



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 60 573 A1** 2005.07.28

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 60 573.8**  
(22) Anmeldetag: **22.12.2003**  
(43) Offenlegungstag: **28.07.2005**

(51) Int Cl.7: **H01L 25/07**  
**H01L 23/36, H01L 23/48**

(71) Anmelder:  
**EUPEC Europäische Gesellschaft für  
Leistungshalbleiter mbH, 59581 Warstein, DE**

(72) Erfinder:  
**Krause, Elmar, 59581 Warstein, DE**

(74) Vertreter:  
**Westphal, Mussnug & Partner, 80336 München**

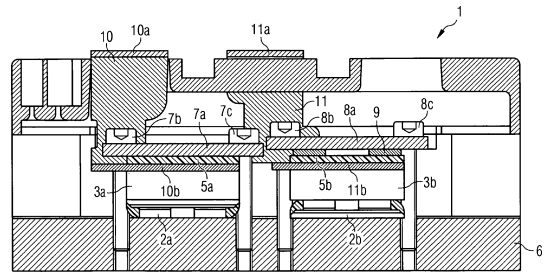
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**JP 11121691 AA;**

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

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Leistungshalbleitermodul**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Leistungshalbleitermodul (1) mit wenigstens zwei Halbleiterelementen (2a, 2b) und wenigstens einem Wärmespeicher (3a, 3b), wobei wenigstens einer der Wärmespeicher (3a, 3b) ausschließlich mit einem der Halbleiterelemente (2a, 2b) in thermischem Kontakt steht.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Leistungshalbleitermodul mit wenigstens zwei Halbleiterelementen.

**[0002]** Derartige elektronische Leistungshalbleitermodule werden beispielsweise dann eingesetzt, wenn hohe Ströme zu steuern, zu regeln oder zu schalten sind. Dabei kann es wenigstens in bestimmten Betriebsphasen zu einer erhöhten Verlustleistung in den Halbleiterelementen kommen, die in Form von Wärme von dem Halbleiterelement abgeführt werden muss.

**[0003]** Ein typisches Anwendungsbeispiel für ein derartiges Leistungshalbleitermodul sind Ansteuer-einheiten für Elektromotore. Hier entstehen insbesondere in der Anlaufphase über einen bestimmten Zeitraum besonders hohe Verlustleistungen, so dass auch die von den Halbleiterelementen abzuführende Wärme in diesem Zeitraum besonders hoch ist.

## Stand der Technik

**[0004]** Ein derartiges Leistungshalbleitermodul ist aus der DE 100 22 341 A1 bekannt. Dieses bekannte Leistungshalbleitermodul weist zwei elektrisch antiparallel geschaltete Halbleiterelemente und mindestens einen Kühlkörper auf, wobei die beiden Halbleiterelemente über eine Druckkontaktierung zwischen mindestens zwei leitende Schienen eingespannt sind.

**[0005]** Ein Nachteil des hier beschriebenen elektronischen Leistungshalbleitermoduls ist die mangelnde Flexibilität des Modulaufbaus in Folge der für die Kühlung mehrerer Halbleiterelemente gemeinsam genutzter Komponenten.

## Aufgabenstellung

**[0006]** Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Leistungshalbleitermodul der eingangs genannten Art vorzustellen, dessen Halbleiterelemente auf einfache und wirtschaftliche Weise flexibel angeordnet und hinsichtlich ihrer Kühlung individuell optimiert werden können.

**[0007]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand von Unteransprüchen.

**[0008]** Ein erfindungsgemäßes Leistungshalbleitermodul weist wenigstens zwei Paare aus jeweils einem Halbleiterelement und einem Wärmespeicher auf, wobei der Wärmespeicher eines Paares mit dem Halbleiterelement desselben Paares und nur mit diesem Halbleiterelement in thermischem Kontakt steht.

**[0009]** Das bedeutet, dass ein Wärmespeicher genau einem der Halbleiterelemente in dem Sinn zugeordnet ist, dass es von diesem Halbleiterelement abgegebene Wärme aufnimmt. Daher ist es erforderlich, dass jeder Wärmespeicher mit dem ihm zugeordneten Halbleiterelement in thermisch leitendem Kontakt steht.

