



12

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **91114445.9**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01P 1/30**

22 Anmeldetag: **28.08.91**

30 Priorität: **27.09.90 DE 4030572**

71 Anmelder: **ANT Nachrichtentechnik GmbH**  
**Gerberstrasse 33**  
**W-7150 Backnang(DE)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**01.04.92 Patentblatt 92/14**

72 Erfinder: **Geissler, Klaus Heinrich, Dr. rer. nat.**  
**Nansenstrasse 21/1**  
**W-7150 Backnang(DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB IT**

54 **Vorrichtung zur Kompensation thermischer Dehnungen.**

57 2.1 Bei vielen Anwendungen werden Strukturen mit unterschiedlichen thermischen Dehnungen miteinander verbunden. Damit bei solchen Verbindungen keine Spannungen entstehen, ist ein Ausgleich der thermischen Dehnungen notwendig.

2.2 Zum Ausgleich der thermischen Dehnung einer Struktur (S) wird diese thermische Dehnung zunächst in ihrer Länge überkompensiert. Dies geschieht durch den Einsatz von mechanischen Komponenten (K12 bis K40) mit sehr unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Die Formgebung der mechanischen Komponenten (K12 bis K40) wird so gewählt, daß ihre elastische Verformung die Überkompensation, so weit wie von der Anwendung gewünscht, wieder rückgängig gemacht.

2.3 Mikrowellen-Hohlraumresonatoren auf Aluminium-Strukturen, integrierte Mikrowellenschaltungen auf Saphir oder Keramiksubstraten, die in Aluminiumgehäusen montiert werden sollen, gedruckte Schaltungen, die in Aluminiumgehäusen eingebaut werden sollen etc..

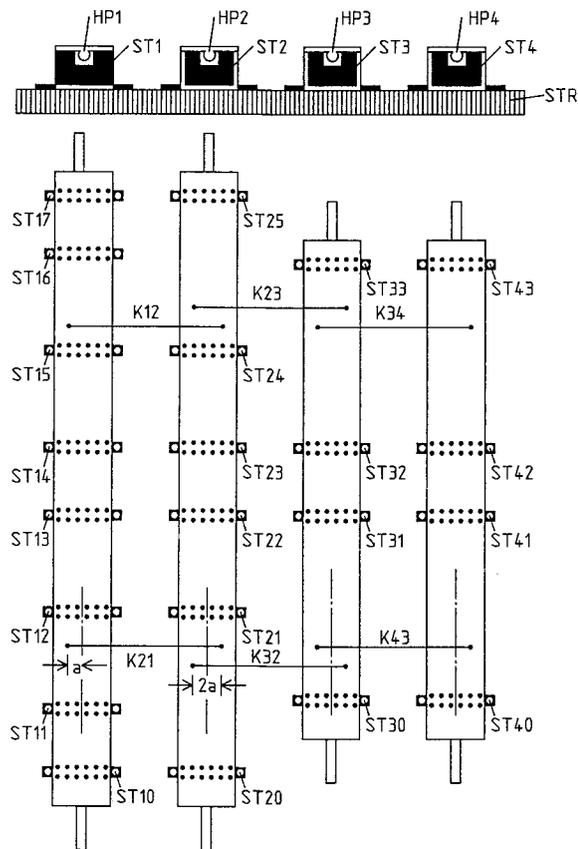


Fig. 3

EP 0 477 567 A2

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Kompensation thermischer Dehnungen einer Struktur derart, daß Strecken über größere Temperaturbereiche konstant gehalten werden oder sich entsprechend der thermischen Dehnung eines bestimmten Materials verändern.

