig. 12](#) miteinander ausgerichtet sind. In diesem Fall ist zu erkennen, dass ein Paar der ersten Elektroden E11, E12 gegenüber der zweiten Elektrode F1 angeordnet ist. In ähnlicher Weise ist ein Paar der ersten Elektroden E13, E14 gegenüber der zweiten Elektrode F2 angeordnet; ein Paar der ersten Elektroden E15, E16 ist gegenüber der zweiten Elektrode F3 angeordnet; und ein Paar der ersten Elektroden E17, E18 ist gegenüber der zweiten Elektrode F4 angeordnet. Diese Gegenelektroden bilden jeweils die zusätzlichen Schalter.

[0067] Es sei nun angenommen, dass der über der positiven X-Achse befindliche zusätzliche Schalter (der Schalter, der aus den Elektroden E11, E12, F1 besteht) eingeschaltet ist (d.h. die Anschlüsse T11, T12 sind zwischen einander leitend). In diesem Fall lässt sich detektieren, dass eine Kraft F_x , die größer ist als eine vorbestimmte Kraft, in der positiven X-Achsen-Richtung aufgebracht worden ist. Es sei nun angenommen, dass der über der negativen X-Achse befindliche zusätzliche Schalter (der Schalter, der aus den Elektroden E13, E14, F2 besteht) eingeschaltet wird (d.h. die Anschlüsse T13, T14 sind zwischen einander leitend geschaltet). In diesem Fall kann detektiert werden, dass eine Kraft $-F_x$, die größer ist als eine vorbestimmte Kraft, in der negativen X-Achsen-Richtung aufgebracht worden ist. In ähnlicher Weise sei angenommen, dass der über der po-

sitiven Y-Achse befindliche zusätzliche Schalter (der Schalter der aus den Elektroden E15, E16, F3 besteht) eingeschaltet wird (d.h. die Anschlüsse T15, T16 sind zwischen einander leitend geschaltet). In diesem Fall lässt sich detektieren, dass eine Kraft F_y , die größer ist als eine vorbestimmte Kraft, in der positiven Y-Achsen-Richtung aufgebracht worden ist. Ferner sei angenommen, dass der über der negativen Y-Achse befindliche zusätzliche Schalter (der Schalter, der aus den Elektroden E17, E18, F4 besteht) eingeschaltet wird (d.h. die Anschlüsse T17, T18 sind zwischen einander leitend geschaltet). In diesem Fall lässt sich detektieren, dass eine Kraft $-F_y$, die größer ist als eine vorbestimmte Kraft, in der negativen Y-Achsen-Richtung aufgebracht worden ist.

[0068] Bei den vorstehend genannten zusätzlichen Schaltern sind in einem Satz der Gegenelektroden, der den zusätzlichen Schalter bildet, die eine Elektrode aus einer einzelnen Elektrodenschicht gebildet und die andere Elektrode aus einem Paar von Elektrodenschichten gebildet, die elektrisch voneinander unabhängig sind. Wenn der leitfähige Zustand zwischen dem Paar der Elektrodenschichten elektrisch detektiert wird, besteht somit die Möglichkeit, den Kontaktzustand der Gegenelektroden zu detektieren. Im Fall des zusätzlichen Schalters z. B., der aus den Elektroden E11, E12, F1 besteht, weist somit die eine Elektrode die einzelne Elektrodenschicht F1 auf, und die andere Elektrode weist ein Paar Elektrodenschichten E11, E12 auf, die elektrisch voneinander unabhängig sind. Wenn der leitfähige Zustand zwischen dem Paar der Elektrodenschichten E11, E12 elektrisch detektiert wird, erfolgt die Detektion des Kontaktzustands der Gegenelektroden. Diese Anordnung ermöglicht die Bereitstellung der Verdrahtungsschicht nur auf einer Seite. Das heißt, bei dem vorstehend beschriebenen Beispiel des zusätzlichen Schalters ist eine Verdrahtung nur für die Elektroden E11 bis E18 auf der Seite der in [Fig. 11](#) dargestellten zwischengeordneten Verlagerungsplatte erforderlich. Somit ist keine Verdrahtung für die Elektroden F1 bis F4 auf der Seite des in [Fig. 12](#) dargestellten verformbaren Körpers **130B** erforderlich.

[0069] Dies gilt auch für die Beziehung zwischen den Schalter-Befestigungselektroden E1, E2 zum Detektieren der EIN/AUS-Betätigungseingabe und der Schalter-Verlagerungselektrode F0. Das heißt, bei jedem der vorstehend geschilderten Ausführungsbeispiele weist die Schalter-Verlagerungselektrode F0 eine einzelne Elektrodenschicht auf, und die Schalter-Befestigungselektroden E1, E2 weisen ein Paar von Elektrodenschichten auf, die elektrisch voneinander unabhängig sind. Somit wird der leitende Zustand zwischen den Schalter-Befestigungselektroden E1, E2 elektrisch detektiert, so dass die Detektion des leitenden Zustands zwischen der Schalter-Verlagerungselektrode F0 und den Schalter-Befestigungselektroden E1, E2 ermöglicht wird.

festigungselektroden E1, E2 ermöglicht wird. Somit ist eine Verdrahtung nur für die Schalter-Befestigungselektroden E1, E2 erforderlich (d.h. für die Schaltungsplatte), während für die Schalter-Verlagerungselektrode F0 (d.h. für den verformbaren Körper) keine Verdrahtung erforderlich ist.

[0070] Wie vorstehend erwähnt worden ist, lässt sich eine Verdrahtung in einfacher Weise in Form einer gedruckten Struktur auf der Seite der Schaltungsplatte bilden, während vorzugsweise so weit wie möglich keine Verdrahtung auf der Seite des verformbaren Körpers vorgesehen ist. Der Grund hierfür besteht darin, dass jeder Bereich der letzteren Seite verlagert und verformt wird. Die Anordnung der Elektroden in der vorstehend beschriebenen Weise ist für eine derartige Situation höchst geeignet. Selbstverständlich ist die vorstehend geschilderte Ausbildung zum Ausführen der vorliegenden Erfindung nicht notwendigerweise von essentieller Bedeutung. Zum Beispiel kann nur die Elektrode E1 auf der Seite der Schaltungsplatte als Schalter-Befestigungselektrode vorgesehen sein und nur die Elektrode F0 auf der Seite des verformbaren Körpers als Schalter-Verlagerungselektrode vorgesehen sein, wobei jede Elektrode mit einer Verdrahtung versehen ist. Auf diese Weise ist es möglich, den leitfähigen Zustand der beiden Elektroden direkt festzustellen. In der Praxis ist es jedoch bevorzugt, die vorstehend beschriebene Elektrodenanordnung aufzugreifen, um eine Verdrahtung zu eliminieren.

§4 Konfiguration des zweiten Ausführungsbeispiels

[0071] [Fig. 14](#) zeigt eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht zur Erläuterung der Konstruktion eines Kraftsensors gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Kraftsensor weist eine Schaltungsplatte **210**, einen Verformung ausgesetzten Körper bzw. verformbaren Körper **230** sowie Befestigungseinrichtungen **240** zum Festlegen des verformbaren Körpers **230** auf. Jede dieser Komponenten hat nahezu die gleiche Funktion wie die Schaltungsplatte **110**, der verformbare Körper **130** und die Befestigungseinrichtungen **140** des in [Fig. 1](#) dargestellten Kraftsensors. Jedoch ist eine Komponente, die der in [Fig. 1](#) gezeigten zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120** entspricht, nicht vorhanden, und ein Befestigungsbereich **231** des verformbaren Körpers **230** ist direkt an der Schaltungsplatte **210** festgelegt. Diese Konfiguration ist die gleiche wie bei dem Kraftsensor der [Fig. 1](#), indem ein Verbindungsbereich **232** mit einem schalenförmigen Bereich einen zylindrischen Verlagerungsbereich **233** abstützt und ein zylindrischer elastischer Verformungsbereich **234** an der unteren Oberfläche des Verlagerungsbereichs **233** ausgebildet ist. Auf der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **210** ist eine ähnliche Elektrodenstruktur wie in [Fig. 2](#) ausgebildet. Das heißt, es sind Schalter-Befestigungselektroden

E21, E22 (die E1, E2 der [Fig. 2](#) entsprechen) und Kondensator-Befestigungselektroden E23 bis E27 (die E3 bis E7 der [Fig. 2](#) entsprechen) vorhanden. [Fig. 15](#) zeigt nur die Elektrodenstruktur (für ein besseres Verständnis der Struktur sind die Elektrodenbereiche schraffiert dargestellt, während die Verdrahtungsschichten in der Zeichnung nicht dargestellt sind).

[0072] Andererseits sind drei Arten von Elektroden auf der Seite des verformbaren Körpers **230** ausgebildet. Das heißt, die Elektroden beinhalten eine scheibenförmige Elektrode F20, die an der Bodenfläche des zylindrischen elastischen Verformungsbereichs **234** ausgebildet ist, eine unterlegscheibenförmige bzw. ringförmige Elektrode F28, die an der Bodenfläche des Verlagerungsbereichs **233** ausgebildet ist, sowie eine zylindrische Elektrode F29, die an der Seitenfläche des zylindrischen elastischen Verformungsbereichs **234** ausgebildet ist. Die scheibenförmige Elektrode F20 ist gegenüber den Schalter-Befestigungselektroden E21, E22 angeordnet und dient als Schalter-Verlagerungselektrode (entsprechend der Elektrode F0 des Kraftsensors der [Fig. 1](#)). Die ringförmige Elektrode F28 ist den Kondensator-Befestigungselektroden E23 bis E27 gegenüber angeordnet und dient als Kapazitäts-Verlagerungselektrode (entsprechend dem Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122** des Kraftsensors der [Fig. 1](#)). Ferner hat die zylindrische Elektrode F29 lediglich die Funktion einer Verdrahtungsschicht, wobei sie zum Bilden eines Kurzschlusses zwischen der Elektrode F20 und der Elektrode F28 dient. Vorstehend sind zur Vereinfachung der Erläuterung die Elektroden F20, F28, F29 als separate Elektroden beschrieben worden. In der Praxis sind diese drei Arten von Elektroden F20, F28, F29 jedoch in Form einer monolithischen leitfähigen Schicht ausgebildet, die die untere Oberfläche des Verlagerungsbereichs **233**, die seitliche Oberfläche sowie die untere Oberfläche des elastischen Verformungsbereichs **234** überdeckt. Diese Elektroden können aus einem beliebigen leitfähigen Material gebildet sein, wobei sie in der Praxis jedoch vorzugsweise aus leitfähigem Gummi oder leitfähigem Farbmaterial gebildet sind. Ferner hat die Elektrode F29 lediglich die Funktion einer Verdrahtungsschicht, so dass es nicht notwendig ist, dass sie die gesamte Seitenfläche des elastischen Verformungsbereichs **234** überdeckt.

[0073] Die Arbeitsweise dieses Kraftsensors als Drucktastenschalter zum Detektieren der betriebsmäßigen EIN/AUS-Eingabe ist exakt die gleiche wie bei dem vorstehend beschriebenen Kraftsensor gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel. Das heißt, die von einer Bedienungsperson ausgeführte, nach unten gehende Druckbeaufschlagung des Verlagerungsbereichs **233**, wie diese bei der Betätigung in der ersten Stufe erfolgt, veranlasst eine elastische Verformung des Verbindungsbereichs **232** und führt

dazu, dass die Schalter-Befestigungselektrode F20 mit den Schalter-Befestigungselektroden E21, E22 in Kontakt gebracht wird. Somit werden die Elektroden E21, E22 leitend geschaltet. Das grundlegende Prinzip der Detektion der betriebsmäßigen Eingabe in der zweiten Stufe bei diesem Kraftsensor ist wiederum das gleiche wie bei der Vorrichtung gemäß dem vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel. Das heißt, die Kondensator-Befestigungselektroden E23 bis E27, die auf der Seite der Schaltungsplatte **210** ausgebildet sind, und die Kondensator-Verlagerungselektrode F28, die auf der Seite des verformbaren Körpers **230** ausgebildet ist, bilden fünf Sätze von Kondensatoren C23 bis C27. Somit besteht die Möglichkeit, die dreidimensionalen Komponenten einer bei der Betätigung in der zweiten Stufe aufgebrachten Kraft auf der Basis einer Kapazitätsänderung dieser Kondensatoren zu detektieren (das Detektionsprinzip ist das gleiche wie in §2 beschrieben).

[0074] [Fig. 16](#) zeigt ein Schaltbild zur Erläuterung einer Ersatzschaltung des in [Fig. 14](#) gezeigten Kraftsensors. In dem Schaltbild sind die Elektroden E21 bis E27 dargestellt, die auf der Schaltungsplatte **210** gebildet sind und durch Verdrahtungsschichten mit den Anschlüssen T21 bis T27 verbunden sind. Die Elektrode F20 hat die Funktion eines Schalters SW, indem sie mit den Elektroden E21, E22 in Kontakt tritt oder nicht in Kontakt tritt. Der EIN/AUS-Zustand des Schalters SW kann durch Überwachen des leitenden Zustands zwischen den Anschlüssen T21, T22 detektiert werden. Wie vorstehend beschrieben worden ist, ist die Elektrode F20 mit der Elektrode F28 über die Elektrode F29 verbunden, wobei die Elektrode F28 die Funktion der Kondensator-Verlagerungselektrode hat, die gegenüber den Kondensator-Befestigungselektroden E23 bis E27 vorhanden ist, um dadurch fünf Sätze von Kondensatoren C23 bis C27 zu bilden.

[0075] Ein Vorteil des vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiels besteht darin, dass keine Verdrahtung auf der Seite des verformbaren Körpers **230** erforderlich ist. Wie vorstehend beschrieben worden ist, sind auf der Seite des verformbaren Körpers **230** drei Arten von Elektroden F20, F28, F29 gebildet, für die keine nach außen führende Verdrahtung erforderlich ist. Unter Bezugnahme auf das Schaltbild der [Fig. 16](#) ist jeder der Anschlüsse T21 bis T27 zur Verbindung mit einer externen Schaltung ausgebildet, wobei jedoch die Elektroden F20, F28, F29 mit keinerlei externen Schaltung verbunden sind und somit getrennt sind. Wenn jedoch die Elektrode F20 mit den Elektroden E21, E22 in Kontakt gelangt, wird die Elektrode F28 mit den Anschlüssen T21, T22 verbunden. Wenn z.B. der Anschluss T21 auf einem vorbestimmten Potential V festgelegt ist (oder möglicherweise geerdet ist, so dass $V = 0$), kann der EIN/AUS-Zustand des Schalters SW auf der Basis davon erkannt werden, ob der Anschluss T22 das

gleiche Potential erreicht hat wie das Potential V. Wenn der Schalter SW eingeschaltet wird, ist auch die Elektrode F28 auf dem Potential V festgelegt, so dass sich ein nicht isolierter Zustand ergibt. Wie bereits in §2 erwähnt worden ist, erfolgt bei den Kraftsensoren gemäß der vorliegenden Erfindung der Betrieb in der zweiten Stufe unter der Voraussetzung, dass der Betrieb in der ersten Stufe ausgeführt worden ist und der Schalter SW in einem EIN-Zustand gehalten bleibt. Wenn eine durch die zweite Betätigung aufgebrachte Kraft auf der Basis einer Kapazität der Kondensatoren C23 bis C27 detektiert wird, befindet sich der Schalter SW somit unweigerlich in einem EIN-Zustand. Es sei nun angenommen, dass keine nach außen führende Verdrahtung an der Elektrode F28 vorhanden ist. Selbst in diesem Fall ist dann, wenn die Kapazität jedes Kondensators detektiert werden muss, die Elektrode F28 stets mit den Anschlüssen T21, T22 verbunden, so dass es zu keinem Problem kommt. Mit anderen Worten wird die Kapazität jedes Kondensators C23 bis C27 in Form der Kapazität zwischen dem Anschluss T21 (oder T22, einer Schalter-Befestigungselektrode) und den Anschlüssen T23 bis T27 (oder Kondensator-Befestigungselektroden) detektiert.

