



(12) **Ausschließungspatent**

(11) **DD 257 492 B3**

Teilweise bestätigt gemäß § 18  
Absatz 1 Patentgesetz der DDR  
vom 27. 10. 1983

5(51) G 01 L 1/14

in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

DEUTSCHES PATENTAMT

---

(21) DD G 01 L / 299 628 2

(22) 02. 02. 87

(45) 07. 01. 93

(44) 15. 06. 88

---

(72) Beck, Christian, Dr. sc. techn.; Seidel, Hans-Hermann, Dr.-Ing.; Trumpold, Harry, Prof. Dr.-Ing. habil., DE  
(73) Technische Universität Chemnitz, PSF 964, O - 9010 Chemnitz, DE

---

(54) **Kapazitiver Kraftsensor**

---

## Patentansprüche:

1. Kapazitiver Kraftsensor mit integrierter elektronischer Auswerterschaltung sowie unter Verwendung mechanischer Verformungskörper, die an ihren äußeren Enden miteinander lösbar oder unlösbar fest verbunden und in ihren Zentren durch ein festes Verbindungselement kraft- und/oder formschlüssig gekoppelt sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verformungskörper (5) ein biegesteifes Zentrum (18) aufweisen und daß zwischen den Verformungskörpern (5) eine isolierte, starr befestigte Platine (1) angeordnet ist, die auf ihren Oberflächen in definierten Plattenabständen (16) von den Masseelektrodenflächen (6), die insbesondere von den der Platine (1) zugewandten Oberflächen der biegesteifen Zentren (18) gebildet werden, zwei aktive Elektroden (2) trägt, deren Oberflächenden Masseelektrodenflächen (6) parallel gegenüber liegen.
2. Kapazitiver Kraftsensor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verformungskörper (5) aus elektrisch nichtleitendem Material bestehen und an ihren den aktiven Elektroden (2) zugewandten Flächen elektrisch leitende Massenelektroden tragen.
3. Kapazitiver Kraftsensor nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verformungskörper aus einem hysteresearmen Werkstoff, insbesondere monokristallinem Silizium bestehen.
4. Kapazitiver Kraftsensor nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verformungskörper (5) an ihren äußeren Enden (19) miteinander und mit der Platine (1) durch Befestigungsschrauben (10) lösbar verbunden und mit Sicherungselementen (14) lagegesichert sind und daß die biegesteifen Zentren (18) der Verformungskörper (5) vorzugsweise über ein Verbindungselement (7) in Form einer Befestigungsschraube und eine Distanzbuchse (8) oder in Form eines Gewindebolzens mechanisch gekoppelt sind und als Druckzapfen (21) ausgebildet sind, deren Flächen formschlüssig aneinanderliegen.
5. Kapazitiver Kraftsensor nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein definierter Abstand (12) zwischen der Auflagefläche (13) und der Anschlagfläche (15) am biegesteifen Zentrum (18) besteht oder daß zusätzlich ein Anschlag (17) angeordnet ist.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen kapazitiven Kraftsensor für die Bestimmung von Kräften und Massen in Prozessen der Kraftmeßtechnik, der Werkstoffprüftechnik und der Wägetechnik.

## Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bekannt sind kapazitive Sensoren für die Kraft- und Druckmessung, deren physikalisches Prinzip darin besteht, daß die Kapazitätsänderung durch Veränderung des Plattenabstandes infolge einer elastischen Verformung von mechanischen Verformungskörpern genutzt wird.

In DE-OS 2514511 A1 und in der Zeitschrift „Automatisierungstechnische Praxis“ atp. 27. Jg., H. 1, 1985, S. 6–16 werden kapazitive Sensoren beschrieben, bei denen die Druckkraft über eine Achse auf einen Verformungskörper beispielsweise in Form von Membran- oder Plattenfedern geleitet wird, der gleichzeitig die mittlere Elektrodenplatte und Masseelektrode eines Plattenabstandsdifferentialkondensators bildet, so daß sich bei Einwirkung der Meßkraft durch die elastische Verformung der Elektrodenplatte die Plattenabstände ändern und damit eine Kapazitätsänderung erreicht wird. Nachteil dieser Differentialkondensatoren mit verformter und dadurch bewegter mittlerer Elektrodenplatte ist, daß im mechanischen Aufbau zusätzliche Führungselemente erforderlich sind, um zu sichern, daß der Kraftangriffspunkt geradlinig in die geforderte Kraftrichtung verschoben, die Auswirkung von Querkraften weitgehend minimiert und eine hohe Parallelität der Kondensatorplatten gesichert werden. Dieser zusätzliche Aufwand an mechanische Bauteilen beeinflusst nachteilig die statischen und dynamischen Eigenschaften, insbesondere die Meßumkehrspanne und die Linearität der statischen Kennlinie.

## Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, einen kapazitiven Kraftsensor bereitzustellen, der mit wenig Aufwand an unterschiedliche Aufgaben der Kraftmessung und an verschiedene Meßbereiche angepaßt werden kann und der bei einfachem mechanischem Aufbau hohe meßtechnische Anforderungen erfüllt und dabei zuverlässig und betriebssicher arbeitet.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mechanische Verformungskörper so anzuordnen, daß ein Plattenabstandsdifferentialkondensator gebildet wird, der bei Verformung der Verformungskörper unter Krafteinwirkung eine hohe Parallelität der Elektrodenflächen sichert und dabei gleichzeitig unter Gewährleistung guter meßtechnischer Eigenschaften wie großer linearer Meßbereich, geringe Meßumkehrspanne durch die Bereitstellung eines unmittelbar weiterverarbeitbaren Meßsignals mikroelektronik- und mikrocomputerkompatibel ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß unter Verwendung an sich bekannter Verformungskörper in Form von Plattenfedern oder Biegebalken dadurch gelöst, daß mindestens zwei symmetrische Verformungskörper, vorzugsweise in Form von kreisringförmigen Plattenfedern oder Biegebalken, mit definierter geometrischer Gestalt an ihren äußeren Enden miteinander durch Befestigungsschrauben und Lagesicherungselemente fest verbunden und mit ihren biegesteifen Zentren, deren Flächen gleichzeitig Masseelektrodenflächen eines Plattenabstandsdifferentialkondensators bilden, axial über ein Verbindungselement in Form einer Befestigungsschraube und eine Distanzbuchse, in Form eines Gewindebolzens oder durch Formschluß von Druckzapfen miteinander fest gekoppelt sind, so daß damit eine Federgelenkführung gebildet wird. Zwischen den Masseelektroden ist eine mit den Enden der Verformungskörper starr befestigte elektrisch nichtleitende Platine angeordnet, die auf ihren Oberflächen in definierten Abständen und parallel zu den Masseelektrodenflächen zwei aktive Elektroden trägt, so daß die federgelenkgeführten biegesteifen Zentren der Verformungskörper und die dazwischen liegende Platine mit den aktiven Elektroden einen Plattenabstandsdifferentialkondensator bilden, dessen aktive Elektroden feststehen und zwischen den auf Massepotential liegenden, federgeführt beweglichen Masseelektroden liegen. Ein weiteres Merkmal der Erfindung besteht darin, daß die Verformungskörper auch aus elektrisch nichtleitendem Material bestehen können und an den der elektrisch leitenden auf Massepotential liegenden Platine zugewandten Flächen aktive Elektroden tragen.

Die aktiven Elektroden des Plattenabstandsdifferentialkondensators sind mit einer im Kraftsensor integrierten elektronischen Auswerteschaltung verbunden, wobei sich die Auswerteschaltung im Hohlraum zwischen den Platten befindet und die Anschlußklemmen durch eine Öffnung geführt sind. Zur Verbesserung der elektrischen und dynamischen Eigenschaften kann der Hohlraum mit einem Füllstoff ausgefüllt werden.

Die elastische Verformung der Verformungskörper bei Belastung bewirkt eine der zu messenden Kraft proportionale Elektrodenabstandsänderung und damit eine Änderung des elektrischen Kapazitätswertes. Die Verwendung von monokristallinem Silizium als Werkstoff für die Verformungskörper sichert eine geringe Hysterese. Zum Schutz gegen mechanische Überlastung ist ein definierter Abstand zwischen der Auflagefläche und einem Anschlag oder der Anschlagfläche am biegesteifen Zentrum vorhanden, der kleiner als der minimale Plattenabstand ist. Die axiale Anordnung einer Kugelkalotte gewährleistet eine definierte punktförmige Krafteinleitung.

