



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 199 03 245 A 1**

51 Int. Cl.⁷:
H 01 L 25/07

21 Aktenzeichen: 199 03 245.9
22 Anmeldetag: 27. 1. 1999
43 Offenlegungstag: 3. 8. 2000

DE 199 03 245 A 1

71 Anmelder:
Asea Brown Boveri AG, Baden, Aargau, CH

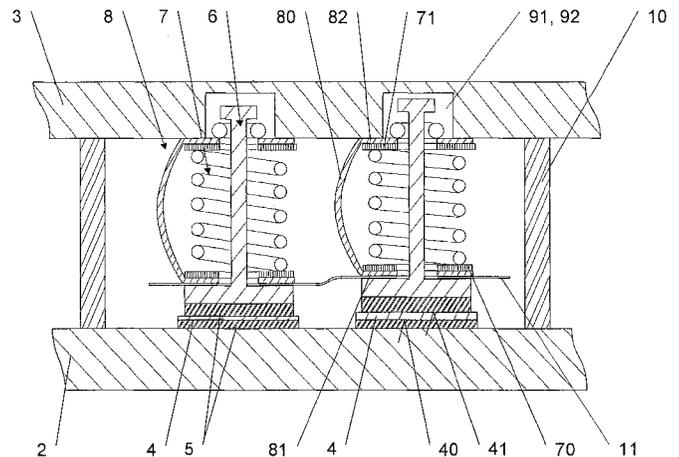
74 Vertreter:
Lück, G., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 79761
Waldshut-Tiengen

72 Erfinder:
Lang, Thomas, Dr., Zürich, CH; Bucher, Benno,
Zürich, CH; Frey, Toni, Dr., Unterägeri, CH

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:
DE 31 52 040 C2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Leistungshalbleitermodul
57 Es wird ein Leistungshalbleitermodul angegeben, bei welchem mindestens ein druckkontaktierter Halbleiterchip (4) über ein Kontaktelement (8) mit einem Hauptanschluß (30) elektrisch verbunden ist. Das Kontaktelement (8) weist zwei ebene Kontaktflächen (81, 82) auf, zwischen denen sich ein Federelement (7) befindet. Unabhängig von der individuellen Lage und Höhe eines Chips (4) sorgt das jeweilige Federelement (7) für eine einheitliche Auflagekraft. Überbelastungen der Halbleiterchips (4) beim Einspannen des Moduls werden durch keramische Stützelemente (10) verhindert.



DE 199 03 245 A 1

TECHNISCHES GEBIET

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Leistungselektronik. Sie geht aus von einem Leistungshalbleitermodul nach dem Oberbegriff des ersten Anspruchs.

STAND DER TECHNIK

Ein solches Leistungshalbleitermodul wird bereits in der Offenlegungsschrift DE 195 30 264 A1 beschrieben. Es handelt sich dabei um ein sogenanntes Druckkontakt-Halbleitermodul, bei welchem mehrere Halbleiterchips mit ihrer ersten Hauptelektrode auf einer Grundplatte angeordnet sind. Die zweiten Hauptelektroden der Chips werden von einer Mehrzahl von Kontaktstempeln elektrisch kontaktiert. Die Grundplatte ist mit einem ersten Hauptanschluss und die Kontaktstempel sind mit einem zweiten Hauptanschluss verbunden.

Es ist schwierig, die einzelnen Chips auf eine gemeinsame Höhe geschweige denn planparallel zu löten. In der obengenannten Offenlegungsschrift wird die Lage jedes einzelnen Kontaktstempels entsprechend dem Abstand zwischen dem zu kontaktierenden Halbleiterchip und dem zweiten Hauptanschluss individuell eingestellt. Dadurch können die Anforderungen an die Planparallelität der Chipoberflächen reduziert werden. Die Position der beweglich gelagerten Kontaktstempel konstanter Länge wird durch eine Feder eingestellt, welche in einer für die Aufnahme der Kontaktstempel vorgesehenen Bohrung angeordnet ist. Die auf das Modul wirkende Kraft wird über diese Federn auf die einzelnen Halbleiterchips übertragen. Die in obengenannter Offenlegungsschrift angegebene Lösung weist den Nachteil auf, dass der Strom durch die Feder fließen muss. Die elektrische Leitfähigkeit der Feder selbst und insbesondere diejenige des Übergangs zwischen der Feder und dem Kontaktstempel oder dem zweiten Hauptanschluss ist jedoch oftmals ungenügend.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Leistungshalbleitermodul anzugeben, bei welchem alle Halbleiterchips unabhängig von ihrem Abstand zum zweiten Hauptanschluss mit demselben Druck beaufschlagt werden und bei welchem die elektrische Leitfähigkeit der für die Kontaktierung vorgesehenen Mittel verbessert ist. Diese Aufgabe wird durch ein Leistungshalbleitermodul mit den Merkmalen des ersten Anspruchs gelöst.