Elektrische oder elektronische Baugruppen werden meist in metallischen Strukturen eingebaut. Dabei werden Verbindungen von Strukturen mit unterschiedlicher thermischer Dehnung notwendig, der Einbau soll jedoch spannungsfrei und die Verbindung reibungsfrei, wärmeleitend und beschleunigungsfest sein. Beispiele für Verbindungen von Strukturen mit unterschiedlicher thermischer Dehnung sind: INVVAR-Filter oder -Resonatoren auf Leichtbau-Aluminium-Strukturen, integrierte Mikrowellenschaltungen auf Saphir oder Keramiksubstraten in Aluminiumgehäusen oder gedruckte Schaltungen in Aluminiumgehäusen. Die Verbindungen sollen mechanisch zuverlässig gegen Schock und Vibration und mit geringem Gewichtsaufwand erfolgen. Die Einbaumethode soll sicherstellen, daß auch bei großen Temperaturänderungen, denen das Gesamtgebilde ausgesetzt wird, keine thermomechanischen Kräfte entstehen, die sich nachteilig auf elektrische Funktionseinheiten auswirken.

Ein Lösungsweg um die thermischen Dehnungen zu kompensieren sieht vor, daß man Ausdehnungslegierungen verwendet, aus denen Gehäuse hergestellt werden, in die die elektrischen Baugruppen eingebaut werden und die dem Temperaturverhalten der elektrischen Baugruppen angepaßt sind. Für manche Anwendungen bedeutet dies jedoch eine nicht tolerierbare Vergrößerung der Gerätemasse und außerdem ist dies nur eine Verlagerung des Problems, da das Problem der unterschiedlichen thermischen Dehnung nun an der Schnittstelle zur nächst größeren Struktur auftritt.

Es ist Aufgabe der Erfindung eine Vorrichtung zur Kompensation thermischer Dehnungen anzugeben, mit der Strecken zwischen zwei Teilen über größere Temperaturbereiche konstant gehalten werden können oder sich entsprechend der thermischen Dehnung eines bestimmten Materials verändern.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird das Zusammenwirken von unabhängigen Gegebenheiten ausgenutzt: Soll eine Strecke zwischen zwei Teilen über größere Temperaturbereiche konstant bleiben oder sich entsprechend der thermischen Dehnung eines bestimmten Materials dehnen und sind die beiden Teile auf einer Struktur derart befestigt, daß durch Einwirken einer Kraft eine Verschiebung stattfinden kann, so wird zunächst die

Strecke in ihrer Länge überkompensiert. Dies geschieht durch Einsatz von mechanischen Komponenten mit sehr unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Die Überkompensation alleine würde keine konstante Streckenlänge sondern eine sich verringernde Streckenlänge bewirken. Die Formgebung der mechanischen Komponenten wird so gewählt, daß die Krafteinwirkung, die notwendig ist, um die beiden Teile zu verschieben, zu einer elastischen Verformung der mechanischen Komponenten führt, die die Überkompensation so weit wie von der Anwendung her erwünscht, wieder rückgängig macht.

Die Parameter, die für die jeweilige Anwendung wichtig sind, lassen sich einzeln oder gruppenweise optimieren. Solche Parameter sind beispielsweise die gewünschte Dehnungsrate (diese kann null oder negativ sein), das Gewicht, die Wärmeleitung, die mechanische Steifigkeit usw... Aber auch Sonderforderungen, wie eine maximal zulässige elastische Spannung in den Stützen der Teile läßt sich durch Spezifikation der Stützen immer einhalten. Wird beispielsweise eine zusätzliche hohe dynamische Stabilität verlangt, so genügen geringe Mengen eines statisch weichen, aber vibrationsmäßig stark dämpfenden Polymermaterials z.B. SOLITHANE 113/300 um diese Forderungen zu erfüllen. Ein entscheidender Punkt ist, daß dabei kein Material über seine (frei vorgebbare) Dehngrenze beansprucht wird. Mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung kann die Gerätemasse im Vergleich zu bisherigen Lösungsvorschlägen verringert werden.

Anhand der Zeichnungen wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 Schnitt und Aufsicht auf eine Anordnung aus vier Wärmerohren,

Figur 2 den Aufbau einer Stütze eines Wärmerohrs und die Kraftverhältnisse an einer solchen Stütze,

Figur 3 die Anordnung der mechanischen Komponenten an den Wärmerohren und

Figur 4 Schnitt und Aufsicht auf eine Anordnung mit zwei Anschlüssen.

