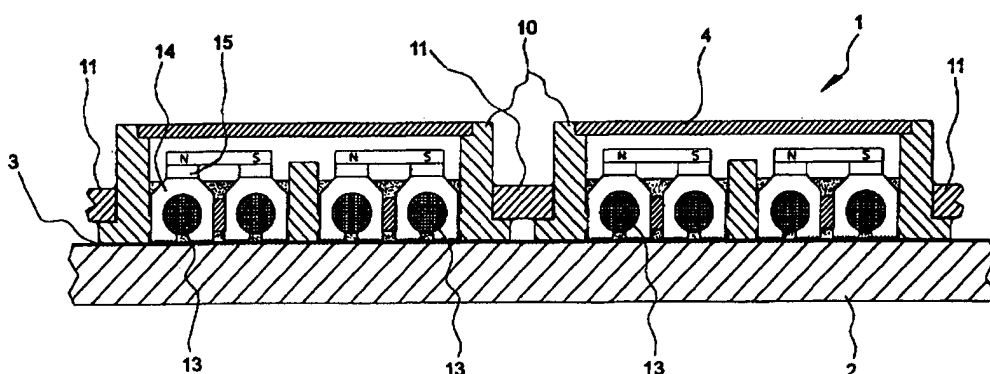


|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :<br><b>H02K 41/02</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>A1</b> | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/18193</b><br><br>(43) Internationales<br>Veröffentlichungsdatum: 30. April 1998 (30.04.98)                                                                                                                                                                                                                                                       |
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE97/02435<br>(22) Internationales Anmeldedatum: 22. Oktober 1997 (22.10.97)<br><br>(30) Prioritätsdaten:<br>196 43 521.8 22. Oktober 1996 (22.10.96) DE<br><br>(71)(72) Anmelder und Erfinder: DREIFKE, Günter [DE/DE];<br>Friesenstrasse 17, D-98529 Suhl (DE). DREIFKE, Lars<br>[DE/DE]; Franz-Mehring-Strasse 3, D-98527 Suhl (DE).<br>DREIFKE, Nils [DE/DE]; Friesenstrasse 17, D-98529<br>Suhl (DE). DREIFKE, Sören [DE/DE]; Friesenstrasse<br>17, D-98529 Suhl (DE). DREIFKE, Sixten [DE/DE];<br>Porthstrasse 1-3, D-60435 Frankfurt am Main (DE). |           | (81) Bestimmungsstaaten: CN, CZ, IL, JP, KR, PL, RU, SG, US,<br>europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB,<br>GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).<br><br><b>Veröffentlicht</b><br><i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i><br><i>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen</i><br><i>Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen</i><br><i>eintreffen.</i> |

(54) Title: MODULAR DIRECT DRIVING DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING AN ACTIVE COMPONENT OF SAME

(54) Bezeichnung: LINEARANTRIEB IN MODULBAUWEISE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER AKTIVEINHEIT EINES SOLCHEN LINEARANTRIEBS



# (57) Abstract

The present invention pertains to a linear driving device based on the building-block concept, consisting of a passive component (2) with magnetizable or magnetic areas (5), a guiding unit (3), an energizing element which supplies the feeding current, and an active component (4) comprising at least two analogical driving modules (10). The driving modules are inserted in openings provided in a base plate (11) and the dimensions of which are slightly higher than the outer dimensions of said modules. The invention also relates to a method for manufacturing an active component of such a linear driving device.

## (57) Zusammenfassung

Beschrieben wird ein Linearantrieb in Modulbauweise mit einer Passiveinheit (2) mit magnetisierbaren oder magnetischen Bereichen (5); einer Führungseinheit (3); einer Ansteuereinheit, die einen elektrischen Speisestrom bereitstellt; und einer Aktiveinheit (4), bestehend aus wenigstens zwei gleichartigen Antriebsmodulen (10). Die Antriebsmodule sind in Durchbrüchen in einer Grundplatte (11), deren Öffnungsmaße geringfügig größer als die äußeren Abmaße der Antriebsmodule sind, eingesetzt. Weiterhin ist ein Verfahren zur Herstellung einer Aktiveinheit eines derartigen Linearantriebs angegeben.

## LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                              |    |                                      |    |                                                    |    |                                   |
|----|------------------------------|----|--------------------------------------|----|----------------------------------------------------|----|-----------------------------------|
| AL | Albanien                     | ES | Spanien                              | LS | Lesotho                                            | SI | Slowenien                         |
| AM | Armenien                     | FI | Finnland                             | LT | Litauen                                            | SK | Slowakei                          |
| AT | Österreich                   | FR | Frankreich                           | LU | Luxemburg                                          | SN | Senegal                           |
| AU | Australien                   | GA | Gabun                                | LV | Lettland                                           | SZ | Swasiland                         |
| AZ | Aserbaidshan                 | GB | Vereinigtes Königreich               | MC | Monaco                                             | TD | Tschad                            |
| BA | Bosnien-Herzegowina          | GE | Georgien                             | MD | Republik Moldau                                    | TG | Togo                              |
| BB | Barbados                     | GH | Ghana                                | MG | Madagaskar                                         | TJ | Tadschikistan                     |
| BE | Belgien                      | GN | Guinea                               | MK | Die ehemalige jugoslawische<br>Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan                      |
| BF | Burkina Faso                 | GR | Griechenland                         | ML | Mali                                               | TR | Türkei                            |
| BG | Bulgarien                    | HU | Ungarn                               | MN | Mongolei                                           | TT | Trinidad und Tobago               |
| BJ | Benin                        | IE | Irland                               | MR | Mauretanien                                        | UA | Ukraine                           |
| BR | Brasilien                    | IL | Israel                               | MW | Malawi                                             | UG | Uganda                            |
| BY | Belarus                      | IS | Island                               | MX | Mexiko                                             | US | Vereinigte Staaten von<br>Amerika |
| CA | Kanada                       | IT | Italien                              | NE | Niger                                              | UZ | Usbekistan                        |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan                                | NL | Niederlande                                        | VN | Vietnam                           |
| CG | Kongo                        | KE | Kenia                                | NO | Norwegen                                           | YU | Jugoslawien                       |
| CH | Schweiz                      | KG | Kirgisistan                          | NZ | Neuseeland                                         | ZW | Zimbabwe                          |
| CI | Côte d'Ivoire                | KP | Demokratische Volksrepublik<br>Korea | PL | Polen                                              |    |                                   |
| CM | Kamerun                      | KR | Republik Korea                       | PT | Portugal                                           |    |                                   |
| CN | China                        | KZ | Kasachstan                           | RO | Rumänien                                           |    |                                   |
| CU | Kuba                         | LC | St. Lucia                            | RU | Russische Föderation                               |    |                                   |
| CZ | Tschechische Republik        | LI | Liechtenstein                        | SD | Sudan                                              |    |                                   |
| DE | Deutschland                  | LK | Sri Lanka                            | SE | Schweden                                           |    |                                   |
| DK | Dänemark                     | LR | Liberia                              | SG | Singapur                                           |    |                                   |
| EE | Estland                      |    |                                      |    |                                                    |    |                                   |

Linearantrieb in Modulbauweise und  
Verfahren zur Herstellung einer Aktiveinheit eines solchen  
Linearantriebs

5 Die Erfindung betrifft einen Linearantrieb in Modulbauweise mit einer Passiveinheit mit magnetisierbaren oder magnetischen Bereichen, einer Führungseinheit, einer Ansteuereinheit, die einen elektrischen Speisestrom bereitstellt, und einer Aktiveinheit.

10

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Aktiveinheit eines derartigen Linearantriebs.

In letzter Zeit kommen insbesondere in der Feinmechanik und  
15 Gerätetechnik immer häufiger Linearantriebe zum Einsatz, deren wesentlicher Vorteil in der Integration mehrerer für Antriebe erforderlicher Funktionen in wenigen Baueinheiten besteht. Derartige Linearantriebe besitzen, so wie andere Motoren, die nach dem elektromagnetischen Prinzip arbeiten,  
20 eine Aktiveinheit und eine Passiveinheit. Die Krafterzeugung wird durch das Zusammenwirken dieser beiden Einheiten erreicht, wobei sowohl die Aktiveinheit als auch die Passiveinheit das sich gegenüber der jeweils anderen Einheit bewegend Motorteil sein kann. Bei geeigneter konstruktiver Ge-  
25 staltung, wie sie häufig bei Linearantrieben anzutreffen ist, übernehmen die Krafterzeugungselemente gleichzeitig die Funktion der Führung der sich bewegend Teile und stellen zudem das Gestellsystem für beliebige Anwendungen dar.

30 Ein derartiger Linearantrieb ist in der deutschen Offenlegungsschrift DE 32 08 380 A1 beschrieben. Hier handelt es sich um einen bürstenlosen Gleichstromlinearmotor, bei welchem in der Aktiveinheit Permanentmagneten und Elektromagneten zur Erzeugung eines steuerbaren Magnetflusses kombi-

niert sind, während die Passiveinheit aus einem mit Polzähnen versehenen Weicheisenstreifen besteht.

5 In der amerikanischen Patentschrift US 4 563 602 ist ein Linearmotor beschrieben, der unter anderem eine sehr einfach aufgebaute Passiveinheit angibt und sowohl als Einphasensynchronmaschine als auch als Mehrphasensynchronmaschine ausgestaltet sein kann. Ebenso ist aus diesem Dokument die Möglichkeit einer Luftlagerung zwischen Aktiv- und Passiveinheit  
10 vorbekannt.

Aus dem Stand der Technik ist auch bekannt, daß Linearmotoren nicht nur zur Erzeugung geradliniger Bewegungen in einer Richtung eingesetzt werden können. Beispielhaft wird hier die  
15 europäische Patentanmeldung EP 0 237 639 A1 angeführt, die eine Verwendung des Direktantriebs in einem zylinderförmig aufgebauten Motor angibt. Damit lassen sich beispielsweise Bewegungen in Richtung der z-Achse realisieren.

20 In der Zeitschrift „Antriebstechnik“ 33 (1994) Nr. 7, S. 68 ist bereits ein Präzisionsdirektantrieb des Anmelders beschrieben. Dort ist das Funktionsprinzip eines permanentmagneterregten Zweiphasen-Reluktanzschrittmotors in Hybridtechnik gezeigt. Der Inhalt dieses Dokuments wird bezüglich  
25 der Funktionsweise von Direktantrieben in die Offenbarung einbezogen, um Wiederholungen zu vermeiden.

In einer vorangegangenen Patentanmeldung des Anmelders, die veröffentlicht ist als DE 44 36 865 A1, wird ein modularer  
30 Planarläufer angegeben, der aus mehreren Modulbausteinen aufgebaut ist. Der Inhalt dieser Schrift wird ebenfalls in die Offenbarung einbezogen, soweit der Aufbau und die Funktionsweise der hier nicht näher beschriebenen Antriebsmodule betroffen ist. Der gezeigte Planarläufer ermöglicht zwar eine  
35 Bewegung in x- und in y-Richtung, jedoch sind nur relativ geringe Kräfte erzielbar, da der verwendete Stator eine

kreuzweise Strukturierung besitzt, wodurch die aufbaubaren Magnetfelder zwangsläufig eine geringere Magnetflußdichte besitzen. Es hat sich gezeigt, daß die beschriebene Befestigung der Antriebsmodule in einer Trageplatte mit einem  
5 Epoxidharz insbesondere bei größeren Einheiten erhebliche Nachteile mit sich bringt, die aus der Steifigkeit des Klebers resultieren.

In einer Patentanmeldung des Anmelders vom 22.10.1996 mit dem  
10 Titel „Linearantrieb und Verfahren zur Herstellung einer Passiveinheit eines Linearantriebs, sowie Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens“ ist ein Direktantrieb mit einem besonders ausgestalteten Leichtbaustator beschrieben, wobei auf das Prinzip des Direktantriebs eingegangen wird. Soweit  
15 der Antrieb als solches betroffen ist, wird dieses Dokument in die Offenbarung einbezogen, um detaillierte Ausführungen über den Aufbau eines Direktantriebs an dieser Stelle nicht wiederholen zu müssen.

20 Bekannte Linearantriebe können nur relativ geringe Antriebskräfte erzeugen. Sofern höhere Antriebskräfte erwünscht sind, muß die verwendete Aktiveinheit größer ausgelegt werden. Dies führt zu erhöhten Fertigungstoleranzen, was Fehler bei der Erstellung der erforderlichen feinen Strukturierungen in der  
25 Aktiveinheit zur Folge hat. Damit kann der Antrieb aber keine hochgenauen und gleichförmigen Bewegungen mehr ausführen. Mit wachsender Größe der Aktiveinheiten steigt somit auch das Risiko von Fehlern und Ausfällen.