Kern der Erfindung ist es, die für die elektrische Verbindung zwischen den Halbleiterchips und dem zweiten Hauptanschluss vorgesehenen Mittel von den Federelementen, welche für die für alle Halbleiterchips einheitliche Auflagekraft verantwortlich sind, zu trennen. Für jeden Halbleiterchip wird eine elektrische Verbindung zum zweiten Hauptanschluss des Moduls geschaffen, welche sich durch eine gute Leitfähigkeit und kleine Übergangswiderstände auszeichnet.

Dazu sind Kontaktelemente vorgesehen, welche zwei ebene Kontaktflächen aufweisen. Der Abstand zwischen diesen Kontaktflächen wird durch ein Verbindungselement überbrückt. Dieses Verbindungselement muss flexibel sein und weist vorzugsweise die Form eines Bügels oder eines drahtartigen Leiters auf.

Jedes Kontaktelement ist durch ein Federelement gespreizt. Dabei werden die Kontaktflächen einerseits an die Deckplatte und andererseits auf den Halbleiterchip gedrückt

und ermöglichen so einen geringen Kontaktwiderstand. Die Übertragung der Auflagekraft erfolgt durch das gespannte Federelement, welches zwischen den Kontaktflächen angeordnet ist und zur elektrischen Leitung wenig bis gar nichts beiträgt.

Leistungshalbleitermodule mit druckkontaktierten Halbleiterchips sind im Allgemeinen kurzschlussfest, da keine dünnen Bonddrähte vorhanden sind, welche unter Überlast schmelzen können. Allerdings sind bei der Druckkontaktierung ohne besondere Vorsichtsmassnahmen die empfindlichen Halbleiterchips, insbesondere IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) Chips mechanischen Fehl- oder Überbelastungen ausgesetzt, welche zur Zerstörung der Chips führen können. Insbesondere beim Einspannen seriegelagerter Module in Stapel kann es zu Beschädigungen kommen. Dies wird in einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vermieden, indem zwischen dem ersten und zweiten Hauptanschluss Stützelemente zur Aufnahme einer eventuellen Überbelastung vorgesehen sind. Diese begrenzen den Federweg und somit die maximale von dem Federelement übertragene Auflagekraft. Sobald die Deckplatte auf den Stützen aufliegt, wird jede weitere Belastung von diesen aufgenommen und der Kontaktdruck auf die Halbleiterchips wird von der äusseren Einspannbelastung entkoppelt. Gemäss einer weiteren bevorzugten Ausführungsform können die aus Feder- und Kontaktelement gebildeten Einheiten vorgefertigt und bei der Bestückung des Halbleitermoduls einfach auf die Chips aufgesetzt werden. Die erwähnte Einheit ist noch kompakter und leichter zu handhaben, falls das Federelement vorgespannt ist, indem es durch geeignete Rückhaltemittel an einer vollständigen Entspannung gehindert wird. Dies erlaubt insbesondere eine kostengünstigere da vereinfachte Herstellung der Halbleitermodule.

Die Kontaktierung der Chips mittels der erfindungsgemässen Kombination von Kontaktelement und Federelement gewährleistet einen permanenten niederohmigen Übergangswiderstand zwischen den Gehäusekontakten und dem Chip. Dadurch wird bei Ausfall eines Chips der ganze Nominalstrom über den defekten Chip geleitet, ohne dass die entsprechenden Kontakte Schaden nehmen. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch einen Teil eines erfindungsgemässen Leistungshalbleitermoduls nach einer ersten Ausführungsform und

Fig. 2 einen Schnitt durch einen Teil eines erfindungsgemässen Leistungshalbleitermoduls nach einer zweiten Ausführungsform.

Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst. Grundsätzlich sind gleiche Teile mit denselben Bezugszeichen versehen, sofern nicht aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Wiederholung eines Bezugszeichens verzichtet wurde.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

In **Fig. 1** ist ein Ausschnitt aus einem Schnitt durch ein Hochleistungshalbleitermodul nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung gezeigt. In einem gemeinsamen Gehäuse sind eine Vielzahl von einzelnen Halbleiterchips 4

getrennt nebeneinander angeordnet, wobei in **Fig. 1** nur zwei einzelne Chips **4** dargestellt sind. Vorzugsweise handelt es sich bei den Halbleiterchips um IGBT-Chips oder Diodenchips oder eine Kombination dieser zwei Arten von Chips. Nicht dargestellt sind in **Fig. 1** die Gateanschlüsse zur Ansteuerung der Halbleiterchips.

Das Gehäuse wird durch eine Basisplatte **2**, eine Deckplatte **3** und eine Gehäusewand gebildet. Die Basisplatte **2**, welche einen ersten Hauptanschluss **20** des Moduls bildet, und die Deckplatte **3** welche einen zweiten Hauptanschluss **30** des Moduls bildet, können als massive Kupferblöcke ausgebildet sein. In der Basisplatte **2** sind zudem hier nicht gezeigte Kühlvorrichtungen integriert. Die Halbleiterchips **4** umfassen auf der Unter- und Oberseite eine erste **40** und eine zweite **41** metallisierte Hauptelektrode. Die zweite Hauptelektrode **41** jedes Halbleiterchips ist über ein Kontaktelement **8** mit der Deckplatte **3** elektrisch verbunden. Zwischen der ersten Hauptelektrode **40** und der Basisplatte **2** einerseits und zwischen der zweiten Hauptelektrode **41** und dem Kontaktelement **8** andererseits können weitere Folien, Platten und/oder Lötsschichten vorgesehen sein. Als Beispiel für eine derartige Zwischenschicht seien Platten **5** aufgeführt, welche in ihrer thermischen Ausdehnung an das Silizium-Halbleitermaterial angepasst und aus Materialien wie Mo, Cu, oder Mo-Cu Kompositen gefertigt sind.

Um den Übergangswiderstand zwischen der zweiten Hauptelektrode **41** eines Halbleiterchips **4** und dem Kontaktelement **8** gering zu halten, umfasst letzteres eine erste ebene Kontaktfläche **81**. Diese liegt auf der zweiten Hauptelektrode **41** oder auf der obersten der erwähnten Zwischenschichten **5** auf. Ein Federelement **7** ist derart angeordnet, dass das Kontaktelement **8** durch das Federelement **7** gespreizt wird. Eine zweite ebene Kontaktfläche **82** des Kontaktelementes **8** wird dementsprechend durch das gespannte Federelement **7** gegen die Deckplatte **3** gedrückt. Zwischen dem Federelement **7** und den zwei Kontaktflächen **81**, **82** befinden sich eine erste **70** und eine zweite **71** Unterlagsscheibe. Sind diese Unterlagsscheiben **70**, **71** elektrisch isolierend ausgebildet, so wird auch durch ein metallisches Federelement **7** überhaupt kein Strom fließen.

Die durch das gespannte Federelement **7** auf die Halbleiterchips **4** und die Deckplatte **3** übertragene Auflagekraft wird durch den Druck kompensiert, welcher auf die Hauptanschlussflächen **20**, **30** des Moduls im seinem eingespannten Zustand ausgeübt wird.

Weil sich der Abstand zwischen den zwei Kontaktflächen **81**, **82** eines Kontaktelementes **8** erst im eingespannten Modul nicht mehr ändert, muss er durch ein flexibles leitendes Verbindungselement **80** überbrückt werden. Insbesondere ist das Federelement **7** vor seinem Einbau ausgedehnter, d. h. weniger gespannt als im einmal eingespannten Modul. Das Verbindungselement **80** kann beispielsweise die Form eines Bügels aufweisen, mehrere Bügel umfassen oder aus einem oder mehreren Drahtstücken gebildet sein. Das Verbindungselement **80** dient erfindungsgemäss ausschliesslich der elektrischen Leitung.