In Figur 1 sind vier Wärmerohre HP1 bis HP4 im Querschnitt und in einer Aufsicht dargestellt. Die Aufsicht ist nur zur Hälfte nämlich bis zu einer Symmetrielinie dargestellt. Die Wärmerohre HP1 bis HP4 sind parallel zueinander angeordnet. Sie sind mechanisch mit einer Leichtbauwabenstruktur STR beispielsweise aus Aluminium "Honeycomb"verbunden. Die Leichtbauwabenstruktur STR dehnt sich bei Temperaturerhöhung stark aus. Trotzdem sollen die Positionen P2 bis P4 der Wärmerohre HP2 bis HP4 relativ zur Position P1 des Wärmerohrs HP1 mit hoher Genauigkeit konstant bleiben. Das Wärmerohr HP1 ist starr mit der Leichtbauwabenstruktur STR verbunden. Zur Verbindung dienen Stützen ST10 bis ST17

(ST14 bis ST17 nicht dargestellt). Auch die anderen Wärmerohre HP3 bis HP4 sind mit der Leichtbauwabenstruktur STR über Stützen ST20 bis ST25, ST30 bis ST33 und ST40 bis ST43 verbunden. Die Stützen der Wärmerohre HP2 bis HP4 lassen sich jedoch elastisch verformen. Eine genaue Darstellung der verformbaren Stützen ist Figur 2 zu entnehmen. Dort ist ein Wärmerohr HP<sub>i</sub> im Querschnitt mit einer Stütze ST<sub>i</sub> dargestellt. Damit die Positionen P<sub>i</sub> der Wärmerohre konstant bleiben, ist es notwendig, daß die Stützen ST<sub>i</sub> sich verformen. Beim vorliegenden Beispiel bestehen die Stützen ST<sub>i</sub> aus einem Blattfedergelenk mit zwei parallel geschalteten, fest eingespannten Blattfedern B11 und B12. Um eine Ablage dSi des Wärmerohres HP<sub>i</sub> zu erreichen, ist eine Kraft F<sub>i</sub> notwendig:

$F_i = C_i \cdot dSi$ ; C<sub>i</sub> ist die für die Verbiegung effektive Federkonstante.

Damit die Abstände zwischen den Wärmerohren genau konstant bleiben, ist es also notwendig, daß die Stützen der verschiedenen Wärmerohre unterschiedlich ausgelenkt werden. Mit steigender Temperatur wird eine größere Verschiebung und damit auch eine höhere Kraft erforderlich.

Aus Figur 2 ist auch ersichtlich, wie beispielsweise ein vibrationsmäßig stark dämpfendes Polymermaterial S (z.B. das Polyurethan SOLITHANE 113/300) wirkungsvoll eingesetzt werden kann.

Erfindungsgemäß werden die Wärmerohre HP1 bis HP4 mit mechanischen Komponenten untereinander verbunden. Das Wärmerohr HP1 ist durch die Komponenten K12 und K21 (Figur 3) mit dem Wärmerohr HP2 verbunden, das Wärmerohr HP2 ist durch die Komponenten K32 und K23 mit dem Wärmerohr HP3 und dieses wiederum durch die Komponenten K34 und K43 mit dem Wärmerohr HP4. Wie die mechanischen Komponenten an den Wärmerohren angebracht sind, ist in Figur 3 dargestellt. Es ist ersichtlich, daß die mechanischen Komponenten nicht jeweils in der Mitte der Wärmerohre mit diesen verbunden sind, sondern einen Abstand a zur Mitte der Wärmerohre haben und zwar derart, daß die mechanischen Komponenten jeweils über die Mitte der zu verbindenden Wärmerohre hinausreichen. Bei Temperaturerhöhung dehnt sich die Strecke 2a auf den Wärmerohren, die aus dem Wärmerohrmaterial Aluminium ist, um mehr aus, als die mechanische Komponenten K12 bis K43 die z.B. aus INVAR sind. Wenn sich die mechanischen Komponenten nicht elastisch dehnen würden, so würden sich die Abstände zwischen den Wärmerohren also verringern. Durch die Anordnung sehr unterschiedlicher Materialien (z.B. Aluminium beim Wärmerohr und INVAR für die mechanischen Komponenten) wird ein erforderlicher "negativer Ausdehnungskoeffizient" erzeugt, mit dessen Hilfe eine Überkompensation der thermischen Dehnung der

