(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 42 32 079 B4** 2004.12.23

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 42 32 079.8**
(22) Anmeldetag: **25.09.1992**
(43) Offenlegungstag: **31.03.1994**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **23.12.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G02B 21/26**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

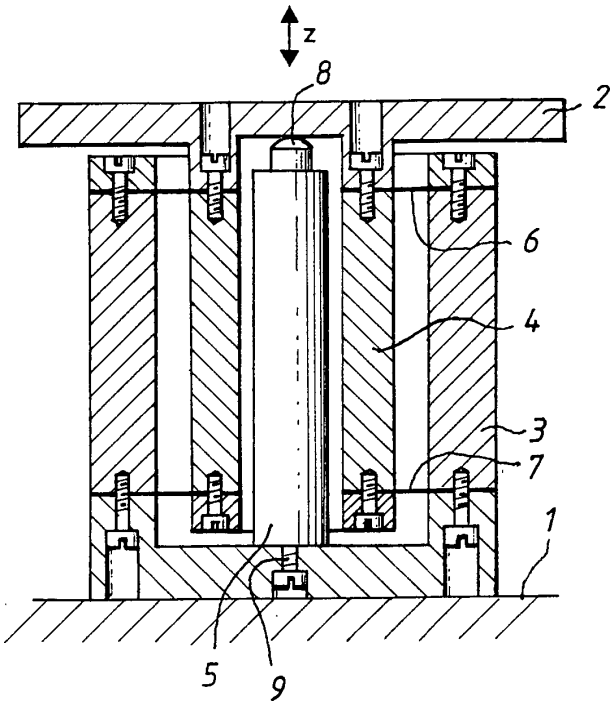
(71) Patentinhaber:
Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

(72) Erfinder:
Schweizer, Bruno, 73447 Oberkochen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE-PS 10 006 14
DE 42 37 077 A1
DE 36 32 964 A1
DE 36 10 540 A1
US 47 85 177
US 46 15 591

(54) Bezeichnung: **Linear feinverstellbarer Tisch für ein eine spielfreie Führung erforderndes Gerät**

(57) Hauptanspruch: Linear feinverstellbarer Tisch für ein eine spielfreie Führung erforderndes Gerät,
– mit einem am Gerät aufzunehmenden feststehenden Teil (1; 11) des Tisches,
– mit einer gegenüber dem feststehenden Teil (1; 11) linear verstellbaren Tischplatte (2; 12; 22), und
– mit einer piezoelektrischen Aktuatorvorrichtung, die einen die Tischplatte (2; 12; 22) des Tisches gegenüber dem feststehenden Teil (1; 11) fein verstellenden Piezotranslator (5; 15; 35) aufweist, der säulenförmig ausgebildet ist und an dem feststehenden Teil (1; 11) abgestützt ist und gegen die Unterseite der Tischplatte (2; 12; 22) arbeitet,
dadurch gekennnzeichnet,
– daß die Linearführung zur Führung der Tischplatte (2; 12; 22) die Tischplatte (2; 12; 22) gegen ein Auswandern quer zur Verstellrichtung sichert,
– daß die Linearführung mindestens zwei elastische Elemente (6, 7; 16, 17; 36, 37) aufweist, die koaxial zum piezoelektrischen Translator (5; 15; 35) angeordnet sind, indem der piezoelektrischen Translator (5;...



Beschreibung

[0001] In der Mikroskopie werden die Probentische zur Fokussierung üblicherweise manuell oder motorisch über stark untersetzende Getriebe verstellt und sind linear durch Gleitführungen oder Kugelführungen am Stativ des Mikroskops geführt. Diese Lösungen sind dann befriedigend, wenn eher Wert auf einen relativ großen Verstellbereich gelegt wird als auf eine möglichst hohe Wegauflösung, Spiel- und Reibungsfreiheit etc..