Wie eingangs bereits erläutert, ist die Höhe der Stapel bestehend jeweils aus einem Halbleiterchip **4** sowie Molybdänplatten **5** und Lötsschichten innerhalb eines Moduls nicht einheitlich. Es bereitet Schwierigkeiten, die jeweils durch die erste Kontaktfläche **81** des Kontaktelementes **8** zu kontaktierenden, obersten Zwischenschichten alle auf exakt dieselbe Höhe auszurichten. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn verschiedene Arten von Chips in ein und demselben Modul Verwendung finden. Um die Problematik zu verdeutlichen, sind in der **Fig. 1** die unterschiedlich dicken Chips übertrieben dargestellt. Entsprechend ist die Distanz, welche durch das Kontaktelement überbrückt wird, von

Chip zu Chip beziehungsweise von Kontaktelement zu Kontaktelement verschieden. Durch die Verwendung der erfindungsgemässen Kontaktelemente **8** mit flexibler Ausdehnung, d. h. variablem Abstand zwischen den Kontaktflächen **81**, **82** stellt dies jedoch kein Problem mehr dar.

Um die Halbleiterchips **4** vor mechanischen Fehl- und Überbelastungen zu schützen, sind Stützelemente **10** aus kriechfesten Materialien, vorzugsweise aus Keramik, vorgesehen. Wird nämlich der Druck auf die Hauptanschlussflächen **20**, **30** beim Einspannen des Moduls in einen Stapel zu gross, kann ersterer von den Stützelementen **10** aufgenommen werden. Das Federelement **7** wird beim Einspannen des Moduls weiter komprimiert, und zwar maximal so weit, bis die Deckplatte **3** auf den Stützelementen **10** aufliegt. Jede weitere Über- oder Fehlbelastung wird somit nicht mehr an die Halbleiterchips **4** weitergegeben. Die Stützelemente **10** können als einzelne Pfeiler oder als Stützring im Inneren des Moduls ausgebildet sein oder mit der Gehäusewand identisch sein.

Ein weiteres Beispiel für die eingangs genannten Zwischenschichten ist die im Folgenden als Stempelfuss **60** bezeichnete Platte. Sie dient zusätzlich zu der ersten Unterlagsscheibe **70** zur Vergleichsmässigung des durch das Federelement **7** ausgeübten Drucks und ist zwischen dem Federelement **7** und dem Chip **4** vorgesehen. Dies ist insbesondere dann angebracht, wenn die Querschnitte von Federelement **7** und Halbleiterchip **4** in Form und Grösse nicht übereinstimmen. Die erste Kontaktfläche **81** des Kontaktelementes **8** kommt dann vorzugsweise zwischen die chipseitige Unterlagsscheibe **70** und den Stempelfuss **60** zu liegen.

Dieser Stempelfuss **60** dient zusätzlich als Basis eines eigentlichen Stempels **6**. Ein solcher Stempel **6** umfasst weiter einen Stempelhals **61** und einen daran anschliessenden verbreiterten Stempelkopf **62**. Aufgabe eines derart ausgestalteten Stempels **6** ist es, eine vollständige Entspannung des Federelements **7** zu verhindern beziehungsweise für eine gewisse Vorspannung besorgt zu sein. Zu diesem Zweck sind noch weitere Rückhaltemittel **9** notwendig, darunter beispielsweise ein O-Ring **90**, welcher zwischen den Stempelkopf **62** und der deckplattenseitigen zweiten Unterlagsscheibe **71** (oder der zweiten Kontaktfläche **82**) plaziert wird. Diese zweite Unterlagsscheibe **71** ist mit einer Öffnung versehen, deren Durchmesser etwas grösser ist als derjenige des Stempelkopfes **62**. Der O-Ring **90** weist einen Innendurchmesser kleiner als der Durchmesser des Stempelkopfes **62** und einen Aussendurchmesser grösser als der Durchmesser der Öffnung der zweiten Unterlagsscheibe **71** auf. Der dergestalt zwischen Stempelkopf **62** und zweiter Unterlagsscheibe **71** eingeklemmte O-Ring **90** verhindert nun, dass sich das unbelastete Federelement **7** über den Stempelkopf **62** hinaus entspannt. Alternativ zu obigem O-Ring **91** ist ein abnehmbarer Stempelkopf **62** denkbar mit einem Durchmesser, welcher grösser ist als der Durchmesser der Öffnung der zweiten Unterlagsscheibe **71**.