[0076] Es versteht sich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf das Ausführungsbeispiel beschränkt ist, bei dem keine Verdrahtung an der Seite des verformbaren Körpers **230** vorhanden ist, wobei eine Verdrahtung an beiden Seiten der Schaltungsplatte **210** und des verformbaren Körpers **230** vorgesehen sein kann. [Fig. 17](#) zeigt eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels, bei dem eine Verdrahtung beidseits vorgesehen ist. Der erste unterschiedliche Gesichtspunkt dieses Ausführungsbeispiels gegen dem in [Fig. 14](#) dargestellten besteht darin, dass die Elektrode F28 auf der Seite des verformbaren Körpers **230** mit einer Verdrahtung oder einer Verdrahtungsschicht L28 versehen ist. Bei dem vorliegenden Beispiel ist die Verdrahtungsschicht L28 entlang der unteren Oberfläche des Verbindungsbereichs **232** ausgebildet, und eine weitere Verdrahtungsschicht LL28 ist in Berührung mit dem Rand der Verdrahtungsschicht L28 ausgebildet. Die Verdrahtungsschicht LL28 auf der Seite der Schaltungsplatte ist mit einem Anschluss T28 verbunden (nicht gezeigt). Der zweite unterschiedliche Gesichtspunkt besteht in der Elektrodenstruktur, die auf der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **210** gebildet ist. [Fig. 18](#) zeigt diese Elektrodenstruktur (für ein besseres Verständnis der Struktur sind die Elektrodenbereiche schraffiert, während die Verdrahtungsschichten in der Zeichnung nicht dargestellt sind). Die Schalter-Befestigungselektroden E21, E22 bei der in [Fig. 15](#) dargestellten Struktur sind bei der in [Fig. 18](#) gezeigten Struktur durch eine ringförmige Elektrode E20 ersetzt worden. Der Grund hierfür besteht darin, dass die auf der Seite des verformbaren Körpers **230** vorgesehene Verdrahtung nur eine einzige Elektrode

für eine Schalter-Befestigungselektrode erforderlich macht, die auf der Seite der Schaltungsplatte vorzusehen ist.

[0077] [Fig. 19](#) zeigt ein Schaltbild zur Erläuterung einer Ersatzschaltung des in [Fig. 17](#) gezeigten Kraftsensors. Der erste unterschiedliche Gesichtspunkt dieser Schaltung von der in [Fig. 16](#) dargestellten Schaltung besteht darin, dass die Elektrode F28 über die Verdrahtungsschicht L28, LL28 mit dem Anschluss T28 verbunden ist. Der zweite unterschiedliche Gesichtspunkt besteht darin, dass ein Paar der Elektroden E21, E22 in die einzelne Elektrode E20 integriert ist und die Anschlüsse T21, T22 in einen einzigen Anschluss T20 integriert sind. Die betriebsmäßige EIN/AUS-Eingabe kann durch Überwachen des leitfähigen Zustands zwischen dem Anschluss T20 und dem Anschluss T28 detektiert werden. Die Kapazität jedes Kondensators C23 bis C27 kann durch Messen der Kapazität zwischen dem Anschluss T28 und den jeweiligen Anschlüssen T23 bis T27 detektiert werden.

[0078] Der Kraftsensor gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel umgeht die zwischengeordnete Verlagerungsplatte, die bei dem Kraftsensor gemäß dem in §1 beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel erforderlich ist, so dass eine vereinfachte Konstruktion geschaffen wird und sich eine weitere Kostenreduzierung ergibt. Wie bei der in §1 beschriebenen Vorrichtung bietet die Ausbildung der Schaltungsplatte **210** in der Praxis aus einer gedruckten Schaltungsplatte sowie die Ausbildung des verformbaren Körpers **230** aus Silikongummi eine Konstruktion, die für die Massenherstellung geeignet ist. In diesem Fall kann die Elektrodenstruktur auf der Seite der Schaltungsplatte **210** als Metallstruktur auf der gedruckten Schaltungsplatte gebildet werden, und die Elektrodenstruktur auf der Seite des verformbaren Körpers **230** kann aus leitfähigem Gummi oder leitfähigem Farbmateriale gebildet werden. Der Kraftsensor gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel hat ebenfalls die Funktion eines Drucktastenschalters mit einer ausreichenden Hubbewegungsstrecke und einem günstigen Klickbetätigungsgefühl, wobei es ebenfalls die Detektion einer Kraft in jeder räumlichen axialen Komponente ermöglicht.

[0079] Wie in den [Fig. 14](#) oder [Fig. 17](#) gezeigt ist, ist dann, wenn keine Kraft auf den Verlagerungsbereich **233** aufgebracht wird, die Distanz zwischen den den Kondensator bildenden Gegenelektroden relativ groß, so dass in diesem Zustand eine tatsächlich gemessene Kapazität von im Wesentlichen Null vorhanden ist. Somit kann eine geringfügige positionsmäßige Schwankung bei dem elastischen Verformungsbereich **234** durch die Temperaturcharakteristik des den verformbaren Körper **230** bildenden Silikongummi sowie durch die Hystereseeigenschaften bei der Verformung hervorgerufen werden. Selbst in diesem

Fall ist jedoch das Ausgangssignal in dem Zustand, in dem keine Kraft aufgebracht wird, äußerst stabil.

§5 Konfiguration des dritten Ausführungsbeispiels

[0080] [Fig. 20](#) zeigt eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht zur Erläuterung der Konstruktion eines Kraftsensors gemäß einem dritten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung. Dieser Kraftsensor weist eine Schaltungsplatte **310**, einen Verformung ausgesetzten Körper bzw. verformbaren Körper **330** sowie Befestigungseinrichtungen **340** zum Anbringen des verformbaren Körpers **330** auf. Jede dieser Komponenten hat nahezu die gleiche Funktion wie die Schaltungsplatte **210**, der verformbare Körper **230** und die Befestigungseinrichtungen **240** des in [Fig. 14](#) dargestellten Kraftsensors, die bei dem zweiten Ausführungsbeispiel beschrieben worden sind. Das heißt, der verformbare Körper **330** weist einen Befestigungsbereich **331**, einen Verbindungsbereich **332**, einen Verlagerungsbereich **333** und einen zylindrischen elastischen Verlagerungsbereich **334** auf, der an der unteren Oberfläche von diesem angeordnet ist. Der Befestigungsbereich **331** ist auf der Schaltungsplatte **310** durch Befestigungsstifte **335** positioniert, die an der unteren Oberfläche des Befestigungsbereichs **331** vorgesehen sind, und ist mittels der Befestigungseinrichtungen **340** festgelegt. Der zylindrische Verlagerungsbereich **333** ist ebenfalls mittels des Verbindungsbereichs **332** abgestützt, der einen schalenförmigen Bereich aufweist.

[0081] Ein wesentlicher Unterschied zwischen der in [Fig. 20](#) dargestellten Vorrichtung und der in [Fig. 14](#) dargestellten besteht in der Elektrodenstruktur. [Fig. 21](#) veranschaulicht die Elektrodenstruktur, die auf der Schaltungsplatte **310** der in [Fig. 20](#) dargestellten Vorrichtung ausgebildet ist (zum besseren Verständnis der Struktur sind die Elektrodenbereiche schraffiert, während die Verdrahtungsschichten in der Zeichnung nicht dargestellt sind). Wie in der Zeichnung zu sehen ist, sind nur vier Elektroden E31 bis E34 auf der Schaltungsplatte **310** gebildet. Das Elektrodenmuster ist als solches einfach, da die Vorrichtung lediglich die Funktion eines eindimensionalen Kraftsensors zum Detektieren einer Kraft in der Z-Achsen-Richtung zusätzlich zu der Funktion eines Drucktastenschalters zum Detektieren einer betriebsmäßigen EIN/AUS-Eingabe aufweist. Von den vier Elektroden dienen die Elektroden E31, E32 als Schalter-Befestigungselektroden, und die Elektroden E33, E34 dienen als Kondensator-Befestigungselektroden. Wie andererseits in [Fig. 20](#) dargestellt ist, sind zwei Arten von Elektroden auf der Seite des verformbaren Körpers **330** gebildet. Das heißt, eine scheibenförmige Elektrode F30 ist an der unteren Oberfläche des zylindrischen elastischen Verformungsbereichs **334** gebildet, und eine unterlegscheibenförmige bzw. ringförmige Elektrode F35 ist an der unteren Oberfläche des Verlagerungsbereichs **333**

gebildet (wobei es sich bei dieser Oberfläche um den Bereich handelt, der der umgebenden Fläche des Bereichs entspricht, an der der elastische Verformungsbereich **334** gebildet ist). Die scheibenförmige Elektrode F30 ist gegenüber von den Schalter-Befestigungselektroden E31, E32 angeordnet und hat die Funktion der Schalter-Verlagerungselektrode. Die ringförmige Elektrode F35 ist gegenüber von den Kondensator-Befestigungselektroden E33, E34 angeordnet und hat die Funktion der Kondensator-Verlagerungselektrode.

[0082] [Fig. 22](#) zeigt eine Bodenansicht unter Darstellung des zentralen Bereichs des verformbaren Körpers **330** (wobei nur der Bereich innerhalb des Verbindungsbereichs **332** gezeigt ist). Unter Bezugnahme auf [Fig. 22](#) sind zum einfachen Sehen der Struktur der Elektroden F30, F35 diese Elektrodenbereiche schraffiert dargestellt. Die Arbeitsweise dieses Kraftsensors als Drucktastenschalter zum Detektieren der betriebsmäßigen EIN/AUS-Eingabe ist exakt die gleiche wie bei dem vorstehend beschriebenen ersten oder zweiten Ausführungsbeispiel. Das heißt, wenn die Bedienungsperson den Verlagerungsbereich **333** bei einer Betätigung in der ersten Stufe nach unten drückt, wird der Verbindungsbereich **332** elastisch verformt, und dadurch wird die Schalter-Verlagerungselektrode F30 mit den Schalter-Befestigungselektroden E31, E32 in Kontakt gebracht, so dass die Elektroden E31, E32 leitend verbunden werden. Die Überwachung des leitfähigen Zustands zwischen den Elektroden E31, E32 gestattet somit die Detektion der betriebsmäßigen EIN/AUS-Eingabe.

[0083] Andererseits ist bei diesem Kraftsensor das Prinzip der Detektion der betriebsmäßigen Eingabe in der zweiten Stufe im Vergleich zu den vorstehend beschriebenen Prinzipien etwas anders. [Fig. 23](#) zeigt ein Schaltbild zur Erläuterung einer Ersatzschaltung eines Bereichs, der den Kondensatoren bei dem in [Fig. 20](#) dargestellten Kraftsensor zugeordnet ist. Dieses Schaltbild zeigt die auf der Schaltungsplatte **310** gebildeten Elektroden E33, E34, die mit Anschlüssen T33, T34 durch Verdrahtungsschichten verbunden sind. Ferner ist auch ein Paar Kondensatoren C33, C34 dargestellt, die aufgrund des Vorhandenseins der Elektrode F35 resultieren, die gegenüber von diesen Komponenten angeordnet ist. Hierbei ist der Kondensator C33 als Signaleingangskondensator zu bezeichnen, und der Kondensator C34 ist als Signalausgangskondensator zu bezeichnen. Letztendlich sollen diese beiden Sätze von Kondensatoren C33, C34 die Befestigungselektroden E33, E34, die elektrisch voneinander unabhängig sind, sowie die einzelne Verlagerungselektrode F35 aufweisen, die elektrisch leitfähig ist.

[0084] Wie in dem Schaltbild der [Fig. 23](#) dargestellt ist, wird der Befestigungselektrode E33 des Signal-

eingangskondensators C33 ein vorbestimmtes periodisches Signal S33 (z.B. eine Sinuswelle) über den Anschluss T33 von einer periodischen Signalzufuhreinrichtung M1 zugeführt. Das periodische Signal S33 wird über die kapazitive Kopplung des Kondensators C33 zu der Verlagerungselektrode F35 übertragen und über die kapazitive Kopplung des Kondensators C34 zu der Befestigungselektrode E34 des Signalausgangskondensators C34 übertragen. Auf diese Weise wird ein in der Befestigungselektrode E34 induziertes periodisches Signal S34 über den Anschluss T34 durch eine periodische Signaldetektionseinrichtung M2 detektiert. Die Verwendung einer derartigen Schaltung erlaubt der periodischen Signaldetektionseinrichtung M2 die Detektion des periodischen Signals S34, wobei das periodische Signal S33 mit einer vorbestimmten Größe von der periodischen Signalzufuhreinrichtung M1 zugeführt worden ist. Ferner besteht die Möglichkeit eine Änderung in der Kapazität der beiden Sätze von Kondensatoren C33, C34 auf der Basis der Größe des periodischen Signals S34 festzustellen. Der Grund hierfür besteht darin, dass mit steigender Kapazität der Kondensatoren C33, C34 auch der Kopplungskoeffizient der kapazitiven Kopplung größer wird, wodurch wiederum die Amplitude des zu induzierenden periodischen Signals S34 größer wird.

[0085] Wie vorstehend erwähnt worden ist, hat dieser Kraftsensor lediglich die Funktion eines Drucktastenschalters zum Detektieren der betriebsmäßigen EIN/AUS-Eingabe sowie die Funktion eines eindimensionalen Kraftsensors zum Detektieren von Kraft in der Z-Achsen-Richtung. Das heißt, wenn die Bedienungsperson bei der Betätigung in der ersten Stufe eine Niederdrückkraft auf den Verlagerungsbereich **333** in Richtung auf die Schaltungsplatte **310** ausübt, gelangt die Elektrode F30 mit den Elektroden E31, E32 in Kontakt, und es wird die betriebsmäßige Eingabe eines EIN-Zustands detektiert. Wenn in diesem Zustand die Bedienungsperson als betriebsmäßige Eingabe in der zweiten Stufe eine weitere Niederdrückkraft auf den Verlagerungsbereich **333** in Richtung auf die Schaltungsplatte **310** ausübt, wird der elastische Verformungsbereich **334** elastisch verformt und zusammengepresst, so dass die Beabstandung zwischen der Elektrode der Kondensatoren C33, C34 vermindert wird. Je geringer die Beabstandung zwischen den Elektroden der Kondensatoren C33, C34 ist, desto größer wird hierbei die Kapazität jedes Kondensators, wodurch wiederum die Amplitude des detektierten periodischen Signals S34 erhöht wird. Indem man der periodischen Signalzufuhreinrichtung M1 die Zufuhr des periodischen Signals S33 mit einer konstanten Amplitude ermöglicht, wird letztendlich die Größe einer von der Bedienungsperson aufgebrachten Kraft (in der negativen Z-Achsen-Richtung) als Amplitude des periodischen Signals S34 detektiert, das von der periodischen Signaldetektionseinrichtung M2 detektiert wird.

[0086] Ein Vorteil des vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiels besteht darin, dass wiederum keine Verdrahtung auf der Seite des verformbaren Körpers **330** erforderlich ist. Wie in [Fig. 22](#) gezeigt ist, sind an der unteren Oberfläche des verformbaren Körpers **330** die Elektroden F30 und F35 ausgebildet, die aus leitfähigem Gummimaterial oder leitfähigem Farbmateriale gebildet sein können. Zum Versehen der Elektrode F30 und F35 mit einer Verdrahtung ist es notwendig, die Verdrahtungsschicht entlang des Verbindungsbereichs **332** vorzusehen, da der Verlagerungsbereich **333** von dem flexiblen Verbindungsbereich **332** umgeben ist. Selbstverständlich ist es wie bei dem in [Fig. 17](#) dargestellten Ausführungsbeispiel wiederum möglich, eine solche Verdrahtungsschicht entlang dem Verbindungsbereich auszubilden. Die Tatsache, dass der Verbindungsbereich stets eine Biegung hervorruft, sollte jedoch berücksichtigt werden, damit nicht vergessen wird, dass die Verdrahtungsschicht entlang dem Verbindungsbereich Bruch ausgesetzt ist. Daher sollte in der Praxis so weit wie möglich eine Verdrahtung auf der Seite des verformbaren Körpers vorzugsweise vermieden werden. Das vorliegend beschriebene Ausführungsbeispiel verwendet die kapazitive Kopplung der Kondensatoren für die Detektion, so dass sich der Vorteil ergibt, dass die Notwendigkeit für die Verdrahtung auf der Seite des verformbaren Körpers vermieden wird.

§6 Weitere Modifikationen

[0087] Nachdem einige Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben worden sind, werden nun einige Modifikationen beschrieben, die bei allen oder bei einem Teil dieser Ausführungsbeispiele anwendbar sind.

[0088] Als Erstes wird eine Modifikation für die elastische Verformung beschrieben. Der Kraftsensor gemäß der vorliegenden Erfindung zeichnet sich durch die Funktion als Drucktastenschalter aus, der die betriebsmäßige EIN/AUS-Eingabe detektiert. Ferner zeichnet sich der Sensor auch durch die Funktion als primärer Kraftsensor für die weitere Detektion der Größe der vorbestimmten richtungsmäßigen Komponenten der Kräfte aus, die nach dem Einschalten durch die Drucktastenschalterfunktion ausgeübt werden. Diese primäre Funktion als Kraftsensor steht in enger Beziehung zu der elastischen Verformung des elastischen Verformungsbereichs. Das heißt, die durch die Funktion des primären Kraftsensors detektierte Kraft (eine Kraft, die unter Verwendung von Kondensatoren detektiert wird) ist nichts anderes als die zum elastischen Verformen des elastischen Verformungsbereichs aufgebrachte Kraft. Die Detektions-Ansprechempfindlichkeit des Kraftsensors ist somit in Abhängigkeit von der elastischen Verformung des elastischen Verformungsbereichs zu bestimmen. Das heißt, bei einem elastischen Verformungsbe-

reich, der mit einer schwachen Kraft elastisch zu verformen ist, könnte ein Kraftsensor verfügbar gemacht werden, der für die Detektion von relativ schwacher Kraft geeignet ist (ein Kraftsensor mit hoher Ansprechempfindlichkeit). Bei einem elastischen Verformungsbereich dagegen, der eine beträchtlich starke Kraft für die elastische Verformung benötigt, könnte ein Kraftsensor verfügbar gemacht werden, der für die Detektion einer relativ starken Kraft geeignet ist (ein Kraftsensor mit niedriger Ansprechempfindlichkeit).