**[0010]** Ein Wärmespeicher ist also exklusiv immer nur einem, jedoch nicht zwei oder mehreren Halbleiterelementen zugeordnet, während einem Halbleiterelement durchaus mehrere Wärmespeicher zugeordnet sein können.

**[0011]** Unter einem Wärmespeicher versteht man eine Vorrichtung, die Wärme schnell aufnimmt, zwischenspeichert und anschließend langsam wieder abgibt. Hierin besteht auch der Unterschied zu einem Kühlkörper, dessen Zweck darin besteht, die aufgenommene Wärme schnell wieder abzugeben. Kühlkörper werden in Bereichen eingesetzt, in denen es darauf ankommt, kontinuierlich anfallende Wärme ebenso kontinuierlich wieder abzugeben. Im Gegensatz dazu werden Wärmespeicher dann verwendet, wenn ein zu kühlendes Element kurzzeitig, d.h. in einem beschränkten Zeitraum, überdurchschnittlich viel Abwärme produziert.

**[0012]** Das Wesensmerkmal eines Kühlkörpers besteht darin, eine möglichst große Oberfläche bereitzustellen, um die aufgenommene Wärme so schnell wie möglich abzuleiten. Ein Wärmespeicher hingegen muss ein hohes Wärmespeichervermögen, also eine hohe Wärmekapazität aufweisen. Die Wärmekapazität eines Körpers aus einem bestimmten Material steigt proportional zu dessen Masse, d.h. ein guter Wärmespeicher zeichnet sich durch große Masse aus.

**[0013]** Bei den in einem erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermodul verwendeten Halbleiterelementen handelt es sich typischerweise um Dioden, Thyristoren, IGBTs, GTOs, IGCTs oder MOSFETs. Die Halbleiterelemente können beispielsweise als Halbleiterzelle, bevorzugt als Scheibenzelle, ausgebildet sein.

**[0014]** Die Verwendung von zwei oder mehreren Halbleiterelementen in einem Leistungshalbleitermodul kann sich aus dessen Anwendung ergeben. Ein Beispiel hierfür ist ein Halbbrücken-Leistungshalbleitermodul zur Ansteuerung eines Elektromotors. Ebenso sind auch Vollbrücken- oder Mehrphasen-Leistungshalbleitermodule denkbar.

**[0015]** Die Halbleiterelemente eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls können prinzipiell beliebig verschaltet sein. In bevorzugten Ausführungsformen sind dabei zwei oder mehrere Halbleiterelemente parallel oder antiparallel geschaltet.

**[0016]** Dadurch, dass ein Wärmespeicher exklusiv mit nur einem der Halbleiterelemente in thermisch leitendem Kontakt steht, ist es möglich, den Wärmespeicher hinsichtlich seines Wärmespeichervermögens, seiner Wärmeleitfähigkeit, seiner geometrischen Form, sowie hinsichtlich seiner Positionierung und Ausrichtung innerhalb des elektronischen Leistungshalbleitermoduls individuell anzupassen.

**[0017]** Bei bevorzugten Ausführungsformen ist ein Wärmespeicher quader- oder zylinderförmig ausgebildet. Verschiedene Wärmespeicher eines Leistungshalbleitermoduls können erfindungsgemäß unterschiedliche Höhen, Längen, Breiten bzw. Durchmesser aufweisen.

**[0018]** Da ein in einem erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermodul verwendetes Halbleiterelement einerseits in gutem thermischen Kontakt mit einem ihm zugeordneten Wärmespeicher stehen muss und andererseits wegen der vorkommenden hohen Ströme eine mit ausreichendem Querschnitt ausgelegte elektrische Kontaktierung benötigt, ist es vorteilhaft, den Wärmespeicher elektrisch leitend mit dem ihm zugeordneten Halbleiterelement zu kontaktieren. Der Wärmespeicher übernimmt damit zusätzlich zur Funktion der Wärmespeicherung auch die Funktion der elektrischen Kontaktierung des elektronischen Leistungshalbleitermoduls.

**[0019]** Üblicherweise ist ein in einem erfindungsgemäßen elektronischen Leistungshalbleitermodul verwendetes Halbleiterelement mit wenigstens zwei Lastanschlüssen versehen. Meist ist zumindest einer dieser Lastanschlüsse mit einem Anschlusskontakt zur äußeren Kontaktierung des elektrischen Leistungshalbleitermoduls elektrisch leitend verbunden.