Die Kosten zur Herstellung leistungsstarker Linearantriebe  
30 sind immens hoch, da nur mit erhöhtem technologischen und maschinellen Aufwand größere Aktiveinheiten herstellbar sind. Bei Winkelanordnungen von mehreren Antriebsmodulen an einem Linearantrieb ist es oftmals konstruktionsbedingt nicht möglich, nach dem Zusammensetzen des Antriebs die einzelnen  
35 Antriebsmodule nachzuarbeiten oder die erforderliche Strukturierung erst nach diesem Zusammenbau einzuarbeiten.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, einen Linearantrieb zur Verfügung zu stellen, der die genannten Nachteile vermeidet, die Erzeugung hoher Kräfte ermöglicht und dabei nicht die Gefahr erhöhter Fehlerhäufigkeit besitzt.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung betrifft die Verfügbarmachung eines Verfahrens zur Herstellung eines derartigen Linearantriebs, wobei die erforderlichen Produktionskosten niedrig gehalten werden sollen.

Diese Aufgabe wird durch einen Linearantrieb gelöst, bei dem die Aktiveinheit aus wenigstens zwei gleichartigen Antriebsmodulen mit Elementen zur Erzeugung eines veränderlichen Magnetflusses durch Einspeisung des Speisestroms, mit Eisenkernen zur Leitung eines Magnetflusses, die an ihrer der Passivseite zugewandten Seite strukturiert sind, und mit einem Einsetzbereich; und aus Durchbrüchen in einer Grundplatte, deren Anzahl der Zahl der Antriebsmodule entspricht, in welchen die Antriebsmodule mit ihren Einsetzbereichen unter Belassung eines umlaufenden Spalts eingefügt sind, wobei der Spalt wenigstens teilweise mit einer Klebmasse verfüllt ist, und deren Öffnungsmaße geringfügig größer als die äußeren Abmaße der Einsetzbereiche der Antriebsmodule sind, besteht.

Ein derart aufgebauter Linearantrieb bietet den Vorteil, daß eine Vielzahl von Aktiveinheiten zu einer einzigen Aktiveinheit zusammengesetzt werden können, ohne daß eine Nachbearbeitung der Strukturierung erforderlich wird. Es können somit beliebig große Aktiveinheiten aus einer Vielzahl gleichartiger Antriebsmodule zusammengesetzt werden, was technologische und Kostenvorteile mit sich bringt. Die Antriebsmodule lassen sich einzeln fertigen und einer präzisen Endbearbeitung unterziehen. Erst danach werden sie in die Durchbrüche in der Grundplatte der Aktiveinheit eingeklebt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist es vorteilhaft, daß ein Auflagerand an den Antriebsmodulen vorgesehen ist, der eine besonders einfache Montage ermöglicht. Der Auflagerand  
5 kann vollständig umlaufend an den Antriebsmodulen ausgebildet sein oder sich nur über bestimmte Bereiche entlang der Kanten des Einsetzbereichs erstrecken.

Eine andere Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, daß  
10 die Antriebsmodule als im wesentlichen allseitig ebene Quader ausgebildet sind, also keinen Auflagerand aufweisen. Dadurch wird es möglich, besonders flache Aktiveinheiten aufzubauen, wie sie insbesondere in der Mikromechanik erwünscht sind.

15 Beim Aufbau großer Aktiveinheiten ist es besonders zweckmäßig, wenn eine elastische Klebmasse zur Befestigung der Antriebsmodule in der Grundplatte verwendet wird. Diese Ausgestaltung gewährleistet auch nach der Befestigung der Antriebsmodule eine gewisse Beweglichkeit in der Grundplatte,  
20 wodurch einerseits auftretende Materialausdehnungen aufgrund von Temperaturveränderungen gut ausgeglichen werden können, andererseits sich die einzelnen Antriebsmodule gegenüber der Passiveinheit aufgrund der magnetischen Kräfte während des Betriebs selbsttätig ausrichten können, wodurch Unebenheiten  
25 an der Passiveinheit ausgeglichen werden können. Diese Ausführung wird vor allem in Verbindung mit einem als Führungseinheit verwendeten Luftlager eingesetzt.

Besonders zu bevorzugende Ausführungsformen zeichnen sich  
30 dadurch aus, daß der die Klebmasse aufnehmende Spalt derart optimiert ist, daß einerseits die Federwirkung der Klebmasse in der Ebene der Bewegungsrichtung möglichst klein gehalten wird, um unerwünschte Schwingungen bei hohen Beschleunigungen zu vermeiden, andererseits aber die Federwirkung der Klebmasse  
35 senkrecht zur Ebene der Bewegung möglichst groß ist, um

Unebenheiten der Passiveinheit über den gesamten Bewegungs-  
bereich ausgleichen zu können.

Eine Spaltbreite von ca. 0,5 mm in x- und y-Richtung, kombi-  
niert mit einer Spaltbreite von ca. 1,0 mm zwischen Grund-  
5 platte und Auflagerand hat sich als sehr geeignet erwiesen.  
Bei diesen Abmaßen kommen zweckmäßigerweise Silikonkleber zum  
Einsatz, die eine hohe mechanische und thermische Langzeits-  
tabilität aufweisen.

10 Für schwingungssensible Aufbauten eignet sich demgegenüber  
eine Ausführungsform, bei der eine Klebmasse mit möglichst  
hoher Steifigkeit eingesetzt wird, um die Federwirkung der  
Klebmasse gering zu halten. Diese Variante ist auch immer  
dann vorteilhaft, wenn die Aktiveinheit nicht nur dem Antrieb  
15 anderweitig geführter Teile dient, sondern selbst als Führung  
arbeitet und auch Drehmomente aufnehmen muß.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform besitzt der Linearan-  
trieb vier Antriebsmodule. Die Durchbrüche sind auf der  
20 Grundplatte so aufgeteilt, daß jeweils zwei in Bewegungsrich-  
tung hintereinander und zwei nebeneinander plaziert sind. Mit  
dem gezeigten Beispiel lassen sich Haltekräfte bis zu 440 N  
erzielen.

25 Eine weitere Ausführungsform zeichnet sich durch die U-för-  
mige Gestaltung der Aktiveinheit aus, die eine Passiveinheit  
mit beispielsweise quadratischem Querschnitt an drei Seiten  
umgreift. Die Aktiveinheit besitzt dabei wenigstens drei  
Antriebsmodule. Die beiden an den gegenüberliegenden Schen-  
30 keln angeordneten Antriebsmodule müssen in diesem Fall not-  
wendig elastisch eingeklebt sein, da es ansonsten zu einer  
Überbestimmung der Führung kommt und Verkantungen nicht aus-  
zuschließen wären.

35 Bei einer nochmals weitergebildeten Variante besitzt die  
Aktiveinheit einen rechteckigen bzw. quadratischen Quer-

schnitt, wobei die Passiveinheit vollständig umschlossen ist. An jeder Seite der Aktiveinheit ist wenigstens ein Antriebsmodul platziert. Eine elastische Klebung ist hier wegen der statischen Überbestimmtheit zweckmäßig.

5

Unter Abwandlung dieser Ausführungsformen ist ein Linearantriebssystem, das eine Bewegung in x- und y-Richtung ermöglicht, ausgebildet. An einer sich in x-Richtung erstreckenden Passiveinheit ist eine erste Aktiveinheit angeordnet, die  
10 ihrerseits eine sich in y-Richtung erstreckende Passiveinheit trägt, an der eine zweite Aktiveinheit angeordnet ist. Die beiden Aktiveinheiten sind so ausgebildet, daß wenigstens zwei Antriebsmodule senkrecht zueinander befestigt sind, die an senkrecht zueinander stehenden Seiten der zugeordneten  
15 Passiveinheit angreifen.

Eine andere Gestaltung zeichnet sich durch eine Aktiveinheit aus, die eine rechteckige Grundplatte besitzt, wobei an jeder Seite wenigstens eine Aktiveinheit angeordnet ist. Die zugehörige Passiveinheit besitzt eine Strukturierung, die im  
20 Unterschied zu bekannten Planarantrieben keine Kreuzstrukturierung sondern einzelne linear strukturierte Bereiche besitzt. Damit sind wesentlich höhere Antriebskräfte erzielbar, da die an der Passiveinheit zur Verfügung stehende  
25 Eisenmenge wesentlich höher ist als bei Kreuzstrukturierung. Es können bei geeigneter Ansteuerung der Aktiveinheit mit dieser Ausgestaltung auch Drehbewegungen bis zu einem Winkel von ca. 3° ausgeführt werden.

30 Durch die Erfindung wird weiterhin ein Verfahren zur Herstellung der Aktiveinheiten von derartigen Linearantrieben bereitgestellt, welches gekennzeichnet ist durch folgende Verfahrensschritte:

a) die Antriebsmodule werden in die Durchbrüche in der  
35 Grundplatte lose eingesetzt,

- b) der Spalt zwischen Antriebsmodul und Grundplatte wird zumindest teilweise mit einer Klebmasse aufgefüllt,
- c) die derart bestückte Aktiveinheit wird auf die Passiveinheit aufgesetzt, so daß sich die Strukturierungen von
- 5 Aktiv- und Passiveinheit gleichsinnig ausgerichtet gegenüberliegen,
- d) mit Hilfe der Führungseinheit wird ein Abstand zwischen Aktiv- und Passiveinheit hergestellt,
- e) jedem Antriebsmodul der Aktiveinheit wird dieselbe Phase
- 10 des Speisestroms zugeführt, so daß sich jedes Antriebsmodul selbsttätig gegenüber der Passiveinheit ausrichtet,
- f) durch Abwarten des Abbindens der Klebmasse werden die Antriebsmodule in dieser Stellung fixiert.

- 15 Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Linearantriebs, bei der als Führungseinheit ein Luftlager verwendet wird, ist es vorteilhaft, wenn im Verfahrensschritt d) das Luftlager durch Zufuhr von Druckluft aufgebaut wird, so daß sich die Antriebsmodule frei innerhalb der Durchbrüche bewegen können.
- 20 Nach Verfahrensschritt e) kann die Luftzufuhr abgestellt werden, so daß das Luftlager zusammenfällt und die Aktiveinheit mit den ausgerichteten Antriebsmodulen auf der Passiveinheit unmittelbar aufliegt, wodurch eine höhere Stabilität gegen Lageveränderungen während der Abbindezeit der Klebmasse
- 25 erzielt wird. Soweit keine äußeren Kräfte einwirken und das Schrumpfungsverhalten der Klebmasse vernachlässigbar ist, kann auch der Speisestrom während der Abbindezeit abgeschaltet werden.

Bei anderen Ausführungsformen kommen z.B. Rollenlager als

30 Führungseinheit zum Einsatz.

Weitere Vorteile, Weiterbildungen und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

35

- Fig. 1 in einer geschnittenen Ansicht von vorn einen Bereich eines Linearantriebs mit einer Aktiveinheit und einer Passiveinheit;
- 5 Fig. 2 in einer geschnittenen Seitenansicht ein Antriebsmodul der Aktiveinheit, gesehen entlang der Schnittlinie II-II in Fig. 1;
- Fig. 3 als geschnittene Einzelheitendarstellung einen Abschnitt eines Antriebsmoduls, der in eine Grundplatte eingesetzt ist;
- 10 Fig. 4 eine Ausführungsform des Antriebsmoduls mit einem umlaufenden Auflagerand;
- Fig. 5 als Einzelheitendarstellung eine Ansicht von oben auf das in die Grundplatte eingeklebte Antriebsmodul mit Abschnitten von Klebmasse;
- 15 Fig. 6 eine Ausführungsform des Linearantriebs mit zwei hintereinander angeordneten Antriebsmodulen in einer Ansicht von oben;
- Fig. 7 eine Vorderansicht des in Fig. 6 gezeigten Linearantriebs;
- 20 Fig. 8 eine weitere Ausführungsform des Linearantriebs mit vier Antriebsmodulen in einer Ansicht von oben;
- Fig. 9 eine Vorderansicht des in Fig. 8 gezeigten Linearantriebs;
- 25 Fig. 10 eine Ausführungsform des Linearantriebs mit einer Aktiveinheit mit U-förmigem Querschnitt in einer Ansicht von oben;
- Fig. 11 eine Seitenansicht des in Fig. 10 gezeigten Linearantriebs;
- 30 Fig. 12 eine Ausführungsform des Linearantriebs mit einer Aktiveinheit mit quadratischem Querschnitt in einer Ansicht von oben;
- Fig. 13 eine geschnittene Seitenansicht des in Fig. 12 gezeigten Linearantriebs;

- Fig. 14 ein Linearantriebssystem mit einer sich in x-Richtung erstreckenden Passiveinheit und einer sich in y-Richtung erstreckenden Passiveinheit;
- Fig. 15 eine Ansicht von vorn des in Fig. 14 gezeigten Linearantriebssystems;
- Fig. 16 eine Seitenansicht des in den Fig.n 14 und 15 gezeigten Linearantriebssystems;
- Fig. 17 eine Ausführungsform des Linearantriebs, welche über kurze Strecken in x- und y-Richtung verfahrbar ist;
- Fig. 18 eine seitliche Schnittansicht des in Fig. 17 gezeigten Linearantriebs.