Der einfache Aufbau und die Federgelenkführung in Form der durch das Verbindungselement miteinander axial fest gekoppelten biegesteifen Zentren der Verformungskörper sichern eine hohe Quersteifigkeit und Parallelität der Elektrodenflächen, gewährleisten gute meßtechnische Eigenschaften und gestatten in Verbindung mit der integrierten Auswerteelektronik die Abbildung der elastischen Verformung der Verformungskörper auf ein weiterverarbeitbares elektromagnetisches Meßsignal, so daß die Erfindung vorteilhaft mikroelektronik- und mikrocomputerkompatibel einsetzbar ist.

## Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll nachfolgend an Ausführungsbeispielen und zugehörigen Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen

- Fig. 1: schematische Darstellung eines kapazitiven Kraftsensors als Plattenabstandsdifferentialkondensator und Federgelenkführung ausgebildet, bei dem die biegesteifen Zentren kreisringförmige Plattenfedern als Verformungskörper mit einer Befestigungsschraube und einer Distanzbuchse gekoppelt sind.
- Fig. 2: schematische Darstellung eines kapazitiven Kraftsensors als Plattenabstandsdifferentialkondensator und Federgelenkführung ausgebildet, bei dem die biegesteifen Zentren von Biegebalken als Verformungskörper mit einem Gewindebolzen gekoppelt sind.
- Fig. 3: schematische Darstellung eines kapazitiven Kraftsensors als Plattenabstandsdifferentialkondensator und Federgelenkführung ausgebildet, bei dem die biegesteifen Zentren kreisringförmiger Plattenfedern der Verformungskörper als Druckzapfen ausgebildet, formschlüssig aneinander liegen.

In Fig. 1 ist ein kapazitiver Kraftsensor dargestellt, bei dem zwei Verformungskörper 5 in Gestalt von kreisringförmigen Plattenfedern mit definierter geometrischer Gestalt an ihren äußeren Enden 19 durch Befestigungsschrauben 10 und durch Sicherungselemente 14 fest verbunden sind. Beide Verformungskörper 5 sind an ihren biegesteifen Zentren 18 axial über ein Verbindungselement 7 in Form einer Befestigungsschraube und eine Distanzbuchse 8 miteinander fest gekoppelt, so daß damit eine Federgelenkführung gebildet wird. Zwischen den beiden Verformungskörpern 5, die gleichzeitig Masseelektroden mit den Masseelektrodenflächen 6 darstellen, ist eine mit den äußeren Enden 19 der Verformungskörper 5 starr befestigte, elektrisch nichtleitende Platine 1 angeordnet. Auf deren Oberflächen befinden sich in definierten Plattenabständen 16 parallel zu den Masseelektrodenflächen 6 zwei aktive Elektroden 2. Auf diese Weise bilden die federgelenkgeführten biegesteifen Zentren 18 der Verformungskörper 5 und die dazwischen liegende Platine 1 mit den aktiven Elektroden 2 einen Plattenabstandsdifferentialkondensator, bei dem die aktiven Elektroden 2 feststehen und zwischen den auf Massepotential liegenden federgeführt beweglichen Masseelektroden liegen. Bei Krafteinwirkung F über die Kugelkalotte 9 auf die Verformungskörper 5 erfolgt dadurch eine der Kraft proportionale Änderung der Plattenabstände 16 zwischen den Elektroden. Die Plattenabstandsänderung bewirkt eine Veränderung der elektrischen Kapazität, die in der elektronischen Auswerteschaltung 3 auf ein Meßsignal abgebildet wird und an den Anschlußklemmen 4, die durch eine Öffnung 11 geführt

sind, abgegriffen werden kann. Der definierte Abstand 12 der Anschlagfläche 15 am biegesteifen Zentrum 18 und der Auflagefläche 13 ist kleiner als der minimale Plattenabstand 16, so daß damit ein Schutz gegen mechanische Überlastung gegeben ist und eine Beschädigung der Elektroden vermieden wird.

Im Hohlraum 20 befindet sich ein spezieller Füllstoff, wobei die Öffnung 11 geschlossen ist. Damit verbessern sich die elektronischen und dynamischen Eigenschaften.