**[0020]** In besonders vorteilhafter Weise ist dann der Wärmespeicher zwischen dem Halbleiterelement und dem Anschlusskontakt angeordnet und mit diesem elektrisch leitend verbunden. Die in dem Halbleiterelement anfallende Wärme kann so in Folge der thermischen Kontaktierung zum Wärmespeicher hin abgeleitet werden.

**[0021]** Häufig ist es auch sinnvoll oder erforderlich, dass zwei oder mehrere der Halbleiterelemente eines Leistungshalbleitermoduls einen gemeinsamen elektrischen Kontakt aufweisen. Ein derartiger gemeinsamer elektrischer Kontakt muss daher eine bestimmte minimale Stromtragfähigkeit aufweisen, da sich die Ströme der einzelnen, elektrisch miteinander kontaktierten Halbleiterelemente addieren. Des Weiteren kann ein Teil der in den miteinander verbundenen Halbleiterelementen anfallenden Wärme in dem gemeinsamen elektrischen Kontakt gespeichert oder über diesen abgeleitet werden.

**[0022]** Als Materialien für einen derartigen gemein-

samen elektrischen Kontakt eignen sich daher im Besonderen Materialien mit hohem Wärmespeichervermögen, d.h. mit hoher spezifischer Wärmekapazität bei gleichzeitig guter thermischer und elektrischer Leitfähigkeit.

**[0023]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist der gemeinsame elektrische Kontakt als Stromschiene ausgebildet. Besonders bevorzugt ist der gemeinsame elektrische Kontakt als Gehäuseelement, beispielsweise als Gehäuseboden, als Gehäusedeckel, oder Seitenwand ausgebildet.

**[0024]** Um die in einem Wärmespeicher oder die in einem gemeinsamen elektrischen Kontakt gespeicherte Wärme ausreichend gut abzuführen, kann der Wärmespeicher bzw. der gemeinsame elektrische Kontakt zusätzlich mit einem herkömmlichen Kühlkörper versehen werden. Eine entsprechend gute thermische Kontaktierung des Kühlkörpers mit dem Wärmespeicher ist dabei anzustreben.

**[0025]** Als Materialien für einen Wärmespeicher bzw. einen gemeinsamen elektrischen Kontakt eignen sich insbesondere Kupfer, Aluminium oder eine Legierung eines dieser Elemente mit einem oder mehreren anderen Metallen.

**[0026]** Für eine gute thermische bzw. elektrische Kontaktierung von zwei oder mehreren der oben genannten Komponenten, also Halbleiterelementen, Wärmespeichern, Anschlusskontakten oder gemeinsamer elektrischer Kontakte besteht entweder die Möglichkeit, diese dauerhaft miteinander zu verbinden, beispielsweise durch Schweißen oder Löten, oder diese durch eine von außen wirkende Kraft aneinander zu pressen.

**[0027]** Module der zuletzt genannten Art werden auch als DK-Module bezeichnet (DK = Druckkontaktierung). Zu deren Realisierung ist eine Spannvorrichtung vorgesehen. Diese kann beispielsweise aus einer Platte bestehen, die die miteinander zu kontaktierenden Elemente mittels zweier oder mehrerer Schrauben gegen einen Grundkörper presst, der beispielsweise aus einem gemeinsamen elektrischen Kontakt oder dem Boden, dem Deckel bzw. der Seitenwand eines Gehäuses gebildet sein kann.

**[0028]** Bei bestimmten Ausführungsformen der Spannvorrichtung kann es erforderlich sein, zwischen bestimmten der miteinander in thermischen Kontakt zu bringenden Elemente einen Isolator – beispielsweise in Form einer Isolierschicht – einzufügen, um einen Kurzschluss des Halbleiterelements zu vermeiden.

**[0029]** Derartige Isolatoren müssen einerseits eine ausreichende elektrische Isolierung bieten und andererseits eine gute Wärmeübertragung zulassen. Hier-

für eignen sich beispielsweise Keramikscheiben oder Isolierfolien.

[0030] Generell ist es für alle thermisch und elektrisch gut leitenden Kontaktierungen vorteilhaft, wenn die miteinander in Kontakt stehenden Komponenten möglichst große Kontaktflächen aufweisen.