[0089] Eine Verfahrensweise zum Einstellen der elastischen Verformung liegt in der Materialauswahl. Das heißt, ein Kraftsensor mit der gewünschten Detektions-Ansprechempfindlichkeit kann durch Ausbilden des elastischen Verformungsbereichs aus einem Material geschaffen werden, das einen der Detektions-Ansprechempfindlichkeit entsprechenden Elastizitätskoeffizienten aufweist. Beispielsweise handelt es sich bei der Modifikation, die in der im Schnitt dargestellten Seitenansicht der [Fig. 24](#) gezeigt ist, lediglich um ein Beispiel eines elastischen Verformungsbereichs **434A**, für den ein anderes Material verwendet wird. Dieses Beispiel veranschaulicht einen Kraftsensor, bei dem ein verformbarer Körper **430A** an der Schaltungsplatte **410** mittels der Befestigungseinrichtungen **440** angebracht ist, wobei dies dem in §4 oder dem in §5 beschriebenen Ausführungsbeispiel entspricht. Die jeweiligen Elektroden, die auf der Seite der Schaltungsplatte **410** gebildet sind, die jeweiligen Elektroden, die auf der Seite des verformbaren Körpers **430A** gebildet sind, und die Verdrahtungsschichten sind in der Zeichnung nicht dargestellt. Der verformbare Körper **430A** soll einen Wirkkörper mit einem Befestigungsbereich **431**, einem Verbindungsbereich **432** und einem Verlagerungsbereich **433** sowie den elastischen Verformungsbereich **434A** und Befestigungsstifte **435** aufweisen. Von diesen Komponenten ist nur der elastische Verformungsbereich **434A** aus einem anderen Material gebildet. Beispielsweise kann Silikongummi durch Ändern der Bestandteile in seiner Härte eingestellt werden. Durch Ausbilden des elastischen Verformungsbereichs **434A** aus Silikongummi mit Bestandteilen, die weiche Eigenschaften zeigen, lässt sich somit die Detektions-Ansprechempfindlichkeit erhöhen. Dagegen kann bei Ausbildung des elastischen Verformungsbereichs **434A** aus Silikongummi mit Bestandteilen, die harte Eigenschaften zeigen, die Detektions-Ansprechempfindlichkeit verringert werden.

[0090] Eine weitere Verfahrensweise zum Einstellen der elastischen Verformung liegt in der Auswahl der Formgebung. Zum Beispiel kann ein Kraftsensor mit einer gewünschten Detektions-Ansprechempfindlichkeit durch Ausbilden einer Nut in dem elastischen Verformungsbereich in der Detektions-Ansprechempfindlichkeit entsprechender Weise gebildet werden. Beispielsweise handelt es sich bei der Modifika-

tion, die in der in [Fig. 25](#) im Schnitt dargestellten Seitenansicht gezeigt ist, um ein Beispiel mit einem elastischen Verformungsbereich **434B**, der eine Nut G1 an dem Seitenbereich aufweist. Ein verformbarer Körper **430B** weist einen Wirkkörper mit dem Befestigungsbereich **431**, dem Verbindungsbereich **432** und dem Verlagerungsbereich **433**, den elastischen Verformungsbereich **434B** sowie Befestigungsstifte **435** auf. Diese Komponenten sind jeweils in integraler Weise aus dem gleichen Material gebildet, beispielsweise aus Silikongummi. Durch Einstellen der Größe oder der Tiefe der Nut G1, die an dem elastischen Verformungsbereich **434B** gebildet ist, kann jedoch die elastische Verformung des elastischen Verformungsbereichs **434B** variiert werden, so dass sich die Detektions-Ansprechempfindlichkeit einstellen lässt.

[0091] Bei der Modifikation, die in der in [Fig. 26](#) im Schnitt dargestellten Seitenansicht gezeigt ist, handelt es sich um ein Beispiel zur Erläuterung einer Möglichkeit zum Einstellen der Detektions-Ansprechempfindlichkeit für eine bestimmte axiale Komponente einer Kraft. Ein hier dargestellter verformbarer Körper **430C** verwendet einen elastischen Verformungsbereich **434C**. Dieser elastische Verformungsbereich **434C** kann aus dem gleichen Material wie der Wirkkörper gebildet sein (Befestigungsbereich **431**, Verbindungsbereich **432** und Verlagerungsbereich **434**) oder kann aus einem anderen Material gebildet sein. Der elastische Verformungsbereich **434C** zeichnet sich dadurch aus, dass er eine ringförmige Nut G2 an seinem Boden aufweist. [Fig. 27a](#) zeigt eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht, in der nur der elastische Verformungsbereich **434C** veranschaulicht ist, und [Fig. 27b](#) zeigt eine Bodenansicht von diesem. Der elastische Verformungsbereich **434C** weist einen zentralen Bereich α , einen dünn-schichtigen Bereich β und einen umgebenden Bereich γ auf. Der dünn-schichtige Bereich β entspricht dem Bereich, in dem die ringförmige Nut G2 gebildet ist. Durch Bilden der Nut G2 an der Position, die den auf der Schaltungsplatte **410** zu bildenden Kondensator-Befestigungselektroden entspricht, befindet sich die Bodenfläche des elastischen Verformungsbereichs **434C** nicht in direktem Kontakt mit den Kondensator-Befestigungselektroden. Dies kann selbst dann sichergestellt werden, wenn die Bodenfläche des elastischen Verformungsbereichs **434C** mit der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte **410** in Kontakt gebracht wird, so dass verhindert ist, dass die die Kondensatoren bildenden Kondensator-Befestigungselektroden miteinander kurzgeschlossen werden.

[0092] Die Verwendung des elastischen Verformungsbereichs **434C** mit einer derartigen Formgebung kann die Detektions-Ansprechempfindlichkeit in der X- oder der Y-Achsen-Richtung steigern. Das heißt, in der Z-Achsen-Richtung kann ohne eine aufgebrachte Kraft mit einer ausreichenden Stärke zum

Zusammendrücken des blockförmigen zentralen Bereichs **α** kein ausreichendes Detektionsausgangssignal von den Kondensatoren erzielt werden. Wenn dagegen in der X- oder der Y-Achsen-Richtung eine aufgebrachte Kraft mit einer Größe vorhanden ist, die zum Zusammendrücken des dünnwandig ausgebildeten Umgebungsbereichs **γ** ausreichend stark ist, kann ein ausreichendes Detektionsausgangssignal von den Kondensatoren erzielt werden. Selbstverständlich kann durch Ausbilden der den Umgebungsbereich **γ** bildenden Wände mit einer anderen Dicke in Richtung der X-Achse und der Y-Achse auch die Detektions-Ansprechempfindlichkeit für die X- und die Y-Achsen-Richtung verändert werden.

[0093] Die [Fig. 28a](#) und [Fig. 28b](#) zeigen ein Beispiel, bei dem die Breite der Nut schmaler ausgebildet ist. Das heißt, eine in [Fig. 28a](#) und [Fig. 28b](#) dargestellte Nut G3 hat eine schmalere Breite als die in [Fig. 27a](#) und [Fig. 27b](#) gezeigte Nut G2, so dass die Breite der Wand vergrößert ist, die den umgebenden Bereich **γ** bildet. Dadurch wird die den umgebenden Bereich **γ** bildende Wand auch bei Ausübung einer Kraft in der X- oder Y-Achsen-Richtung weniger zusammengedrückt, so dass sich eine geringfügig verminderte Detektions-Ansprechempfindlichkeit in der X- und der Y-Achsen-Richtung ergibt. Dagegen veranschaulichen die [Fig. 29a](#) und [Fig. 29b](#) ein Beispiel, bei dem die Breite der Nut vergrößert ist. Das heißt, eine in den [Fig. 29a](#) und [Fig. 29b](#) dargestellte Nut G4 hat eine größere Breite als die in den [Fig. 27a](#) und [Fig. 27b](#) dargestellte Nut G2, wobei die den umgebenden Bereich **γ** bildende Wand verschwunden ist. Dies ermöglicht eine beträchtliche Erhöhung der Detektions-Ansprechempfindlichkeit in der X- oder Y-Achsen-Richtung.

[0094] Vorstehend ist die Technik zum Einstellen der Detektions-Ansprechempfindlichkeit der Kraft durch Einstellen der elastischen Verformung des elastischen Verformungsbereichs **434** beschrieben worden. Außerdem ermöglicht die Einstellung der elastischen Verformung des Verbindungsbereichs **432** auch die Einstellung des Klickbetätigungsgefühls des Drucktastenschalters, der die betriebsmäßige EIN/AUS-Eingabe detektiert. Durch Reduzieren der Dicke des Verbindungsbereichs **432** kann z.B. ein Drucktastenschalter mit weicherem Klickbetätigungsgefühl verfügbar gemacht werden. Durch Erhöhen der Dicke des Verbindungsbereichs **432** dagegen kann ein Drucktastenschalter verfügbar gemacht werden, der ein härteres Klickbetätigungsgefühl vorsieht. In der Praxis erfolgt die Ausbildung vorzugsweise derart, dass der EIN/AUS-Schaltvorgang und die Detektions-Ansprechempfindlichkeit der Kraft in optimaler Weise vorliegen, und zwar sowohl unter Berücksichtigung der elastischen Verformung des Verbindungsbereichs **432** als auch der elastischen Verformung des elastischen Verformungsbereichs **434**. Durch Niederdrücken des ersten Verlagerungs-

bereichs **433** in Richtung auf die Schaltungsplatte **410** mit einer relativ schwachen Kraft kann z.B. das Einschalten des Drucktastenschalters hervorgerufen werden. In diesem Zustand kann dann eine stärkere Kraft aufgebracht werden, um den Verlagerungsbereich **433** nach hinten und nach vorne sowie in seitlicher Richtung (entlang der X- oder der Y-Achse) oder nach unten (entlang der Z-Achse) zu bewegen, so dass die Möglichkeit geschaffen wird, eine betriebsmäßige Eingabe mit der gewünschten Größe in der gewünschten Richtung zu schaffen. Eine solche betriebsmäßige Eingabe ist für einen Eingabevorgang beispielsweise für Spielmaschinen oder Mobiltelefone geeignet.

[0095] [Fig. 30](#) zeigt eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht zur Erläuterung eines Beispiels, bei dem Isolierschichten auf der Oberfläche der Kondensator-Befestigungselektroden gebildet sind, die auf einer Schaltungsplatte gebildet sind. Bei der hier dargestellten Schaltungsplatte **210** handelt es sich um die gleiche wie sie bei der in [Fig. 14](#) dargestellten Vorrichtung verwendet wird. Die Schalter-Befestigungselektroden E21, E22 und die Kondensator-Befestigungselektroden E23 bis E27 sind auf dieser Schaltungsplatte **210** gebildet. Da die Schalter-Befestigungselektroden E21, E22 hier erforderlich sind, um elektrischen Kontakt mit der Schalter-Verlagerungselektrode F20 herzustellen, müssen die Elektroden freiliegend bleiben. Da jedoch die Kondensator-Befestigungselektroden E23 bis E27 die Kondensatoren bilden, können die Oberflächen von diesen vorzugsweise mit irgendeiner Isolierschicht J überdeckt werden, wie dies in der Zeichnung gezeigt ist. Die Oberfläche der Kondensator-Verlagerungselektrode, die auf der Seite des verformbaren Körpers gebildet ist, kann mit einer Isolierschicht bedeckt sein.

[0096] [Fig. 31](#) zeigt eine Draufsicht zur Erläuterung einer Modifizierung der in [Fig. 3](#) dargestellten zwischengeordneten Verlagerungsplatte **120**, und [Fig. 32](#) zeigt eine im Schnitt dargestellte Seitenansicht von dieser. Die zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120**, die in [Fig. 3](#) dargestellt ist, weist bei Betrachtung von oben eine allgemein kreisförmige Gestalt auf, während eine in [Fig. 31](#) dargestellte zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120C** eine allgemein rechteckige Formgebung bei Betrachtung von oben aufweist. Das heißt, die Verlagerungsplatten-Befestigungsbereiche **121C** sind an dem rechten und dem linken Ende gebildet, und ein Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122C** ist auf dem zentralen Bereich gebildet. Wie in [Fig. 32](#) gezeigt ist, ist dieser Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich **122C** mit der Formgebung eines konvexen Teils ausgebildet, wobei das offene Fenster H3 im Zentrum ausgebildet ist. Eine solche zwischengeordnete Verlagerungsplatte **120C** ist auf einer Schaltungsplatte anzubringen. Als solche kann die Formgebung jeder der Komponenten, die bei den vorstehend beschrie-

benen verschiedenen Ausführungsbeispielen verwendet werden, in der Ausbildung nach Bedarf modifiziert werden.

[0097] Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen ist eine gemeinsame Elektrode auf der Seite des verformbaren Körpers oder der zwischengeordneten Verlagerungsplatte vorgesehen, und jede der Elektroden, die elektrisch unabhängig voneinander ausgebildet sind, ist auf der Seite der Schaltungsplatte vorgesehen, um die Kondensatoren zu bilden. Umgekehrt dazu können jedoch einzelne Elektroden, die elektrisch unabhängig sind, auf der Seite des verformbaren Körpers vorgesehen sein, oder die zwischengeordnete Verlagerungsplatte und eine gemeinsame Elektrode können auf der Seite der Schaltungsplatte vorgesehen sein. Alternativ hierzu können ohne Vorhandensein der gemeinsamen Elektrode einzelne Elektroden, die elektrisch voneinander unabhängig sind, an beiden Seiten vorhanden sein. Wie bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen ist es jedoch in der Praxis bevorzugt, die einzelnen Elektroden, die elektrisch voneinander unabhängig sind, auf der Seite der Schaltungsplatte vorzusehen, so dass sich eine komplizierte Verdrahtungsstruktur in einfacher Weise auf diesen bilden lässt. Zusätzlich dazu kann die gemeinsame Elektrode vorzugsweise auf der Seite des verformbaren Körpers oder an der zwischengeordneten Verlagerungsplatte vorgesehen sein. Diese Anordnung sorgt vorzugsweise für eine Vereinfachung der Konfiguration insgesamt einschließlich der Verdrahtung.

[0098] Jede der Vorrichtungen gemäß den verschiedenen Ausführungsbeispielen, die vorstehend beschrieben worden sind, hat die Funktion eines dreidimensionalen Kraftsensors, und zwar mit Ausnahme von einem Ausführungsbeispiel (dem dritten Ausführungsbeispiel, wie es im §5 beschrieben ist). Bei einigen Anwendungen muss der Kraftsensor jedoch nur die Funktion eines zweidimensionalen Kraftsensors oder nur die Funktion eines eindimensionalen Kraftsensors aufweisen. In diesen Fällen sind derartige, für die Detektion erforderliche Kondensatoren in ausreichender Weise vorgesehen. Unter Bezugnahme auf das in [Fig. 2](#) dargestellte Beispiel sei z.B. angenommen, dass nur die Elektrode E7 als Kondensator-Befestigungselektrode vorgesehen ist. In diesem Fall ist es möglich, die Z-Achsen-Komponente einer aufgebrachten Kraft zu detektieren, so dass die Vorrichtung als Kraftsensor zum Detektieren einer eindimensionalen Kraft in der Z-Achsen-Richtung verfügbar gemacht wird. Alternativ hierzu können nur zwei der Elektroden E3, E4 als Kondensator-Befestigungselektroden vorgesehen sein, so dass die Möglichkeit besteht, zwei Sätze von Kondensatoren C3, C4 zu bilden, die auf der X-Achse angeordnet sind. Die X-Achsen-Komponente einer aufgebrachten Kraft auf der Basis der Differenz in der Kapazität zwischen den beiden Sätzen der Kondensatoren detek-

tiert werden, so dass die Vorrichtung als Kraftsensor zum Detektieren einer eindimensionalen Kraft in der X-Achsen-Richtung verfügbar gemacht wird. In letzterem Fall kann auch die Z-Achsen-Komponente der Kraft detektiert werden, und zwar auf der Basis der Summe der Kapazität der beiden Sätze der Kondensatoren C3, C4, so dass die Vorrichtung als Kraftsensor zum Detektieren einer zweidimensionalen Kraft in der X- und der Z-Achsen-Richtung verfügbar gemacht wird.