Stand der Technik

[0002] Nun gibt es aber eine ganze Reihe von Anwendungsfällen, bei denen es eher auf letztere Eigenschaften ankommt. Für solche Anwendungen hat sich der Einsatz von sogenannten Piezotranslatoren bewährt, die von verschiedenen Firmen zum Teil mit integriertem Weggeber und mit einer angebauten Führung für das zu verstellende Teil konfektioniert angeboten werden. Ein solches Stellglied ist beispielsweise in der DE 3632964 A1 beschrieben. Dort dienen zur Führung des angetriebenen Teils Federstäbe, über die das geführte Teil einseitig an seinem Halter, dem feststehenden Teil des Stellglieds angebunden ist.

[0003] Eine solche einseitige Führung ist jedoch insofern ungünstig, als hierdurch radiale Temperaturdriften begünstigt werden, d.h. das geführte Teil verlagert sich aufgrund der thermischen Längenänderung der Führungselemente in Richtungen senkrecht zur Führungsrichtung. Außerdem sind solche in das Stellglied integrierten Führungen von der Dimensionierung her in der Regel nicht auf die Erfordernisse des Anwenders abgestimmt.

[0004] Aus der US 4785177 ist eine durch drei piezoelektrische Translatoren getragene Platte beschrieben, die fein in der Höhe verstellt und darüberhinaus mit Hilfe geeigneter Steuerfrequenzen, mit denen die drei Translatoren beaufschlagt werden, waagerecht verschoben und gedreht werden. Die Platte ist demnach nicht geradgeführt und gegen seitliche Verschiebungen gesichert.

[0005] Aus der DE-PS 1000614 ist es bekannt, in einem Mikrohärteprüfer ein Mikroskopobjektiv mit Hilfe von Federmembranen linear zu führen. Dort handelt es sich jedoch um Federmembranen, die zur Erzielung eines möglichst großen Hubes in Umfangsrichtung mehrfach geschlitzt sind und für den Antrieb ist ein luftgefüllter Balg verwendet. Hiermit lassen sich keine feinst aufgelösten Zustellbewegungen realisieren.

[0006] In der US 4,615,591 sind Führungen für Komponenten in wissenschaftlichen Instrumenten beschrieben, bei denen das zu bewegende Bauteil über zwei parallele Stäbe an zwei oder vier gegenüberliegenden Federn aufgenommen ist.

Aufgabenstellung

[0007] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Tisch insbesondere für optische Geräte bzw. Mikroskope mit hoher Auflösung zu schaffen, der eine spiel- und reibungsfreie Verstellung mit möglichst hoher Auflösung über einen relativ kleinen Verstellweg besitzt, dessen Tischplatte jedoch gegen seitliches Auswandern, auch infolge thermischer Driften, gut gesichert ist.

[0008] Solche Tische werden beispielsweise für hochauflösende konfokale Mikroskope gefordert, mit denen Bilder von Objekten aus unterschiedlichen Objektebenen, d.h. sogenannte Z-aufgelöste Darstellungen des Objekts gewonnen werden sollen.

[0009] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Ausbildung des Tisches mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen.

[0010] Aufgrund der koaxialen Anordnung von Piezotranslator und Linearführung ergibt sich eine platzsparende kompakte Bauform ohne radiale Temperaturdriften. Der Aufbau ist außerdem in Führungsrichtung sehr steif, da der Piezotranslator die Tischplatte direkt zentral antreibt. Alles in allem ergibt sich eine sehr symmetrische, einfache Konstruktion des Tisches (8).

[0011] Als elastische Elemente können beispielsweise ringförmige Federmembranen verwendet sein oder parallel zueinander angeordnete Gruppen von hintereinander geschalteten Federgelenken. Mit beiden Führungsmitteln läßt sich Spielfreiheit bei guter Parallelität der geführten Bewegung erzielen.

Ausführungsbeispiel

[0012] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der **Fig.** 1–6 der beigefügten Zeichnungen.