[0031] Um eine möglichst hohe Isolierfestigkeit zu erreichen, ist es sinnvoll, die Module mit einer geeigneten Vergussmasse zu vergießen.

Ausführungsbeispiel

[0032] Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

[0033] [Fig. 1](#) ein erfindungsgemäßes Leistungshalbleitermodul mit zwei antiparallel geschalteten Halbleiterelementen, von denen jedes mit einem Wärmespeicher elektrisch und thermisch kontaktiert ist, im Querschnitt,

[0034] [Fig. 2](#) ein erfindungsgemäßes Leistungshalbleitermodul gemäß [Fig. 1](#), jedoch mit unterschiedlich dimensionierten Wärmespeichern im Querschnitt.

[0035] Das in [Fig. 1](#) dargestellte Leistungshalbleitermodul **1** ist als DK-Modul aufgebaut und zeigt eine Halbbrücke mit zwei antiparallel geschalteten Halbleiterelementen **2a**, **2b**. Beide Halbleiterelemente **2a**, **2b** liegen flächig auf einem gemeinsamen elektrischen Kontakt **6** auf, der das Unterteil **6** des Gehäuses des Leistungshalbleitermoduls **1** bildet. Das Gehäuseunterteil **6** besteht wegen der guten thermischen und elektrischen Eigenschaften beispielsweise aus Kupfer.

[0036] Auf der dem Gehäuseunterteil **6** abgewandten Seite der Halbleiterelemente **2a**, **2b** ist jeweils ein Wärmespeicher **3a**, **3b** angeordnet, so dass je einer der Wärmespeicher **3a**, **3b** und je eines der Halbleiterelemente **2a**, **2b** Paare (**2a**, **3a**) bzw. (**2b**, **3b**) bilden. Das Halbleiterelement **2a**, **2b** und der Wärmespeicher **3a**, **3b** eines Paares stehen in thermisch und elektrisch gut leitendem Kontakt.

[0037] Um diesen guten thermischen und elektrischen Kontakt zu gewährleisten, wird die Abfolge aus dem Halbleiterelement **2a**, **2b**, dem Wärmespeicher **3a**, **3b**, der Isolierschicht **5a**, **5b** und der internen Kontaktfläche **10b**, **11b** des mehrfach gewinkelten Anschlusskontaktes **10**, **11** mittels einer Spannvorrichtung **7**, **8** an das Gehäuseunterteil **6** gepresst.

[0038] Die Isolierschichten **5a**, **5b** verhindern, dass die Halbleiterelemente **2a**, **2b** durch die Spannvor-

richtung **7**, **8** kurzgeschlossen werden.

[0039] Die Spannvorrichtung selbst setzt sich aus einer Flachfeder **7a**, **8a** sowie Schrauben **7b**, **7c**, **8b**, **8c** zusammen. Anstelle der Flachfeder **7a**, **8a** kann auch eine Platte oder ein Bügel eingesetzt werden. Die Spannvorrichtung **8a**, **8b**, **8c** für das rechts angeordnete Halbleiterelement **2b** weist zusätzlich eine Tellerfeder **9** auf, die zwischen der Flachfeder **8a** und der Isolierung **5b** angeordnet ist.

[0040] Die Anschlusskontakte **10**, **11** sind mehrfach gewinkelt und weisen externe Kontaktflächen **10a**, **11a** zur externen sowie interne Kontaktflächen **10b**, **11b** zur internen Kontaktierung auf. Sowohl die externen **10a**, **11a** als auch die internen **10b**, **11b** Kontaktflächen sind zur Erzielung eines möglichst geringen elektrischen wie thermischen Übergangswiderstandes großflächig ausgestaltet.

[0041] Ein Teil der in den Halbleiterelementen **2a**, **2b** anfallenden Wärme kann auf das Gehäuseunterteil **6** abgeführt werden.

[0042] Das in [Fig. 1](#) vorgestellte, erfindungsgemäße DK-Modul weist somit sowohl einen sehr geringen thermischen Übergangswiderstand (R<sub>thjc</sub>) als auch eine sehr geringe transiente Thermische Impedanz (Z<sub>thjc</sub>) auf.