Patentansprüche

1. Kraftsensor, aufweisend:

- (a) eine Schaltungsplatte (**110; 110B; 210; 310; 410**), die an einer Stelle angeordnet ist, an der eine obere Oberfläche von dieser bei Definition eines räumlichen XYZ-Koordinatensystems in einer X-Y-Ebene liegt;
 - (b) einen Wirkkörper (**131 + 132 + 133; 131B + 132B + 133B; 231 + 232 + 233; 331 + 332 + 333; 431 + 432 + 433**), der an der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte angebracht ist, wobei der Wirkkörper einen über der Schaltungsplatte angeordneten Verlagerungsbereich (**133; 133B; 233; 333; 433**), der bei Ausüben einer externen Kraft auf diesen verlagert wird, einen an der Schaltungsplatte angebrachten Befestigungsbereich (**131; 131B; 231; 331; 431**) sowie einen Verbindungsbereich (**132; 132B; 232; 332; 432**) zum Verbinden des Verlagerungsbereichs mit dem Befestigungsbereich aufweist; und
 - (c) einen Kondensator (C3–C7; C23–C27; C33, C34), der zum Erzeugen einer Kapazitätsänderung aufgrund einer Verlagerung des Verlagerungsbereichs in der Lage ist;
 - (d) wobei der Verbindungsbereich Flexibilität besitzt, so dass bei Ausüben einer Kraft auf den Verlagerungsbereich eine Biegung an dem Verbindungsbereich verursacht wird und dadurch eine Verlagerung bei dem Verlagerungsbereich in Relation zu der Schaltungsplatte hervorgerufen wird;
- dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor ferner Folgendes aufweist:
- (e) einen elastischen Verformungskörper (**134; 134B, 234; 334; 434A; 434B; 434C**), der an einer unteren Oberfläche des Verlagerungsbereichs ausgebildet ist und elastische Verformungseigenschaften aufweist;
 - (f) eine Schalter-Verlagerungselektrode (F0; F20; F30), die an einer unteren Oberfläche des elastischen Verformungskörpers ausgebildet ist; und
 - (g) eine Schalter-Befestigungselektrode (E1, E2; E20; E31, E32), die an einer Stelle gegenüber von der Schalter-Verlagerungselektrode auf der Schaltungsplatte ausgebildet ist;
 - (h) wobei dann, wenn keine Kraft auf den Verlagerungsbereich ausgeübt wird, die Schalter-Verlagerungselektrode und die Schalter-Befestigungselektrode nicht miteinander in Kontakt gehalten sind, während bei Ausübung einer Kraft mit einem vorbestimmten Betrag, die eine Komponente entlang einer

Z-Achse des Koordinatensystems beinhaltet, auf den Verlagerungsbereich die Schalter-Verlagerungselektrode und die Schalter-Befestigungselektrode miteinander in Kontakt gebracht werden;

(i) wobei bei Ausübung einer weiteren Kraft, die eine Komponente entlang der Z-Achse beinhaltet, auf den Verlagerungsbereich der elastische Verformungskörper elastisch verformt wird und sich dadurch die Kapazität des Kondensators verändern kann, wobei der Kontaktzustand zwischen der Schalter-Verlagerungselektrode und der Schalter-Befestigungselektrode unverändert aufrechterhalten bleibt; und

(j) wobei ein Schalter gebildet ist aus der Schalter-Verlagerungselektrode und der Schalter-Befestigungselektrode und eine Veränderung in der Kapazität des Kondensators elektrisch detektiert wird und dadurch eine Größe einer vorbestimmten richtungsmäßigen Komponente einer aufgebrachten Kraft detektiert wird.

2. Kraftsensor nach Anspruch 1, wobei ein Wirkkörper (**131 + 132 + 133; 131B + 132B + 133B; 231 + 232 + 233; 331 + 332 + 333; 431 + 432 + 433**) mit einem schalenförmigen Bereich bereitgestellt und mit der Schalenoberseite nach unten weisend an der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte angebracht wird, um einen einem Boden der Schale entsprechenden Bereich als Verlagerungsbereich (**133; 133B; 233; 333; 433**) zu verwenden, einen einer Seite der Schale entsprechenden Bereich als Verbindungsbereich (**132; 132B; 232; 332; 432**) zu verwenden sowie einen einer Öffnung der Schale entsprechenden Bereich als Befestigungsbereich (**131; 131B; 231; 331; 431**) zu verwenden.

3. Kraftsensor nach Anspruch 2, wobei eine zwischengeordnete Verlagerungsplatte (**120; 120A; 120B; 120C**) zwischen der Schaltungsplatte und dem Wirkkörper derart angeordnet ist, dass ein Teil der zwischengeordneten Verlagerungsplatte an der Schaltungsplatte als Verlagerungsplatten-Befestigungsbereich (**121; 121A; 121B; 121C**) befestigt ist und ein weiterer Teil der zwischengeordneten Verlagerungsplatte einen Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich (**122; 122A; 122B; 122C**) zum Erzeugen einer Verlagerung aufgrund einer Verlagerung des Verlagerungsbereichs oder aufgrund einer Verformung des Verbindungsbereichs bildet; und wobei eine auf der Schaltungsplatte ausgebildete Kondensator-Befestigungselektrode (**E3–E7**) und eine auf dem Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich ausgebildete Kondensator-Verlagerungselektrode (**122; 122C; 124A; 124B**) einen Kondensator bilden.

4. Kraftsensor nach Anspruch 3, wobei eine flexible Platte mit einem schalenförmigen Bereich die zwischengeordnete Verlagerungsplatte (**120; 120A; 120B; 120C**) bildet, wobei die zwischengeordnete

Verlagerungsplatte an der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte derart angebracht ist, dass der schalenförmige Bereich mit der Oberseite nach unten weisend angeordnet ist, wobei ein offenes Fenster (**H3**) ausgebildet ist, so dass der elastische Verformungskörper (**134; 134B**) dieses an einem Bereich durchsetzen kann, der einem Boden der Schale entspricht, wobei ein das offene Fenster umgebender Bereich den Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich (**122; 122B; 122C**) bildet, ein einer Öffnung der Schale entsprechender Bereich den Verlagerungsplatten-Befestigungsbereich (**121; 121B; 121C**) bildet und der Verlagerungsbereich oder der Verbindungsbereich in körperlichen Kontakt mit dem Verlagerungsplatten-Verlagerungsbereich gebracht wird, um eine Verlagerung hervorzurufen.

5. Kraftsensor nach Anspruch 4, wobei die zwischengeordnete Verlagerungsplatte (**120; 120C**) aus einem Metallmaterial hergestellt ist und die eigentliche zwischengeordnete Verlagerungsplatte als Kondensator-Verlagerungselektrode verwendet wird.

6. Kraftsensor nach Anspruch 4, wobei die zwischengeordnete Verlagerungsplatte aus Kunstharz (**125A; 125B**) hergestellt ist und eine auf einer unteren Oberfläche von dieser ausgebildete Metallschicht (**124A; 124B**) eine Kondensator-Verlagerungselektrode bildet.

7. Kraftsensor nach Anspruch 6, wobei eine erste zusätzliche Schalterelektrode (**E11–E18**) auf einer oberen Oberfläche der zwischengeordneten Verlagerungsplatte (**120B**) ausgebildet ist und eine zweite zusätzliche Schalterelektrode (**F1–F4**) an einer Stelle gegenüber von der ersten zusätzlichen Schalterelektrode an einer unteren Oberfläche des Verlagerungsbereichs (**134B**) ausgebildet ist, so dass beide der zusätzlichen Schalterelektroden einen zusätzlichen Schalter bilden und ein Kontaktzustand zwischen der ersten zusätzlichen Schalterelektrode und der zweiten zusätzlichen Schalterelektrode elektrisch detektiert wird und dadurch zusätzliche Information über eine aufgebrachte Kraft verfügbar gemacht werden kann.

8. Kraftsensor nach Anspruch 7, wobei bei Definition der Z-Achse an einem Zentrum des Verlagerungsbereichs ein zusätzlicher Schalter (**E11, E12, F1**) an einer oberhalb einer positiven X-Achse gelegenen Stelle vorhanden ist und ein weiterer zusätzlicher Schalter (**E13, E14, F2**) an einer oberhalb einer negativen X-Achse gelegenen Stelle vorhanden ist, so dass Information hinsichtlich einer X-Achsen-Komponente einer aufgebrachten Kraft auf der Basis eines Zustands eines Paares der zusätzlichen Schalter verfügbar gemacht werden kann.

9. Kraftsensor nach Anspruch 8, wobei ein zusätzlicher Schalter (**E15, E16, F3**) ferner an einer

oberhalb einer positiven Y-Achse gelegenen Stelle vorhanden ist und ein weiterer zusätzlicher Schalter (E17, E18, F4) an einer Stelle oberhalb einer negativen Y-Achse vorhanden ist, so dass Information hinsichtlich einer Y-Achsen-Komponente einer aufgetragenen Kraft auf der Basis eines Zustands eines Paares der weiteren zusätzlichen Schalter verfügbar gemacht werden kann.

10. Kraftsensor nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei von einem Satz von Gegenelektroden, die den zusätzlichen Schalter bilden, eine Elektrode (F1; F2; F3; F4; F5) aus einer einzigen Elektrodenschicht gebildet ist und die andere Elektrode (E1, E2; E3, E4; E5, E6; E7, E8) aus einem Paar von Elektrodenschichten gebildet ist, die elektrisch voneinander unabhängig sind, und wobei ein leitender Zustand zwischen dem Paar der Elektrodenschichten elektrisch detektiert wird und dadurch die Detektion eines Kontaktzustands der Gegenelektroden ermöglicht wird.

11. Kraftsensor nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine auf der oberen Oberfläche der Schaltungsplatte ausgebildete Kondensator-Befestigungselektrode (E23–E27; E33, E34) und eine an einer unteren Oberfläche des Verlagerungsbereichs ausgebildete Kondensator-Verlagerungselektrode (F28; F35) einen Kondensator bilden.

12. Kraftsensor nach Anspruch 11, wobei eine Verdrahtung (F29) vorhanden ist, um einen leitenden Zustand zwischen der Kondensator-Verlagerungselektrode (F28) und der Schalter-Verlagerungselektrode (F20) zu schaffen, so dass dann, wenn die Schalter-Verlagerungselektrode (F20) und die Schalter-Befestigungselektrode (E21, E22) miteinander in Kontakt gebracht werden, die Kapazität zwischen der Schalter-Befestigungselektrode (E21, E22) und der Kondensator-Befestigungselektrode (E23–E27) gemessen wird, um eine Kapazität des Kondensators (C23–C27) zu detektieren.

13. Kraftsensor nach Anspruch 11 oder 12, wobei bei Definition der Z-Achse an einem Zentrum des Verlagerungsbereichs ein erster Kondensator (C3; C23) an einer oberhalb einer positiven X-Achse gelegenen Stelle vorhanden ist und ein zweiter Kondensator (C4; C24) an einer oberhalb einer negativen X-Achse gelegenen Stelle vorhanden ist, so dass sich die Richtung und die Größe einer X-Achsen-Komponente einer aufgetragenen Kraft auf der Basis einer Differenz in der Kapazität zwischen einem Paar aus dem ersten und dem zweiten Kondensator bestimmen lassen.

14. Kraftsensor nach Anspruch 13, wobei ein dritter Kondensator (C5; C25) ferner an einer Stelle oberhalb einer positiven Y-Achse vorhanden ist und ein vierter Kondensator (C6; C26) an einer Stelle oberhalb einer negativen Y-Achse vorhanden ist, so

dass sich die Richtung und die Größe einer Y-Achsen-Komponente einer aufgetragenen Kraft auf der Basis einer Differenz in der Kapazität zwischen einem Paar aus dem dritten und dem vierten Kondensator bestimmen lassen.

15. Kraftsensor nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei ein Kondensator (C7; C27) vorgesehen ist, der eine allgemein symmetrisch sowohl mit der X-Achse als auch mit der Y-Achse ausgebildete Elektrode (E7; E27) aufweist, so dass die Größe einer Z-Achsen-Komponente einer aufgetragenen Kraft auf der Basis der Kapazität des Kondensators bestimmt werden kann.

16. Kraftsensor nach Anspruch 11, wobei zwei Sätze von Kondensatoren vorhanden sind, die einen Signaleingangskondensator (C33) und einen Signalausgangskondensator (C34) beinhalten, wobei die jeweiligen Kondensator-Befestigungselektroden der beiden Sätze von Kondensatoren durch separate Elektroden (E33, E34) gebildet sind, die elektrisch voneinander unabhängig sind, und wobei die jeweiligen Kondensator-Verlagerungselektroden der beiden Sätze von Kondensatoren durch eine einzige gemeinsame Elektrode (F35) gebildet sind und die Elektroden in einen elektrisch leitenden Zustand miteinander gebracht werden können; und

wobei eine periodische Signalzuführeinrichtung (M1) zum Zuführen eines periodischen Signals (S33) zu einer Kondensator-Befestigungselektrode des Signaleingangskondensators und eine periodische Signaldetektionseinrichtung (M2) zum Detektieren eines periodischen Signals (S34), das in einer Befestigungselektrode des Signalausgangskondensators induziert wird, vorgesehen sind, so dass eine Änderung in der Kapazität zwischen den beiden Sätzen von Kondensatoren auf der Basis einer Größe des periodischen Signals ermittelt wird, das mittels der periodischen Signaldetektionseinrichtung zu detektieren ist, wenn das periodische Signal mit einer vorbestimmten Größe mittels der periodischen Signalzuführeinrichtung zugeführt wird.

17. Kraftsensor nach einem der Ansprüche 11 bis 16, wobei eine Isolierschicht (J) auf einer Oberfläche einer beliebigen oder von beiden einer Kondensator-Befestigungselektrode und einer Kondensator-Verlagerungselektrode gebildet ist.

18. Kraftsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei die Schalter-Verlagerungselektrode aus einer einzigen Elektrodenschicht (F0; F20; F30) gebildet ist und die Schalter-Befestigungselektrode aus einem Paar von Elektrodenschichten (E1, E2; E21, E22; E31, E32) gebildet ist, die elektrisch voneinander unabhängig sind, und wobei ein Kontaktzustand des Paares der Elektrodenschichten elektrisch detektiert wird, um dadurch einen Kontaktzustand zwi-

schen der Schalter-Verlagerungselektrode und der Schalter-Befestigungselektrode zu detektieren.

19. Kraftsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei der elastische Verformungsbereich (**434A**) aus einem Material mit einem Elastizitätskoeffizienten gebildet ist, der der Detektions-Ansprechempfindlichkeit entspricht.

20. Kraftsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei der elastische Verformungsbereich (**434B**; **434C**) mit einer Nut (G1–G4) versehen ist, die der Detektions-Ansprechempfindlichkeit entspricht.

21. Kraftsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei der Wirkkörper und der elastische Verformungsbereich aus einem verformbaren Körper (**130**; **230**; **330**; **430B**) gebildet sind, der in integraler Weise aus Gummi gebildet ist.