Fig. 1 zeigt in einer geschnittenen Ansicht von vorn den prinzipiellen Aufbau eines Linearantriebs 1. Der Linearantrieb besteht aus einer Passiveinheit 2, einer Führungseinheit 3, einer hier nicht dargestellten Ansteuereinheit und einer Aktiveinheit 4. Aktiv- und Passiveinheit führen während des Betriebs eine Relativbewegung zueinander aus, wobei je nach Einsatzzweck entweder Aktiv- oder Passiveinheit gestellfest angeordnet sind. Dabei wird die Führung von der Führungseinheit 3 übernommen, die in allen gezeigten Beispielen als Luftlager ausgebildet ist, welches durch die Zufuhr von Druckluft aufgebaut wird. Die Passiveinheit 2 umfaßt <sup>ein</sup> magnetische oder magnetisierbare Bereiche 5, die eine unten näher bezeichnete Struktur aufweisen. Beispielsweise eignen sich strukturierte Weicheisenbleche, die auf einem aus Verbundmaterial hergestellten Leichtbaugrundkörper aufgeklebt sind.

Die Aktiveinheit 4 besteht aus wenigstens zwei gleichartigen Antriebsmodulen 10 und einer Grundplatte 11. Die Grundplatte 11 weist Durchbrüche auf, in welche die einzelnen Antriebsmodule 10 eingesetzt sind.

Der grundlegende Aufbau der Antriebsmodule ergibt sich unter Berücksichtigung von Fig. 2, die eine seitliche Schnittansicht zeigt. Ergänzend wird auf die in der Einleitung

genannten Dokumente verwiesen, in denen derartige Antriebsmodule detailliert beschrieben sind.

Das Antriebsmodul 10 umfaßt mit elektrischen Wicklungen 13 bestückte Eisenkerne 14 und Permanentmagnete 15, die in einem Gehäuse 16 untergebracht sind. Damit wird ein permanenter Magnetfluß in den Eisenkernen 14 erzeugt, der durch die Speisung der elektrischen Wicklungen 13 mit dem Speisestrom gezielt verändert werden kann, woraus im Ergebnis zwischen Aktiv- und Passiveinheit magnetische Antriebskräfte resultieren. Diese Kräfte wirken unmittelbar zwischen den strukturierten magnetisierbaren Bereichen der Passiveinheit und der gleichfalls strukturierten Unterseite der Antriebsmodule. Die Strukturierung wird durch quer zur Bewegungsrichtung verlaufende Polzähne und Polzahnücken gebildet, wobei die Teilungsperiode  $p$ , die einen Polzahn und eine Polzahnücke umfaßt, an Aktiv- und Passiveinheit gleich ist.

Das Gehäuse 16 umfaßt einen Einsetzbereich 17, der in den Durchbrüchen der Grundplatte aufgenommen wird. Bei den in den Fig.n 1 und 2 gezeigten Ausführungsformen ist weiterhin am Gehäuse ein umlaufender Auflagerand 18 vorgesehen, der nach dem Einstecken des Antriebsmoduls in die Durchbrüche im wesentlichen an der Grundplatte zu liegen kommt.

Damit läßt sich auf einfache Weise gewährleisten, daß die Grundplatte relativ nah an der strukturierten Unterseite der Antriebsmodule plazierte ist. Dies ist erforderlich, um die dort entstehenden Kräfte unmittelbar auf die Grundplatte zu übertragen, unter Vermeidung großer Kippmomente, die zu einer unerwünschten Lageveränderung der Antriebseinheiten in der Aktiveinheit während der Bewegung führen würden.

Bei einer abgewandelten Ausführungsform fehlt der Auflagerand. Die Grundplatte kann in diesem Fall noch näher an der strukturierten Unterseite der Antriebsmodule angeordnet werden, wodurch die entstehenden Momente kleiner sind. Allerdings ist die Montage der Antriebsmodule etwas schwieriger.

Die Einzelheitendarstellung von Fig. 3 zeigt einen Abschnitt eines in einen Durchbruch eingeführten Antriebsmoduls.

Zwischen den mit Polzähnen und Polzahnücken strukturierten magnetisierbaren Bereichen 5 der Passiveinheit 2 und dem an seiner Unterseite gleichfalls strukturierten Eisenkern 14 ist das Luftlager 3 ausgebildet. Der Einsetzbereich 17 des Antriebsmoduls erstreckt sich durch den Durchbruch in der Grundplatte 11. Zwischen dem Einsetzbereich 17 und der Wandung des Durchbruchs verbleibt ein senkrechter Spalt 20. Zwischen dem Auflagerand 18 und der Unterseite der Grundplatte 11 verbleibt ein waagerechter Spalt 21. Die beiden Spalte 20, 21 sind mit einer Klebmasse 23 ausgefüllt, die einerseits das Antriebsmodul in der Grundplatte befestigt und bei geeigneter Ausgestaltung auch als Federelement und/oder Gelenk zwischen Antriebsmodul und Grundplatte wirkt.

Bedingt durch den sehr kleinen Abstand, der durch das Luftlager zwischen Aktiv- und Passiveinheit bei der Bewegung aufrechterhalten wird (ca. 10  $\mu\text{m}$ ) können bereits kleinste Unebenheiten der Passiveinheit zu Funktionsstörungen führen, wenn großflächige Aktiveinheiten mit einer Vielzahl von Antriebsmodulen zum Einsatz kommen. Dies läßt sich vermeiden, wenn die Antriebsmodule elastisch in der Grundplatte befestigt werden, wodurch eine geringfügige Beweglichkeit in z-Richtung erhalten bleibt. Beispielsweise kann zu diesem Zweck eine elastische Klebmasse eingesetzt werden. Insbesondere wird angestrebt, daß das Antriebsmodul um einen kleinen Winkelbereich zur x- und zur y-Achse kippbar gelagert ist. Damit kann das Antriebsmodul aufgrund des Luftlagers eine exakt parallel zur Oberfläche der Passiveinheit liegende Stellung einnehmen, wodurch einerseits Berührungen während der Bewegung vermieden werden und andererseits die Stabilität des Luftlagers gewährleistet ist.

Eine erhöhte Elastizität der Klebmasse führt aber auch zu einer Beweglichkeit der Antriebsmodule in x- und y-Richtung. Es hat sich gezeigt, daß bei vielen Anwendungen diese Beweg-

lichkeit nicht erwünscht ist, da die Klebmasse wie eine Feder zwischen Antriebsmodul und Grundplatte wirkt. Ein derartiges Federverhalten kann bei höheren Beschleunigungen Schwingungen hervorrufen, die ein schnelles und exaktes Positionieren nicht möglich machen.

Eine optimale Befestigung des Antriebsmoduls wird erzielt, wenn durch geeignete Abstimmung zwischen der Breite des waagerechten Spalts 21 und des senkrechten Spalts 20 unter Berücksichtigung der zu verwendenden Klebmasse 23 ein bestimmtes Verhältnis eingestellt wird. Das Verhältnis soll so ausgewählt werden, daß die erzielte Steifigkeit der Anordnung in x-Richtung etwa sieben mal höher ist als die Steifigkeit in z-Richtung. Dies gelingt z.B. bei der Verwendung eines Silikonklebstoffs, wenn der senkrechte Spalt 20 eine Breite von etwa 0,5 mm und der waagerechte Spalt 21 eine Breite von etwa 1,0 mm besitzen. Die Wandungshöhe im Durchbruchbereich der Grundplatte soll in dieser Gestaltung etwa 3 mm betragen.

Die verbleibenden Klebmassen wirken aufgrund ihrer Elastizität nicht nur federnd, sondern auch dämpfend. Dies kann vorteilhaft zur Dämpfung insbesondere von Resonanzfrequenzen verwendet werden.

Die Spaltbreite des waagerechten Spalts 21 sollte nicht zu groß gewählt werden, da sonst während der Bewegung Schwingungen im hörbaren Bereich entstehen können, die zu einem erhöhten Geräuschpegel führen.

Die Gesamtdicke der Grundplatte kann, wie im gezeigten Beispiel, größer sein. In diesem Fall wird die Grundplatte im Bereich des Durchbruchs entsprechend ausgearbeitet, so daß die gewünschte Wandungshöhe erlangt wird.

Um mehrere Antriebsmodule in der Grundplatte exakt auszurichten, eignet sich besonders folgendes Verfahren. Eine genaue Ausrichtung ist erforderlich, damit alle Antriebsmodule gegenüber der Strukturierung der Passiveinheit identische

- 14 -

Positionen einnehmen, d.h. daß gleichartige Polzähne der Antriebsmodule immer die gleiche Position gegenüber den Polzähnen der Passiveinheit haben. Andernfalls käme es zu erheblichen Funktionsstörungen am Linearantrieb.

5

In einem ersten Verfahrensschritt werden die Antriebsmodule in die Durchbrüche in der Grundplatte lose eingesetzt. Der Spalt zwischen Antriebsmodul und Grundplatte wird zumindest teilweise mit einer Klebmasse aufgefüllt, die vor oder nach dem Einsetzen des Antriebsmoduls aufgetragen werden kann. Die derart bestückte Aktiveinheit wird auf die zugeordnete oder eine gleichartige Passiveinheit aufgesetzt, so daß sich die Strukturierungen von Aktiv- und Passiveinheit gleichsinnig ausgerichtet gegenüberliegen. Sofern die Führungseinheit durch ein Luftlager gebildet wird, wird dieses jetzt durch Zufuhr von Druckluft aufgebaut. Andernfalls wird durch ein beliebiges anderes Lager ein Abstand zwischen Aktiv- und Passiveinheit erzeugt, der eine freie Bewegung zwischen diesen beiden Einheiten ermöglicht. Im nachfolgenden Verfahrensschritt wird jedem Antriebsmodul der Aktiveinheit dieselbe Phase des Speisestroms zugeführt, so daß sich jedes Antriebsmodul selbsttätig gegenüber der Passiveinheit ausrichtet. Besitzt ein Antriebsmodul mehrere elektrische Wicklungen, wie z.B. bei mehrphasigen Linearantrieben, so ist es ausreichend, wenn diejenigen Wicklungen mit dem Speisestrom versorgt werden, die zu einer gemeinsamen Phase zugeordnet sind. Im Fall der Verwendung eines Luftlagers kann dieses nach der Ausrichtung der Antriebsmodule abgeschaltet werden. Damit liegen die Antriebseinheiten auf der Passiveinheit auf, wodurch eine höhere Stabilität erreicht wird. Soweit keine Veränderungen durch Ausdehnungen oder Einwirkung äußerer Kräfte zu befürchten sind, kann auch der Speisestrom abgeschaltet werden. Anschließend werden durch Abwarten des Abbindens der Klebmasse die Antriebsmodule in dieser Stellung fixiert.

35 Es ist vorteilhaft, wenn zur Gewährleistung gleichmäßiger Spaltbreiten und damit gleichmäßiger Dicken der Klebmasse,

Abstandshalter, z.B. dünne Drähte, an einzelnen Stellen in die Spalte 20, 21 eingelegt werden. Bei zu unterschiedlichen Spaltdicken können sich die Ausdehnungskoeffizienten der verwendeten Materialien störend bemerkbar machen.