[0013] **Fig.** 1 ist eine vereinfachte Skizze, die einen Tisch gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel im Schnitt, parallel zur Führungsrichtung zeigt;

[0014] **Fig.** 2 ist eine detalliertere Schnittzeichnung des Tisches gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel;

[0015] **Fig.** 3 stellt eine der Federmembranen (**6**) des Ausführungsbeispiels nach **Fig.** 1 in Aufsicht dar;

[0016] **Fig.** 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung im Schnitt in einer ersten Ebene paral-

lel zur Führungsrichtung;

[0017] **Fig.** 5 zeigt das Ausführungsbeispiel nach **Fig.** 4 im Schnitt in einer Ebene senkrecht zur Führungsrichtung entlang der Pfeile V/V in **Fig.** 4;

[0018] **Fig.** 6 zeigt das Ausführungsbeispiel nach **Fig.** 4 im Schnitt in einer weiteren Ebene parallel zur Führungsrichtung, die gegenüber der Darstellung nach **Fig.** 4 um 90° um die Führungsrichtung gedreht ist.

[0019] Der in **Fig.** 1 dargestellte Tisch besitzt ein zylinderförmiges feststehendes Teil (**3**), das über hier nicht näher dargestellte Art und Weise an dem ebenfalls feststehenden Träger bzw. Instrument befesstigt ist, an dem der Tisch Verwendung findet. Am Zylinderboden ist zentrisch über eine Schraube (**9**) der Piezotranslator (**5**) befestigt, dessen verstellbares Kopfteil (**8**) gegen die Unterseite der darübergelegten Tischplatte (**2**) arbeitet. Bei dem Piezotranslator (**5**) handelt es sich um ein von der Firma Physic Instrumente GmbH, Waldbronn angebotenes Teil mit der Bezeichnung LVPC Translator P-841,40.

[0020] Dieser Piezotranslator besitzt einen eingebauten Positionssensor und kann mit Hilfe einer zugeschalteten Regelelektronik die Tischplatte (**2**) hysteresefrei mit sehr hoher Steifigkeit in Richtung des mit z bezeichneten Pfeils verstellen.

[0021] An die Unterseite des Tisches (**2**) ist außerdem ein zylindrisches Teil (**4**) angeschraubt, das über zwei ringförmige Federmembranen aus Sinterbronze, die in z-Richtung ca. 8 cm beabstandet sind, mit dem feststehenden zylindrischen Teil (**3**) verbunden ist. Eine der beiden Federmembranen, die Membran (**6**) ist in der Aufsicht nach **Fig.** 3 dargestellt. Die Federmembranen (**6**) und (**7**) führen die Tischplatte (**2**) spielfrei über Verstellwege von typisch mehreren 100stel mm bis ca. 1/10 mm. In diesem an die in Verstellweg des Piezotranslators (**5**) angepaßten Bereich treten lediglich elastische Deformationen der Federmembranen auf.

[0022] Das Ausführungsbeispiel nach **Fig.** 2 ist im Prinzip ganz ähnlich aufgebaut. Dort ist der feststehende Tischträger mit (**11**) bezeichnet. Auf ihm stützt sich ein Tragring (**21**) ab, auf dessen Oberseite das bezüglich der Feineinstellbewegung feststehende äußere zylindrische Teil (**13**) des Tisches über einen Gewindering (**25**) aufliegt. Mit dem Gewindering (**25**) läßt sich das Teil (**13**) für die Grobverstellung in z-Richtung bewegen. Ein in eine Nut (**24**) im Teil (**13**) eingreifender Stift (**23**) im Tragring (**21**) dient zur Geradführung des Tisches im Zuge der Grobeinstellbewegung und mit einer Rändelschraube (**22**) kann das Teil (**13**) relativ zum Tischträger (**11**) fixiert (geklemmt) werden. An das zylindrische Teil (**13**) ist über einen Ring (**133**) ein ebenfalls zylindrisches Bodenteil (**10**) angeschraubt. Gleichzeitig ist am oberen Ende des zylindrischen Teils (**13**) ein zweiter Ring (**133**) angeschraubt. Zwischen dem Ring (**113**) und dem Bodenteil (**10**) bzw. dem Ring (**123**) und dem Teil (**13**) sind ebenfalls wieder zwei ringförmige Membranfedern (**16**) und (**17**) an ihrem Außenrand eingespannt.