Es folgen 24 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

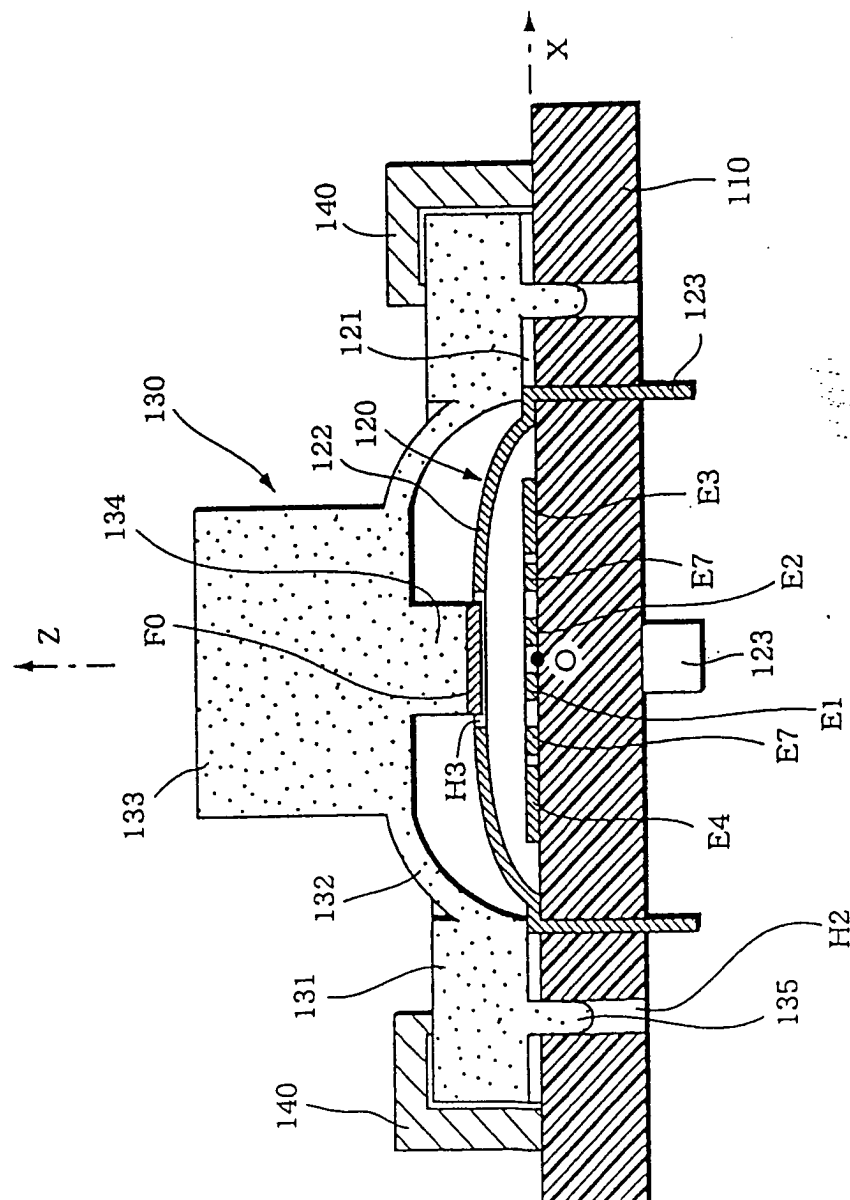


Fig. 2

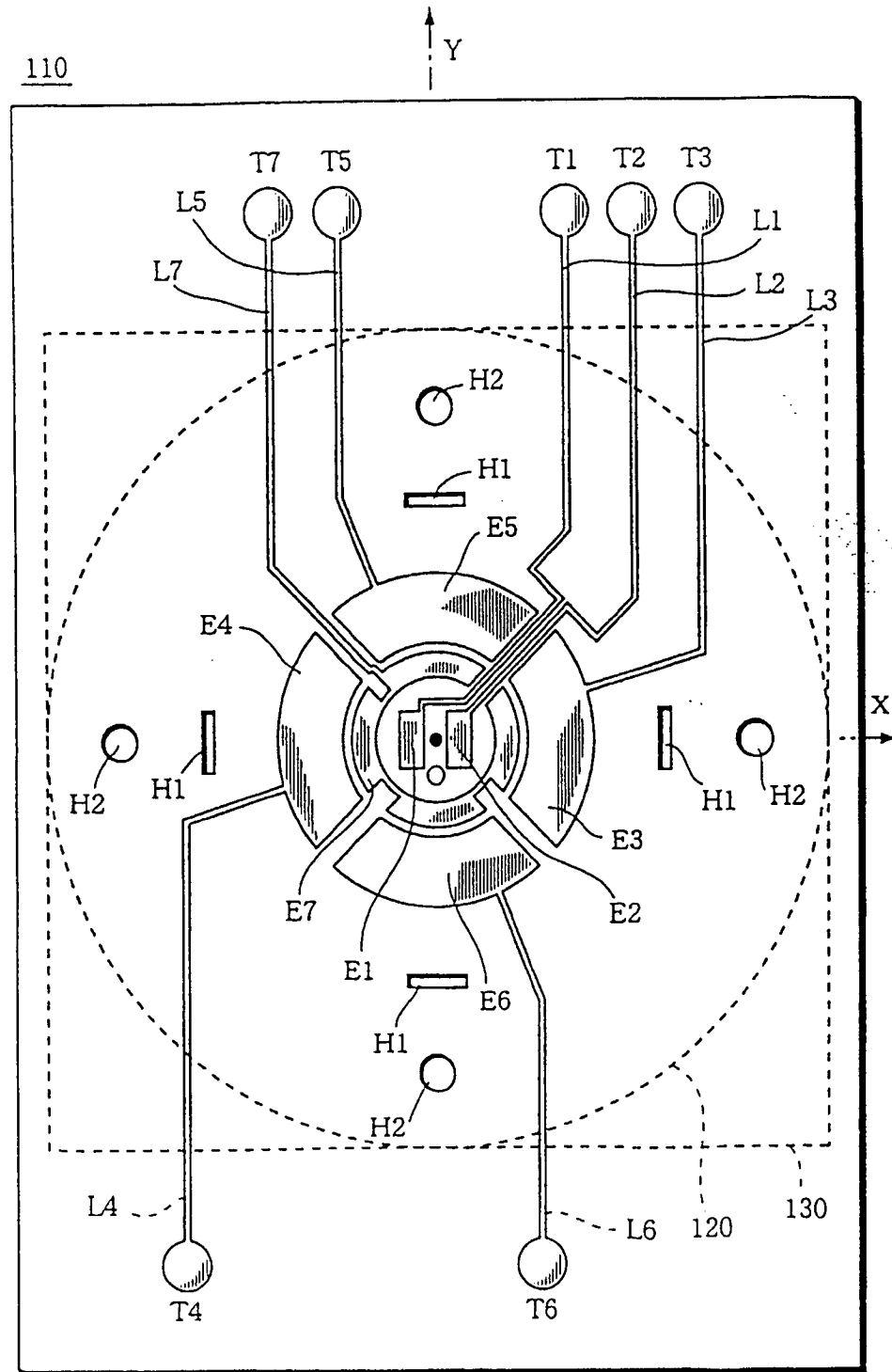


Fig. 3

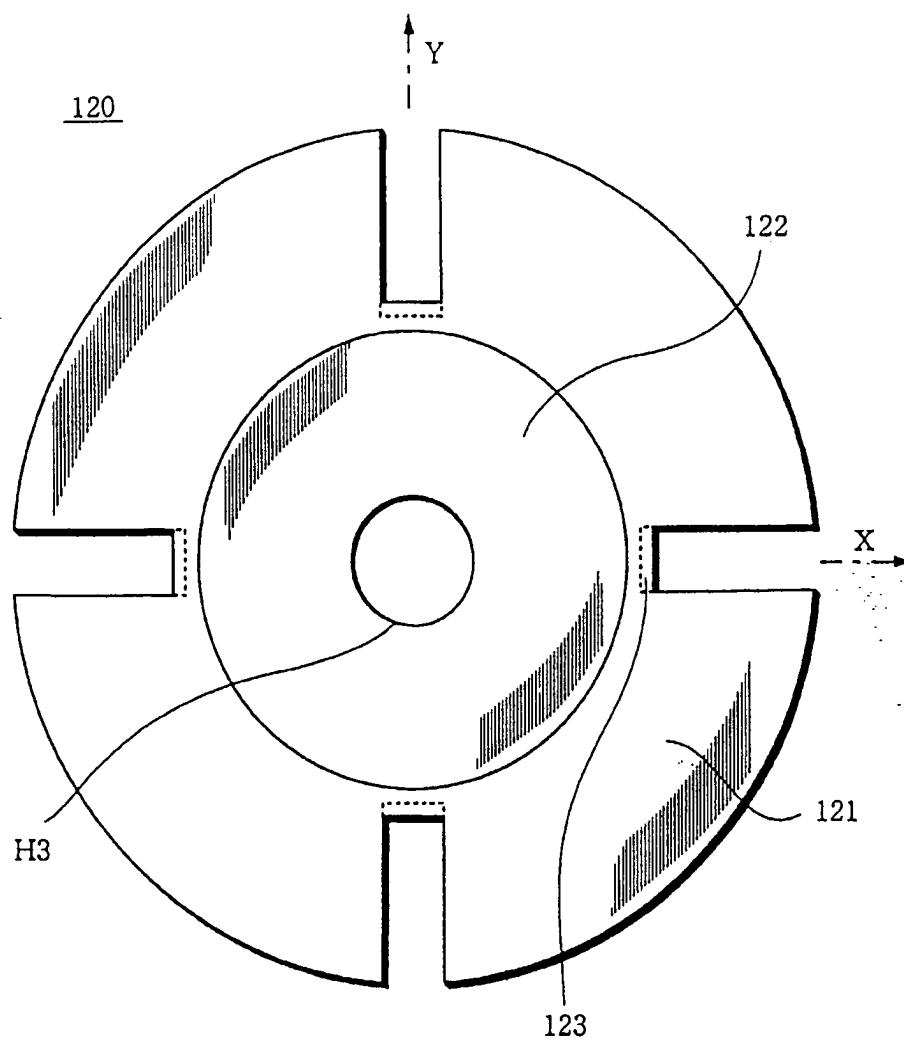


Fig. 4

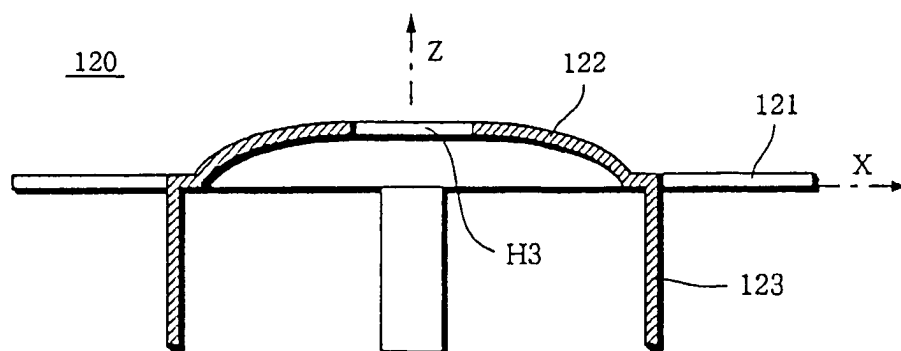


Fig. 5

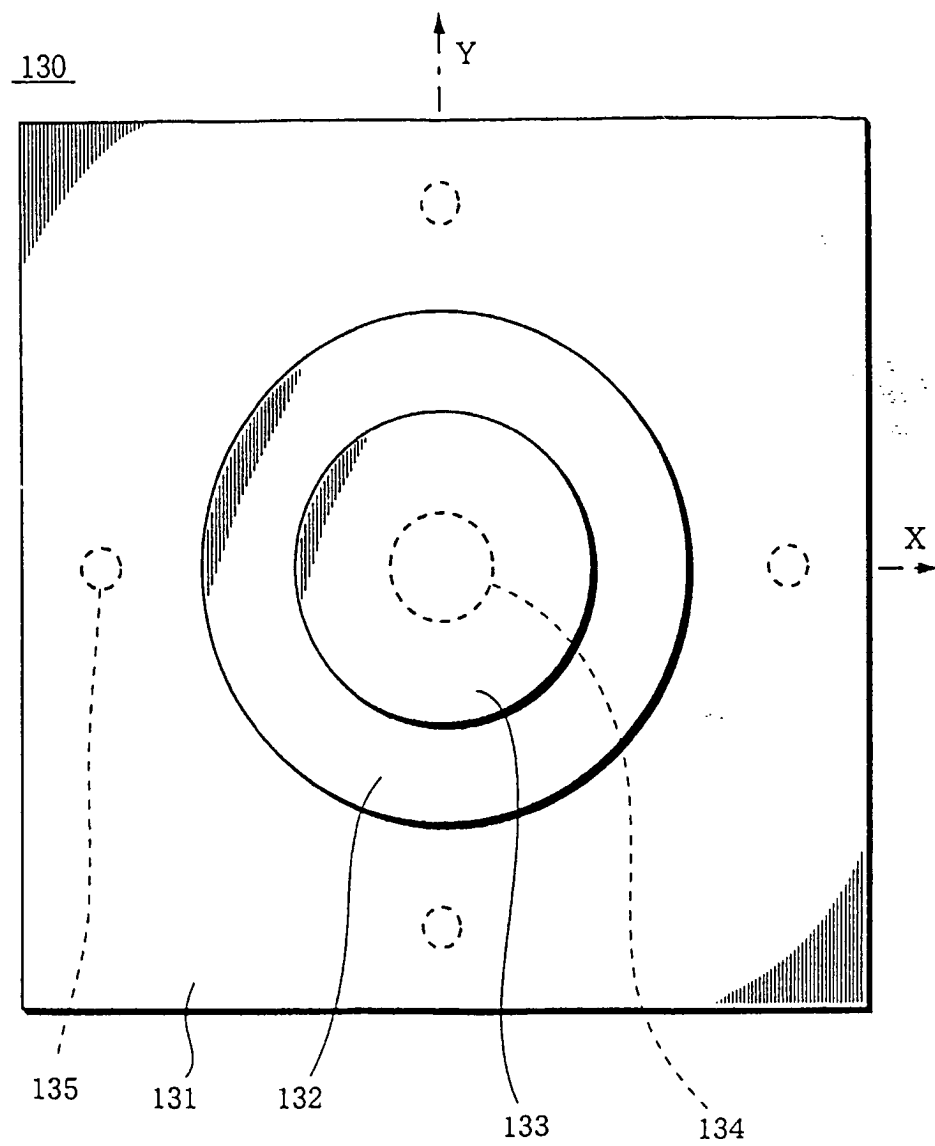


Fig. 6

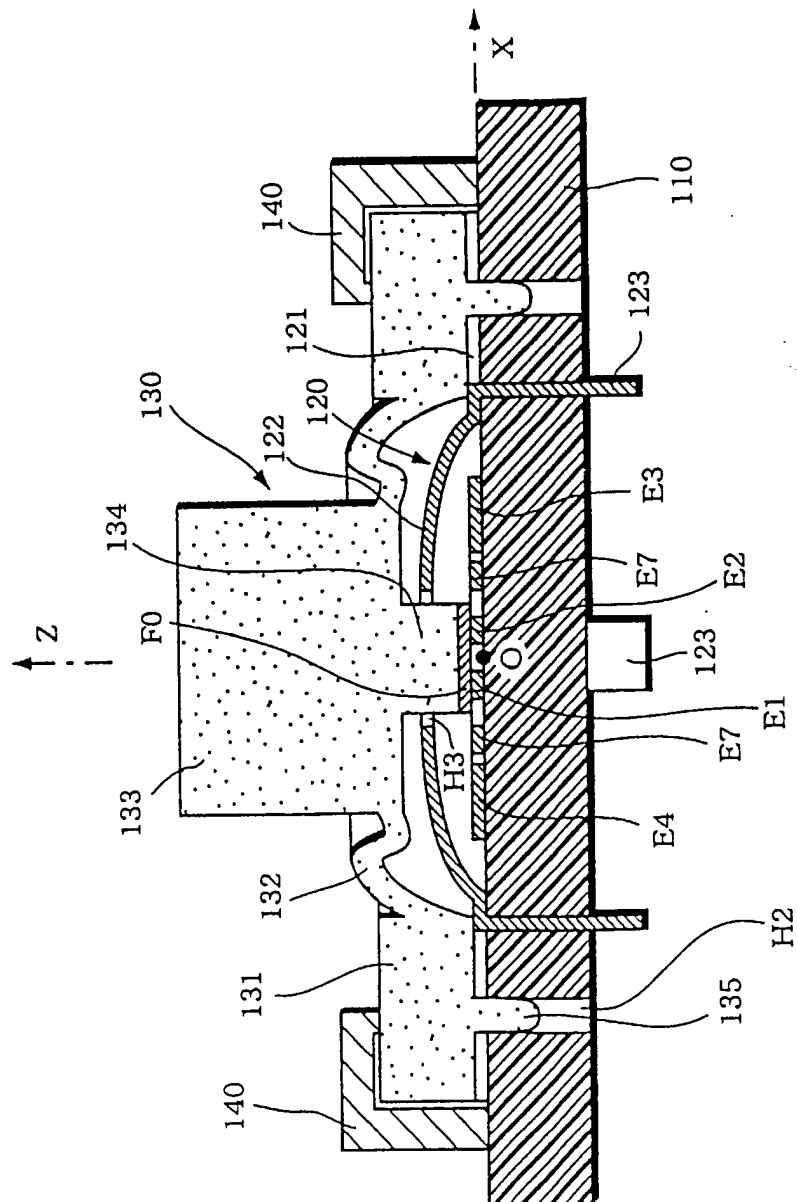


Fig. 7

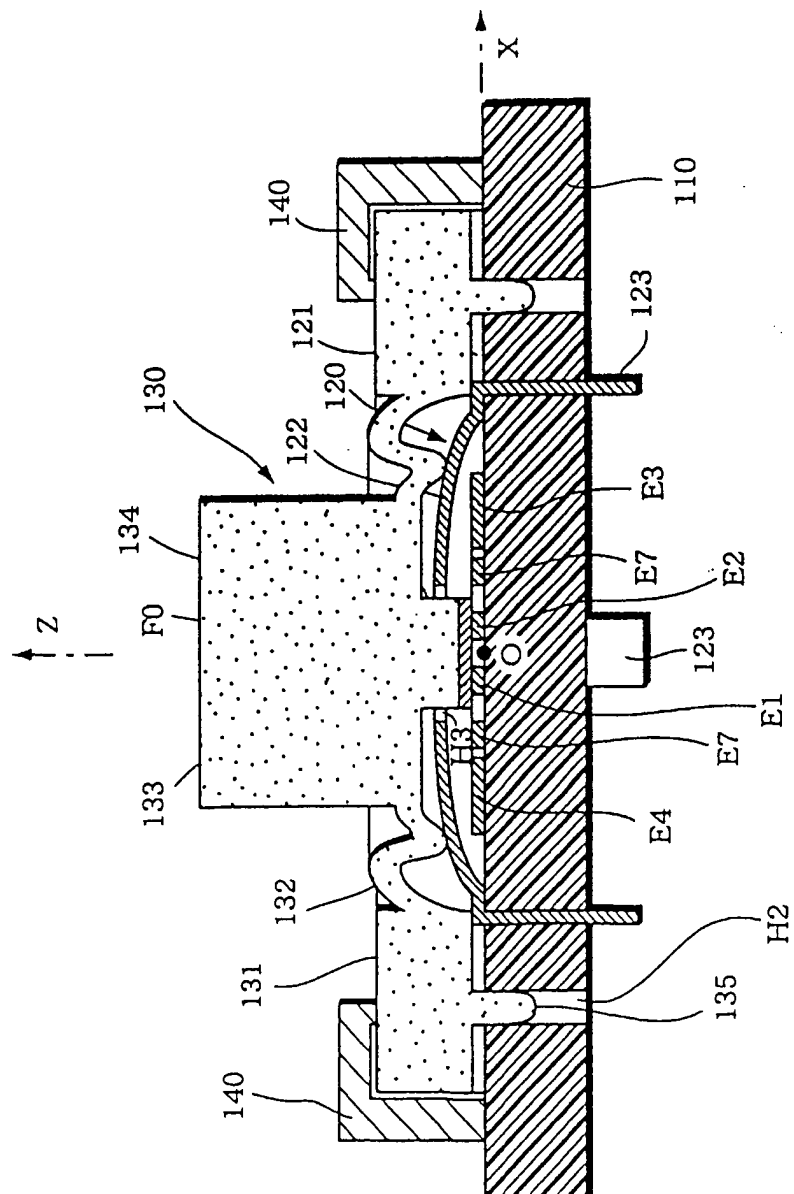


Fig. 8 a

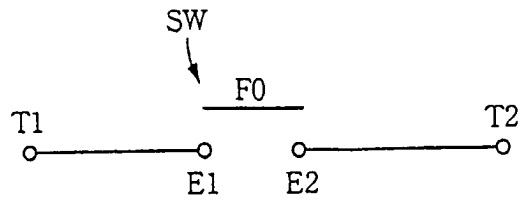


Fig. 8 b

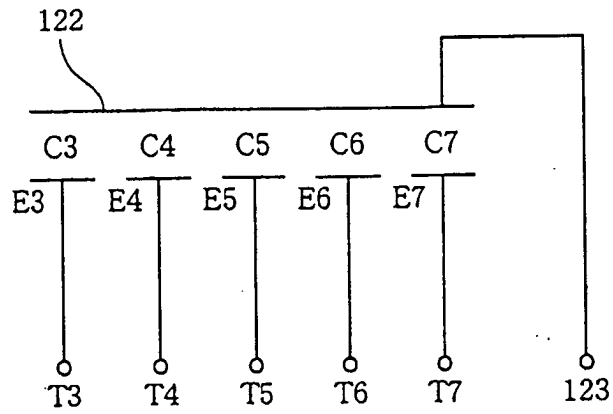