Mit diesen Mitteln kann dem Federelement **7** eine beliebige Vorspannung verpasst werden, wodurch der zusätzliche Federweg beim Aufsetzen der Deckplatte **3** bzw. beim Einspannen des Moduls minimiert wird. Die aus vorgespanntem Federelement **7**, Stempel **6** und Kontaktelement **8** gebildete Einheit kann als eigenständiges, kompaktes Bauteil hergestellt und als solches in das Modul eingesetzt werden.

Beim Aufsetzen der Deckplatte **3** beziehungsweise beim Einspannen des Moduls in den Halbleiterstapel wird das Federelement **7** noch etwas weiter zusammengedrückt, wodurch sich der Abstand zwischen dem Stempelkopf **62** und der Deckplatte **3** verringert. Entsprechend muss eine Stempelkopfkammer **91** vorgesehen sein zur Aufnahme der Relativbewegung zwischen Stempelkopf **62** und Rückhaltemittel

9 bzw. Deckplatte 3. Diese Stempelkopfkammer 91 kann durch eine Ausnehmung 92 in der Deckplatte 3 gebildet werden (Fig. 1) oder durch ein L-förmiges trichterartiges Profilelement 93, welches deckplattenseitig auf dem Federelement 7 aufliegt. Diese Ausführungsform ist in Fig. 2 an einem einzelnen Chip dargestellt. In diesem Fall braucht in der Deckplatte 3 keine Ausnehmung angebracht zu werden. Zudem ist hier die zweite Kontaktfläche 82 durchgehend ausgebildet und weist somit eine grössere Auflagefläche auf.

Das Federelement 7 kann eine Spiralfeder sein, eine oder mehrere Tellerfedern umfassen oder als Zylinder aus einem elastischen Material gefertigt sein. Obschon in den angeführten Beispielen das Federelement 7 stets komprimiert wurde sind auch Ausführungsformen denkbar, bei denen es auf Zug belastet wird. Das Federelement 7 braucht im weiteren nicht notwendigerweise den Stempelhals 61 zu umschliessen, sondern kann auch neben diesem angeordnet sein.

Der Stempel 6 und das Federelement 7 können in einer Ebene parallel zu den Hauptanschlüssen 20, 30 einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen, d. h. rotationsymmetrisch ausgebildet sein. Eine nur in Fig. 1 gezeigte Ausgleichsfolie 11 verbindet die zweiten Hauptelektroden 41 der Halbleiterchips 4 elektrisch und mechanisch untereinander und dient dazu, unterschiedliche Spannungsabfälle zwischen den Halbleiterchips auszugleichen.

2 Basisplatte

20 1. Hauptanschluss

3 Deckplatte

30 2. Hauptanschluss

4 Halbleiterchip

40 1. Hauptelektrode

41 2. Hauptelektrode

5 Molybdänplatten

6 Stempel

60 Stempelfuss

61 Stempelhals

62 Stempelkopf

7 Federelement

70 1. Unterlagsscheibe

71 2. Unterlagsscheibe

8 Kontaktelement.

80 Flexibles Verbindungselement, Bügel, Draht

81 1. Kontaktfläche

82 2. Kontaktfläche

9 Rückhaltemittel, Vorspannmittel

90 O-Ring

91 Stempelkopfkammer

92 Ausnehmung

93 Profilelement

10 Stützelement

11 Ausgleichsfolie

Patentansprüche

1. Leistungshalbleitermodul mit einer Basisplatte (2), einer Deckplatte (3), und mindestens einem Halbleiterchip (4), welcher mit einer ersten Hauptelektrode (40) mit der Basisplatte (2) in elektrischer Verbindung steht und welcher mit einer zweiten Hauptelektrode (41) über ein gefedertes elektrisches Kontaktelement (8) mit der Deckplatte (3) in elektrischer Verbindung steht, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Federelement (7) vorhanden ist, welches das mindestens eine Kontaktelement (8) in eine die elektrische Verbindung zwischen zweiter Hauptelektrode (41) und Deckplatte (3) erstellende Form spreizt.
2. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, da-

durch gekennzeichnet, dass das Kontaktelement (8) zwei Kontaktflächen (81, 82) und ein flexibles elektrisches Verbindungselement (80) umfasst, wobei die erste Kontaktfläche (81) mit der zweiten Hauptelektrode (41) und die zweite Kontaktfläche (82) mit der Deckplatte (3) in elektrischer Verbindung steht, und dass das Federelement (7) zwischen den zwei Kontaktflächen (81, 82) angeordnet ist.

3. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das flexible Verbindungselement (80) einen oder mehrere verformbare Bügel aufweist.

4. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Federelement (7) eine Spiralfeder ist oder Tellerfedern oder ein zylindrisches Bauteil aus einem elastischem Material umfasst.

5. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Federelement (7) gegenüber dem Kontaktelement (8) elektrisch isoliert ist.

6. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein vorzugsweise keramisches Stützelement (10) zwischen der Basisplatte (2) und der Deckplatte (3) vorhanden ist.

7. Leistungshalbleitermodul nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vorspannung des Federelementes (7) Mittel vorgesehen sind, welche einen Stempel (6), aufweisend einen zwischen Federelement (7) und Halbleiterchip (4) angeordneten Stempelfuss (60), einen Stempelhals (61) und einen in einer Stempelkopfkammer (91) gefangenen Stempelkopf (62), umfassen.

8. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Stempelfuss (60) zwischen der ersten Kontaktfläche (81) und dem Halbleiterchip (4) angeordnet ist.

9. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Stempelhals (61) das Federelement (7) durchsetzt.

10. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Stempelkopfkammer (91) gebildet ist durch eine Ausnehmung (92) in der Deckplatte (3) oder ein zwischen dem Federelement (7) und der Deckplatte (3) angeordnetes L-förmiges Profilelement (93).