Leichtbauwabenstruktur STR realisiert wird. Die mechanischen Komponenten K12 bis K43 werden derart dimensioniert, daß die Kräfte, F<sub>i</sub>, die zur Auslenkung der Stützen St20 bis St43 in dem der thermischen Dehnung entsprechenden Maß dienen, eine elastische Dehnung der mechanischen Komponenten bewirken, die die Überkompensation ausgleicht. Die Abstände zwischen den Wärmerohren HP1 bis HP4 werden durch diese Maßnahmen konstant gehalten.

Bei vielen Anwendungen muß die thermische Dehnung in zwei verschiedenen Richtungen, d.h. in einer ganzen Ebene, kompensiert werden. Eine solche Kompensation ist durch die Anordnung von mechanischen Komponenten in beiden Richtungen, die Komponenten in der ersten Richtung liegen bei einer ersten Ebene, die Komponenten zum Ausgleich in der zweiten Richtung in einer zweiten Ebene, möglich.

Im angegebenen Ausführungsbeispiel wird die Überkompensation der thermischen Dehnung der Struktur STR durch mechanische Komponenten aus INVAR erreicht, die mit dem Aluminium der Wärmerohre verbunden werden. Handelt es sich bei den Teilen, deren Abstand konstant gehalten werden soll, nicht um Teile aus Aluminium, deren thermische Dehnung man bereits zur Überkompensation ausnutzen kann, so können die mechanischen Komponenten einen anderen Aufbau aufweisen, der insgesamt einen negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der mechanischen Komponenten bedingt, wenn man eine Strecke konstant halten will, oder zumindest einen Ausdehnungskoeffizienten bedingt, der geringer als der eines bestimmten Materials ist, falls man eine Strecke entsprechend der thermischen Dehnung dieses bestimmten Materials ändern will. Die Komponenten können aus einem Material mit einem negativen Ausdehnungskoeffizienten wie beispielsweise aus KFK bestehen.

In Figur 4 ist ein Gehäuse G aus Aluminium in Aufsicht und Querschnitt dargestellt. Das Gehäuse G besteht aus einer Grundplatte mit vier Befestigungslaschen und einem Rand. An gegenüberliegenden Seiten des Randes sind zwei sich gegenüberliegende Anschlüsse AN1 und AN2 angebracht. Zwischen diese kann ein Saphir eingebracht werden. Die Strecke b zwischen den Anschlüssen AN1 und AN2 soll sich entsprechend der thermischen Dehnung von Saphir mit 6,5 ppm/K ändern. Das Gehäuse G aus Aluminium dehnt sich jedoch mit 23,5 ppm/K, was ohne weitere Vorkehrungen auch der Änderung der Strecke b entspricht. Erfindungsgemäß werden die Anschlüsse AN1 und AN2 mit dem Gehäuse G nicht starr verbunden, sondern durch Einfräsen von Vertiefungen 1 und 2 um die Anschlußbefestigungen ist ein elastisches Verschieben der Anschlüsse AN1 und