5

Das Übermaß der Durchbrüche in der Grundplatte wird dem jeweiligen Anwendungsfall angepaßt. Für Anwendungen, bei denen eine besondere Steifigkeit in Fahrtrichtung erforderlich ist, kommt ein geringes Übermaß zum Einsatz. Die Anforderungen an die Fertigungsgenauigkeit bei der Herstellung der Grundplatte nehmen in dem Maße zu, wie das verbleibende Spiel zwischen Antriebsmodul und Durchbruchswandung abnimmt. In jedem Fall muß gewährleistet bleiben, daß die einzelnen Antriebsmodule mit der exakt gleichen Lage in Bezug auf die Teilungsperiode  $p$  in der Grundplatte befestigt werden können. Der Abstand zwischen identischen Antriebsmodulen in Bewegungsrichtung muß damit immer  $n \cdot p$  betragen, wobei  $n$  eine positive ganze Zahl und  $p$  die Teilungsperiode sind.

20 In Fig. 4 ist in einer Ansicht von vorn ein Antriebsmodul 10 gezeigt. Bei dieser Ausführungsform ist angrenzend an den Einsetzbereich 17 ein umlaufender Auflagerand 18 ausgebildet. Es sind aber auch Ausführungen denkbar, bei denen der Auflagerand nur abschnittsweise ausgebildet ist oder gänzlich  
25 fehlt. Sollen Antriebsmodule ohne Auflagerand in die Grundplatte eingesetzt werden, kann dies beispielsweise durch Anbringen von Klebmasse in Form einer Kehlnaht zwischen Antriebsmodul und Grundplatte geschehen. Dies kommt insbesondere bei Ausführungen in Betracht, bei denen eine Klebmasse  
30 verwendet wird, die nach dem Abbinden nur noch eine sehr geringe Elastizität besitzt, z.B. Epoxidharz. Derartige Verbindungen mit harten Klebstoffen führen zu minimalem Nachschwingverhalten und werden daher besonders bei Linearantrieben mit kleinerer Fläche, die aber für hohe Geschwindigkeiten  
35 ausgelegt sind, eingesetzt.

Werden harte Klebstoffe verwendet, ist das oben beschriebene Verhältnis zwischen senkrechtem Spalt 20 und waagerechtem Spalt 21 nicht von so erheblicher Bedeutung. Jedoch sollte darauf geachtet werden, die Spalte generell so klein wie möglich zu halten, um die Auswirkungen der Ausdehnungskoeffizienten bei Temperaturschwankungen zu minimieren.

Fig. 5 zeigt als Einzelheitendarstellung eine Ansicht von oben auf das in die Grundplatte eingeklebte Antriebsmodul. Durch unterschiedliches Ausdehnungsverhalten kann es zu unerwünschten Spannungen im Gesamtaufbau kommen. Es hat sich daher eine Ausführungsform als besonders geeignet erwiesen, bei der die Klebmasse nur abschnittsweise in den Spalten 20, 21 eingebracht ist. Gemäß der Abbildung werden vorzugsweise die kurzen Seiten des Antriebsmoduls, die quer zur Bewegungsrichtung liegen, über die gesamte Länge mit Klebmasse 23 an der Grundplatte 11 befestigt. An den langen Seiten wird nur in den Endbereichen Klebmasse aufgebracht, wobei an jedem Ende etwa ein Viertel der Länge angeklebt wird.

20

Der in den Fig.n 6 und 7 gezeigte Linearantrieb besitzt zwei in Bewegungsrichtung hintereinander angeordnete Antriebsmodule 10, deren aktive Elemente mit jeweils zwei Gehäusedeckeln 25 abgedeckt sind. Dieser Linearantrieb vollführt in x-Richtung eine Bewegung und ist durch ein Luftlager auf der Passiveinheit gelagert. Seine seitliche Führung erfährt der Linearantrieb durch ein Federblech 26. Das Federblech 26 weist in Bewegungsrichtung eine hohe Steifigkeit auf, gestattet aber in z-Richtung ein geringes Spiel, wodurch unvermeidbare Divergenzen zwischen externer Führung und der Ebene der Passiveinheit ausgeglichen werden.

30

Es können bei derartigen Linearantrieben auch mehrere Antriebsmodule aneinandergereiht werden, womit sich höhere Antriebskräfte erzielen lassen.

35

Bei dem in den Fig.n 8 und 9 gezeigten Linearantrieb sind zwei Reihen von Antriebsmodulen nebeneinander angeordnet, so daß in der Summe vier Antriebsmodule zum Einsatz kommen. Die zur Verfügung gestellte Antriebskraft verdoppelt sich gegenüber der Variante nach den Fig. 6 und 7, wenn gleiche Antriebsmodule verwendet werden. Im übrigen entspricht der Aufbau dem vorher beschriebenen Linearantrieb.

Fig.n 10 und 11 zeigen eine Ausführungsform des Linearantriebs, bei welcher die Aktiveinheit 4 einen U-förmigen Querschnitt besitzt. Die Aktiveinheit 4 umgreift die Passiveinheit 2 mit quadratischem Querschnitt an drei Seiten und bedeckt diese im gezeigten Beispiel auf ihrer ganzen Breite. An jedem der drei Schenkel der Aktiveinheit ist ein Antriebsmodul 10 angeordnet. Bei abgewandelten Ausführungsformen können aber auch mehrere Antriebsmodule an einem Schenkel angeordnet sein. Alle Antriebsmodule sind über Luftlager 3 an der Passiveinheit angekoppelt. Diese Lagerung ist als Führung besonders geeignet, da Verkantungen der sich gegenüberliegenden Schenkel vermieden werden.

Eine weitere Ausführungsform des Linearantriebs ist in den Fig.n 12 und 13 wiedergegeben. Die Aktiveinheit hat hier einen quadratischen Querschnitt. Derartige Ausgestaltungen lassen sich mit herkömmlichen Verfahren, die nicht von der Modulbauweise Gebrauch machen, nicht herstellen, da eine Nachbearbeitung der strukturierten, nach innen gewandten Flächen der Antriebsmodule nicht möglich ist. Die hier eingesetzten Antriebsmodule unterscheiden sich von den oben beschriebenen Varianten dahingehend, daß Auflagerand 18 nicht an dem der strukturierten Seite des Antriebsmoduls zugewandten Ende der Seitenflächen des Gehäuses sondern am gegenüberliegenden Ende angeordnet sind. Dies ist zweckmäßig zum Einsetzen der Antriebsmodule mit ihren Einsetzbereichen 17 von außen in die Grundplatte 11.

Mit derart ausgebildeten Linearantrieben lassen sich z.B. Hubsysteme aufbauen.

In den Fig.n 14, 15 und 16 ist eine Linearantriebssystem  
5 gezeigt, welches aus zwei Linearantrieben zusammengesetzt  
ist. Das System umfaßt die erste sich in x-Richtung erstreckende  
Passiveinheit 2 mit der daran angeordneten ersten  
Aktiveinheit 4. An der ersten Aktiveinheit 4 ist über ein  
Gestellsystem 30 eine zweite sich in y-Richtung erstreckende  
10 Passiveinheit 31 befestigt, an der eine zweite Aktiveinheit  
32 angeordnet ist. Die zweite Passiveinheit 31 ist an ihrem  
der ersten Aktiveinheit abgewandten Ende zusätzlich auf  
einer zweiten Führungseinheit 33 geführt, welche z.B. als  
Rollenschiene oder als Luftlager ausgebildet sein kann.  
15 Die erste Aktiveinheit 4 greift an zwei Seiten der ersten  
Passiveinheit 2 an dieser an. Dazu sind auf der oberen Seite  
zwei Antriebsmodule 10 vorgesehen. Senkrecht zu diesen sind  
an der vorderen Längsseite vier weitere Antriebsmodule 10 in  
der ersten Aktiveinheit aufgenommen. Insbesondere die äußeren  
20 dieser vier Module dürfen nicht mit Klebmassen mit hoher  
Elastizität in der zugehörigen Grundplatte befestigt werden,  
da ansonsten die durch die zweite Passiveinheit vermittelten  
Kippmomente zu erheblichen Lageveränderungen der Module führen  
könnten, was in einer gestörten Funktionsweise resultieren  
würde.  
25

Eine weiterhin abgewandelte Ausführungsform des Linearantriebs  
ist in den Fig.n 17 und 18 gezeigt. Diese Bauform ermöglicht  
über kurze Strecken Bewegungen in x- und in y-  
30 Richtung, wobei auf der Passiveinheit 2 keine Kreuzstrukturierung  
aufgebracht ist. Dadurch sind höhere Antriebskräfte  
erzielbar als bei Lösungen, die eine Kreuzstrukturierung aufweisen.

Bei geeigneter Ansteuerung der vier auf der Grundplatte 11  
35 angeordneten Antriebsmodule 10, das heißt die jeweils gegenüberliegenden  
Module werden im entgegengesetzten Richtungs-

- 19 -

sinn bewegt, kann die Aktiveinheit auch um einen Winkel  $\varphi_z$ , der bis zu  $\pm 3^\circ$  betragen kann, verdreht werden.

5 Durch den modularen Aufbau ist es auch möglich, daß in einer Aktiveinheit unterschiedliche Antriebsmodule eingesetzt werden, von denen wenigstens ein Modul mit Sensoren ausgerüstet ist, wie dies in der o.g. Patentanmeldung des Anmelders ausführlich beschrieben ist.

10 Somit lassen sich unter Verwendung von Modulen gesteuerte und geregelte Antriebe aufbauen.

Verschiedenste Anforderungen und Anwendungslösungen können in kürzester Zeit durch das gezeigte modulare System realisiert werden. Die gleichartigen Antriebsmodule lassen sich im endgültigen Zustand vorrätig halten und brauchen ggf. nur noch

15 in leicht herzustellende Grundplatten eingeklebt zu werden.

Patentansprüche:

1. Linearantrieb (1) in Modulbauweise für Mehrphasenbetrieb mit
- 5 - einer Passiveinheit (2) mit magnetisierbaren bzw. ~~einen~~ *den* Magnetfluß leitenden Bereichen (5);  
~~einer Führungseinheit (3);~~
- einer Ansteuereinheit, die wenigstens zwei phasenversetzte elektrische Speiseströme bereitstellt; und
- 10 - einer Aktiveinheit (4), bestehend aus
- \* wenigstens zwei gleichartigen <sup>2</sup>Antriebsmodulen (10) mit
    - + wenigstens zwei elektrischen Wicklungen (13) zur Erzeugung eines veränderlichen Magnetflusses (14) durch Einspeisung der phasenversetzten Speiseströme,
    - 15 + Eisenkernen <sup>14</sup> ~~(13)~~ zur Leitung des Magnetflusses, die an ihrer der Passiveinheit (2) zugewandten Seite strukturiert sind,
    - + ~~einem~~ <sup>en</sup> Einsetzbereich (17) <sup>16</sup>;
    - \* Durchbrüchen in einer Grundplatte (11), in welcher ~~die~~
    - 20 Antriebsmodule (10) mit ihren Einsetzbereichen (17) unter Belassung eines umlaufenden Spalts (20, 21) eingefügt sind, wobei der Spalt wenigstens teilweise mit einer Klebmasse (23) verfüllt ist.
- 25 2. Linearantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsmodule einen Auflagerand (18) besitzen, der sich zumindest an Teilen der Umfangskanten erstreckt und derart über die Umfangskanten hinausragt, daß er auf den an die Durchbrüche angrenzenden Randbereichen der Grund-
- 30 platte zu liegen kommt.

zu Patentansprüche 360 18 721

- 1) mit der der Magnetfluß veränderbar ist.
- 2) oder im Wesen ähnlichen
- 3) jeweils
- 4) in den Eitenkernen
- 5) Führungselementen, die vorzugsweise durch eine Luftlagerung mit dem Luftspalt (3) gebildet werden, zur reibungsarmen bzw. quasi reibungsfreien Bewegung zwischen Aktivteil und Passivteil
- 6) im Gehäuse (16)

~~26. Linearantrieb nach Anspruch~~

3. Linearantrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine elastische Klebmasse in den Spalt (20, 21) zwischen Grundplatte (11) und Antriebsmodulen (10) eingefüllt ist.

5

4. Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der senkrechte Spalt (20) zwischen Grundplatte (11) und Antriebsmodul (10) im wesentlichen 0,5 mm breit ist.

10

5. Linearantrieb nach Anspruch 2 oder den auf Anspruch 2 rückbezogenen Ansprüchen 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der waagerechte Spalt (21) zwischen Grundplatte (11) und Antriebsmodul (10) im wesentlichen 1 mm breit ist.

15 *6a. 6b. 6c.*

*6c*  
6d. Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis ~~5~~<sup>6c</sup>, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Antriebsmodule jeweils in einer ersten Gruppe hintereinander <sup>1)</sup>~~in~~ Bewegungsrichtung und in einer zweiten Gruppe <sup>2)</sup>parallel nebeneinander angeordnet sind, wobei der Winkel zwischen erster und zweiter Gruppe vorzugsweise 0° oder 90° beträgt.