[0043] Eine Abwandlung des erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls nach [Fig. 1](#) zeigt [Fig. 2](#). Im Unterschied dazu sind hier die Wärmespeicher **3a**, **3b** unterschiedlich dimensioniert. Beide Wärmespeicher **3a**, **3b** sind quaderförmig ausgebildet, weisen dieselbe Grundfläche, jedoch unterschiedliche Höhen auf.

[0044] Die bei dem Halbleiterelement **2b** auftretende maximale Verlustleistung ist höher als die bei dem Halbleiterelement **2a**. Daher erfordert auch der dem Halbleiterelement **2b** zugeordnete Wärmespeicher **3b** eine höhere Wärmekapazität als der dem Halbleiterelement **2a** zugeordnete Wärmespeicher **3a** und besitzt daher eine größere Bauform als dieser.

[0045] Grundsätzlich können die Abmessungen der einzelnen Wärmespeicher **3a**, **3b** beliebig sein. Wesentlich ist, dass ihre Wärmekapazität eines Wärmespeichers individuell an das ihm zugeordnete Halbleiterelement **2a**, **2b** angepasst ist.

Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Leistungshalbleitermodul
<b>2a,2b</b>	Halbleiterelement
<b>3a,3b</b>	Wärmespeicher
<b>5a,5b</b>	Isolierschicht

<b>6</b>	Gemeinsamer elektrischer Kontakt
<b>7a,8a</b>	Flachfeder
<b>7b,7c,8b,8c</b>	Schrauben
<b>9</b>	Tellerfeder
<b>10,11</b>	Anschlusskontakte
<b>10a,11a</b>	externe Kontaktfläche des Anschlusskontaktes
<b>10b,11b</b>	interne Kontaktfläche des Anschlusskontaktes

### Patentansprüche

1. Leistungshalbleitermodul mit wenigstens zwei Paaren aus jeweils einem Halbleiterelement (**2a, 2b**) und einem Wärmespeicher (**3a, 3b**), wobei der Wärmespeicher (**3a, 3b**) eines Paares mit dem Halbleiterelement (**2a, 2b**) desselben Paares und nur mit diesem Halbleiterelement (**2a, 2b**) in thermischem Kontakt steht.

2. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, bei dem wenigstens einer der Wärmespeicher (**3a**) elektrisch leitend das ihm zugeordnete Halbleiterelement (**2a**) kontaktiert.

3. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1 oder 2, bei dem wenigstens eines der Halbleiterelemente (**3a, 2b**) mit einem Anschlusskontakt (**10, 11**) elektrisch leitend verbunden ist.

4. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 3, bei dem einer der Wärmespeicher (**3a, 3b**) zwischen dem wenigstens einen Halbleiterelement (**2a, 2b**) und dem Anschlusskontakt (**10, 11**) angeordnet ist und diese elektrisch leitend verbindet.

5. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem wenigstens zwei der Halbleiterelemente (**2a, 2b**) einen gemeinsamen elektrischen Kontakt (**6**) aufweisen.

6. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 5, bei dem der gemeinsame elektrische Kontakt (**6**) als Stromschiene oder als Gehäuseelement (**6**) ausgebildet ist.

7. Leistungshalbleitermodul nach einem der Ansprüche 5 oder 6, bei dem der gemeinsame elektrische Kontakt (**6**) als Boden, Deckel oder Seitenwand eines Gehäuses ausgebildet ist.

8. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem wenigstens einer der Wärmespeicher (**3a, 3b**) aus Kupfer, Aluminium oder einer Legierung eines dieser Elemente mit einem oder mehreren anderen Metallen gebildet ist.

9. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Spannvorrichtung (**7**) zur thermischen und/oder elektrischen Kontaktie-

rung wenigstens eines der Halbleiterelemente (**2a, 2b**).

10. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 9, bei dem die Spannvorrichtung (**7**) Schrauben (**7b, 7c, 8b, 8c**) aufweist, die eine Flachfeder, eine Platte oder einen Bügel mit einem mechanisch stabilen Element verschrauben.

11. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem wenigstens zwei der Halbleiterelemente (**2a, 2b**) elektrisch parallel oder elektrisch antiparallel geschaltet sind.

12. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Wärmespeicherkapazität der mit einem Halbleiterelement (**2a, 2b**) in thermischem Kontakt stehenden Wärmespeicher (**3a, 3b**) an das Halbleiterelement (**2a, 2b**) angepasst ist.

13. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem wenigstens eines der Halbleiterelemente (**2a, 2b**) als Halbleiterzelle oder als Scheibenzelle ausgebildet ist.

14. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das als Halb- oder Vollbrücke oder als Mehrphasensystem ausgebildet ist.

15. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem Gehäuse, dessen Innenraum mittels einer Vergussmasse vergossen ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

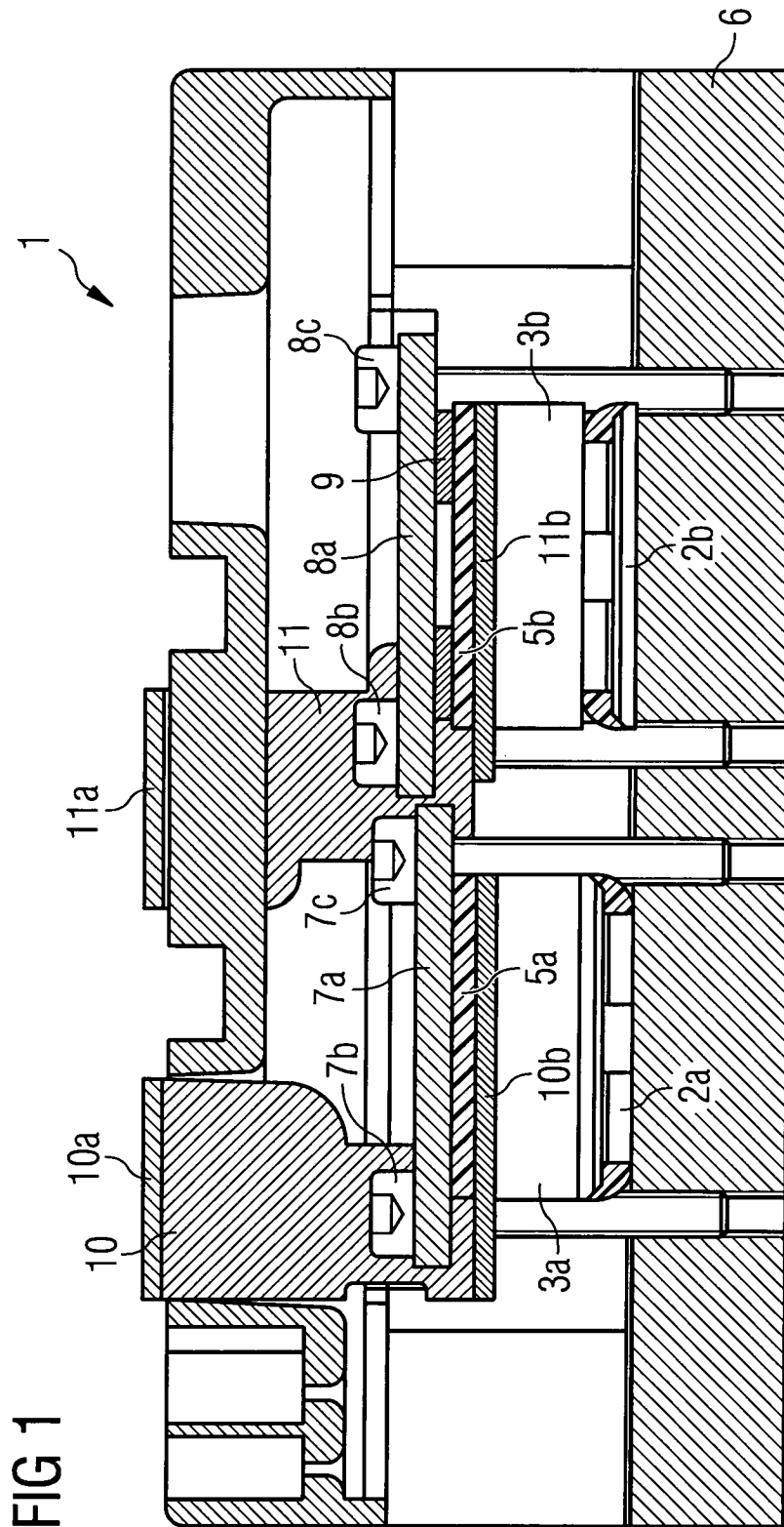


FIG 2