AN2 relativ zum Gehäuse möglich (wie durch Doppelpfeile in der Figur 4 angedeutet). Damit die Vertiefungen 1 und 2 besser ersichtlich sind, sind diese Teile in der Aufsicht von Figur 4 geschnitten dargestellt. Zum Auslenken der Anschlüsse AN1 und AN2 sind Kräfte erforderlich. Weiter sind erfindungsgemäß mechanische Komponenten MK1 bis MK4 vorgesehen, die über die Platten PL1 und PL2 mit den Anschlüssen AN1 und AN2 verbunden sind und an einem Fixpunkt FP an der Unterseite der Grundplatte des Gehäuses G befestigt sind. Die mechanischen Komponenten MK1 bis MK4 sind aus einem Material, dessen thermische Dehnung so gering (oder negativ) ist, daß die Ausdehnung des Gehäuses G stärker kompensiert wird als notwendig. Die Kraft die zur Auslenkung der Anschlüsse AN1 und AN2 benötigt wird, bedingt eine elastische Dehnung der mechanischen Komponenten MK1 bis MK4. Dadurch wird die Überkompensation ausgeglichen und die Strecke  $b$  ändert sich mit dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Saphir. Außerdem ändern sich die individuellen Abstände  $a_1$  und  $a_2$  der Anschlüsse vom Fixpunkt mit dem gleichen effektiven thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Am Ort des Fixpunktes würde z.B. ein Leistungstransistor montiert, der sehr gut wärmeleitend (d.h. starr) mit dem Aluminiumgehäuse verbunden sein muß.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Kompensation thermischer Dehnungen einer Struktur (STR) mit den folgenden Merkmalen:
  - a) Zwei Teile (HP1, HP2) sind mit der Struktur (STR) verbunden;
  - b) mindestens ein Teil (HP2) ist mittels elastisch verformbarer Mittel (ST20 bis ST25) zu deren Auslenkung eine Kraft (F) benötigt wird, mit der Struktur (STR) verbunden.
  - c) mindestens eines der beiden Teile (HP1, HP2) ist durch mechanische Komponenten (K12, K21) derart mit einem Fixpunkt verbunden, daß die thermische Dehnung der Struktur (STR) überkompensiert wird;
  - d) die mechanischen Komponenten (K12, K21) sind derart dimensioniert, daß die Kraft (F), die zur Auslenkung der elastisch verformbaren Mittel (ST20 bis ST25) benötigt wird, eine elastische Dehnung der mechanischen Komponenten (K12, K21) bedingt, die die Überkompensation im jeweils gewünschten Maße ausgleicht.
2. Vorrichtung zur Kompensation thermischer Dehnungen einer Struktur (S) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Teil (HP1) auf der Struktur (STR) fixiert ist und das

zweite Teil (HP2) mit dem ersten Teil (HP1) verbunden ist.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Überkompensation dadurch erreicht wird, daß die mechanischen Komponenten (K21, K12) aus einem Material bestehen, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient negativ ist, falls eine Strecke konstant gehalten werden soll oder dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient kleiner als der eines bestimmten Materials ist, falls die Strecke sich entsprechend der thermischen Dehnung des bestimmten Materials ändern soll.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Überkompensation dadurch erreicht wird, daß die mechanischen Komponenten (K12, K21) aus einem ersten Material mit einem ersten thermischen Ausdehnungskoeffizienten bestehen und mit den Teilen (HP1, HP2) verbunden sind, die aus einem zweiten Material mit einem zum ersten Material unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten bestehen und daß Verbindung der mechanischen Komponenten (K12, K21) mit den beiden Teilen (HP1, HP2) derart erfolgt, daß die thermischen Dehnungen der beiden verschiedenen Materialien sich gegenläufig auswirken.