20

*6b*  
7. Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis ~~5~~<sup>6b</sup>, dadurch gekennzeichnet, daß eine U-förmige Aktiveinheit wenigstens drei Antriebsmodule umfaßt, die jeweils an einer der drei Seiten des Querschnitts angeordnet sind.

25

*6b*  
8. Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis ~~5~~<sup>6b</sup>, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aktiveinheit mit rechteckigem Querschnitt wenigstens vier <sup>4)</sup>Antriebsmodule umfaßt, die jeweils an einer der vier <sup>5)</sup>Seiten des Querschnitts angeordnet sind.

30

*6)*  
9a. Linearantriebssystem mit <sup>6)</sup>Lineareinheiten nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß an einer <sup>der einen</sup> sich in ~~xx~~ Richtung erstreckenden Passiveinheit eine erste

35

Zu Patentansprüchen 960 18721

6a.) Linearantrieb nach <sup>einem der</sup> Ansprüche 1, <sup>bis 5</sup> dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsmodule <sup>(10)</sup> Luftlager <sup>(3)</sup> besitzen und ein gleichmäßiger Abstand zwischen Passiveinheit (2) und Aktiveinheit (4) von vorzugsweise 15 µm besteht und die Aktiveinheit (4) durch eine Führungseinheit, vorzugsweise durch einen Rahmen mit separaten Luftlagern über mindestens ein elastisches Element, vorzugsweise mindestens eine <sup>Federblech (26)</sup> Blattfeder, mit der Passiveinheit (2) verbunden ist.

6b.) Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 6a, dadurch gekennzeichnet, daß die vorzugsweise luftgelagerte Aktiveinheit (4) mit mindestens einer auf der Passiveinheit (2) in Bewegungsrichtung exakt ausgerichteten zusätzlichen Linearführung über ein elastisches Element, vorzugsweise mindestens ein Federblech (26) verbunden ist.

<sup>c</sup>  
6c.) Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 6b, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Antriebsmodul (10) mit einem zusätzlichen, die Struktur der Passiveinheit (2) ausnützenden Wegmeßsystem ausgestattet ist und mindestens mit einem Antriebsmodul (10), daß kein solches Wegmeßsystem besitzt, an einer Aktiveinheit verbunden ist.

6d.) Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 6c, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktiveinheit aus mindestens 2 Antriebsmodulen oder mindestens 2 Gruppen von Antriebsmodulen besteht, die jeweils in einem Winkel  $0 < \alpha < 180^\circ$  zueinander angeordnet

Zu Patentansprüchen 960 18727

(Fortsetzung )

- 1) oder parallel in der einen
- 2) hintereinander oder
- 3) parallel zueinander angeordnete
- 4) parallel angeordnete
- 5) strukturierten
- 6) in Reihe hintereinander angeordneten

Aktiveinheit angeordnet ist, die ihrerseits eine sich in <sup>1/</sup>  
~~in~~ Richtung erstreckende Passiveinheit, <sup>2/</sup> trägt, an der eine  
zweite Aktiveinheit angeordnet ist.

9b. 9c. 9d.

- 5 10. ~~Linearantriebssystem mit Lineareinheiten~~ nach einem der  
Ansprüche 1 bis <sup>9d</sup> 8, dadurch gekennzeichnet, daß an ~~jeder~~ <sup>3/</sup>  
~~Seite einer~~ rechteckigen Grundplatte wenigstens ein  
Antriebsmodul angeordnet ist, und daß die Passiveinheit <sup>4/</sup>  
~~vier~~ den Magnetfluß leitende Bereiche mit Strukturierung  
10 besitzt, wobei die Strukturen der unmittelbar aneinander  
angrenzenden Bereiche jeweils <sup>5/</sup> um 90° versetzt ausgebildet  
sind.
11. Verfahren zur Herstellung einer Aktiveinheit (4) eines  
15 Linearantriebs gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, umfas-  
send folgende Verfahrensschritte:
- a) die Antriebsmodule (10) werden in die Durchbrüche in  
der Grundplatte (11) lose eingesetzt,
- 20 b) der Spalt (20, 21) zwischen Antriebsmodul (10) und  
Grundplatte (11) wird zumindest teilweise mit einer  
Klebmasse (23) aufgefüllt,
- c) die derart bestückte Aktiveinheit (4) wird auf die  
Passiveinheit (2) aufgesetzt, so daß die Strukturie-  
rungen von Aktiv- und Passiveinheit gleichsinnig  
25 ausgerichtet gegenüberliegen,
- d) mit Hilfe der Führungseinheit (3) wird ein Abstand  
zwischen Aktiv- und Passiveinheit hergestellt, der die <sup>6/</sup>  
Bewegung zwischen diesen beiden Einheiten ermöglicht,
- e) jeweils mindestens einer elektrischen Wicklung (13)  
30 jedes Antriebsmoduls (10) wird eine Phase des Speise-  
stroms zugeführt, so daß sich jedes Antriebsmodul (10)  
selbsttätig <sup>7/</sup> gegenüber der Passiveinheit (2) ausrich-  
tet,
- f) durch Abwarten des Abbindens der Klebmasse (23)  
35 werden die Antriebsmodule (10) in dieser Stellung  
fixiert.

Zu Patentansprüchen 960 18727

- 1) einer anderen
- 2) die vorangewiesene senkrecht zur ersten angeordnet ist,

9b. Linearantriebssystem nach Anspruch 9a dadurch gekennzeichnet, daß die Aktiveinheit (4) mit einer etwa rechteckigen, <sup>ebenen</sup> Trageplatte verbunden ist, die zusätzlich in einer parallel zur Passivereinheit (2) angeordneten Luftlagerung aufgenommen ist.

9kc. Linearantriebssystem mit in Reihe hintereinander angeordneten Lineareinheiten nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß an einer sich ~~in einer Richtung erstreckenden~~ Passivereinheit eine erste Aktiveinheit angeordnet ist, die eine sich in zweite Aktiveinheit trägt, an der eine zweite Passivereinheit angeordnet ist.

9d. Linearantriebssystem mit parallel zueinander angeordneten Lineareinheiten nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß auf mindestens 2 parallel angeordneten Passivereinheiten mindestens je eine Aktiveinheit angeordnet ist, die eine weitere Lineareinheit bewegt.

Zu Patentansprüchen 960 bis 927

(Fortsetzung)

- 3) mindestens drei Seiten der strukturierten Oberfläche einer Vorzugsweise
- 4) mindestens drei
- 5) Vorzugsweise
- 6) reibungsarme
- 7) und frei

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß  
im Verfahrensschritt d) der Abstand zwischen Aktiv- und  
Passiveinheit durch Aufbau eines Luftlagers erzeugt wird,  
5 daß nach dem Ausrichten der Antriebsmodule im Verfahrensschritt e) das Luftlager abgeschaltet wird, wodurch  
Aktiv- und Passiveinheit in der ausgerichteten Lage aufeinander zu liegen kommen, und daß man erst dann die  
Klebmasse abbinden läßt.