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

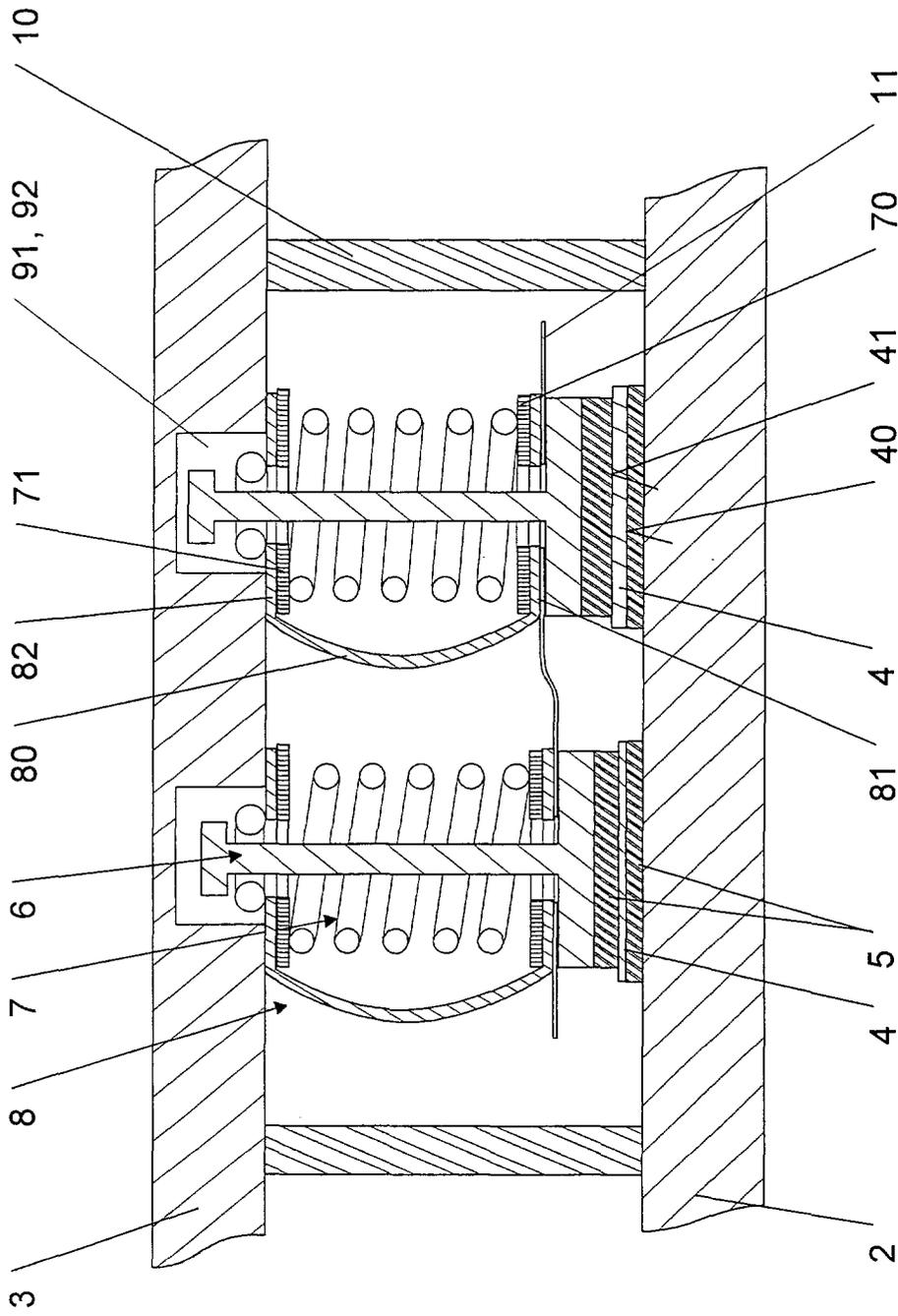


Fig. 1

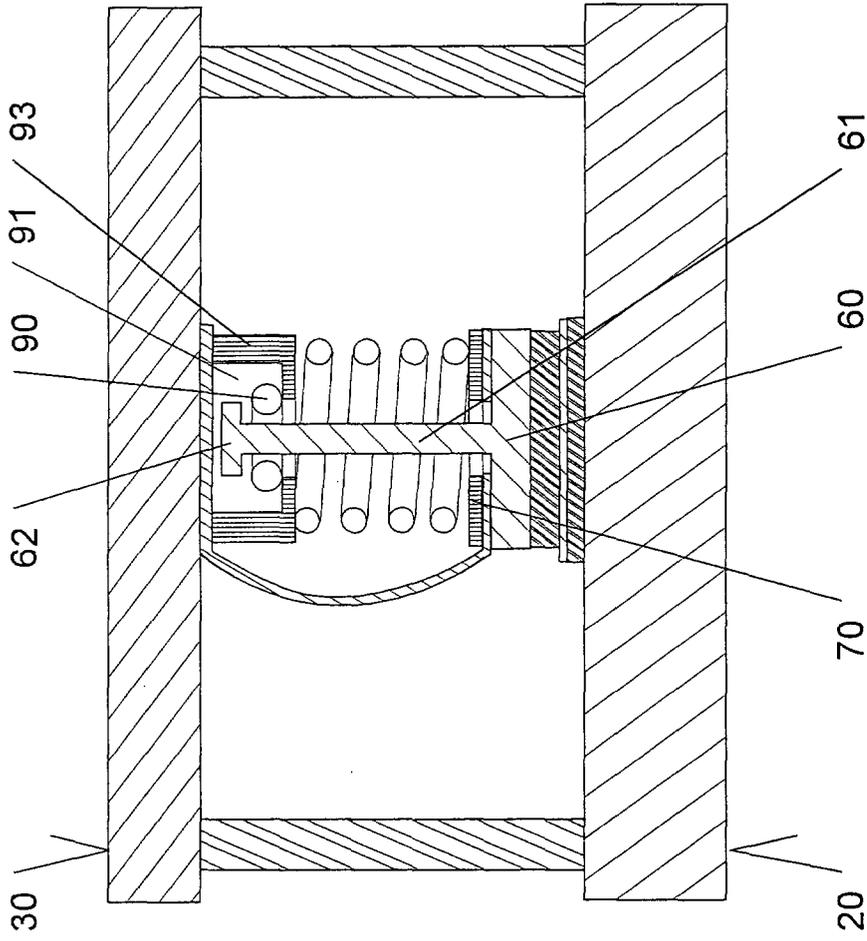


Fig. 2