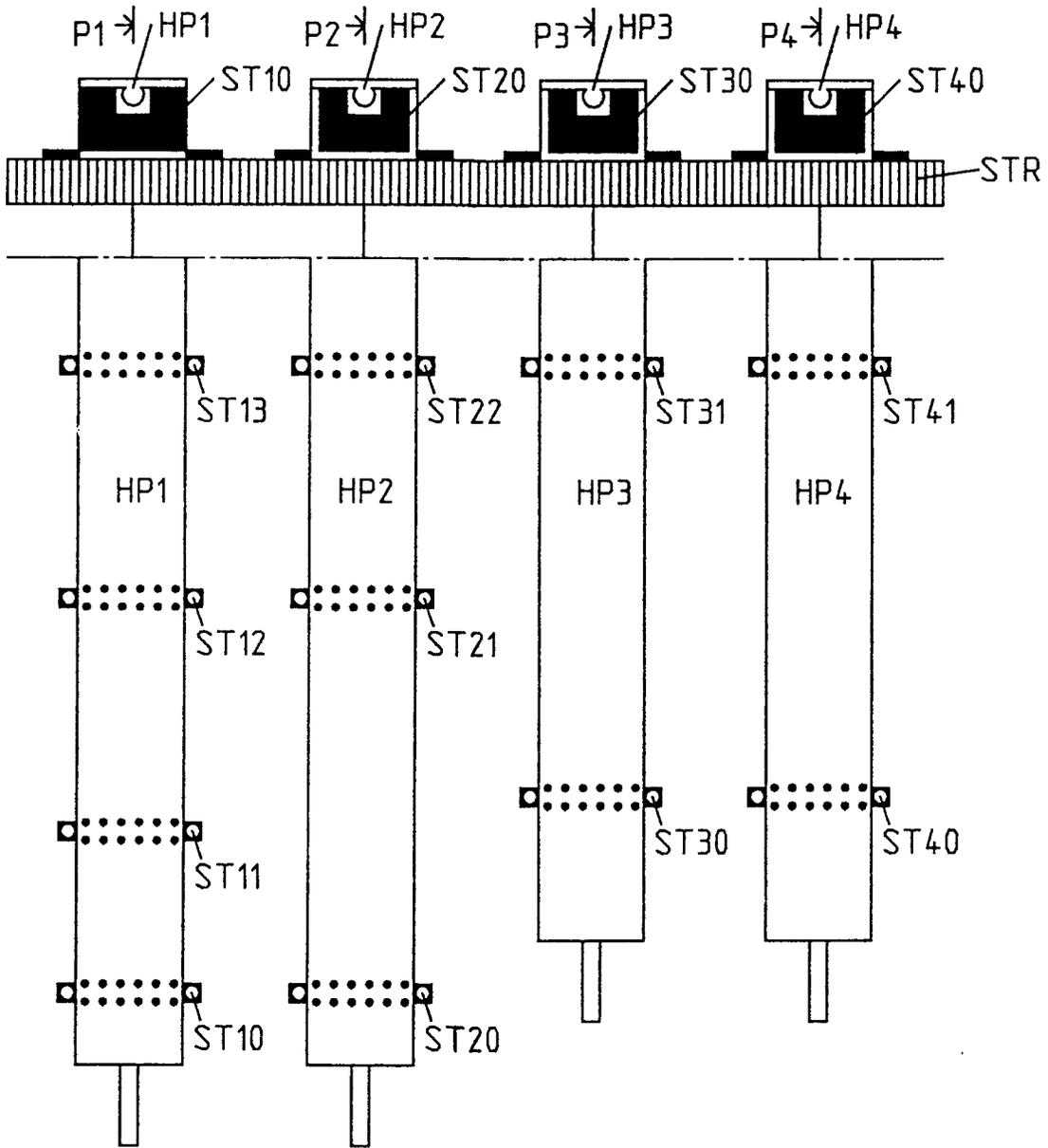


Fig. 1