Fig. 9

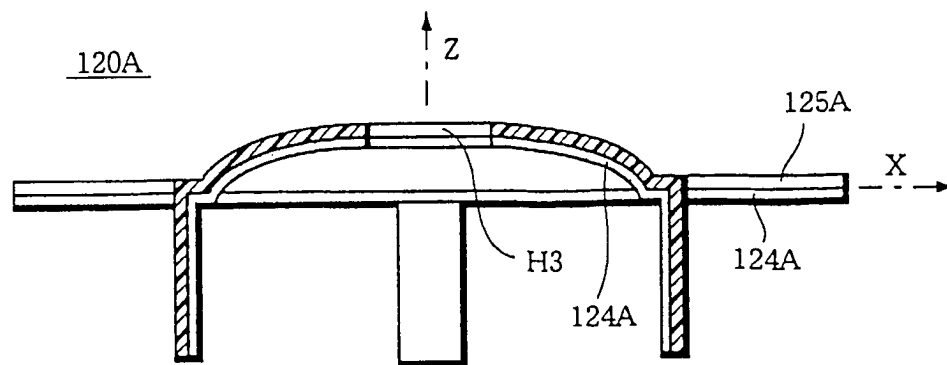


Fig. 1 0

120B

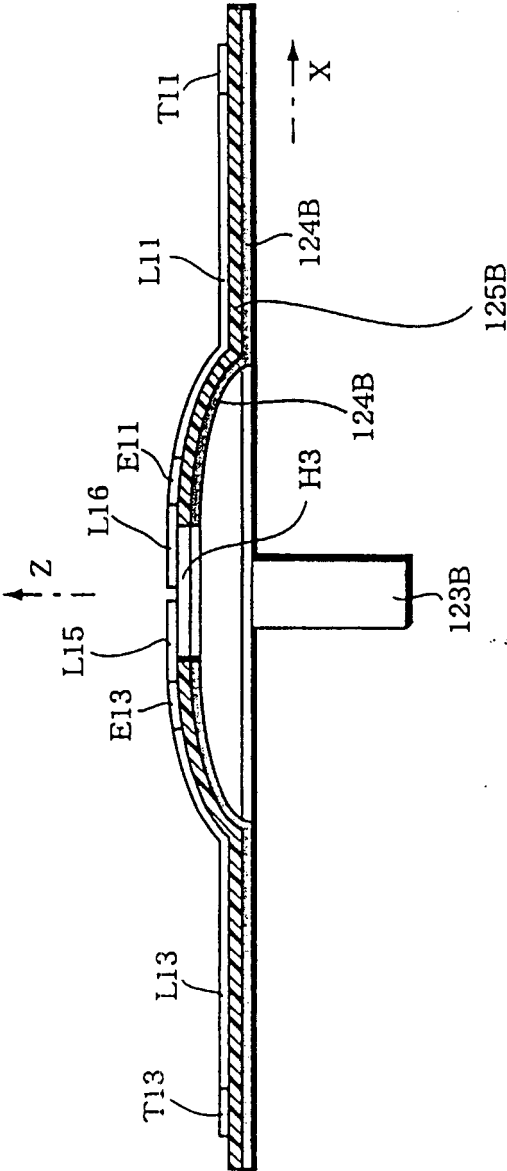


Fig. 1 1

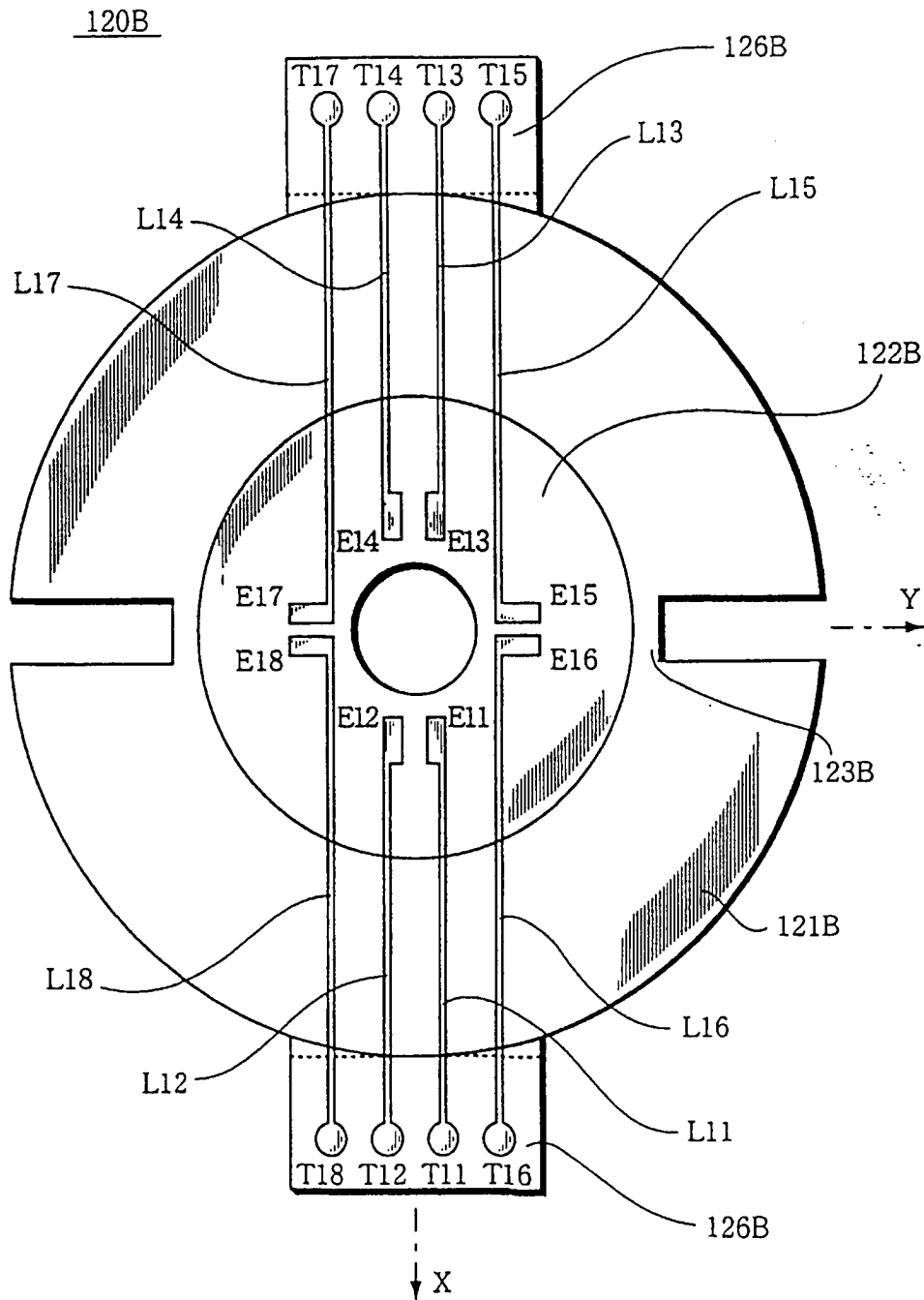


Fig. 1 2

ZENTRALER BEREICH VON 130B

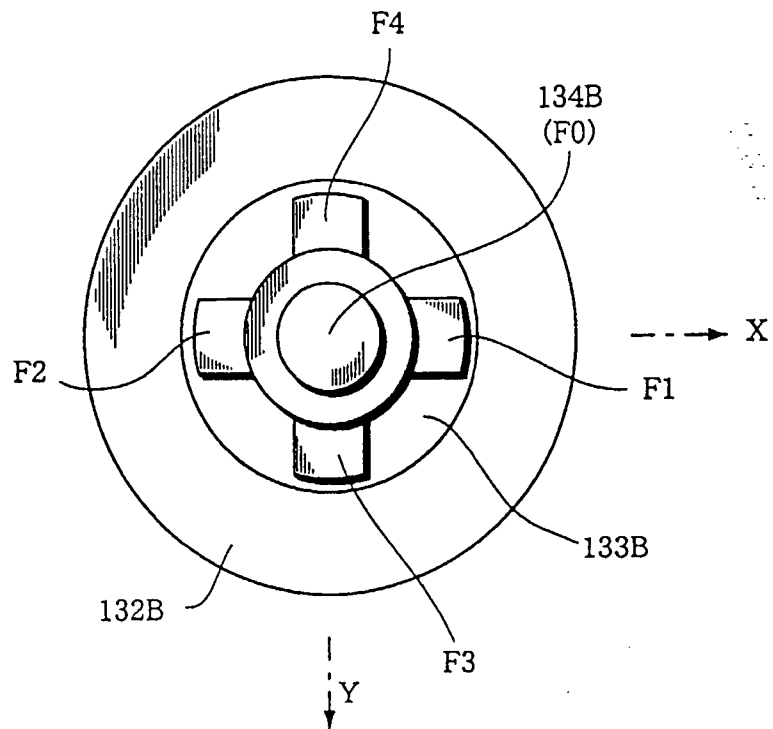


Fig. 1 3

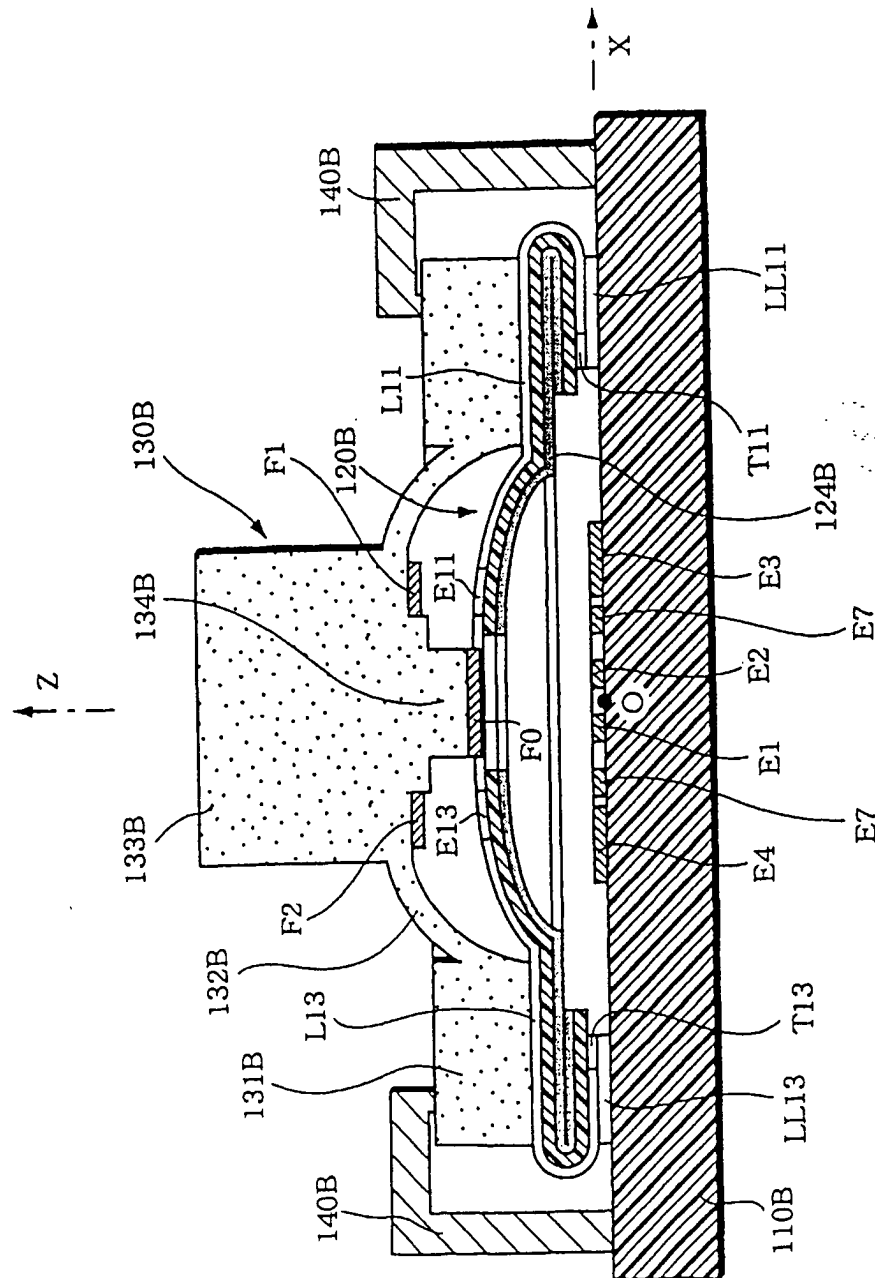


Fig. 1 4

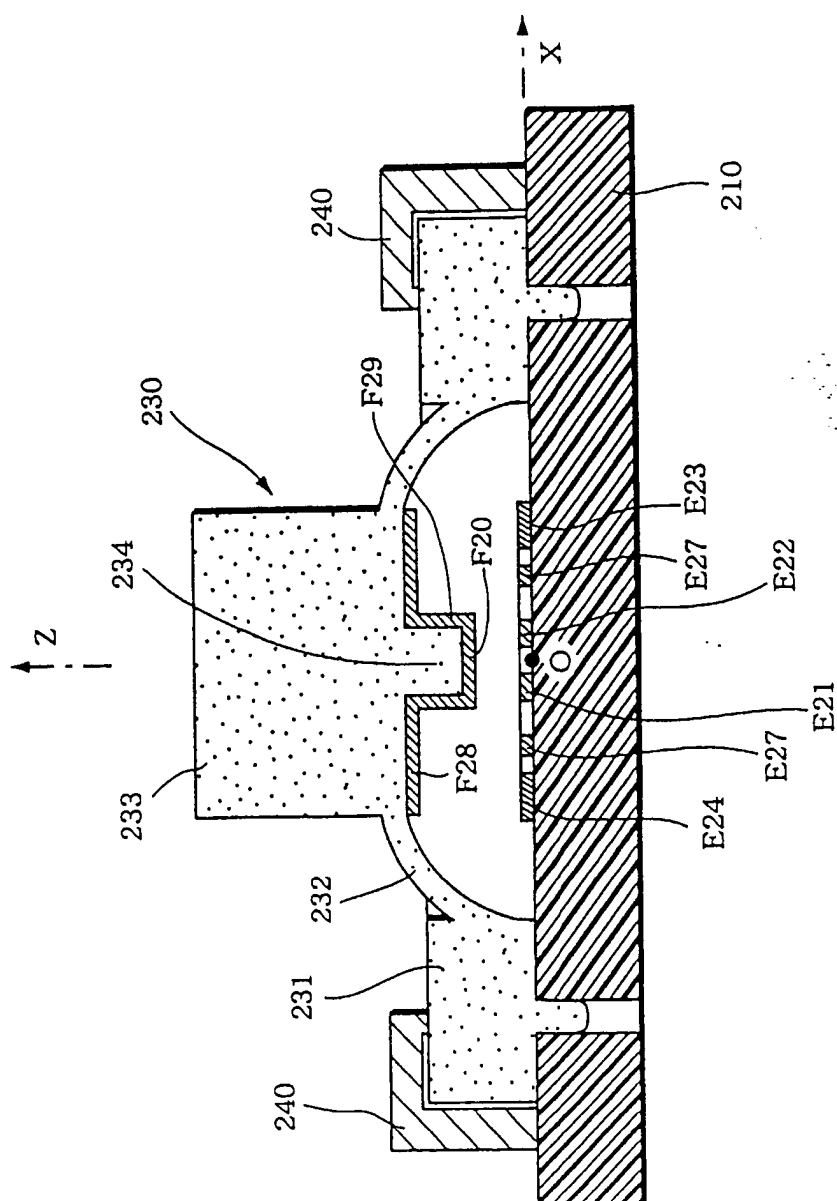


Fig. 1 5

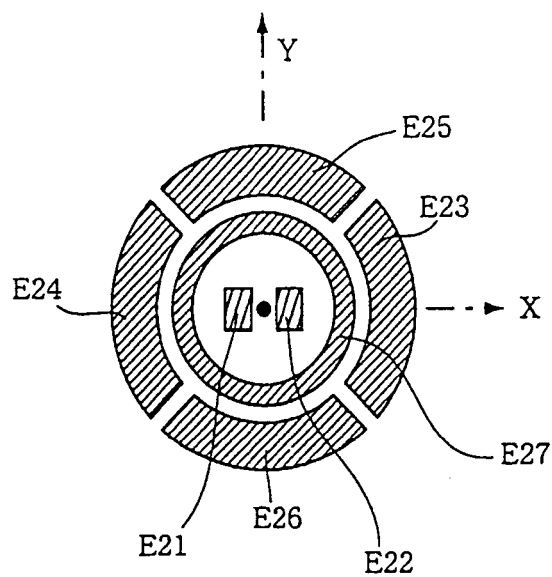


Fig. 1 6

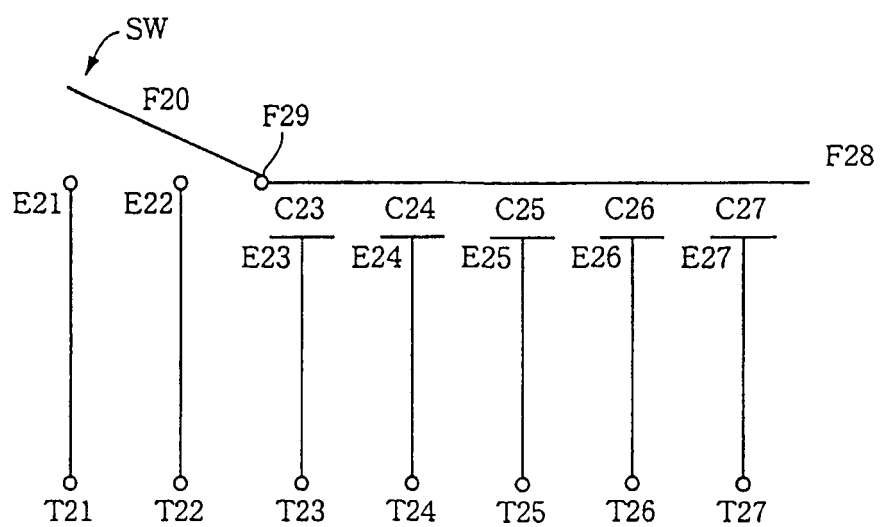


Fig. 17

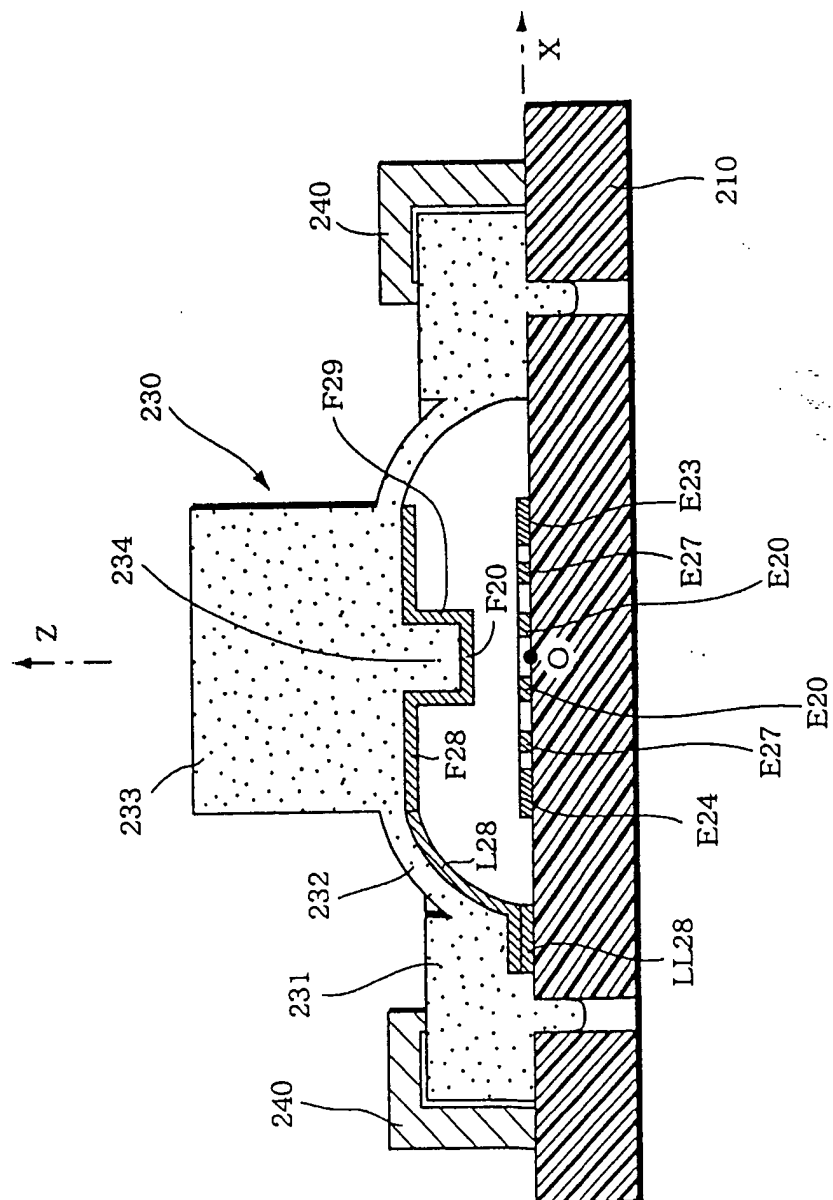