Fig. 1

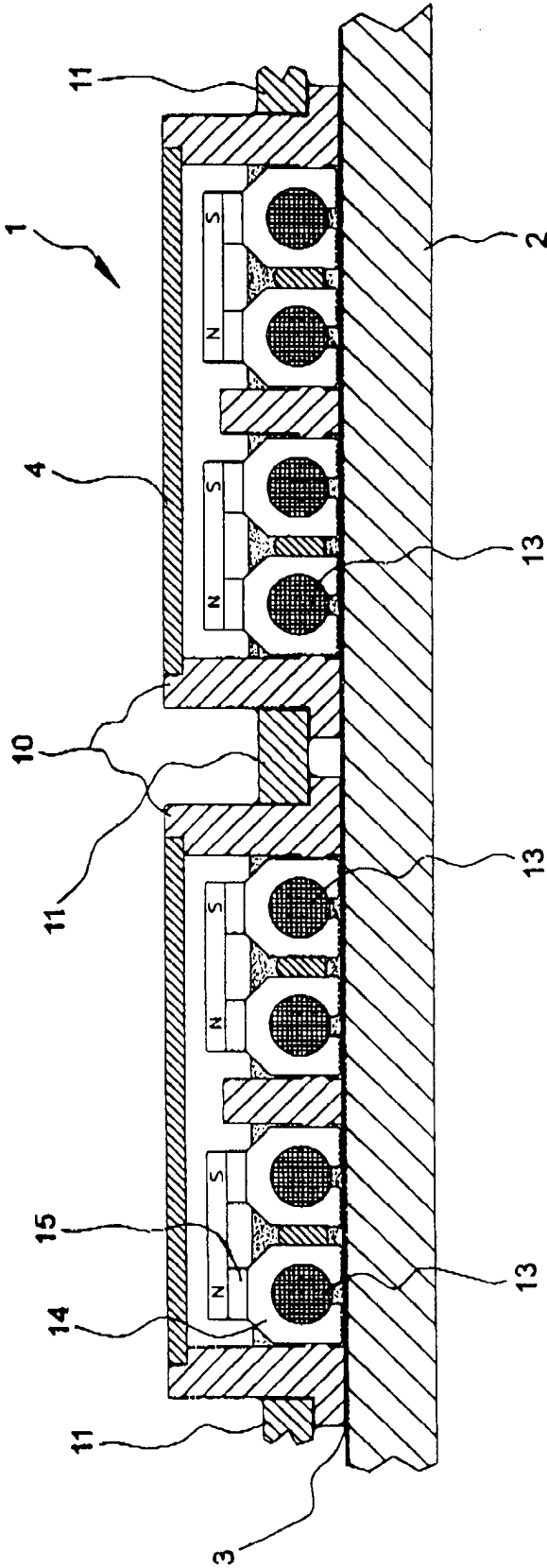


Fig. 2

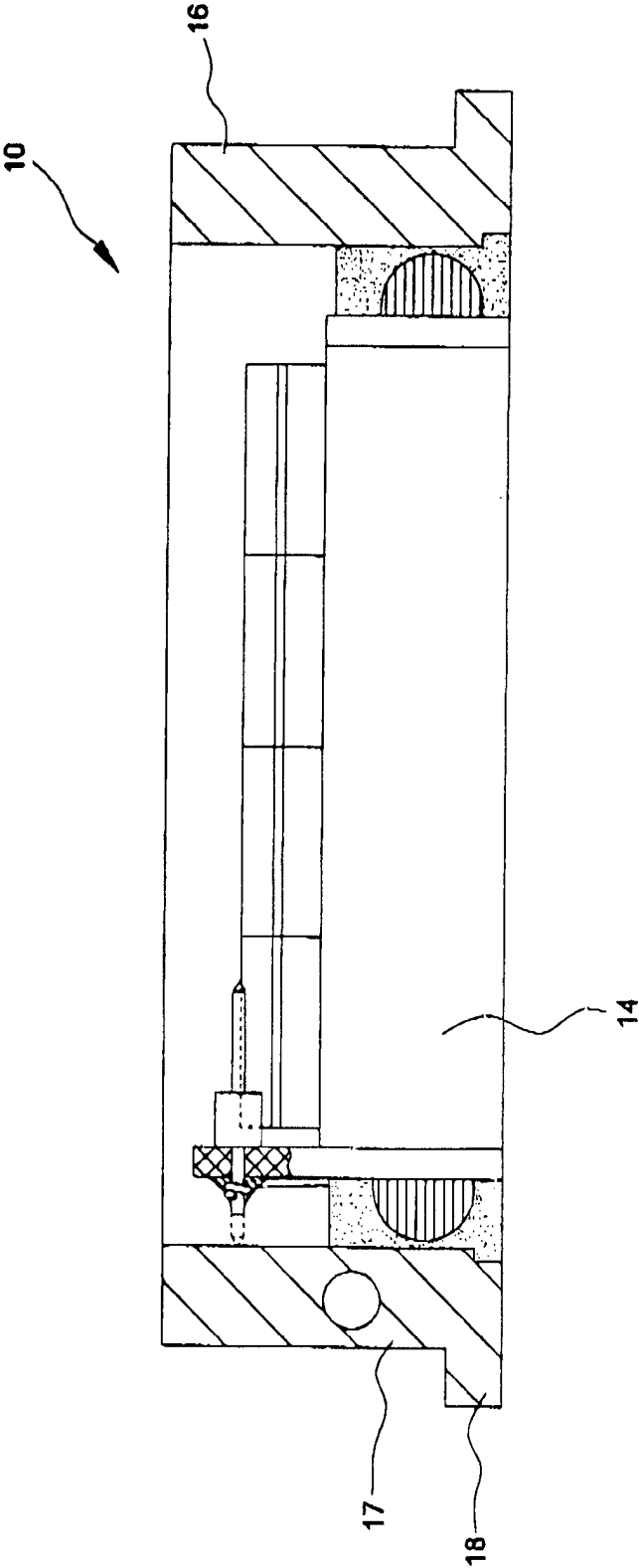


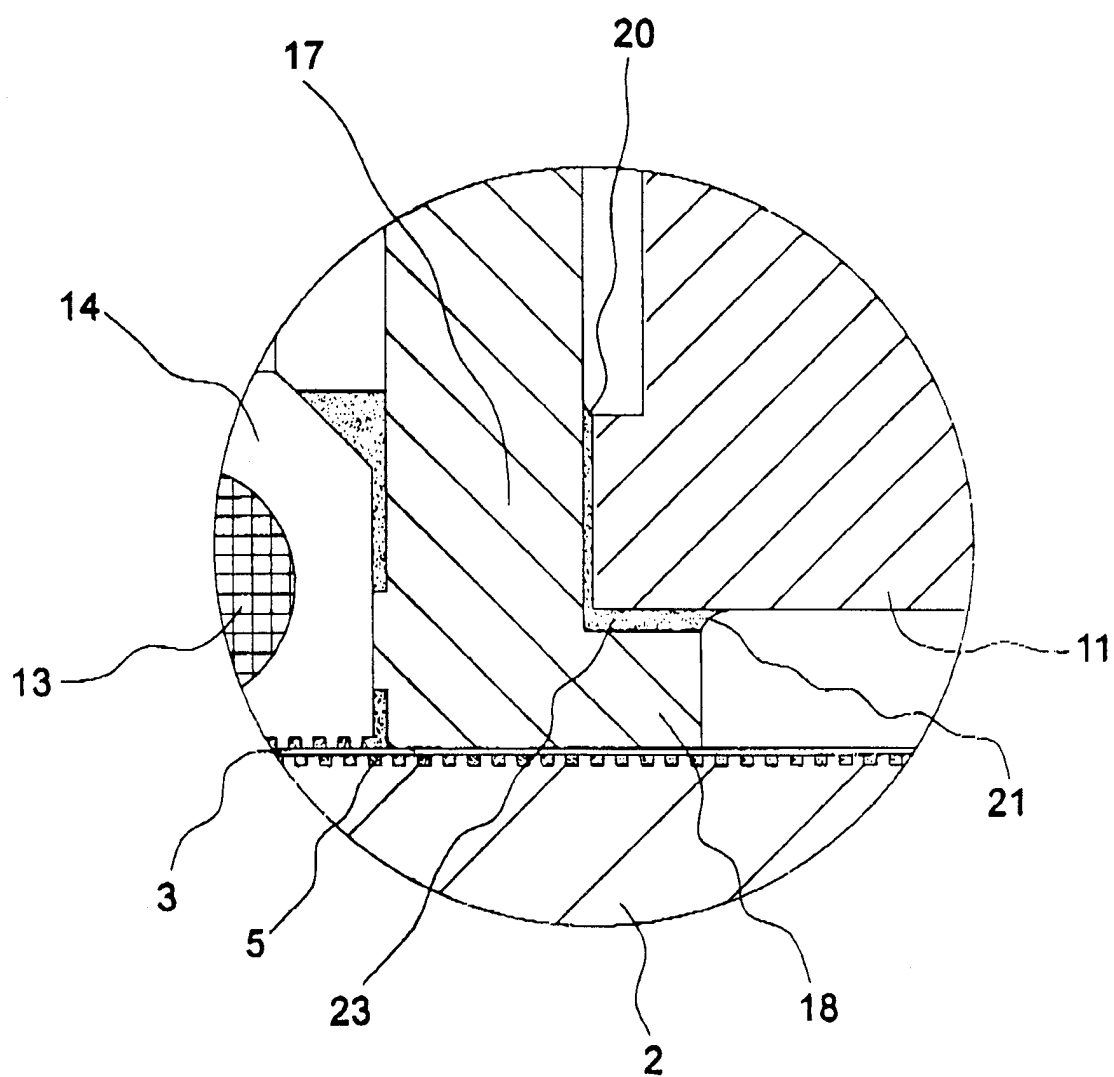
**Fig. 3**

**Fig. 4**

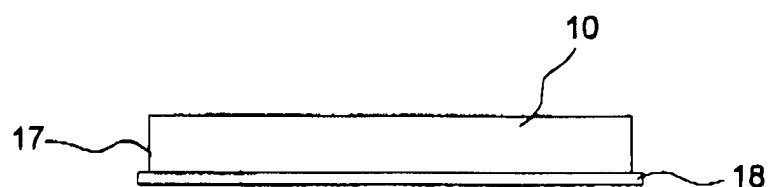


**Fig. 5**

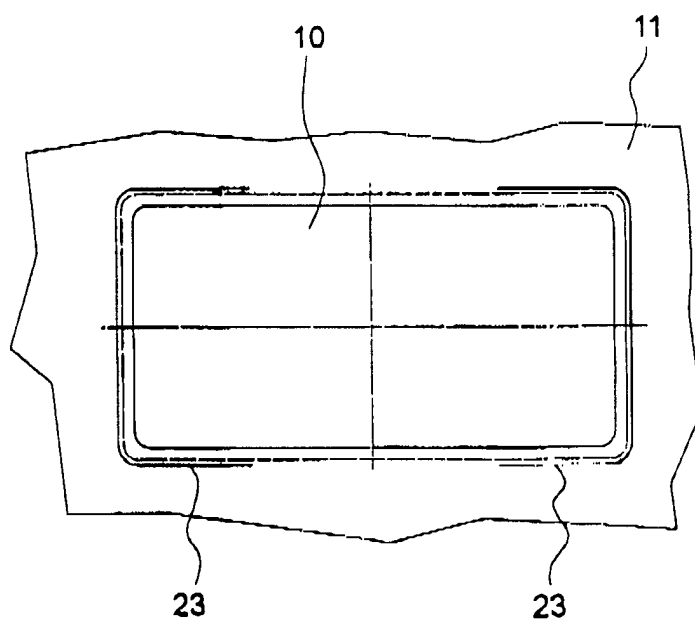


Fig. 7

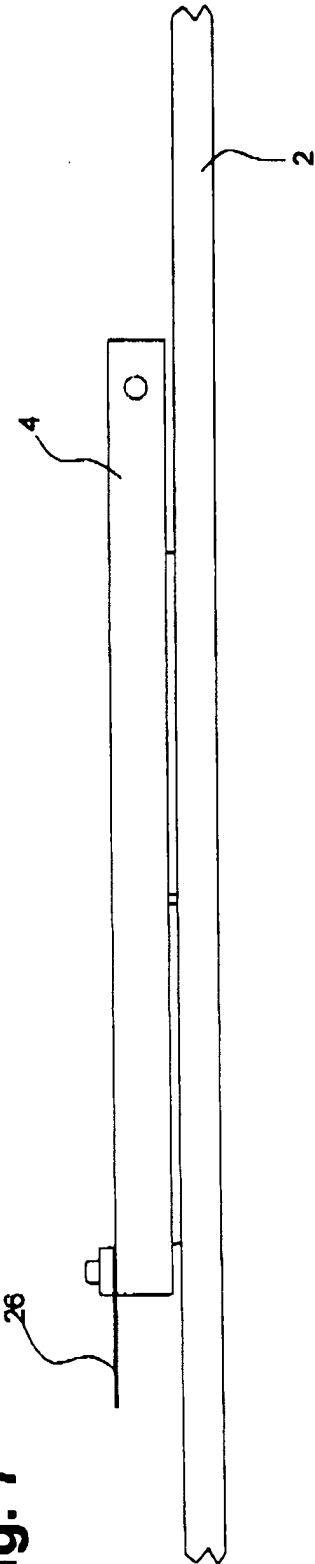
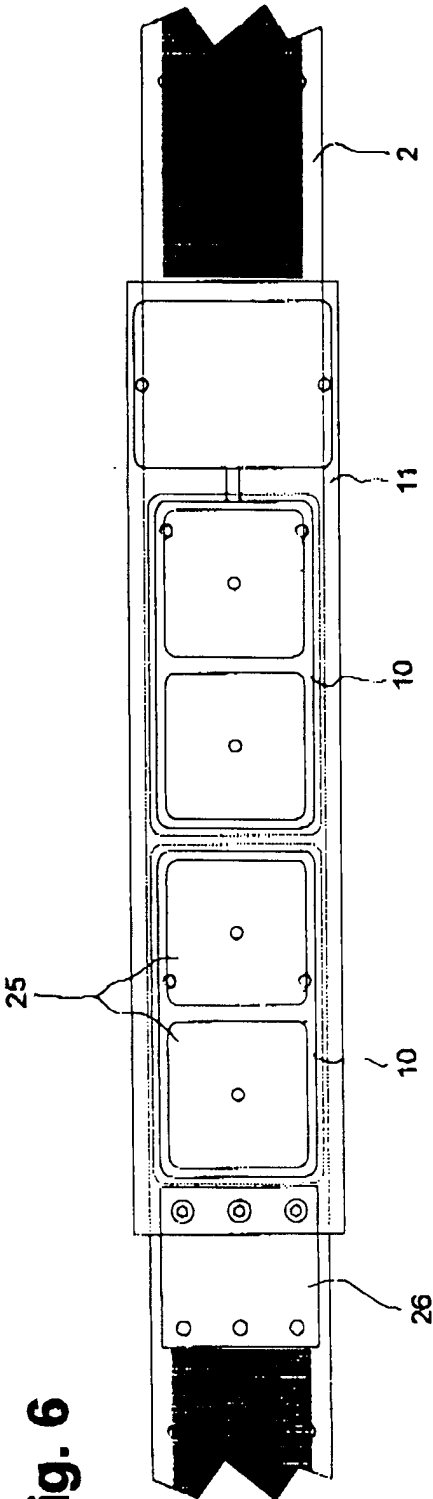