[0023] Mit ihrem inneren Rand ist die Membran (**17**) in zwei Ringe (**114**) und (124) eingespannt. Gleichzeitig sind diese Ringe an die Unterseite eines zweiten zylindrischen Teils (**14**) geschraubt.

[0024] Die Oberseite des Teils (**14**) und ein zentrischer ringförmiger Bund an der Unterseite der Tischplatte (**12**) spannen schließlich die zweite Membran (**16**) an ihrer Innenseite ein. So bilden auch in diesem Ausführungsbeispiel die beiden Membranfedern (**16**) und (17) die Führung der Tischplatte (**12**). Zentrisch im Bodenteil (**10**) ist über eine Schraube (**19**) und eine Abstimmscheibe (**28**) ein Piezotranslator (**15**) eingebaut. Dessen bewegliches Stellelement (**18**) arbeitet gegen die Unterseite einer in die Tischplatte (**12**) zentrisch eingelassenen Abstimmschraube (**20**).

[0025] Beim Piezotranslator (**15**) handelt es sich um den gleichen, bereits im Zusammenhang mit **Fig.** 1 beschriebenen Typ. Seine Steuerkabel (**26**) und die Signalkabel (**27**) des eingebauten Positionssensors sind durch seitliche Öffnungen bzw. Ausnehmungen in den zylindrischen Teilen (**13**) und (**14**) herausgeführt.

[0026] Die Membranen bestehen aus federhartem, 0,05 mm dickem Bronzeblech. Ihre Innenbohrung und ihr Außendurchmesser sind konzentrisch und als Passungen ausgeführt, um die Teile (**13**) und (**14**) bei der Montage koaxial auszurichten.

[0027] Bei der Montage der beiden Membranen ist darauf zu achten, daß die innere und die äußere Einspannstelle jeweils genau auf gleicher Höhe liegen, um Verspannungen der Federmembran beim Einbau zu vermeiden. Deshalb sind als Montagehilfe drei Stützschrauben vorgesehen, von denen in der Darstellung nach **Fig.** 2 eine, die Stützschraube (**30**), zu sehen ist. Diese Stützschraube (**30**) wird nach der Montage entfernt.

[0028] Im Ausführungsbeispiel nach **Fig.** 4–6 ist der die Tischplatte (**32**) zentrisch antreibende Piezotranslator (**35**), der sich am feststehenden Teil (**31**) abstützt, koaxial von zwei parallel angeordneten Gruppen von hintereinander geschalteten Federgelenken umgeben. Die erste Gruppe (**37**) von Federgelenken besteht aus vier ringförmigen Platten mit zentrischer Bohrung, die untereinander abwechselnd links und rechts durch Materialstege (**33a**, **b** und c) verbunden sind, die als Drehgelenk wirken. Die Drehachsen dieser ersten Gruppe von Federgelenken

sind alle parallel zu der in **Fig.** 5 mit y bezeichneten Richtung orientiert.

[0029] Innerhalb dieses ersten Pakets von ringförmigen Platten ist eine zweite Gruppe von Federgelenken angeordnet, die ebenfalls aus mehreren, hintereinander geschalteten Einzelgelenken besteht. In der um 90° gedrehten Schnittzeichnung nach **Fig.** 6 sind die Materialstege (**34a–c**) gut zu erkennen, die die vier Platten des zweiten Federgelenkpakets miteinander verbinden. Die Drehachsen dieser zweiten Gruppe von Federgelenken sind parallel zu der in **Fig.** 5 mit x bezeichneten Richtung orientiert. Beide Gruppen von ringförmigen Federgelenkpaketen sind an ihrer Unterseite über eine Platte (**38**) miteinander verbunden und gleichzeitig beide an ihrer Oberseite an die Tischplatte (**32**) angeschraubt. Die parallele Anordnung der beiden Federgelenkgruppen in um 90° gedrehter Ausrichtung der Gelenkachsen bildet eine gegen Verkippungen gesicherte Linearführung, die einfach herzustellen ist, da sie allein aus Drehteilen aufgebaut ist. Sie ist ebenfalls spiel- und reibungsfrei, unempfindlich gegen Staub und Schmutz und radiale Temperaturdriften.