In Fig. 2 ist ein kapazitiver Kraftsensor dargestellt, bei dem die Verformungskörper 5 als Biegebalken ausgebildet sind, die miteinander durch ein festes Verbindungselement 7 in Form eines Gewindebolzens axial gekoppelt sind.

Der Schutz gegen mechanische Überlastung wird durch den Anschlag 17 in Verbindung mit der Anschlagfläche 12 erreicht. Die Ausführung nach Fig. 2 gestattet die Realisierung von Baugrößen geringer Breite.

Ein kapazitiver Kraftsensor, bei dem die biegesteifen Zentren 18 der Verformungskörper 5, in Form kreisringförmiger Plattenfedern, als Druckzapfen 21 gestaltet und formschlüssig verbunden sind, wird in Fig. 3 dargestellt. Diese Ausführung ermöglicht bei verringerter Anzahl von Bauteilen die Verwendung von Verformungskörpern 5 ohne durchgehende Bohrungen in den biegesteifen Zentren 18.

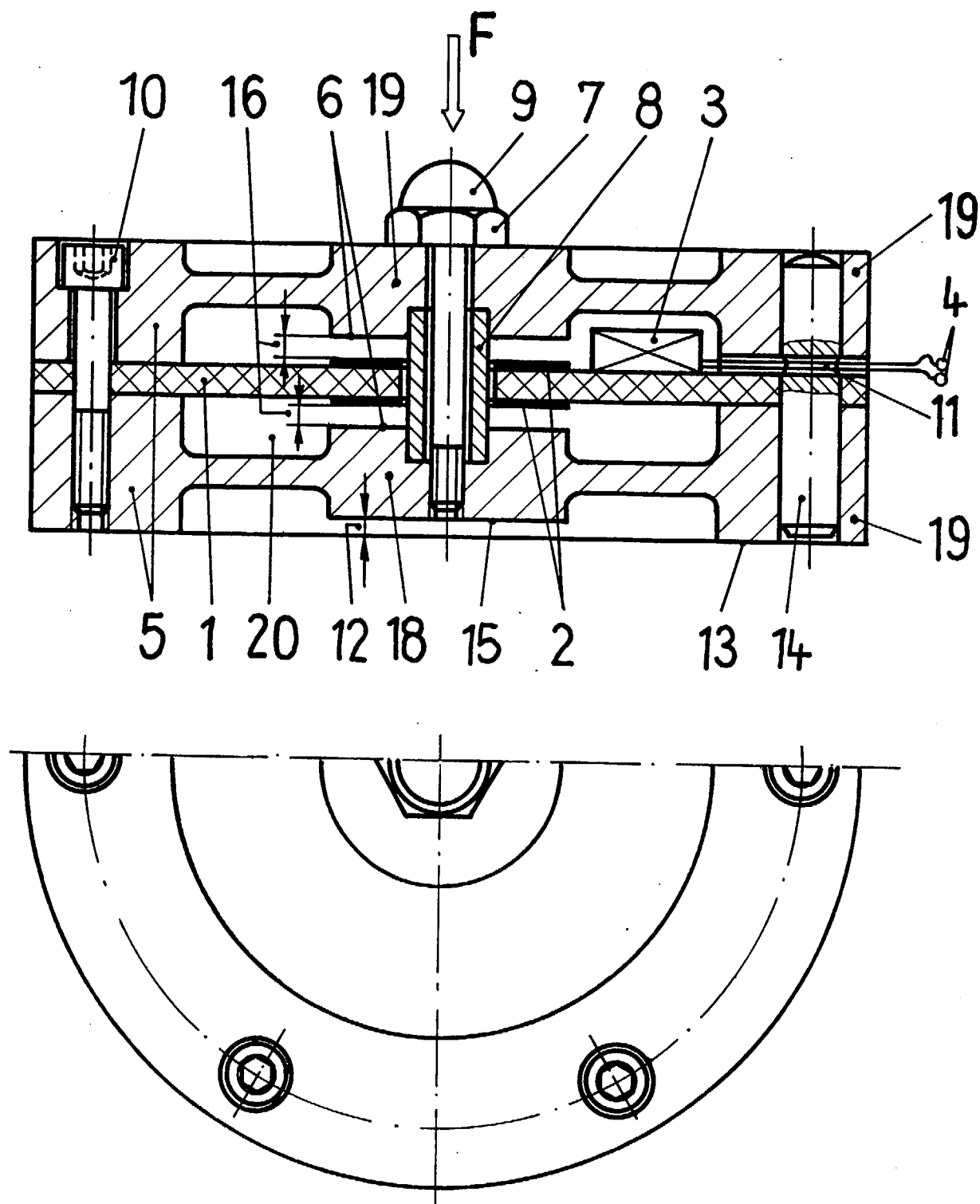


Fig.1

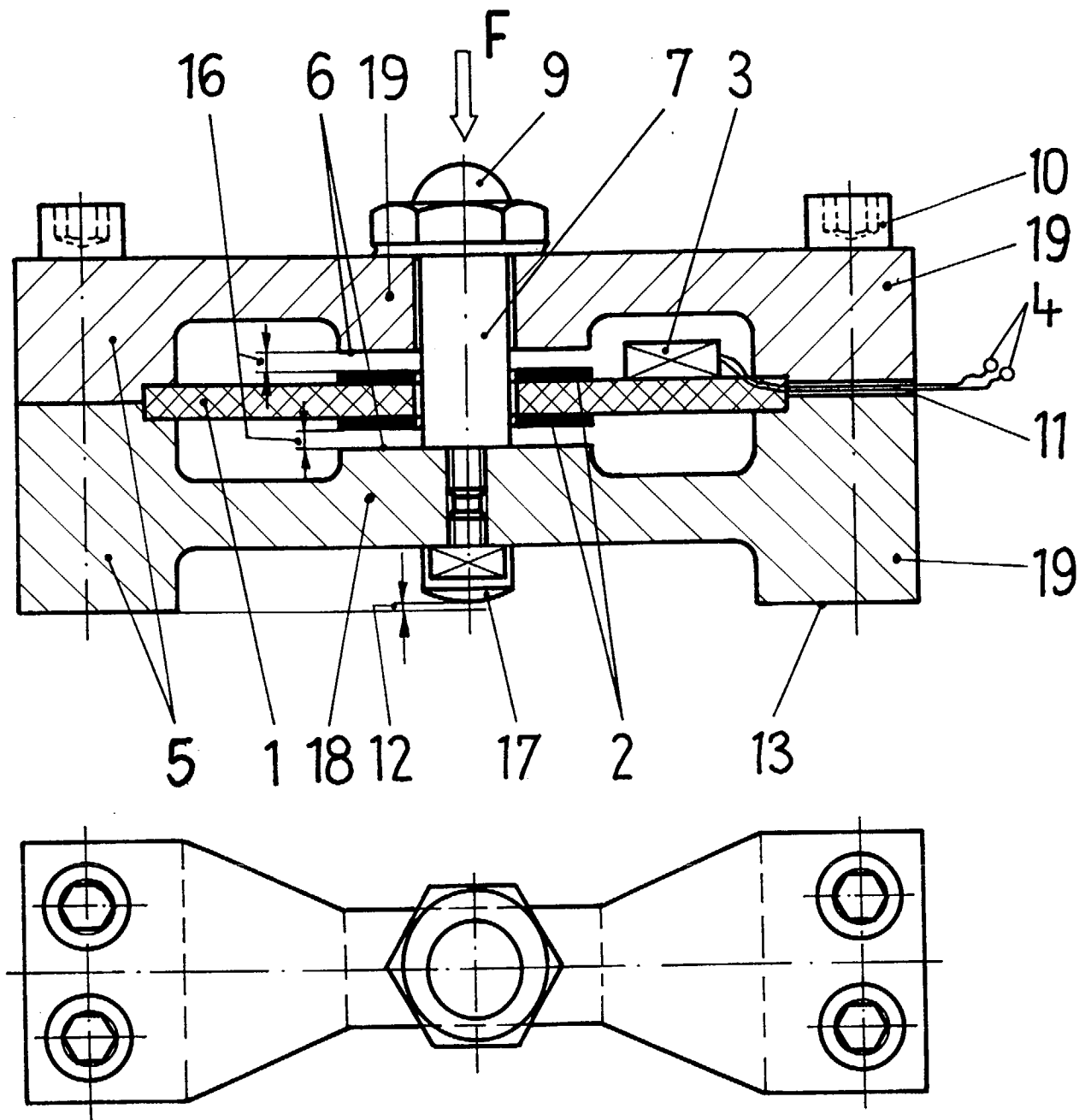


Fig. 2

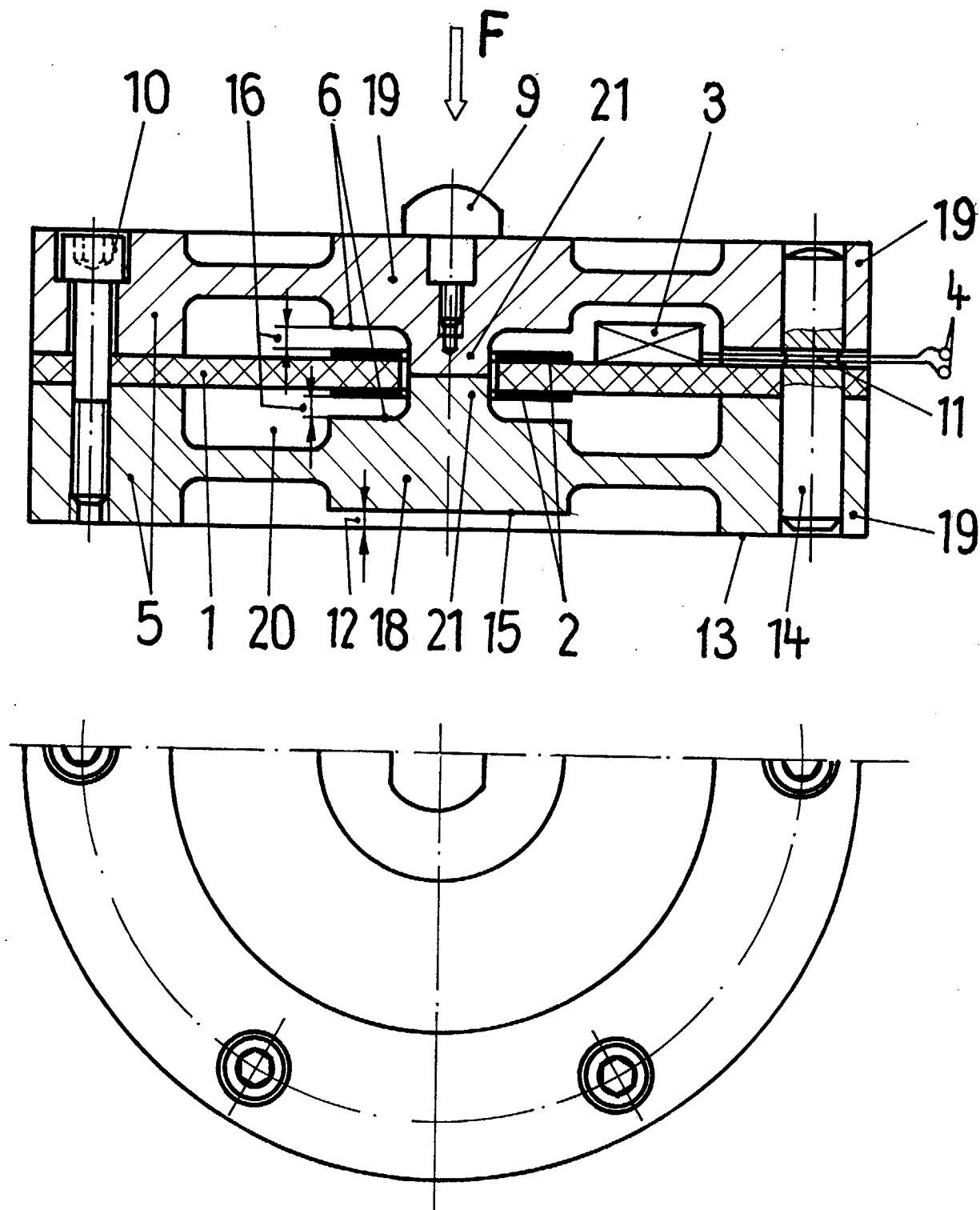


Fig. 3