Fig. 1 8

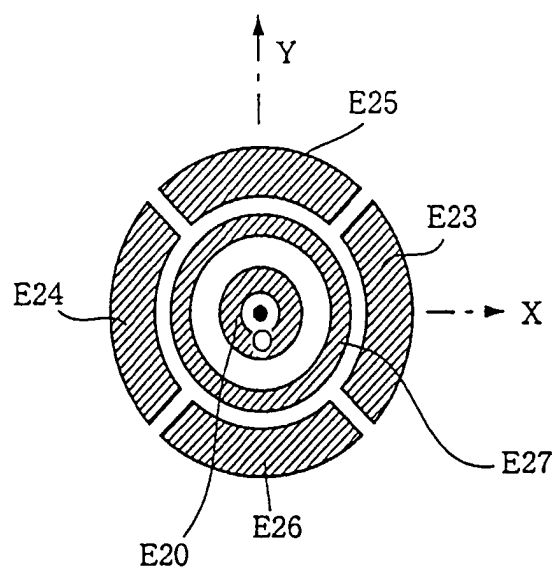


Fig. 1 9

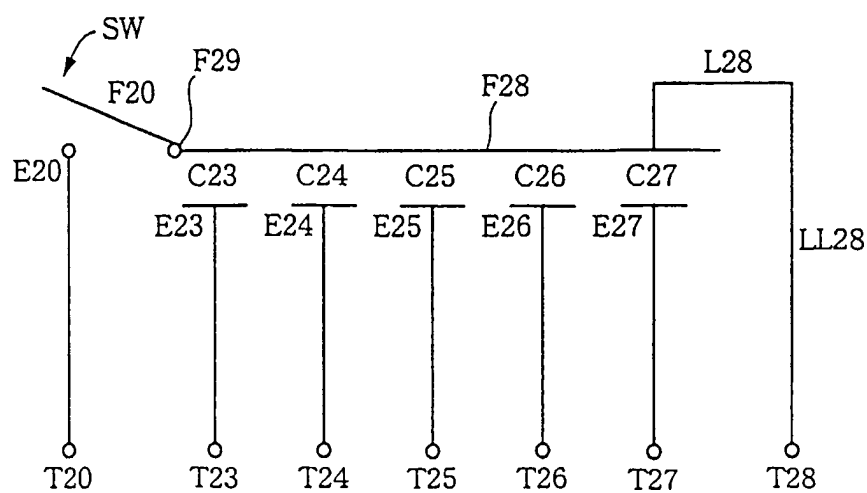


Fig. 2 0

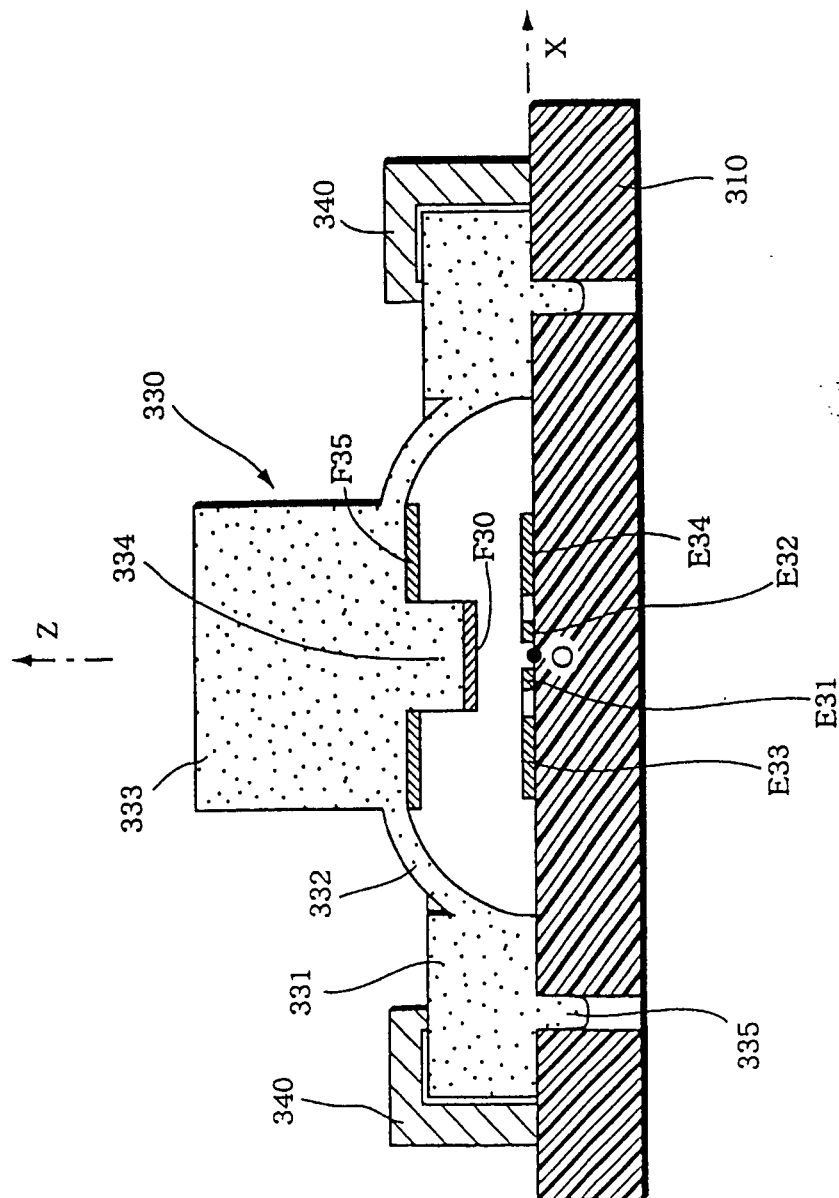


Fig. 2 1

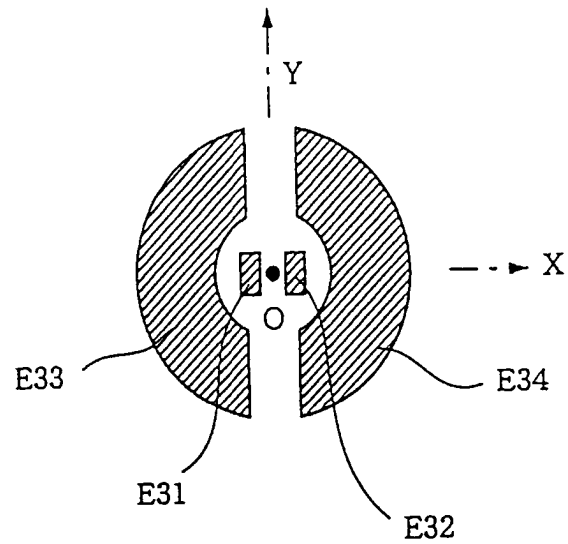


Fig. 2 2

ZENTRALER BEREICH VON 330

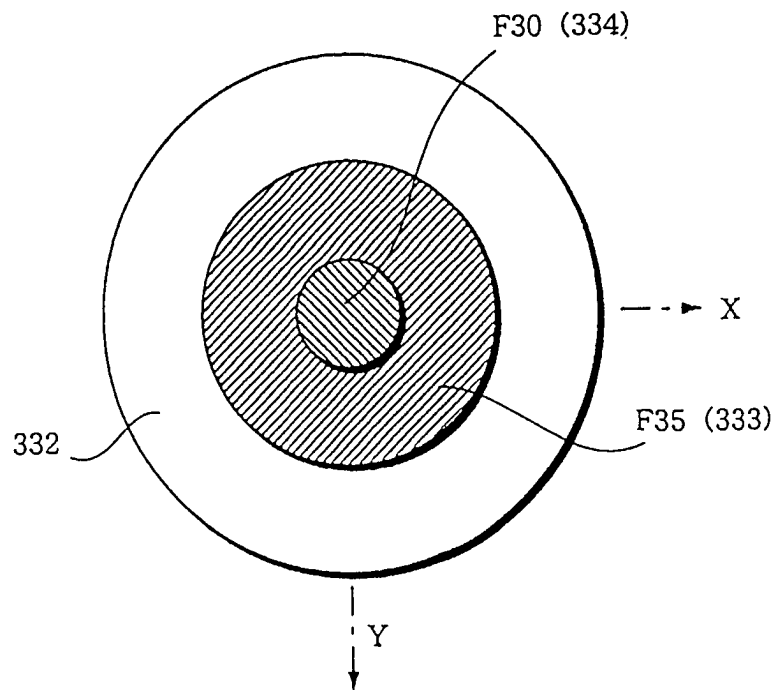


Fig. 2 3

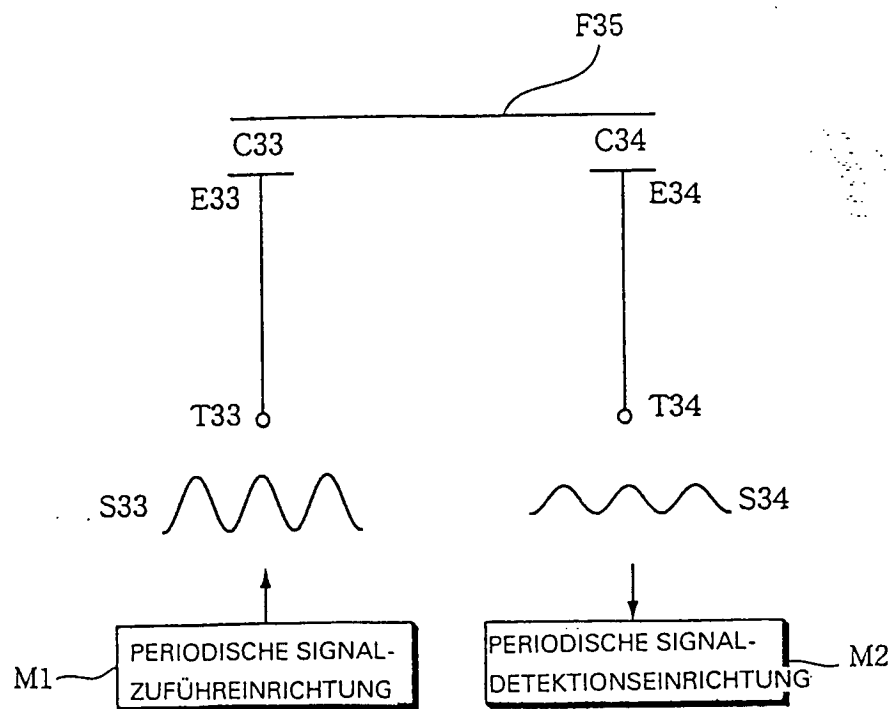


Fig. 2 4

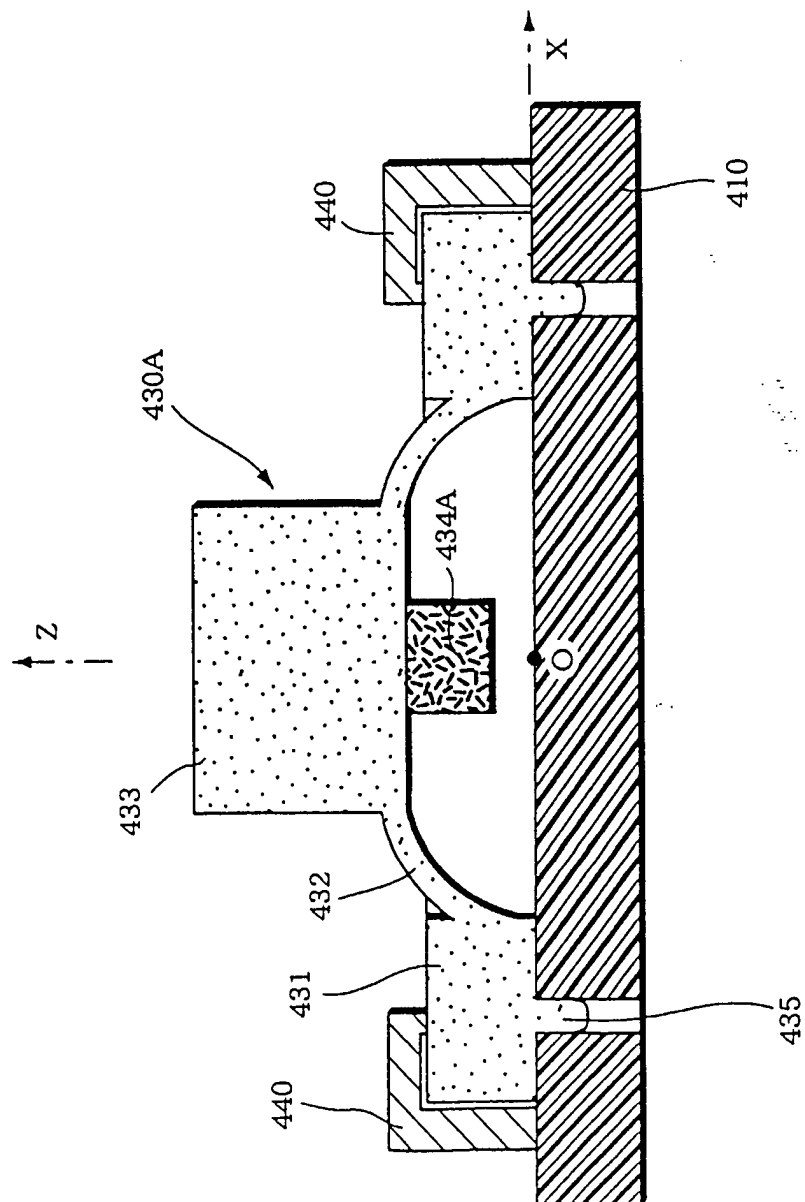


Fig. 2 5

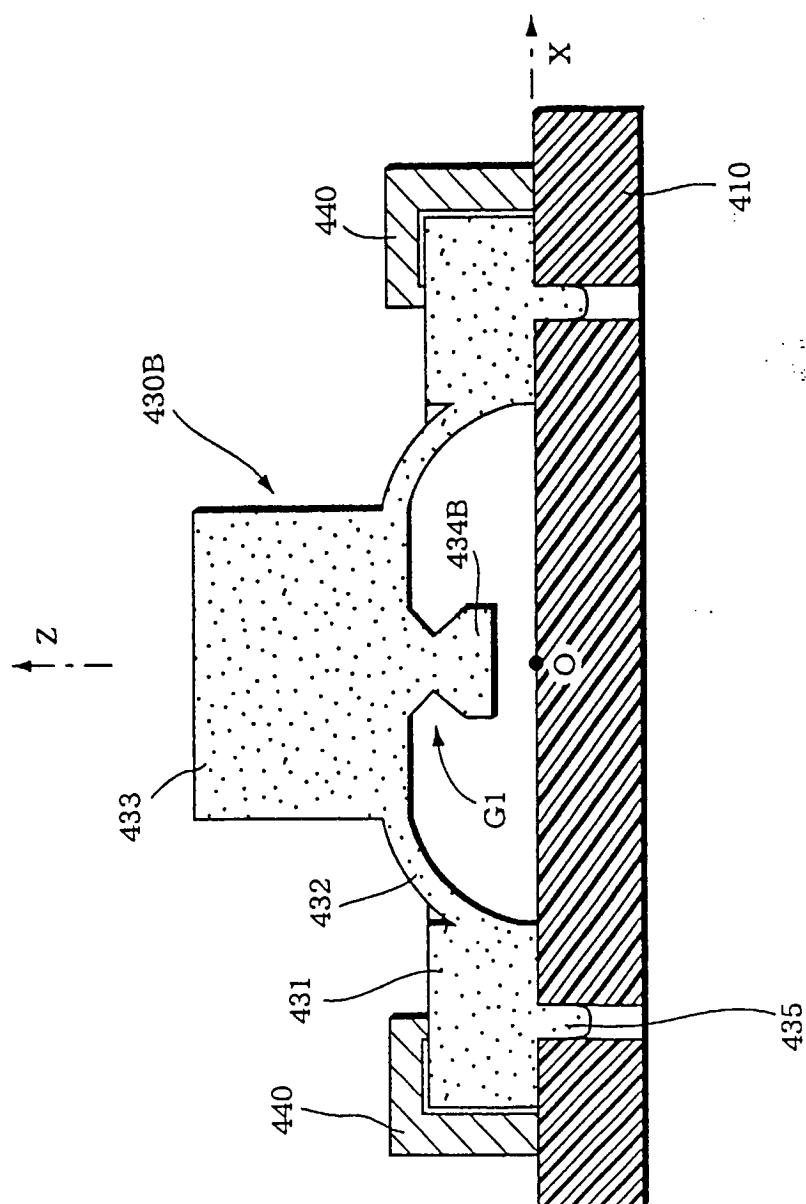


Fig. 2 6

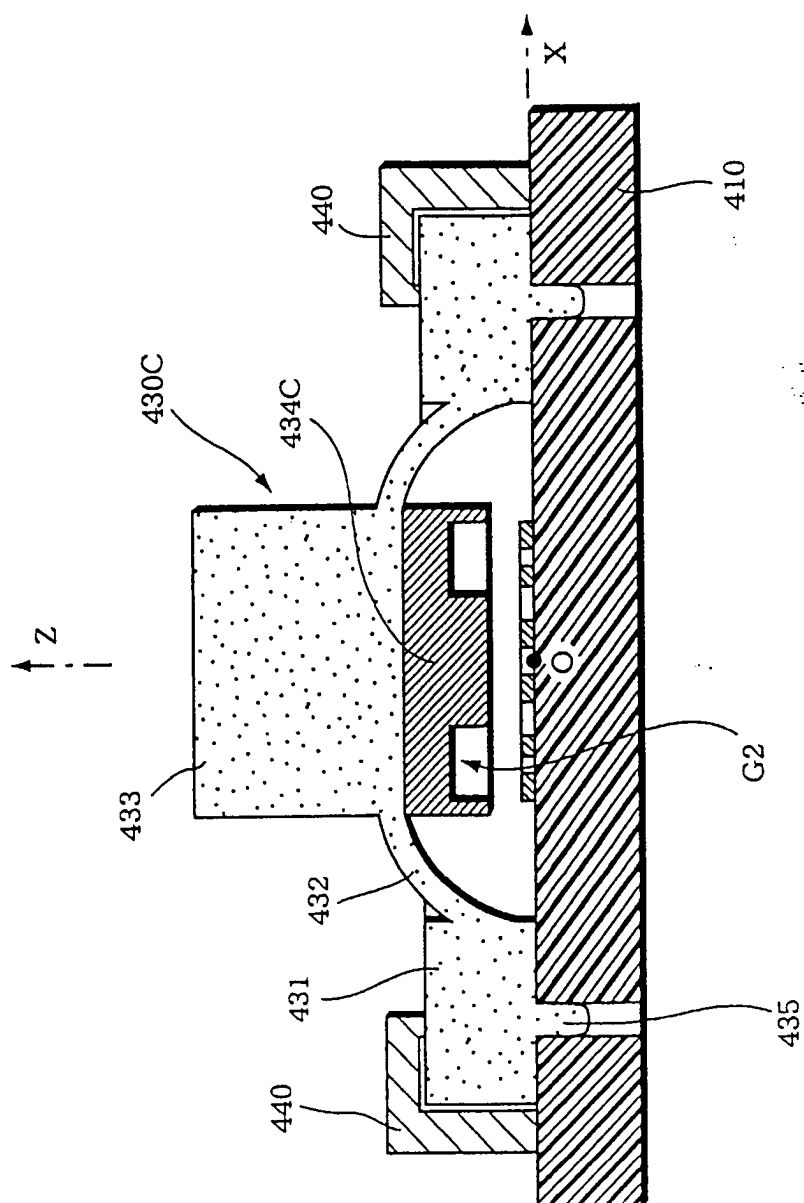