Patentansprüche

1. Linear feinverstellbarer Tisch für ein eine spielfreie Führung erforderndes Gerät,
– mit einem am Gerät aufzunehmenden feststehenden Teil (**1**; **11**) des Tisches,
– mit einer gegenüber dem feststehenden Teil (**1**; **11**) linear verstellbaren Tischplatte (**2**; **12**; **22**), und
– mit einer piezoelektrischen Aktuatorvorrichtung, die einen die Tischplatte (**2**; **12**; **22**) des Tisches gegenüber dem feststehenden Teil (**1**; **11**) fein verstellenden Piezotranslator (**5**; **15**; **35**) aufweist, der säulenförmig ausgebildet ist und an dem feststehenden Teil (**1**; **11**) abgestützt ist und gegen die Unterseite der Tischplatte (**2**; **12**; **22**) arbeitet,
dadurch gekennnzeichnet,
– daß die Linearführung zur Führung der Tischplatte (**2**; **12**; **22**) die Tischplatte (**2**; **12**; **22**) gegen ein Auswandern quer zur Verstellrichtung sichert,
– daß die Linearführung mindestens zwei elastische Elemente (**6**, **7**; **16**, **17**; **36**, **37**) aufweist, die koaxial zum piezoelektrischen Translator (**5**; **15**; **35**) angeordnet sind, indem der piezoelektrischen Translator (**5**; **15**; **35**) durch zentrale Öffnungen in den elastischen Elementen hindurchgreift, und
– daß der piezoelektrischen Translator (**5**; **15**; **35**) zentral zur Tischplatte (**2**: **12**; **22**) angeordnet ist.

2. Linear feinverstellbarer Tisch nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an der verstellbaren Tischplatte (**2**; **12**) ein zylindrisches Teil (**4**; **14**) und am feststehenden Teil (**1**; **11**) ein zylindrischer Träger (**3**; **13**) vorgesehen sind und daß die elastischen Elemente als ringförmige Federmembranen (**6**, **7**; **16**, **17**) ausgebildet sind, die in Verstellrichtung beabstandet voneinander angeordnet sind, von denen die eine (**6**; **16**) das zylindrische Teil (**4**; **14**) und den zylindrischen Träger (**3**; **13**) auf der zur Tischplatte (**2**: **12**; **22**) zugewandten Seite und die andere (**7**; **17**) das zylindrische Teil (**4**; **14**) und den zylindrischen Träger (**3**; **13**) auf der von der Tischplatte (**2**: **12**; **22**) abgewandten Seite miteinander verbindet, wobei der Piezotranslator (**5**; **15**) mit seinen beiden Enden durch zentrale Öffnungen in den beiden Federmembranen (**6**, **7**; **16**, **17**) greift.

3. Linear feinverstellbarer Tisch nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elastischen Elemente aus Gruppen (**36**, **37**) von hintereinander geschalteten Federgelenken (**33a –c**, **34a–c**) gebildet sind, wobei die Federgelenke innerhalb einer jeden Gruppe abwechselnd auf einander gegenüber liegenden Seiten des Piezotranslators (**35**) angeordnet und ihre Gelenkachsen parallel zueinander sowie senkrecht zur Verstellrichtung der Tischplatte (**32**) ausgerichtet sind und daß die Achsrichtungen der Gelenkachsen der einen Gruppe relativ zur Achsrichtung der Gelenkachsen der anderen Gruppe im Winkel zueinander angeordnet sind, der von 0° abweicht und vorzugsweise 90° beträgt.