Fig. 6



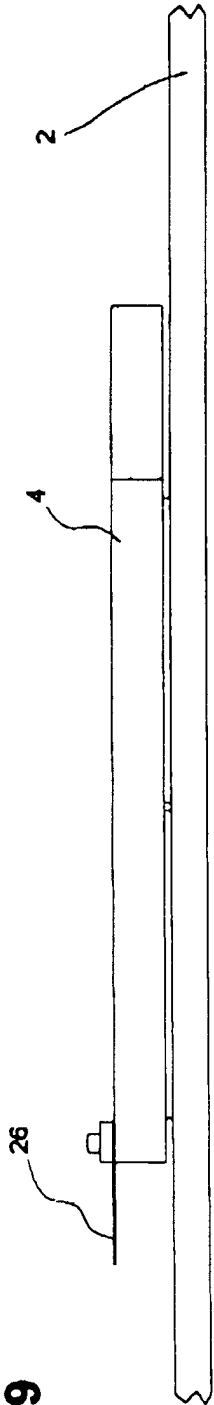


Fig. 9

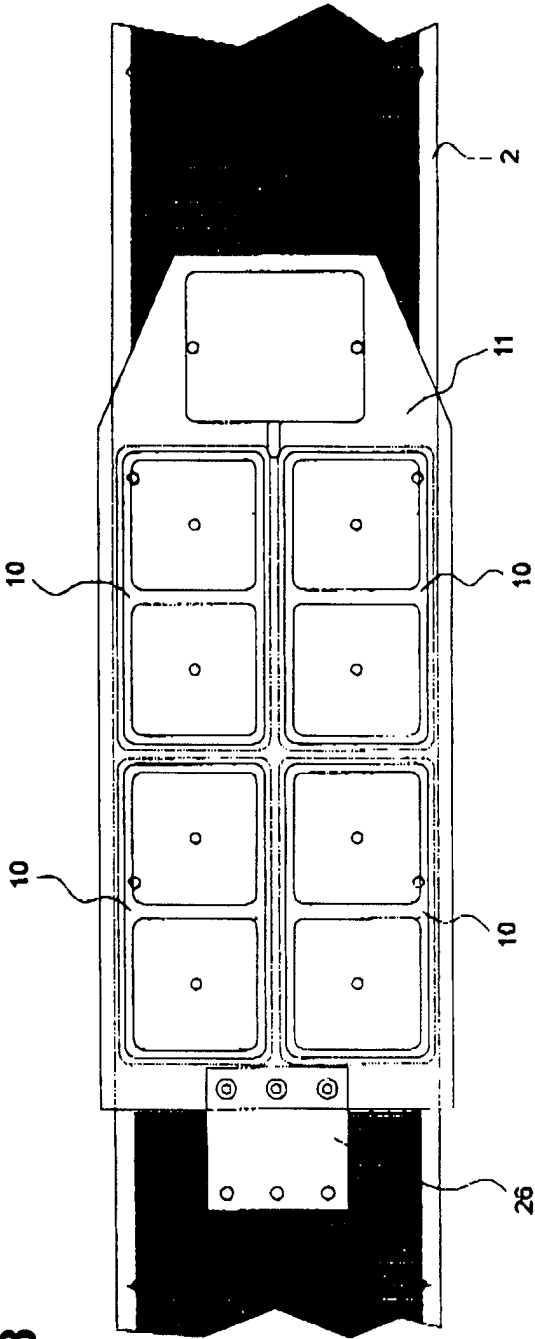


Fig. 8

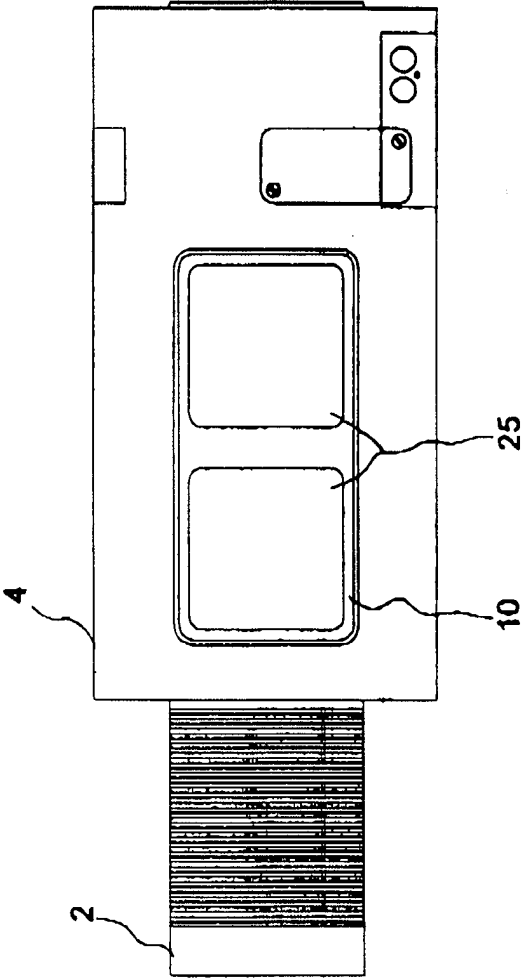


Fig. 10

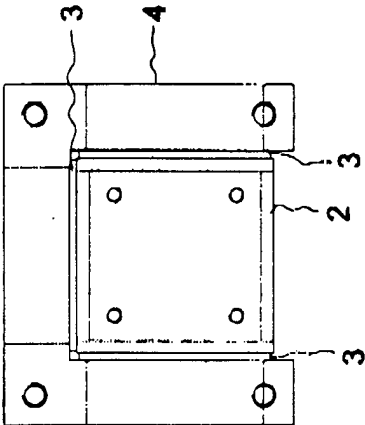


Fig. 11

Fig. 12

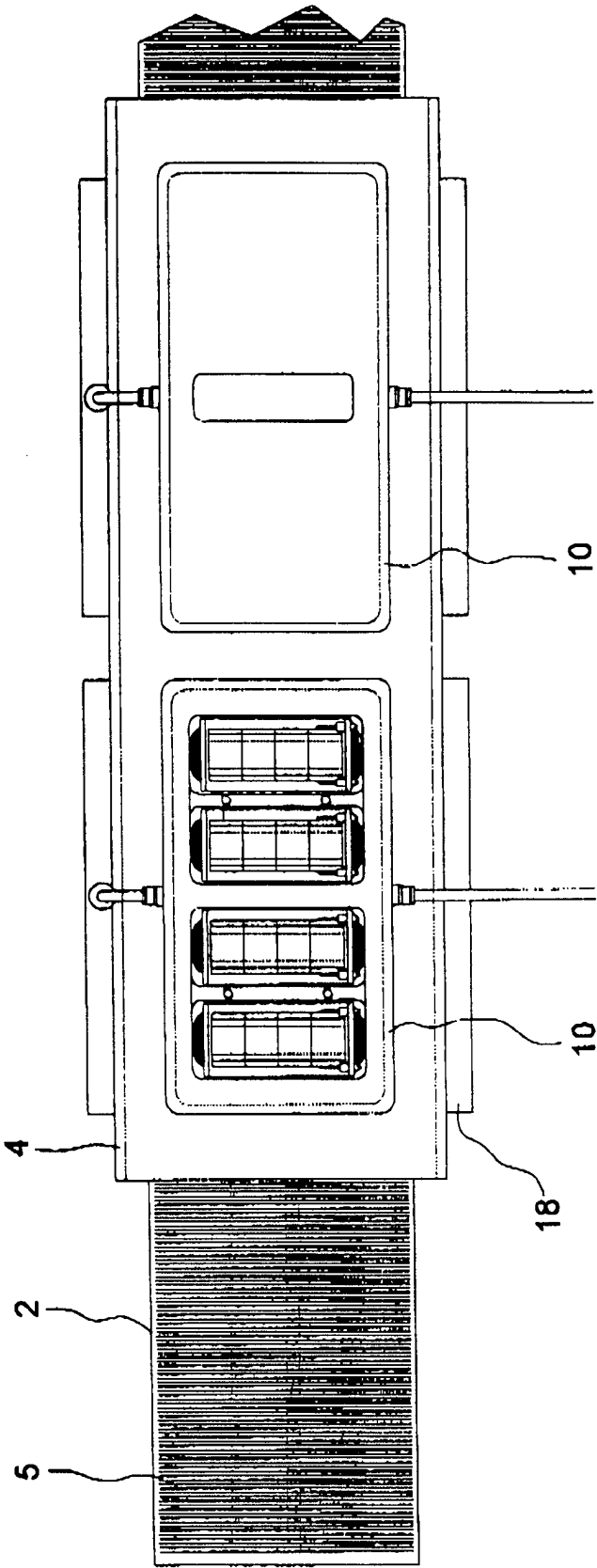
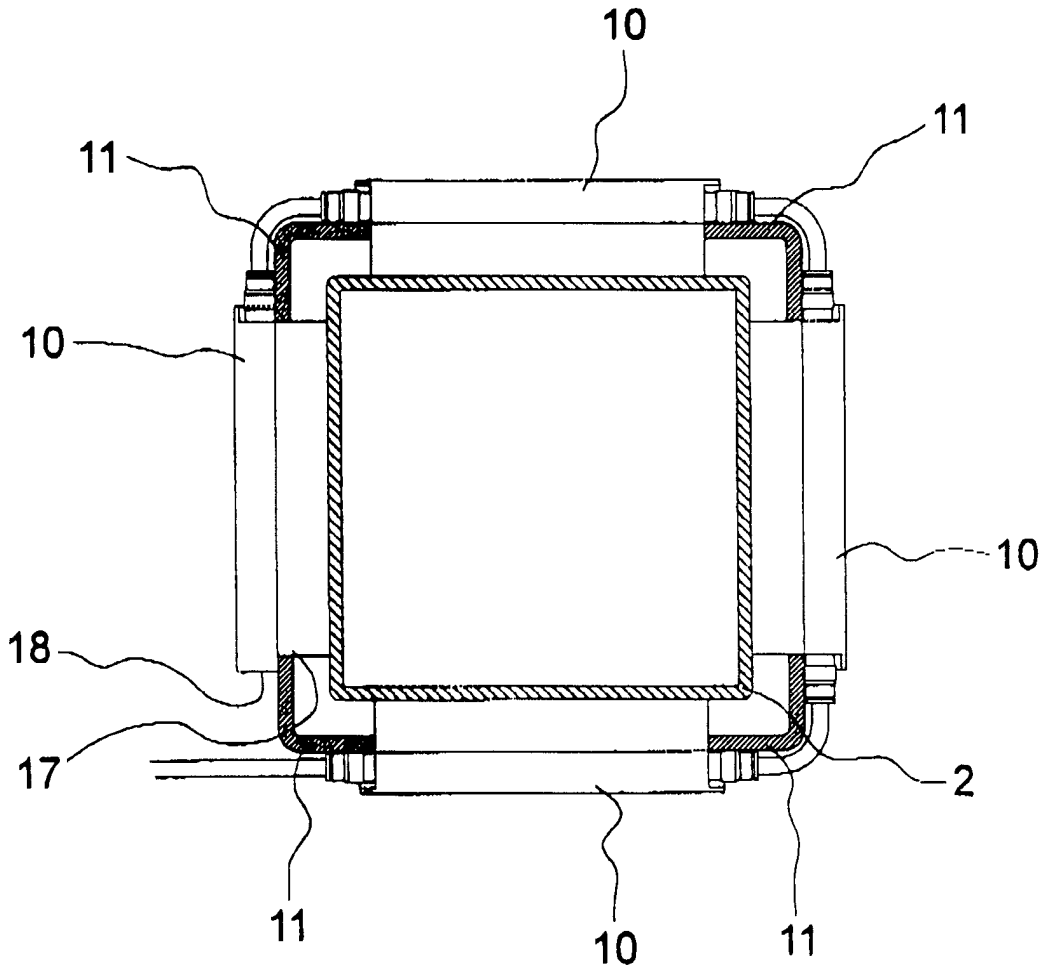