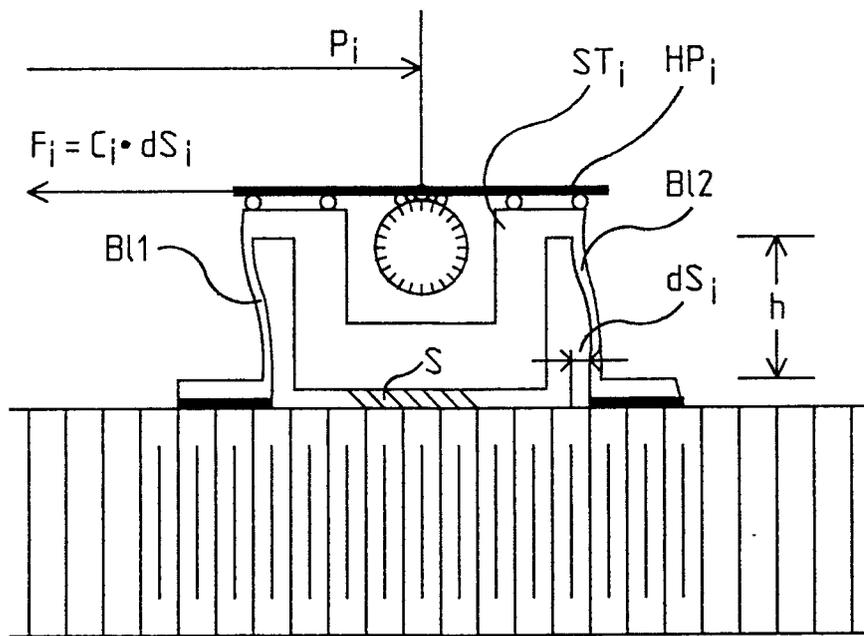


Fig. 2

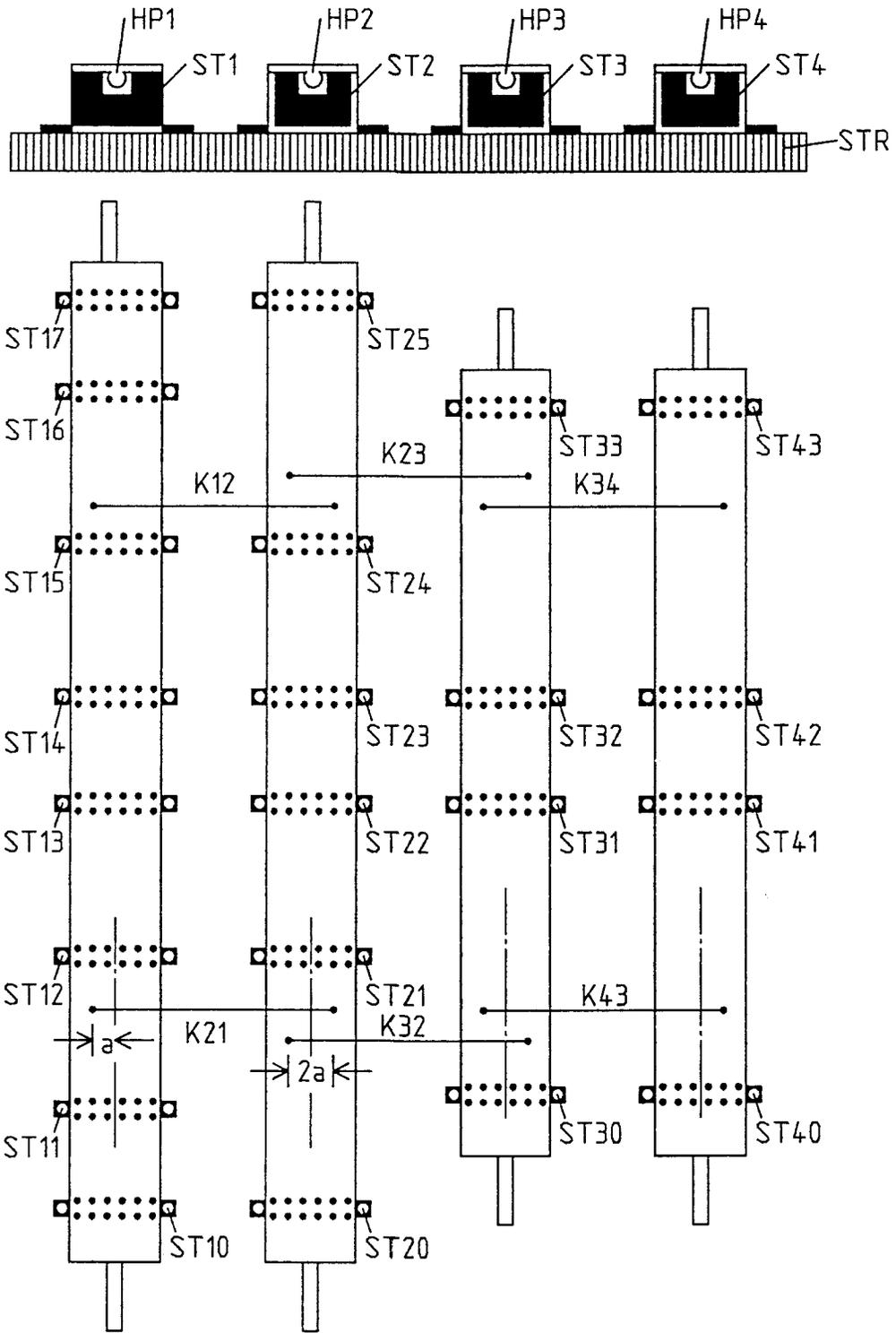