Fig. 2 7 a

434C

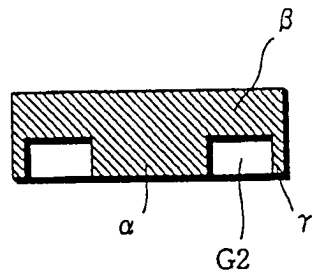


Fig. 2 7 b

434C

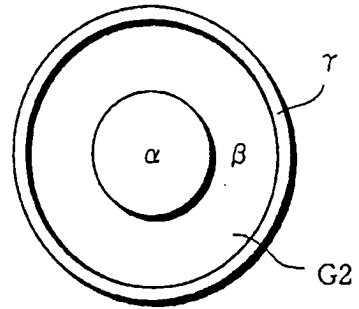


Fig. 2 8 a

434C

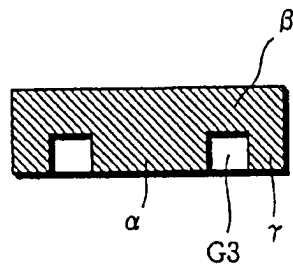


Fig. 2 8 b

434C

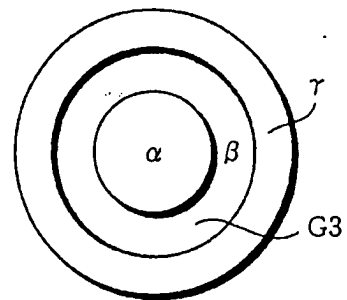


Fig. 2 9 a

434C

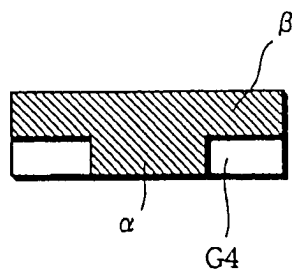


Fig. 2 9 b

434C

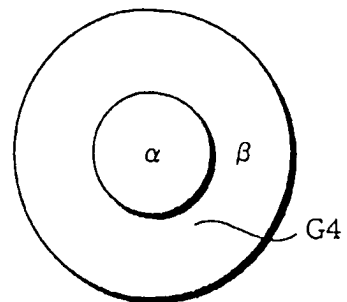


Fig. 3 0

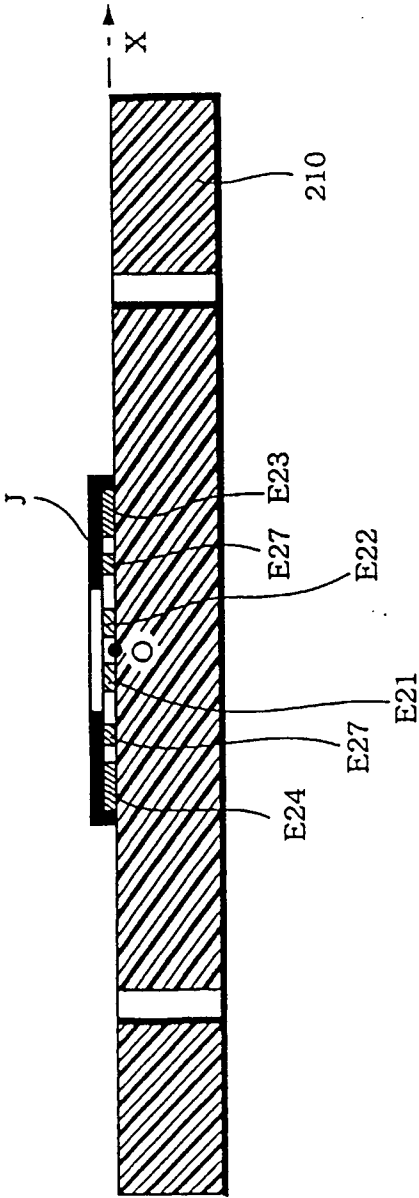


Fig. 3 1

120C

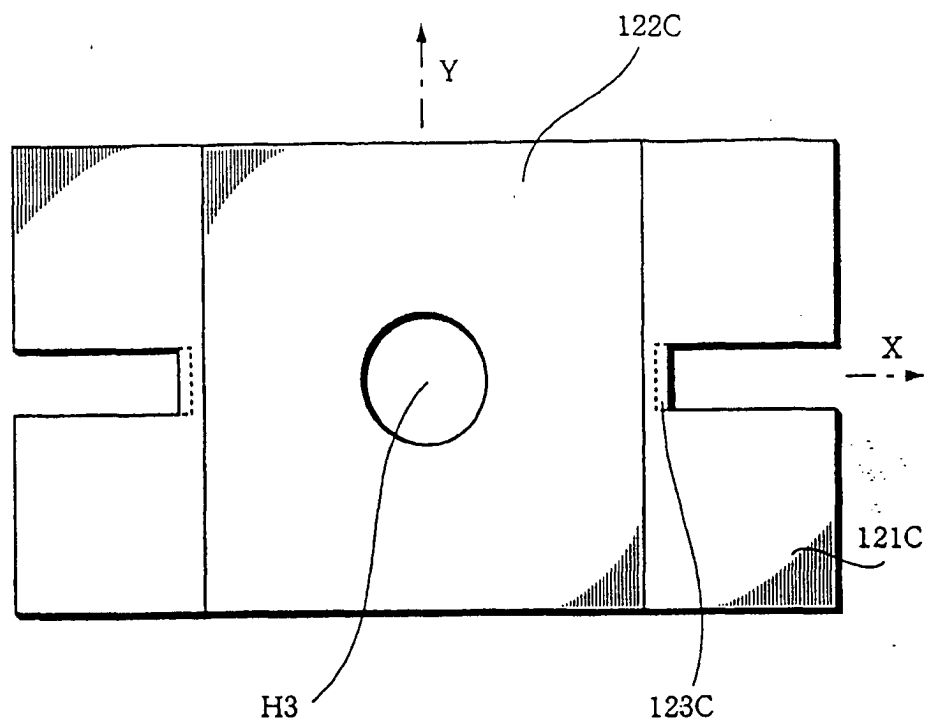


Fig. 3 2

120C