4. Linear feinverstellbarer Tisch nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jede Gruppe (**36**, **37**) aus mindestens zwei, vorzugsweise drei hintereinander geschalteten Federgelenken (**33a–c**, **34a–c**) besteht.

5. Linear feinverstellbarer Tisch nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein in den Piezotranslator (**5**; **15**; **35**) integrierter Positionssensor vorgesehen ist, der dessen Linearposition registriert.

6. Linear feinverstellbarer Tisch nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Tisch zusätzlich einen Gewindering (**25**) zur Grobverstellung und eine Verdrehsicherung (**23**) für die Grobverstellung aufweist.

7. Linear feinverstellbarer Tisch nach einem der Ansprüche 1 – 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät ein Mikroskop, vorzugsweise ein konfokales Mikroskop ist, und daß der Tisch als Objekttisch eines Mikroskopes ausgebildet ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

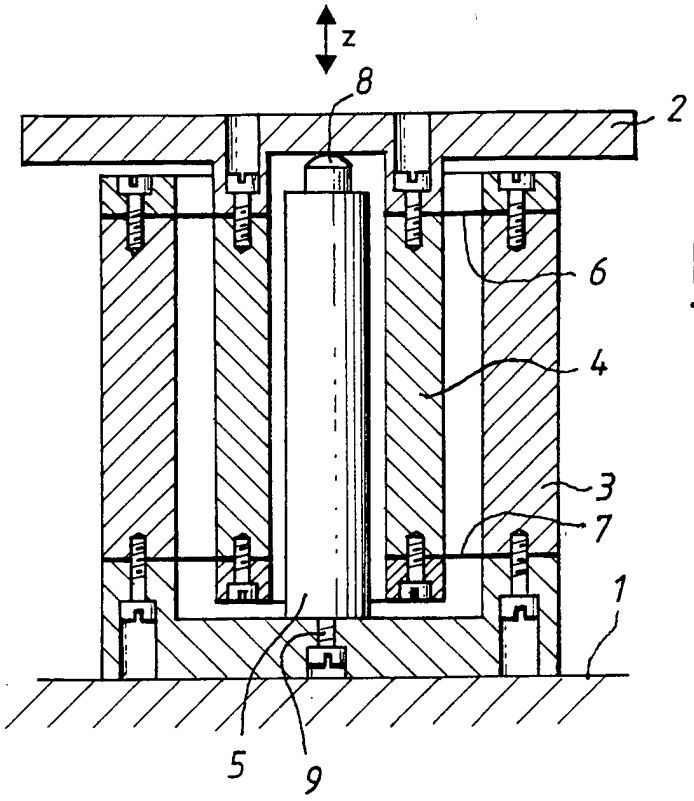


Fig.1

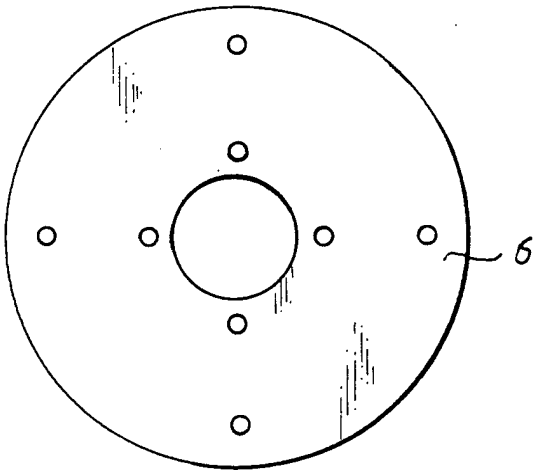
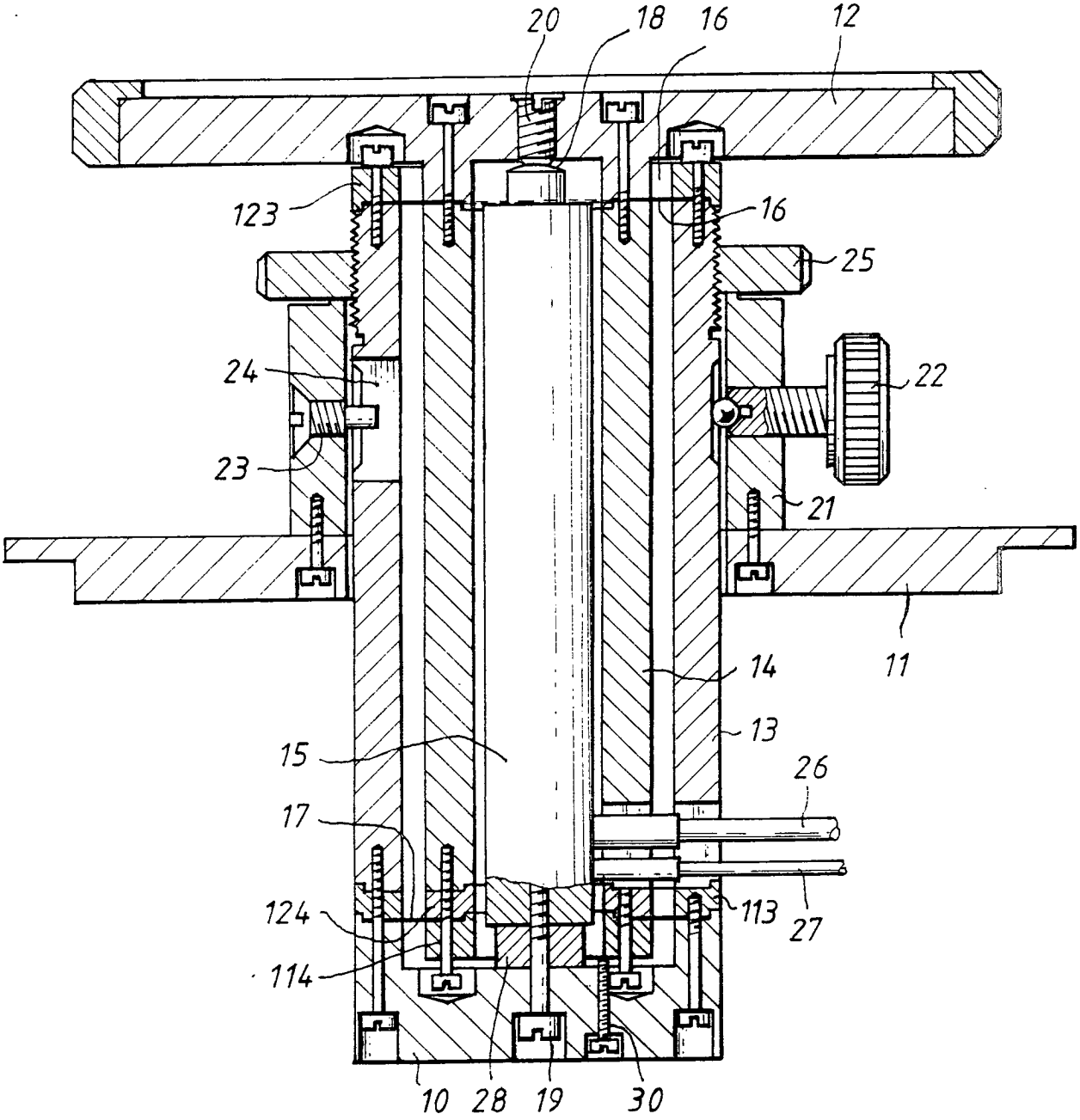