Fig. 3

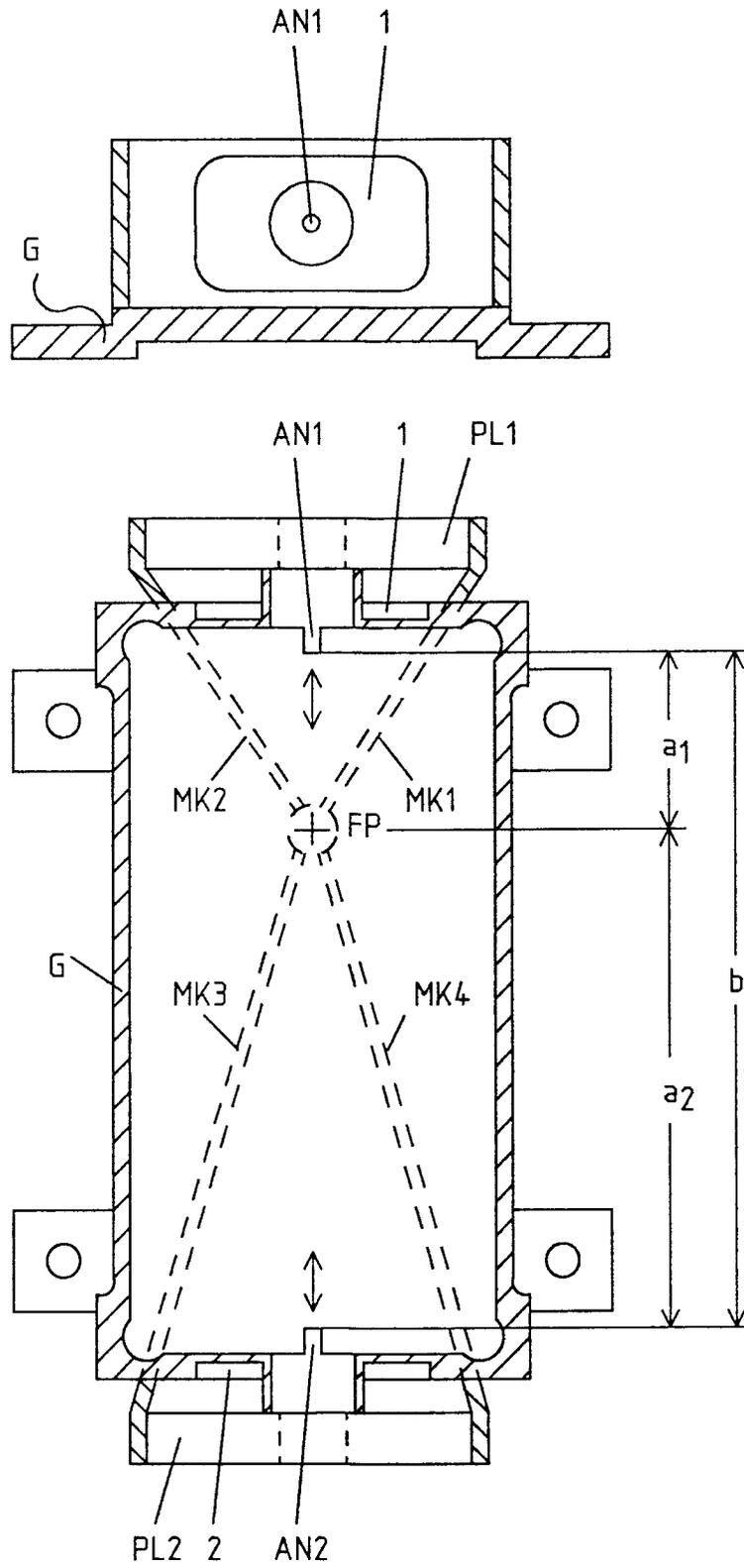


Fig. 4