Fig. 13



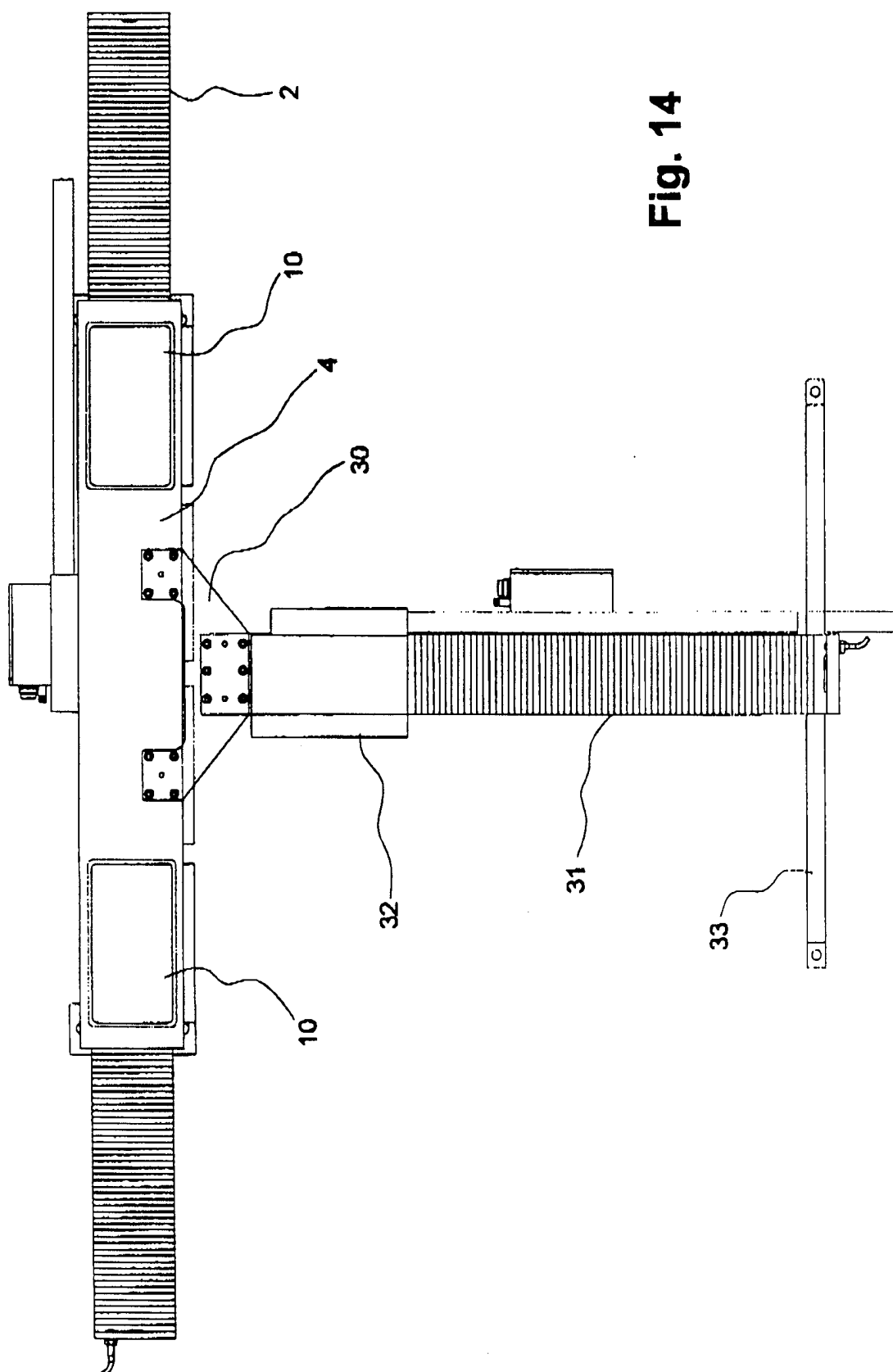


Fig. 15

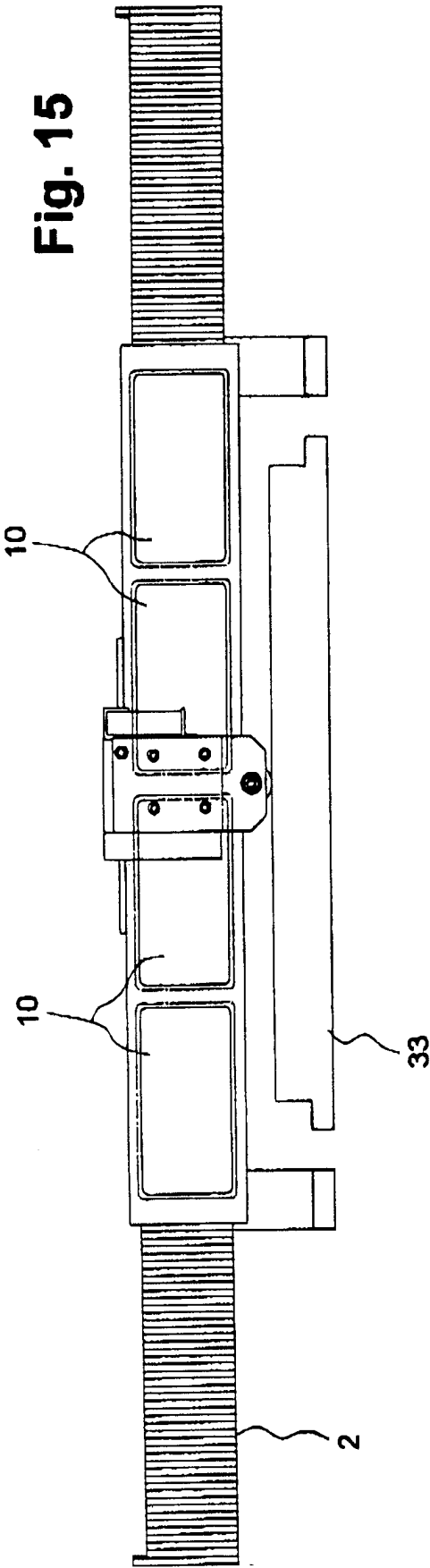


Fig. 16

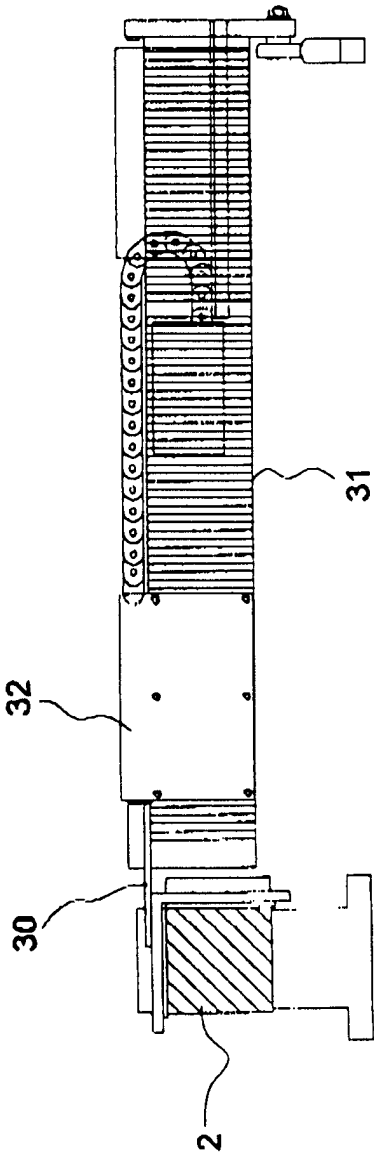
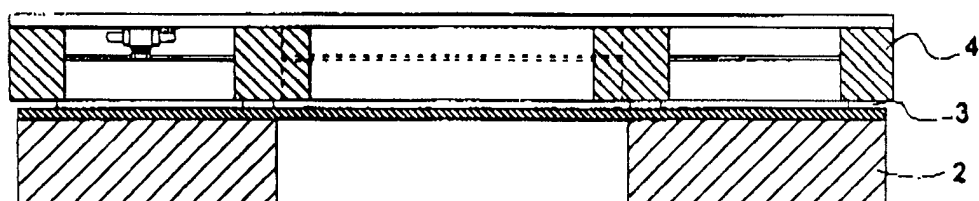
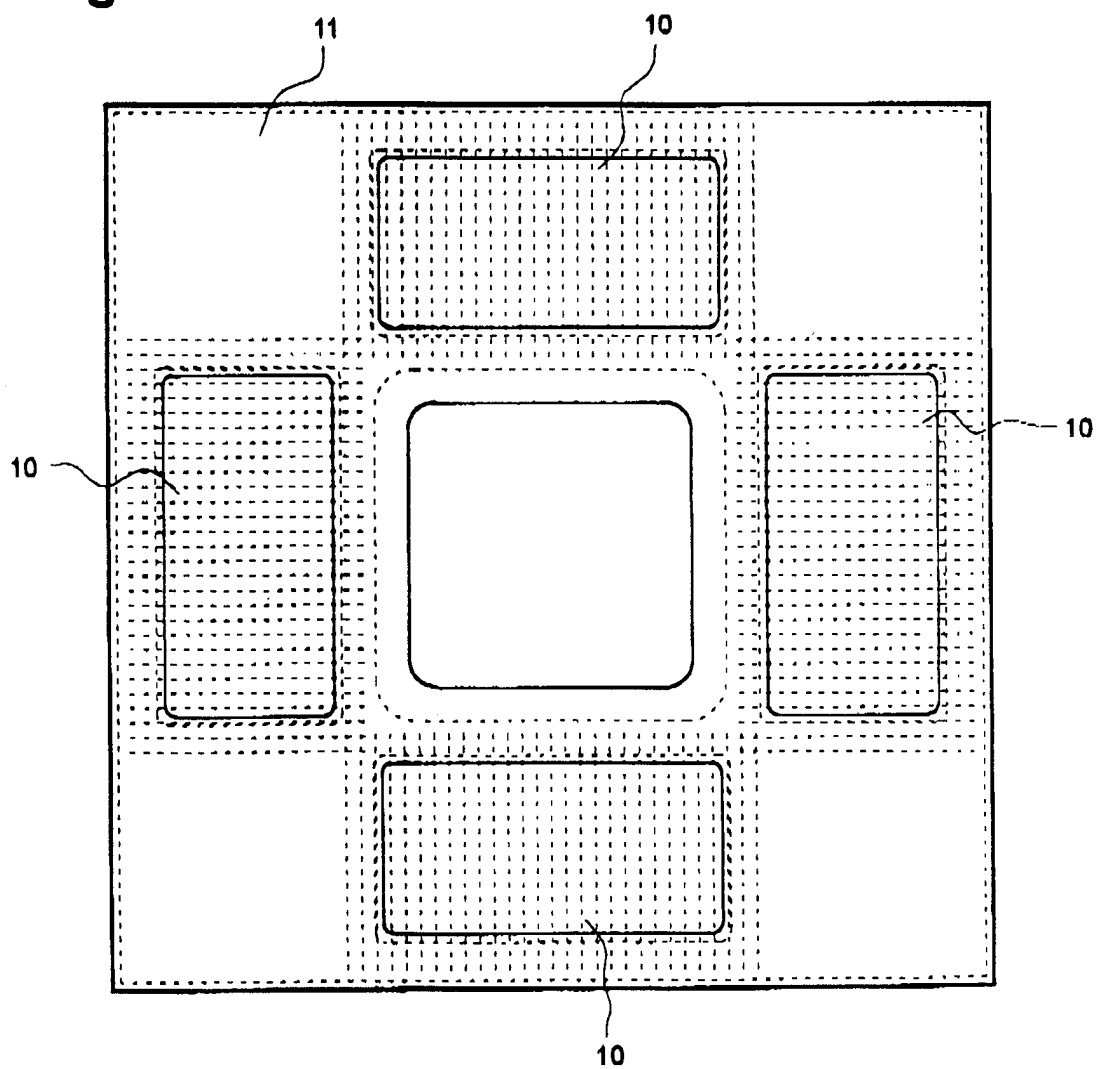


**Fig. 18****Fig. 17**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 97/02435

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H02K41/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                   | Relevant to claim No. |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A          | DE 44 36 865 A (PASIM MIKROSYSTEMTECHNIK GMBH) 8 August 1996<br>cited in the application<br>---                                                                      |                       |
| A          | DE 44 13 601 A (PASIM MIKROSYSTEMTECHNIK GMBH) 23 May 1996<br>---                                                                                                    |                       |
| A          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 012, no. 254 (E-634), 16 July 1988<br>& JP 63 039454 A (HITACHI KIDEN KOGYO LTD), 19 February 1988,<br>see abstract<br>---<br>-/-- |                       |



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 February 1998

Date of mailing of the international search report

02/03/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ramos, H

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Patent Application No

PCT/DE 97/02435

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                        | Relevant to claim No. |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A          | <p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br/>vol. 012, no. 328 (E-654), 6 September<br/>1988<br/>&amp; JP 63 092256 A (NEC CORP), 22 April<br/>1988,<br/>see abstract</p> <p>----</p> |                       |
| A          | <p>US 5 079 466 A (JONES DONALD W) 7 January<br/>1992</p> <p>-----</p>                                                                                                    |                       |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern. Patent Application No

PCT/DE 97/02435

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)   | Publication<br>date  |
|-------------------------------------------|---------------------|------------------------------|----------------------|
| DE 4436865 A                              | 08-08-96            | FR 2739989 A<br>GB 2297435 A | 18-04-97<br>31-07-96 |
| DE 4413601 A                              | 23-05-96            | NONE                         |                      |
| US 5079466 A                              | 07-01-92            | US 5177858 A                 | 12-01-93             |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/02435

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 H02K41/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H02K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                             | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| A          | DE 44 36 865 A (PASIM MIKROSYSTEMTECHNIK GMBH) 8. August 1996<br>in der Anmeldung erwähnt<br>---                                                                               |                    |
| A          | DE 44 13 601 A (PASIM MIKROSYSTEMTECHNIK GMBH) 23. Mai 1996<br>---                                                                                                             |                    |
| A          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 012, no. 254 (E-634), 16. Juli 1988<br>& JP 63 039454 A (HITACHI KIDEN KOGYO LTD), 19. Februar 1988,<br>siehe Zusammenfassung<br>---<br>-/-- |                    |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Februar 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

02/03/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ramos, H

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. nationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/02435

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |                                                                                                                                                                 |                    |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Kategorie°                                           | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                              | Betr. Anspruch Nr. |
| A                                                    | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 012, no. 328 (E-654), 6.September<br>1988<br>& JP 63 092256 A (NEC CORP), 22.April<br>1988,<br>siehe Zusammenfassung<br>----- |                    |
| A                                                    | US 5 079 466 A (JONES DONALD W) 7.Januar<br>1992<br>-----                                                                                                       |                    |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/02435

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 4436865 A                                       | 08-08-96                      | FR 2739989 A<br>GB 2297435 A      | 18-04-97<br>31-07-96          |
| DE 4413601 A                                       | 23-05-96                      | KEINE                             |                               |
| US 5079466 A                                       | 07-01-92                      | US 5177858 A                      | 12-01-93                      |