Fig.3

Fig. 2


20
18
16
12
123
16
25
24
22
23
21
11
14
13
15
26
17
124
113
27
114
10
28
19
30

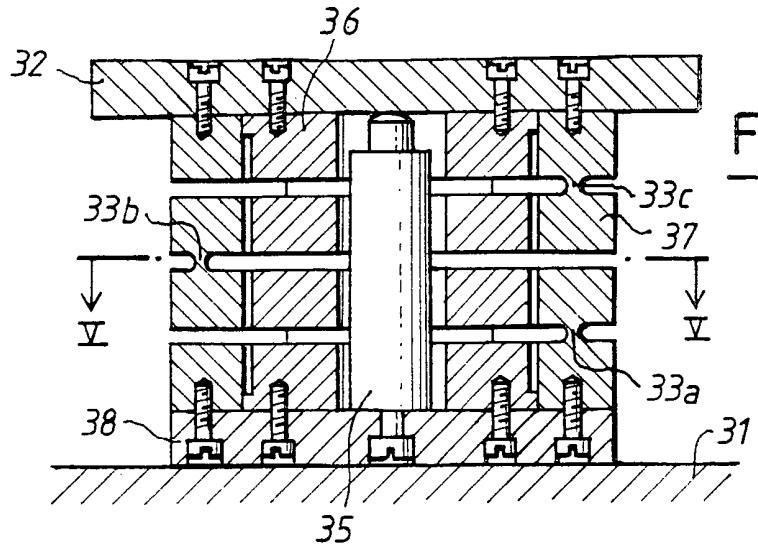


Fig. 4

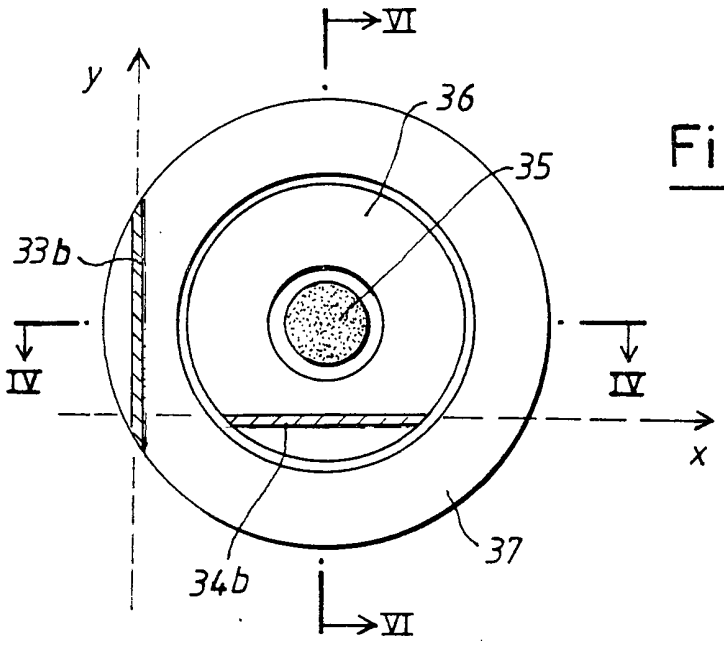


Fig.5

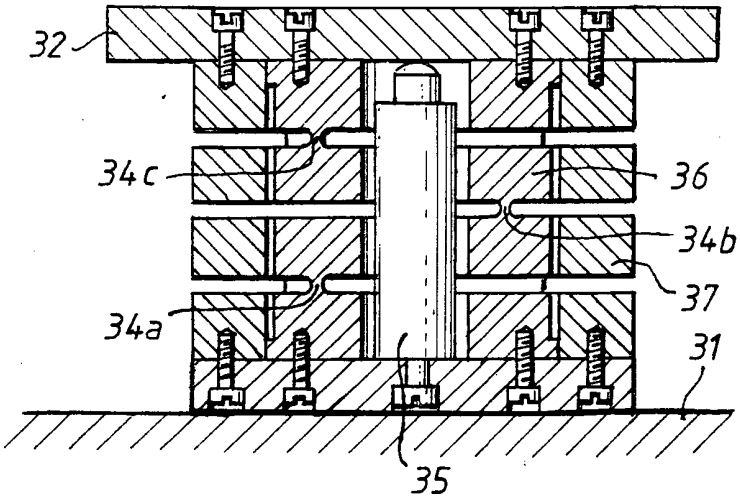


Fig.6